สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

POWER DIODES AND RECTIFIER DEMONSTRATION SET

นายชัยยุทธ แซ่ตั้ง
นายธวัชชัย นาเลิง
นางสาวศิริพร สุทธิรักษ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 51055
วัน,เดือน,ปี 29 มิ.ย. 2547

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

Power Diodes And Rectifier Demonstration Set

ชื่อนักศึกษา

1. นายชัยยุทธ์	แซ่ตั้ง	รหัสประจำตัว	45035462
2. นายธวัชชัย	นาเลิง	รหัสประจำตัว	45035467
3. นางสาวศิริพร	สุทธิรักษ์	รหัสประจำตัว	45035484

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์โกศล ตราชู

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สมชาย หมื่นสายญาติ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ	จิตธรรมมาภิรมย์	
2. อาจารย์โกศล	ตราชู	
3. ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ	
4. ผศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	
5. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 เวลา 15:00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(นายสุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 31 เดือน พ.ค. พ.ศ. 47

<BT4610352>

ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

Power Diodes and Rectifier Demonstration Set

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของไดโอดกำลังและการเรียงกระแส
2. เพื่อออกแบบชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส
3. เพื่อสร้างชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส
4. เพื่อทดสอบหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลอง
5. เพื่อนำชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสไปใช้งานจริงได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของไดโอดกำลังและการเรียงกระแส
2. ได้แบบชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสพร้อมลำดับขั้นตอนการทดลอง
3. ได้ชุดทดลองและใบงานเรื่องคุณสมบัติของไดโอดกำลังและการเรียงกระแส
4. ได้ผลการทดลองและประสิทธิภาพของชุดทดลอง
5. ได้นำชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสไปใช้ในงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส
ชื่อนักศึกษา	นายชัยยุทธ์ แซ่ตั้ง
	นายธวัชชัย นาเลิง
	นางสาวศิริพร สุทธิรักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์โกศล ตราชู
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สมชาย หมื่นสายญาติ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอชุดทดลองไดโอดกำลังและวงจรเรียงกระแส โดยจะเป็นการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งในส่วนของไฟฟ้ากระแสสลับสามารถแบ่งเป็นไฟฟ้า 1 เฟส และไฟ 3 เฟส โดยโครงงานนี้จะเป็นการมุ่งเน้นให้นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการทำงานของไดโอดกำลังและหลักการเรียงกระแสของไดโอดกำลัง เพื่อเป็นการเพิ่มความรู้ความเข้าใจแก่นักศึกษาจากการทดลองใช้ชุดทดลองไดโอดกำลังและวงจรเรียงกระแสนี้สามารถใช้ทำการทดลองได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Power Diodes and Rectifier Demonstration Set
Students	Mr. Chaiyut Saetung
	Mr. Thawatchai Nalerng
	Miss Siriporn Sutthiruk
Advisor	Mr. Koson Trachu
Co-Advisor	Mr. Somchai Maunsaiyat
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Industrial Instrument Technology
Academic Year	2003

Abstract

This thesis offer about the power diode and rectifier demonstration set By for use DC and AC . Which in the part of AC can separate to electric 1 phase and 3 phases. This project intend to understand about the technique of power diode and rectifier of power diode for understanding with student about power diode and rectifier demonstration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้ เนื่องจากสมาชิกในกลุ่มทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือ ขอขอบคุณ อาจารย์โกศล ตราชู อาจารย์สมชาย หมื่นสายญาติ รวมทั้งอาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์รวมทั้งยังให้คำแนะนำในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หอสมุดกลาง ที่อำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าหาข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้อุปการะที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุกสิ่งทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นทางด้านการเรียน การเงินและกำลังใจที่ดีเสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.5 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการทำโครงงาน	2
1.6 ขอบเขตการวิจัยของโครงงาน	2
1.7 เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 บทนำ	4
2.2 การถ่ายทอดความรู้แบบวิธีสอนโดยใช้การทดลอง	4
2.2.1 ความหมาย	4
2.2.2 วัตถุประสงค์	4
2.2.3 องค์ประกอบของวิธีสอน	4
2.2.4 ขั้นตอนสำคัญของการสอน	4
2.2.5 การใช้วิธีการสอนโดยใช้การทดลอง	5
2.2.6 ข้อดี และข้อจำกัดของวิธีสอนโดยใช้การทดลอง	7
2.3 การวัดและการประเมินผล	7
2.3.1 ความสำคัญของการวัดและการประเมินผล	7
2.3.2 ความหมายของการวัดและการประเมินผล	8
2.3.3 ขั้นตอนในการวัดและการประเมินผล	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3.4 หลักของการวัดผลการศึกษา	10
2.3.5 จุดมุ่งหมายของการวัดผลการศึกษา	11
2.3.6 ประเภทของการประเมินผล	12
2.3.7 ประโยชน์ของการวัดและการประเมินผลการเรียนการสอน	13
2.4 ทฤษฎีการสร้างชุดทดลอง	15
2.4.1 หลักการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	15
2.4.2 การสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลอง	15
2.4.3 วิธีการสร้างชุดทดลองและใบงานการทดลอง	16
2.5 การหาค่าคุณภาพและประสิทธิภาพ	17
2.5.1 การวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดทดลอง	17
2.5.2 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง	18
2.6 ไดโอด	18
2.6.1 ไดโอดเรียงกระแส	19
2.6.2 กราฟแสดงลักษณะสมบัติของไดโอด	19
2.6.3 สัญลักษณ์ของไดโอด	20
2.6.4 คุณลักษณะของไดโอดโดยวิธีประมาณค่า	21
2.7 การเรียงกระแส	24
2.7.1 การเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว	24
2.7.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นเฟสเดียว	24
2.7.3 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส	26
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	28
3.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า	28
3.1.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	28
3.1.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	29
3.1.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส	29
3.2 ชุดทดลอง	30
3.2.1 บอร์ดทดลองคุณสมบัติไดโอด	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.2 บอร์ดทดลองคุณสมบัติไดโอดแบบมี Freewheeling Diode	30
3.2.3 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสครึ่งคลื่น และ Freewheeling	31
3.2.4 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นแบบหม้อแปลงแท็ปกลาง	31
3.2.5 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ และ Freewheeling Diode	32
3.2.6 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบสตาร์	32
3.2.7 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบเดลต้า	33
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	34
4.1 การทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	34
4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง	34
4.1.2 ผลการทดลอง	35
4.1.3 สรุปผลการทดลอง	39
4.2 การทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	39
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง	39
4.2.2 ผลการทดลอง	39
4.2.3 สรุปผลการทดลอง	42
4.3 การวิเคราะห์คุณภาพ	42
4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพ	43
บทที่ 5 บทสรุป	51
5.1 สรุป	51
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	51
5.3 แนวทางการพัฒนา	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	54
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	57
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	60
ภาคผนวก ง ใบงาน	62

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก จ เฉลยใบงาน	147
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน	230
ภาคผนวก ช รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	235
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างใบประเมิน	242
ภาคผนวก ฌ หนังสือเรียนเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ	251
ประวัติผู้แต่ง	255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 1	43
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 2	44
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 3	45
4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 4	46
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 5	47
4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 6	48
4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 7	49
4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านวิศวกรรม ของชุดทดลอง	50
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	61
ค.2 รายการอุปกรณ์ของชุดทดลอง	61
ง.1 ค่าทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญที่นำมาชี้วัดประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส	87
ง.2 ช่วงการนำกระแสของไดโอดแต่ละตัวกับโหลดตัวต้านทาน	140
จ.1 ค่าทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญที่นำมาชี้วัดประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส	170
จ.2 ช่วงการนำกระแสของไดโอดแต่ละตัวกับโหลดตัวต้านทาน	224

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กราฟลักษณะสมบัติของไดโอดชนิดรอยต่อ	19
2.2 สัญลักษณ์ของไดโอดและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง และแสดงแรงดันตกคร่อมไดโอดขณะได้รับแอสตรงและไบแอสกลับ	20
2.3 การประมาณค่าไดโอดโมเดลในอุดมคติ	21
2.4 การประมาณค่าไดโอดโมเดลแสดงแรงดันตกคร่อมไดโอด	22
2.5 การประมาณค่าไดโอดด้วยโมเดลสมบูรณ์	23
2.6 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงสองขด	25
2.7 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	25
2.8 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส	27
3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	28
3.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	29
3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส	29
3.4 บอร์ดทดลองคุณสมบัติของไดโอด	30
3.5 บอร์ดทดลองคุณสมบัติของไดโอดกำลังแบบมี Freewheeling Diode	30
3.6 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสครึ่งคลื่น และ Freewheeling diode	31
3.7 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่น แบบหม้อแปลงแท็ปกลาง	31
3.8 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่น แบบบริดจ์และ Freewheeling Diode	32
3.9 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบสตาร์	32
3.10 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบเดลต้า	33
4.1 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็นความต้านทาน	34
4.2 ผลการทดลองโหลด R	35
4.3 ผลการทดลองโหลด RC	36
4.4 ผลการทดลองโหลด RL	36
4.5 ผลการทดลองโหลด LC	37
4.6 ผลการทดลองโหลด RLC เมื่อวัดที่โหลด R	37
4.7 ผลการทดลองโหลด RLC เมื่อวัดที่โหลด L	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ผลการทดลองโหลด RLC เมื่อวัดที่โหลด C	38
4.9 วงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นที่ใช้หม้อแปลงแทปกลาง	39
4.10 ผลการทดลองทางด้านอินพุต	39
4.11 ผลการทดลองทางด้านเอาต์พุต	40
4.12 แรงดันตกคร่อมทางด้านไดโอด D_1	40
4.13 แรงดันตกคร่อมทางด้านไดโอด D_2	41
4.14 ค่าแรงดัน rms ของแหล่งจ่ายไฟสลับ V_{S1}	41
4.15 ค่าแรงดัน rms ของแหล่งจ่ายไฟสลับ V_{S2}	42
ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส	55
ก.2 ภาพด้านบนของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส	55
ก.3 ภาพด้านข้างของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส	56
ก.4 ภาพด้านหลังของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส	56
ข.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน 12 V แบบบริดจ์	58
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายแรงดัน 12 V แบบบริดจ์	58
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์และแผ่นวงจรพิมพ์	59
ง.1 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอด ที่มีโหลดเป็นความต้านทานบริสุทธิ์	64
ง.2 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอด ที่มีโหลดเป็น RC	64
ง.3 สภาวะเริ่มต้นของตัวเก็บประจุ	65
ง.4 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น RL	66
ง.5 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น LC	67
ง.6 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ	67
ง.7 วงจรการทดลองโหลดความต้านทาน	69
ง.8 กราฟบันทึกผลการทดลอง	69
ง.9 วงจรการทดลองโหลดRC	70
ง.10 กราฟบันทึกผลการทดลอง	70
ง.11 วงจรการทดลองโหลด RL	71
ง.12 กราฟบันทึกผลการทดลอง	72

เอกสารนี้มีไว้เพื่อประโยชน์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ง.13 วงจรการทดลองโหลด LC	72
ง.14 กราฟบันทึกผลการทดลอง	73
ง.15 วงจรการทดลองโหลด RLC	73
ง.16 กราฟบันทึกผลการทดลอง	74
ง.17 วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำพร้อมฟรีวิลลิ่ง	78
ง.18 กระแสในวงจรที่มี freewheeling diode	78
ง.19 วงจรไดโอดที่โหลดเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ พร้อมฟรีวิลลิ่งไดโอด	79
ง.20 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลดความต้านทาน	80
ง.21 กราฟบันทึกผลการทดลอง	80
ง.22 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RC	81
ง.23 กราฟบันทึกผลการทดลอง	81
ง.24 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RL	82
ง.25 กราฟบันทึกผลการทดลอง	82
ง.26 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RLC	83
ง.27 กราฟบันทึกผลการทดลอง	84
ง.28 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว	88
ง.29 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ	90
ง.30 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ	91
ง.31 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RE	92
ง.32 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ	94
ง.33 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวแบบมีฟรีวิลลิ่งไดโอด	97
ง.34 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน	98
ง.35 กราฟบันทึกผลการทดลอง	99
ง.36 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ	99
ง.37 กราฟบันทึกผลการทดลอง	100
ง.38 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RE	101
ง.39 กราฟบันทึกผลการทดลอง	102

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ง.40 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RL	102
ง.41 กราฟบันทึกผลการทดลอง	103
ง.42 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RL แบบ Freewheeling Diodes	104
ง.43 กราฟบันทึกผลการทดลอง	104
ง.44 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงสองขด	108
ง.45 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงแท็ปกลาง	109
ง.46 กราฟบันทึกผลการทดลอง	110
ง.47 กราฟบันทึกผลการทดลอง	110
ง.48 กราฟบันทึกผลการทดลอง	111
ง.49 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	114
ง.50 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น ที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ	115
ง.51 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นที่มีโหลดเป็นความต้านทาน	118
ง.52 กราฟบันทึกผลการทดลอง	119
ง.53 กราฟบันทึกผลการทดลอง	119
ง.54 กราฟบันทึกผลการทดลอง	120
ง.55 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นโหลด RL	121
ง.56 กราฟบันทึกผลการทดลอง	121
ง.57 กราฟบันทึกผลการทดลอง	122
ง.58 กราฟบันทึกผลการทดลอง	123
ง.59 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส	126
ง.60 กระแสโหลดและกระแสไหลผ่านไดโอดของวงจรรูปที่ ง.59	127
ง.61 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟสต่อแบบสตาร์	132
ง.62 กราฟบันทึกผลการทดลอง	133
ง.63 กราฟบันทึกผลการทดลอง	134
ง.64 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส	137
ง.65 กระแสโหลดและกระแสไหลผ่านไดโอดของวงจรรูปที่ ง.64	138
ง.66 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟสต่อแบบเดลต้า	142

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เว้นแต่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ง.67 กราฟบันทึกผลการทดลอง	143
ง.68 กราฟบันทึกผลการทดลอง	144
จ.1 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอด ที่มีโหลดเป็นความต้านทานบริสุทธิ์	148
จ.2 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอด ที่มีโหลดเป็น RC	148
จ.3 สภาวะเริ่มต้นของตัวเก็บประจุ	149
จ.4 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น RL	150
จ.5 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น LC	151
จ.6 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ	151
จ.7 วงจรการทดลองโหลดความต้านทาน	153
จ.8 สัญญาณแรงดันที่แหล่งจ่าย	153
จ.9 วงจรการทดลองโหลดRC	154
จ.10 สัญญาณแรงดันที่เอาต์พุต	154
จ.11 วงจรการทดลองโหลด RL	155
จ.12 สัญญาณแรงดันที่เอาต์พุตและสัญญาณตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ	155
จ.13 วงจรการทดลองโหลด LC	156
จ.14 สัญญาณแรงดันที่เอาต์พุตและสัญญาณตกคร่อมตัวเก็บประจุ	156
จ.15 วงจรการทดลองโหลด RLC	157
จ.16 สัญญาณแรงดันเอาต์พุต	157
จ.17 วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำพร้อมฟรีวิลลิ่ง	161
จ.18 กระแสในวงจรที่มี freewheeling diode	161
จ.19 วงจรไดโอดที่โหลดเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ พร้อมฟรีวิลลิ่งไดโอด	162
จ.20 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลดความต้านทาน	163
จ.21 สัญญาณแรงดันที่แหล่งจ่าย	163
จ.22 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RC	164
จ.23 สัญญาณแรงดันตกคร่อม	164
จ.24 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RL	165
จ.25 สัญญาณแรงดันตกคร่อม	165

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ.26 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RLC	166
จ.27 สัญญาณแรงดันตกคร่อม	166
จ.28 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว	171
จ.29 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ	173
จ.30 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ	174
จ.31 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RE	175
จ.32 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ	177
จ.33 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวแบบมีฟรีวิลลิ่งไดโอด	180
ง.34 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน	181
จ.35 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด และโหลดความต้านทาน	182
จ.36 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ	182
จ.37 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด และโหลดคาปาซิเตอร์	183
จ.38 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RE	184
จ.39 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอดและโหลด RE	184
จ.40 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RL	185
จ.41 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด และโหลด RL	186
จ.42 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RL แบบ Freewheeling Diodes	186
จ.43 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด และโหลด RL แบบ Freewheeling Diodes	187
จ.44 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงสองขด	192
จ.45 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงแท็ปกลาง	193
จ.46 กราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D1	194
จ.47 กราฟกราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมโหลดความต้านทาน	194
จ.48 กราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D2	195
จ.49 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์	198
จ.50 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น ที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ	199
จ.51 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นที่มีโหลดเป็นความต้านทาน	202
จ.52 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 และ D3	203

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ.53 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D2 และ D4	203
จ.54 สัญญาณแรงดันตกคร่อม	204
จ.55 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นโหลด RL	205
จ.56 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 และ D	205
จ.57 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D2 และ D4	206
จ.58 สัญญาณแรงดันตกคร่อม	207
จ.59 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส	210
จ.60 กระแสโหลดและกระแสไหลผ่านไดโอดของวงจรรูปที่ จ.59	211
จ.61 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟสต่อแบบสตาร์	216
จ.62 สัญญาณแรงดันตกคร่อม D1	217
จ.63 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด	218
จ.64 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส	221
จ.65 กระแสโหลดและกระแสไหลผ่านไดโอดของวงจรรูปที่ จ.64	222
จ.66 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟสต่อแบบเดลต้า	226
จ.67 กราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด	227
จ.68 กราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมโหลด	228
ฉ.1 ส่วนประกอบของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส	232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในการเรียนการสอนในปัจจุบัน ในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลังเป็นรายวิชาที่ต้องใช้ชุดทดลองอยู่มาก แต่จำนวนของชุดทดลองยังมีอยู่น้อยซึ่งไม่เพียงพอต่อนักศึกษา และชุดทดลองที่ใช้ อยู่ในปัจจุบันจะต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศทำให้ชุดทดลองมีราคาค่อนข้างสูง และถ้าหากจะสั่งซื้อชุดทดลองเพิ่มก็จะทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของไดโอดกำลังและการเรียงกระแส
2. เพื่อออกแบบชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส
3. เพื่อสร้างชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส
4. เพื่อทดสอบหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลอง
5. เพื่อนำชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสไปใช้งานจริง

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส เป็นชุดทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน ช่วยลดระยะเวลาในการทดลอง ช่วยลดปัญหาการขาดอุปกรณ์ในการเรียนการสอน และเป็นการช่วยเพิ่มความเข้าใจในการเรียนของนักศึกษา

1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน

1. ใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลังในหลักสูตรปริญญาตรีได้
2. มีใบงานการทดลองเรื่องไดโอดกำลังและการเรียงกระแสจำนวน 7 ใบงาน
3. สามารถทดลองวงจรกับไฟ 1 เฟส และ 3 เฟสได้
4. สามารถทดลองวงจรไฟฟ้ากับโหลด R, L, C ได้
5. สามารถทดลองวงจร Freewheeling ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

เมื่อมีการเรียนการสอนในราชวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลังในแต่ละครั้ง สิ่งหนึ่งที่เป็นปัญหาต่อการเรียนการสอนก็คือ นักศึกษาไม่สามารถทดลองวงจรได้อย่างทั่วถึงทุกคน เนื่องจากชุดทดลองที่มี อยู่ไม่เพียงพอต่อจำนวนนักศึกษา ซึ่งหากมีการสร้างชุดทดลองขึ้นมา จะช่วยให้นักศึกษาสามารถทำการทดลองได้อย่างทั่วถึง และยังเป็นการเพิ่มความรู้ความเข้าใจในเรื่องของไดโอดกำลังและการเรียงกระแส มากยิ่งขึ้น

การสร้างชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส เป็นการนำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นมาเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลองเพื่อให้ได้ตามความต้องการของนักศึกษา โดยมีการนำเอาชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสแบบเดิม มาเป็นแบบอย่างในการสร้างชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

1.6 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างประสิทธิภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส โดยแบ่งออกเป็น การศึกษาหลักสูตรราชวิชา เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กำหนดประชากรเป้าหมายและกลุ่มตัวอย่าง สร้างชุดทดลอง สร้างใบงานการทดลอง แก้ไขปรับปรุง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดำเนินการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล

1.7 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ผู้ที่มีความสนใจมีความสะดวกแก่การศึกษาและทำความเข้าใจ โดยแบ่งออกเป็นบทต่างๆ ตามลำดับดังนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่ทำให้เกิดโครงงานนี้ขึ้น รวมทั้งยังกล่าวถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขตและประโยชน์ของการทำปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึง การถ่ายทอดความรู้แบบวิธีสอนโดยใช้การทดลอง ความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นในการวัด การวางแผนสร้างแบบทดสอบ เครื่องมือที่ใช้วัดผลทางการศึกษา การวัดและการประเมินผล การหาค่าคุณภาพและประสิทธิภาพ

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ การออกแบบและการสร้างชุดทดลอง จะเป็นเนื้อหาโดยละเอียดตั้งแต่ขั้นตอนในการออกแบบวงจรต่างๆ การนำส่วนต่างๆ มาประกอบเป็นชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลอง เป็นการนำเสนอในส่วนการทดลองไดโอดและวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นและเต็มคลื่น

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา เป็นการสรุปเกี่ยวกับความสามารถประสิทธิภาพการทำงานของชุดทดลอง และ กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นนับตั้งแต่การเริ่มสร้างโครงงานนี้จนกระทั่งโครงงานเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาชุดทดลอง ให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง ใบงานการทดลอง

ภาคผนวก จ เฉลยใบงาน

ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก ช รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก ซ ตัวอย่างใบประเมิน

ภาคผนวก ฌ หนังสือเรียนเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คือ การถ่ายทอดความรู้แบบวิธีสอนโดยใช้การทดลอง การสร้างแบบทดสอบ เครื่องมือที่ใช้วัดผลทางการศึกษา การวัดและการประเมินผล และการหาค่าคุณภาพและประสิทธิภาพ

2.2 การถ่ายทอดความรู้แบบวิธีสอนโดยใช้การทดลอง

2.2.1 ความหมาย

วิธีสอนโดยใช้การทดลอง คือ กระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาและสมมติฐานในการทดลองและลงมือทดลองปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปอภิปรายผลการทดลองและสรุปการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทดลอง

2.2.2 วัตถุประสงค์

วิธีสอนโดยใช้การทดลอง เป็นวิธีการที่มุ่งช่วยให้ผู้เรียนรายบุคคลหรือรายกลุ่มเกิดการเรียนรู้โดยการเห็นผลประจักษ์ชัดจากการคิดและการกระทำของตนเอง ทำให้การเรียนรู้นั้นตรงกับความเป็นจริง มีความหมายสำหรับผู้เรียนและจำได้นาน

2.2.3 องค์ประกอบของวิธีสอน

1) มีปัญหาและสมมติฐานในการทดลอง
2) มีวัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดลอง
3) มีการทดลอง
4) มีผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

2.2.4 ขั้นตอนสำคัญของการสอน

1) ผู้สอน / ผู้เรียนกำหนดปัญหาและสมมติฐานในการทดลอง
2) ผู้สอนให้ความรู้ที่จำเป็นต่อการทดลอง ให้ขั้นตอนและรายละเอียดในการทดลองแก่ผู้เรียน โดยใช้วิธีการต่างๆ ตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ผู้เรียนลงมือทดลองโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นตามขั้นตอนที่กำหนดและบันทึกข้อมูลการทดลอง

4) ผู้เรียนวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5) ผู้สอนและผู้เรียนอภิปรายผลการทดลอง และสรุปการเรียนรู้

2.2.5 การใช้วิธีการสอนโดยใช้การทดลองให้มีประสิทธิภาพ

1) การเตรียมการ

ผู้สอนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายกำหนดตัวปัญหาที่จะใช้ในการทดลองและกระบวนการหรือขั้นตอนในการดำเนินการทดลองให้ชัดเจน รวมทั้งจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองให้พร้อม และลองซ้อมทำการทดลองด้วยตนเอง เพื่อจะได้เรียนรู้ประเด็นปัญหา ข้อขัดข้องหรืออุปสรรคต่างๆ ซึ่งอาจนำมาใช้ในการปรับขั้นตอนดำเนินการและรายละเอียดต่างๆ ให้รัดกุมขึ้น ผู้สอนอาจจำเป็นต้องทำเอกสารคู่มือการทดลองให้ผู้เรียน และควรจัดทำประเด็นคำถามที่จะให้ผู้เรียนหาคำตอบหรือแนวทางที่จะให้ผู้เรียนสังเกตผลการทดลอง นอกจากนั้นในบางกรณีที่การทดลองต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ที่จำเป็น ซึ่งหากผู้เรียนขาดความรู้ดังกล่าว จะไม่สามารถทำการทดลองได้ จึงควรมีการตรวจสอบความรู้ผู้เรียนก่อนให้ทำการทดลองโดยผู้สอนจะต้องจัดเตรียมแบบทดสอบไว้ด้วย สำหรับการทดลองที่มีอันตราย เช่น การทดลองทางเคมี ผู้สอนจะต้องตรวจสอบความปลอดภัย รวมทั้งเตรียมการทั้งทางด้านป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นด้วย

2) การนำเสนอเรื่อง / ตัวปัญหาที่จะใช้ในการทดลอง

ผู้สอนอาจเป็นผู้นำเสนอปัญหาที่จะใช้ในการทดลอง แต่ถ้าทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกว่าปัญหามาจากตัวผู้เรียนเองได้ ก็จะยิ่งดี จะทำให้การเรียนรู้หรือการทดลองนั้นมีความหมายสำหรับผู้เรียนมากขึ้น

3) การให้ความรู้ / ขั้นตอน / รายละเอียดในการทดลอง

ผู้สอนอาจเป็นผู้กำหนดขั้นตอนและรายละเอียดในการทดลองเอง หรืออาจให้ผู้เรียนร่วมกันวางแผนและกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการทดลองก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสมกับสาระ แต่การให้ผู้เรียนร่วมกันดำเนินการนั้น จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะต่างๆ ได้เพิ่มขึ้นอีก และผู้เรียนจะกระตือรือร้นมากขึ้น เพราะเป็นผู้คิดเองอย่างไรก็ตาม ครูจำเป็นต้องคอยดูแลให้คำปรึกษาและความช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด

4) การทดลอง

การทดลองทำได้หลายแบบ ผู้สอนอาจให้ผู้เรียนลงมือทดลองตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ทั้งหมด โดยครูทำหน้าที่สังเกต และให้คำแนะนำหรือให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียน หรือผู้สอนอาจลงมือทำการทดลองเอง ให้ผู้เรียนสังเกต แล้วทำการทดลองตามไปทีละขั้น หรือผู้สอนอาจลงมือทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองให้นักเรียนดูจนจบกระบวนการ แล้วให้ผู้เรียนไปทำการทดลองได้ด้วยตนเอง ผู้สอนจะใช้เทคนิคใดนั้นขึ้นกับความเหมาะสมกับลักษณะของการทดลองครั้งนั้น ผู้เรียนจะเรียนด้วยวิธีนี้ได้หากมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็น ผู้สอนจึงควรฝึกฝนทักษะดังกล่าวให้ผู้เรียนก่อนให้ผู้เรียนทำการทดลอง หรือไม่ก็ต้องฝึกไปพร้อมๆ กัน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวมี 13 ทักษะ

4.1) ทักษะการสังเกต

4.2) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

4.3) ทักษะการจำแนกประเภท

4.4) ทักษะการวัด

4.5) ทักษะการใช้ตัวเลข

4.6) ทักษะการสื่อความหมาย

4.7) ทักษะการพยากรณ์

4.8) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส (Space) กับเวลา

4.9) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

4.10) ทักษะการตั้งสมมติฐาน

4.11) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร

4.12) ทักษะการทดลอง

4.13) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ผู้สอนจะสอนด้วยวิธีนี้ให้ได้ผลดี จำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และมีทักษะ 13 ประการดังกล่าว จึงจะสามารถช่วยฝึกฝนผู้เรียนตามปัญหาและความต้องการของผู้เรียนได้

5) การรวบรวมข้อมูล

ผู้สอนควรให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนในการสังเกตการทดลอง บันทึกข้อมูลการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ รวมทั้งให้ความเอาใจใส่ในกระบวนการทดลอง และกระบวนการทำงานร่วมกันของผู้เรียนด้วย

6) การวิเคราะห์สรุปผลการทดลอง และสรุปการเรียนรู้

ผู้สอนควรให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการคิด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องอื่นๆ ได้อีกมาก นอกจากนั้น ผู้สอนควรให้ผู้เรียนมีการวิเคราะห์อภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการในการแสวงหาความรู้ กระบวนการทำงาน และกระบวนการอื่นๆ และสรุปการเรียนร่วมกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีสอนโดยใช้การทดลอง

1) ข้อดี

1.1) เป็นวิธีสอนที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ผ่านกระบวนการต่างๆ ได้พิสูจน์ทดสอบ และเห็นผลประจักษ์ด้วยตนเอง จึงเกิดการเรียนรู้ได้ดี มีความเข้าใจ และจะจดจำการเรียนรู้นั้นได้นาน

1.2) เป็นวิธีสอนที่ผู้เรียนมีโอกาสได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะกระบวนการต่างๆ จำนวนมาก เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการผลิต และทักษะกระบวนการรวมกลุ่ม รวมทั้งได้พัฒนาลักษณะนิสัยใฝ่รู้

1.3) เป็นวิธีสอนที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมาก จะทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้

2) ข้อจำกัด

2.1) เป็นวิธีสอนที่มีค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ เครื่องมือ วัสดุ สำหรับผู้เรียนจำนวนมาก หรือในกรณีที่ต้องออกไปเก็บข้อมูลนอกสถานที่ ก็ต้องมีค่าใช้จ่ายพาหนะ ที่พัก และวัสดุต่างๆ ด้วย

2.2) เป็นวิธีสอนที่ใช้เวลามาก เนื่องจากการดำเนินการแต่ละขั้นตอนต้องใช้เวลา

2.3) เป็นวิธีสอนที่ผู้สอนต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงจะสามารถสอนและฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี

2.3 การวัดและการประเมินผล

การวัดและการประเมินผลทางการศึกษา มีความสำคัญต่อระบบการศึกษามาก เนื่องจากเป็นตัวชี้ให้ ทราบถึงสภาพการณ์ของระบบการศึกษา เพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมของหลักสูตรประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอน ความสามารถของผู้สอน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ฯลฯ การวัดและการประเมินผลจึงถูกจัดให้ เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการศึกษาของชาติ

2.3.1 ความสำคัญของการวัดและการประเมินผล

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินคุณค่าให้กับสิ่งที่ต้องการประเมิน โดยอาศัยเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบประกอบการพิจารณาตัดสินใจ โดยทั่วไปแล้วในการจัดการเรียนการสอน การวัดและการประเมินผลนับได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการเรียนการสอน ดังจะเห็นได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการของการจัดการเรียนการสอน คือ จุดมุ่งหมาย หรือจุดประสงค์ของการเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและการประเมินผล ซึ่งกิจกรรมที่วัดเพื่อที่จะได้ทราบผลว่า การเรียนการสอนนั้น บรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่จะพิจารณาได้จากผลของการประเมิน เพื่อประกอบการพิจารณาตัดสินใจ ฉะนั้นการวัดและการประเมินผลจึงเป็นส่วนสำคัญของการศึกษา เพื่อที่จะให้นักเรียนและครูสามารถปรับปรุงการเรียนการสอนของตนได้

จากคำจำกัดความที่ว่า การประเมินผลเป็นกระบวนการในการตัดสินใจ ถ้าพิจารณาดูจะสามารถแยกได้ 2 ลักษณะคือ

1. การประเมินผลเป็นกระบวนการที่มีระเบียบแบบแผน ซึ่งไม่รวมถึงการสังเกตนักเรียนที่ไม่มีจุดมุ่งหมาย

2. การประเมินผลจะบอกให้ทราบได้ว่า ความมุ่งหมายของการศึกษานั้น ดีหรือไม่ ซึ่งการประเมินผลเป็นคำที่มีความหมายกว้างกว่าคำว่าการวัด เนื่องจากจะบอกถึงปริมาณและคุณภาพของนักเรียนบวกกับการตัดสินใจทางคุณค่าที่เกี่ยวกับพฤติกรรมต่างๆ ส่วนการวัดมีความหมายเฉพาะการบอกลักษณะพฤติกรรมของนักเรียนด้านปริมาณ

กล่าวโดยสรุปแล้ว การประเมินผล (Evaluation) เป็นการพิจารณาตัดสินเกี่ยวกับ คุณภาพ คุณค่า ความจริงและการกระทำ ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินนั้น อาจขึ้นอยู่กับการวัดเพียงครั้งเดียว เช่น คะแนนสอบแต่โดยทั่วไปแล้ว มักจะเป็นการรวมการวัดหลายๆ ครั้ง หรือหลายๆ ทาง โดยอาศัยข้อมูลหรือรายละเอียดจากการสังเกต การตรวจผลงาน การสัมภาษณ์ หรือการทดสอบประกอบการพิจารณา ตัดสินใจ ทั้งนี้ในการประเมินผลแต่ละครั้งจะประกอบด้วย

1. ผลของการวัดได้จากกระบวนการต่างๆ เพื่อใช้เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจ เช่น จากการสังเกต การตรวจผลงาน การทดสอบ หรือการสัมภาษณ์

2. เกณฑ์การพิจารณา ใช้เป็นหลักในการพิจารณาตัดสิน ความเก่ง อ่อนของนักเรียน ความพอใจ ไม่พอใจ ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยนำผลที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. การตัดสินใจ เป็นการชี้ขาดหรือสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างผลของการจัด กับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.3.2 ความหมายของการวัดและการประเมินผล

การวัด (Measurement) หมายถึง การกำหนดตัวเลขเพื่อแทนคุณสมบัติของสิ่งต่างๆ โดยกำหนดให้ เป็นไปตามกฎเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผลของการวัดจะได้ปริมาณหรือจะตอบคำถาม (How much?) ซึ่งปริมาณที่วัดได้ในกรณีที่มิได้แทนคุณสมบัติของสิ่งต่างๆ เท่านั้น ฉะนั้น การกำหนดตัวเลขในการวัด จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะจำแนก หรือจัดอันดับตามความมากน้อยของสิ่งที่วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ ตลอดจนให้ผลการเปรียบเทียบ โดยสิ่งที่ถูกวัดนั้นอาจเป็นกิจกรรมหรือพฤติกรรม สำหรับการประเมินผล (Evaluation) ในทางการศึกษา ให้ ความหมายว่า เป็นกระบวนการตีความหมาย (Interpretation) และตัดสินคุณค่า (Value Judgment) จากสิ่งที่วัดได้จากการวัดผล การประเมินผลต้องอาศัยวิธีการที่มีระบบแบบแผนในการรวบรวมข้อมูลตลอดจนเหตุผลประกอบการพิจารณาตัดสินว่ากิจกรรมการศึกษานั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมอย่างไร กล่าวโดยสรุปแล้วการประเมินผลจะต่างกับการวัดผลตรงที่การประเมินผลจะต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์ที่เด่นชัด ก่อนดำเนินการประเมินผลเพื่อให้ทราบว่าผลที่ได้นั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่

จากที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าในการประเมินผลแต่ละครั้งเพิ่มการวัดผล นับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญอันดับแรก เพื่อที่จะนำไปสู่การประเมินผลที่ถูกต้องเนื่องจาก การวัดผลเป็นการกำหนดค่าที่เป็นตัวเลขให้แก่สิ่งที่ต้องการวัดภายใต้กฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังเป็นกระบวนการของการรวบรวมและจัดเรียงลำดับของข้อมูล ซึ่งการวัดผลของกระบวนการจะเกิดขึ้นได้จะต้องประกอบด้วย หน่วยของการวัด เครื่องมือที่ใช้วัดและสิ่งที่ถูกวัดในที่นี้จะขอจำแนกการวัดผล ออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. การวัดในสิ่งที่เป็นรูปธรรม หมายถึง สิ่งที่มีตัวตน สามารถสัมผัสได้ เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก ความยาว ซึ่งการวัดแบบนี้สามารถอ่านค่าได้โดยตรงจากตัวเลขที่ได้

2. การวัดในสิ่งที่เป็นนามธรรม เป็นการวัดที่ไม่มีตัวตน ไม่สามารถสัมผัสได้ จึงต้องอาศัยเครื่องมือมาช่วยในการวัด เช่นการวัดสติปัญญา ความถนัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนซึ่งการวัดแบบนี้จะต้องมีการแปลความหมายของสิ่งที่ต้องวัดเสียก่อน โดยจะได้ค่าหรือผลของการวัดออกมาเป็นตัวเลข โดยอาศัยเครื่องมือที่ใช้ในการวัด แล้วนำผลที่ได้เป็นตัวเลขนำไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้จึงสรุปผล กล่าวโดยสรุปแล้ว การวัดผลจึงหมายถึง กระบวนการในกำหนดหรือหาปริมาณแทนคุณลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือสมรรถภาพของบุคคล โดยใช้เครื่องมือช่วยในการวัดและผลของการวัดในตัวเลข

2.3.3 ขั้นตอนในการวัดและการประเมินผล

1) การกำหนดจุดประสงค์ในการวัดและประเมินผลการเรียน

ก่อนที่จะมีการจัดและประเมินผลการเรียนของนักเรียนนั้น ครูผู้สอนควรจะมีการกำหนดจุดประสงค์ก่อนว่าจะวัดอะไร วัดแค่ไหน วัดเพื่ออะไรและวัดอย่างไร ซึ่งการกำหนดจุดประสงค์ในการวัดและการประเมินผลควรสอดคล้องกับจุดประสงค์ในการสอน ฉะนั้นการกำหนดจุดประสงค์ในการสอน นอกจากจะช่วยให้ครูผู้สอนมีเป้าหมายในการสอนที่ชัดเจน และยังช่วยให้การประเมินผลตรงตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเลือกและการสร้างเครื่องมือ

เมื่อทราบจุดมุ่งหมายของการวัดและการประเมินผลแล้วจะทำให้ทราบถึงความต้องการในการวัดคุณลักษณะหรือพฤติกรรมใดของผู้เรียนขึ้นต่อไป จึงควรจะพิจารณาว่า การวัดคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่กำหนดไว้นั้น ควรจะใช้เครื่องมืออะไรบ้าง จึงจะวัดได้ตรงตามความต้องการอย่างครบถ้วน ในการวัดแต่ละครั้งจึงต้องเลือกเครื่องมือให้เหมาะสมหรืออาจมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือหลายๆ ชนิด ประกอบกันเพื่อวัดพฤติกรรมด้านต่างๆ ให้ครบตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

3) การนำเครื่องมือไปทำการทดสอบผู้เรียน ครูผู้สอน หรือผู้คุมสอบ

ควรจัดเตรียมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนทำข้อสอบหรือแก้ปัญหาได้อย่างเต็มความสามารถ ไม่ให้มีสิ่งรบกวนสมาธิหรือเวลาของผู้เข้าสอบรวมทั้งกำหนดเวลาสอบให้เหมาะสม

4) การตรวจและนำผลมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์

ในขั้นนี้เป็นการรวบรวมและแปลงคำตอบของผู้เรียนให้ เป็นตัวเลข หรือคะแนนแล้วทำการจดบันทึกไว้หลังจากนั้น จึงรวบรวมคะแนนของผู้เรียนที่ได้จากการวัดทุกชนิด จากทุกระยะมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5) การประเมินผล

เป็นการตัดสินว่าผู้เรียนมีความรู้-ความสามารถในวิชานั้นๆ มากน้อยขนาดไหน สูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผู้เรียนส่วนใหญ่มีผลการเรียนเป็นอย่างไร และได้เกรดอะไร

องค์ประกอบของการวัด สามารถจำแนกได้ 3 ประการ คือ

1. มาตราการวัด (Scale) ในการวัดซึ่งเป็นระบบของการกำหนดตัวเลขในการวัด เช่น ฟุต
2. หน่วยของการวัด (Unit) เช่น กิโลกรัม คะแนนมาตรฐาน คะแนนดิบ เป็นต้น
3. เครื่องมือที่ใช้วัด (Tools) เช่น ตาชั่ง แบบทดสอบ เป็นต้น

2.3.4 หลักของการวัดผลการศึกษา

การวัดผลการศึกษาจะมีประสิทธิภาพและได้ผลตามจุดมุ่งหมาย ที่กำหนดไว้นั้น ควรจะคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ คือ

1) วัดให้ตรงกับวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ซึ่งมักจะพบว่าข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการวัดไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ เนื่องมาจาก

1.1) ความไม่เข้าใจในคุณลักษณะที่ต้องการวัด วัดไม่ตรงกับความต้องการ ทำให้ได้ผลที่ได้จากการวัดนั้นคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

1.2) ใช้เครื่องมือไปสอดคล้องกับตัวแปรที่จะวัดทำให้ผลของการวัดที่ได้ขาด ความเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3) วัดได้ไม่ครบถ้วน

1.4) เลือกกลุ่มตัวอย่างที่จะวัดได้ไม่เหมาะสม

2) ใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพ

3) มีความยุติธรรม โดยการกำหนดให้สิ่งที่ถูกวัดอยู่ภายใต้สถานการณ์ที่เหมือนกัน

4) แปลผลได้ถูกต้อง โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่มีอยู่และแปลผล โดยการนำไปเปรียบเทียบกับคนอื่นหรือผลงานอื่น ซึ่งขึ้นอยู่กับหน่วยและมาตราการวัด

5) ใช้ผลการวัดให้คุ้มค่าในการตัดสินใจ ไม่เฉพาะแต่จะช่วยให้ผู้เรียนทราบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมถึง

5.1) ใช้เป็นข้อมูลในการเลือกวิชาเรียนและอาชีพ

5.2) ใช้สำหรับจัดให้นักเรียนทำงานตามความสามารถและความสนใจ

5.3) ใช้ประกอบการประเมินผลการสอน รายวิชาและหลักสูตร

5.4) ใช้ประกอบการประเมินวิธีสอนและอุปกรณ์การสอน

5.5) ใช้ในการประเมินสมรรถภาพขั้นต่ำของผู้เรียน

5.6) ใช้ในการให้เกรดหรือระดับคะแนน

2.3.5 จุดมุ่งหมายของการวัดผลการศึกษา

1) เพื่อจัดตำแหน่ง (Placement)

เป็นการบอกตำแหน่งของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใดหรือตำแหน่งใดของกลุ่ม หรือเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1) เพื่อคัดเลือก (Selection) เป็นการวัดเพื่อชิงตำแหน่ง เช่น ในการสอบคัดเลือก วิธีการนี้จะไม่คำนึงถึงมาตรฐานหรือระดับความรู้ของผู้สอบ

1.2) เพื่อจำแนก (Classifcation) เป็นการวัดค่าว่าผู้ถูกสอบอยู่ตำแหน่งใดของกลุ่มทั้งหมด เป็นการแจกแจงจำแนกบุคคลตามความสามารถของผู้สอบ

2) เพื่อเปรียบเทียบ (Assessment)

เป็นการวัดว่านักเรียนแต่ละคนมีการพัฒนาขึ้นจากเดิมเท่าใด จากต้นเทอมถึงปลายเทอม การวัดประเภทนี้จะใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกันทดสอบสองครั้ง

3) เพื่อการวินิจฉัย (Diagnosis)

เป็นการวัดเพื่อดูความบกพร่องของผู้เรียน เพื่อค้นหาสาเหตุการบกพร่องอันจะนำไปสู่การแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เพื่อการพยากรณ์ (Pesdication)

เป็นการวัดเพื่อจะใช้คะแนนไปพยากรณ์ว่าผู้เรียนควรเลือกเรียนในสาขาวิชาใด จึงจะเหมาะสมสอดคล้องกับความสามารถของตัวผู้เรียน

5) เพื่อการประเมินผล (Evaluation)

เป็นการวัดเพื่อสรุปผลการเรียนเพื่อนำคะแนนมาประเมินคุณค่า หรือต้องการศึกษาว่าหลักการนี้ วิธีการสอนแบบนี้ หรือโรงเรียนนี้ มีความสามารถให้การศึกษาแก่เด็กได้ถึงระดับที่ตรงกับ จุดมุ่งหมายหรือไม่

2.3.6 ประเภทของการประเมินผล

เนื่องจากการประเมินผลเป็นกระบวนการในการตัดสินใจทางคุณค่าที่เกี่ยวกับพฤติกรรมต่างๆ การประเมินผลมีรูปแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้แบ่งเป็นหลัก ซึ่งแบ่งตามจุดประสงค์ของการประเมิน และแบ่งตามระบบของการวัด ดังนี้

1) แบ่งตามจุดประสงค์ของการประเมิน

เป็นการประเมินผลเพื่อจัดตำแหน่งและวินิจฉัย (Diagnosis Evalution) การประเมินผลเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน (Formative Evalution) และการประเมินผลเพื่อการตัดสินผลการเรียนการสอน (Summative Evalution)

1.1) การประเมินผลเพื่อจัดตำแหน่งและวินิจฉัย เป็นการประเมินก่อนเริ่มต้นการเรียนการสอนของแต่ละบทเรียน เพื่อดูว่าผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนเพียงใด ซึ่งจะช่วยให้รู้ว่าระหว่างการเรียนรู้ จะมีวิธีการเพิ่มความรู้อย่างไร โดยการพิจารณาเลือกวิธีสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน หรือซ่อมเสริมพื้นฐานอย่างไร โดยพิจารณาเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน หรือซ่อมเสริมพื้นฐานให้เพียงพอก่อนที่จะเริ่มต้นสอนเนื้อหาในหน่วยการเรียนต่อไป

1.2) การประเมินผลเพ่อปรับปรุงการเรียนการสอน (Formative Evalution) ซึ่งอาจเรียนการประเมินผลแบบนี้ว่า การประเมินผลย่อย ซึ่งจะใช้ในระหว่างที่กำลังเรียน กำลังสอนเพื่อตรวจสอบผู้เรียนว่ามีความรู้ความสามารถตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในระหว่างการเรียนการสอนหรือไม่ ซึ่งผู้สอนจำเป็นจะต้องหาวิธีการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ การประเมินผลวิธีนี้นอกจากจะเป็นการประเมินเพื่อตรวจสอบตัวผู้สอนเอง ซึ่งหากพบข้อบกพร่องผู้สอนก็สามารถที่จะแก้ไขตรงจุดประสงค์นั้นๆ ได้

1.3) การประเมินผลเพื่อตัดสินผลการเรียนการสอน (Summative Evalution) บางทีเรียกว่า การประเมินผลรวม การประเมินผลในลักษณะนี้หลังจากผู้เรียนได้เรียนไปแล้ว ช่วงระยะเวลาหนึ่งหรือสิ้นสุดการเรียน ผู้สอนต้องการทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้มากน้อยเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใครเก่งอ่อนในเรื่องใด ผลจากการประเมินนี้ใช้ในการตัดสินการเรียนการสอนหรือตัดสินว่า ผู้เรียนจะได้คะแนนในระดับใด เพื่อใช้ในการพยากรณ์ผลสำเร็จในการเรียนในรายวิชาต่อเนื่องต่อไป

2) แบ่งตามระบบการวัด

แบ่งเป็นการประเมินผลแบบอิงตน (Self Referenced Evalution) การประเมินผลแบบอิงกลุ่ม (Norm- Referenced Evalution) และการประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ (Criter- Referenced Evalution)

2.1) การประเมินผลแบบอิงตน (Self Referenced Evalution) เป็นการนำผลการสอนมาเปรียบเทียบกับความสามารถของตนเอง เช่น การปรับปรุงตนเอง การเปลี่ยนแปลง เจตคติ ในการเปรียบเทียบผลการประเมินแบบอิงตนนี้ ควรจะใช้แบบทดสอบเดิม สภาพการณ์เดิม เวลาที่ทำการสอนแบบเดิมโดยใช้วิธีการสอบก่อนเรียน และสอบหลังเรียน การประเมินผลในลักษณะนี้สามารถนำไปใช้ตรวจสอบว่าภายหลังจากการเรียนการสอน ผู้เรียนได้พัฒนาไปมากน้อยเพียงใด เช่นมีการเปลี่ยนแปลงเจตคติหรือพัฒนาทักษะได้ดีขึ้น

2.2) การประเมินผลแบบอิงกลุ่ม (Norm- Referenced Evalution) เป็นการนำผลการสอนที่ได้ไปเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นในกลุ่มที่ถูกวัดด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกัน การประเมินผลแบบนี้ขึ้นอยู่กับความรู้ ความสามารถของกลุ่มเป็นสำคัญ โดยมีความเชื่อที่ว่าบุคคลแต่ละคนมีความสามารถแตกต่างกัน หากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบมีคุณภาพ การกระจายของคะแนนจะอยู่ในรูปโค้งปกติ ผู้สอบแต่ละคนจะมีความสามารถมากน้อยแค่ไหนเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม คะแนนที่ได้หากแปลงมาเป็นคะแนนมาตรฐาน หรืออยู่ในตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไตล์ การประเมินผลแบบนี้นิยมใช้ตัดสินผลการเรียนการสอนหรือคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อ

2.3) การประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ (Criter- Referenced Evalution) เป็นการนำผลการสอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยไม่คำนึงถึงความสามารถของกลุ่ม แต่ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ตั้งไว้เท่านั้น ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ได้แก่ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม หากผู้เรียนไม่ผ่านจุดประสงค์หรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้ก็จะมีการสอนซ่อมเสริมหรือการปรับปรุงการเรียนการสอน

2.3.7 ประโยชน์ของการวัดและการประเมินผลการเรียนการสอน

การวัดและการประเมินผลมีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาหลายประการ ทั้งนี้มีบุคคลหลายฝ่ายที่ได้รับประโยชน์จากการวัดและการประเมินผล ดังนี้

1) ผู้เรียน การประเมินผลจะช่วยให้ผู้เรียน

1.1) ทราบข้อบกพร่องของตนเองและปรับปรุงแก้ไขตนเองก่อนที่จะเรียนเรื่องต่อไป

1.2) กระตุ้นให้เกิดความอยากเรียน

1.3) วางแผนตนเองในการค้นหาแนวทางศึกษาต่อหรือประกอบอาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ครูผู้สอน

2.1) ทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถทางสติปัญญาเป็นอย่างไร แต่ละคนมีความสามารถพิเศษทางด้านไหน

2.2) จัดแบ่งกลุ่มผู้เรียนได้ถูกต้อง

2.3) แก้ไขการสอนตนเองได้

2.4) ปรับปรุงกิจกรรมและหลักสูตรได้

2.5) สามารถให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนได้ถูกต้อง ทันเวลา

3) ผู้บริหาร

3.1) ทราบมาตราฐานทางด้านวิชาการของโรงเรียน

3.2) ทราบคุณภาพของการสอน

3.3) ใช้เป็นเครื่องมือในการที่จะแนะแนวครูใหม่ที่จะมาทำการสอน

3.4) ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับแก้ไขปรับปรุงงานของโรงเรียน

3.5) ใช้ในการปฐมนิเทศครูใหม่

3.6) ปรับปรุงส่งเสริมสภาพการเรียนการสอนให้แก่ครูและผู้เรียน

4) ฝ่ายแนะแนว การประเมินผลที่ดีจะช่วยการทำงานของบริการแนะแนวใสถาบันการศึกษานั้นได้ มาก เช่น

4.1) เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาผู้เรียนเป็นรายบุคคล

4.2) เป็นแนวทางในการแนะแนวการเรียน การศึกษาต่อ และการประกอบอาชีพแก่ผู้เรียน

4.3) ช่วยวิเคราะห์ความเด่นและด้อยของผู้เรียนแต่ละคน

4.4) ช่วยให้ผู้เรียนเอาชนะปมด้อยและนำปมเด่นของตนเองไปใช้ระโยชน์

4.5) ช่วยให้ผู้บริหารได้ทราบสาเหตุของปัญหาต่างๆ ในสถานศึกษา

4.6) ช่วยให้ผู้ปกครองเข้าใจเด็กของตนเองได้อย่างถ่องแท้ยิ่งขึ้น

4.7) ช่วยให้ทราบว่าชั้นเรียนใด ห้องใดเด่นทางด้านใด

5) ผู้ปกครอง

5.1) ทราบความก้าวหน้าของเด็กในปกครองของตน

5.2) ได้ติดต่อสัมพันธ์กับโรงเรียนเพื่อจะช่วยสนับสนุนในการพัฒนาตัวผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีการสร้างชุดทดลอง

ชุดสื่อการเรียนการสอนเป็นชุดสื่อที่ได้จากการรวบรวมสื่อการเรียนการสอน วัสดุและอุปกรณ์ประเภทต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อใช้หรือส่งเสริมการเรียนการสอนออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยการศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ชุดสื่อการสอนแต่ละชุดจะประกอบด้วยหัวข้อย่อยหลายๆ หัวข้อสำหรับเนื้อหาวิชาใดวิชาหนึ่งและการออกแบบชุดสื่อการสอนแต่ละชุดควรยึดหลักสำคัญดังนี้

1. ให้สอดคล้องกับความต้องการของงานในสถานประกอบการ
2. ให้เหมาะสมกับสภาพการสอน
3. สามารถลดจินตนาการของผู้เรียนให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็ว
4. ส่งเสริมให้นักศึกษามีกิจกรรมระหว่างบทเรียน

2.4.1 หลักการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

หลักการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งมี 8 หัวข้อ ผู้ทดลองนำมาใช้เป็นกรอบในการสร้างชุดทดลอง จำนวน 4 หัวข้อ (บัญชา ธนบุญสมบัติ. 2543:2-6) คือ

1) การกำหนดความคิดหลัก และหน้าที่ในการใช้งานผลิตภัณฑ์เป็นการกำหนดกรอบความคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีความทันสมัย มีความสามารถในเชิงนวัตกรรมสูง มีความ เหมาะสมกับข้อกำหนดและมีการเลือกใช้วัสดุและกรรมวิธีการผลิต โดยคำนึงถึงสรรถนะการใช้ งานที่เหมาะสม

2) การวางแผนระยะเวลาสำหรับกิจกรรมการผลิตในขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนและประมาณระยะเวลาดำเนินการสำหรับการผลิต การวางแผนคือการระบุกิจกรรมหลักที่สำคัญและจัดลำดับเวลาในการดำเนินกิจกรรมเหล่านั้น

3) การเตรียมต้นแบบและทดสอบผลิตภัณฑ์เป็นการทำต้นแบบ การผลิตนำร่องและการทดลองผลิตภัณฑ์ใหม่ ในการทดสอบทางเทคนิคต่างๆ ขั้นตอนนี้ยังรวมไปถึงการออกแบบการจัดสร้างเครื่องมือและผลิตต้นแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

4) การปรับปรุงผลิตภัณฑ์และพัฒนาการผลิตเป็นการปรับปรุงสมรรถนะการใช้งาน มีการเพิ่มอุปกรณ์อำนวยความสะดวกหรืออุปกรณ์ทางด้านความปลอดภัยให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.4.2 การสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลอง

แนวทางในการปรับปรุงขบวนการเรียนการสอนสาขาช่างอุตสาหกรรมคือ การมีสื่อการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักสูตรและผู้สอนได้นำไปใช้อย่างถูกวิธีซึ่งเป็นผลให้คุณภาพการสอนดีขึ้นในการผลิตสื่อเพื่อการสอน โดยเฉพาะวิธีการทดลอง นอกจากจะพิจารณาถึงระบบและวิธีที่ต้องใช้แล้วยังมีหลักอีก 3 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เทคนิคการผลิต

2. ความคิดสร้างสรรค์ในการผลิต

3. การออกแบบให้สอดคล้องกับขบวนการสอนจุดมุ่งหมายการสอนและลักษณะที่จะนำไปใช้

สำหรับแนวทางในการออกแบบสื่อการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพนั้นประกอบด้วยขบวนการ 5 ขั้นตอน คือ

1) กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชาด้วยองค์ประกอบ 4 ประการที่ควบคู่กันคือการศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชาการศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตรจากการสำรวจโรงงานและสำรวจสถานศึกษา

2) การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์จากขอบข่ายเนื้อหาที่ได้นำมาศึกษา เพื่อให้สามารถจำแนกเป็นส่วนต่างๆ เท่าที่จำเป็นคล่าวคือให้รู้ถึงจุดมุ่งหมายและหน้าที่ของชุดทดลองว่าทำอย่างไรจึงสามารถทำงานได้ตามต้องการสามารถตอบสนองจุดมุ่งหมายของเนื้อหารายวิชาได้อย่างครบถ้วน

3) การออกแบบและการสร้างชุดสื่อการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของชุดทดลองที่ผ่านการวิเคราะห์และตรวจสอบจึงนำเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์การสอนหรือชุดทดลองที่ทำการออกแบบสามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์การสอนของครูและอุปกรณ์ในการกิจกรรมของนักศึกษาชุดทดลองจึงมีความสำคัญมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาและความสามารถทำงานในด้านช่างอุตสาหกรรมเพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงานได้อย่างดีการออกแบบและสร้างสื่อประเภทชุดทดลองนั้นจำเป็นต้องนำหลักการด้านการออกแบบทางด้านวิศวกรรมปฏิบัติมาประยุกต์กับงานที่ออกแบบสร้าง

4) การทดลองใช้ชุดสื่อการเรียนการสอนจะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษาโดยผู้ทดลองเพื่อค้นหาข้อบกพร่องต่างๆ เช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทาน ความสะดวกในการใช้งาน และการลอกเลียนแบบขึ้นมาทำใหม่

5) การปรับปรุงข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองข้างต้น จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงชุดสื่อการเรียนการสอน ให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้

2.4.3 วิธีการสร้างชุดทดลองและใบงานการทดลอง

วิธีการสร้างชุดทดลองและใบงานการทดลองมีลำดับขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1) ขั้นเตรียมเอกสารและข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง

2) ขั้นเตรียมการหาอุปกรณ์ที่จะช่วยในการสร้างชุดทดลองและใบงานทดลองซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ชำนาญการสาขาวิชานั้น

3) ขั้นดำเนินการประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1 เลือกเนื้อหารายวิชา

3.2 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.3 จัดลำดับเนื้อหา

3.4 วางแผนวิธีการสอนสื่อที่ใช้กิจกรรมการเรียนและรูปแบบการประเมินผล

3.5 การสร้างชุดทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

- การสร้างชุดทดลอง เป็นตัวเครื่องที่จะนำไปทดลองการสร้างโดยทั่วไปใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อง่ายและต้องมีราคาถูกคุณภาพดี

- การสร้างใบงานการทดลองจะต้องมีรายละเอียดทั้งทฤษฎีการบรรยาย ประกอบรูป คำตอบ สรุป และแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

3.6 นำชุดทดลอง และใบงานการทดลองไปทดลอง

3.7 นำกลับมาปรับปรุงแก้ไข (ถ้ามี)

3.8 ผลิตชุดทดลองและใบงานการทดลองที่สมบูรณ์

2.5 การหาคุณภาพและประสิทธิภาพ

2.5.1 การหาคุณภาพของชุดทดลอง

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบเป็นข้อมูลชนิดเลือกตอบ โดยใช้แบบวัดเจตคติวิเคราะห์ข้อมูลด้วยทางสถิติ โดยใช้การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อใช้สรุปผลการศึกษาคุณภาพของชุดทดลอง จากผู้ทรงคุณวุฒิ ดังสถิติต่อไปนี้

1) มัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) กรณีข้อมูลแจกแจงความถี่

$$\overline{X} = \frac{\sum fX}{n} \qquad (1)$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

X แทน ในกรณีข้อมูลแจกแจงความถี่แบบไม่จัดกลุ่ม หมายถึง คะแนนแต่ละค่า

f แทน ความถี่ของคะแนนแต่ละชั้น

n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นการวัดการกระจายของคะแนนรอบๆ ค่าเฉลี่ย ถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามาก แสดงว่ามีการกระจายมาก ถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อย แสดงว่ามีการกระจายน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51055

$$S = \sqrt{\frac{n\sum fx^2 - \left(\sum fx\right)^2}{n(n-1)}} \qquad (2)$$

เมื่อ S แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูลแจกแจงความถี่โดยใช้ คะแนนดิบ สำหรับข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n < 30$)

f แทน ค่าความถี่ของคะแนนแต่ละชั้น กรณีแจกแจงความถี่แบบไม่จัดกลุ่ม

X แทน คะแนนแต่ละค่า กรณีแจกแจงความถี่แบบไม่จัดกลุ่ม

n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง ($n < 30$)

2.5.2 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

โดยนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) ภายในกลุ่มตัวอย่างเดียวกันสองครั้ง กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการเลือกแบบสุ่มอย่างง่าย โดยใช้ t-test Dependent Samples โดยใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{n-1}}} \qquad (3)$$

เมื่อ D แทน ผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแต่ละคู่

$\left(\sum D\right)^2$ แทน ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแต่ละคู่ยกกำลังสอง

n แทน จำนวนคู่ของนักเรียน

2.6 ไดโอด

ไดโอดคืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีโครงสร้างมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็น มี 1 รอยต่อ ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากและมีใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะวงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

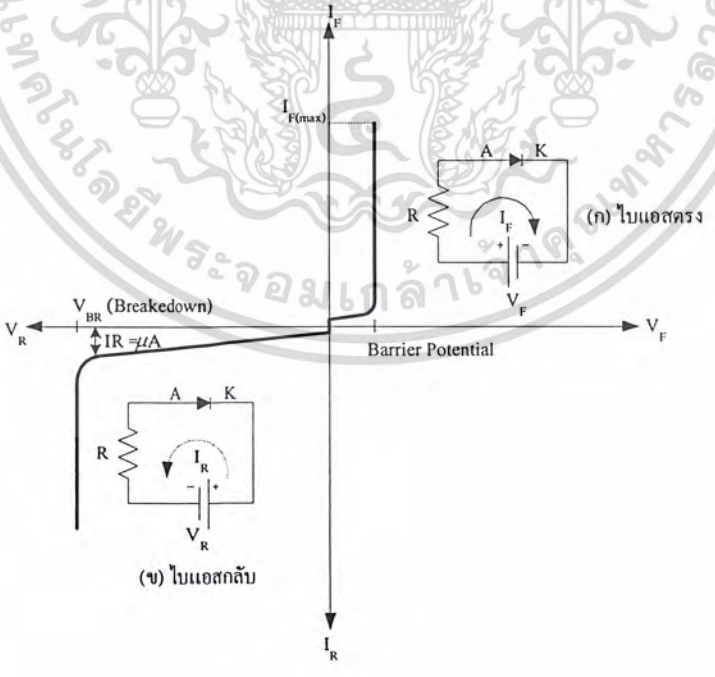
ฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply) ไดโอดทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงนี้ จำเป็นต้องมีเพื่อจ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบต่างๆ

2.6.1 ไดโอดเรียงกระแส

ไดโอดเรียงกระแส (Rectifier Diodes) นับว่าเป็นการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชื่อว่า ไดโอด (Diodes) และนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายเพื่อทำหน้าที่เรียงกระแสไฟสลับเป็นกระแสไฟตรง บางครั้งอาจเรียกไดโอดเรียงกระแสว่า ไดโอดใช้งานทั่วไป (General-purpose Diodes) เพราะสามารถใช้งานด้านอื่นๆได้ด้วย การทำงานที่ย่านความถี่ไม่สูงมากนัก

2.6.2 กราฟแสดงลักษณะสมบัติของไดโอด

กราฟแสดงลักษณะสมบัติของไดโอด (Diode Characteristic Curve) สามารถหาได้จากการให้ไบแอสตรงและไบแอสกลับให้กับไดโอดชนิดรอยต่อ (PN Junction Diode) ไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรงจะเกิดกระแสไหลผ่านไดโอดได้ในจากทิศทางจากรอยต่อพีไปยังรอยต่อเอ็นกระแสดัง กล่าวเรียกว่ากระแสไบแอสตรง (I_F, Forward Current) และแรงดันไบแอสตรงเรียกว่า (V_F, Forward Voltage) ดังรูปที่ 2.1 (ก)



รูปที่ 2.1 กราฟลักษณะสมบัติของไดโอดชนิดรอยต่อ

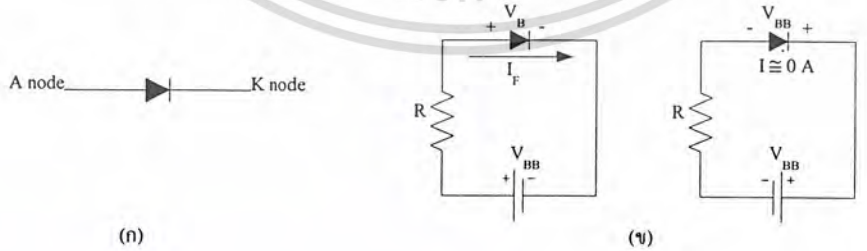
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้แรงดันไบแอสตรงกับไดโอดมากกว่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อของไดโอด (V_B) จะทำให้ไดโอดนำกระแสได้ โดยมีกระแส I_F ไหลผ่านไดโอดดังรูปที่ 2.1 และค่า I_F สูงสุด คือ $I_{F(max)} = \frac{V_F - V_B}{R}$ การต่อตัวต้านทาน R เพื่อกำหนดกระแสสูงสุดที่ผ่านไดโอดไม่ให้เกิดการเสียหายได้จะเห็นว่าเมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรงจะนำกระแสได้ และเมื่อไดโอดนำกระแสจะมีแรงดันตกคร่อมรอยต่อพี-เอ็นของไดโอดเท่ากับ V_B (0.3 V หรือ 0.7V ขึ้นอยู่กับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้สร้างเป็นไดโอด)

เมื่อให้ไบแอสกลับไดโอดดังรูปที่ 2.1 (ข) ในขณะที่ให้แรงดันไบแอสกลับ (V_R) ให้กับไดโอดจะเกิดกระแสรั่วไหล (I_R) ไหลผ่านไดโอดซึ่งกระแสดังกล่าวมีจำนวนน้อยมากเป็นไมโครแอมแปร์ ($I_R = \mu A$) เปรียบได้ว่าขณะที่ไดโอดได้รับไบแอสกลับไดโอดไม่มีกระแสไหลผ่าน (ไม่นำกระแส) แต่ถ้าเพิ่มแรงดันไบแอสกลับ (V_R) ให้สูงมากขึ้นค่าโดยทั่วไปประมาณ 50 โวลต์ ซึ่งเรียกว่าแรงดันจุดพังทลาย (Breakdown Voltage , V_{BR}) ไดโอดจะนำกระแสได้ ในสภาวะนี้รอยต่อพี-เอ็นของไดโอดจะทะลุและมีกระแสไหลจำนวนมากผ่านรอยต่อพี-เอ็น ในการใช้งานทั่วไปจะไม่ยอมให้แรงดันไบแอสกลับกับไดโอดเกินกว่าค่าแรงดันพังทะลาย (V_{BR}) ของไดโอดเบอร์นั้นๆ

2.6.3 สัญลักษณ์ของไดโอด

สัญลักษณ์ของไดโอด (Diode Symbol) สัญลักษณ์ของไดโอดโดยทั่วไป ประกอบด้วยหัวลูกศรเป็นขั้วแอโนด (Anode) และอีกด้านหนึ่งเป็นขั้วแคโทด (Cathode) หัวลูกศรนั้นแสดงให้เห็นว่ากระแส (Hold) จะไหลจากขั้วแอโนดไปสู่ขั้วแคโทด (ไหลจากสารพีไปยังสารเอ็นในสภาวะได้รับไบแอสตรง) ดังแสดงในรูป 2.2 (ก)



รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์ของไดโอดและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง และแสดงแรงดันตกคร่อมไดโอดขณะได้รับแอสตรงและไบแอสกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 (ข) เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง โดยต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า (V_{BB}) กับขั้วแอโนดและต่อขั้วลบกับขั้วแคโทด จะเกิดกระแส (I_S) ไหลผ่านไดโอดได้ และแรงดันตกคร่อมไดโอดจะเท่ากับ V_B (0.3 V หรือ 0.7 V)

จากรูปที่ 2.2 (ค) เมื่อไดโอดไบแอสกลับ โดยการต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า (V_{BB}) กับขั้วแคโทดและต่อขั้วลบกับขั้วแอโนด จะเกิดกระแสรั่วไหลผ่านไดโอดซึ่งมีจำนวนน้อยมากอาจละทิ้งได้ ดังนั้นเมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับจะประมาณค่าได้ว่าไม่มีกระแสไหลผ่าน ($I \cong 0$ A) และแรงดันตกคร่อมไดโอดจะเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย (V_{BB})

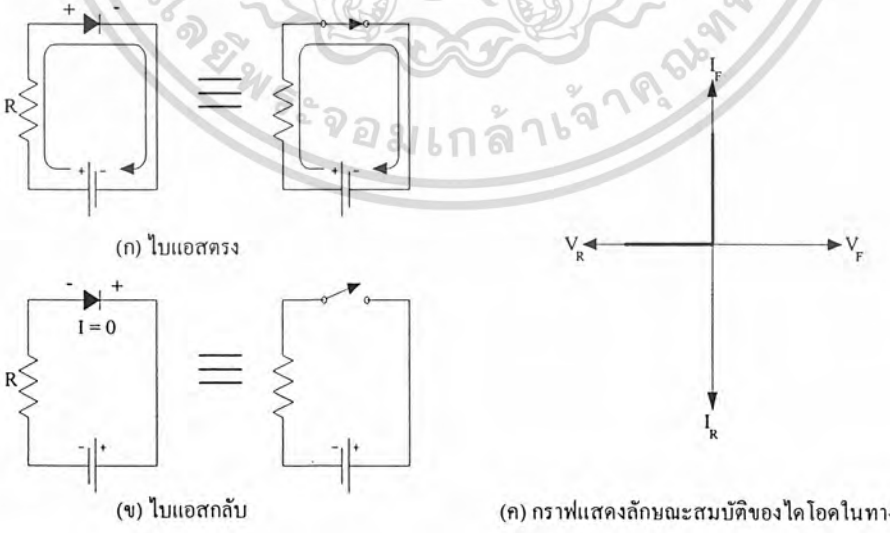
2.6.4 คุณลักษณะของไดโอดโดยวิธีประมาณค่า

การประมาณค่าวิธีที่ 1 คือ โมเดลในอุดมคติ (The Ideal Model) เป็นการประมาณค่าไดโอดโดยเปรียบเทียบไดโอดกับสวิตช์ (Switch) ดังแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 (ก) เมื่อได้รับไบแอสตรง เปรียบได้ว่าเป็นสวิตช์ปิด (Close) มีกระแสไหลผ่านไดโอดเท่ากับ I_F และแรงดันตกคร่อมไดโอด (สวิตช์) มีค่าเท่ากับศูนย์ (Zero)

รูปที่ 2.3 (ข) เมื่อได้รับไบแอสกลับ ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด เปรียบได้ว่าเป็นสวิตช์เปิด (Open) แรงดันตกคร่อมไดโอดเท่ากับค่าแรงดันไบแอสกลับ (V_R)

รูปที่ 2.3 (ค) เป็นกราฟแสดงลักษณะสมบัติของไดโอดในทางอุดมคติ เมื่อไม่คิดแรงดันตกคร่อมรอยต่อ (V_B) และไม่คิดกระแสรั่วไหล (I_R) นั้นคือโมเดลของสวิตช์ (Switching Model)

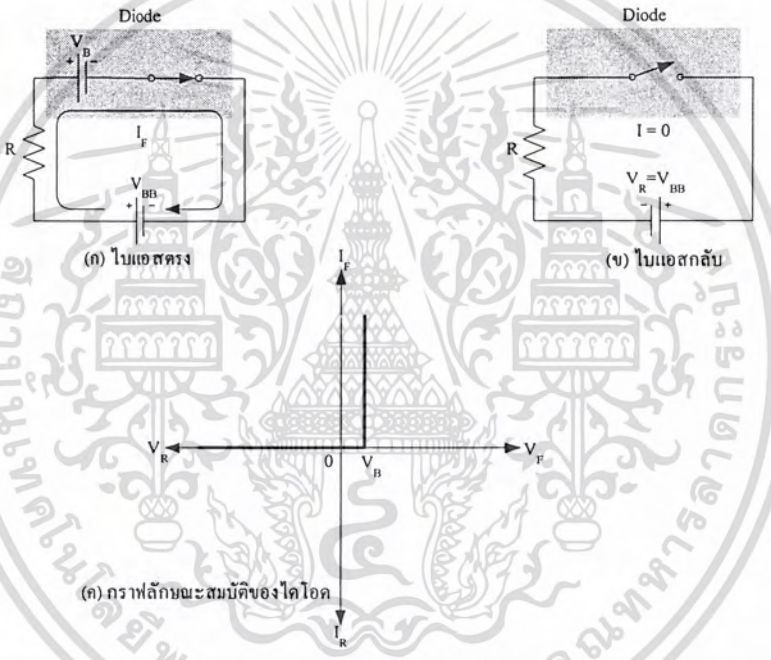


รูปที่ 2.3 การประมาณค่าไดโอดโมเดลในอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมาณค่าโดยวีนี้เป็นวิธีที่หยาบที่สุด เพราะละทิ้งค่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อ (V_B) ละทิ้งกระแสรั่วไหล (I_R) และค่าความต้านทานภายในไดโอด แต่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่าต่างๆ ในวงจรไดโอดเบื้องได้อย่างรวดเร็ว

การประมาณค่าวิธีที่ 2 คือ โมเดลแสดงแรงดันตกคร่อมไดโอด (The Barrier Potential Model) เป็นการประมาณค่าที่ค่าแรงดันตกคร่อมไดโอด (V_B) ทำให้โมเดลของไดโอดวิธีนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากขึ้น โดยประมาณว่าค่าแรงดัน V_B เท่ากับ 0.3 V เมื่อเป็นไดโอดชนิดเจอร์เมเนียม (Ge) และแรงดัน V_B เท่ากับ 0.7 V เมื่อเป็นไดโอดชนิดซิลิคอน (S_i) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การประมาณค่าไดโอดโมเดลแสดงแรงดันตกคร่อมไดโอด

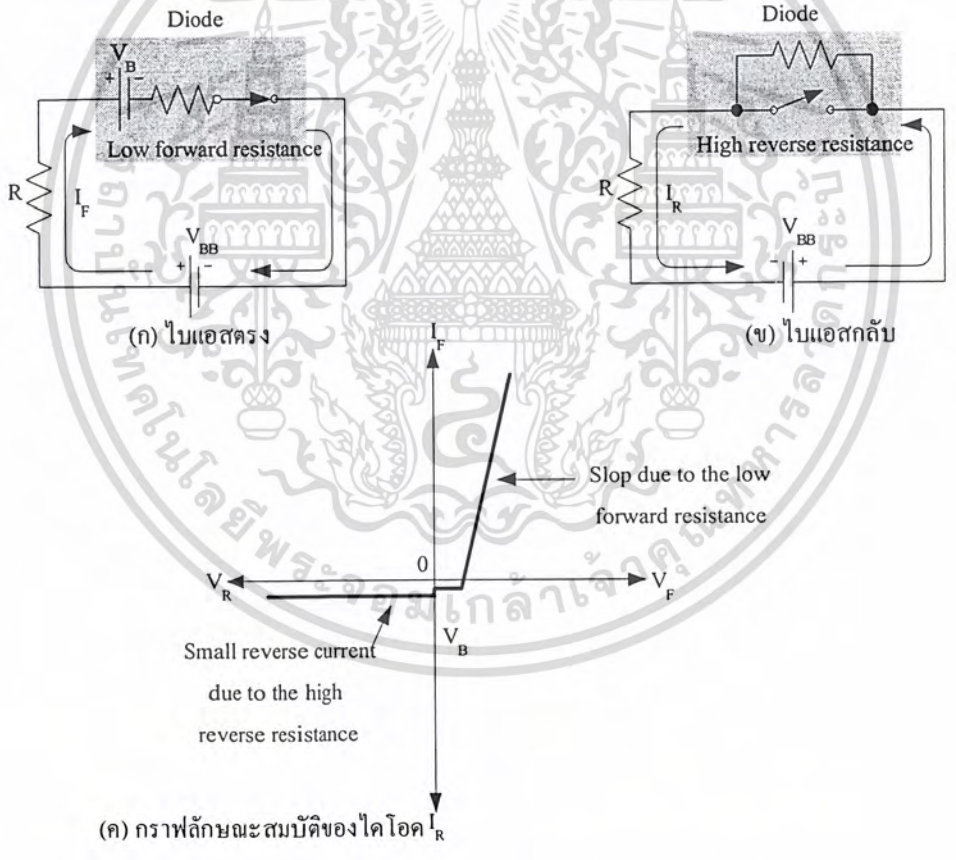
จากรูปที่ 2.4 (ก) เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรงด้วยแรงดันแหล่งจ่าย V_{BB} ซึ่งต้องมีค่ามากกว่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อ (V_B) จะทำให้ไดโอดนำกระแสได้เปรียบเสมือนสวิตช์ปิด ดังนั้นขณะที่ไดโอด (I_F) จะเกิดแรงดันตกคร่อมไดโอดเท่ากับ V_B

จากรูปที่ 2.4 (ข) เมื่อให้ไบแอสกลับแก่ไดโอด ไดโอดไม่นำกระแส (I = 0) แรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อได้รับไบแอสกลับเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย ($V_R = V_{BB}$) ขณะนี้ไดโอดทำงานเหมือนสวิตช์เปิด

จากรูปที่ 2.4 (ค) แสดงกราฟลักษณะสมบัติของไดโอด เมื่อใช้การประมาณค่าแบบโมเดลแสดงแรงดันตกคร่อมไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมาณค่าวิธีที่ 3 โมเดลสมบูรณ์ (The Complete Model) เป็นการประมาณค่าของไดโอดที่ละเอียดที่สุด ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์จริงที่เกิดขึ้นกับไดโอดเมื่อได้รับไบแอส กล่าวคือ เมื่อให้ไบแอสตรงแก่ไดโอด ดังรูปที่ 2.5 (ก) จะเกิดแรงไดโอดเท่ากับ V_B และเกิดค่าความต้านทานภายในไดโอด เมื่อได้รับไบแอสตรงซึ่งมีค่าต่ำ (R_f , Low Forward Resistance) และเกิดกระแส I_F ไหลผ่านไดโอดได้ เมื่อให้ไบแอสกลับกับไดโอดจะเกิดค่าความต้านทานภายในไดโอดเมื่อได้รับไบแอสกลับมีค่าสูงมาก (R_f , High Reverse Resistance) เกิดกระแสรั่วไหลผ่านไดโอดได้ (I_R) ซึ่งกระแสรั่วไหลเมื่อได้รับไบแอสกลับนี้จะมีค่าน้อยมาก (เป็นไมโครแอมป์) ดังแสดงในรูป 2.5 (ข) และเมื่อนำสภาวะของโมเดลสมบูรณ์ในขณะได้ไบแอสตรง และในขณะได้ไบแอสกลับมาเขียนกราฟแสดงลักษณะสมบัติเป็นดังรูปที่ 2.5 (ค)



รูปที่ 2.5 การประมาณค่าไดโอดด้วยโมเดลสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การเรียงกระแส

การเรียงกระแสเป็นกระบวนการแปลงผันแรงดันกระแสสลับทางด้านอินพุตให้มีเอาต์พุตเป็นแรงดันกระแสตรง ในวงจรเรียงกระแสที่ใช้ไดโอดกำลัง แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดันกระแสสลับทางด้านอินพุตและไม่สามารถแปรระดับกระแสตรงได้

การเรียงกระแสสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.7.1 การเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว

วงจรเรียงกระแสที่ไม่สามารถควบคุมได้แบบง่ายที่สุด คือการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว การเรียงกระแสแบบนี้จะไม่ใช้งานจริงในวงจรที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากประสิทธิภาพที่ต่ำมาก แต่จะเป็นวงจรที่มีประโยชน์มากในการศึกษาเพื่อให้มองเห็นแนวความคิดพื้นฐานของการเรียงกระแสได้ง่ายที่สุด

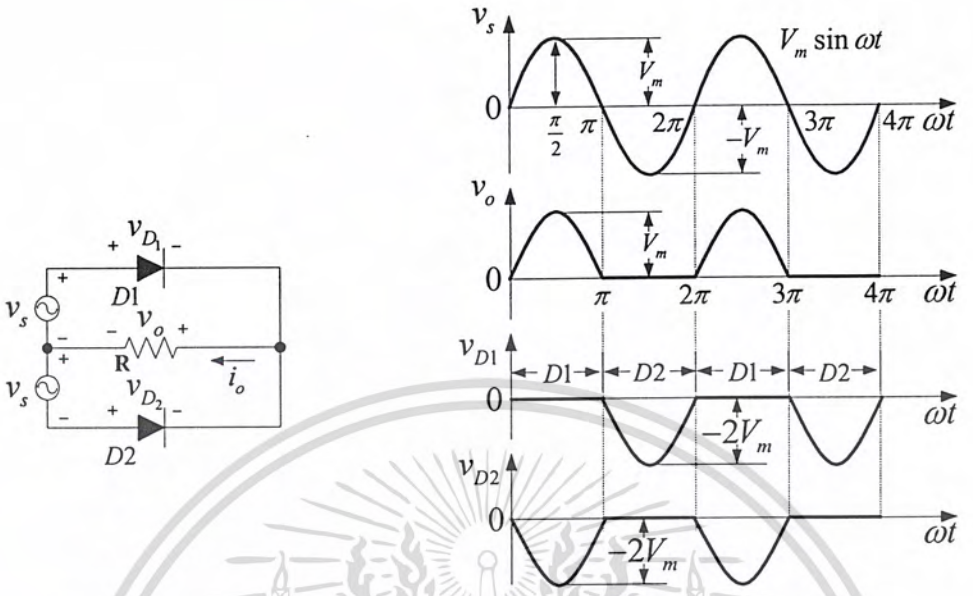
ในวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว แต่ละลูกคลื่นของไฟฟ้ากระแสสลับที่เข้ามาทางอินพุตจะสามารถผ่านออกไปยังโหลดที่ต่ออยู่ทางเอาท์พุตได้เพียงครึ่งเดียวเท่านั้น

2.7.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นเฟสเดียว

1) วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงสองขด

ที่ใช้ไดโอด แสดงดังรูปที่ 2.6 (ก) เพื่อให้พิจารณาง่ายขึ้น จึงสมมติให้อัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดหม้อแปลงทั้งสองข้างเป็น 1:1 เมื่อแรงดันที่จุด a เป็นบวก (เทียบกับจุด b) ไดโอด D_2 จะได้รับไบอัสกลับด้วยค่าแรงดัน $2V_S$ ในครึ่งคลื่นต่อไป D_1 จะได้รับแรงดันไบอัสกลับ $2V_S$ นี้เช่นกัน ดังนั้นในวงจรเรียงกระแสแบบนี้ แรงดัน PIV ของไดโอดจะมีค่าเป็น $2V_m$ รูปคลื่นในรูปที่ 2.6 (ข) แสดงให้เห็นว่า ในแต่ละรอบของแรงดันอินพุต จะปรากฏแรงดันเอาต์พุตจำนวน 2 พัลซ์ด้วยกัน ดังนั้นวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบนี้จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า single-phase two-pulse diode rectifier และเนื่องจากไม่ปรากฏแรงดันกระแสตรงไหลในขดลวดของหม้อแปลง จึงไม่ทำให้เกิดการอิ่มตัวของแกนเหล็ก

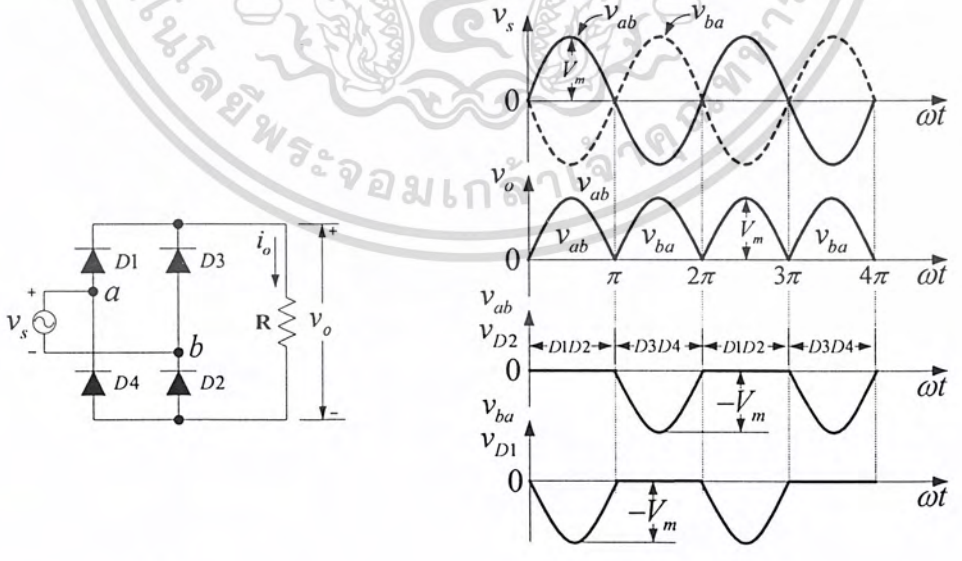
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ 2.6 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงสองขด

2) วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ 2.7 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

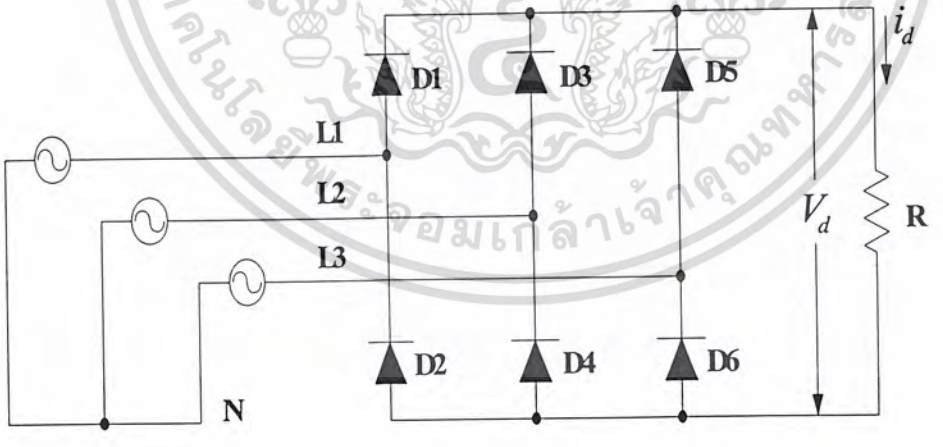
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ แสดงดังรูปที่ 2.7 (ก) เมื่อแรงดันที่จุด a เป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด b ไดโอด D_1 และ D_2 จะนำกระแสพร้อมกัน แรงดันเอาท์พุตที่ได้จะมีค่าเป็น v_{ab} ส่วนไดโอด D_3 และ D_4 ต่างก็ได้รับไบอัสกลับด้วยแรงดัน v_s เมื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายกลับทิศ ทำให้แรงดันที่จุด b เป็นบวกเมื่อเทียบกับ a ไดโอด D_1 และ D_2 จะได้รับไบอัสกลับ ส่วนไดโอด D_3 และ D_4 นำกระแสให้แรงดันเอาท์พุตเป็น v_{ba} รูปคลื่นทั้งหมดแสดงในรูปที่ 2.7 (ข)

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ มีค่า PIV ของไดโอดแต่ละตัวเท่ากับ V_m ในขณะวงจรกระแสคลื่นเต็มแบบใช้หม้อแปลงสองขดจะมีค่า PIV ของไดโอดแต่ละตัวเท่ากับ $2V_m$ วงจรชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดหม้อแปลง นิยมใช้กันมาก

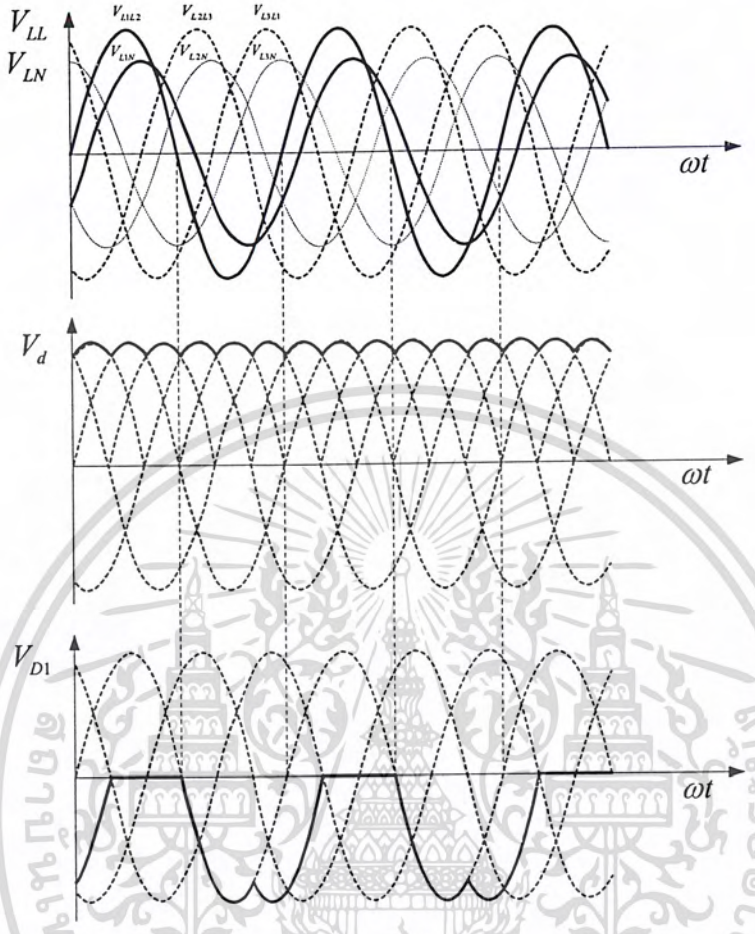
2.7.3 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส แสดงในรูปที่ 2.8 ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบสตาร์สามเฟสหรือแบบครึ่งคลื่นสามเฟสสองชุด กระแสจะไหลผ่านโหลดจากวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดบนและไหลกลับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับ ผ่านวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดล่าง จึงทำให้กระแสที่ไหลในแหล่งที่จ่ายไฟฟ้ามีทั้งช่วงบวกและช่วงลบ หรือเต็มคลื่น (Full Wave)วงจรนี้จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นสามเฟส (Three Phase Full Wave Bridge Rectifier Circuit)



(ก) รูปวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) รูปคลื่น

รูปที่ 2.8 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้างและการทำงาน

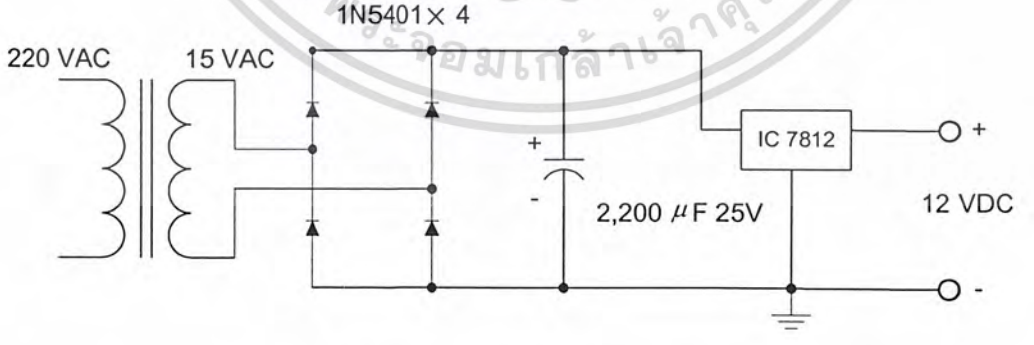
การออกแบบและการจัดสร้างชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสนั้นจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือส่วนที่เป็นบอร์ดทดลองและส่วนที่เป็นชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยในส่วนที่เป็นบอร์ดทดลองนั้นจะแบ่งตามใบงานการทดลองมีทั้งหมด 7 บอร์ดทดลองและชุดแหล่งจ่ายนั้นจะประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ไฟฟ้ากระแสสลับและแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส

3.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ไม่ว่าจะเป็นวงจรไฟฟ้าหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็ตามในการใช้งานสิ่งที่สำคัญที่สุดของวงจรก็คือชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรทำงาน ดังนั้นชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสนั้นก็จำเป็นต้องมีชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพื่อใช้ในการทดลองโดยแบ่งชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่างๆที่ใช้ดังนี้

3.1.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงนี้มีค่าแรงดัน 12 โวลท์โดยประกอบขึ้นจากวงจรบริดจ์ที่ต่อร่วมกับวงจรเร็กกูเลตที่ใช้ไอซีเร็กกูเลตดังรูปที่ 3.1

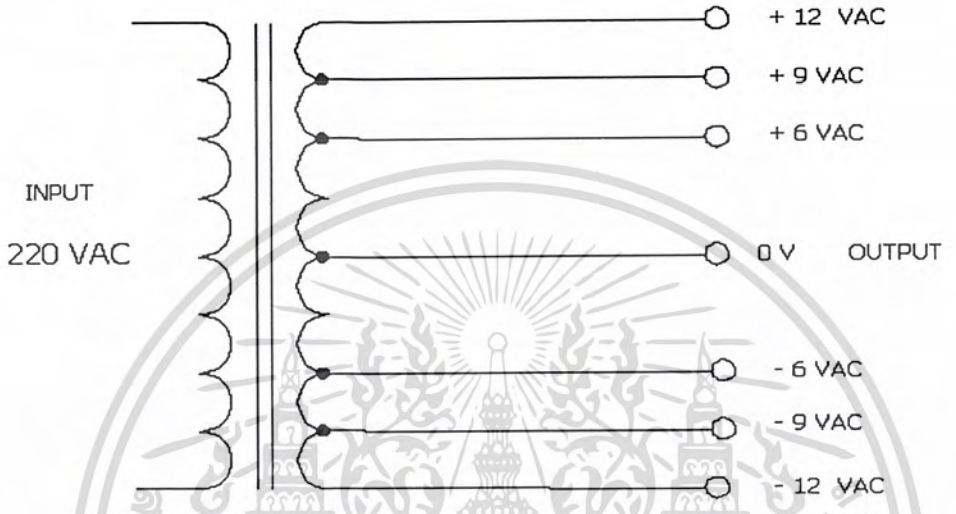


รูปที่ 3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

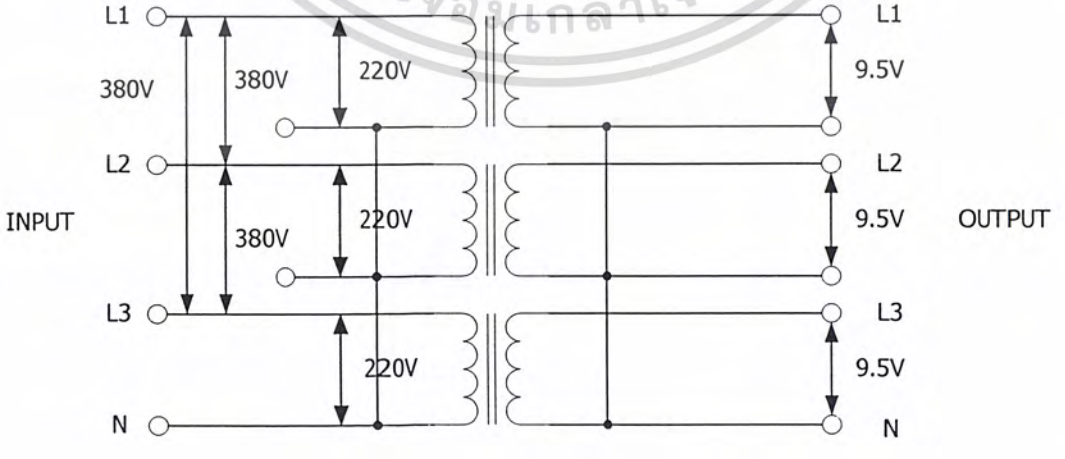
แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับใช้หม้อแปลงแทปกลางขนาด 5 แอมแปร์โดยแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 โวลต์เป็นค่าแรงดันต่างๆดังรูป



รูปที่ 3.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

3.1.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส

แหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟสนี้ใช้หม้อแปลงแปลงไฟฟ้าจาก 380 โวลต์ให้ลดลงเหลือ 9.5 โวลต์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายในการทดลองโดยมีวงจรดังนี้



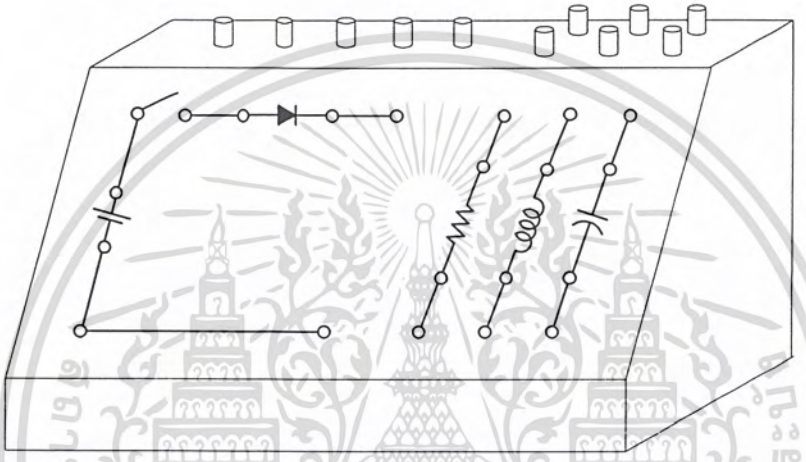
รูปที่ 3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ชุดทดลอง

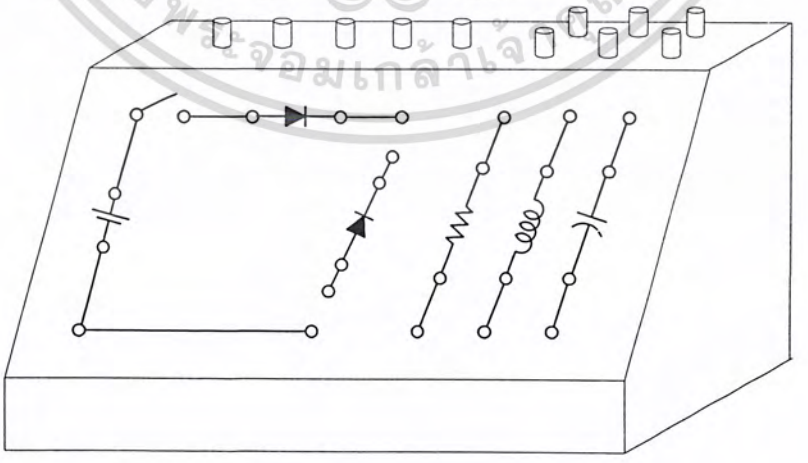
ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสนั้น จะประกอบด้วยใบงานการทดลอง ทั้งหมด 7 ใบงาน และการทดลองในแต่ละใบงานจะประกอบด้วยการทดลองย่อยต่างๆซึ่งสามารถแบ่งตามบอร์ดการทดลอง ได้ดังนี้

3.2.1 บอร์ดทดลองคุณสมบัติของไดโอดกำลัง



รูปที่ 3.4 บอร์ดทดลองคุณสมบัติของไดโอด

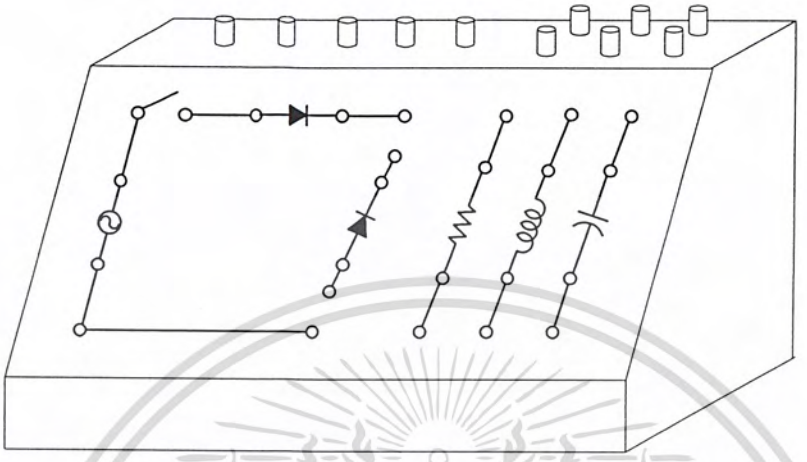
3.2.2 บอร์ดทดลองคุณสมบัติของไดโอดกำลังแบบมี Freewheeling Diode



รูปที่ 3.5 บอร์ดทดลองคุณสมบัติของไดโอดกำลังแบบมี Freewheeling Diode

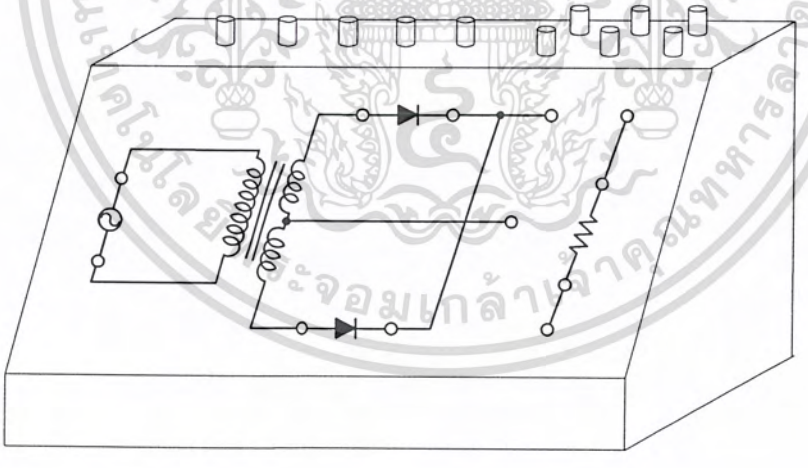
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสครึ่งคลื่น และ Freewheeling diode



รูปที่ 3.6 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสครึ่งคลื่น และ Freewheeling diode

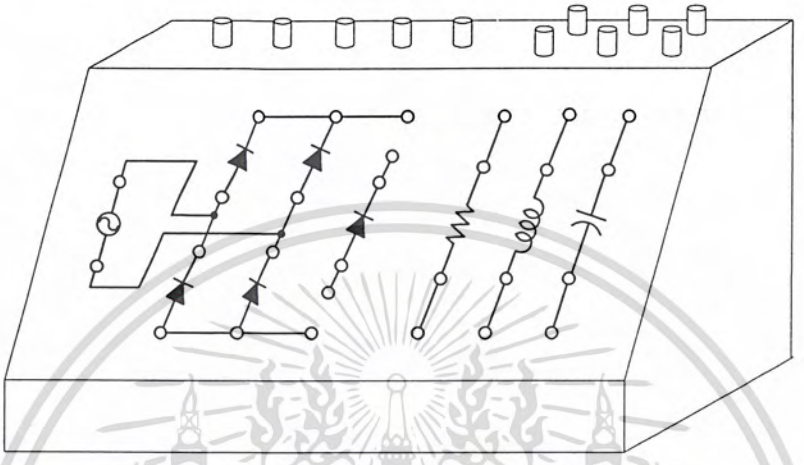
3.2.4 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่น แบบหม้อแปลงแท็ปกลาง



รูปที่ 3.7 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่น แบบหม้อแปลงแท็ปกลาง

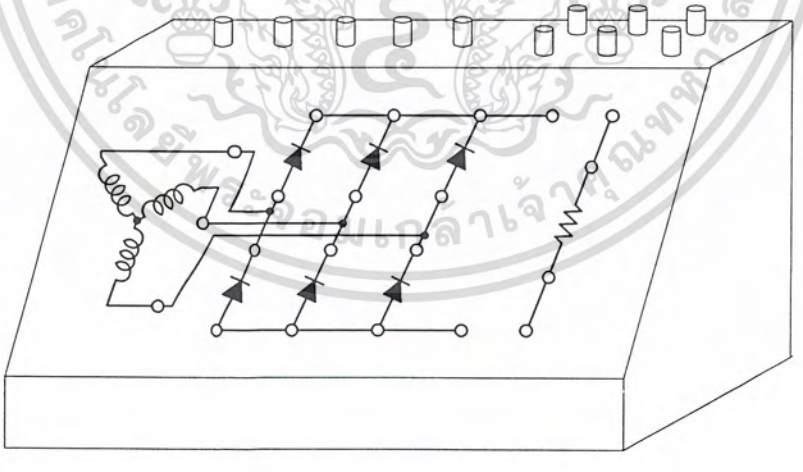
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ และ Freewheeling Diode



รูปที่ 3.8 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่น แบบบริดจ์และ Freewheeling Diode

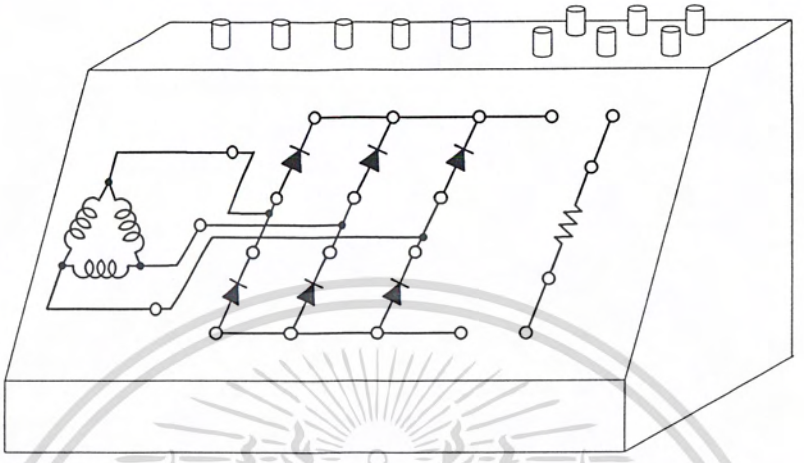
3.2.6 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบสตาร์



รูปที่ 3.9 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7. บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบเดลต้า



รูปที่ 3.10 บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

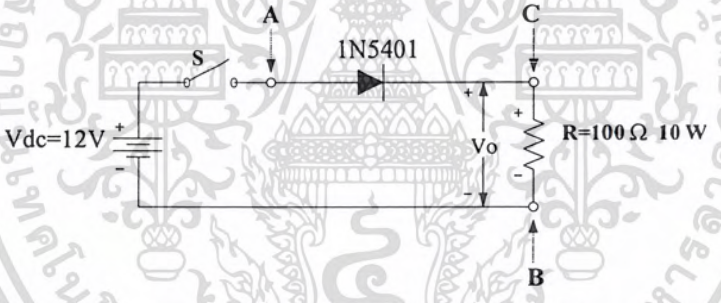
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้เป็นการทดลองวงจรต่างๆ เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลองที่ออกแบบ ว่ามีความถูกต้องตรงตามทฤษฎีหรือไม่ จึงได้ทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรง และ ส่วนที่สองเป็นการทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

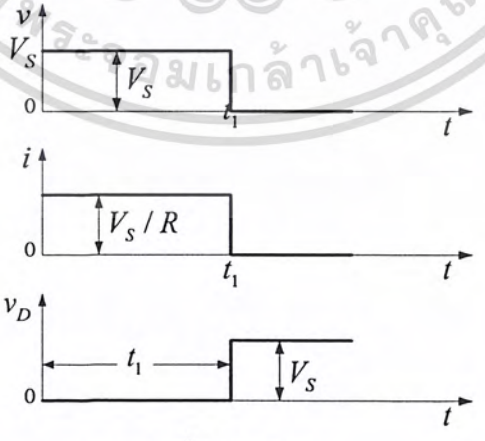
4.1 การทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 4.1 โดยใช้ไดโอดเบอร์ 1N5401



(ก) วงจร



(ข) รูปคลื่นสัญญาณ

รูปที่ 4.1 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็นความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตั้งออสซิโลสโคปดังนี้

2.1 แชนเนล 1 (Y_1) แชนเนล (Y_2) = 5 V/cm

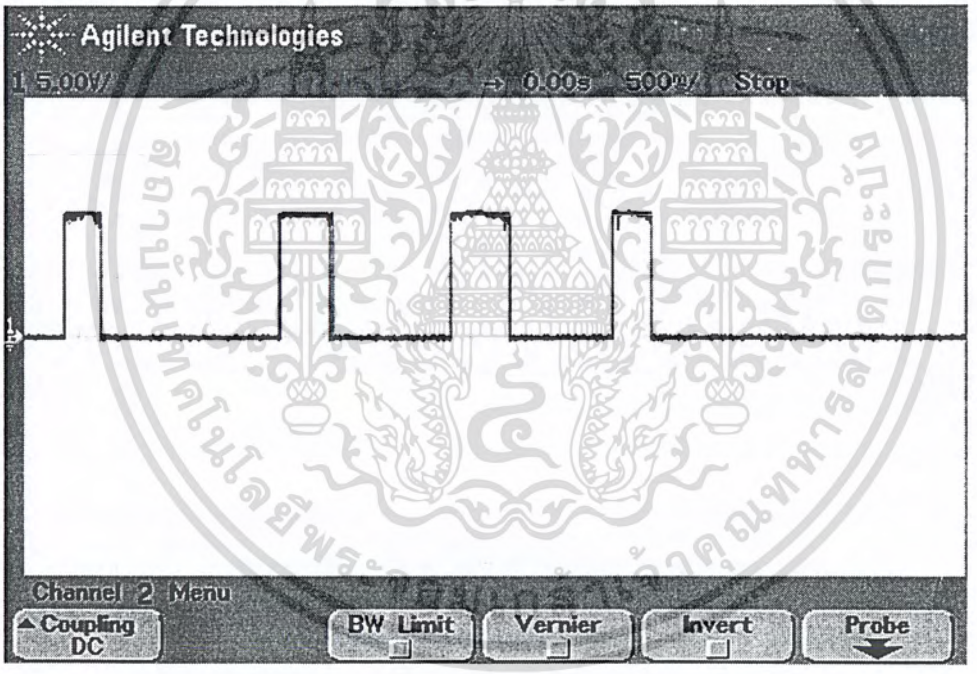
2.2 ตำแหน่ง X-Y ของแชนเนล 2 (Y_2) ปรับไปที่ X-Axis

2.3 ปรับลำแสงของสโคปให้อยู่ตำแหน่งกลางจอภาพ

3. นำ Y_1 , Y_2 และจุดดินวัดหากราฟลักษณะสมบัติของไดโอดกำลัง แล้วบันทึกภาพที่แสดงผลบนจอของออสซิโลสโคป

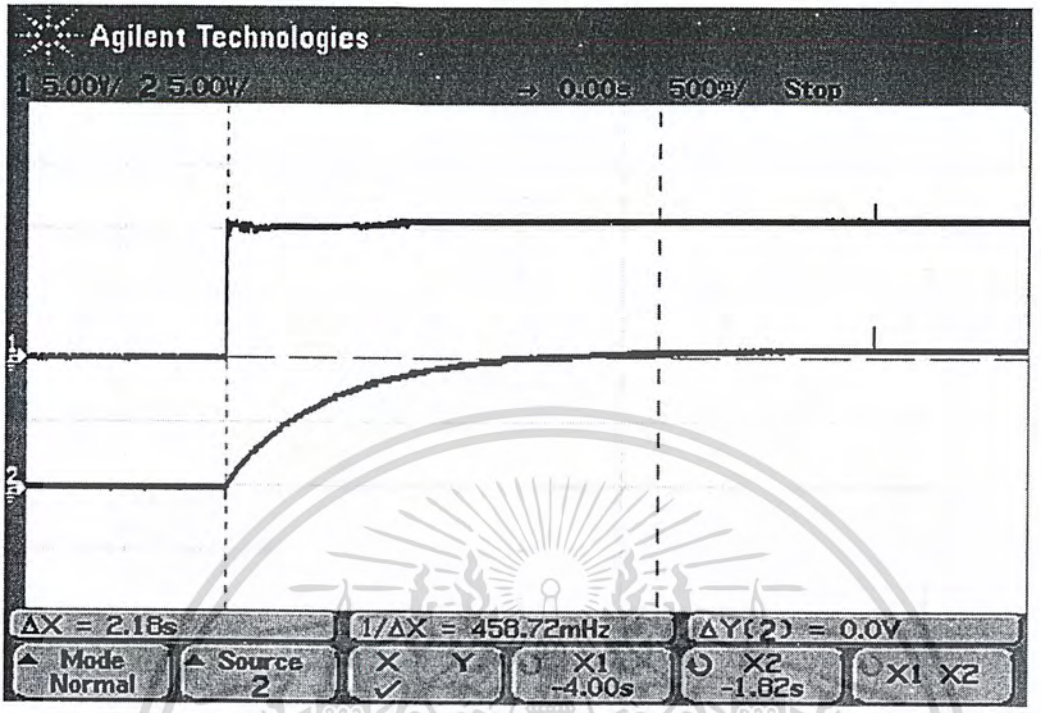
4. ทำการเปลี่ยนโหลดเป็น RC ,RL ,LC และ RLC แล้วบันทึกภาพที่ได้

4.1.2 ผลการทดลอง

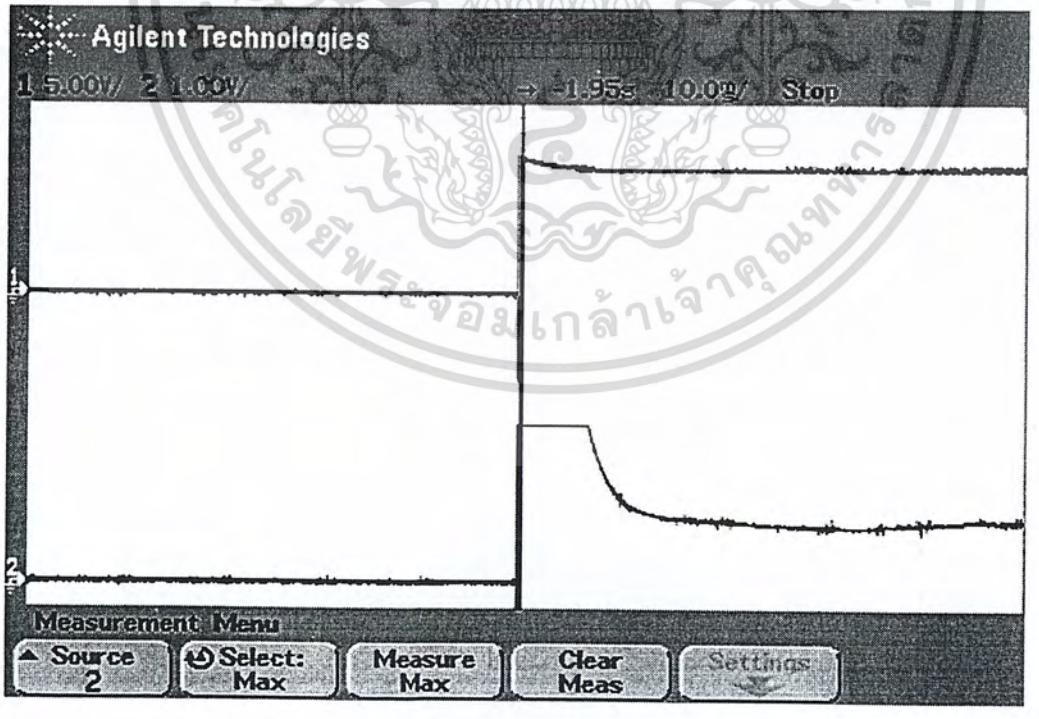


รูปที่ 4.2 ผลการทดลองโหลด R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

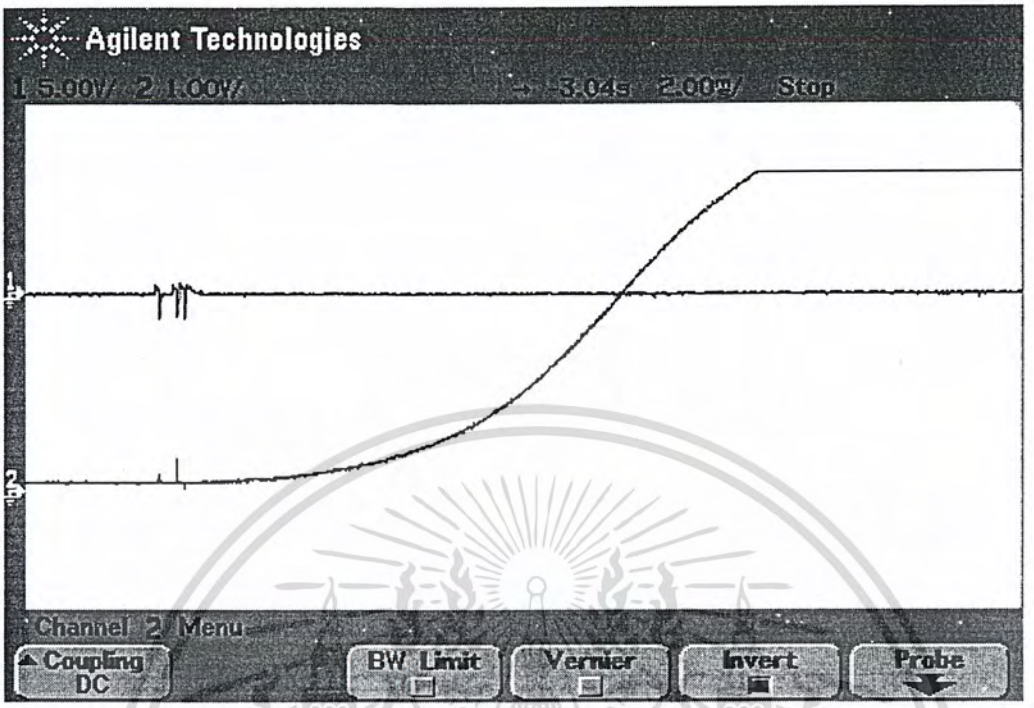


รูปที่ 4.3 ผลการทดลองโหลด RC

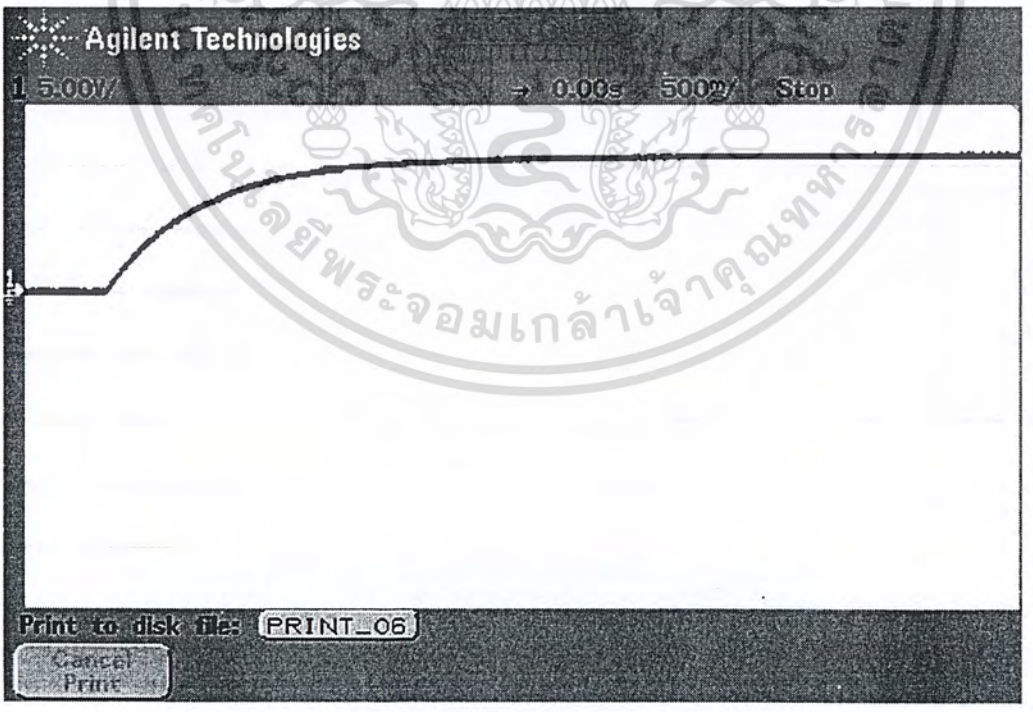


รูปที่ 4.4 ผลการทดลองโหลด RL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

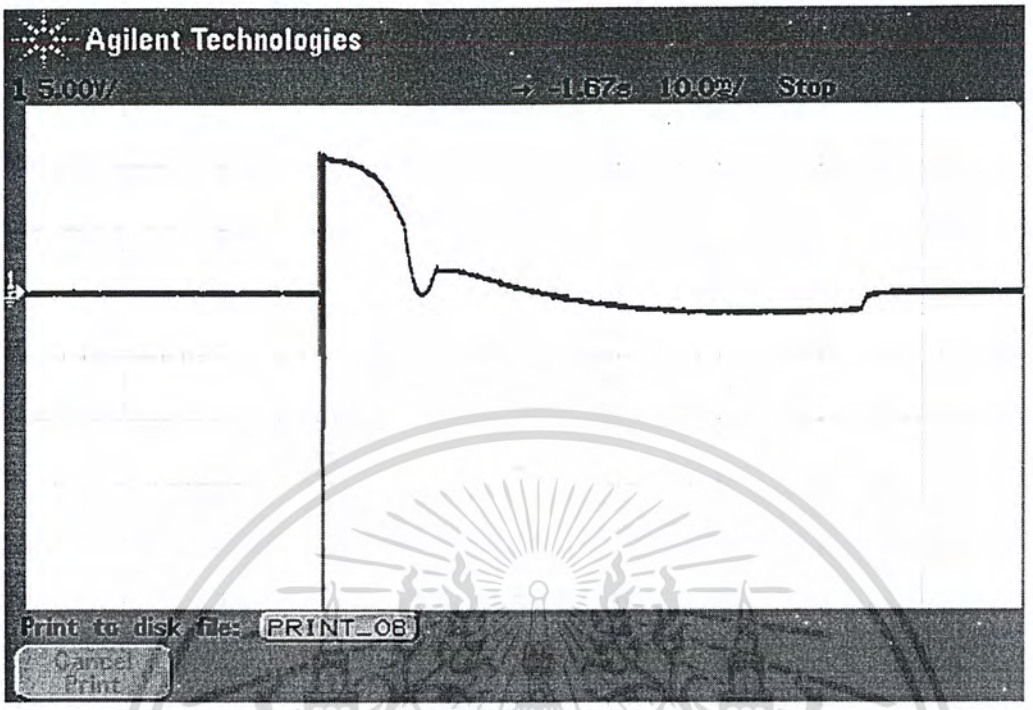


รูปที่ 4.5 ผลการทดลองโหลด LC

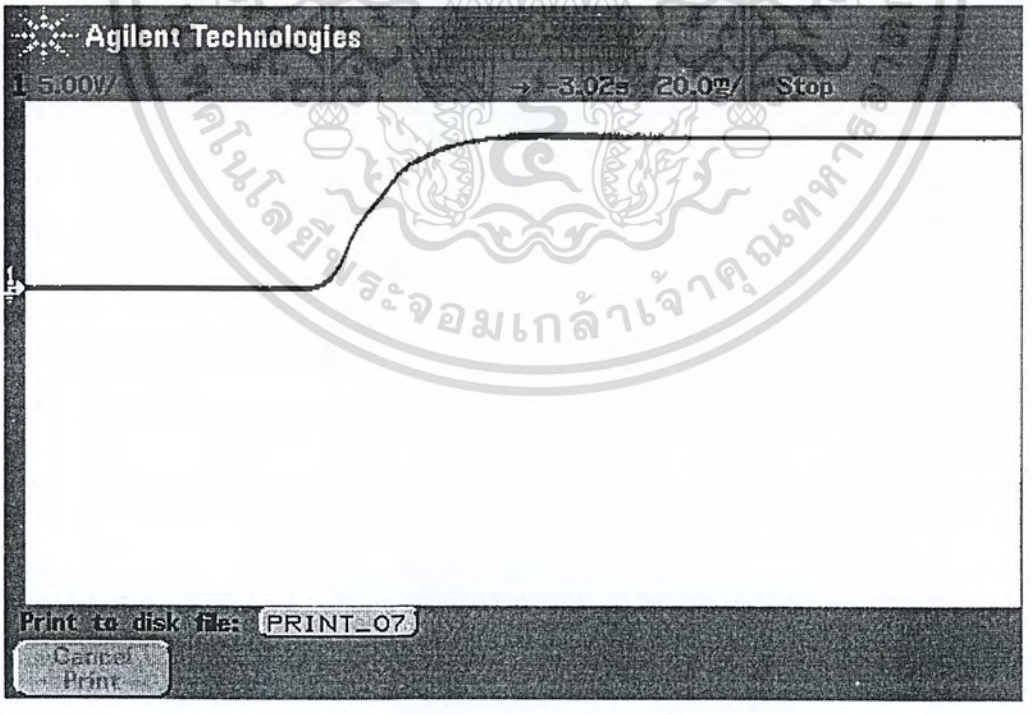


รูปที่ 4.6 ผลการทดลองโหลด RLC เมื่อวัดที่โหลด R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ผลการทดลองโหลด RLC เมื่อวัดที่โหลด L



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองโหลด RLC เมื่อวัดที่โหลด C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

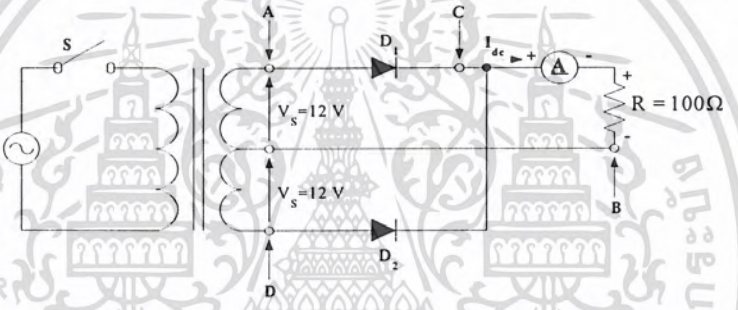
4.1.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าผลที่ได้จากการทดลองจะเป็นไปตามทฤษฎี เมื่อทดลองโหลดความต้านทาน เมื่อสวิตซ์ปิดวงจร แรงดันตกคร่อมตัวความต้านทานจะมีค่าเป็น V_S แต่เมื่อทดลองโหลดความเหนี่ยวนำและโหลดตัวเก็บประจุแรงดันตกคร่อมที่ได้จะไม่เท่ากับ V_S

4.2 การทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

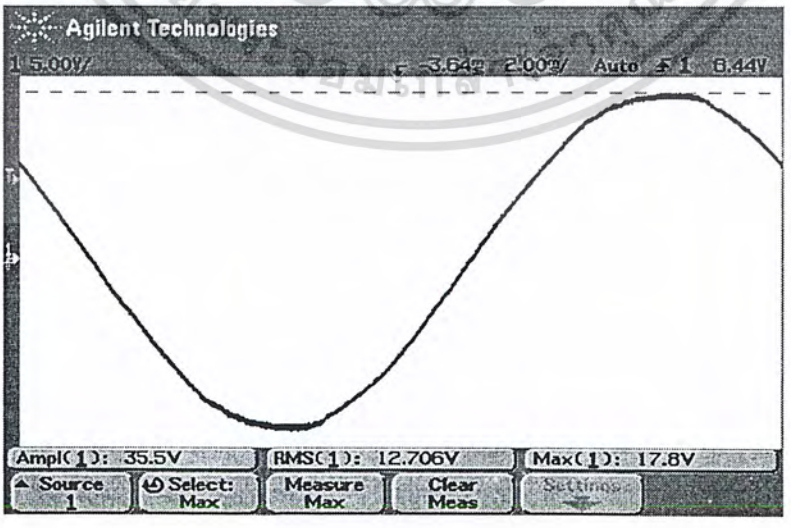
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 4.9 โดยใช้ไดโอดเบอร์ 1N5401
2. วัดสัญญาณโดยใช้ออสซิโลสโคปแล้วทำการบันทึกภาพที่ได้จากการทดลอง



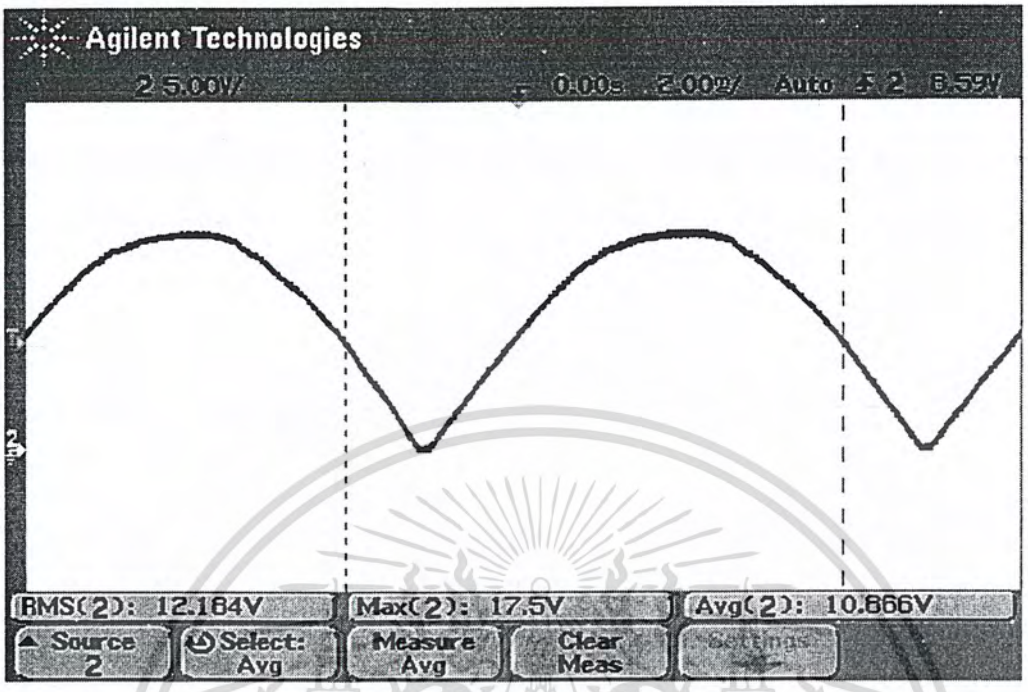
รูปที่ 4.9 วงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นที่ใช้หม้อแปลงแทปกลาง

4.2.2 ผลการทดลอง

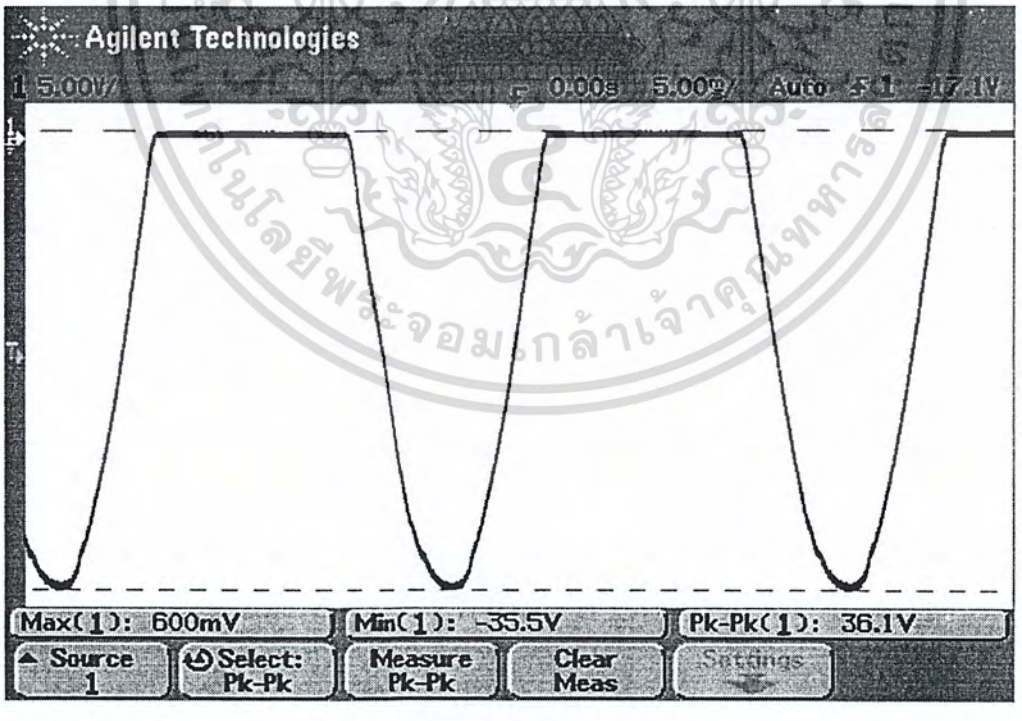


รูปที่ 4.10 ผลการทดลองทางด้านอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

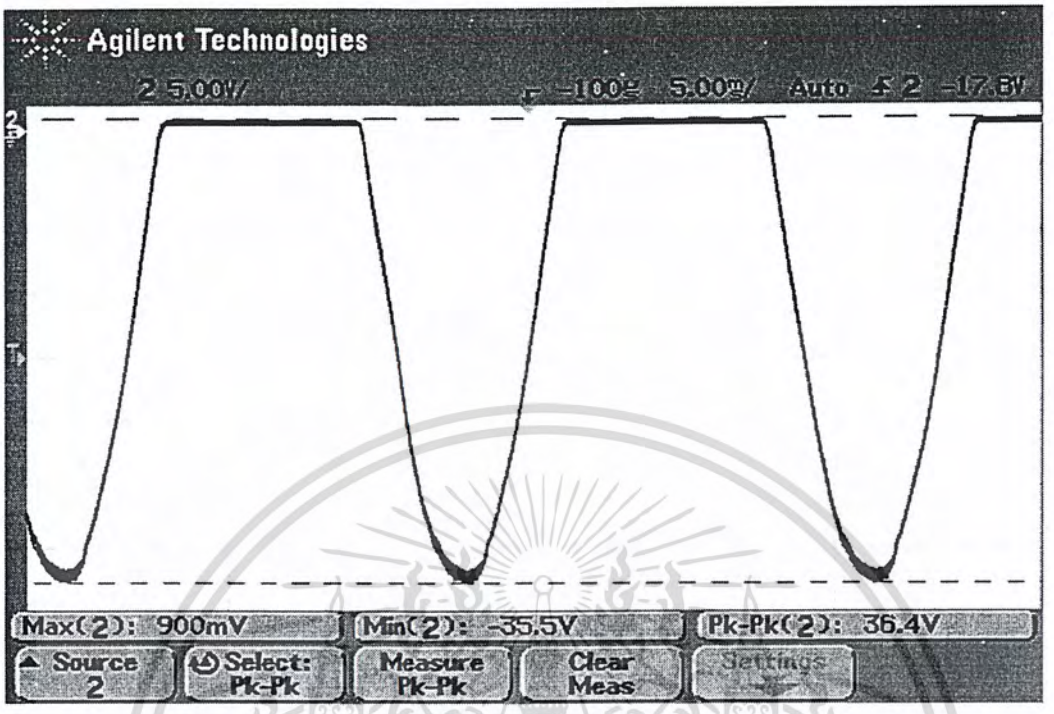


รูปที่ 4.11 ผลการทดลองทางด้านเอาต์พุต

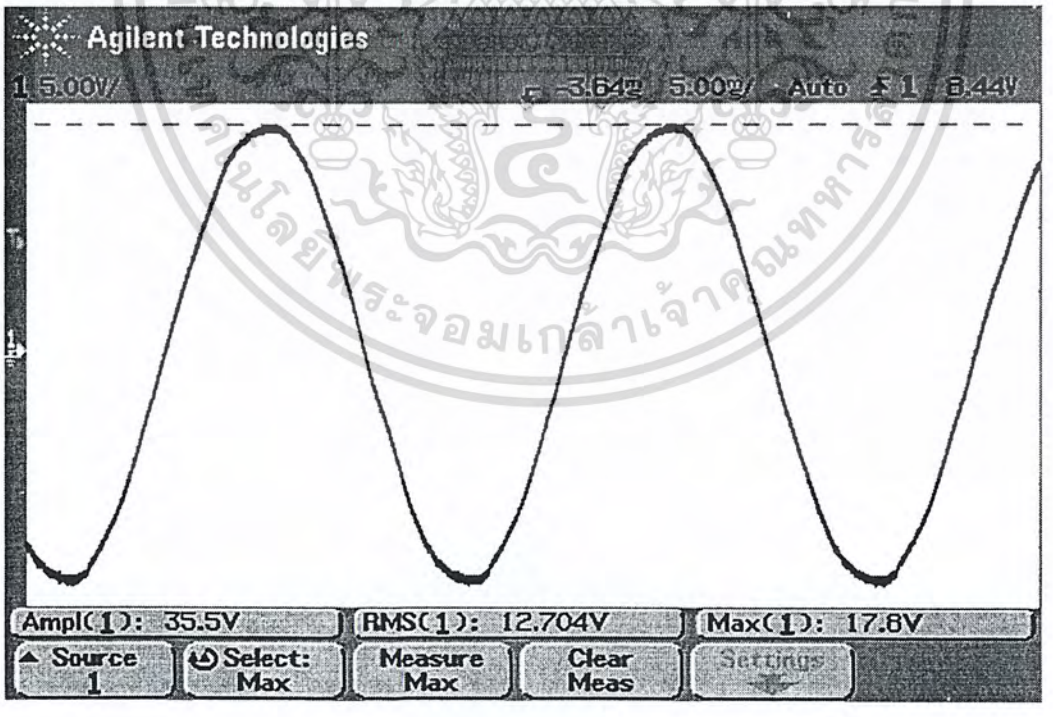


รูปที่ 4.12 แรงดันตกคร่อมทางด้านไดโอด D_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

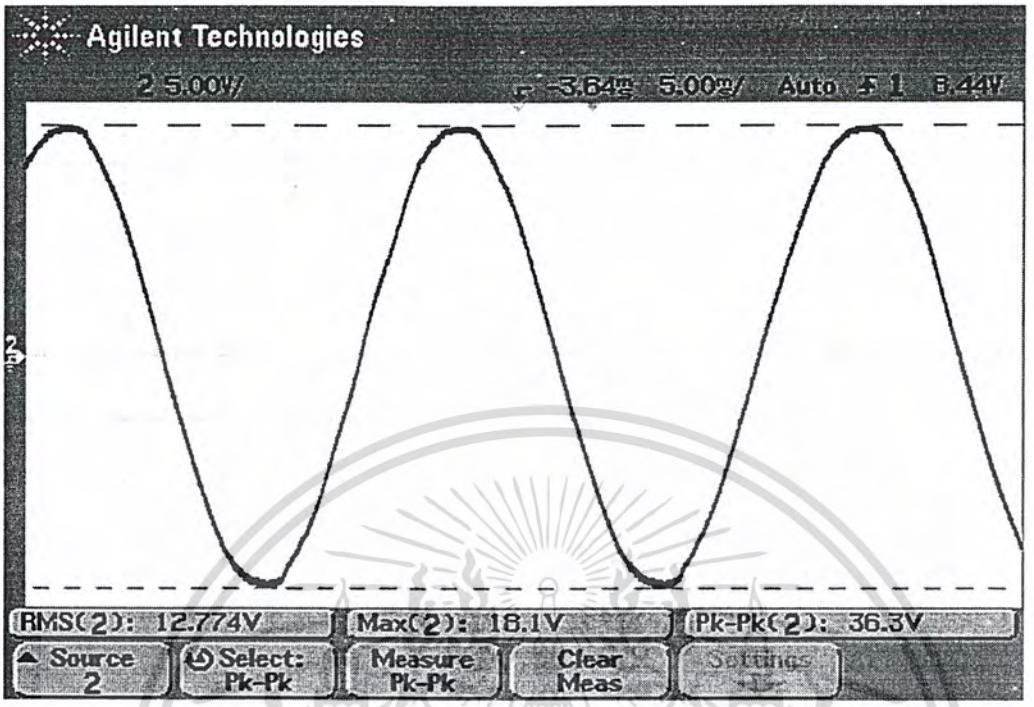


รูปที่ 4.13 แรงดันตกคร่อมทางด้านไดโอด D_2



รูปที่ 4.14 ค่าแรงดัน rms ของแหล่งจ่ายไฟสลับ V_{S1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ค่าแรงดัน rms ของแหล่งจ่ายไฟสลับ V_{S2}

4.2.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นที่ใช้หม้อแปลงแทปกลาง สรุปได้ว่าผลการทดลองที่ได้ตรงตามทฤษฎี คือขนาดแรงดัน $V_{S1} = V_{S2}$ โดยกระแสเฉลี่ยที่โหลดจะผ่านไดโอด D_1 และ D_2 อย่างละครึ่งของค่ากระแสเฉลี่ยผ่านโหลด แรงดันเอาต์พุต

4.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

เป็นการวิเคราะห์คุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้รับการแต่งตั้งเป็นผู้ประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพ

โดยมีรายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินคุณภาพ ดังนี้

1. อาจารย์ สราวุธ ศรีสถิตย์
2. อาจารย์ อดิศักดิ์ สุวรรณมา
3. อาจารย์ อิทธิภูมิ บุญพิคำ

ระดับคะแนนความคิดเห็น คือ

ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพ

ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิสามารถทั้ง 3 ท่าน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 1

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			รวม	$\overline{X}$	ระดับ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	5	3	5	13	4.3	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	5	4	5	14	4.6	ดีมาก
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4	4	5	13	4.3	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4	3	5	12	4.0	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4	3	5	12	4.0	ดี
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น	5	3	4	12	4.0	ดี
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4	3	5	12	4.0	ดี
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง	5	3	5	13	4.3	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 2

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			รวม	$\overline{X}$	ระดับ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4	4	5	13	4.3	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	5	3	5	13	4.3	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4	3	5	12	4.0	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4	3	5	12	4.0	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	5	3	5	13	4.3	ดี
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น	4	4	4	12	4.0	ดี
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4	3	5	12	4.0	ดี
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง	4	3	5	12	4.0	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 3

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			รวม	$\overline{X}$	ระดับ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4	3	5	12	4.0	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4	3	5	12	4.0	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง	5	3	5	13	4.3	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	5	4	5	14	4.6	ดีมาก
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	5	3	5	13	4.3	ดี
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น	4	3	5	12	4.0	ดี
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4	3	5	12	4.0	ดี
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง	4	3	5	12	4.0	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 4

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			รวม	$\overline{X}$	ระดับ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4	4	5	13	4.3	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4	3	5	12	4.0	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4	3	5	12	4.0	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4	3	5	12	4.0	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4	3	5	12	4.0	ดี
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น	4	3	4	11	3.6	ดี
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4	4	5	13	4.3	ดี
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง	4	4	5	13	4.3	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 5

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			รวม	$\overline{X}$	ระดับ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4	4	5	13	4.3	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	5	3	5	13	4.3	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง	5	4	5	14	4.6	ดีมาก
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4	3	5	12	4.0	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4	3	5	12	4.0	ดี
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น	4	3	4	11	3.6	ดี
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4	4	5	13	4.3	ดี
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง	4	3	5	12	4.0	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 6

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			รวม	$\overline{X}$	ระดับ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	5	3	5	13	4.3	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4	3	5	12	4.0	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4	4	5	13	4.3	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4	3	5	12	4.0	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4	3	5	12	4.0	ดี
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น	5	3	4	12	4.0	ดี
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4	3	5	12	4.0	ดี
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง	4	3	5	12	4.0	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านการศึกษา ใบงานที่ 7

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			รวม	$\overline{X}$	ระดับ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4	3	5	12	4.0	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4	3	5	12	4.0	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4	4	5	13	4.3	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4	3	5	12	4.0	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4	3	5	12	4.0	ดี
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น	5	3	4	12	4.0	ดี
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	5	3	5	13	4.3	ดี
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง	5	3	5	13	4.3	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านวิศวกรรม ของชุดทดลอง

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			รวม	$\overline{X}$	ระดับ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. มีการระบุชื่อของชุดทดลองให้ผู้ใช้เห็นได้ชัดเจน	5	4	3	12	4.00	ดี
2. ขนาดของชุดทดลองที่ออกแบบมีความเหมาะสม	5	3	3	11	3.67	ดี
3. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์บนชุดทดลองมีความเหมาะสม	4	3	3	10	3.33	ปานกลาง
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความสะดวกในการใช้งาน	5	3	3	11	3.67	ดี
5. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร	5	3	3	11	3.67	ดี
6. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4	3	3	10	3.33	ปานกลาง
7. ชุดทดลองมีความเหมาะสมที่ใช้ประกอบการเรียนรู้	4	3	3	10	3.33	ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนา

5.1 บทสรุป

ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส เป็นการสร้างสื่อการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะและประสบการณ์ในการเรียนรู้ ซึ่งลักษณะของชุดทดลองนี้ จะเป็นการทดลองให้ทราบถึงคุณสมบัติ และลักษณะของรูปคลื่นกระแสและแรงดันของไดโอดกำลัง พร้อมทั้งหลักการเรียงกระแส โดยใช้ไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส ซึ่งชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสจะประกอบด้วยใบงานการทดลองทั้งหมด 7 ใบงาน และบอร์ดทดลองทั้งหมด 7 ชุดด้วยกัน คือ

1. บอร์ดทดลองคุณสมบัติของไดโอดกำลัง และ
2. บอร์ดทดลองคุณสมบัติของไดโอดกำลังแบบมี Freewheeling Diode
3. บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสครึ่งคลื่น และ Freewheeling
4. บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นแบบหม้อแปลงแท็ปกลาง
5. บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแส 1 เฟสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ และ Freewheeling Diode
6. บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบสตาร์
7. บอร์ดทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ 3 เฟสแบบเดลต้า

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ในการจัดทำชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส สามารถที่จะสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. ปัญหา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ทำการทดลองเกิดความร้อนขณะทำการทดลอง

แนวทางแก้ไข ต่อวงจรการทดลองใหม่ให้ถูกต้อง

2. ปัญหา การทดลองวงจรไฟฟ้า 3 เฟส ออสซิโลสโคปที่มีอยู่จะเป็นแบบ 2 แชนเนล จึงไม่สามารถแสดงรูปคลื่น 3 เฟส พร้อมกันได้

แนวทางแก้ไข ต่อทดลองทีละเฟส แล้วนำรูปคลื่นแล้วที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

3. ปัญหา การออกแบบใบงานการทดลองจะต้องออกแบบให้ครอบคลุมเนื้อหา

แนวทางแก้ไข ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

แนวทางการพัฒนาชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส มีดังนี้

1. ควรมีออสซิโลสโคปแบบ 3 แชนเนล เพื่อที่จะสามารถใช้เปรียบเทียบรูปคลื่นสัญญาณของวงจรไฟฟ้า 3 เฟสได้

2. ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสควรพัฒนาตัวบอร์ดทดลองจากเดิมที่ใช้แผ่นอะคิลิคมาเป็นแผ่นพีซีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

โกวิทย์ ประวาลพฤกษ์ และสมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. **การประเมินในชั้นเรียน.** กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช. 2523

นภัทร วัจนเทพินทร์. **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (ภาคปฏิบัติ).** เล่มที่ 1 .พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์.2545

นภัทร วัจนเทพินทร์. **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (ภาคปฏิบัติ).** เล่มที่ 2 . กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์.2544

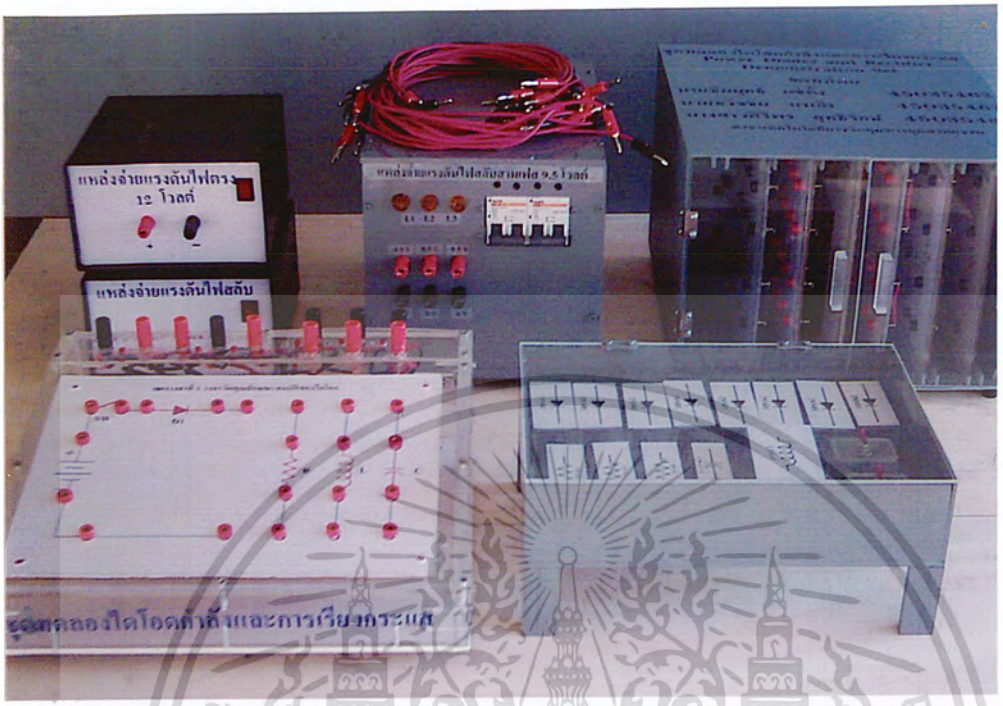
บุญเรียง ขจรศิลป์. **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2527

อำนวย เลิศชยันตี. **การทดสอบและการวัดผลทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ: อำนวยการพิมพ์. 2533

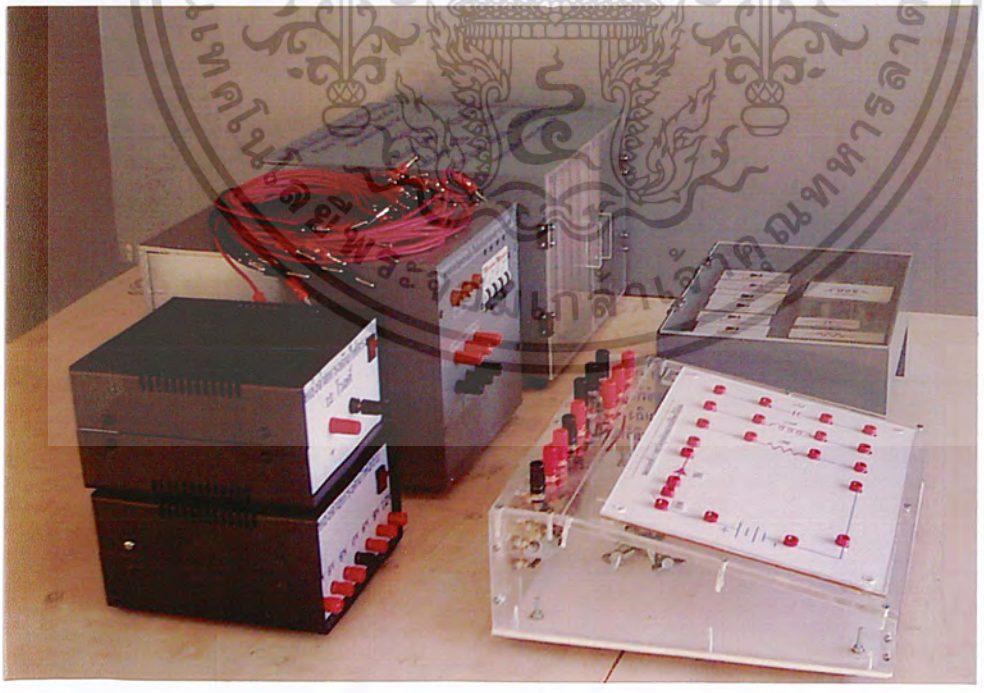
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

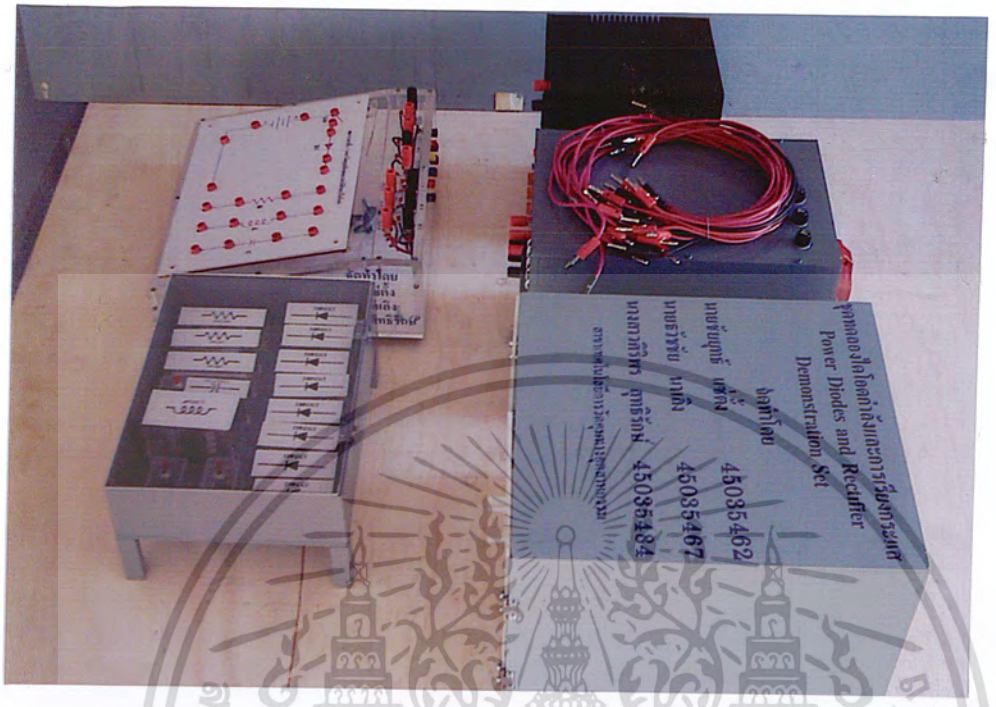


รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

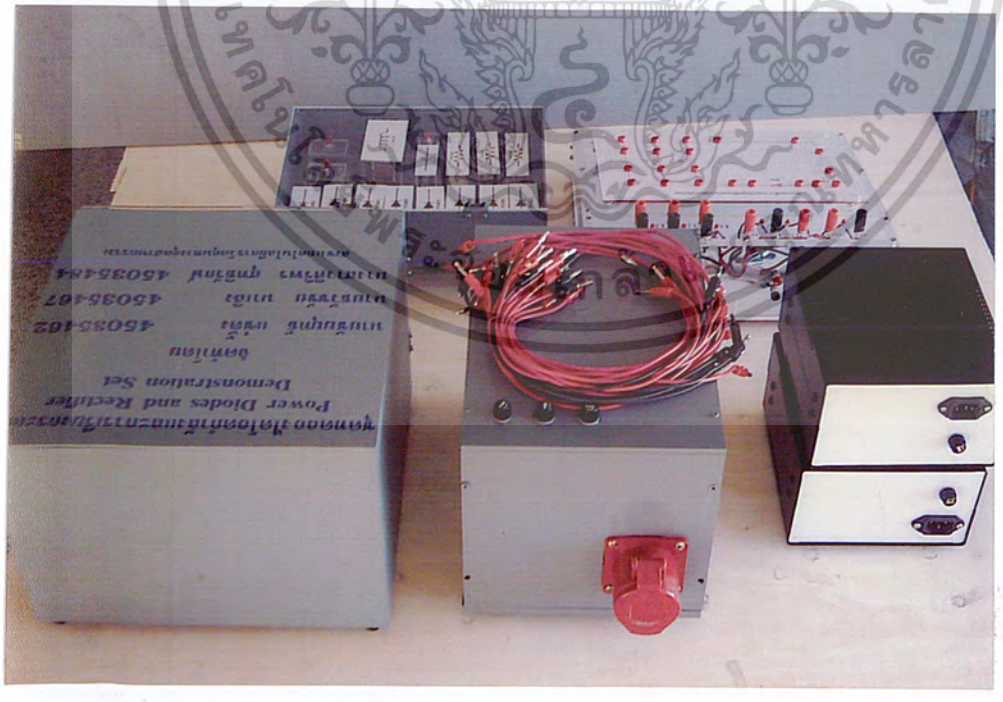


รูปที่ ก.2 ภาพด้านข้างของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ภาพด้านบนของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

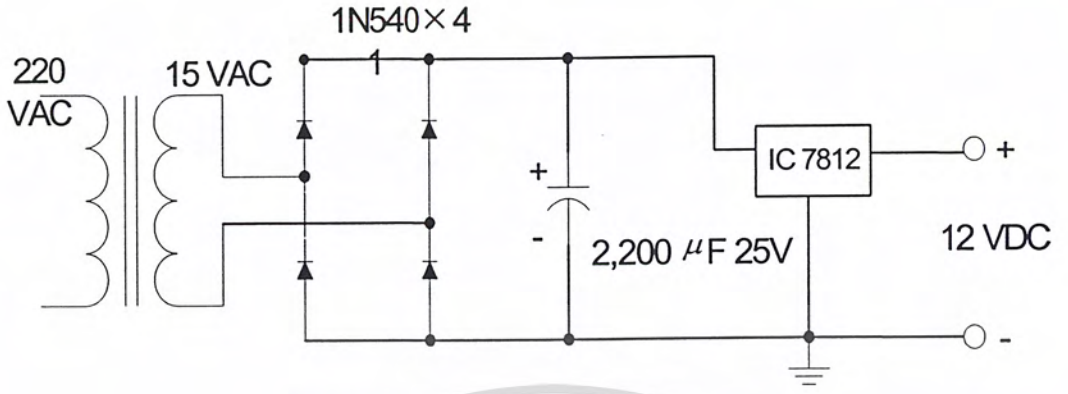


รูปที่ ก.4 ภาพด้านหลังของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

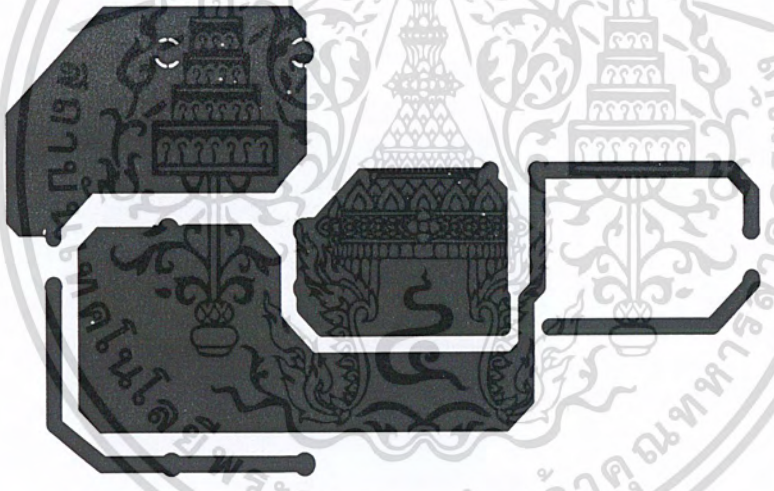
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

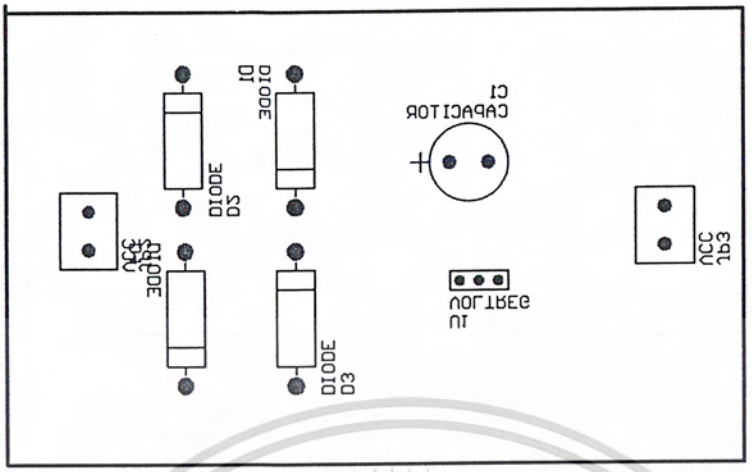


รูปที่ ข.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน 12 โวลต์แบบบริดจ์



รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายแรงดัน 12 โวลต์แบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายแรงดัน 12 โวลต์แบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
IC	LM7812	1 ตัว
หม้อแปลง	220 VAC/12 VDC	1 ตัว
ไดโอดกำลัง	1N5401	4 ตัว
คาปาซิเตอร์	2,200 μF 25 V	1 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของชุดทดลอง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ไดโอด	1N5401	24 ตัว
ตัวความต้านทาน	10 Ω 100 Ω	3 ตัว 9 ตัว
ตัวเหนี่ยวนำ	22,000 μH	4 ตัว
สวิตช์	12 VDC	3 ตัว
หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส	9.5	1 ตัว
สายไฟขนาด	TEW/50 cm	50 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
วงจรวัดคุณลักษณะสมบัติของไดโอด

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายคุณลักษณะสมบัติและการทำงานของไดโอดได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรวัดคุณลักษณะสมบัติของไดโอดได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆการทดลองวงจรของคุณลักษณะสมบัติของไดโอดได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบายเปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

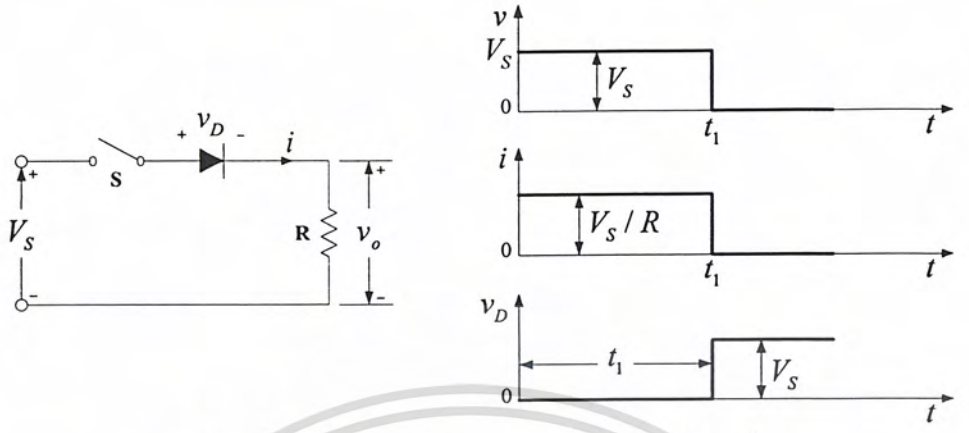
1. แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	1 เครื่อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

1. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน (Resistive load)

วงจรในรูป ง.1(ก) เป็นวงจรไดโอดที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจร แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R จะมีค่าเป็น V_S ทำให้กระแส i ที่ไหลผ่านโหลดมีค่าเป็น V_S / R ดังรูปคลื่นในรูปที่ ง.1 (ข) เมื่อสวิทช์ S เปิดวงจรที่เวลา t_1 แรงดันตกคร่อมตัวความต้านทานจะมีค่าเป็นศูนย์ กระแสจึงหยุดไหล ดังรูปที่ ง.1(ข) หลังจากที่หยุดนำกระแสแล้วแรงดันตกคร่อมไดโอดกำลัง v_D จะมีค่าเป็น $+V_S$ ในทันที

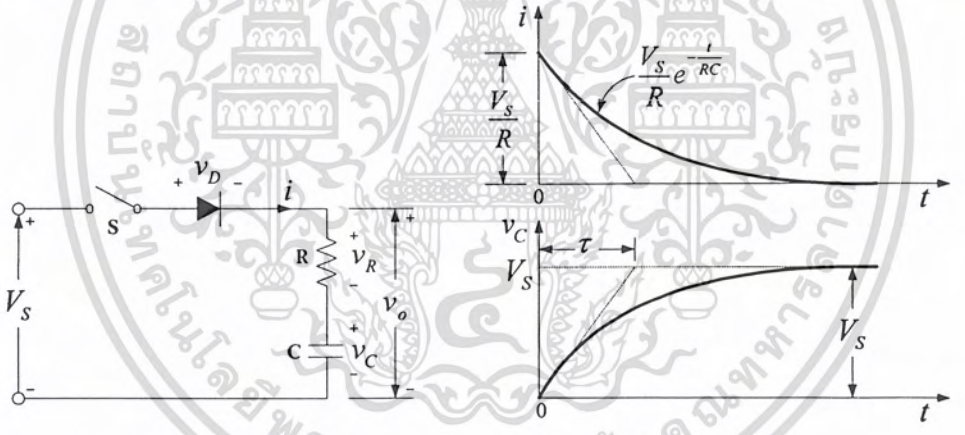
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.1 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอด ที่มีโหลดเป็นความต้านทานบริสุทธิ์

2. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุ



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.2 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอด ที่มีโหลดเป็น RC

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุ แสดงดังรูปที่ ง.2 (ก) เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจร สามารถหาค่ากระแสตามกฎ KVL ได้เป็น

$$Ri + \frac{1}{C}\int idt = V_S \qquad (1.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาวะเริ่มต้น แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับศูนย์ ทำให้ q (0) = 0 สมการที่ 1.2 (ก) จะกลายเป็น

$$I(s) = \frac{V_S}{R} . \frac{1}{s + \frac{1}{RC}} \qquad (1.2)$$

นำสมการ (1.3) มาแปลงลาปลาซผกผันจะได้

$$i(t) = \frac{V_S}{R} . e^{-\frac{t}{RC}} \qquad (1.3)$$

แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าเป็น

$$v_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i dt \qquad (1.4)$$

แทน (1.3) ลงใน (1.4) จะได้

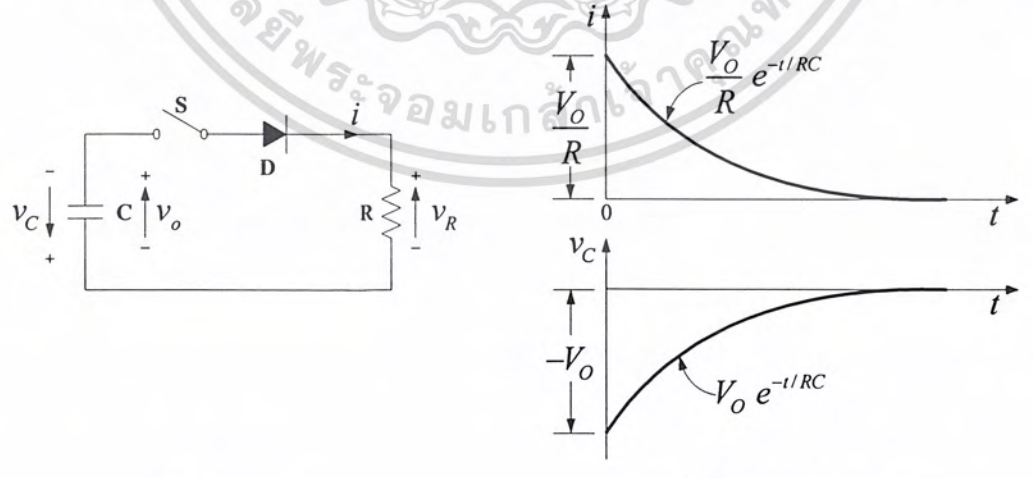
$$= V_S \left[1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right] \qquad (1.5)$$

$$= V_S \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right] \qquad (1.6)$$

ดังนั้นค่าคงตัวเวลาในวงจรคือ

$$\tau = RC = \frac{V_S}{\left[dv_C / dt \right]_{t=0}} \qquad (1.7)$$

จากสมการ (1.3) ถึง (1.7) สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟแสดงแรงดันและกระแสได้ดังรูปที่ ง.3 (ข)



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่นกระแสและแรงดัน

รูปที่ ง.3 สภาวะเริ่มต้นของตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

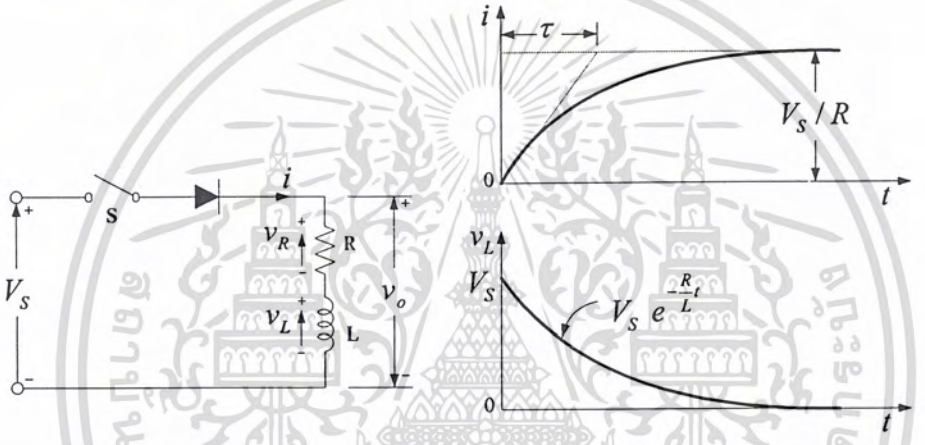
3. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ

เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำแสดงดังรูปที่ ง.4 สามารถวิเคราะห์วงจรโดยใช้ KVL ได้ดังสมการ

$$Ri + L\frac{di}{dt} = V_S \tag{1.8}$$

แปลงลาปลาซ จะได้

$$RI(s) + L\left[I(s) + i\left(0^+\right)\right] = V_S$$



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่นกระแสและแรงดัน

รูปที่ ง.4 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น RL

เมื่อกระแสของตัวเหนี่ยวนำในสภาวะเริ่มต้นของวงจรมีค่าเป็นศูนย์ $i\left(0^+\right) = 0$ สมการ (1.8)จะเป็น

$$I(s) = \frac{V}{R}\left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s + \left(R/L\right)}\right] \tag{1.9}$$

อัตราการเพิ่มของกระแสจะมีค่าเป็น

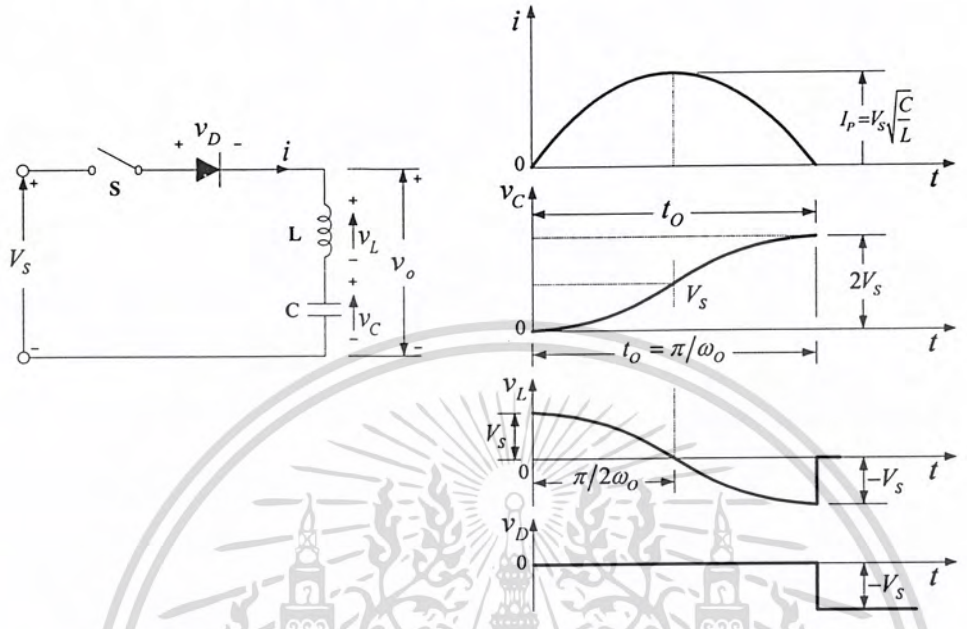
$$\left.\frac{di}{dt}\right|_{t=0} = \left[\frac{V_S}{L}.e^{-\frac{R}{L}t}\right]_{t=0} = \frac{V_S}{L} \tag{1.10}$$

แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็น

$$v_L\left(t\right) = L\frac{di}{dt} = V_S.e^{-\frac{R}{L}t} \tag{1.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ



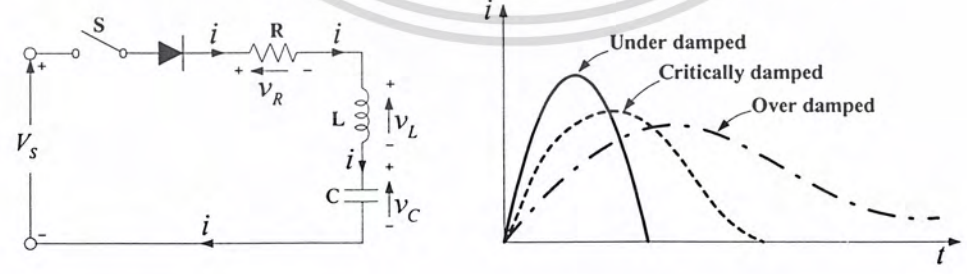
(ก) วงจร (ข) รูปคลื่นกระแสและแรงดัน

รูปที่ ง.5 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น LC

ในวงจร LC ที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง V_s ดังแสดงในรูปที่ ง.5 (ก) เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t = 0$ สมการแรงดันจะมีค่าตามสมการ

$$L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i dt = V_s \qquad (1.12)$$

5. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่นกระแส

รูปที่ ง.6 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดกำลังที่นำมาต่ออนุกรมในวงจรกระแสตรงที่มีโหลดเป็น RLC แสดงในรูปที่ ง.6(ก) เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t = 0$ สามารถหาสมการของกระแสและแรงดันได้จากการใช้กฎของ KVL

$$Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int idt = V_S \tag{1.13}$$

ที่สภาวะเริ่มต้นเป็นศูนย์ จะได้สมการข้างบนในรูปของการแปลงลาปลาซคือ

$$I(s) = \frac{V_S}{L}.\frac{1}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}} \tag{1.14}$$

เมื่อ $s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}$ เป็นสมการคุณลักษณะ (characteristic equation) ของวงจรที่มีโหลดเป็น RLC โดเมนของ s สามารถหาค่ากระแสได้โดยการหารากของสมการคุณลักษณะ

$$s = -\sigma \pm \sqrt{\sigma^2 - \omega_0^2} \tag{1.15}$$

เมื่อ

$$\sigma = \frac{R}{2L} \tag{1.16}$$

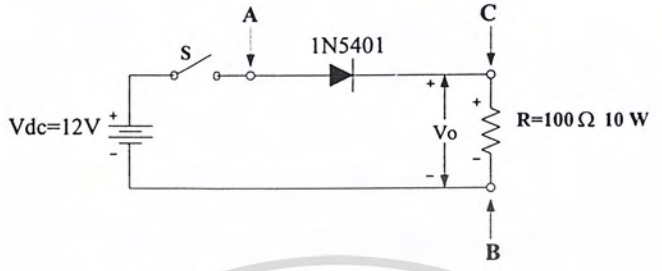
เป็นความถี่รีโซแนนท์ของวงจร มีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที (rad/sec)

$$\omega_r = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left[\frac{R}{2L}\right]^2} \tag{1.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

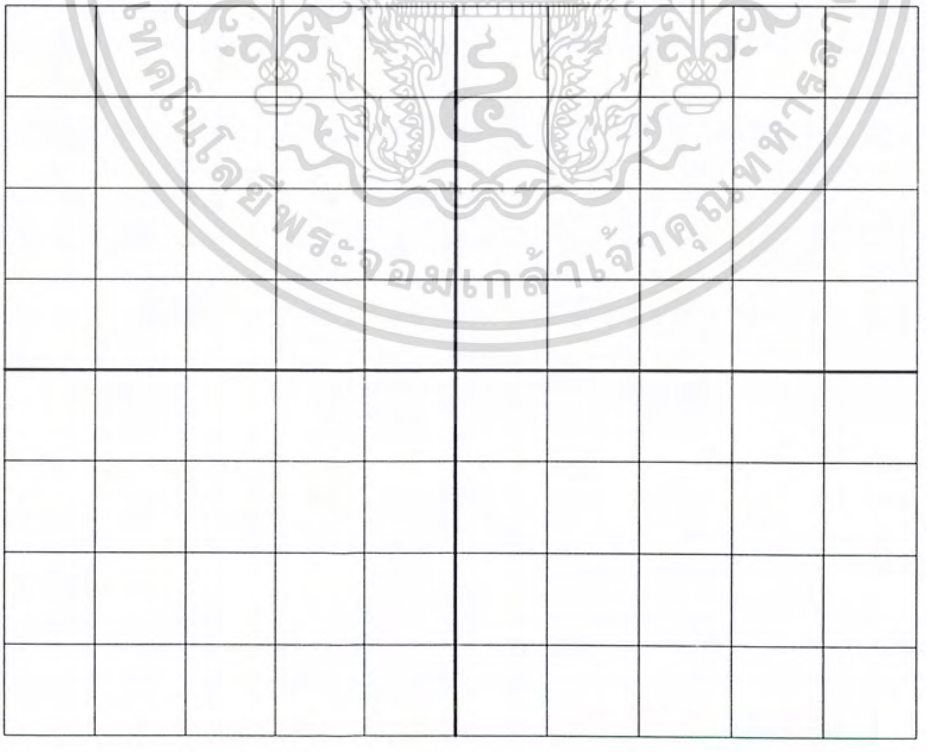
ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1.1



รูปที่ ง.7 วงจรการทดลองโหลดความต้านทาน

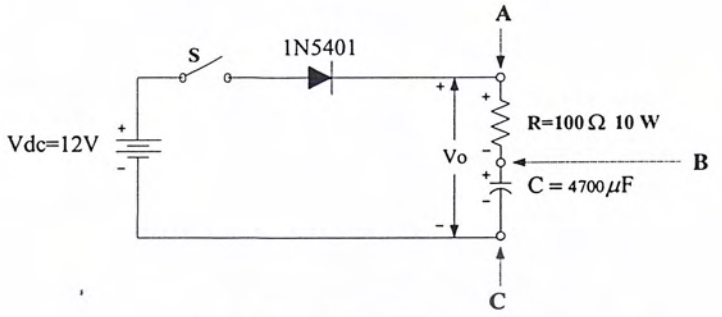
1. ต่อวงจรทดลอง ง.7 (ขณะต่อวงจรทดลองต้องปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้า)
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM
   2.2 แกน X= 500ms/CM
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด B เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดที่จุด C วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.8 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1.2



รูปที่ ง.9 วงจรการทดลองโหลดRC

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป ง.9 (ช็อตตัวเก็บประจุก่อน)

2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

   2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM

   2.2 แกน X= 500ms/CM

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่เอาต์พุต โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

รูปที่ ง.10 กราฟบันทึกผลการทดลอง

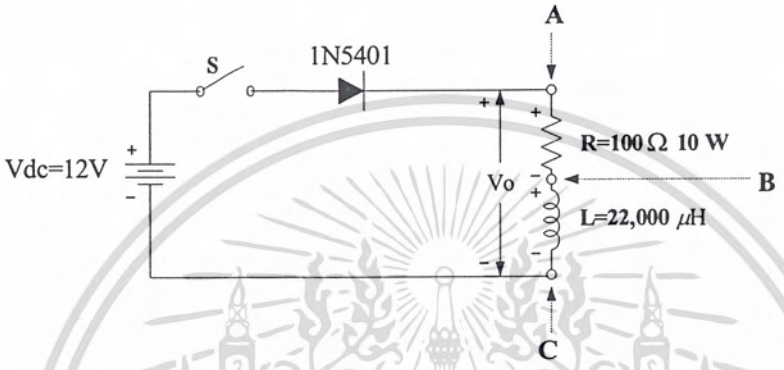
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คำนวณค่าของ

$I_{D_{Peak}}$ =.....A

P_d =..... J

การทดลองที่ 1.3



รูปที่ ง.11 วงจรการทดลองโหลด RL

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป ง.11

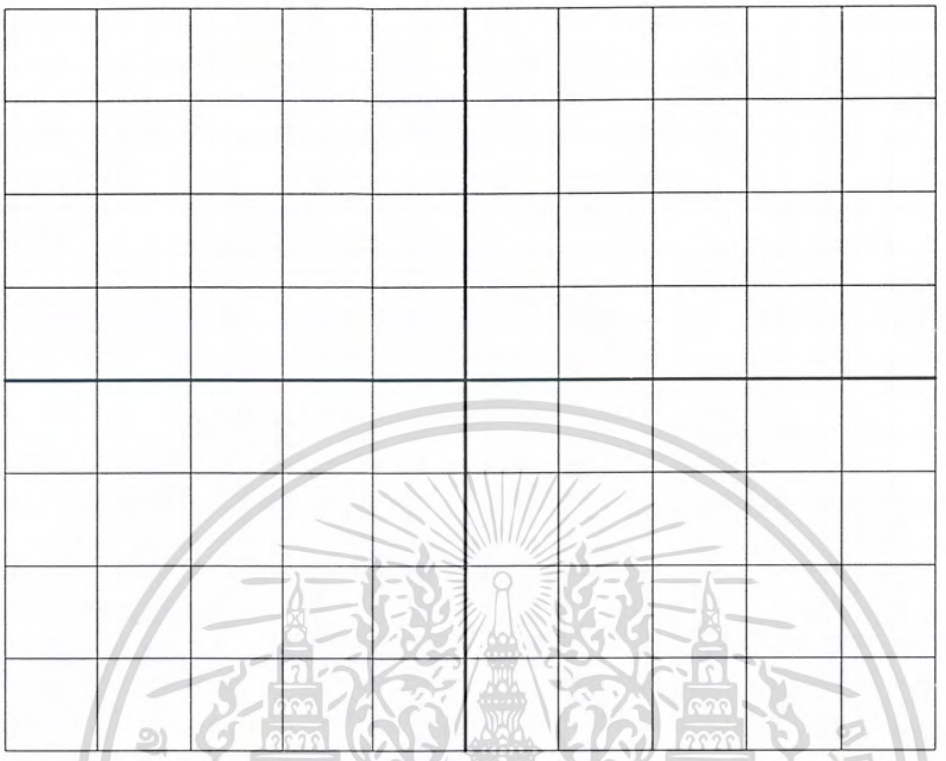
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1 5V/CM และ Y2 1V/CM

2.2 แกน X= 10ms/CM

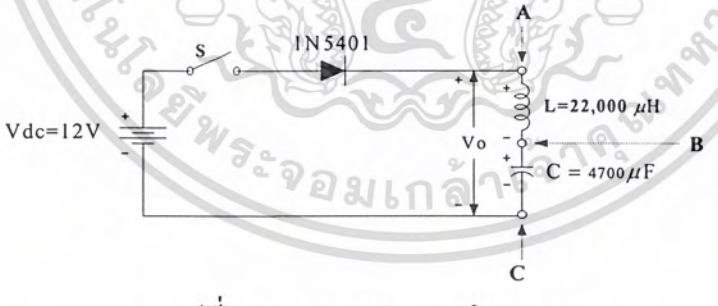
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่เอาต์พุต โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.12 กราฟบันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 1.4



รูปที่ ง.13 วงจรการทดลองโหลด LC

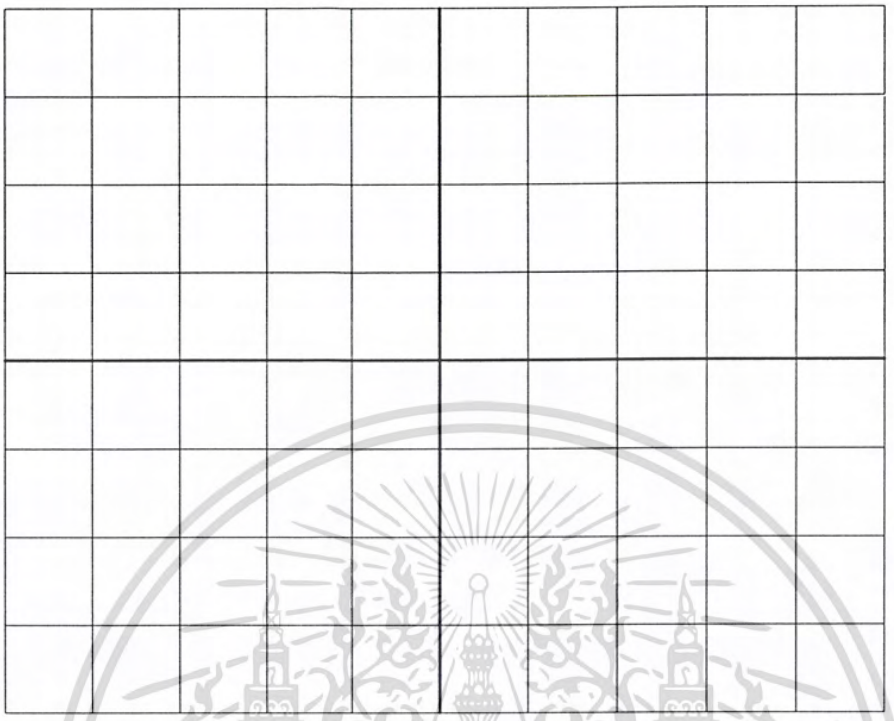
1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป ง.13 (ช็อตตัวเก็บประจุก่อน)
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

   2.1 แชนแนล Y1 5V/CM และ Y2 5V/CM

   2.2 แกน X= 10ms/CM

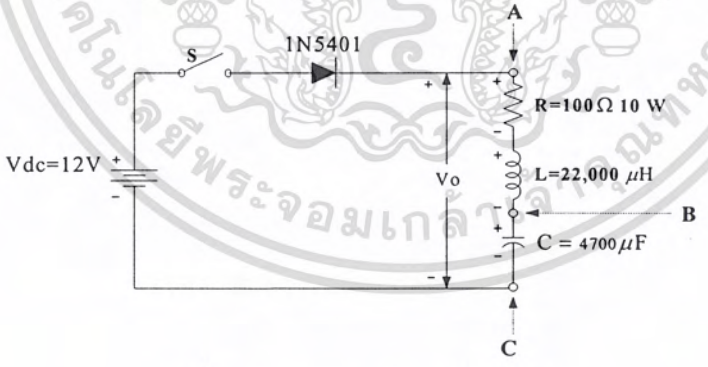
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่เอาต์พุต โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.14 กราฟบันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 1.5

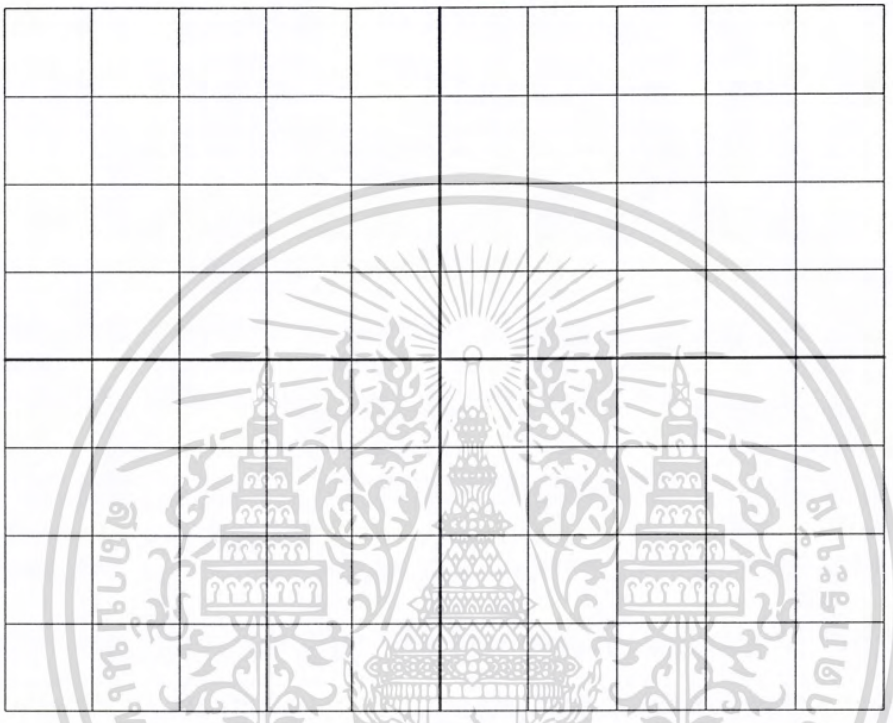


รูปที่ ง.15 วงจรการทดลองโหลด RLC

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป ง.15 (ช็อตตัวเก็บประจุก่อน)
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1 1V/CM และ Y2 5V/CM
   2.2 แกน X= 100ms/CM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่เอาต์พุต โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.16 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงเขียนสมการของกระแสที่ไหลผ่านและสมการแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุในวงจรสวิตช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น LC

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากวงจร RLC ค่าของอุปกรณ์ต่างๆคือ ตัวต้านทาน $R = 20\Omega$, ขดลวดเหนี่ยวนำ $L = 2m\text{H}$, ตัวเก็บประจุ $C = 10\mu\text{F}$ และแหล่งจ่าย $V_S = 230\,\text{V}$ ในสภาวะเริ่มต้นไม่มีกระแสและประจุตกค้าง เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t = 0$ จงหา

(ก) กระแส $i(t)$

(ข) เวลาในการนำกระแสของไดโอด

(ค) อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เวลา $t = 0$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จงให้คำนิยามของวงจรเรียงกระแส (Rectifier circuit) มาอย่างสมบูรณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2

การทดลองวงจร Freewheeling Diodes

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจร Freewheeling Diodes ได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจร Freewheeling Diodes ได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆการทดลองวงจร Freewheeling Diodes ได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

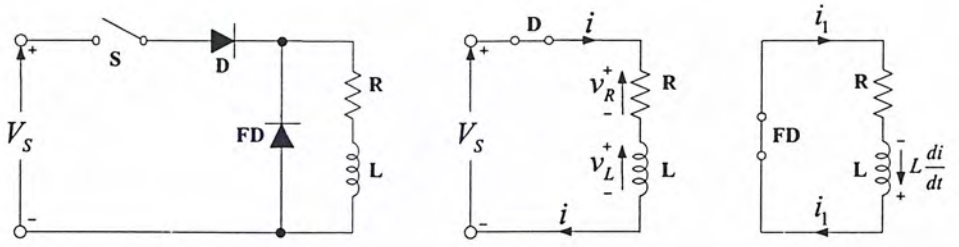
1. แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	1 เครื่อง

ทฤษฎี

1. Freewheeling Diode

จากวงจรในรูปที่ ง.17 (ก) กระแสจะอยู่ในสภาวะคงตัวหลังจากที่ S ปิดวงจร และมีค่าเป็น V_S/R ถ้าสวิตช์ S เปิดวงจรขึ้นอีกครั้งหนึ่ง พลังงานที่สะสมในขดลวดเหนี่ยวนำ L (จะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}L(V_S/R)^2$) จะปรากฏขึ้นและส่งผลให้เกิดประกายไฟขึ้นขณะที่สวิตช์ เปิดวงจร เพื่อลดปัญหาดังกล่าว จะมีการนำไดโอด FD หรือ freewheeling diode มาใช้ในวงจร ไดโอดจะถูกตกคร่อม RL ดังวงจรในรูปที่ ง.17 (ก) เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจวงจรในรูปดังกล่าวได้ง่ายขึ้นจึงแบ่งวงจรในรูปที่ ง.17 (ก) ออกเป็น 2 จังหวะการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) เมื่อ S ปิดวงจร (ค) เมื่อ S เปิดวงจร

รูปที่ ง.17 วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำพร้อมฟรีวิลลิ่ง

จังหวะที่ 1 เมื่อสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t=0$ กระแสจากแหล่งจ่าย V_S จะไหลผ่าน S, D, R และ L ดังรูปที่ ง.17 (ข) วงจรนี้จะมีค่ากระแส i เป็น

$$i=\frac{V_S}{R}\left[1-e^{-\frac{R}{L}t}\right]$$

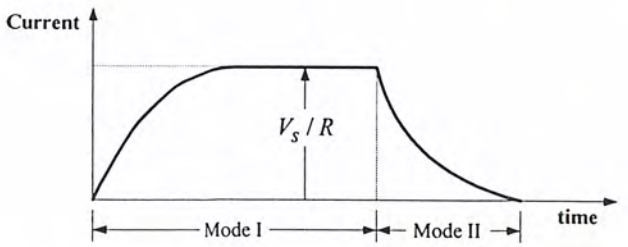
และกระแสเฉลี่ยในที่สุดจะมีค่าเป็น

$$i=\frac{V_S}{R}$$

จังหวะที่ 2 เมื่อสวิตช์ S เปิดวงจรที่เวลา $t=0$ กระแสในวงจรพยายามที่จะระบายออก และแรงดัน $L\frac{di}{dt}$ ที่ถูกสะสมไว้ใน L จะไหลผ่าน freewheeling diode กระแสดังกล่าวจะไหลผ่านวงจรที่ประกอบด้วย FD, R และ L ดังรูปที่ ง.17 (ค) ในวงจรนี้ ค่ากระแสสามารถหาได้จากสมการ

$$i_1=\frac{V_S}{R}.e^{-\frac{R}{L}t} \qquad (2.1)$$

กระแส i_1 จะลดลงสู่ศูนย์แบบเอ็กโปเนนเชียลในจังหวะที่ 2 กระแสทั้งหมดตั้งแต่ช่วงของการสะสมพลังงานจนคายพลังงานหมดแสดงดังรูปที่ ง.18



รูปที่ ง.18 กระแสในวงจรที่มี freewheeling diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรไดโอดและตัวเหนี่ยวนำ (Diode and L circuit)

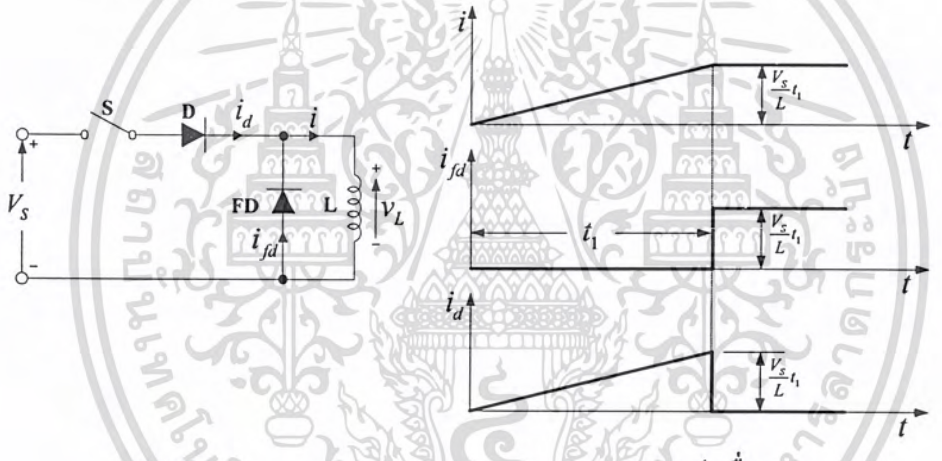
พิจารณาวงจรในรูปที่ ง.19 เมื่อจ่ายกระแสจาก V_S ให้กับโหลด L ผ่านไดโอด D freewheeling diode ถูกต่อคร่อม L

เมื่อสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t = 0$ สามารถวิเคราะห์วงจรโดยใช้ KVL ได้เป็น

$$V_S = L\frac{di}{dt} \tag{2.2}$$

หรือ

$$i = \frac{V_S}{L}t \tag{2.3}$$



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.19 วงจรไดโอดที่โหลดเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ พร้อมฟรีวิลลิ่งไดโอด

สมการที่ (2.3) แสดงให้เห็นว่ากระแส i จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นตามเวลา t เมื่อสวิตช์ S เปิดวงจรที่เวลา t_1 กระแสของโหลด $\frac{V_S}{L}t_1$ จะเริ่มไหลผ่านไดโอด FD ในวงจร L และ FD ที่เกิดขึ้นจะไม่มีตัวความต้านทานต่ออยู่เลย กระแสที่ไหลอย่างต่อเนื่องโดยมีค่าเป็น $\frac{V_S}{L}t_1$ รูปคลื่นของกระแสแสดงดังรูปที่ ง.19 (ข) และพลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็น

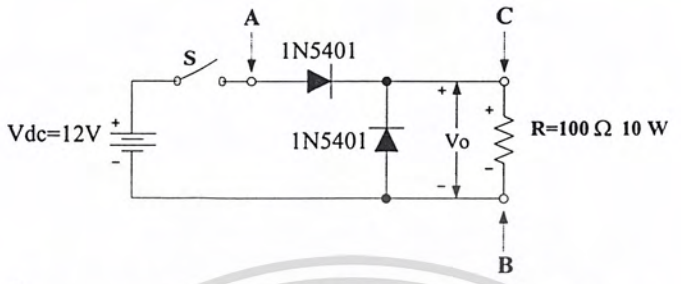
$$E_L = \frac{1}{2}\left[\frac{V_S}{L}t_1\right]^2 .L$$

$$= \frac{1}{2}.\frac{V_S^2}{L}t_1 \quad \text{จูลส์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

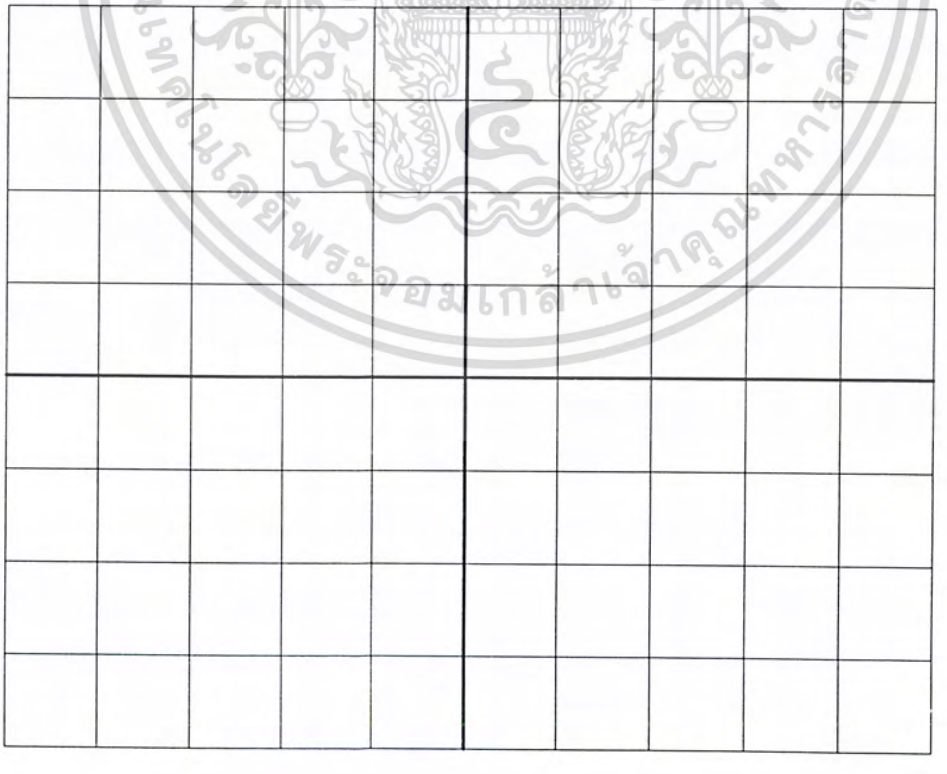
ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 2.1



รูปที่ ง.20 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลดความต้านทาน

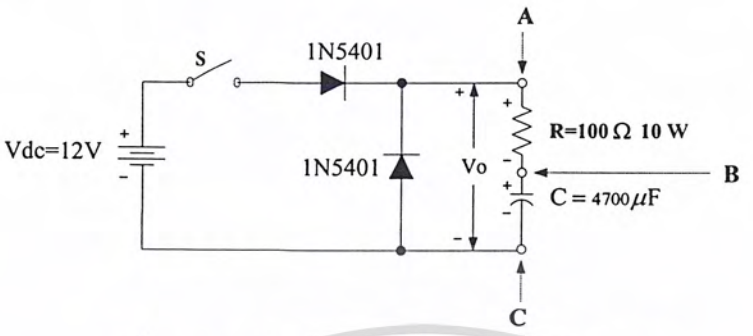
1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป ง.20
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM
   2.2 แกน X= 500ms/CM
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด B เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดที่จุด C วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.21 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2.2



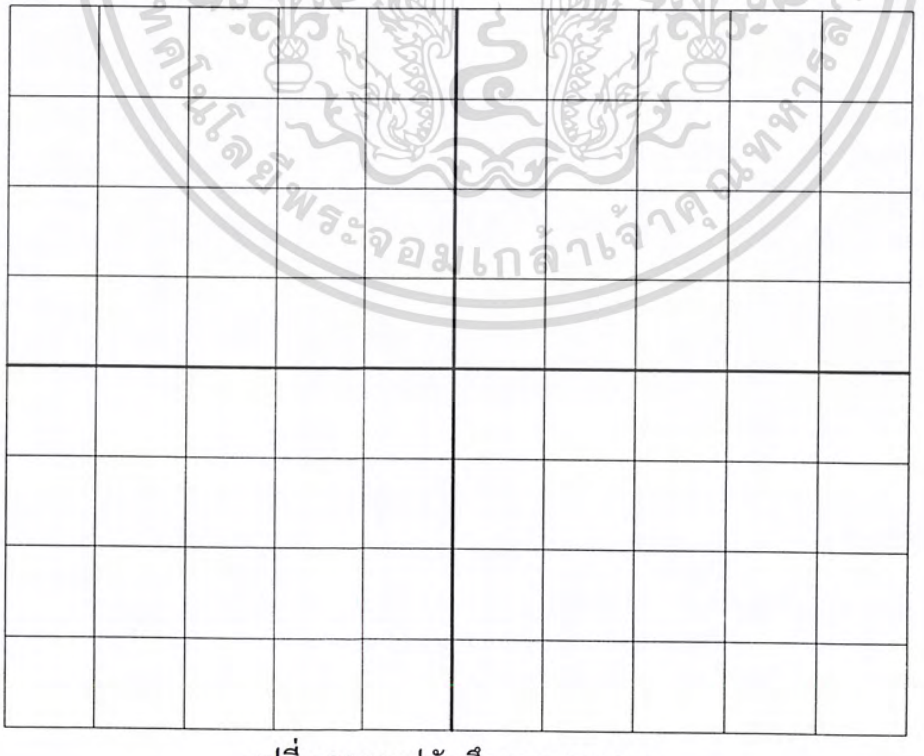
รูปที่ ง.22 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RC

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป ง.22 (ชื่อตตัวเก็บประจุก่อน)
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

    2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM

    2.2 แกน X= 500ms/CM

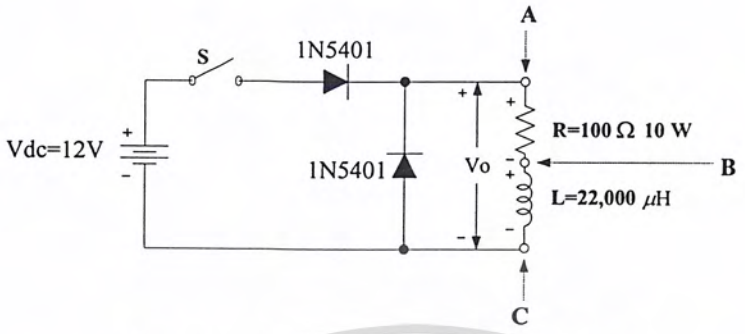
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมโหลด โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.23 กราฟบันทึกผลการทดลอง

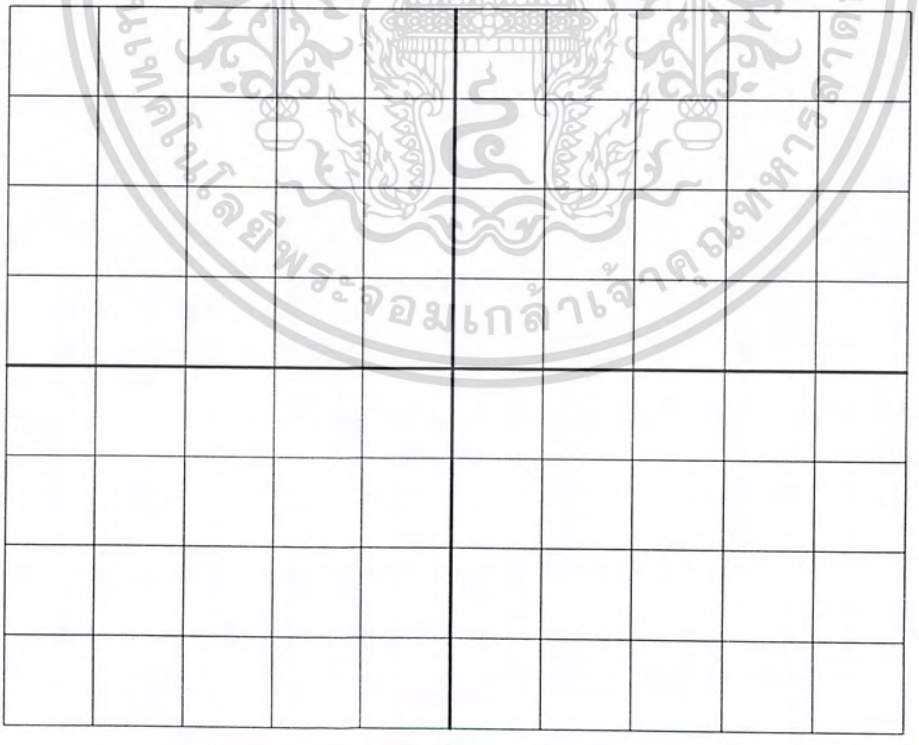
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2.3



รูปที่ ง.24 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RL

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป ง.24
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM
   2.2 แกน X= 500ms/CM
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมโหลด โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.25 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

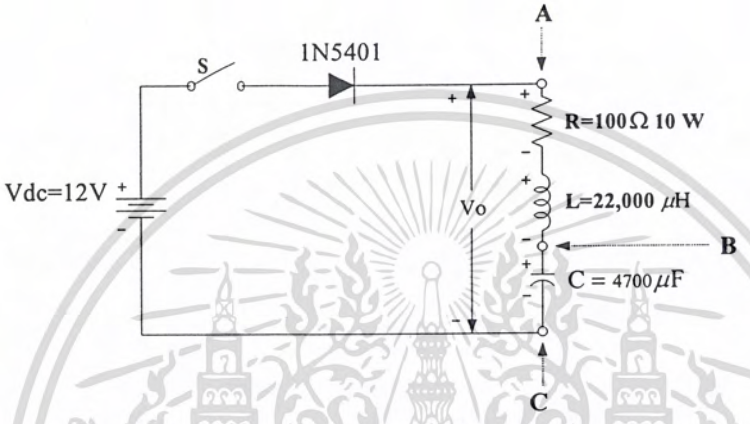
การทดลองที่ 2.4

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป ง.26

2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM

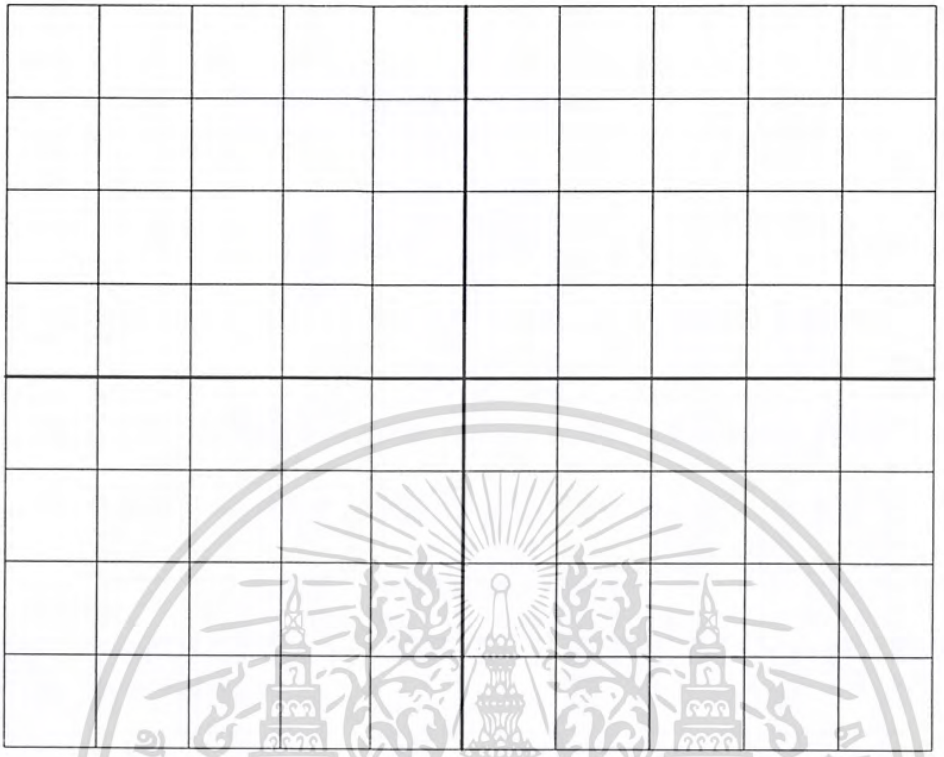
2.2 แกน X= 200ms/CM



รูปที่ ง.26 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RLC

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมโหลด โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.27 กราฟบันทึกผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. วงจรไดโอดที่มีโหลดตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ พร้อมฟรีวิลลิ่งไดโอด มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์ สมมติว่า R มีค่าน้อยมากจึงกำหนดให้เป็นศูนย์ โหลดของวงจรเป็นขดลวดเหนี่ยวนำมีค่า 330 μH

(ก) จงวาดรูปคลื่นกระแสที่ไหลในโหลด ถ้าสวิตช์ S ปิดวงจรขณะเริ่มต้น หลังจากนั้นจึงเปิดออกที่เวลา $t = 100\mu s$

(ข) หาค่าพลังงานที่เก็บในขดลวดเหนี่ยวนำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จงเขียนสมการของกระแสของโหลดและพลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำของวงจรฟรีวิลลิ่งไดโอดที่มีโหลดตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงอธิบายหลักการทำงานของวงจรฟรีวิลลิ่งไดโอด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การทดลองวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียวได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียวได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆการทดลองวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียวได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1 เครื่อง

ทฤษฎี

การเรียงกระแสเป็นกระบวนการแปลงผันแรงดันกระแสสลับทางด้านอินพุตให้มีเอาต์พุตเป็นแรงดันกระแสตรง ในวงจรเรียงกระแสที่ใช้ไดโอดกำลัง แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดันกระแสสลับทางด้านอินพุตและไม่สามารถแปรระดับกระแสตรงได้

เนื้อหาในส่วนนี้จะเป็นการกล่าวถึงการเรียงกระแสด้วยไดโอดแบบไม่สามารถควบคุมได้ และไดโอดที่ใช้ก็จะเป็นไดโอดกำลังทางอุดมคติ

1. ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแสเป็นวงจรที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง อย่างไรก็ตาม จากวงจรและสัญญาณไฟฟ้าในรูปที่ ง.28 พบว่าแรงดันกระแสตรงที่ได้ทางเอาต์พุตจะไม่มีความต่อเนื่อง และมีฮาร์โมนิกส์ประกอบอยู่ด้วย ในขณะเดียวกัน กระแสที่ไหลเข้าทางอินพุตจะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคลื่นไซน์ที่บริสุทธิ์ ซึ่งทำให้ตัวประกอบด้านกำลังงานของวงจรไม่เท่ากับ 1.0 ประสิทธิภาพการแปลงกำลังงาน ของการเรียงกระแสจะพิจารณาจากฮาร์โมนิกส์ที่สร้างขึ้นที่แรงดันด้านอินพุตและกระแสด้านเอาต์พุตของวงจร ในการวิเคราะห์ดังกล่าวจะใช้ทฤษฎีอนุกรมฟูเรียร์ เพื่อหาฮาร์โมนิกส์ที่ประกอบในแรงดันและกระแส วงจรเรียงกระแสชนิดต่างๆจะมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน

ตาราง ง.1 ค่าทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญที่นำมาชี้วัดประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส

ตัวแปร	ค่าหรือสัญลักษณ์ที่ใช้
ค่าเฉลี่ยของแรงดันทางด้านเอาต์พุต ที่จ่ายให้โหลด	V_{dc}
ค่าเฉลี่ยของกระแสทางด้านเอาต์พุต ที่จ่ายให้โหลด	I_{dc}
ค่ากำลังงานไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านเอาต์พุต	$P_{dc} = V_{dc} \cdot I_{dc}$
ค่า rms ของแรงดันทางด้านเอาต์พุต	V_{rms}
ค่า rms ของกระแสทางด้านเอาต์พุต	I_{rms}
ค่ากำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านเอาต์พุต	$P_{ac} = V_{rms} \cdot I_{rms}$
ค่าประสิทธิภาพของวงจรแปลงกำลังงาน	$\eta = P_{dc} / P_{ac}$
ค่าประสิทธิผล (rms)	$V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2}$
ค่า form factor	$FF = V_{rms} / V_{dc}$
ค่า ripple factor	$RF = V_{ac} / V_{dc}$ $= \sqrt{(V_{rms} / V_{dc})^2 - 1}$ $= \sqrt{FF^2 - 1}$
ค่า displacement factor	$DF = \cos\phi$
ค่า transformer utilization factor	$TUV = P_{dc} / V_s I_s$
ค่า harmonic factor	$HF = \sqrt{(I_s^2 - I_{s1}^2) / I_{s1}^2}$ $= \sqrt{(I_s / I_{s1})^2 - 1}$
ค่า power factor	$PF = (V_s I_{s1} / V_s I_s) \cos\phi$ $= (I_{s1} / I_s) \cos\phi$

2. การเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว (single-phase Half-wave Rectifier)

วงจรเรียงกระแสที่ไม่สามารถควบคุมได้แบบง่ายที่สุด คือการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว การเรียงกระแสแบบนี้จะไม่ใช้งานจริงในวงจรที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากประสิทธิภาพที่ต่ำมาก แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นวงจรที่มีประโยชน์มากในการศึกษาเพื่อให้มองเห็นแนวความคิดพื้นฐานของการเรียงกระแสได้ง่ายที่สุด

ในวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว แต่ละลูกคลื่นของไฟฟ้ากระแสสลับที่เข้ามาทางอินพุตจะสามารถผ่านออกไปยังโหลดที่ต่ออยู่ทางเอาท์พุตได้เพียงครึ่งเดียวเท่านั้น

โหลดที่ต่ออยู่ทางเอาต์พุตอาจจะเป็น R , RL หรือโหลด RL ที่มีไดโอดflywheel ต่ออยู่ด้วย ซึ่งจะได้พิจารณาตามลำดับดังต่อไปนี้

2.1 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นความต้านทาน (R Load)

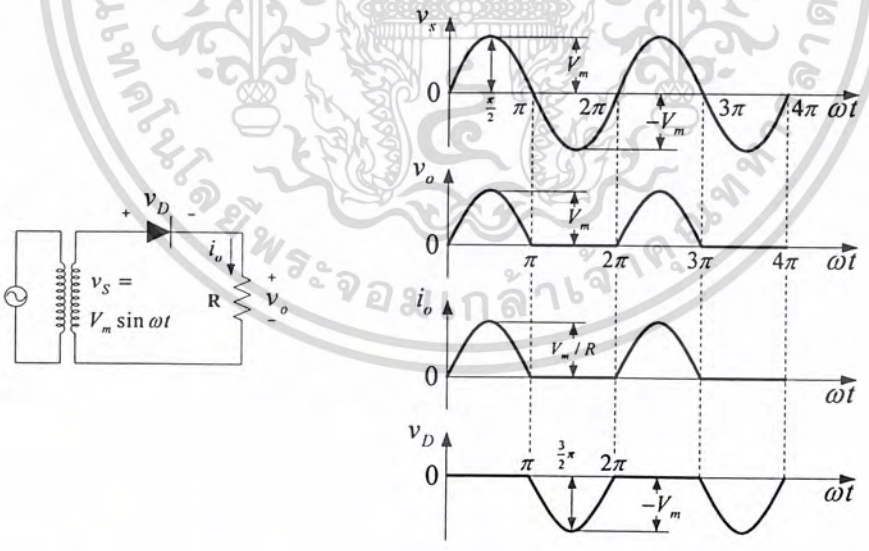
การเชื่อมต่อและวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นความต้านทาน แสดงดังรูปที่ ง.28(ก)

ในช่วงครึ่งคลื่นที่เป็นบวก ไดโอดจะได้รับไบอัสตรง และจะนำกระแสตั้งแต่เวลา $\omega t = 0^o$ จนถึง $\omega t = \pi$ ในช่วงเวลานี้ แรงดันทางด้านเอาต์พุตมีค่าเป็น

$$v_o = v_s$$

กระแสที่ไหลผ่านโหลดความต้านทาน มีค่าเป็น

$$i_o = \frac{v_o}{R}$$



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.28 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว

ที่เวลา π แรงดันจะกลับเป็นศูนย์อีกครั้ง กระแสที่ไหลผ่านโหลดจะมีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน หลังจากนั้น เมื่อแรงดันกลับทิศทางเป็นตรงกันข้าม ไดโอด D จะได้รับไบอัสกลับ จึงหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำกระแส และเข้าสู่สภาวะต้านการไหลของกระแสในทิศทางย้อนกลับ (reverse blocking) แรงดันและกระแสทางด้านเอาต์พุตจะเท่ากับศูนย์ ตั้งแต่ช่วงเวลา $\omega t = \pi$ จนถึง $\omega t = 2\pi$ หลังจากนั้นไดโอดจะกลับมานำกระแสอีกครั้งเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในรอบแรกและซ้ำกันตลอดไป

ช่วงที่ไดโอดนำกระแส วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน (R) จะมีรูปคลื่นของกระแสทางด้านเอาท์พุต i_o เหมือนกับแรงดันทางด้านเอาต์พุต v_o แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนำกระแสจะมีค่าเป็นศูนย์ รูปคลื่นของกระแสและแรงดันแสดงดังรูปที่ ง.28 (ข)

จากวงจร แหล่งจ่ายจะเป็นคลื่นไซน์ กล่าวคือ $v_s = V_m \sin \omega t$ โดยการใช้ KVL ในวงจรรูปที่ ง.28 (ก)) จะได้

$$v_s = v_o + v_D$$

แรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุต (หรือของโหลด) คือ

$$\langle V_o \rangle = \frac{V_m}{\pi} \tag{3.1}$$

ค่าrms ของแรงดันทางด้านเอาต์พุตคือ

$$V_{or} = \frac{V_m}{2} \tag{3.2}$$

กระแสที่โหลดหรือไดโอดมีค่าเป็น

$$I = \frac{V_m}{R} \tag{3.3}$$

ค่าแรงดันสูงสุดขณะไบอัสกลับ PIV (peak inverse voltage) เป็นตัวแปรสำคัญในการออกแบบวงจรเรียงกระแส เนื่องจากเป็นค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดสูงสุดขณะต้านการไหลของกระแสในช่วงเวลาไบอัสกลับ จากรูปที่ ง.28

$$PIV = V_m = \sqrt{2} \cdot V_s \tag{3.4}$$

กำลังงานที่ถูกส่งไปยังโหลด หาได้จากค่า rms ของแรงดัน × ค่าrms ของกระแส

$$P_R = V_{or} \cdot I_{or} \tag{3.5}$$

$$P_R = I_{or}^2 R \tag{3.6}$$

ตัวประกอบกำลังงานทางด้านอินพุต (Input power factor) หาได้จาก

$$PF_{input} = \frac{V_{or} \cdot I_{or}}{V_s \cdot I_{or}} = \frac{V_{or}}{V_s} \tag{3.7}$$

$$= \frac{\sqrt{2} \cdot V_s}{2 \cdot V_s} = 0.707 \text{ ล้าหลัง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ (L Load)

วงจรในรูปที่ ง.29 เป็นวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ เมื่อสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $\omega t = 0$ ไดโอดจะเริ่มนำกระแส สามารถวิเคราะห์วงจรโดยใช้ KVL ได้

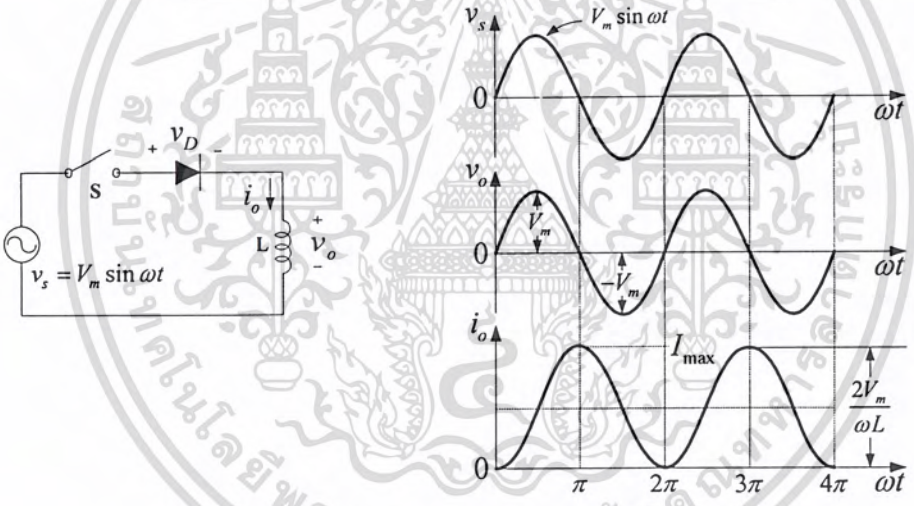
$$V_O = V_m \cdot \sin \omega t \tag{3.8}$$

หรือ

$$= -\frac{V_m}{\omega L}\cos \omega t + A \tag{3.9}$$

หาค่า A โดยเงื่อนไขตั้งต้น ที่เวลา $\omega t = 0$ กระแส $i_o = 0$ จะได้

$$0 = -\frac{V_m}{\omega L} + A$$



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.29 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ

แทนค่า A ลงในสมการ (3.9) จะได้

$$i_o = \frac{V_m}{L}\left(1 - \cos \omega t\right) \tag{3.10}$$

แรงดันเอาต์พุต

$$v_o = L\frac{di_o}{dt} = L\frac{V_m}{\omega L}\left[\sin \omega t\right]\omega$$
$$= V_m \sin \omega t$$
$$v_o = v_s \tag{3.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสูงสุดของกระแส $I_{\max}$ จะเกิดขึ้นที่ $\omega t = \pi$

$$I_{\max} = \frac{V_m}{\omega L}(1+1)$$
$$= \frac{2V_m}{\omega L}$$

กระแสเฉลี่ย $$\langle I_o \rangle = \frac{1}{2} I_{\max}$$

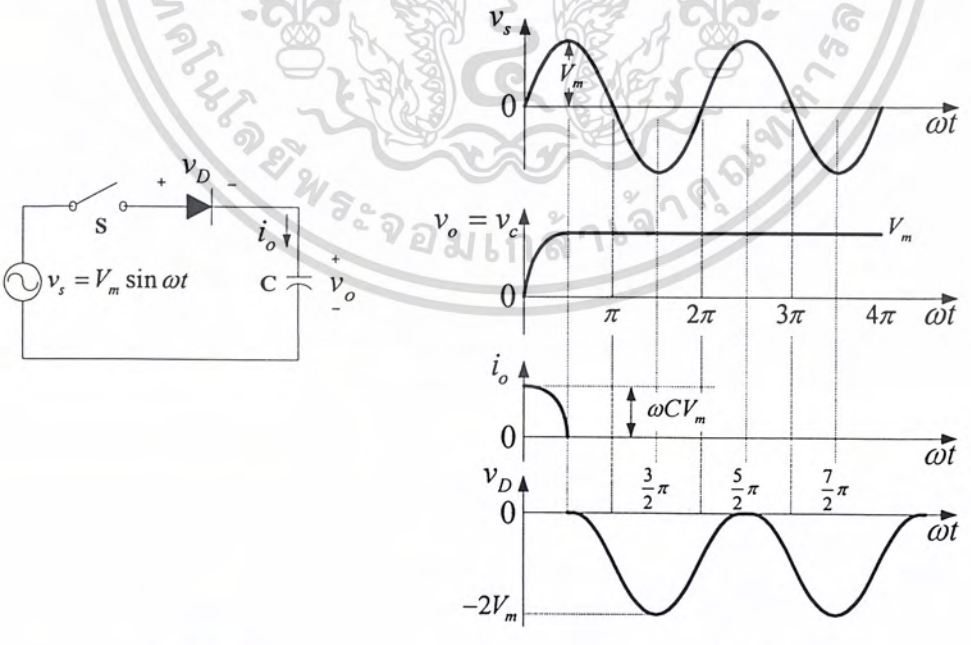
ค่า rms ของกระแสความถี่หลัก I_{1r} หาได้จาก

$$I_{1r} = \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi}\left(\frac{V_m}{\omega L}\right)^2 \int_0^{2\pi} (\cos \omega t)^2 \, d(\omega t)\right]}$$
$$= \frac{I_o}{\sqrt{2}}$$

กระแส rms จากการเรียงกระแส

$$I_{or} = \sqrt{I_o^2 + I_{1r}^2} = \sqrt{I_o^2 + \frac{I_o^2}{2}}$$
$$= 1.225 I_o$$

2.3 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ (C Load)



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.30 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ง.30 (ก)เมื่อสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $\omega t = 0$ สามารถหากระแส i_o ได้จาก

$$i_o = \omega C V_m \cos \omega t \tag{3.12}$$

แรงดันเอาต์พุต

$$v_o = \frac{1}{C}\int i dt = V_m \sin \omega t$$

$$v_o = v_s = v_c \tag{3.13}$$

แรงดันเฉลี่ยที่ตกคร่อมไดโอดจะมีค่าเป็น

$$\langle v_D \rangle = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} V_m \sin(\omega t - 1)\, d(\omega t)$$

$$= V_m = \sqrt{2} \bullet V_s \tag{3.14}$$

ค่า rms ของความถี่หลักที่ตกคร่อมไดโอดหาได้จาก

$$V_{1r} = \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} V_m \sin^2 \omega t d(\omega t)\right]}$$

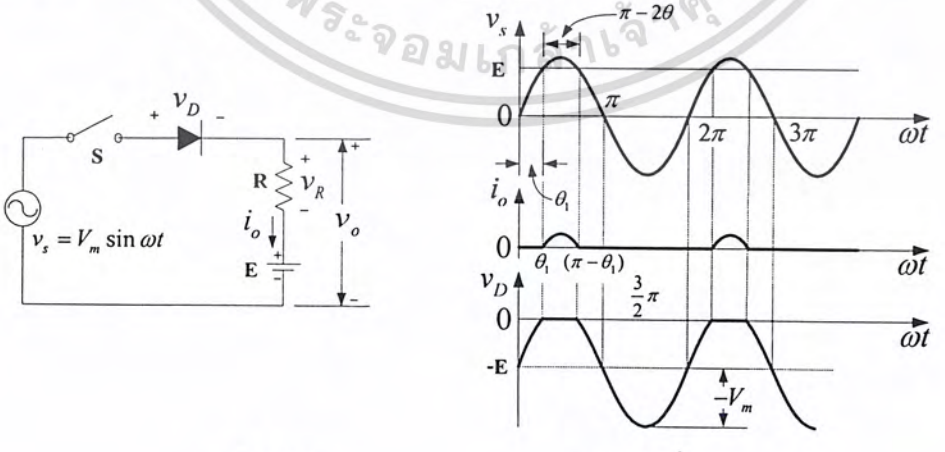
$$V_{1r} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \tag{3.15}$$

กระแส rms ของไดโอดคือ

$$I_{Drms} = \sqrt{V_D^2 + V_{1r}^2}$$

$$I_{Drms} = 1.225 V_m \tag{3.16}$$

2.4 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและแหล่งจ่ายกระแสตรง (RE Load)



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.31 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและแหล่งจ่ายกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและแหล่งจ่ายที่มีแรงดัน E แสดงดังรูปที่ ง.31 (ก) ถ้าสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $\omega t = 0^\circ$ หรือเมื่อ $v_s = 0$ แล้ว ไดโอดจะยังไม่นำกระแสที่เวลา $\omega t = 0^\circ$ เนื่องจากได้รับไบอัสกลับ และจะยังคงไม่นำกระแสจนกว่าแรงดัน v_s จะเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากกว่า E

เมื่อแรงดัน $V_m \sin\theta_1 = E$ ไดโอด D จะเริ่มนำกระแสโดยมุมเริ่มนำกระแส θ_1 สามารถคำนวณได้จาก

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{E}{V_m}\right) \tag{3.17}$$

ไดโอดจะนำกระแสอยู่ในช่วงเวลา $\omega t = \theta_1$ ถึง $\omega t = (\pi - \theta_1)$ ดังนั้น ระยะเวลาในการนำกระแสของไดโอดจะเป็น $\pi - 2\theta_1$ ดังรูปที่ ง.31 (ข) ตลอดช่วงของการนำกระแส สมการแรงดันของวงจรมีค่าเป็น

$$V_m \sin\omega t = E + i_o R \tag{3.18}$$

หรือ

$$i_o = \frac{V_m \sin\omega t - E}{R} \tag{3.19}$$

ค่าเฉลี่ยของกระแสดังกล่าวหาได้จาก

$$\langle I_o \rangle = \frac{1}{2\pi R}\left[\int_{\theta_1}^{\pi-\theta_1} (V_m \sin\omega t - E)\, d(\omega t)\right]$$

$$= \frac{1}{2\pi R}\left[2V_m \cos\theta_1 - E(\pi - 2\theta_1)\right] \tag{3.20}$$

ค่า rms ของกระแสโหลด จากสมการ (3.20) คือ

$$I_{or} = \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi}\int_{\theta_1}^{\pi-\theta_1}\left(\frac{V_m \sin\omega t - E}{R}\right)\cdot d\omega t\right]}$$

$$= \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi R^2}\left\{\left(V_s^2 + E^2\right)\cdot(\pi - 2\theta_1) + V_s^2 \sin 2\theta_1 - 4V_m \cdot E\cos\theta_1\right\}\right]} \tag{3.21}$$

กำลังงานที่ส่งผ่านไปยังโหลด

$$P = E \cdot I_o + I_{or}^2 \cdot R \text{ วัตต์} \tag{3.22}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

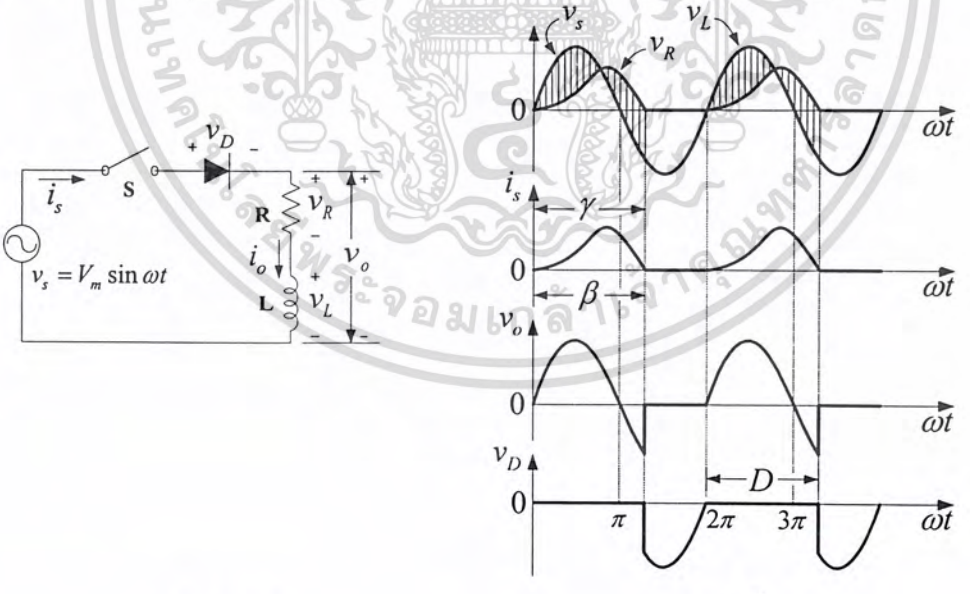
ค่าตัวประกอบกำลังของแหล่งจ่าย

$$\frac{\text{กำลังงานที่ส่งไปยังโหลด}}{\text{(แรงดันของแหล่งจ่าย) (กระแส rms จ่ายโดยแหล่งจ่าย)}}$$

$$= \frac{EI_o + I_{or}^2 R}{V_s I_{or}}$$

2.5 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ (RL Load)

ในวงจรที่มี RL เป็นโหลด ดังรูปที่ ง.32 (ก) นั้น กระแส i_0 ในวงจรจะยังคงไหลอยู่ ถึงแม้ว่าแรงดัน V_S จะตกลงสู่ค่าศูนย์และเป็นลบไปแล้วก็ตาม เนื่องจากมีค่าความเหนี่ยวนำ L อยู่ในวงจรของโหลด แรงดัน $V_R = i_o R$ จะมีลักษณะรูปคลื่นเช่นเดียวกับ i_o แรงดัน $V_L = V_S - V_R$ เป็นดังรูปที่ ง.32 (ข) กระแสจะไหลอยู่จนกระทั่งพื้นที่ของ A และ B เท่ากัน โดยพื้นที่ A แสดงถึงพลังงานที่เก็บสะสมใน L ส่วนพื้นที่ B เป็นพลังงานที่ L คายออกมา ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยแรงดันกระแสตรงของ L จะมีค่าเป็นศูนย์



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.32 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $i_O = 0$ ที่ $\omega t = \beta$ จะได้ค่า $V_L = 0$ $V_R = 0$ และแรงดัน V_S จะมีค่าเป็นลบและไบอัสกลับให้ไดโอด D ที่ $t = \beta$ แรงดัน V_D จะกระโดดจากค่าศูนย์ไปที่ $V_m \sin\beta$ (โดย $\beta > \pi$) และ $\beta = \gamma$ เป็นมุมในการนำกระแสของไดโอด

ค่าเฉลี่ยของแรงดันทางด้านเอาต์พุต

$$V_O = \frac{1}{2\pi}\int_0^3 V_m \sin\omega t.d(\omega t)$$

$$V_O = \frac{V_m}{2\pi}(1-\cos\beta) \qquad (3.23)$$

ค่าเฉลี่ยของกระแสที่เอาต์พุต

$$I_O = \frac{V_O}{R}$$

$$I_O = \frac{V_m}{2\pi R}(1-\cos\beta) \qquad (3.24)$$

สมการทั่วไป ของกระแสเอาต์พุต i_o ที่เวลา $0 < \omega t < \beta$ สามารถหาได้ดังต่อไปนี้

เมื่อไดโอดในวงจรรูปที่ ง.32 (ก) นำกระแส ใช้กฎ KVL จะได้

$$R_{io} + L\frac{di_o}{dt} = V_m \sin\omega t$$

กระแสทางด้านเอาต์พุตที่ส่งไปยังโหลด จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือกระแสในสภาวะคงตัว i_s และกระแสชั่วขณะ i_t

กระแสในสภาวะคงที่หาได้จาก

$$i_s = \frac{V_m}{\sqrt{R_t^2 + X^2}}\sin(\omega t - \phi) \qquad (3.25)$$

เมื่อ 0 เป็นมุมต่างเฟสของกระแส I_s ที่ล้าหลัง V_s โดย $\phi = \tan^{-1}\frac{X}{R}$ และ $X = \omega L$

กระแสชั่วขณะหาได้จากการตอบสนองธรรมชาติของวงจรขณะไม่มีการป้อนแหล่งจ่าย เมื่อใช้ KVL จะได้

$$Ri + L\frac{di_t}{dt} = 0$$

ค่ากระแสที่ได้คือ

$$i_t = Ae^{-\frac{R}{L}t} \qquad (3.26)$$

จะได้กระแสรวมเป็น $i_o = i_s + i_t$ ตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_o = \frac{V_m}{Z}\sin(\omega t - \phi) + Ae^{-\frac{R}{L}t} \qquad (3.27)$$

เมื่อ Z = $\sqrt{R^2 + X^2}$

ค่าคงที่ A สามารถหาได้จากการกำหนดขอบเขตที่ $\omega t = 0$ คือ ที่เวลา $\omega t = 0$ จะมีค่ากระแส $i_o = 0$ ดังนั้นจากสมการ (3.27)

$$0 = -\frac{V_m}{Z}\sin(\phi) + Ae^0$$

$$A = \frac{V_m}{Z}\sin\phi \qquad (3.28)$$

แทนสมการ (3.28) ลงในสมการ (3.27) จะได้

$$i_o = \frac{V_m}{Z}\left[\sin(\omega t - \phi) + \sin\phi \cdot e^{-\frac{R}{L}t}\right] \qquad (3.29)$$

ดังจะเห็นได้จากรูปคลื่นสัญญาณในรูปที่ ง.32(ข) เมื่อ $\omega t = \beta$ กระแส i_t มีค่าเป็นศูนย์ จากสภาวะนี้ จะได้สมการที่ (3.29) ใหม่เป็น

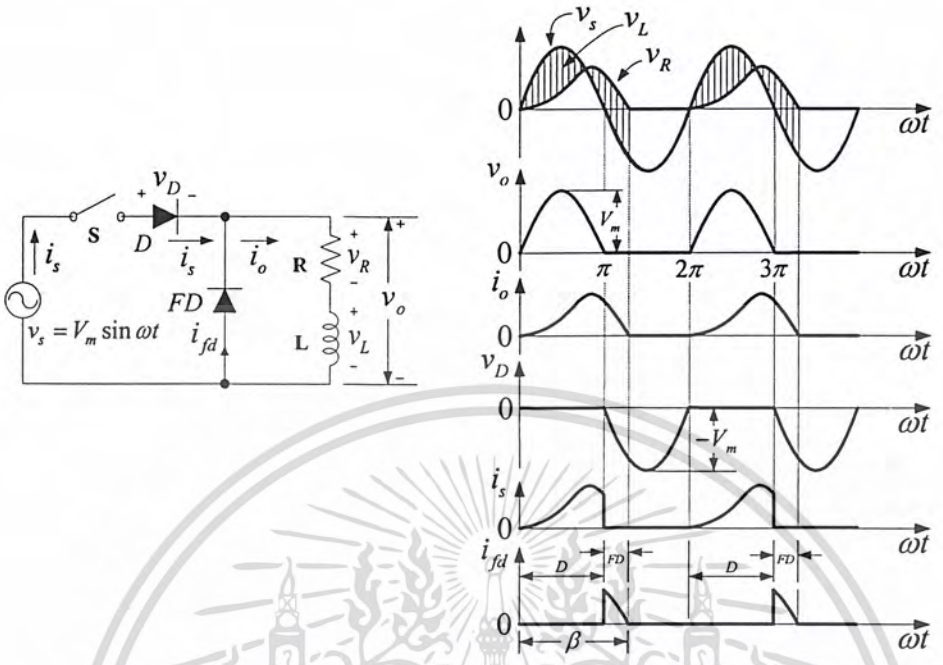
$$\sin(\beta - \phi) + \sin\phi \cdot e^{-\frac{R}{\omega L}\beta} = 0 \qquad (3.30)$$

สมการ (3.30) สามารถนำไปหาค่ามุมหยุดนำกระแสไดโอดได้

2.6 วงจรเรียงกระแสที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำพร้อมฟรีวีลลิ่งไดโอด

วงจรเรียงกระแสที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำสามารถนำมาเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นโดยการใส่ฟรีวีลลิ่งไดโอด คร่อมไว้กับโหลด ดังแสดงในรูปที่ ง.33(ก) แรงดันที่ได้ตรงเอาต์พุตจะมีค่าเป็น $v_o = v_s$ ที่เวลา $0 \le \omega t \le \pi$ ในขณะที่เวลา $\omega t = \pi$ นั้น แรงดันจากแหล่งจ่าย v_s มีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากกระแส i_o ในที่มาจากการคายพลังงานของ L ในวงจรของโหลดไม่เท่ากับศูนย์ หลังจากเวลา $\omega t = \pi$ แรงดัน v_s จะเริ่มกลับทิศ แรงดันขั้วลบของ v_s จะปรากฏที่แคโทดของ FD ผ่านไดโอด D ที่นำกระแส เหตุการณ์ดังกล่าวเป็นผลให้ FD ได้รับไบอัส ตรง ผลที่ได้ก็คือ กระแส i_o จะไหลผ่าน D และ FD ทันทีที่ v_s เริ่มกลับทิศทาง จึงกล่าวได้ว่า หลังจากเวลา $\omega t = \pi$ กระแส i_s ของไดโอดมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้แรงดันย้อนกลับของไดโอด D มีค่าเป็น V_m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.33 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวแบบมีฟรีวิลลิ่งไดโอด

หลังจากเวลา $\omega t = \pi$ ไปแล้ว กระแสจะไหลโดยอิสระในวงจรของโหลด RL และไดโอด FD พลังงานที่สะสมใน L จะเริ่มถูกปล่อยผ่าน PIV และจะหมดลงที่เวลา $\omega t = \beta < 2\pi$ ทั้งนี้ขึ้นอยู่ค่าของ L และ R กระแสอาจไม่ลดลงจนกลายเป็นศูนย์หลังจากผ่านเวลา $\omega t = 2\pi$ ไปแล้วก็เป็นได้ สำหรับกรณีนี้เรียกว่าวงจรทำงานในโหมดนำกระแสต่อเนื่อง(continuous conduction) แต่จากตัวอย่าง กระแสโหลดกลายเป็นศูนย์ก่อนเวลา $\omega t = 2\pi$ ซึ่งถือว่าอยู่ในโหมดการนำกระแสแบบไม่ต่อเนื่อง (discontinuous conduction)

ประโยชน์ที่ได้รับจากใช้ไดโอดฟรีวิลลิ่งคือ

1. ป้องกันกระแสเอาต์พุตหรือกระแสโหลด ไม่ให้ไหลกลับทิศทาง

2. ประสิทธิภาพของระบบสูงขึ้นเนื่องจากพลังงานที่สะสมในขดลวดเหนี่ยวนำถูกปลดปล่อยผ่าน R

3. กระแสโหลด (สังเกตจากรูปคลื่น) เรียบขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพของโหลดสูงขึ้น

รูปคลื่นต่างๆได้แก่ v_s, v_o, i_o, v_D, i_s และ i_{fd} แสดงไว้ในรูปที่ ง.33 (ข)

แรงดันเฉลี่ยทางด้านเอาต์พุตคือ

$$\langle V_o \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

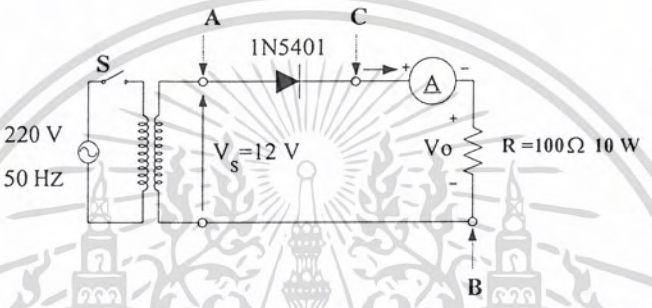
$$\langle V_o \rangle = \frac{V_m}{\pi} \tag{3.31}$$

กระแสเฉลี่ยทางด้านเอาต์พุตคือ

$$\langle I_o \rangle = \frac{V_m}{\pi R} \tag{3.32}$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 3.1



รูปที่ ง.34 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน

1. ต่อวงจรตามรูป ง.34
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert
   2.2 แกน X= 5ms/CM
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัด และบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ
4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด) ที่วัดได้

   Vo = ...V

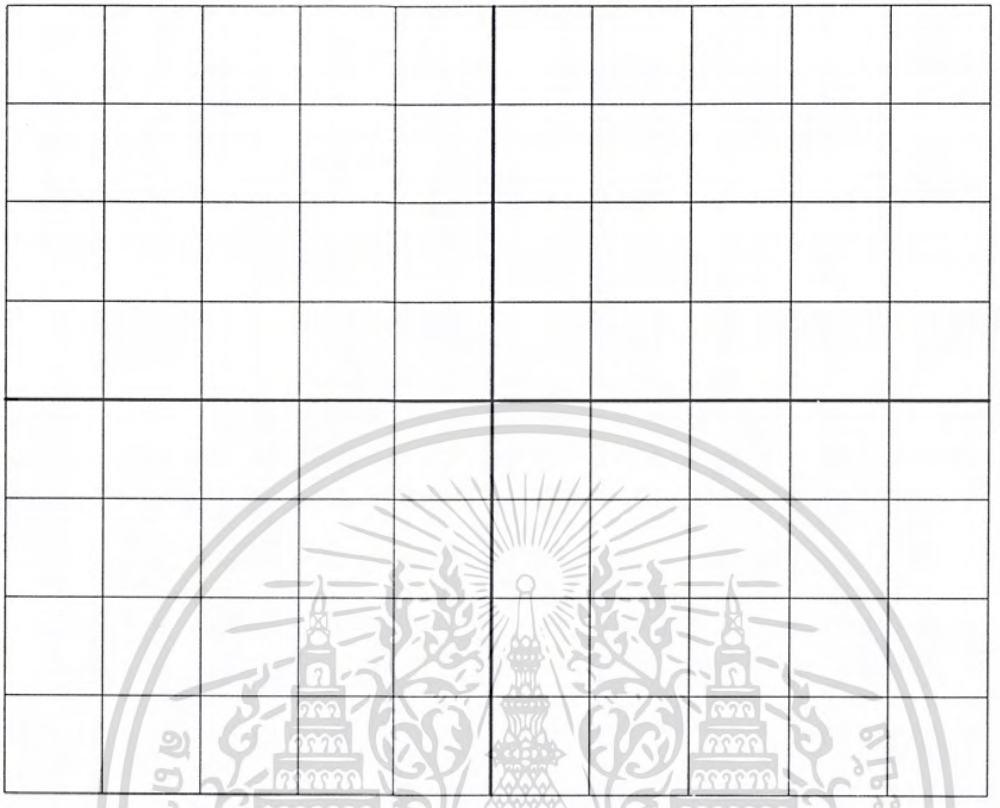
   V_D = ...V
5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

   Io = ...A
6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่าของ

   แรงดันที่เอาต์พุต Vo = ...V

   กระแสที่โหลดหรือไดโอดมีค่าเป็น I = ...A

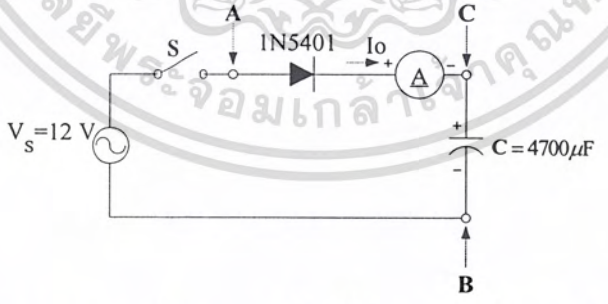
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.35 กราฟบันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 3.2

1. ต่อวงจรตามรูป ง.36



รูปที่ ง.36 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ

2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert

2.2 แกน X= 5ms/CM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัด และบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด)ที่วัดได้

Vo = ...V

V_D = ...V

รูปที่ ง.37 กราฟบันทึกผลการทดลอง

5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

Io = ...A

6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่าของ

แรงดันที่เอาต์พุต Vo = ...V

กระแสที่โหลดหรือไดโอดมีค่าเป็น I = ...A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

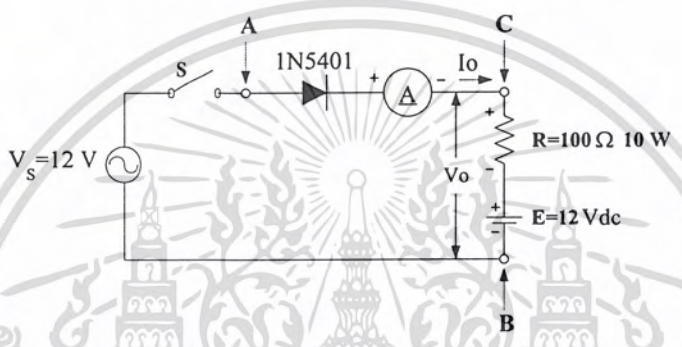
การทดลองที่ 3.3

1.ต่อวงจรตามรูป ง.38

2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert

2.2 แกน X= 5ms/CM



รูปที่ ง.38 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RE

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัด และบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด)ที่วัดได้

Vo = ...V

V_D = ...V

5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

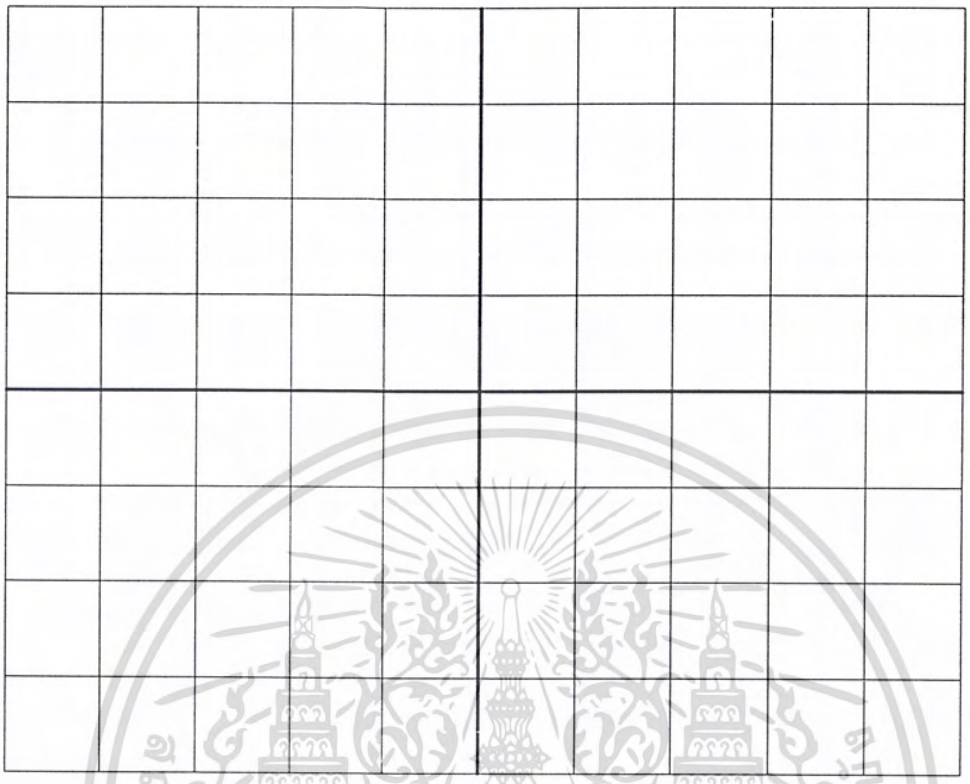
Io = ...A

6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่าของ

แรงดันที่เอาต์พุต Vo = ...V

ค่าเฉลี่ยกระแสที่โหลด Io = ...A

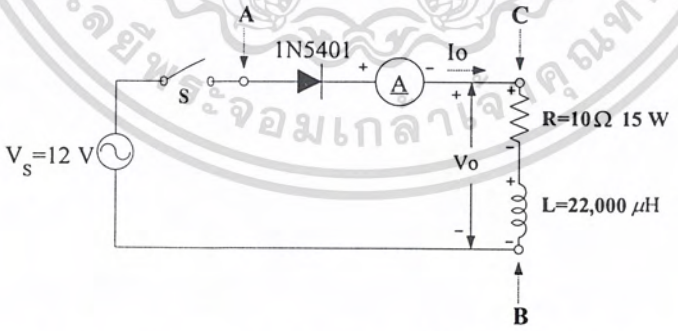
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.39 กราฟบันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่ 3.4

1. ต่อวงจรตามรูป ง.40



รูปที่ ง.40 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RL

2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert

2.2 แกน X= 5ms/CM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัด และบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด)ที่วัดได้

Vo = ...V

V_D = ...V

5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

Io = ...A

6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่าของ

ค่าเฉลี่ยของแรงดันที่เอาต์พุต (Vo) = ...V

ค่าเฉลี่ยกระแสที่เอาต์พุต (Io) = ...A

รูปที่ ง.41 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

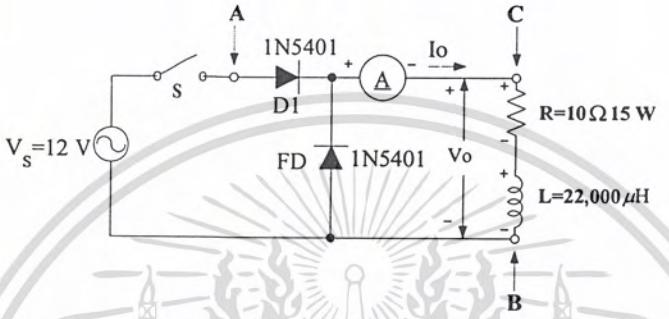
การทดลองที่ 3.5

1. ต่อวงจรตามรูป ง.42

2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

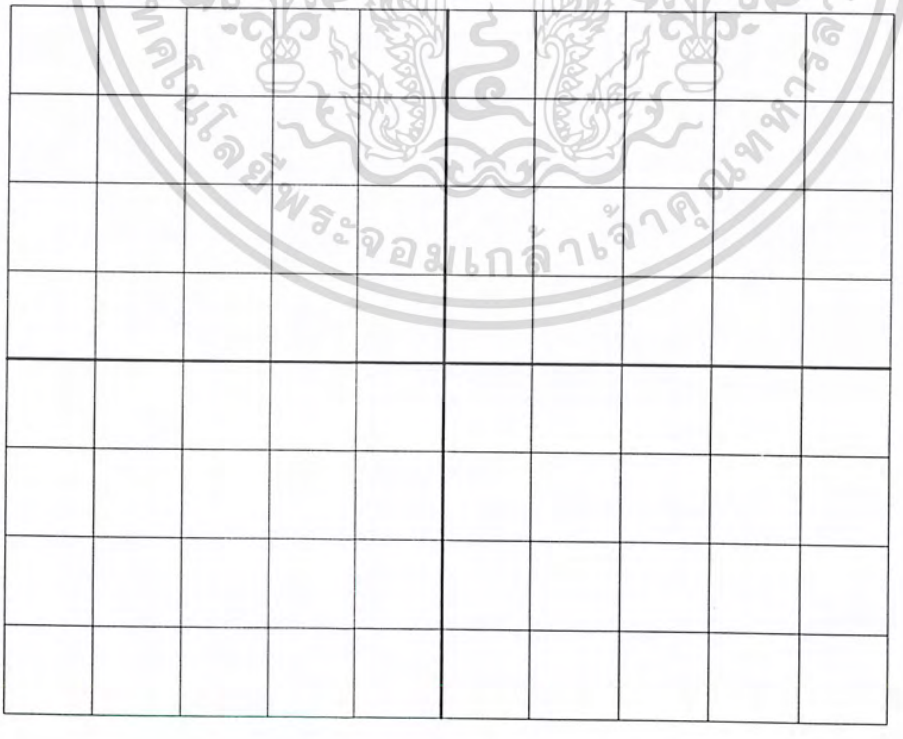
2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2== Invert

2.2. แกน X= 5ms/CM



รูปที่ ง.42 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RL แบบ Freewheeling Diodes

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.43 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด)ที่วัดได้

Vo = ...V

V_D = ...V

5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

Io = ...A

6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่าของ

ค่า rms แรงดันที่เอาต์พุต Vrms = ...V

ค่ากระแส rms มีค่า I_{rms} = ...A

คำถามท้ายการทดลอง

1. แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ความจุ 50 วัตต์ต่อชั่วโมง ต้องประจุกระแสอย่างต่อเนื่อง ที่อัตรา I_{dc} = 5 แอมป์ จากหม้อแปลงที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบ เป็น 2:1 ต่อเข้ากับไฟบ้านแรงดัน 120 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ จงหา

(ก) มุมนำกระแส δ ของไดโอด (δ อ่านว่า delta)

(ข) ตัวความต้านทานจำกัดกระแส R

(ค) อัตราการทนกำลังของตัวความต้านทาน P_R

(ง) แรงดันย้อนกลับสูงสุดของไดโอด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จงหาค่า V_{RRM} ที่เหมาะสมสำหรับไดโอดที่ใช้ในวงจรการทดลองที่ 3.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. คำนวณหาค่ากระแสทางด้านเอาต์พุตของวงจรทดลองที่ 3.4

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4

วงจรเรียงกระแสแบบ Single-phase Full-wave mid-point diode rectifier

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นเฟสเดียวด้วยไดโอดได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นเฟสเดียวด้วยไดโอดได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆตามการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นเฟสเดียวด้วยไดโอดได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

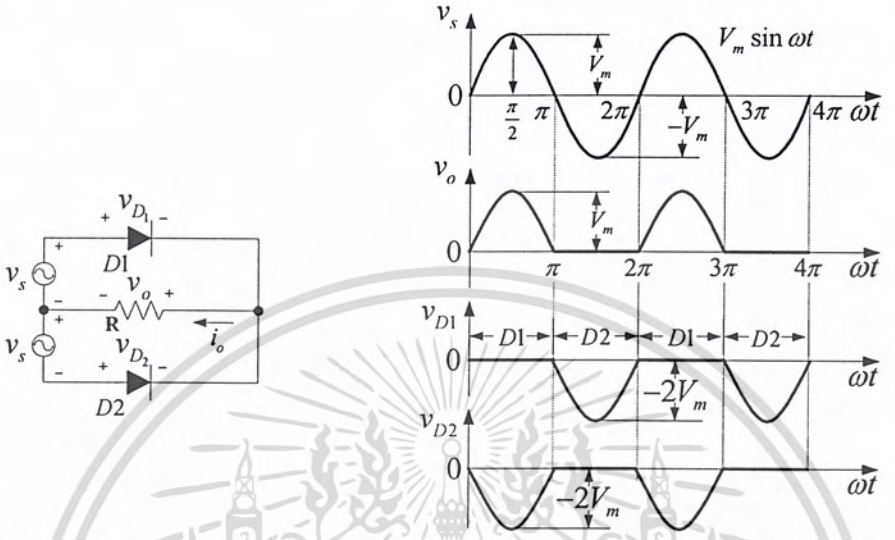
1. แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1เครื่อง

ทฤษฎี

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงสองขด (Center tapped transformer) ที่ใช้ไดโอด แสดงดังรูปที่ ง.44 (ก) เพื่อใ ห้พิจารณาง่ายขึ้น จึงสมมติให้อัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดหม้อแปลงทั้งสองข้างเป็น 1:1 เมื่อแรงดันที่จุด a เป็นบวก (เทียบกับจุด b) ไดโอด D_2 จะได้รับไบอัสกลับด้วยค่าแรงดัน $2V_S$ ในครึ่งคลื่นต่อไป D_1 จะได้รับแรงดันไบอัสกลับ $2V_S$ นี้เช่นกัน ดังนั้นในวงจรเรียงกระแสแบบนี้ แรงดัน PIV ของไดโอดจะมีค่าเป็น $2V_m$ รูปคลื่นในรูปที่ ง.44 (ข) แสดงให้เห็นว่า ในแต่ละรอบของแรงดันอินพุต จะปรากฏแรงดันเอาต์พุตจำนวน 2 พัลซ์ด้วยกัน ดังนั้นวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบนี้จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า single-phase two-pulse diode rectifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเนื่องจากไม่ปรากฏแรงดันกระแสตรงไหลในขดลวดของหม้อแปลง จึงไม่ทำให้เกิดการอิ่มตัวของแกนเหล็ก



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.44 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงสองขด

จากวงจรในรูปที่ ง.44 (ก) สามารถหาค่าต่างๆ ได้คือ

แรงดันเอาต์พุตเฉลี่ย

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_m \sin \omega t \; d\left(\omega t\right)$$

$$= \frac{V_m}{\pi}\left(-\cos \omega t\right)_0^{\pi} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$= 0.6366\, V_m$$

กระแสเอาต์พุตเฉลี่ย

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R}$$

ค่า *rms* ของแรงดันทางด้านเอาต์พุต

$$V_{or} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} {V_m}^2 \sin^2 \omega t d\left(\omega t\right)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = V_s$$

ค่า *rms* ของกระแสโหลด

$$I_{or} = \frac{V_s}{R}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังงานที่โหลดได้รับ

$$P_L = V_{or} . I_{or} = I^2_{or} . R$$

ค่าโวลต์แอมแปร์ของอินพุต

$$VA = V_s . I_{or}$$

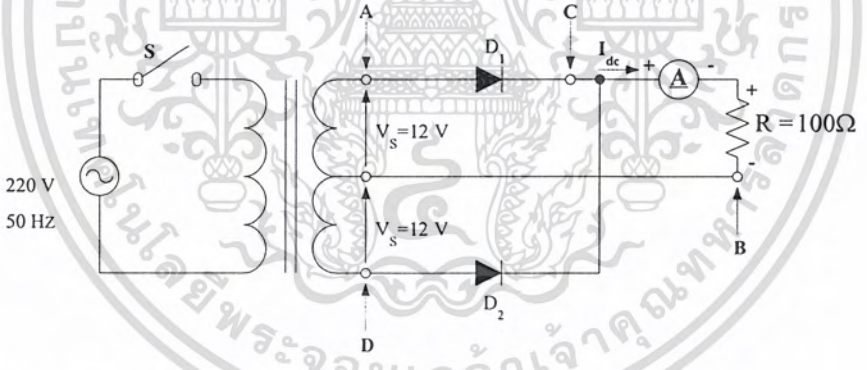
ค่า pf ของอินพุต

$$pf = \frac{V_{or} . I_{or}}{V_s . I_{or}} = 1$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 4.1

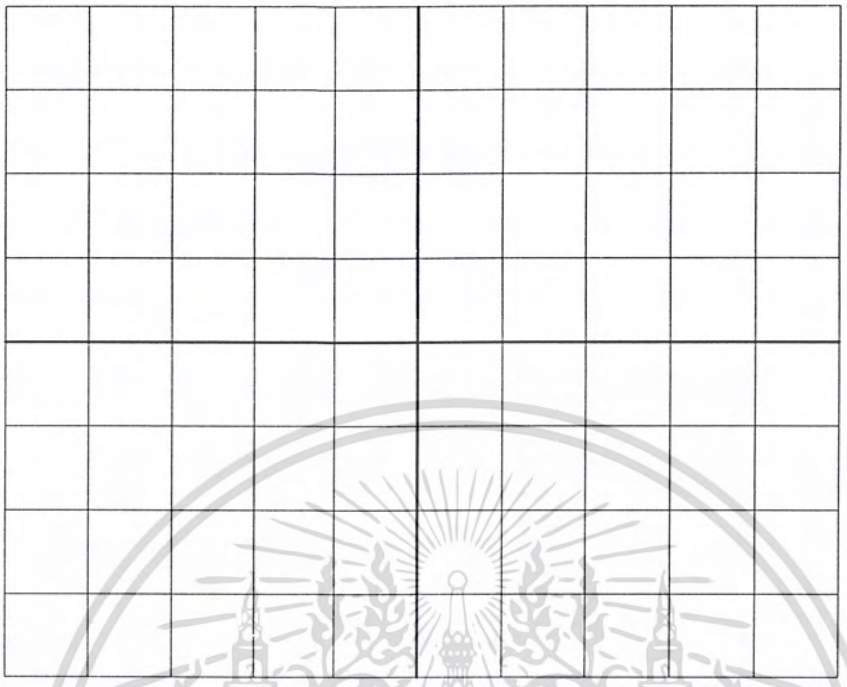
1. ต่อวงจรตามรูป ง.45
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert
   2.2 แกน X= 5ms/CM



รูปที่ ง.45 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงแท็ปกลาง

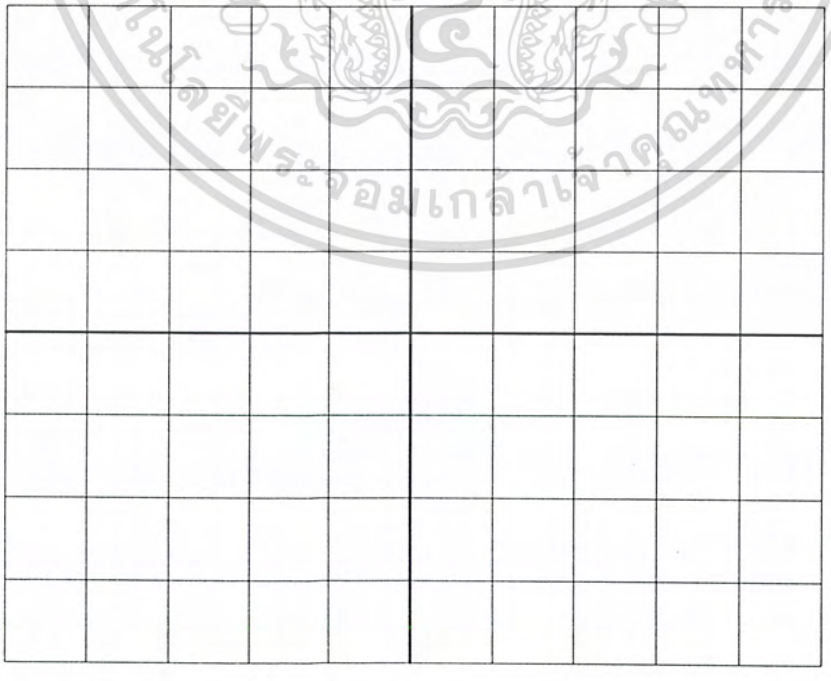
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



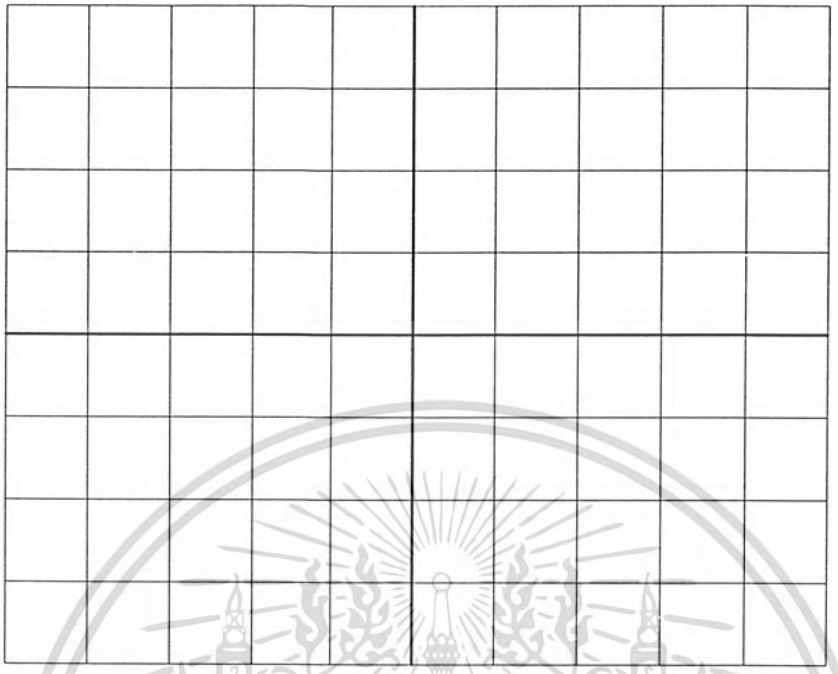
รูปที่ ง.46 กราฟบันทึกผลการทดลอง

4. ย้ายแชนแนล Y1 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 2 ที่จุด D และให้จุด C เป็นจุดดิน บันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.47 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.48 กราฟบันทึกผลการทดลอง

5. นำมัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแสไฟตรง Adc =10A

I_o= .....A

6. คำนวณหาค่าต่างๆดังนี้

กระแสเอาท์พุตเฉลี่ย I_o= .....A

แรงดันเอาท์พุตเฉลี่ย V_o = ...V

กำลังงานที่โหลดได้รับ P_L =.....W

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่า Vo และ Io ของวงจรทดลองและเปรียบเทียบค่าที่วัดได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จากการทดลอง อยากทราบว่าค่าแรงดัน PIV ของไดโอด D1 และ D2 ที่เกิดขึ้นในวงจรมีค่าเท่าไร แสดงวิธีการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงคำนวณหาค่า *form factor*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปและวิจารณ์การทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5

การทดลองวงจร Single-phase Full-wave circuit and Freewheeling diode

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายการทดลองวงจร Single-phase Full-wave circuit and Freewheeling diode ได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจร Single-phase Full-wave circuit and Freewheeling diode ได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆ การทดลองวงจร Single-phase Full-wave circuit and Freewheeling diode ได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

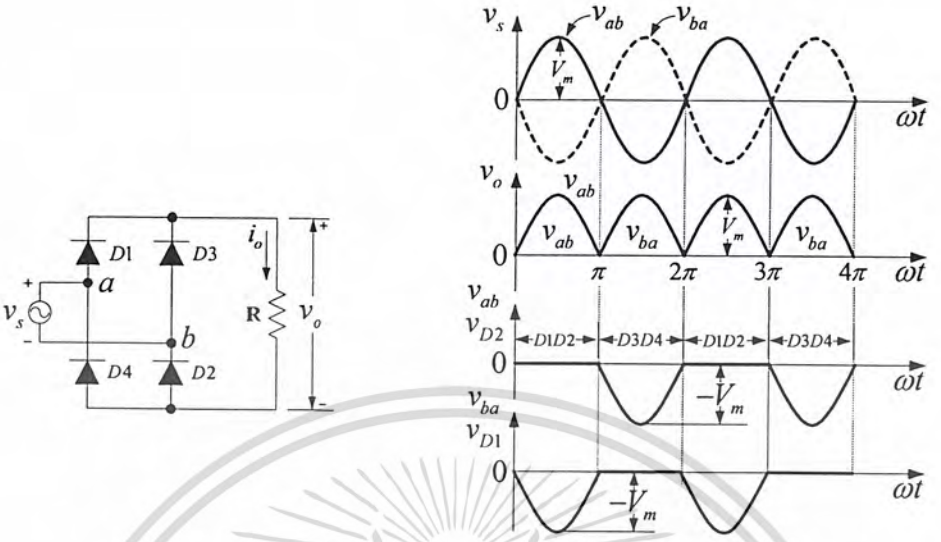
1.	แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2.	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3.	ดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4.	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1 เครื่อง

ทฤษฎี

1.วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ แสดงดังรูปที่ ง.49 (ก) เมื่อแรงดันที่จุด a เป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด b ไดโอด D_1 และ D_2 จะนำกระแสพร้อมกัน แรงดันเอาท์พุตที่ได้จะมีค่าเป็น v_{ab} ส่วนไดโอด D_3 และ D_4 ต่างก็ได้รับไบอัสกลับด้วยแรงดัน v_s เมื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายกลับทิศ ทำให้แรงดันที่จุด b เป็นบวกเมื่อเทียบกับ a ไดโอด D_1 และ D_2 จะได้รับไบอัสกลับ ส่วนไดโอด D_3 และ D_4 นำกระแสให้แรงดันเอาท์พุตเป็น v_{ba} รูปคลื่นทั้งหมดแสดงในรูปที่ ง.49(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.49 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ มีค่า *PIV* ของไดโอดแต่ละตัวเท่ากับ V_m ในขณะวงจรกระแสคลื่นเต็มแบบใช้หม้อแปลงสองขดจะมีค่า *PIV* ของไดโอดแต่ละตัวเท่ากับ $2V_m$ วงจรชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดหม้อแปลง นิยมใช้กันมาก

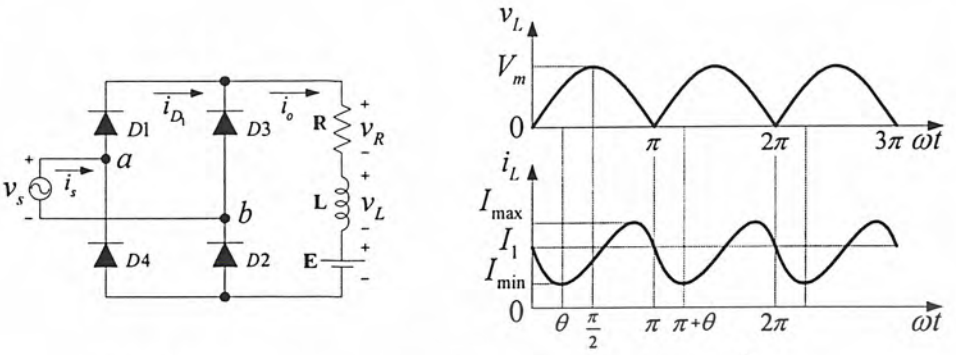
2.วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น ที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ

สำหรับวงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานบริสุทธิ์นั้น ในช่วงที่ไดโอดนำกระแสจะมีลักษณะรูปคลื่นทางเอาท์พุตที่เหมือนกลับทางอินพุต แต่ในงานอีเล็กทรอนิกส์กำลังส่วนใหญ่ มักมีโหลดเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ ซึ่งมีลักษณะของแรงดันและกระแสทางด้านเอาท์พุตที่ต่างออกไปขึ้นอยู่กับค่าของความต้านทาน R และโหลด L วงจรในรูปที่ ง.50 (ก) เป็นวงจรเรียงกระแสที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เป็นการยกตัวอย่างกรณีทั่วไปที่อธิบายได้ครบถ้วน จะมีการเพิ่มโหลดที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง E เข้ามาอีกด้วย

ถ้าหากแหล่งจ่ายมีค่าเป็น $v_s = V_m \sin \omega t = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$ แล้ว สามารถหากระแสของขดลวดเหนี่ยวนำ i_L ได้เป็น

$$L\frac{di_L}{dt} + Ri_L + E = \sqrt{2}V_s \sin \omega t$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.50 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น ที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ

และจะได้ค่า i_L ดังสมการ

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\omega t - \theta) + A_1 e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{E}{R} \qquad (5.1)$$

เมื่ออิมพิแดนซ์ของโหลดมีค่าเป็น $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ และสามารถหาค่ามุมของอิมพิแดนซ์ของโหลดได้จาก $\theta = \tan^{-1}(\omega L/R)$

เนื่องจากการนำของกระแสไดโอดในวงจรขึ้นอยู่กับค่าของ E ดังนั้นในวงจรเรียงกระแสแบบนี้ จึงมีลักษณะการนำกระแสของไดโอดใน 2 แบบ คือ

กรณีที่ 1 กระแสโหลดไหลอย่างต่อเนื่อง (continuous load current)

ค่าคงที่ A_1 ในสมการ (5.1) หาได้จากการกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น คือที่เวลา $\omega t = \pi$

กระแสโหลด $i_L = I_1$

$$A_1 = \left(I_1 + \frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_S}{Z}\sin\theta\right)e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} \qquad (5.2)$$

แทนสมการ (5.2) ลงในสมการ (5.1) จะได้

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\omega t - \theta) + \left(I_1 + \frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta\right)e^{\frac{R}{L}\bullet\left(\frac{\pi}{\omega} - t\right)} \qquad (5.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวงจรทำงานในสภาวะคงตัว $i_L(\omega t = 0)$ จะมีค่าเท่ากับ $i_L(\omega t = \pi)$ นั่นคือ เมื่อกำหนดค่าตามเงื่อนไข $i_L(\omega t = 0) = I_1$ จะได้ค่า I_1 เป็น

$$I_1 = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(-\theta) + \left[1 + \frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta\right]e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - \frac{E}{R}$$

$$= -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\theta) + I_1 e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} + \frac{E}{R}e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - \frac{E}{R}$$

$$I_1 - I_1 e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} = -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\theta)\left[1 + e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right] + \frac{E}{R}e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - \frac{E}{R}$$

$$I_1\left[1 - e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right] = -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\theta)\left[1 + e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right] - \frac{E}{R}\left[1 - e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]$$

$$I_1 = -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\theta)\frac{\left[1 + e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]}{\left[1 - e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]} - \frac{E}{R} \qquad (5.4)$$

คูณด้วย $e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}$ ทั้งบนและล่าง

$$I_1 = -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta\frac{e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\left[1 + e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]}{e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\left[1 - e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]} - \frac{E}{R}$$

$$= -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta\frac{\left[1 + e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]}{\left[e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - 1\right]} - \frac{E}{R}$$

$$I_1 = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta\frac{1 + e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}}{1 - e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}} - \frac{E}{R} \qquad \text{สำหรับ } I_1 \geq 0 \qquad (5.5)$$

เมื่อแทนสมการ (5.5) ลงใน (5.3) แล้ว จะได้

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\left[\sin(\omega t - \theta) + \frac{2}{1 + e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}}\sin\theta e^{-\frac{R}{L}t}\right] - \frac{E}{R} \qquad (5.6)$$

ที่เวลา $0 \leq \omega t \leq \pi$ และ $i_L > 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากระแส rms ของไดโอดจากสมการ (5.6) จะมีค่าตามสมการ

$$I_r = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} i_L^2 d(\omega t)} \tag{5.7}$$

และค่า rms ของเอาท์พุตสามารถหาได้จากการรวมกระแส rms ของไดโอดทั้งสองตัว คือ

$$\begin{aligned} I_{or} &= \sqrt{I_r^2 + I_r^2} \\ &= \sqrt{2} I_r \end{aligned} \tag{5.8}$$

ค่ากระแสเฉลี่ยของไดโอดแต่ละตัว สามารถหาได้จากสมการ (5.6) เช่นกัน คือ

$$I_d = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} i_L d(\omega t) \tag{5.9}$$

กรณีที่ 2 กระแสโหลดไหลอย่างไม่ต่อเนื่อง (discontinuous load current)

ในกรณีนี้กระโหลดจะไหลในช่วงเวลา $\alpha \le \omega t \le \beta$ เท่านั้น และที่เวลา $\omega t = \alpha$ ไดโอดจะเริ่มนำกระแสซึ่งสามารถหามุม α ได้จาก

$$\alpha = \sin^{-1}\frac{E}{V_m} \tag{5.10}$$

ที่ $\omega t = \alpha$ นั้น $i_L(\omega t) = 0$ สมการ (5.2) จะมีค่าเป็น

$$A_1 = \left[\frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\alpha - \theta)\right] e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} \tag{5.11}$$

หลังจากที่นำ (5.11) ไปแทนค่าลงใน(5.1)แล้ว จะได้กระแสโหลดเป็น

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\omega t - \theta) + \left(\frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\alpha - \theta)\right) e^{-\frac{R}{L}\bullet\left(\frac{\omega t - \alpha}{\omega}\right)} - \frac{E}{R} \tag{5.12}$$

ที่ $\omega t = \beta$ กระแสตกลงสู่ศูนย์ และ $i_L(\omega t = \beta) = 0$ นั่นคือ

$$\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\beta - \theta) + \left(\frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\alpha - \theta)\right) e^{-\frac{(R/L)(\alpha - \beta)}{\omega}} - \frac{E}{R} = 0$$

ค่าของ β สามารถหาได้จากการทดลองเปลี่ยนค่า β ในสมการ โดยเริ่มต้นจากการสมมติให้ $\beta = 0$ แล้วเพิ่มขึ้นทีละน้อย จนด้านซ้ายมือของสมการมีค่าเท่ากับศูนย์วิธีดังกล่าวเรียกว่า trial and error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแส rms ของไดโอดของสมการ (5.12) คือ

$$I_r = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} i_L^2 d(\omega t)} \qquad (5.13)$$

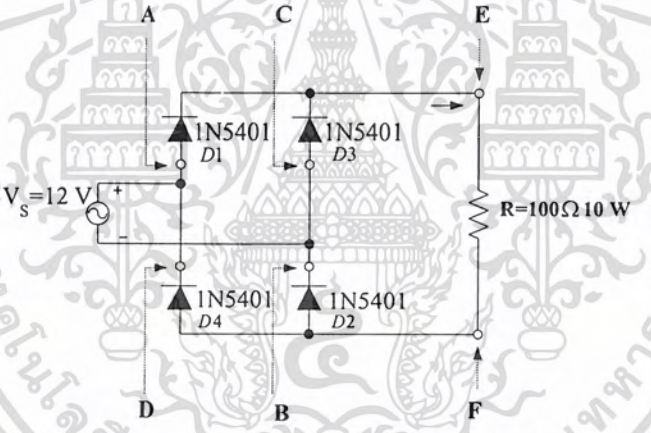
ค่ากระแสเฉลี่ยของไดโอด สามารถหาได้จากสมการ (5.12) เช่นกัน คือ

$$I_d = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\pi} i_L d(\omega t) \qquad (5.14)$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 5.1

1. ต่อวงจรตามรูป ง.51

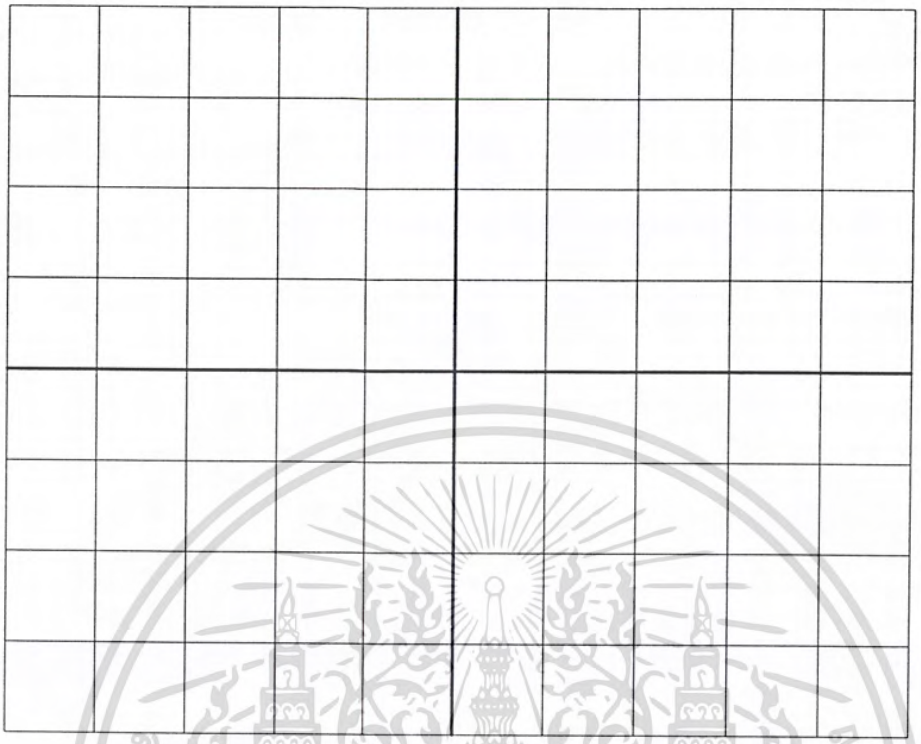


รูปที่ ง.51 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นที่มีโหลดเป็นความต้านทาน

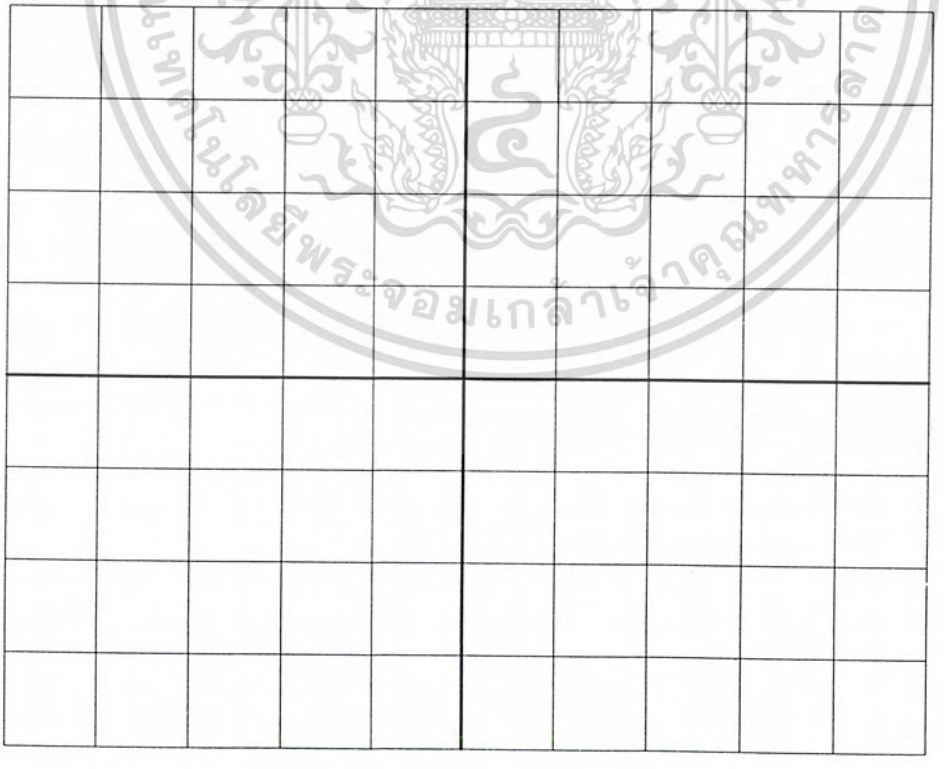
2. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด E เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมไดโอดตัวที่ 3 ที่จุด C วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

3. ย้ายแชนแนล Y1 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 4 ที่จุด D และย้ายแชนแนล Y2 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 2 ที่จุด B ให้จุด F เป็นจุดดิน วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



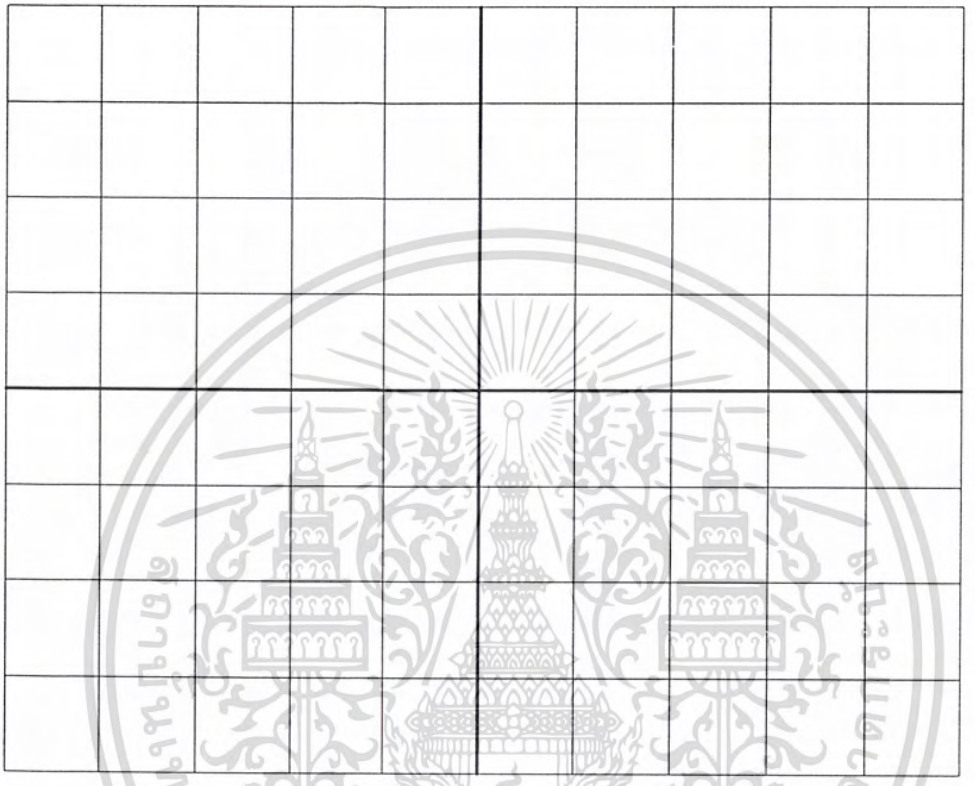
รูปที่ ง.52 กราฟบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ ง.53 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ย้ายแชนแนล Y1 มาวัดแรงดันตกคร่อมโหลดที่จุด E โดยให้จุด F เป็นจุดดิน วัดและบันทึกค่าแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.54 กราฟบันทึกผลการทดลอง

5. บันทึกค่าแรงดันตกคร่อมที่โหลด

(Vo) = ...V

6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่า

แรงดันเฉลี่ยเอาต์พุต(Vo) = ...V

กระแสเฉลี่ยเอาต์พุต(Io) = ...A

กำลังงานที่โหลด *Po* = ...W

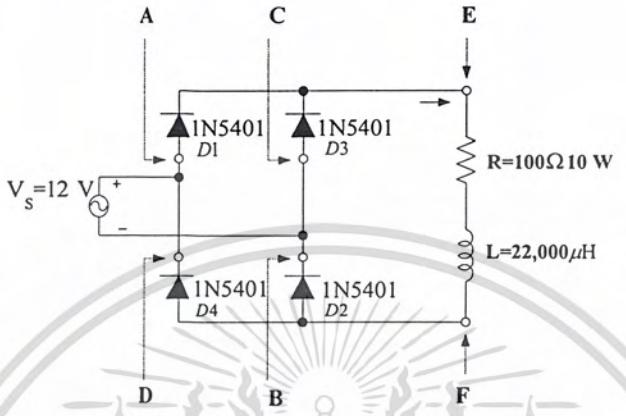
กำลังงานอินพุต *Ps* = ...W

ค่า *pf* ของแหล่งจ่าย = ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

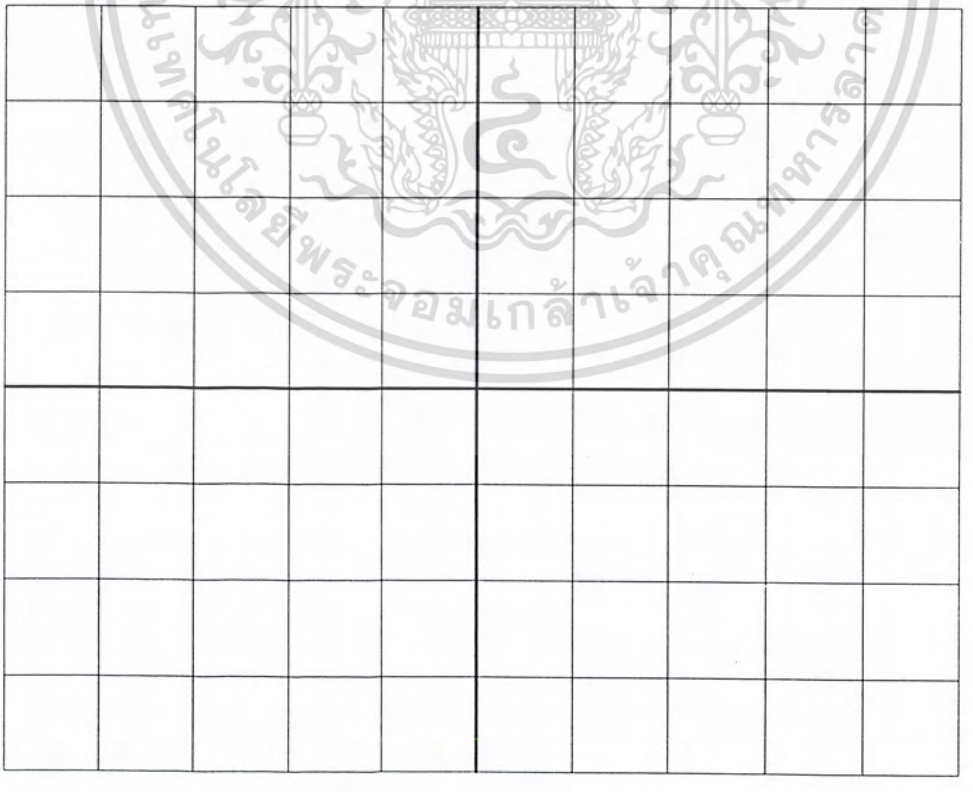
การทดลองที่ 5.2

1. ต่อวงจรตามรูป ง.55



รูปที่ ง.55 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นโหลด RL

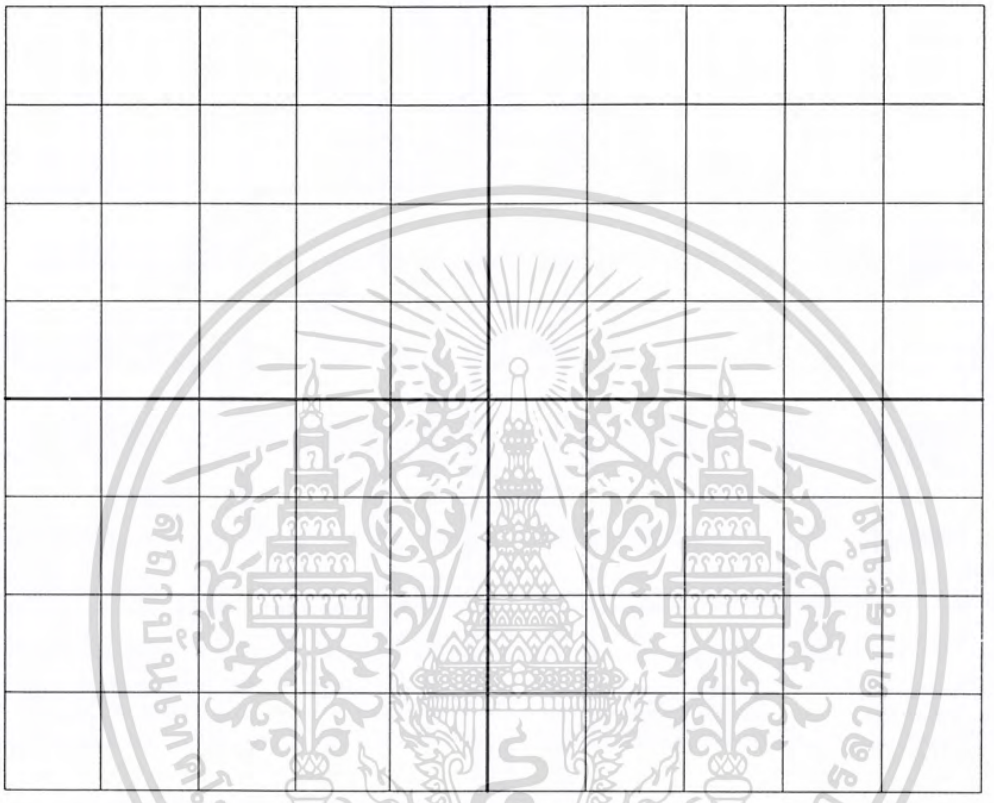
2. ต่อออสซิลโลสโคปแชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด E เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมไดโอดตัวที่ 3 ที่จุด C วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.56 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ย้ายแชนแนล Y1 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 4 ที่จุด D และย้ายแชนแนล Y2 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 2 ที่จุด B ให้จุด F เป็นจุดดิน วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ ง.57 กราฟบันทึกผลการทดลอง

4. ย้ายแชนแนล Y1 มาวัดแรงดันตกคร่อมโหลดที่จุด E โดยให้จุด F เป็นจุดดิน วัดและบันทึกค่าแรงดันลงในกราฟ

5. บันทึกค่าแรงดันตกคร่อมที่โหลด

(Vo) = ...V

6.ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่า

แรงดันเฉลี่ยเอาต์พุต(Vo) = ...V

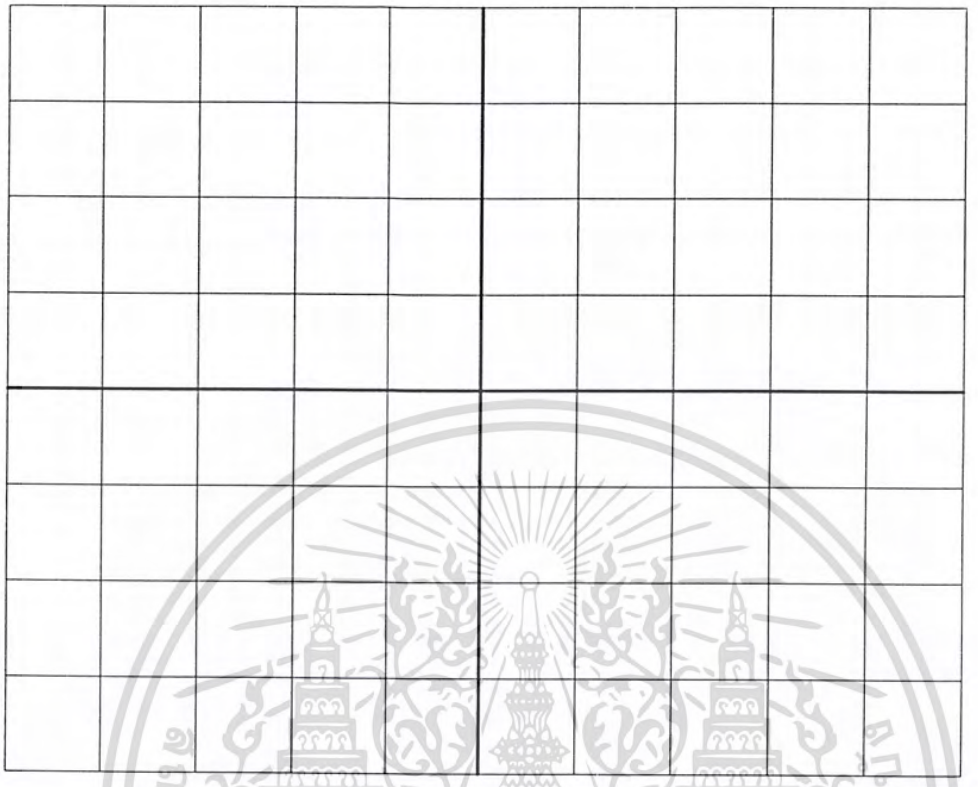
กระแสเฉลี่ยเอาต์พุต(Io) = ...A

กำลังงานที่โหลด *Po* = ...W

กำลังงานอินพุต *Ps* = ...W

ค่า *pf* ของแหล่งจ่าย = ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.58 กราฟบันทึกผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. อธิบายการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ที่ทดลองได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่า กระแสเอาต์พุตเฉลี่ยและ ค่าแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ย ของวงจรการทดลองที่ 5.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงคำนวณหาค่าตัวประกอบความพลิ้ว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปและวิจารณ์การทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6

วงจรเรียงกระแสแบบ Three-phase Full-wave Bridge rectifier Circuit แบบสตาร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆตามการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย ทั้งต่อเครื่องมืออุปกรณ์ และโดยเฉพาะตัวนักศึกษาเอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

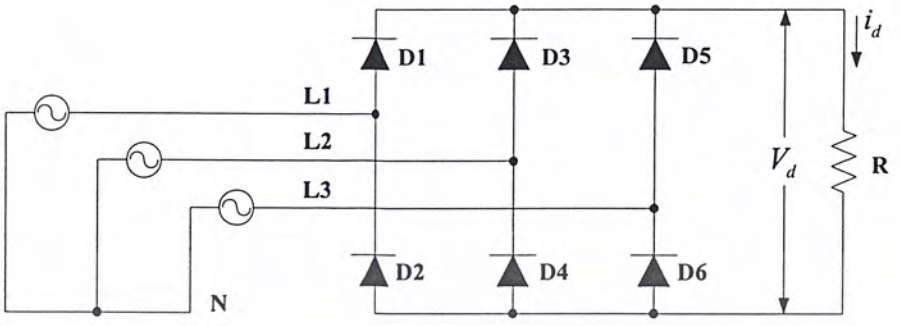
1.	แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2.	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3.	ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4.	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1 เครื่อง

ทฤษฎี

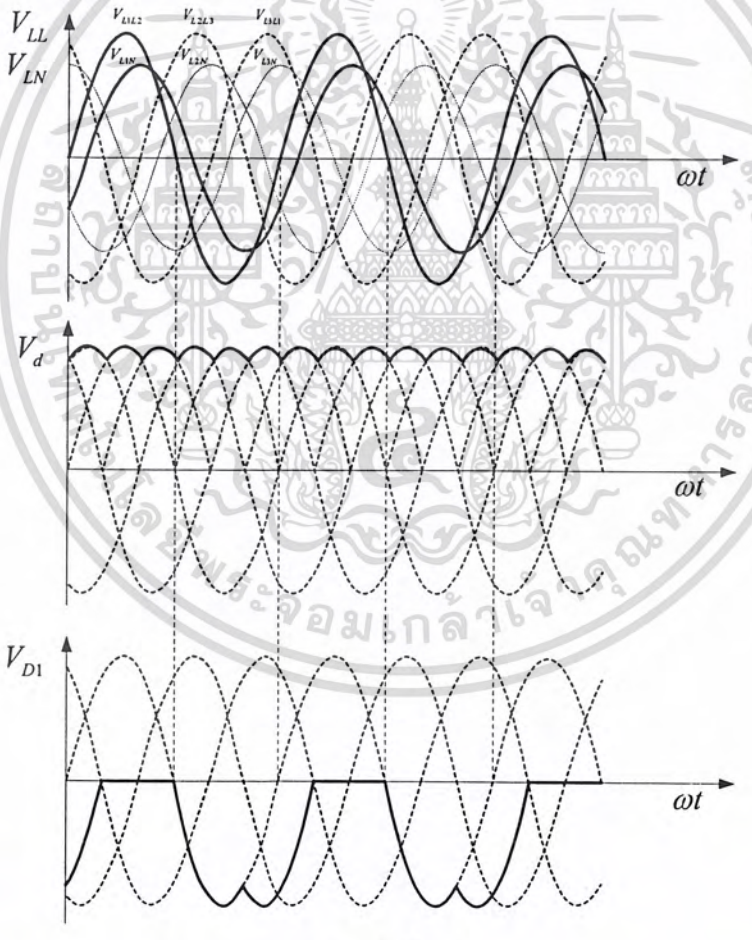
วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส (Three Phase Bridge Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส แสดงในรูปที่ ง.59 ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบสตาร์สามเฟสหรือแบบครึ่งคลื่นสามเฟสสองชุด กระแสจะไหลผ่านโหลดจากวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดบนและไหลกลับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับ ผ่านวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดล่าง จึงทำให้กระแสที่ไหลในแหล่งทีจ่ายไฟฟ้ามีทั้งช่วงบวกและช่วงลบ หรือเต็มคลื่น (Full Wave)วงจรนี้จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นสามเฟส (Three Phase Full Wave Bridge Rectifier Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



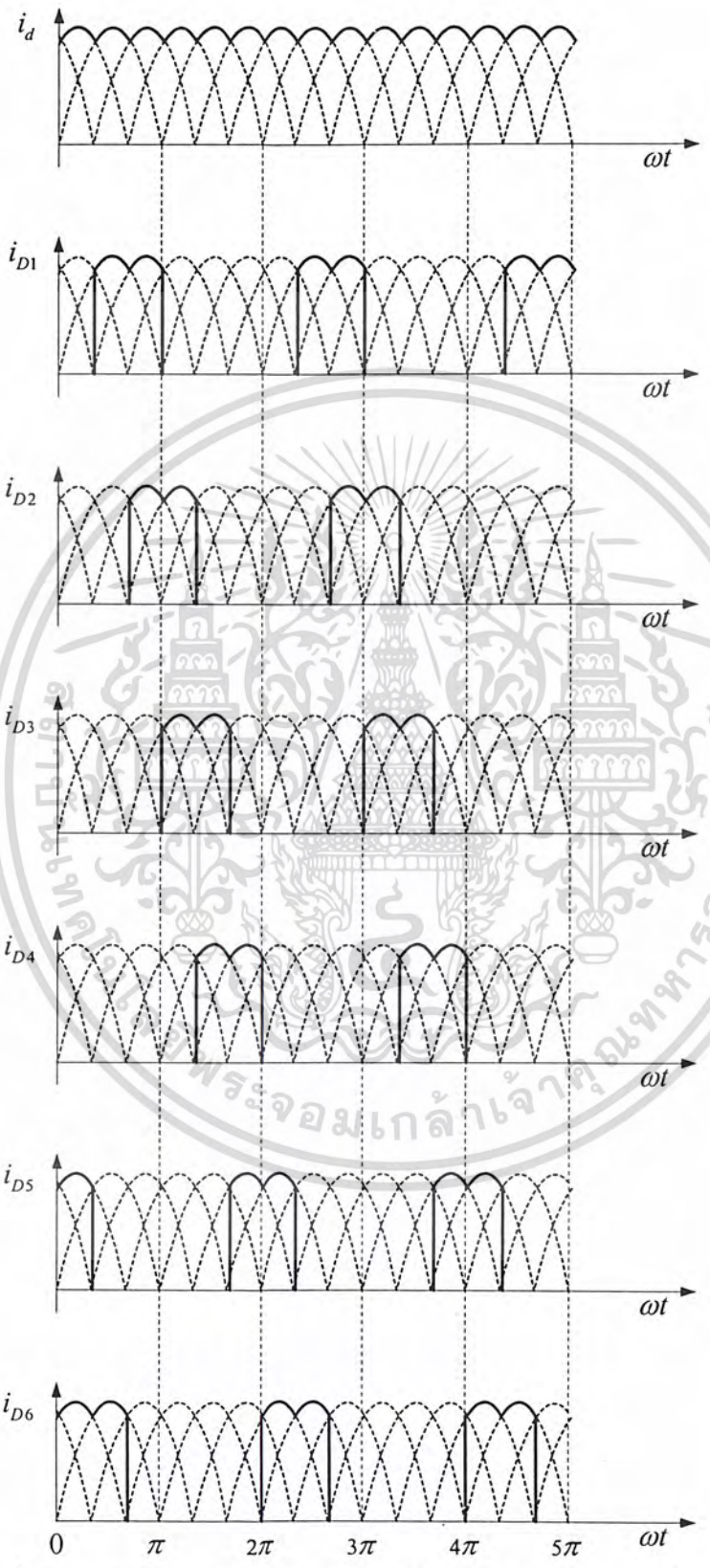
(ก) รูปวงจร



(ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.59 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.60 กระแสโหลดและกระแสไหลผ่านไดโอดของวงจรรูปที่ ง.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ง.59 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกับโหลดตัวต้านทาน สวิตช์กำลังใช้ไดโอดหกตัว การทำงานของไดโอดจะนำกระแสเมื่อไบอัสไปหน้าสูงสุด เพียงสองตัวเท่านั้น เช่น ไดโอด D1 และ D4 จะได้รับแรงดันไปหน้าพร้อมกันจากแรงดัน V_{L1L2} การนำกระแสของไดโอดอธิบายเริ่มจาก $\omega t = 60^{\circ}$ (เมื่อเทียบกับ V_{L1L2}) ไดโอด D1 ได้รับแรงดันไปหน้าสูงสุด พร้อมกับไดโอด D4 เมื่อไดโอด D1 เริ่มนำกระแสแล้ว ทำให้แรงดันค่าบวกของเฟส L1 ต่อกับขั้วแคโทด ของไดโอด D3 และ D5 ทำให้ไดโอดทั้งสองตัวได้รับไบอัสย้อนกลับและไม่นำกระแส ขณะนี้กระแสจะไหลจากเฟส L1 ผ่านไดโอด D1 ผ่านไดโอด D4 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L2 ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L1L2} จนถึง$\omega t = 120^{\circ}$ ไดโอด D4 จะหยุดนำกระแสเนื่องจากได้รับแรงดันย้อนกลับจากเฟส L3-L2 ซึ่ง $\omega t > 120^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L2N} มีค่าเป็นลบสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D6 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L1 ผ่านไดโอด D6 ผ่านโหลดแล้วกลับเข้าเฟส L3 ขณะนี้โหลดจะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L1L3}

จนถึง $\omega t = 180^{\circ}$ ไดโอด D3 จะนำกระแสแทนไดโอด D1 เนื่องจาก D3 ได้รับไบอัสไปหน้าจากเฟส L2-L3 ซึ่ง $\omega t > 180^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L2N} มีค่าเป็นบวกสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D3 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L2 ผ่านไดโอด D3 ผ่านไดโอด D6 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L3 ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้โหลด มีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L2L3} จนถึง $\omega t = 240^{\circ}$ ไดโอด D6 จะหยุดนำกระแสเนื่องจากได้รับแรงดันย้อนกลับจากเฟส L1-L2 ซึ่ง $\omega t > 240^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L1N} มีค่าเป็นลบสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D2 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L2 ผ่านไดโอด D3 ผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L1 ทำให้โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L2L1}

จนถึง $\omega t = 300^{\circ}$ ไดโอด D5 จะนำกระแสแทนไดโอด D3 เนื่องจาก D5 ได้รับไบอัสไปหน้าจากเฟส L3-L1 ซึ่ง $\omega t > 300^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L3N} มีค่าเป็นบวกสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D5 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L3 ผ่านไดโอด D5 ผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L1 โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L3L1} จนถึง $\omega t = 360^{\circ}$ ไดโอด D2 จะหยุดนำกระแส และ D4 จะนำกระแสแทน จนถึง $\omega t = 60^{\circ}$ ไดโอด D1 จะนำกระแสแทน D5 ไปจนถึง $\omega t = 60^{\circ}$ และต่อไปจะกลับมาเริ่มต้นในรอบการทำงานใหม่เหมือนเดิมอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยแรงดันเอาต์พุต (Average Value of DC Voltage : V_d ,$V_{d(AV)}$

$$V_d = \frac{6}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}\sqrt{2}V_{LL}\sin\omega t d\,\omega t$$

$$= \frac{6\sqrt{2}V_{LL}}{2\pi}\left[-\cos\omega t\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}$$

$$= \frac{6\sqrt{2}V_{LL}}{2\pi}\left[-\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right)+\cos\left(\frac{\pi}{3}\right)\right]$$

$$= \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi}\left[\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\right]$$

$$V_d = \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi} = 0.955\left(\sqrt{2}V_{LL}\right) \qquad (6.1)$$

$$V_d = 1.35\ \ V_{LL}$$

$$V_{LL} = 0.74\ \ V_d \qquad (6.2)$$

ค่าอาร์เอ็มเอสแรงดันเอาท์พุต (RMS Value of DC Voltage : $V_{d(RMS)}$)

$$V_{d\,(RMS)} = \sqrt{\frac{6}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2\sin^2\omega t d\,\omega t}$$

$$V_{d\,(RMS)} = \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[-\frac{1}{2}\sin\omega t\cos\omega t+\frac{\omega t}{2}\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[-\frac{1}{2}\sin\frac{2\pi}{3}\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right)+\frac{2\pi}{6}+\frac{1}{2}\sin\frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi}{3}-\frac{\pi}{6}\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[\frac{\sqrt{3}}{8}+\frac{\pi}{6}+\frac{\sqrt{3}}{8}\right]}$$

$$V_{d\,(RMS)} = 0.955\left(\sqrt{2}V_{LL}\right) \qquad (6.3)$$

$$V_{d\,(RMS)} = 1.35V_{LL}$$

$$V_{d\,(RMS)} = 1.001V_d \qquad (6.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยกระแสเอาต์พุต (Average Value of DC Current : I_d,$I_{d(AV)}$)

รูปคลื่นของกระแสสำหรับโหลดตัวต้านทานจะมีรูปร่างเช่นเดียวกับรูปคลื่นของแรงดัน ค่าเฉลี่ยของกระแสที่ได้จากสมการคือ

$$I_d = \frac{V_d}{R} \tag{6.5}$$

ค่าอาร์เอ็มเอสกระแสเอาต์พุต (RMS Value of DC Current : $I_{d(RMS)}$)

$$I_{d\,(RMS)} = \frac{V_{d\,(RMS)}}{R}$$

$$= 1.001\, I_{d\,(AV)} \tag{6.6}$$

ค่าตัวประกอบรูปแบบ (Form Factor : FF)

$$FF = \frac{V_{d\,(RMS)}}{V_d}$$

$$FF = 1.001$$

ค่าตัวประกอบความพลิ้ว (Ripple Factor : RF)

$$RF = \frac{V_{ripple}}{V_d} = \frac{\sqrt{V_{(dRMS)}^{\,2} - V_d^{\,2}}}{V_d}$$

$$= \frac{\sqrt{\left(0.95577\sqrt{2}V_{LL}\right)^2 - \left(0.95493\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}}{\left(0.95493\sqrt{2}V_{LL}\right)}$$

$$= \frac{\sqrt{(0.95577)^2 - (0.95493)^2}}{(0.95493)}$$

$$RF = 0.042\,(4.2\%)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง (I)

กรณีที่ต่อหม้อแปลงเฟสเดียวเป็นสามเฟสแบบเดลต้า-สตาร์ (Delta-Star) พิจารณาค่ากระแสโดยสมมุติว่ากระแสไหลต่อเนื่องและเรียบมาก

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\left[(I_d)^2\frac{2\pi}{3} + \left(-(I_d)^2\frac{2\pi}{3}\right)\right]}$$

$$= 0.816 I_d \qquad (6.7)$$

ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง (I_S)

กระแสไหลแต่ละเฟสด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง (I_P,I_{P1})

$$I_{p1} = I = 0.816 I_d \qquad (6.8)$$

กระแสไหลแต่ละสายด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง (I_s,I_{s1})

$$I_{S1} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\left[(I_d)^2\frac{\pi}{3} + \left(-(2I_d)^2\frac{\pi}{3}\right)\right]}$$

$$= 1.414 I_d \qquad (6.9)$$

ค่ากำลังไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Output)

$$P_d = V_d I_d$$

ค่าพิกัดกำลังหม้อแปลงทางด้านทุติยภูมิ (Secondary VA Rating)

$$S_2 = 1.732 V_{LL} I$$

$$= 1.732 \times (0.74 V_d) \times (0.816 I_d)$$

$$= 1.05 V_d I_d$$

$$S_2 = 1.05 P_d \qquad (6.10)$$

ค่าพิกัดกำลังหม้อแปลงทางด้านปฐมภูมิ (Primary VA Rating)

$$S_2 = 1.732 V_{LL} I_p$$

$$= 1.732 \times (0.74 V_d) \times (0.816 I_d)$$

$$= 1.05 V_d I_d \qquad (6.11)$$

ค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (Utillization factor : UF)

$$UF = P_d / S_T \quad ; (S_T = S_1 = S_2)$$

$$= P_d / 1.05 P_d$$

$$UF = 0.952 (95.2\%)$$

ค่ายอดซ้ำแรงดันย้อนกลับของไดโอด (V_{RRM})

$$VRRM = 1.414 V_{LL}$$

$$VRRM = 1.05 V_d \qquad (6.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากระแสเฉลี่ยของไดโอด (Average Forward Current :I_{FAV})

$$I_{FAV} = 0.33 I_d \tag{6.13}$$

ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสไดโอด (RMS Forward Current :I_{FRMS})

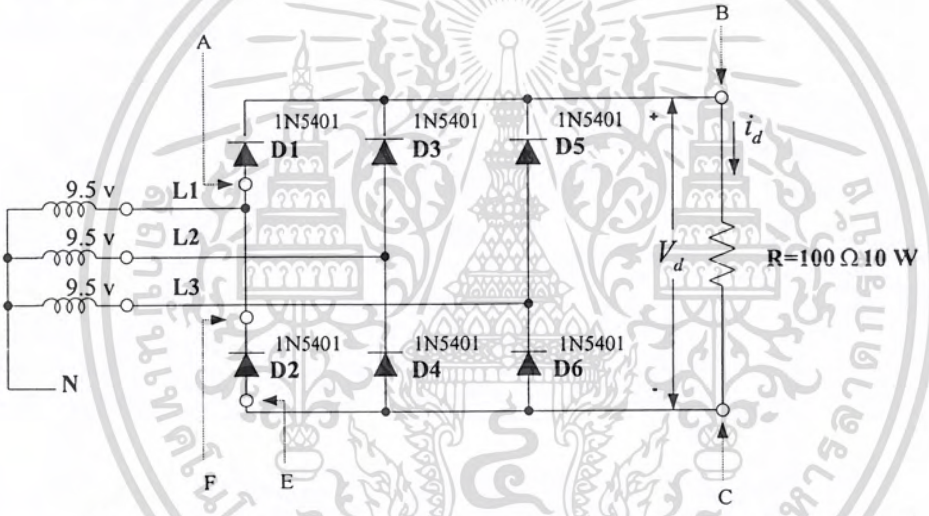
$$3I_{FRMS}^2 R = 3I_{d(RMS)}^2 R$$

$$I_{FRMS} = 0.577 I_d \tag{6.14}$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลอง 6.1

1. ต่อวงจรตามรูป ง.61



รูปที่ ง.61 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟสต่อแบบสตาร์

2. ตั้งออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1 = Y2 = 5V/cm และ Y2 = Invert

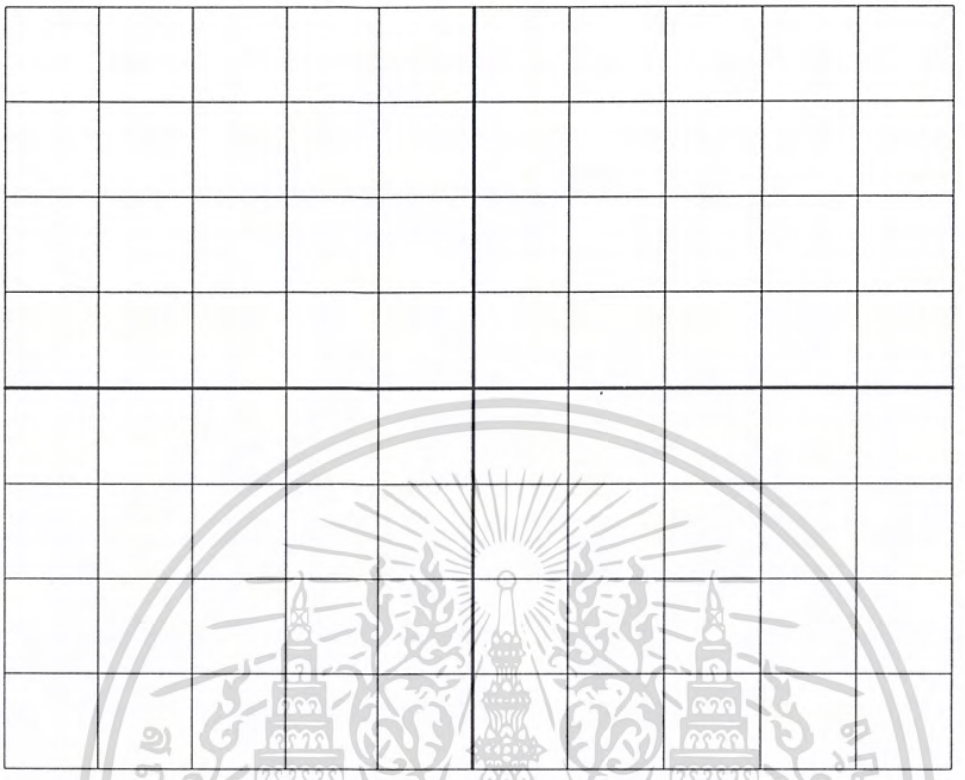
2.2 แกน X = 5ms/cm

3. ใช้แชนแนล Y1 วัดค่าแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 โดยต่อที่จุด A และให้จุด B เป็นจุดดิน และต่อแชนแนล Y2 ต่อกับจุด C วัดรูปคลื่นแรงดันและบันทึกรูปคลื่นลงในกราฟ

4. จากตารางกราฟอ่านค่า V_{RRM} =.....V

Vo =.....V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.62 กราฟบันทึกผลการทดลอง

5. ปลดทั้งสองแชนแนลเอาแชนแนลใดแชนแนลหนึ่งมาวัดแรงดันตกคร่อมไดโอด โดยต่อที่ E และต่อจุดดินที่จุด F วัดแรงดันและบันทึกผลลงในกราฟ

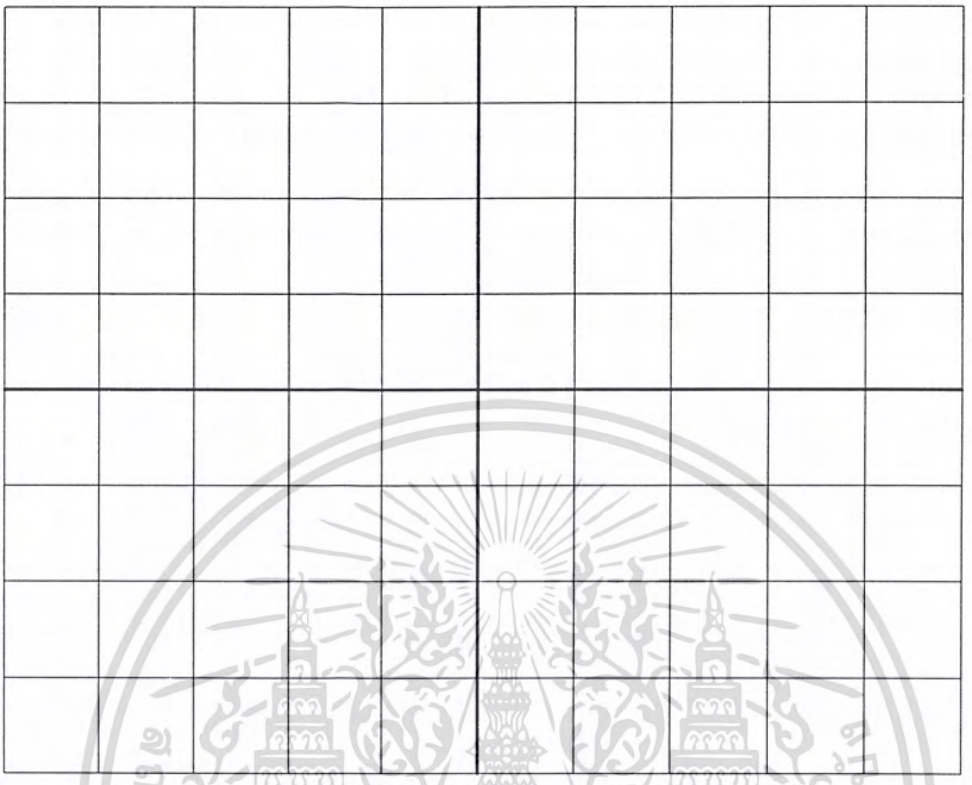
6. คำนวณค่าต่อไปนี้

กระแสเฉลี่ยที่ไดโอด I_{FAV}=.....A

กระแส rms ของไดโอด I_{Frms} = ...A

กำลังงานของโหลด Pd =.....W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.63 กราฟบันทึกผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. อธิบายการทำงานของการเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่า V_d และ Id

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากการทดลองจงหาค่าต่อไปนี้

จำนวนพัลส์ของแรงดันเอาต์พุต (p) = ...พัลส์

ค่าความถี่ของพัลส์แต่ละพัลส์ (f) = ...เฮริตซ์

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7

วงจรเรียงกระแสแบบ Three-phase Full-wave Bridge rectifier Circuit แบบเดลต้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆตามการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

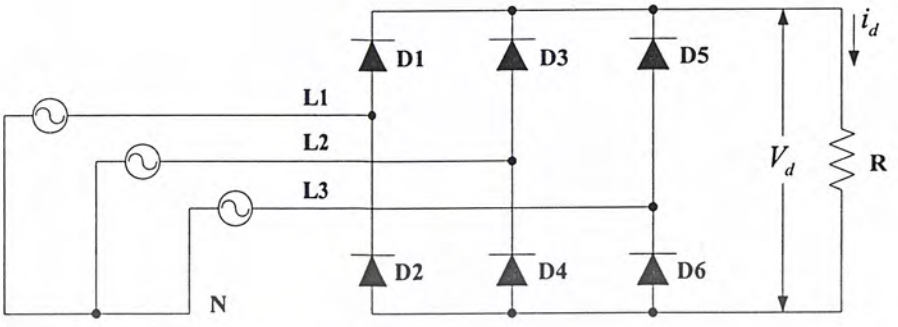
1.	แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2.	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3.	ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4.	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1 เครื่อง

ทฤษฎี

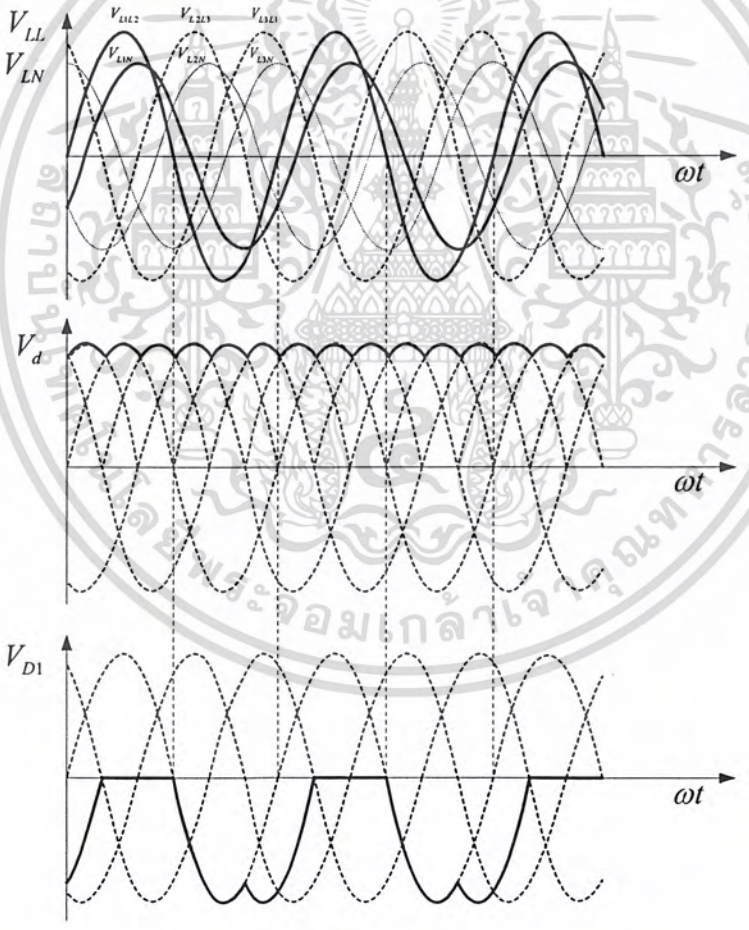
วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส (Three Phase Bridge Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส แสดงในรูปที่ ง.64 ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบสตาร์สามเฟสหรือแบบครึ่งคลื่นสามเฟสสองชุด กระแสจะไหลผ่านโหลดจากวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดบนและไหลกลับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับ ผ่านวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดล่าง จึงทำให้กระแสที่ไหลในแหล่งทีจ่ายไฟฟ้ามีทั้งช่วงบวกและช่วงลบ หรือเต็มคลื่น (Full Wave)วงจรนี้จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นสามเฟส (Three Phase Full Wave Bridge Rectifier Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



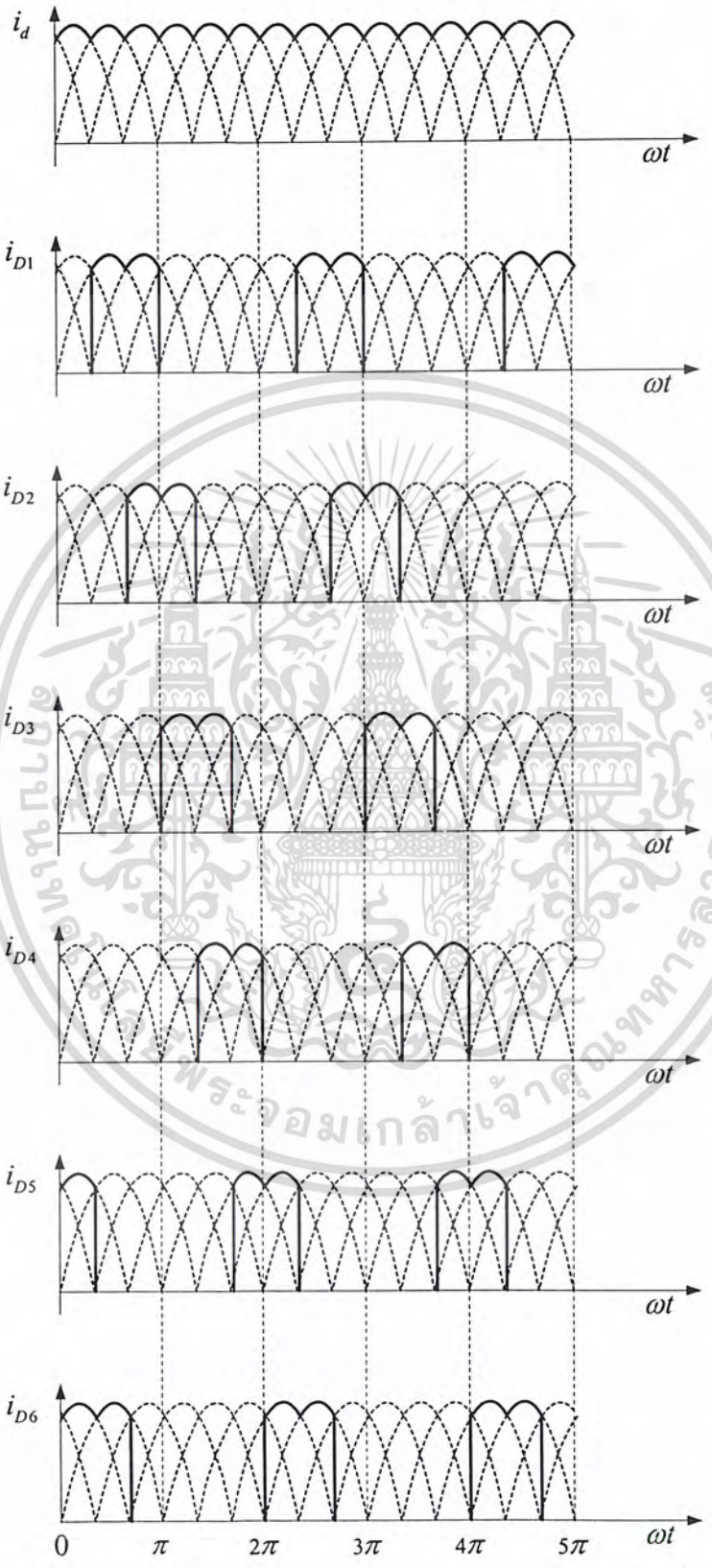
(ก) รูปวงจร



(ข) รูปคลื่น

รูปที่ ง.64 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.65 กระแสโหลดและกระแสไหลผ่านไดโอดของวงจรรูปที่ ง.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ง.64 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกับโหลดตัวต้านทาน สวิตช์กำลังใช้ไดโอดหกตัว การทำงานของไดโอดจะนำกระแสเมื่อไบอัสไปหน้าสูงสุด เพียงสองตัวเท่านั้น เช่น ไดโอด D1 และ D4 จะได้รับแรงดันไปหน้าพร้อมกันจากแรงดัน V_{L1L2} การนำกระแสของไดโอดอธิบายเริ่มจาก $\omega t = 60^{\circ}$ (เมื่อเทียบกับ V_{L1L2}) ไดโอด D1 ได้รับแรงดันไปหน้าสูงสุด พร้อมกับไดโอด D4 เมื่อไดโอด D1 เริ่มนำกระแสแล้ว ทำให้แรงดันค่าบวกของเฟส L1 ต่อกับขั้วแคโทด ของไดโอด D3 และ D5 ทำให้ไดโอดทั้งสองตัวได้รับไบอัสย้อนกลับและไม่นำกระแส ขณะนี้กระแสจะไหลจากเฟส L1 ผ่านไดโอด D1 ผ่านไดโอด D4 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L2 ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L1L2} จนถึง $\omega t = 120^{\circ}$ ไดโอด D4 จะหยุดนำกระแสเนื่องจากได้รับแรงดันย้อนกลับจากเฟส L3-L2 ซึ่ง $\omega t > 120^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L2N} มีค่าเป็นลบสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D6 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L1 ผ่านไดโอด D6 ผ่านโหลดแล้วกลับเข้าเฟส L3 ขณะนี้โหลดจะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L1L3}

จนถึง $\omega t = 180^{\circ}$ ไดโอด D3 จะนำกระแสแทนไดโอด D1 เนื่องจาก D3 ได้รับไบอัสไปหน้าจากเฟส L2-L3 ซึ่ง $\omega t > 180^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L2N} มีค่าเป็นบวกสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D3 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L2 ผ่านไดโอด D3 ผ่านไดโอด D6 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L3 ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้โหลด มีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L2L3} จนถึง $\omega t = 240^{\circ}$ ไดโอด D6 จะหยุดนำกระแสเนื่องจากได้รับแรงดันย้อนกลับจากเฟส L1-L2 ซึ่ง $\omega t > 240^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L1N} มีค่าเป็นลบสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D2 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L2 ผ่านไดโอด D3 ผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L1 ทำให้โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L2L1}

จนถึง $\omega t = 300^{\circ}$ ไดโอด D5 จะนำกระแสแทนไดโอด D3 เนื่องจาก D5 ได้รับไบอัสไปหน้าจากเฟส L3-L1 ซึ่ง $\omega t > 300^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L3N} มีค่าเป็นบวกสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D5 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L3 ผ่านไดโอด D5 ผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L1 โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L3L1} จนถึง $\omega t = 360^{\circ}$ ไดโอด D2 จะหยุดนำกระแส และ D4 จะนำกระแสแทน จนถึง $\omega t = 60^{\circ}$ ไดโอด D1 จะนำกระแสแทน D5 ไปจนถึง $\omega t = 60^{\circ}$ และต่อไปจะกลับมาเริ่มต้นในรอบการทำงานใหม่เหมือนเดิมอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ช่วงการนำกระแสของไดโอดแต่ละตัวกับโหลดตัวต้านทาน

ไดโอด	ช่วงนำกระแส
D1	60°- 180°
D3	180°- 300°
D5	300°- 420°
D2	240°- 360°
D4	360°- 120°
D6	120°- 240°

ค่าเฉลี่ยแรงดันเอาต์พุต (Average Value of DC Voltage : V_d,$V_{d(AV)}$

$$V_d = \frac{6}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} \sqrt{2}V_{LL}\sin\omega t d\,\omega t$$

$$= \frac{6\sqrt{2}V_{LL}}{2\pi}\left[-\cos\omega t\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}$$

$$= \frac{6\sqrt{2}V_{LL}}{2\pi}\left[-\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right)+\cos\left(\frac{\pi}{3}\right)\right]$$

$$= \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi}\left[\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\right]$$

$$V_d = \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi} = 0.955\left(\sqrt{2}V_{LL}\right) \qquad (7.1)$$

$$V_d = 1.35\ V_{LL}$$

$$V_{LL} = 0.74\ V_d \qquad (7.2)$$

ค่าอาร์เอ็มเอสแรงดันเอาท์พุต (RMS Value of DC Voltage : $V_{d(RMS)}$)

$$V_{d\,(RMS)} = \sqrt{\frac{6}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2\sin^2\omega t d\,\omega t}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{d\,(RMS)} = \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[-\frac{1}{2}\sin\omega t\,\cos\omega t + \frac{\omega t}{2}\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[-\frac{1}{2}\sin\frac{2\pi}{3}\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) + \frac{2\pi}{6} + \frac{1}{2}\sin\frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6}\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[\frac{\sqrt{3}}{8} + \frac{\pi}{6} + \frac{\sqrt{3}}{8}\right]}$$

$$V_{d\,(RMS)} = 0.955\left(\sqrt{2}V_{LL}\right) \tag{7.3}$$

$$V_{d\,(RMS)} = 1.35V_{LL}$$

$$V_{d\,(RMS)} = 1.001V_d \tag{7.4}$$

ค่าเฉลี่ยกระแสเอาต์พุต (Average Value of DC Current : I_d,$I_{d(AV)}$)

รูปคลื่นของกระแสสำหรับโหลดตัวต้านทานจะมีรูปร่างเช่นเดียวกับรูปคลื่นของแรงดัน ค่าเฉลี่ยของกระแสที่ได้จากสมการคือ

$$I_d = \frac{V_d}{R} \tag{7.5}$$

ค่าอาร์เอ็มเอสกระแสเอาต์พุต (RMS Value of DC Current : $I_{d(RMS)}$)

$$I_{d\,(RMS)} = \frac{V_{d\,(RMS)}}{R}$$

$$= 1.001I_{d\,(AV)} \tag{7.6}$$

ค่าตัวประกอบรูปแบบ (Form Factor : FF)

$$FF = \frac{V_{d\,(RMS)}}{V_d}$$

$$FF = 1.001$$

ค่าตัวประกอบความพลิ้ว (Ripple Factor : RF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RF = \frac{V_{ripple}}{V_d} = \frac{\sqrt{V_{(dRMS)}^{\ 2} - V_d^{\ 2}}}{V_d}$$

$$= \frac{\sqrt{\left(0.95577\sqrt{2}V_{LL}\right)^2 - \left(0.95493\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}}{\left(0.95493\sqrt{2}V_{LL}\right)}$$

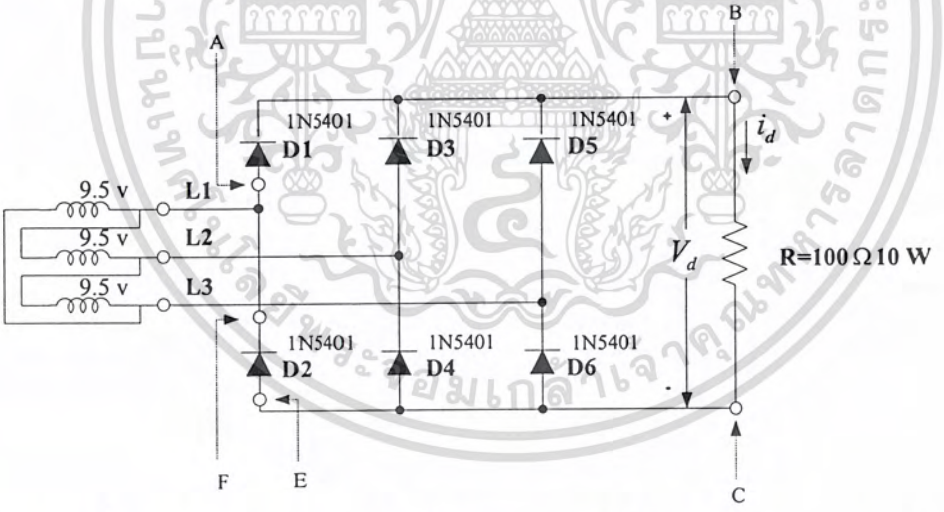
$$= \frac{\sqrt{\left(0.95577\right)^2 - \left(0.95493\right)^2}}{\left(0.95493\right)}$$

$$RF = 0.042\ (4.2\%) \qquad (7.7)$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลอง 7.1

1. ต่อวงจรตามรูป ง.66



รูปที่ ง.66 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟสต่อแบบเดลต้า

2. ตั้งออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1 = Y2 = 5V/cm และ Y2 = Invert

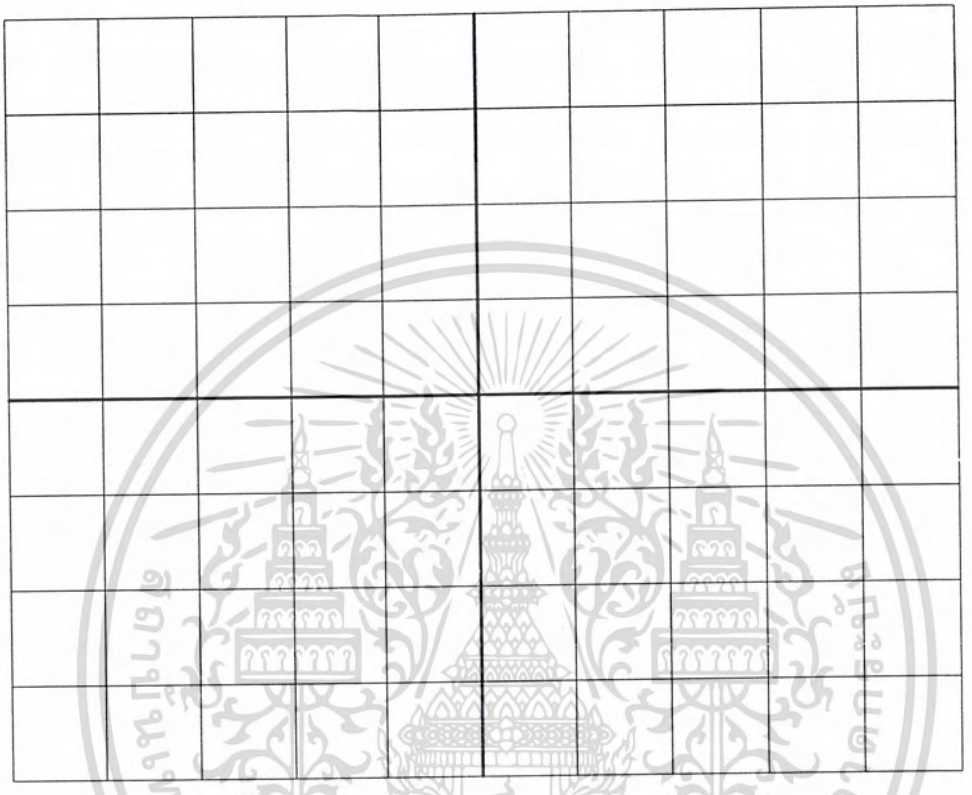
2.2 แกน X = 5ms/cm

3. ใช้แชนแนล Y1 วัดค่าแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 โดยต่อที่จุด A และให้จุด B เป็นจุดดิน และต่อแชนแนล Y2 ต่อกับจุด C วัดรูปคลื่นแรงดันและบันทึกรูปคลื่นลงในกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากตารางกราฟอ่านค่า V_{RRM} =.....V

Vo =.....V



รูปที่ ง.67 กราฟบันทึกผลการทดลอง

5. ปลดทั้งสองแชนแนลเอาแชนแนลใดแชนแนลหนึ่งมาวัดแรงดันตกคร่อมไดโอด โดยต่อที่ E และต่อจุดดินที่จุด F วัดแรงดันและบันทึกผลลงในกราฟ

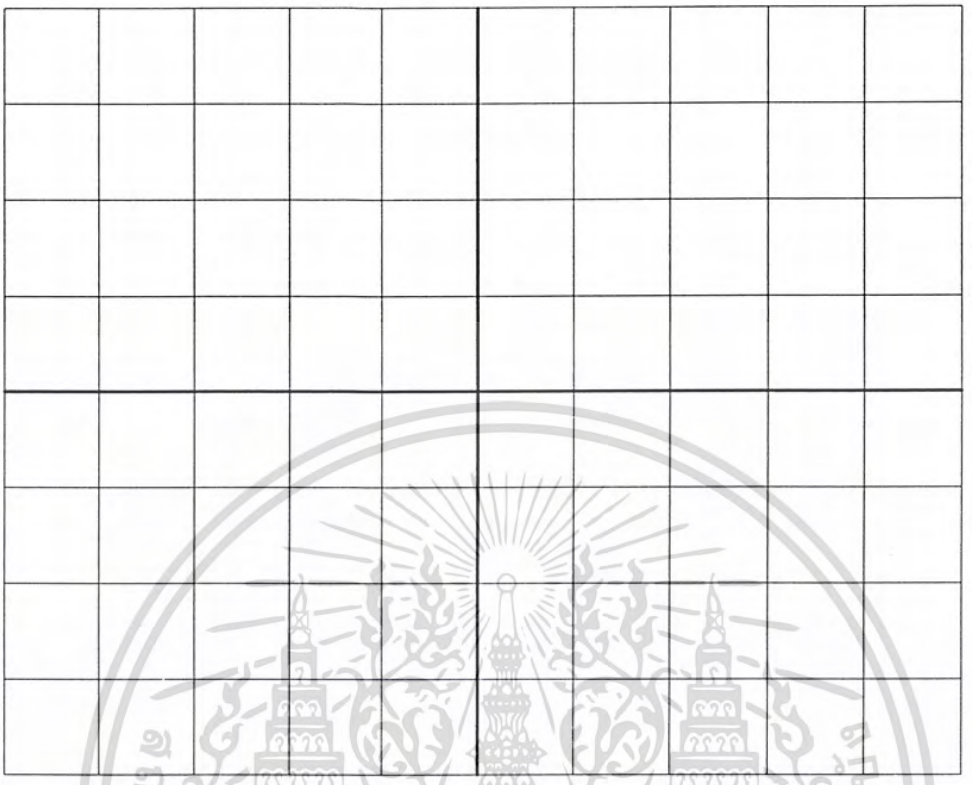
6. คำนวณค่าต่อไปนี้

กระแสเฉลี่ยที่ไดโอด I_{FAV}=.....A

กระแส rms ของไดโอด I_{Frms} = ...A

กำลังงานของโหลด Pd =.....W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.68 กราฟบันทึกผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เฟสเดียว ดังวงจรทดลอง เมื่อมีโหลดเป็นตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว $R=20\,\Omega$, V_{LN} = 240 V, 50HZ คำนวณหาค่า

(ก) แรงดันและกระแสที่โหลด

(ข) ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสไหลผ่านโหลด

(ค) ค่ากำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับ

(ง) ขนาดพิกัดของหม้อแปลง

(จ) ขนาดพิกัดของไดโอดที่นำมาใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจรที่มีแหล่งจ่ายที่ต่อแบบสตาร์กับเดลต้า

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากการทดลองจงหาค่าต่อไปนี้

จำนวนพัลส์ของแรงดันเอาต์พุต (p) = ...พัลส์

ค่าความถี่ของพัลส์แต่ละพัลส์ (f) = ...เฮริตซ์

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
ใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
วงจรวัดคุณลักษณะสมบัติของไดโอด

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายคุณลักษณะสมบัติและการทำงานของไดโอดได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรวัดคุณลักษณะสมบัติของไดโอดได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆการทดลองวงจรของคุณลักษณะสมบัติของไดโอดได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบายเปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

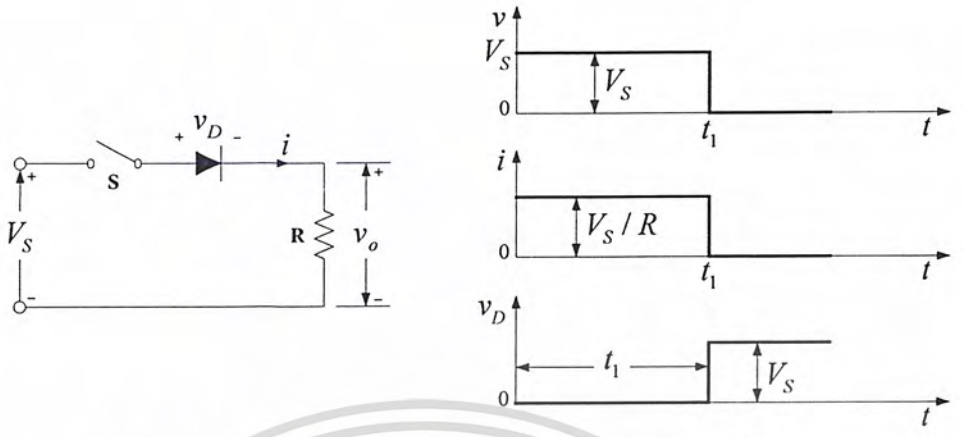
1. แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	1 เครื่อง

ทฤษฎีเบื้องต้น

1. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน (Resistive load)

วงจรในรูป จ.1(ก) เป็นวงจรไดโอดที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจร แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R จะมีค่าเป็น V_S ทำให้กระแส i ที่ไหลผ่านโหลดมีค่าเป็น V_S / R ดังรูปคลื่นในรูปที่ จ.1(ข) เมื่อสวิทช์ S เปิดวงจรที่เวลา t_1 แรงดันตกคร่อมตัวความต้านทานจะมีค่าเป็นศูนย์ กระแสจึงหยุดไหล ดังรูปที่ จ.1(ข) หลังจากที่หยุดนำกระแสแล้วแรงดันตกคร่อมไดโอดกำลัง v_D จะมีค่าเป็น $+V_S$ ในทันที

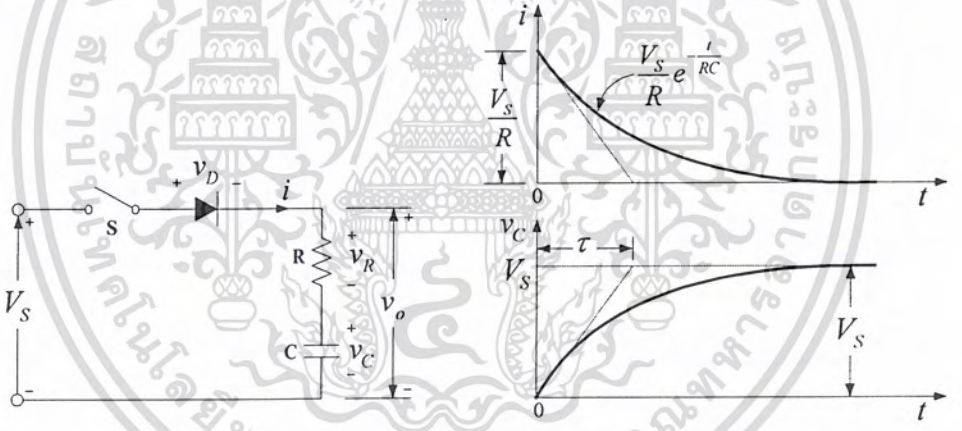
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.1 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอด ที่มีโหลดเป็นความต้านทานบริสุทธิ์

2. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุ



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.2 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอด ที่มีโหลดเป็น RC

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุ แสดงดังรูปที่ จ.2 (ก) เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจร สามารถหาค่ากระแสตามกฎ KVL ได้เป็น

$$Ri + \frac{1}{C}\int idt = V_S \qquad (1.1)$$

ในสภาวะเริ่มต้น แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับศูนย์ ทำให้ q (0) = 0 สมการที่ 1.1 (ก) จะกลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I(s) = \frac{V_S}{R} . \frac{1}{s + \frac{1}{RC}} \qquad (1.2)$$

นำสมการ (1.2) มาแปลงลาปลาซผกผันจะได้

$$i(t) = \frac{V_S}{R} . e^{-\frac{t}{RC}} \qquad (1.3)$$

แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าเป็น

$$v_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i dt \qquad (1.4)$$

แทน (1.3) ลงใน (1.4) จะได้

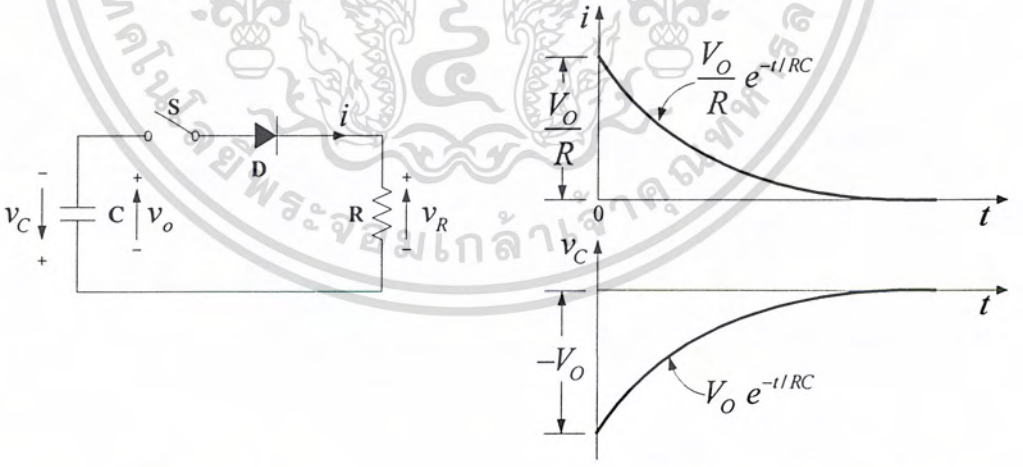
$$= V_S \left[1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right] \qquad (1.5)$$

$$= V_S \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right] \qquad (1.6)$$

ดังนั้นค่าคงตัวเวลาในวงจรคือ

$$\tau = RC = \frac{V_S}{\left[dv_C / dt \right]_{t=0}} \qquad (1.7)$$

จากสมการ (1.3) ถึง (1.7) สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟแสดงแรงดันและกระแสได้ดังรูปที่ จ.3 (ข)



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่นกระแสและแรงดัน

รูปที่ จ.3 สภาวะเริ่มต้นของตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

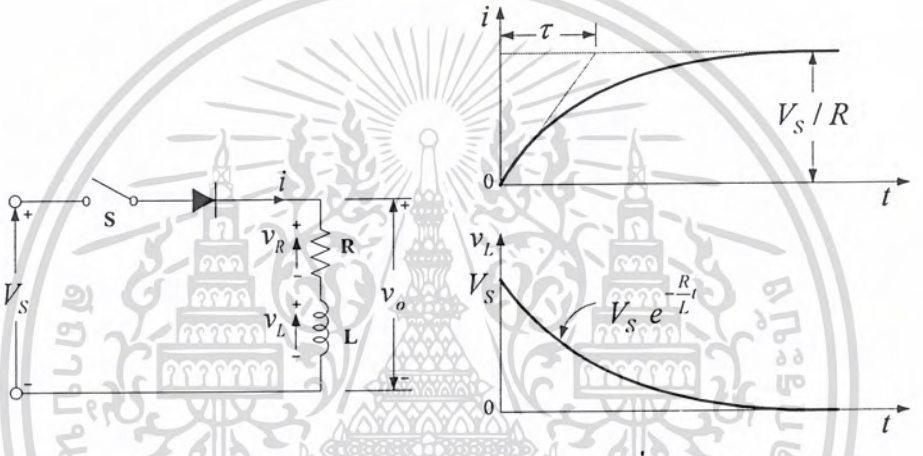
3. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ

เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำแสดงดังรูปที่ จ.4 สามารถวิเคราะห์วงจรโดยใช้ KVL ได้ดังสมการ

$$Ri + L\frac{di}{dt} = V_S \tag{1.8}$$

แปลงลาปลาซ จะได้

$$RI(s) + L\left[I(s) + i\left(0^+\right)\right] = V_S$$



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่นกระแสและแรงดัน

รูปที่ จ.4 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น RL

เมื่อกระแสของตัวเหนี่ยวนำในสภาวะเริ่มต้นของวงจรมีค่าเป็นศูนย์ $i\left(0^+\right) = 0$ สมการ (1.8) จะเป็น

$$I(s) = \frac{V}{R}\left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s + \left(R/L\right)}\right] \tag{1.9}$$

อัตราการเพิ่มของกระแสจะมีค่าเป็น

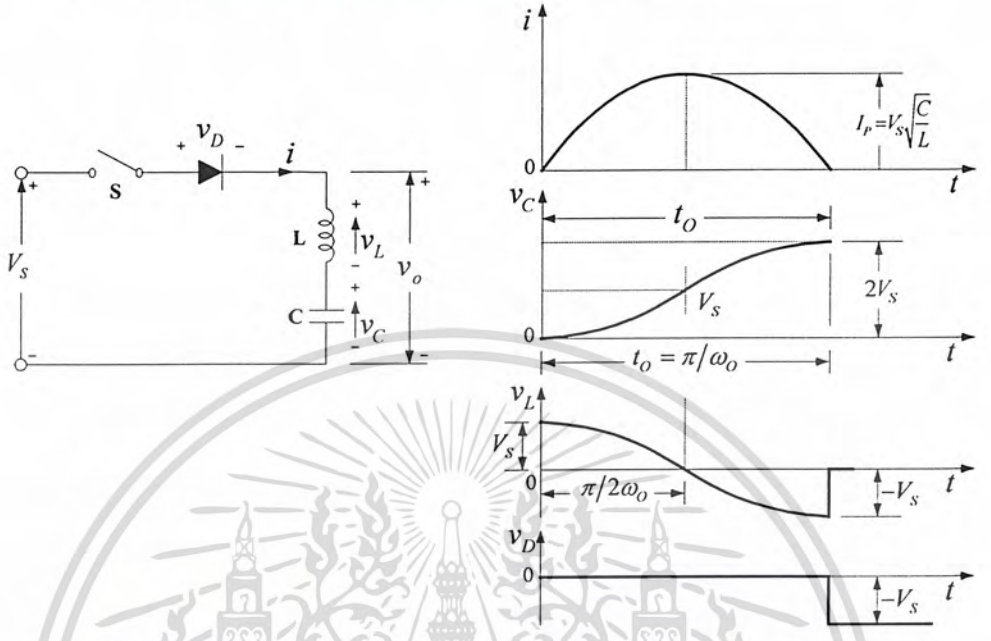
$$\left.\frac{di}{dt}\right|_{t=0} = \left[\frac{V_S}{L}.e^{-\frac{R}{L}t}\right]_{t=0} = \frac{V_S}{L} \tag{1.10}$$

แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็น

$$v_L\left(t\right) = L\frac{di}{dt} = V_S.e^{-\frac{R}{L}t} \tag{1.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ



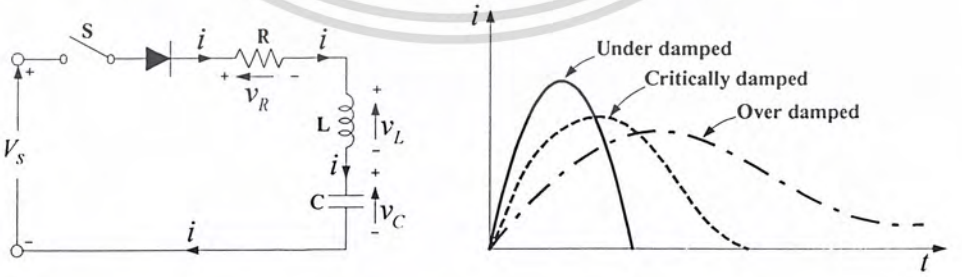
(ก) วงจร (ข) รูปคลื่นกระแสและแรงดัน

รูปที่ จ.5 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น LC

ในวงจร LC ที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง V_S ดังแสดงในรูปที่ จ.5 (ก) เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t = 0$ สมการแรงดันจะมีค่าตามสมการ

$$L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i dt = V_s \qquad (1.12)$$

5. วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่นกระแส

รูปที่ จ.6 วงจรสวิทช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดกำลังที่นำมาต่ออนุกรมในวงจรกระแสตรงที่มีโหลดเป็น RLC แสดงในรูปที่ จ.6(ก) เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t = 0$ สามารถหาสมการของกระแสและแรงดันได้จากการใช้กฎของ KVL

$$Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int idt = V_S \tag{1.13}$$

ที่สภาวะเริ่มต้นเป็นศูนย์ จะได้สมการข้างบนในรูปของการแปลงลาปลาซคือ

$$I(s) = \frac{V_S}{L} \cdot \frac{1}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}} \tag{1.14}$$

เมื่อ $s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}$ เป็นสมการคุณลักษณะ (characteristic equation) ของวงจรที่มีโหลดเป็น RLC โดเมนของ s สามารถหาค่ากระแสได้โดยการหารากของสมการคุณลักษณะ

$$s = -\sigma \pm \sqrt{\sigma^2 - \omega_0^2} \tag{1.15}$$

เมื่อ

$$\sigma = \frac{R}{2L} \tag{1.16}$$

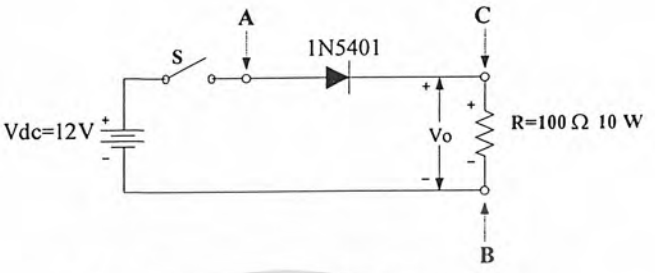
เป็นความถี่รีโซแนนท์ของวงจร มีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที (rad/sec)

$$\omega_r = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left[\frac{R}{2L}\right]^2} \tag{1.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

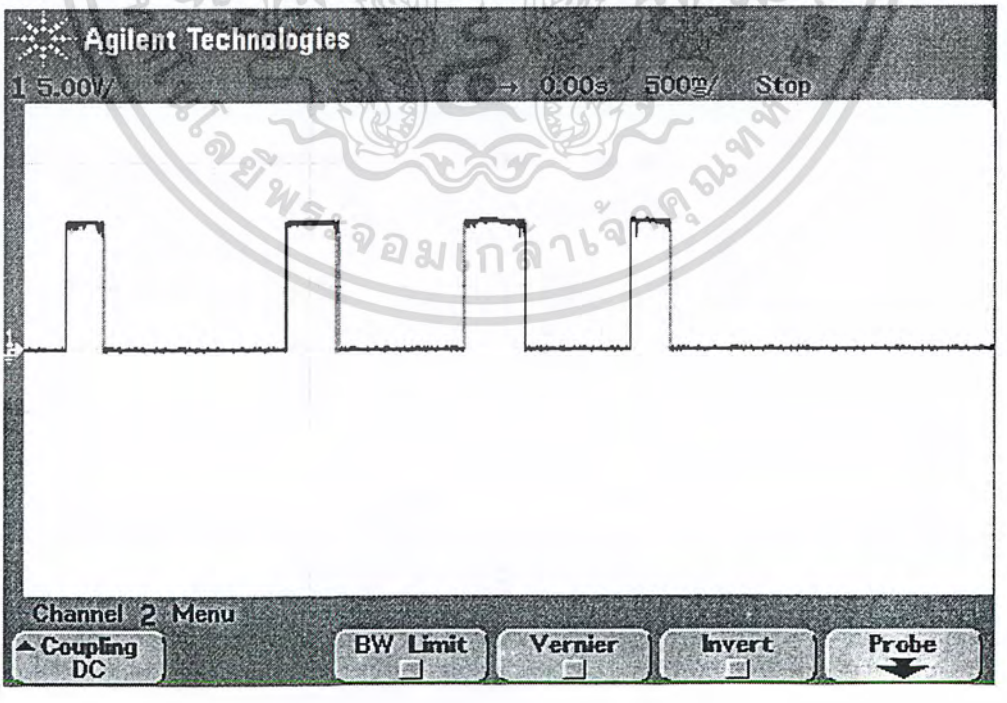
ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1.1



รูปที่ จ.7 วงจรการทดลองโหลดความต้านทาน

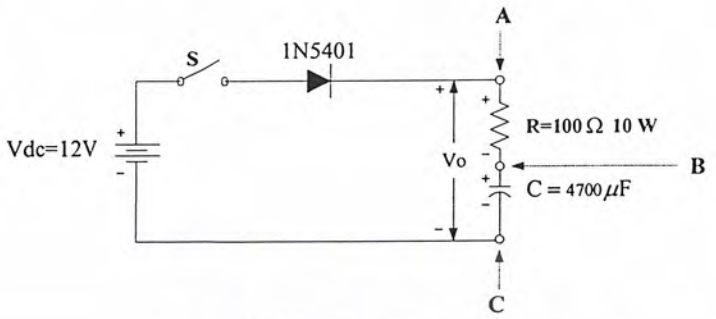
1. ต่อวงจรทดลอง ดังรูป จ.7 (ขณะต่อวงจรทดลองต้องปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้า)
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM
   2.2 แกน X= 500ms/CM
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด B เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดที่จุด C วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.8 สัญญาณแรงดันที่แหล่งจ่าย

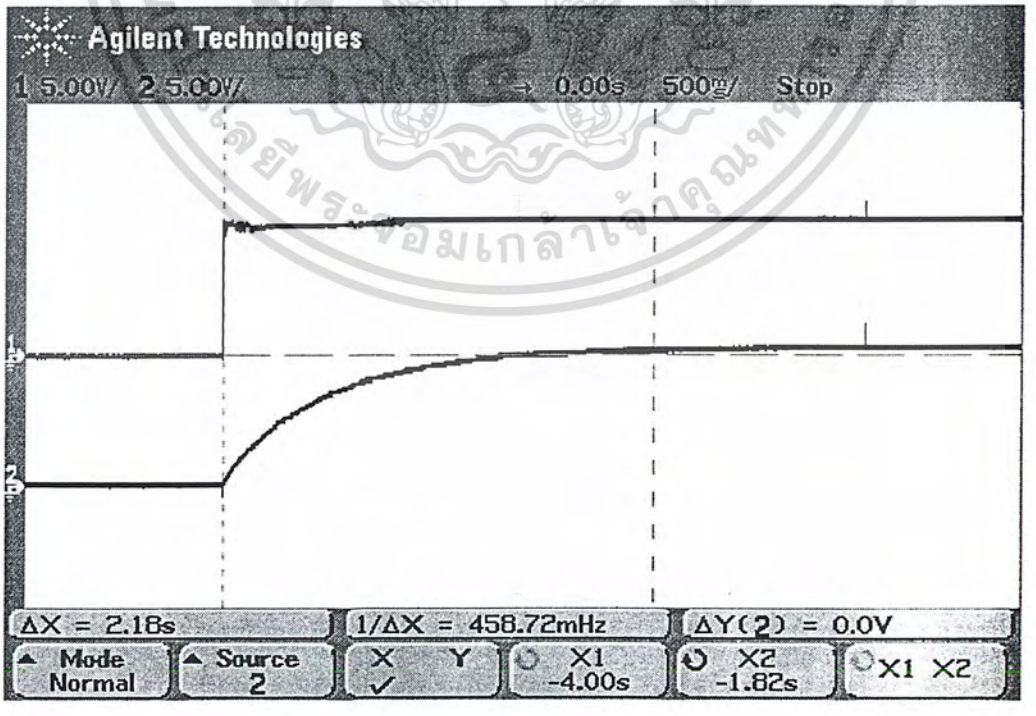
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1.2



รูปที่ จ.9 วงจรการทดลองโหลดRC

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป จ.9 (ช็อตตัวเก็บประจุก่อน)
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM
   2.2 แกน X= 500ms/CM
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่เอาต์พุต โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.10 สัญญาณแรงดันที่เอาต์พุต

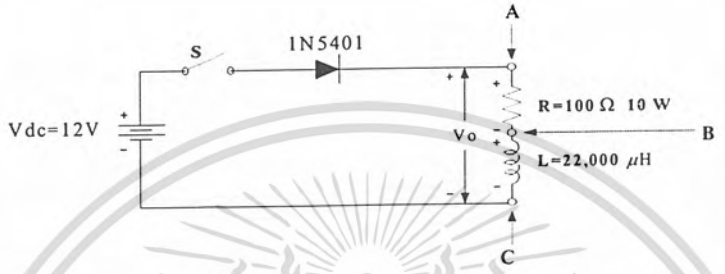
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คำนวณค่าของ

$I_{D_{Peak}}$ =.....0.1.....A

P_d =.....0.235.....J

การทดลองที่ 1.3



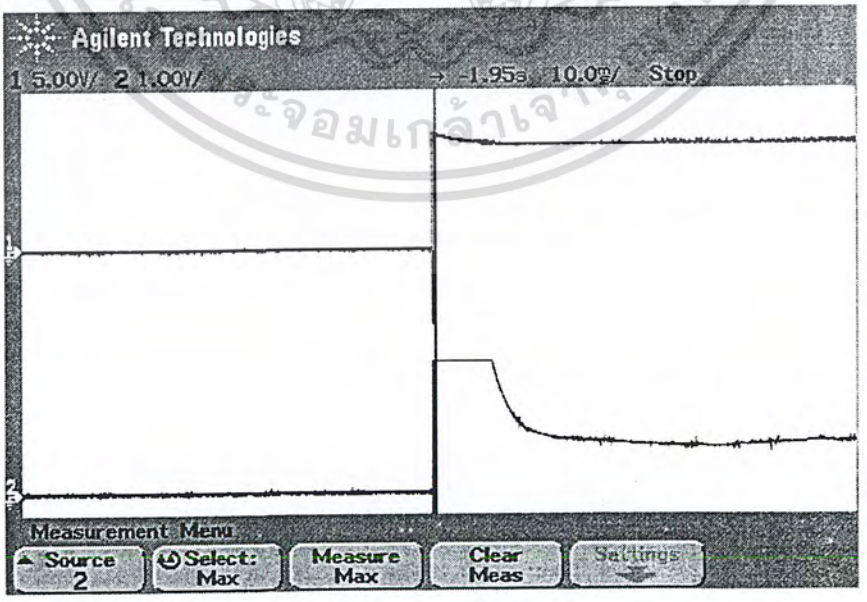
รูปที่ จ.11 วงจรการทดลองโหลด RL

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป จ.11
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1 5V/CM และ Y2 1V/CM

2.2 แกน X= 10ms/CM

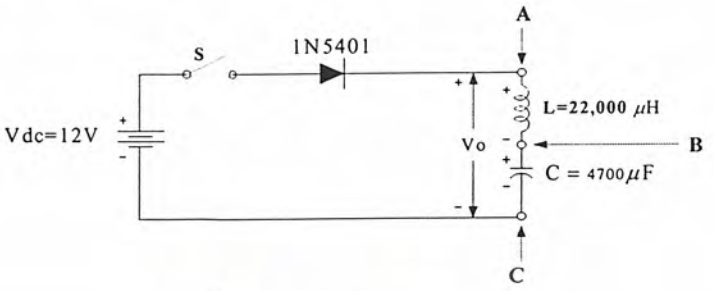
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่เอาต์พุต โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.12 สัญญาณแรงดันที่เอาต์พุตและสัญญาณตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ

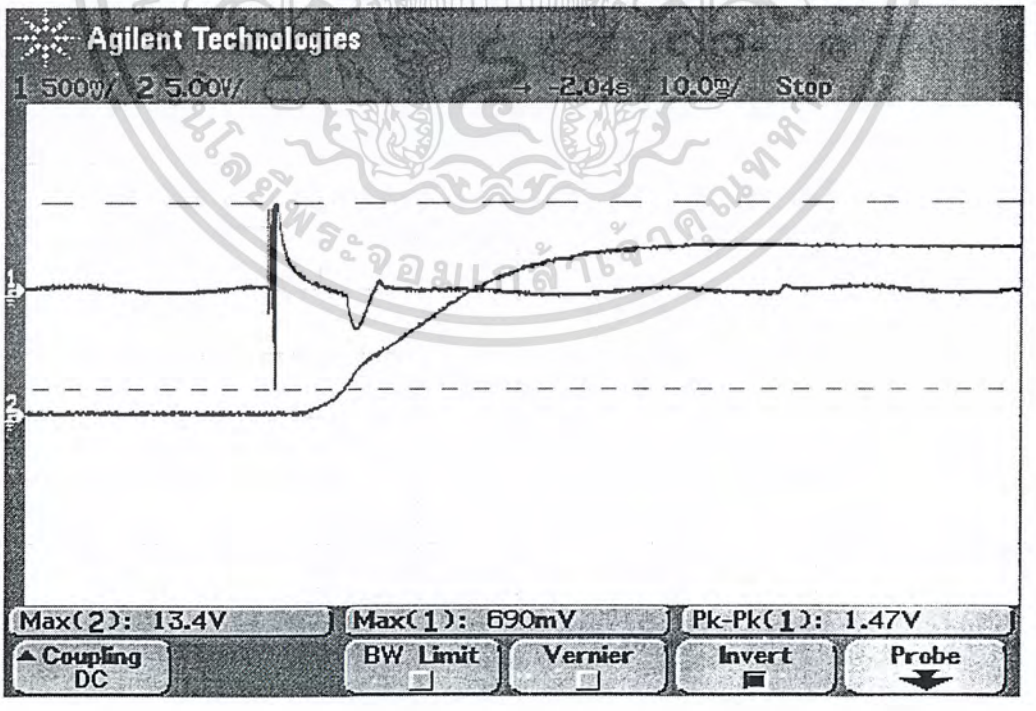
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1.4



รูปที่ จ.13 วงจรการทดลองโหลด LC

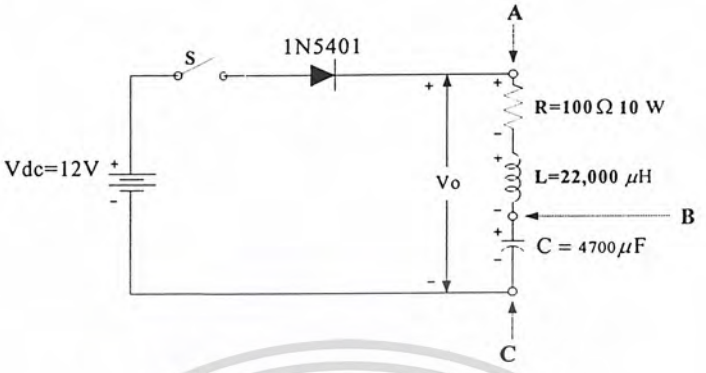
1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป จ.13 (ช็อตตัวเก็บประจุก่อน)
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1 5V/CM และ Y2 5V/CM
   2.2 แกน X= 10ms/CM
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่เอาต์พุต โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.14 สัญญาณแรงดันที่เอาต์พุตและสัญญาณตกคร่อมตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1.5



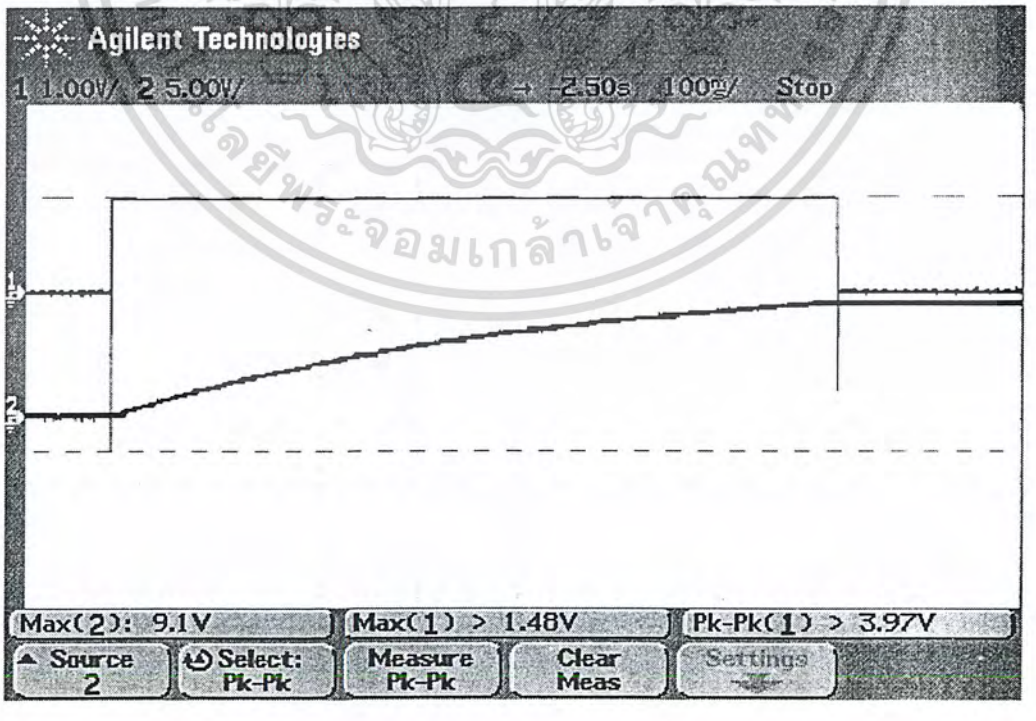
รูปที่ จ.15 วงจรการทดลองโหลด RLC

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป จ.15 (ช็อตตัวเก็บประจุก่อน)
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

   2.1 แชนแนล Y1 1V/CM และ Y2 5V/CM

   2.2 แกน X= 100ms/CM

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่เอาต์พุต โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.16 สัญญาณแรงดันเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงเขียนสมการของกระแสที่ไหลผ่านและสมการแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุในวงจรสวิตช์พร้อมไดโอดที่มีโหลดเป็น LC

ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอด..คือ... $I_P = (V_S - V_O)\sqrt{\frac{C}{L}}$

แรงดันในสภาวะคงตัวของ C เมื่อ $\omega_0 t_0 = \pi$

2. จากวงจร RLC ค่าของอุปกรณ์ต่างๆ คือ ตัวต้านทาน $R = 20\Omega$, ขดลวดเหนี่ยวนำ $L = 2mH$, ตัวเก็บประจุ $C = 10\mu F$ และแหล่งจ่าย $V_S = 230\,V$ ในสภาวะเริ่มต้นไม่มีกระแสและประจุตกค้าง เมื่อสวิทช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t = 0$ จงหา

(ก) กระแส $i(t)$

(ข) เวลาในการนำกระแสของไดโอด

(ค) อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เวลา $t = 0$

(ก) กระแส $i(t)$

$$\sigma = \frac{20\times 1000}{2\times 2} = 5000 \text{ เรเดียน}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2\times 10^{-3}\times 10\times 10^{-6}}} = 7071.06 \text{ เรเดียน}$$

$$\omega_r = \sqrt{\frac{10^{10}}{200} - 5000^2} = 5000 \text{ เรเดียน}$$

จะพบว่า $\sigma < \omega_0$ ซึ่งเข้ากับกรณีที่ 1 คือวงจรนี้อยู่ในสภาวะunderdamped จะได้กระแส

$$i(t) = \frac{V_S}{\omega_r L}.e^{-\sigma t}\sin\omega_r t$$

$$= \frac{230}{5000\times\left(2\times 10^{-3}\right)}.e^{-5000t}\sin(5000)t$$

$$= 23.e^{-5000t}\sin(5000t)$$

(ข) เวลาในการทำงานของไดโอด

$$t_1 = \frac{\pi}{\omega_r} = \frac{\pi}{5000}$$

$$= 628.31\mu S$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เวลา $t = 0$

$$\frac{di}{dt} = \frac{V_S}{\omega_r L}\left[e^{-\sigma t}.\omega_r t - \sin \omega_r t.(-\sigma) e^{-\sigma t} \right]$$

ที่เวลา $t = 0$

$$\left.\frac{di}{dt}\right|_{t=0} = \frac{V_S}{L} = \frac{230}{2\times10^{-3}} = 115,000 \text{ แอมป์/วินาที}$$

3. จงให้คำนิยามของวงจรเรียงกระแส (Rectifier circuit) มาอย่างสมบูรณ์

วงจรเรียงกระแส คือวงจรที่ทำหน้าที่แปลงผันแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุตให้เป็นแรงดันไฟตรงที่เอาต์พุต

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ไดโอดสามารถให้กระแสไหลผ่านได้ทิศทางเดียวและเป็นตัวป้องกันการไหลย้อนกลับของกระแสเมื่อเป็นโหลดตัวเหนี่ยวนำรูปคลื่นที่ได้จากการวัดมีรูปคลื่นเป็นไปตามทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2

การทดลองวงจร Freewheeling Diodes

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจร Freewheeling Diodes ได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจร Freewheeling Diodes ได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆการทดลองวงจร Freewheeling Diodes ได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

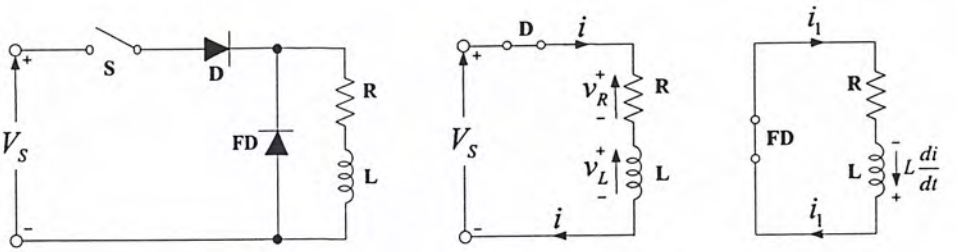
1. แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	1 เครื่อง

ทฤษฎี

1. Freewheeling Diode

จากวงจรในรูปที่ จ.17 (ก) กระแสจะอยู่ในสภาวะคงตัวหลังจากที่ S ปิดวงจร และมีค่าเป็น V_S/R ถ้าสวิตช์ S เปิดวงจรขึ้นอีกครั้งหนึ่ง พลังงานที่สะสมในขดลวดเหนี่ยวนำ L (จะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}L(V_S/R)^2$) จะปรากฏขึ้นและส่งผลให้เกิดประกายไฟขึ้นขณะที่สวิตช์ เปิดวงจร เพื่อลดปัญหาดังกล่าว จะมีการนำไดโอด FD หรือ freewheeling diode มาใช้ในวงจร ไดโอดจะถูกตกคร่อม RL ดังวงจรในรูปที่ จ.17 (ก) เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจวงจรในรูปดังกล่าวได้ง่ายขึ้นจึงแบ่งวงจรในรูปที่ จ.17 (ก) ออกเป็น 2 จังหวะการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) เมื่อ S ปิดวงจร (ค) เมื่อ S เปิดวงจร

รูปที่ จ.17 วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำพร้อมฟรีวิลลิ่ง

จังหวะที่ 1 เมื่อสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t=0$ กระแสจากแหล่งจ่าย V_S จะไหลผ่าน S, D, R และ L ดังรูปที่ จ.17 (ข) วงจรนี้จะมีค่ากระแส i เป็น

$$i=\frac{V_S}{R}\left[1-e^{-\frac{R}{L}t}\right]$$

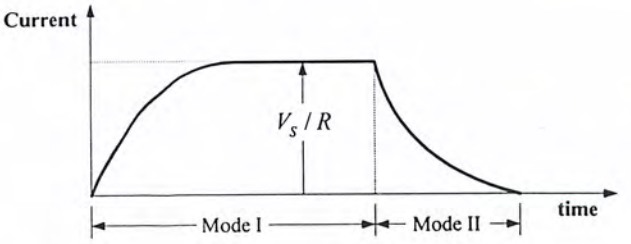
และกระแสเฉลี่ยในที่สุดจะมีค่าเป็น

$$i=\frac{V_S}{R}$$

จังหวะที่ 2 เมื่อสวิตช์ S เปิดวงจรที่เวลา $t=0$ กระแสในวงจรพยายามที่จะระบายออก และแรงดัน $L\frac{di}{dt}$ ที่ถูกสะสมไว้ใน L จะไหลผ่าน freewheeling diode กระแสดังกล่าวจะไหลผ่านวงจรที่ประกอบด้วย FD, R และ L ดังรูปที่ จ.17 (ค) ในวงจรนี้ ค่ากระแสสามารถหาได้จากสมการ

$$i_1=\frac{V_S}{R}.e^{-\frac{R}{L}t} \qquad (2.1)$$

กระแส i_1 จะลดลงสู่ศูนย์แบบเอ็กโปเนนเชียลในจังหวะที่ 2 กระแสทั้งหมดตั้งแต่ช่วงของการสะสมพลังงานจนคายพลังงานหมดแสดงดังรูปที่ จ.18



รูปที่ จ.18 กระแสในวงจรที่มี freewheeling diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรไดโอดและตัวเหนี่ยวนำ (Diode and L circuit)

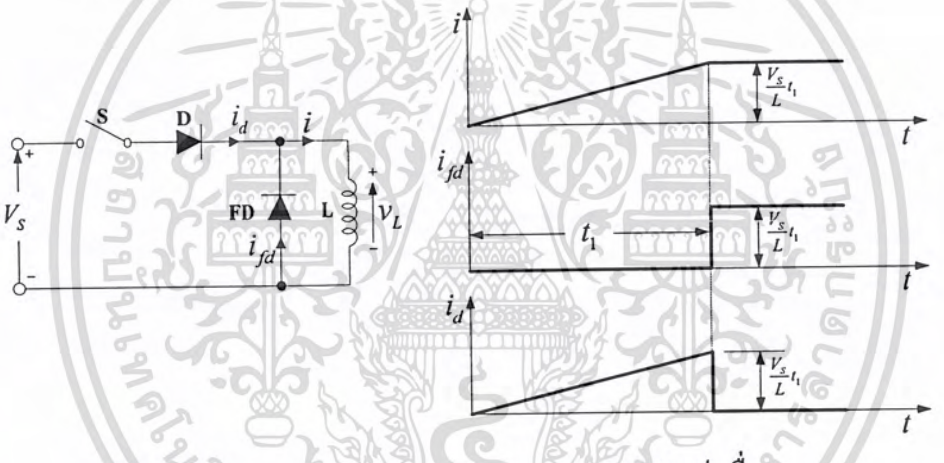
พิจารณาวงจรในรูปที่ จ.19 เมื่อจ่ายกระแสจาก V_S ให้กับโหลด L ผ่านไดโอด D freewheeling diode ถูกต่อคร่อม L

เมื่อสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t = 0$ สามารถวิเคราะห์วงจรโดยใช้ KVL ได้เป็น

$$V_S = L\frac{di}{dt} \tag{2.2}$$

หรือ

$$i = \frac{V_S}{L}t \tag{2.3}$$



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.19 วงจรไดโอดที่โหลดเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ พร้อมฟรีวิลลิ่งไดโอด

สมการที่ (2.3) แสดงให้เห็นว่ากระแส i จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นตามเวลา t เมื่อสวิตช์ S เปิดวงจรที่เวลา t_1 กระแสของโหลด $\frac{V_S}{L}t_1$ จะเริ่มไหลผ่านไดโอด FD ในวงจร L และ FD ที่เกิดขึ้นจะไม่มีตัวความต้านทานต่ออยู่เลย กระแสที่ไหลอย่างต่อเนื่องโดยมีค่าเป็น $\frac{V_S}{L}t_1$ รูปคลื่นของกระแสแสดงดังรูปที่ จ.19 (ข) และพลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็น

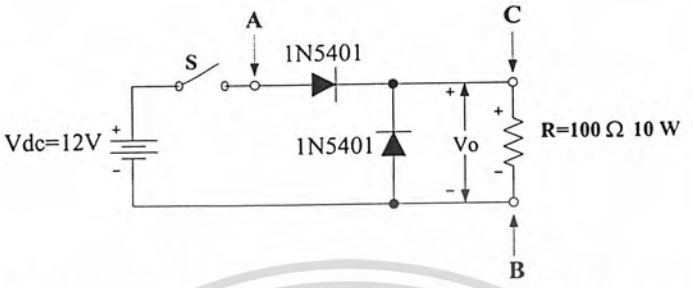
$$E_L = \frac{1}{2}\left[\frac{V_S}{L}t_1\right]^2.L \tag{2.4}$$

$$= \frac{1}{2}.\frac{V_S^2}{L}t_1 \quad \text{จูลส์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

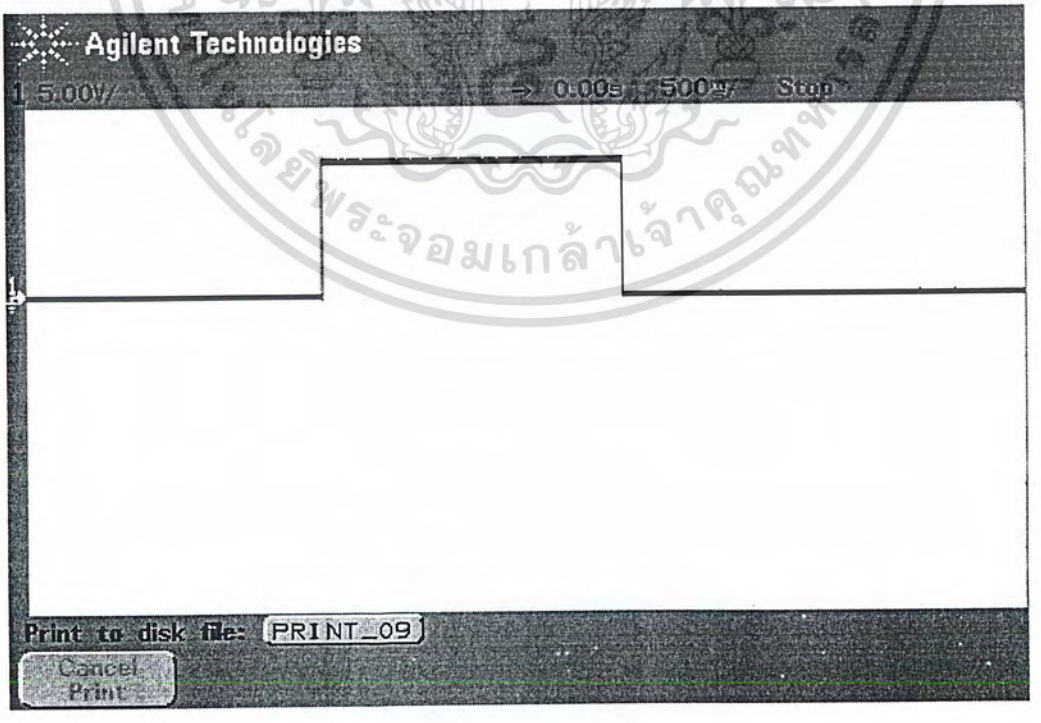
ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 2.1



รูปที่ จ.20 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลดความต้านทาน

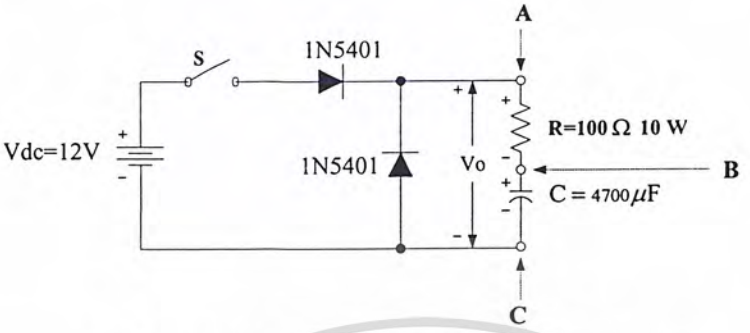
1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป จ.20
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM
   2.2 แกน X= 500ms/CM
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด B เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดที่จุด C วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.21 สัญญาณแรงดันที่แหล่งจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2.2



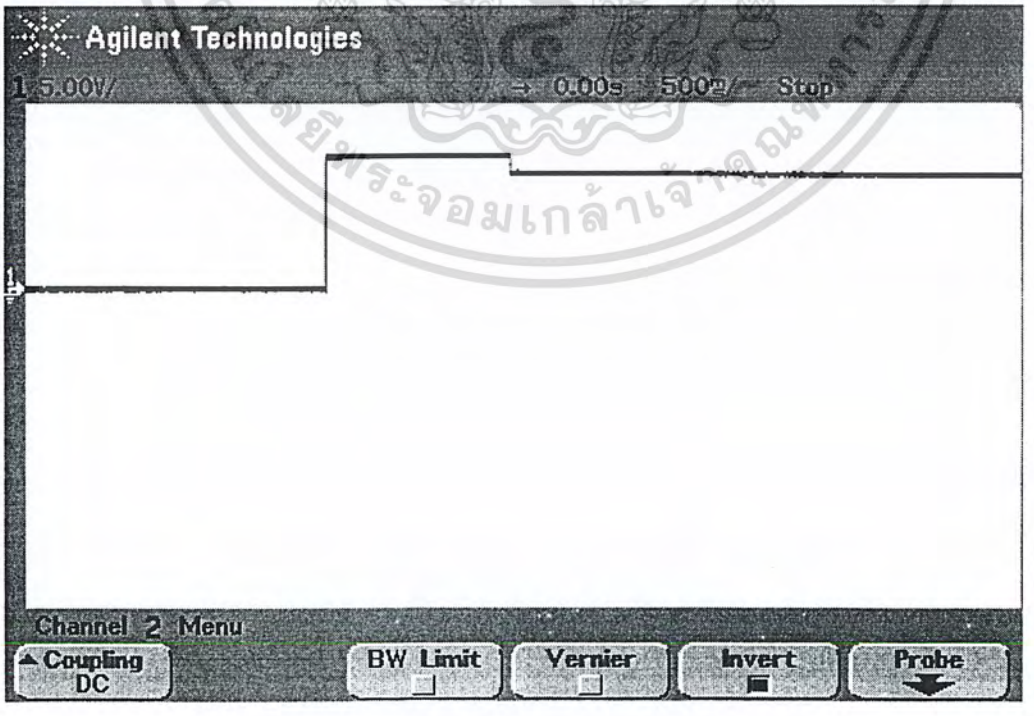
รูปที่ จ.22 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RC

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป จ.22 (ช็อตตัวเก็บประจุก่อน)
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

    2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM

    2.2 แกน X= 500ms/CM

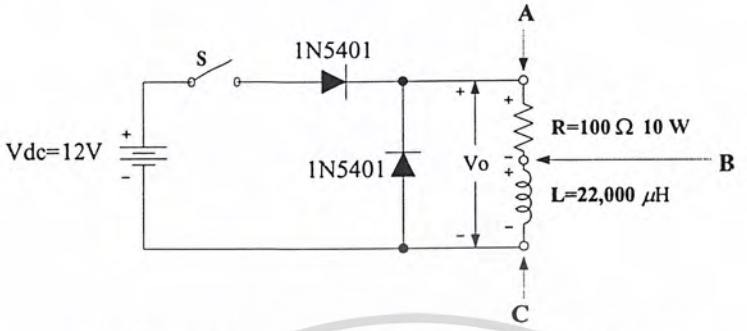
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมโหลด โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.23 สัญญาณแรงดันตกคร่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2.3



รูปที่ จ.24 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RL

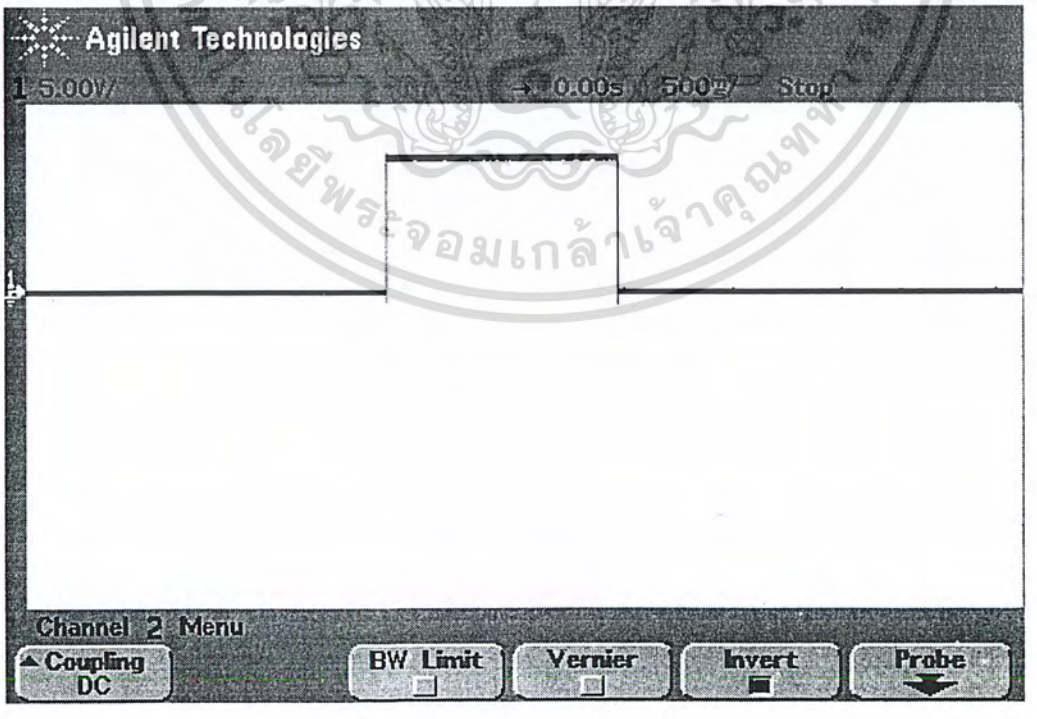
1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป จ.24

2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM

2.2 แกน X= 500ms/CM

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมโหลด โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

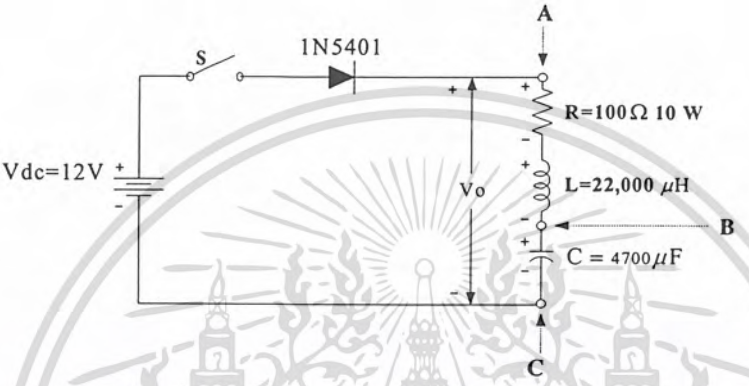


รูปที่ จ.25 สัญญาณแรงดันตกคร่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

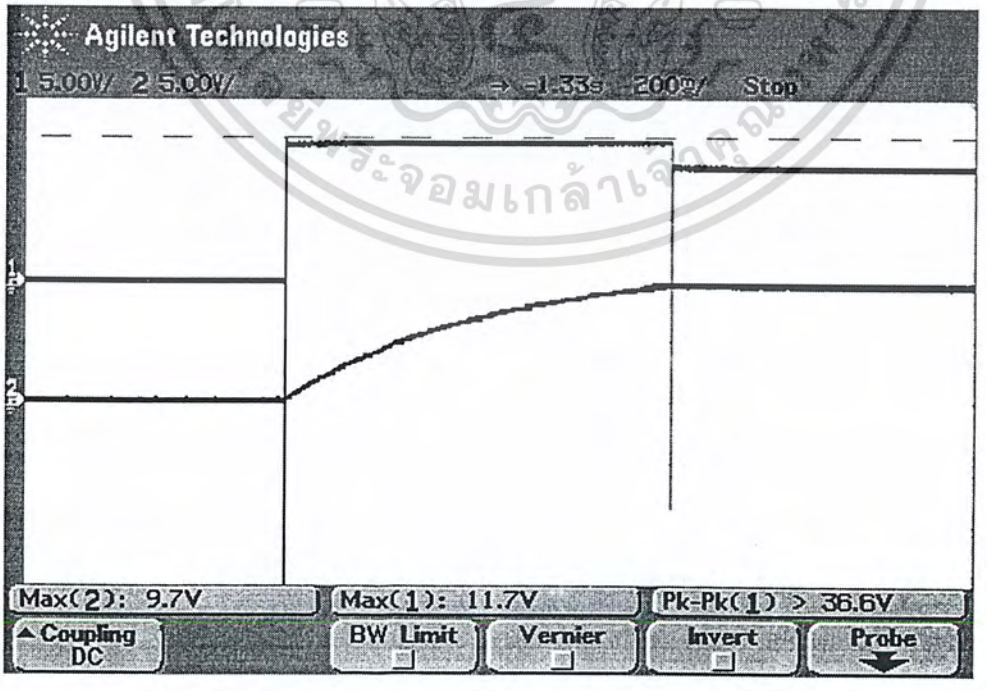
การทดลองที่ 2.4

1. ต่อวงจรทดลองใหม่ดังรูป จ.26
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 5V/CM
   2.2 แกน X= 200ms/CM



รูปที่ จ.26 วงจรการทดลองฟรีวิลลิ่งไดโอดโหลด RLC

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมโหลด โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุที่จุด B วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.27 สัญญาณแรงดันตกคร่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. วงจรไดโอดที่มีโหลดตัวความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ พร้อมฟรีวิลลิ่งไดโอด มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์ สมมติว่า R มีค่าน้อยมากจึงกำหนดให้เป็นศูนย์ โหลดของวงจรเป็นขดลวดเหนี่ยวนำมีค่า 330 μH

(ก) จงวาดรูปคลื่นกระแสที่ไหลในโหลด ถ้าสวิตช์ S ปิดวงจรขณะเริ่มต้น หลังจากนั้นจึงเปิดออกที่เวลา $t = 100\mu s$

(ข) หาค่าพลังงานที่เก็บในขดลวดเหนี่ยวนำ

วิธีทำ

(ก) เนื่องจากในสภาวะเริ่มต้น กระแสในวงจรมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อสวิตช์ปิดวงจรที่เวลา $t = 0$ กระแสโหลดจะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้น และสามารถอธิบายได้ดังสมการ

$$i(t) = \frac{V_S}{L}t$$

ที่เวลา $t = t_1$

$$I_0 = \frac{V_S t_1}{L} = \frac{220 \times 100\mu s}{330\mu \text{H}}$$

$$= 66.66 \text{ แอมป์}$$

เมื่อสวิตช์ S เปิดวงจรที่เวลา $t = t_1$ กระแสโหลดจะเริ่มไหลผ่านไดโอด D_m เนื่องจากไม่มีตัวความต้านทานใดๆอยู่ในวงจร กระแสของโหลดจะยังคงมีค่าเท่ากับ 100 แอมป์

(ข) พลังงานสะสมในตัวขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าเป็น

$$E_S = 0.5.L.I_0^2$$

$$= 0.5 \times 330 \times 10^{-6} \times 66.66^2$$

$$= 0.733 \text{ จูลส์}$$

2. จงเขียนสมการของกระแสของโหลดและพลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำของวงจรฟรีวิลลิ่งไดโอดที่มีโหลดตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว

$$i = \frac{V_S}{L}t$$

$$E_L = \frac{1}{2}\left[\frac{V_S}{L}t_1\right]^2.L$$

$$= \frac{1}{2}.\frac{V_S^2}{L}t_1 \text{ จูลส์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จงอธิบายหลักการทำงานของวงจรฟรีวิลลิ่งไดโอด

จากวงจรในรูปที่ จ.17 (ก) กระแสจะอยู่ในสภาวะคงตัวหลังจากที่ S ปิดวงจร และมีค่าเป็น V_S/R ถ้าสวิตช์ S เปิดวงจรอีกครั้ง พลังงานที่สะสมในขดลวดเหนี่ยวนำ L (มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}L(V_S/R)^2$) จะปรากฏขึ้นและส่งผลให้เกิดประกายไฟขึ้นขณะ S เปิดวงจร เพื่อลดปัญหาดังกล่าว จะมีการนำไดโอด FD หรือ freewheeling diode มาใช้ในวงจร ไดโอดจะถูกตกคร่อม RL ดังวงจรในรูปที่ จ.17 (ก) เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจวงจรในรูปดังกล่าวได้ง่ายขึ้นจึงแบ่งวงจรในรูปที่ จ.17 (ก) ออกเป็น 2 จังหวะการทำงาน

จังหวะที่ 1 เมื่อสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $t=0$ กระแสจากแหล่งจ่าย V_S จะไหลผ่าน S, D, R และ L ดังรูปที่ จ.17 (ข) วงจรนี้จะมีค่ากระแส i เป็น

$$i=\frac{V_S}{R}\left[1-e^{-\frac{R}{L}t}\right]$$

และกระแสเฉลี่ยในที่สุดจะมีค่าเป็น

$$\langle I\rangle=\frac{V_S}{R}$$

จังหวะที่ 2 เมื่อสวิตช์ S เปิดวงจรที่เวลา $t=0$ กระแสในวงจรพยายามที่จะระบายออก และแรงดัน $L\frac{di}{dt}$ ที่ถูกสะสมไว้ใน L จะไหลผ่าน freewheeling diode กระแสดังกล่าวจะไหลผ่านวงจรที่ประกอบด้วย FD, R และ L ดังรูปที่ จ.17 (ค) ในวงจรนี้ ค่ากระแสสามารถหาได้จากสมการ

$$i_1=\frac{V_S}{R}.e^{-\frac{R}{L}t}$$

กระแส i_1 จะลดลงสู่ศูนย์แบบเอ็กโปเนนเชียลในจังหวะที่ 2 กระแสทั้งหมดตั้งแต่ช่วงของการสะสมพลังงานจนคายพลังงานหมด

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อมีโหลดเป็นตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุหรือตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำจะทำให้ระยะเวลาเริ่มการทำงานไม่เป็นไปตามอุดมคติ คือ มีระยะการปรับตัวและเมื่อนำฟรีวิลลิ่งไดโอดต่อเข้าไป ทำให้ระยะเวลาการเริ่มทำงานดีขึ้น ดังนั้นถ้าเราต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรก็แก้ปัญหาได้โดยใช้ฟรีวิลลิ่งไดโอดในการแก้ปัญหานี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การทดลองวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียวได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียวได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆการทดลองวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียวได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1 เครื่อง

ทฤษฎี

การเรียงกระแสเป็นกระบวนการแปลงผันแรงดันกระแสสลับทางด้านอินพุตให้มีเอาต์พุตเป็นแรงดันกระแสตรง ในวงจรเรียงกระแสที่ใช้ไดโอดกำลัง แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดันกระแสสลับทางด้านอินพุตและไม่สามารถแปรระดับกระแสตรงได้

เนื้อหาในส่วนนี้จะเป็นการกล่าวถึงการเรียงกระแสด้วยไดโอดแบบไม่สามารถควบคุมได้ และไดโอดที่ใช้ก็จะเป็นไดโอดกำลังทางอุดมคติ

1. ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแสเป็นวงจรที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง อย่างไรก็ตาม จากวงจรและสัญญาณไฟฟ้าในรูปที่ จ.28 พบว่าแรงดันกระแสตรงที่ได้ทางเอาต์พุตจะไม่มีความต่อเนื่อง และมีฮาร์โมนิกส์ประกอบอยู่ด้วย ในขณะเดียวกัน กระแสที่ไหลเข้าทางอินพุตจะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคลื่นไซน์ที่บริสุทธิ์ ซึ่งทำให้ตัวประกอบด้านกำลังงานของวงจรไม่เท่ากับ 1.0 ประสิทธิภาพการแปลงกำลังงาน ของการเรียงกระแสจะพิจารณาจากฮาร์โมนิกส์ที่สร้างขึ้นที่แรงดันด้านอินพุตและกระแสด้านเอาต์พุตของวงจร ในการวิเคราะห์ดังกล่าวจะใช้ทฤษฎีอนุกรมฟูเรียร์ เพื่อหาฮาร์โมนิกส์ที่ประกอบในแรงดันและกระแส วงจรเรียงกระแสชนิดต่างๆจะมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน

ตาราง จ.1 ค่าทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญที่นำมาชี้วัดประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส

ตัวแปร	ค่าหรือสัญลักษณ์ที่ใช้
ค่าเฉลี่ยของแรงดันทางด้านเอาต์พุต ที่จ่ายให้โหลด	V_{dc}
ค่าเฉลี่ยของกระแสทางด้านเอาต์พุต ที่จ่ายให้โหลด	I_{dc}
ค่ากำลังงานไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านเอาต์พุต	$P_{dc} = V_{dc} \cdot I_{dc}$
ค่า rms ของแรงดันทางด้านเอาต์พุต	V_{rms}
ค่า rms ของกระแสทางด้านเอาต์พุต	I_{rms}
ค่ากำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านเอาต์พุต	$P_{ac} = V_{rms} \cdot I_{rms}$
ค่าประสิทธิภาพของวงจรแปลงกำลังงาน	$\eta = P_{dc} / P_{ac}$
ค่าประสิทธิผล (rms)	$V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2}$
ค่า form factor	$FF = V_{rms} / V_{dc}$
ค่า ripple factor	$RF = V_{ac} / V_{dc}$ $= \sqrt{(V_{rms} / V_{dc})^2 - 1}$ $= \sqrt{FF^2 - 1}$
ค่า displacement factor	$DF = \cos\phi$
ค่า transformer utilization factor	$TUV = P_{dc} / V_s I_s$
ค่า harmonic factor	$HF = \sqrt{(I_s^2 - I_{s1}^2) / I_{s1}^2}$ $= \sqrt{(I_s / I_{s1})^2 - 1}$
ค่า power factor	$PF = (V_s I_{s1} / V_s I_s) \cos\phi$ $= (I_{s1} / I_s) \cos\phi$

2. การเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว (single-phase Half-wave Rectifier)

วงจรเรียงกระแสที่ไม่สามารถควบคุมได้แบบง่ายที่สุด คือการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว การเรียงกระแสแบบนี้จะไม่ใช้งานจริงในวงจรที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากประสิทธิภาพที่ต่ำมาก แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นวงจรที่มีประโยชน์มากในการศึกษาเพื่อให้มองเห็นแนวความคิดพื้นฐานของการเรียงกระแสได้ง่ายที่สุด

ในวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว แต่ละลูกคลื่นของไฟฟ้ากระแสสลับที่เข้ามาทางอินพุตจะสามารถผ่านออกไปยังโหลดที่ต่ออยู่ทางเอาท์พุตได้เพียงครึ่งเดียวเท่านั้น

โหลดที่ต่ออยู่ทางเอาต์พุตอาจจะเป็น R , RL หรือโหลด RL ที่มีไดโอดflywheel ต่ออยู่ด้วย ซึ่งจะได้พิจารณาตามลำดับดังต่อไปนี้

2.1 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นความต้านทาน (R Load)

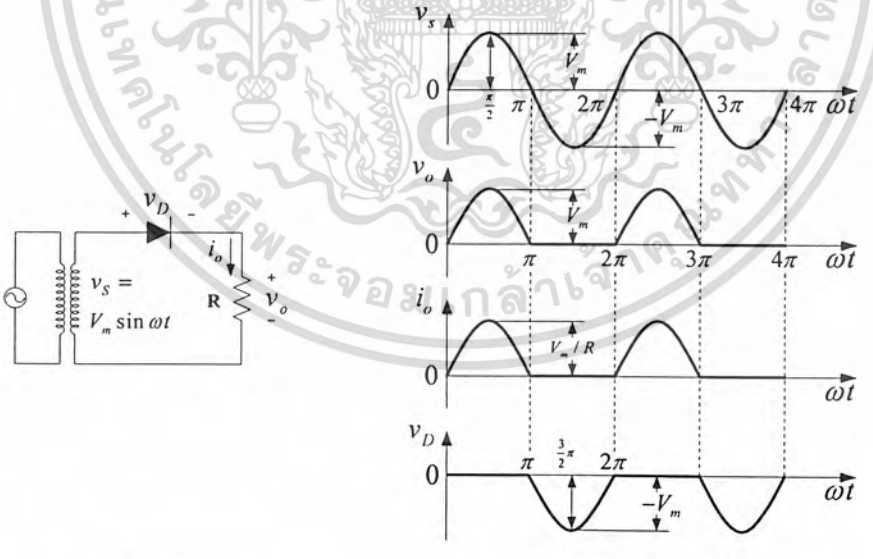
การเชื่อมต่อและวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นความต้านทานแสดงดังรูปที่ จ.28 (ก)

ในช่วงครึ่งคลื่นที่เป็นบวก ไดโอดจะได้รับไบอัสตรง และจะนำกระแสตั้งแต่เวลา $\omega t = 0^\circ$ จนถึง $\omega t = \pi$ ในช่วงเวลานี้ แรงดันทางด้านเอาต์พุตมีค่าเป็น

$$v_o = v_s$$

กระแสที่ไหลผ่านโหลดความต้านทาน มีค่าเป็น

$$i_o = \frac{v_o}{R}$$



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.28 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียว

ที่เวลา π แรงดันจะกลับเป็นศูนย์อีกครั้ง กระแสที่ไหลผ่านโหลดจะมีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน หลังจากนั้น เมื่อแรงดันกลับทิศทางเป็นตรงกันข้าม ไดโอด D จะได้รับไบอัสกลับ จึงหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำกระแส และเข้าสู่สภาวะต้านการไหลของกระแสในทิศทางย้อนกลับ (reverse blocking) แรงดันและกระแสทางด้านเอาต์พุตจะเท่ากับศูนย์ ตั้งแต่ช่วงเวลา $\omega t = \pi$ จนถึง $\omega t = 2\pi$ หลังจากนั้นไดโอดจะกลับมานำกระแสอีกครั้งเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในรอบแรกและซ้ำกันตลอดไป

ช่วงที่ไดโอดนำกระแส วงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน (R) จะมีรูปคลื่นของกระแสทางด้านเอาท์พุต i_o เหมือนกับแรงดันทางด้านเอาต์พุต v_o แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนำกระแสจะมีค่าเป็นศูนย์ รูปคลื่นของกระแสและแรงดันแสดงดังรูปที่ จ.28 (ข)

จากวงจร แหล่งจ่ายจะเป็นคลื่นไซน์ กล่าวคือ $v_s = V_m \sin \omega t$ โดยการใช้ KVL ในวงจรรูปที่ จ.28 (ก))จะได้

$$v_s = v_o + v_D$$

แรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุต (หรือของโหลด) คือ

$$\langle V_o \rangle = \frac{V_m}{\pi} \tag{3.1}$$

ค่าrms ของแรงดันทางด้านเอาต์พุตคือ

$$V_{or} = \frac{V_m}{2} \tag{3.2}$$

กระแสที่โหลดหรือไดโอดมีค่าเป็น

$$I = \frac{V_m}{R} \tag{3.3}$$

ค่าแรงดันสูงสุดขณะไบอัสกลับ PIV (peak inverse voltage) เป็นตัวแปรสำคัญในการออกแบบวงจรเรียงกระแส เนื่องจากเป็นค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดสูงสุดขณะต้านการไหลของกระแสในช่วงเวลาไบอัสกลับ จากรูปที่ จ.28

$$PIV = V_m = \sqrt{2} \cdot V_s \tag{3.4}$$

กำลังงานที่ถูกส่งไปยังโหลด หาได้จากค่า rms ของแรงดัน × ค่าrms ของกระแส

$$P_R = V_{or} \cdot I_{or} \tag{3.5}$$

$$P_R = I_{or}^2 R \tag{3.6}$$

ตัวประกอบกำลังงานทางด้านอินพุต (Input power factor) หาได้จาก

$$PF_{input} = \frac{V_{or} \cdot I_{or}}{V_s \cdot I_{or}} = \frac{V_{or}}{V_s} \tag{3.7}$$

$$= \frac{\sqrt{2} \cdot V_s}{2 \cdot V_s} = 0.707 \text{ ล้าหลัง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ (L Load)

วงจรในรูปที่ จ.29 เป็นวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ เมื่อสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $\omega t = 0$ ไดโอดจะเริ่มนำกระแส สามารถวิเคราะห์วงจรโดยใช้ KVL ได้

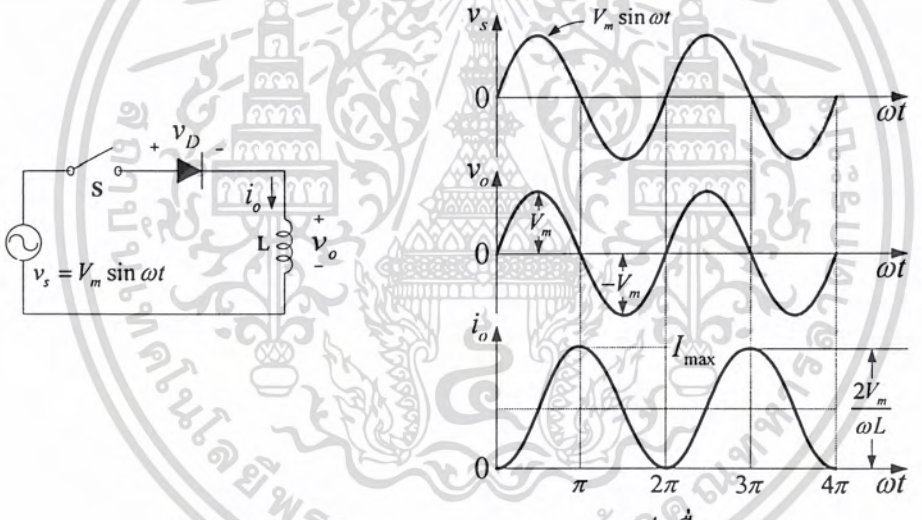
$$V_O = V_m \cdot \sin \omega t \tag{3.8}$$

หรือ

$$= -\frac{V_m}{\omega L} \cos \omega t + A \tag{3.9}$$

หาค่า A โดยเงื่อนไขตั้งต้น ที่เวลา $\omega t = 0$ กระแส $i_o = 0$ จะได้

$$0 = -\frac{V_m}{\omega L} + A$$



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.29 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ

แทนค่า A ลงในสมการ (3.9) จะได้

$$i_o = \frac{V_m}{L}\left(1 - \cos \omega t\right) \tag{3.10}$$

แรงดันเอาต์พุต

$$v_o = L\frac{di_o}{dt} = L\frac{V_m}{\omega L}\left[\sin \omega t\right]\omega$$
$$= V_m \sin \omega t$$

$$v_o = v_s \tag{3.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสเอาต์พุต i_o ประกอบด้วยแรงดันกระแสตรงและองค์ประกอบทางด้านความถี่หลักของ ω ค่าสูงสุดของกระแส $I_{\max}$ จะเกิดขึ้นที่ $\omega t = \pi$

$$I_{\max} = \frac{V_m}{\omega L}(1+1)$$
$$= \frac{2V_m}{\omega L}$$

กระแสเฉลี่ย
$$\langle I_o \rangle = \frac{1}{2} I_{\max}$$

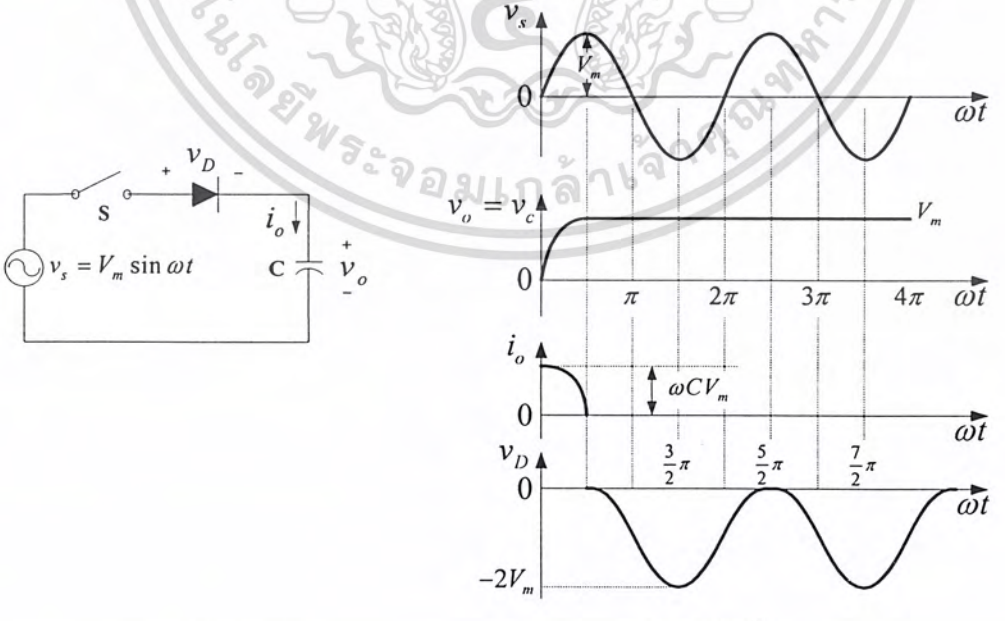
ค่า rms ของกระแสความถี่หลัก I_{1r} หาได้จาก

$$I_{1r} = \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi}\left(\frac{V_m}{\omega L}\right)^2 \int_0^{2\pi} (\cos \omega t)^2 \, d(\omega t)\right]}$$
$$= \frac{I_o}{\sqrt{2}}$$

กระแส rms จากการเรียงกระแส

$$I_{or} = \sqrt{I_o^2 + I_{1r}^2} = \sqrt{I_o^2 + \frac{I_o^2}{2}}$$
$$= 1.225 I_o$$

2.3 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ (C Load)



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.30 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ จ.30 (ก)เมื่อสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $\omega t = 0$ สามารถหากระแส i_o ได้จาก

$$i_o = \omega C V_m \cos \omega t \tag{3.12}$$

แรงดันเอาต์พุต

$$v_o = \frac{1}{C}\int i dt = V_m \sin \omega t$$

$$v_o = v_s = v_c \tag{3.13}$$

แรงดันเฉลี่ยที่ตกคร่อมไดโอดจะมีค่าเป็น

$$\langle v_D \rangle = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} V_m \sin(\omega t - 1)\, d(\omega t)$$

$$= V_m = \sqrt{2} \cdot V_s \tag{3.14}$$

ค่า rms ของความถี่หลักที่ตกคร่อมไดโอดหาได้จาก

$$V_{1r} = \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} V_m \sin^2 \omega t d(\omega t)\right]}$$

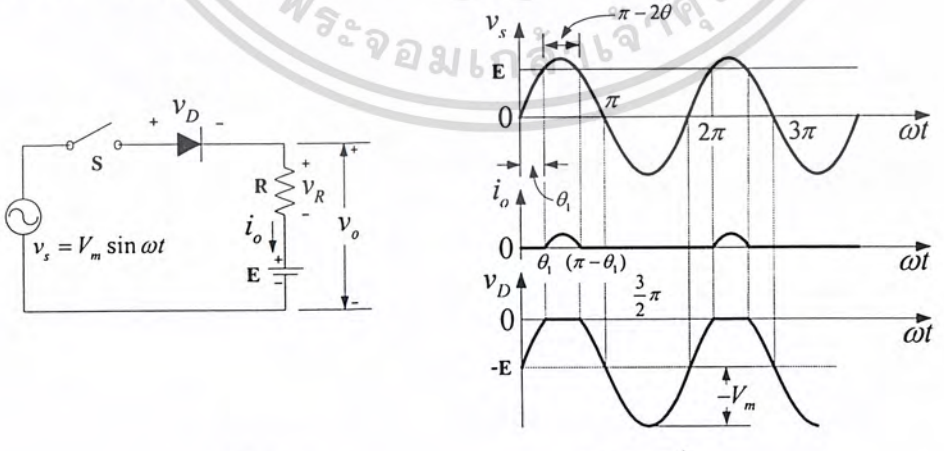
$$V_{1r} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \tag{3.15}$$

กระแส rms ของไดโอดคือ

$$I_{Drms} = \sqrt{V_D^2 + V_{1r}^2}$$

$$I_{Drms} = 1.225 V_m \tag{3.16}$$

2.4 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและแหล่งจ่ายกระแสตรง (RE Load)



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.31 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและแหล่งจ่ายกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและแหล่งจ่ายที่มีแรงดัน E แสดงดังรูปที่ จ.31 (ก) ถ้าสวิตช์ S ปิดวงจรที่เวลา $\omega t = 0^{o}$ หรือเมื่อ $v_s = 0$ แล้ว ไดโอดจะยังไม่นำกระแสที่เวลา $\omega t = 0^{o}$ เนื่องจากได้รับไบอัสกลับ และจะยังคงไม่นำกระแสจนกว่าแรงดัน v_s จะเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากกว่า E

เมื่อแรงดัน $V_m \sin\theta_1 = E$ ไดโอด D จะเริ่มนำกระแสโดยมุมเริ่มนำกระแส θ_1 สามารถคำนวณได้จาก

$$\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{E}{V_m}\right) \tag{3.17}$$

ไดโอดจะนำกระแสอยู่ในช่วงเวลา $\omega t = \theta_1$ ถึง $\omega t = (\pi - \theta_1)$ ดังนั้น ระยะเวลาในการนำกระแสของไดโอดจะเป็น $\pi - 2\theta_1$ ดังรูปที่ จ.31 (ข) ตลอดช่วงของการนำกระแส สมการแรงดันของวงจรมีค่าเป็น

$$V_m \sin\omega t = E + i_o R \tag{3.18}$$

หรือ

$$i_o = \frac{V_m \sin\omega t - E}{R} \tag{3.19}$$

ค่าเฉลี่ยของกระแสดังกล่าวหาได้จาก

$$\langle I_o \rangle = \frac{1}{2\pi R}\left[\int_{\theta_1}^{\pi-\theta_1} (V_m \sin\omega t - E)\, d(\omega t)\right]$$

$$= \frac{1}{2\pi R}\left[2V_m \cos\theta_1 - E(\pi - 2\theta_1)\right] \tag{3.20}$$

ค่า rms ของกระแสโหลด จากสมการ (3.20) คือ

$$I_{or} = \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi}\int_{\theta_1}^{\pi-\theta_1}\left(\frac{V_m \sin\omega t - E}{R}\right)\cdot d\omega t\right]}$$

$$= \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi R^2}\left\{\left(V_s^2 + E^2\right)\cdot(\pi - 2\theta_1) + V_s^2 \sin 2\theta_1 - 4V_m \cdot E\cos\theta_1\right\}\right]} \tag{3.21}$$

กำลังงานที่ส่งผ่านไปยังโหลด

$$P = E \cdot I_o + I_{or}^2 \cdot R \text{ วัตต์} \tag{3.22}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

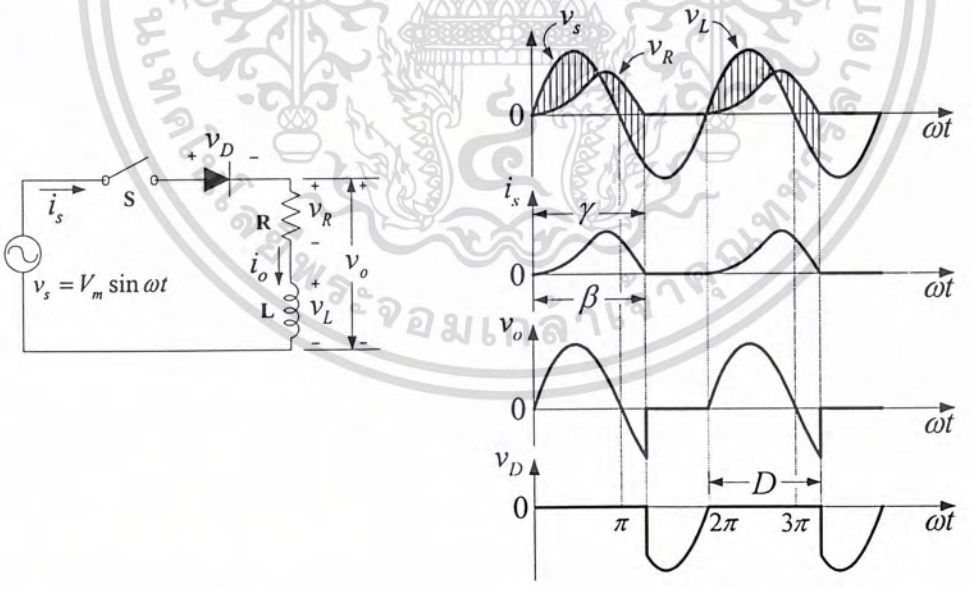
ค่าตัวประกอบกำลังของแหล่งจ่าย

$$\frac{\text{กำลังงานที่ส่งไปยังโหลด}}{\text{(แรงดันของแหล่งจ่าย) (กระแส rms จ่ายโดยแหล่งจ่าย)}}$$

$$= \frac{EI_o + I_{or}^2 R}{V_s I_{or}}$$

2.5 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ (RL Load)

ในวงจรที่มี RL เป็นโหลด ดังรูปที่ จ.32 (ก) นั้น กระแส i_0 ในวงจรจะยังคงไหลอยู่ ถึงแม้ว่าแรงดัน V_S จะตกลงสู่ค่าศูนย์และเป็นลบไปแล้วก็ตาม เนื่องจากมีค่าความเหนี่ยวนำ L อยู่ในวงจรของโหลด แรงดัน $V_R = i_0 R$ จะมีลักษณะรูปคลื่นเช่นเดียวกับ i_0 แรงดัน $V_L = V_S - V_R$ เป็นดังรูปที่ จ.32 (ข) กระแสจะไหลอยู่จนกระทั่งพื้นที่ของ A และ B เท่ากัน โดยพื้นที่ A แสดงถึงพลังงานที่เก็บสะสมใน L ส่วนพื้นที่ B เป็นพลังงานที่ L คายออกมา ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยแรงดันกระแสตรงของ L จะมีค่าเป็นศูนย์



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.32 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $i_O = 0$ ที่ $\omega t = \beta$ จะได้ค่า $V_L = 0$ $V_R = 0$ และแรงดัน V_S จะมีค่าเป็นลบและไบอัสกลับให้ไดโอด D ที่ $t = \beta$ แรงดัน V_D จะกระโดดจากค่าศูนย์ไปที่ $V_m \sin\beta$ (โดย $\beta > \pi$) และ $\beta = \gamma$ เป็นมุมในการนำกระแสของไดโอด

ค่าเฉลี่ยของแรงดันทางด้านเอาต์พุต

$$V_O = \frac{1}{2\pi}\int_0^3 V_m \sin\omega t.d(\omega t)$$

$$V_O = \frac{V_m}{2\pi}(1-\cos\beta) \qquad (3.23)$$

ค่าเฉลี่ยของกระแสที่เอาต์พุต

$$I_O = \frac{V_O}{R}$$

$$I_O = \frac{V_m}{2\pi R}(1-\cos\beta) \qquad (3.24)$$

สมการทั่วไป ของกระแสเอาต์พุต i_o ที่เวลา $0 < \omega t < \beta$ สามารถหาได้ดังต่อไปนี้

เมื่อไดโอดในวงจรรูปที่ จ.32 (ก) นำกระแส ใช้กฎ KVL จะได้

$$R_{io} + L\frac{di_o}{dt} = V_m \sin\omega t$$

กระแสทางด้านเอาต์พุตที่ส่งไปยังโหลด จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือกระแสในสภาวะคงตัว i_s และกระแสชั่วขณะ i_t

กระแสในสภาวะคงที่หาได้จาก

$$i_s = \frac{V_m}{\sqrt{R_l^2 + X^2}}\sin(\omega t - \phi) \qquad (3.25)$$

เมื่อ 0 เป็นมุมต่างเฟสของกระแส I_s ที่ล้าหลัง V_s โดย $\phi = \tan^{-1}\frac{X}{R}$ และ $X = \omega L$

กระแสชั่วขณะหาได้จากการตอบสนองธรรมชาติของวงจรขณะไม่มีการป้อนแหล่งจ่าย เมื่อใช้ KVL จะได้

$$Ri + L\frac{di_t}{dt} = 0$$

ค่ากระแสที่ได้คือ

$$i_t = Ae^{-\frac{R}{L}t} \qquad (3.26)$$

จะได้กระแสรวมเป็น $i_o = i_s + i_t$ ตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_o = \frac{V_m}{Z}\sin(\omega t - \phi) + Ae^{-\frac{R}{L}t} \qquad (3.27)$$

เมื่อ Z = $\sqrt{R^2 + X^2}$

ค่าคงที่ A สามารถหาได้จากการกำหนดขอบเขตที่ $\omega t = 0$ คือ ที่เวลา $\omega t = 0$ จะมีค่ากระแส $i_o = 0$ ดังนั้นจากสมการ (3.27)

$$0 = -\frac{V_m}{Z}\sin(\phi) + Ae^0$$

$$A = \frac{V_m}{Z}\sin\phi \qquad (3.28)$$

แทนสมการ (3.28) ลงในสมการ (3.27) จะได้

$$i_o = \frac{V_m}{Z}\left[\sin(\omega t - \phi) + \sin\phi \cdot e^{-\frac{R}{L}t}\right] \qquad (3.29)$$

ดังจะเห็นได้จากรูปคลื่นสัญญาณในรูปที่ จ.32 (ข) เมื่อ $\omega t = \beta$ กระแส i_t มีค่าเป็นศูนย์ จากสภาวะนี้ จะได้สมการที่ (3.29) ใหม่เป็น

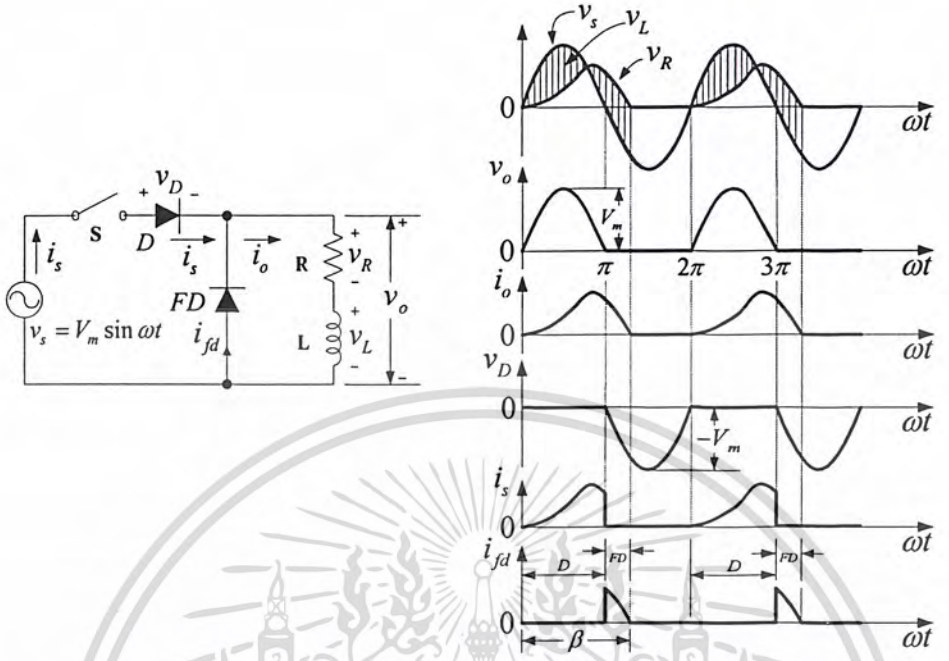
$$\sin(\beta - \phi) + \sin\phi \cdot e^{-\frac{R}{\omega L}\beta} = 0 \qquad (3.30)$$

สมการ(3.30) สามารถนำไปหาค่ามุมหยุดนำกระแสไดโอดได้

2.6 วงจรเรียงกระแสที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำพร้อมฟรีวิลลิ่งไดโอด

วงจรเรียงกระแสที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำสามารถนำมาเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นโดยการใส่ฟรีวิลลิ่งไดโอด คร่อมไว้กับโหลด ดังแสดงในรูปที่ จ.33(ก) แรงดันที่ได้ตรงเอาต์พุตจะมีค่าเป็น $v_o = v_s$ ที่เวลา $0 \le \omega t \le \pi$ ในขณะที่เวลา $\omega t = \pi$ นั้น แรงดันจากแหล่งจ่าย v_s มีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากกระแส i_o ในที่มาจากการคายพลังงานของ L ในวงจรของโหลดไม่เท่ากับศูนย์ หลังจากเวลา $\omega t = \pi$ แรงดัน v_s จะเริ่มกลับทิศ แรงดันขั้วลบของ v_s จะปรากฏที่แคโทดของ FD ผ่านไดโอด D ที่นำกระแส เหตุการณ์ดังกล่าวเป็นผลให้ FD ได้รับไบอัส ตรง ผลที่ได้ก็คือ กระแส i_o จะไหลผ่าน D และ FD ทันทีที่ v_s เริ่มกลับทิศทาง จึงกล่าวได้ว่า หลังจากเวลา $\omega t = \pi$ กระแส i_s ของไดโอดมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้แรงดันย้อนกลับของไดโอด D มีค่าเป็น V_m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.33 วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวแบบมีฟรีวิลลิ่งไดโอด

หลังจากเวลา $\omega t = \pi$ ไปแล้ว กระแสจะไหลโดยอิสระในวงจรของโหลด RL และไดโอด FD พลังงานที่สะสมใน L จะเริ่มถูกปล่อยผ่าน PIV และจะหมดลงที่เวลา $\omega t = \beta < 2\pi$ ทั้งนี้ขึ้นอยู่ค่าของ L และ R กระแสอาจไม่ลดลงจนกลายเป็นศูนย์หลังจากผ่านเวลา $\omega t = 2\pi$ ไปแล้วก็เป็นได้ สำหรับกรณีนี้เรียกว่าวงจรทำงานในโหมดนำกระแสต่อเนื่อง(continuous conduction) แต่จากตัวอย่าง กระแสโหลดกลายเป็นศูนย์ก่อนเวลา $\omega t = 2\pi$ ซึ่งถือว่าอยู่ในโหมดการนำกระแสแบบไม่ต่อเนื่อง (discontinuous conduction)

ประโยชน์ที่ได้รับจากใช้ไดโอดฟรีวิลลิ่งคือ

1. ป้องกันกระแสเอาต์พุตหรือกระแสโหลด ไม่ให้ไหลกลับทิศทาง

2. ประสิทธิภาพของระบบสูงขึ้นเนื่องจากพลังงานที่สะสมในขดลวดเหนี่ยวนำถูกปลดปล่อยผ่าน R

3. กระแสโหลด (สังเกตจากรูปคลื่น) เรียบขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพของโหลดสูงขึ้น

รูปคลื่นต่างๆได้แก่ v_s, v_o, i_o, v_D, i_s และ i_{fd} แสดงไว้ในรูปที่ จ.33 (ข)

แรงดันเฉลี่ยทางด้านเอาต์พุตคือ

$$\langle V_o \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

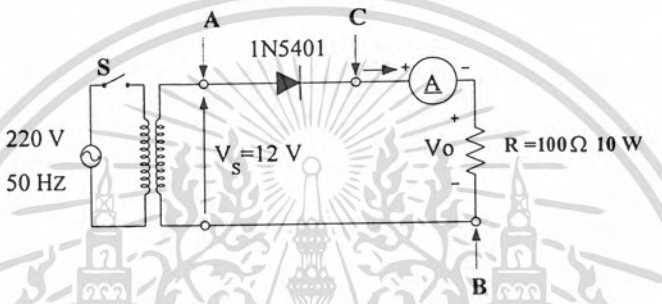
$$\langle V_o \rangle = \frac{V_m}{\pi} \tag{3.31}$$

กระแสเฉลี่ยทางด้านเอาต์พุตคือ

$$\langle I_o \rangle = \frac{V_m}{\pi R} \tag{3.32}$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 3.1



รูปที่ ง.34 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทาน

1. ต่อวงจรตามรูป จ.34
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert
   2.2 แกน X= 5ms/CM
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัด และบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ
4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด)ที่วัดได้

   Vo = ...18.1.....V

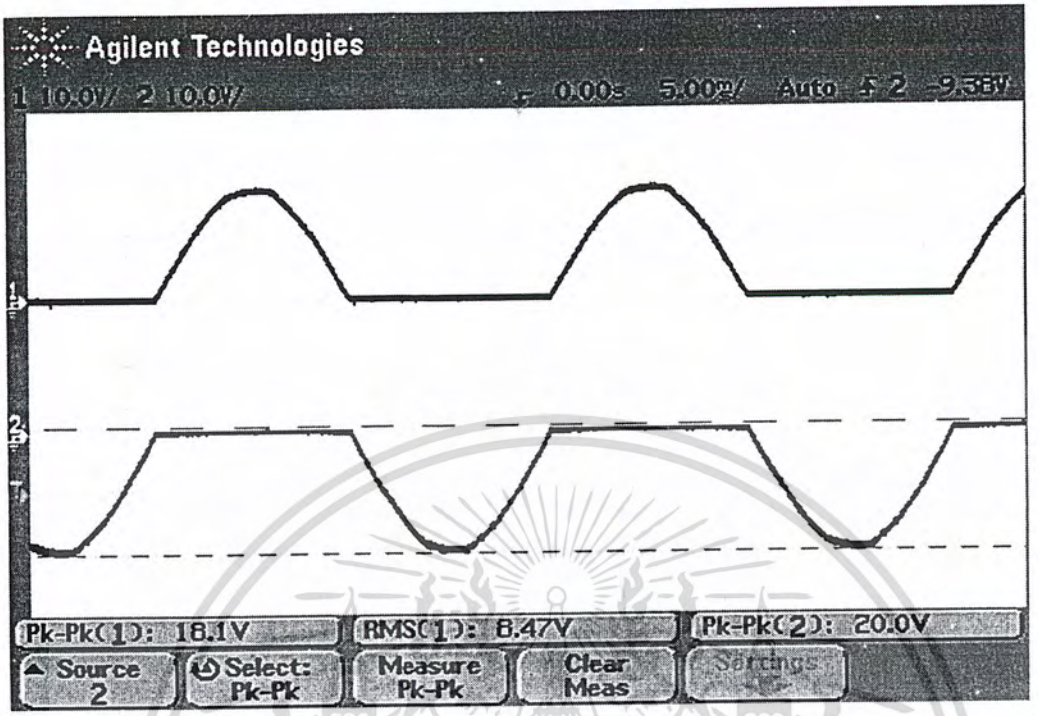
   V_D = ...18.5.....V
5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

   Io = ...0.3.....A
6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่าของ

   แรงดันที่เอาต์พุต Vo = ...16.97.....V

   กระแสที่โหลดหรือไดโอดมีค่าเป็น I = ...0.1697.....A

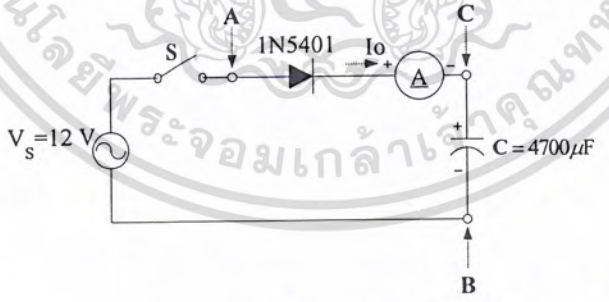
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.35 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด และโหลดความต้านทาน

การทดลองที่ 3.2

1. ต่อวงจรตามรูป จ.36



รูปที่ จ.36 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวที่มีโหลดเป็นตัวเก็บประจุ

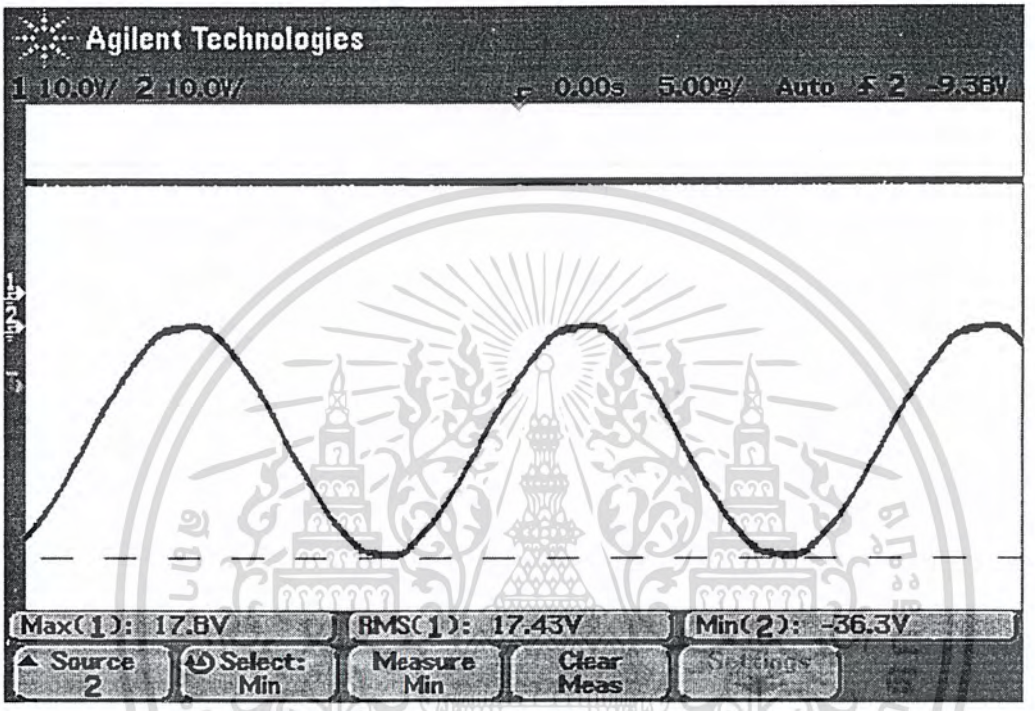
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert

2.2 แกน X= 5ms/CM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด Aและให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.37 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด และโหลดคาปาซิเตอร์

4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด)ที่วัดได้

Vo = ……17.8……V

V_D = ……-36.3……V

5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

Io = ……0.5……A

6. คำนวณหาค่าของ

แรงดันที่เอาต์พุต Vo = ……16.97……V

กระแสที่โหลดหรือไดโอดมีค่าเป็น I = ……0.53……A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

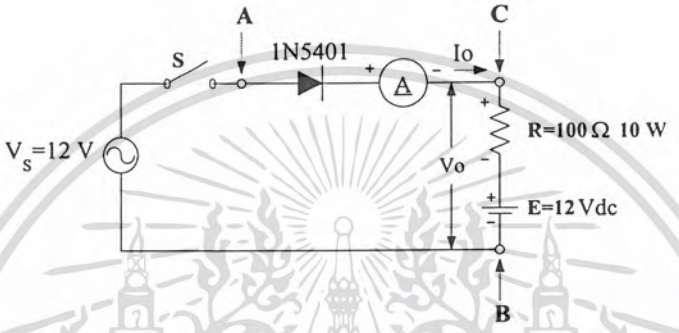
การทดลองที่ 3.3

1.ต่อวงจรตามรูป จ.38

2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

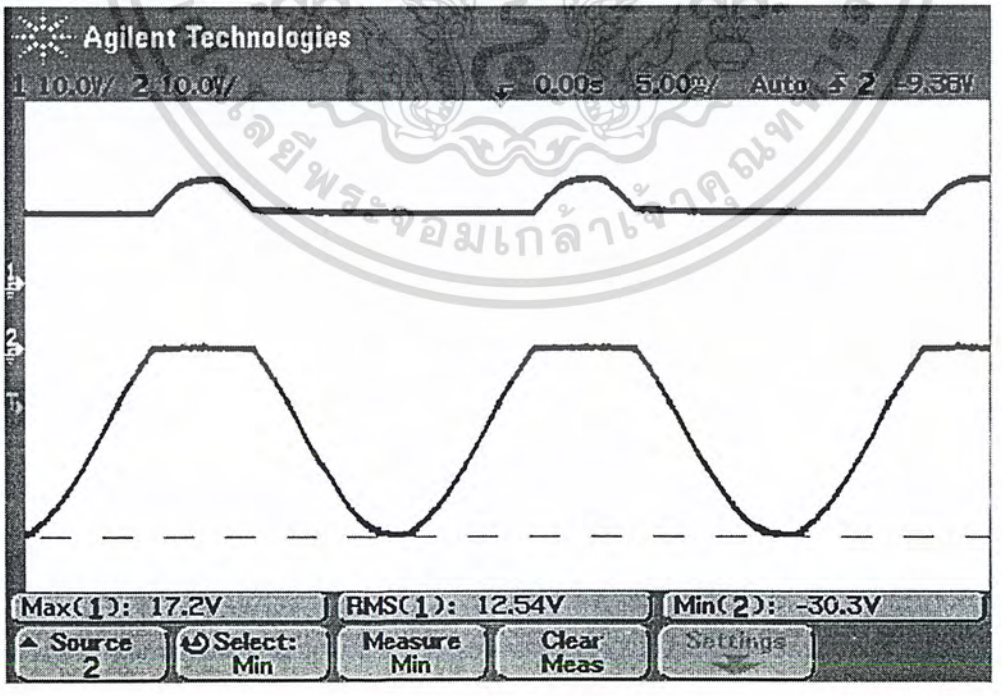
2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert

2.2 แกน X= 5ms/CM



รูปที่ จ.38 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RE

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัด และบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.39 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอดและโหลด RE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด)ที่วัดได้

Vo = ...17.2.....V

V_D = ...-30.3.....V

5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

Io = ...1.5.....A

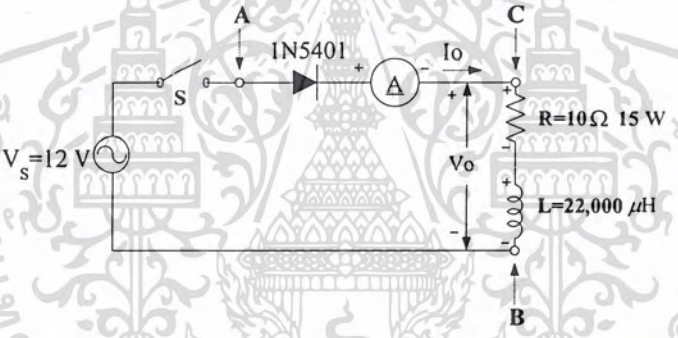
6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่าของ

แรงดันที่เอาต์พุต Vo = ...16.97.....V

ค่าเฉลี่ยกระแสที่โหลด Io = ...1.75.....A

การทดลองที่ 3.4

1. ต่อวงจรตามรูป จ.40



รูปที่ จ.40 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RL

2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert

2.2 แกน X= 5ms/CM

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัด และบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด) ที่วัดได้

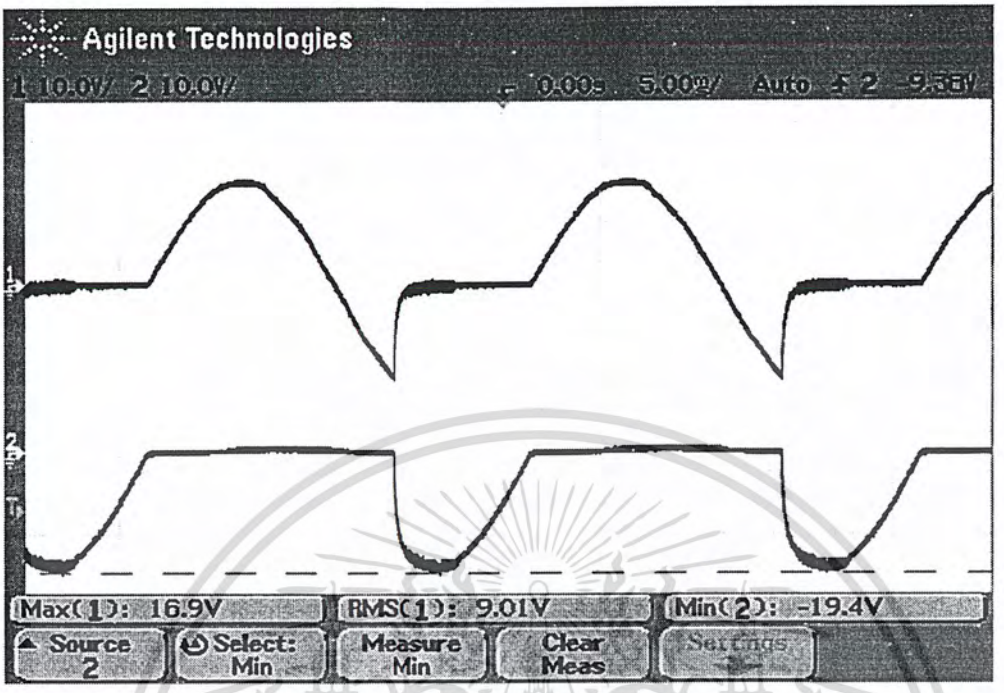
Vo = ...16.9.....V

V_D = ...-19.4.....V

5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

Io = ...0.4.....A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.41 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด และโหลด RL

6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่าของ

ค่าเฉลี่ยของแรงดันที่เอาต์พุต (Vo) = ...4.926.....V

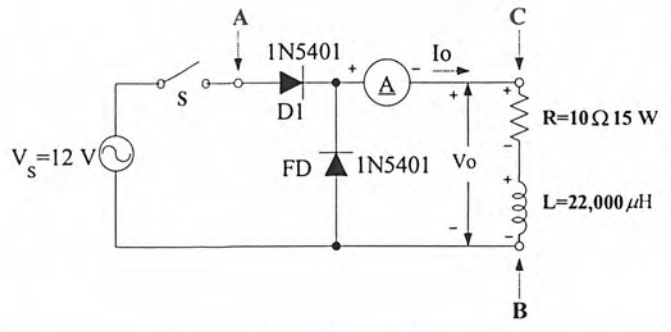
ค่าเฉลี่ยกระแสที่เอาต์พุต (Io) = ...0.492.....A

การทดลองที่ 3.5

1. ต่อวงจรตามรูป จ.42
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2== Invert

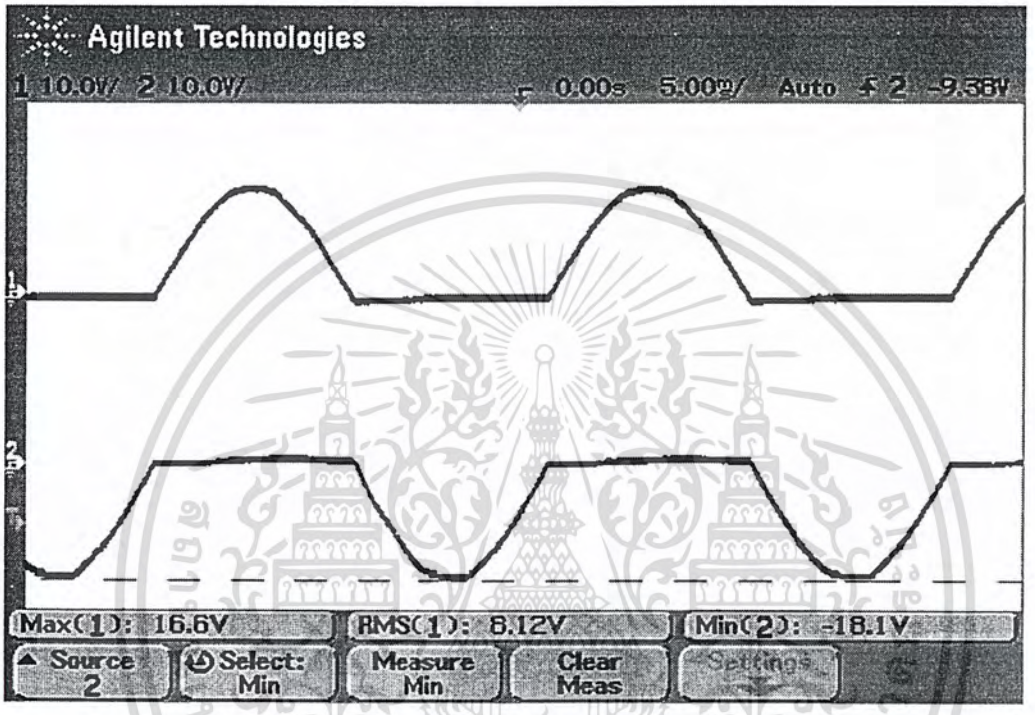
2.2. แกน X= 5ms/CM



รูปที่ จ.42 วงจรการทดลองการเรียงกระแสครึ่งคลื่นเฟสเดียวโหลด RL แบบ Freewheeling Diodes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัด และบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.43 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด และโหลด RL แบบ Freewheeling Diodes

4. อ่านค่าแรงดัน Vo (แรงดันที่เอาต์พุต) และค่า V_D (แรงดันที่ตกคร่อมไดโอด) ที่วัดได้

Vo = ...16.6.....V

V_D = ...-18.1.....V

5. วัดและอ่านค่ากระแส Io ได้ว่า

Io = ...0.16.....A

6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่าของ

ค่า rms แรงดันที่เอาต์พุต Vrms = ...8.485.....V

ค่ากระแส rms มีค่า I_{rms} = ...0.0845.....A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ความจุ 50 วัตต์ต่อชั่วโมง ต้องประจุกระแสอย่างต่อเนื่อง ที่อัตรา I_{dc} = 5 แอมป์ จากหม้อแปลงที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบ เป็น 2:1 ต่อเข้ากับไฟบ้านแรงดัน 120 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ จงหา

(ก) มุมนำกระแส δ ของไดโอด (δ อ่านว่า delta)

(ข) ตัวความต้านทานจำกัดกระแส R

(ค) อัตราการทนกำลังของตัวความต้านทาน P_R

(ง) แรงดันย้อนกลับสูงสุดของไดโอด

วิธีทำ

จาก $E = 12\,\text{V}, V_P = 120\,\text{V}, V_s = V_P/n = 120/2 = 60, V_m = \sqrt{2}V_s = \sqrt{2}\times 60 = 84.85\text{V}$

(ก) มุมนำกระแส δ ของไดโอด

จากสมการ (3.17)

$$\alpha = \sin^{-1}\left[\frac{12}{84.85}\right]$$

$$= 8.13^o \quad \text{หรือ } 0.1419 \text{ เรเดียน}$$

และ

$$\beta = 180 - 8.13 = 171.87^o$$

มุมกระแสของไดโอดมีค่าเป็น

$$\delta = \alpha - \beta = 171.87 - 8.13 = 163.74^o$$

(ข) จากกระแสเฉลี่ยในการประจุที่ต้องการ I_{dc}

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta}\frac{V_m \sin\omega t - E}{R}\,d(\omega t)$$

$$= \frac{1}{2\pi R}\left(2V_m\cos\alpha + 2E\alpha - \pi E\right)$$

จะได้

$$R = \frac{1}{2\pi R}\left(2V_m\cos\alpha + 2E\alpha - \pi E\right)$$

$$= \frac{1}{2\pi\times 5}\left[2\times 84.85\times\left(\cos 8.13^o\right) + \left(2\times 12\times 0.1419\right) - \left(\pi\times 12\right)\right]$$

$$= 4.26\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) อัตราการทนกำลังของตัวความต้านทาน P_R

จาก

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta}\frac{\left(V_m \sin\omega t - E\right)^2}{R^2}d\left(\omega t\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2\pi R^2}\left[\left(\frac{V_m^2}{2}+E^2\right)\left(\pi-2\alpha\right)+\frac{V_m^2}{2}\sin 2\alpha - 4V_m E\cos\alpha\right]}$$

$$= \sqrt{67.4} = 8.2 \text{ แอมป์}$$

$\therefore$ อัตราการทนกำลังของ R คือ

$$P = I^2 \cdot R = \left(8.2\right)^2 \times 4.26 = 286.4 \text{ วัตต์}$$

(ง) ระยะเวลาในการประจุ (เป็นชั่วโมง)

เนื่องจากกำลังที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่คือ

$$P_{dc} = EI_{dc} = 12\times 5 = 60 \text{ วัตต์}$$

และหาเวลาในการประจุเต็มได้จาก

$$hP_{dc} = 100\%$$

ดังนั้นระยะเวลาในการประจุคือ

$$h = \frac{100}{P_{dc}} = \frac{100}{60} = 1.667 \text{ ชั่วโมง}$$

(จ) ประสิทธิภาพในการเรียงกระแส η หาได้จาก

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{dc}+P_R} = \frac{60}{60+286.4} = 17.32\%$$

(ฉ) แรงดันย้อนกลับสูงสุดของไดโอด PIV

$$PIV = V_m + E = 84.85 + 12 = 96.85 \text{ โวลต์}$$

2. จงหาค่า V_{RRM} ที่เหมาะสมสำหรับไดโอดที่ใช้ในวงจรการทดลองที่ 3.1

แรงดันประมาณ 16.97 V

3. คำนวณหาค่ากระแสทางด้านเอาต์พุตของวงจรทดลองที่ 3.4

$$< I_O >= \frac{1}{2\pi R}\left[2V_m\cos\theta_1 - E\left(\pi - 2\theta_1\right)\right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{1}{2\pi \times 100}\left[2 \times 16.97 \times \cos 45^{o} - 12(180-90)\right]$$
$$= \frac{1}{628}\left[23.999 + 1080\right]$$
$$= (0.00159)(1103.99)$$
$$= 1.75 \quad \text{A}$$

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองการเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียว

3.1 เมื่อวัดแรงดันตกคร่อมโหลดเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายเราจะได้สัญญาณทางด้านเอาต์พุตแค่ครึ่งคลื่นเพราะคุณสมบัติของไดโอดที่ยอมให้กระแสไหลผ่านได้ทิศทางเดียว ส่วนที่เหลือจะตกคร่อมไดโอด

3.2 แรงดันที่ตกคร่อมโหลดที่เป็นตัวเก็บประจุนั้นจะให้สัญญาณไฟฟ้าออกมาในลักษณะเรียบไม่เป็นคลื่นของสัญญาณส่วนแรงดันตกคร่อมไดโอดจะเป็นแรงดันของแหล่งจ่ายของคลื่นซีกลบเพราะไดโอดยอมให้กระแสไหลผ่านได้ทิศทางเดียว

3.3 การเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นที่ใช้ไดโอดแล้วมีโหลดเป็นความต้านทานต่ออยู่กับโหลดที่เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง สรุปได้ว่ารูปคลื่นสัญญาณที่ปรากฏทางด้านเอาต์พุตนั้นต้องมีค่ามากกว่าโหลดแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงส่วนที่เหลือนั้นจะตกคร่อมไดโอดที่นำมาเรียงกระแส

3.4 และ 3.5 สรุปได้ว่ารูปสัญญาณของวงจรที่เรายังไม่ต่อไดโอดฟรีวิลลิ่งนั้นรูปคลื่นสัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่ตกคร่อมความต้านทานต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำและรูปคลื่นที่วัดตกคร่อมไดโอดจะไม่เรียบเนื่องจากตัวเหนี่ยวนำมีการหดตัวและยุบตัวดังนั้นการทดลองที่ใส่ฟรีวิลลิ่งขนานกับโหลดทำให้รูปคลื่นที่วัดได้มีความเรียบ หรือกล่าวได้ว่าในการเพิ่มไดโอดฟรีวิลลิ่งเข้าไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโหลดให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4

วงจรเรียงกระแสแบบ Single-phase Full-wave mid-point diode rectifier

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นเฟสเดียวด้วยไดโอดได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นเฟสเดียวด้วยไดโอดได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆตามการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นเฟสเดียวด้วยไดโอดได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย ทั้งต่อเครื่องมืออุปกรณ์ และโดยเฉพาะตัวนักศึกษาเอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

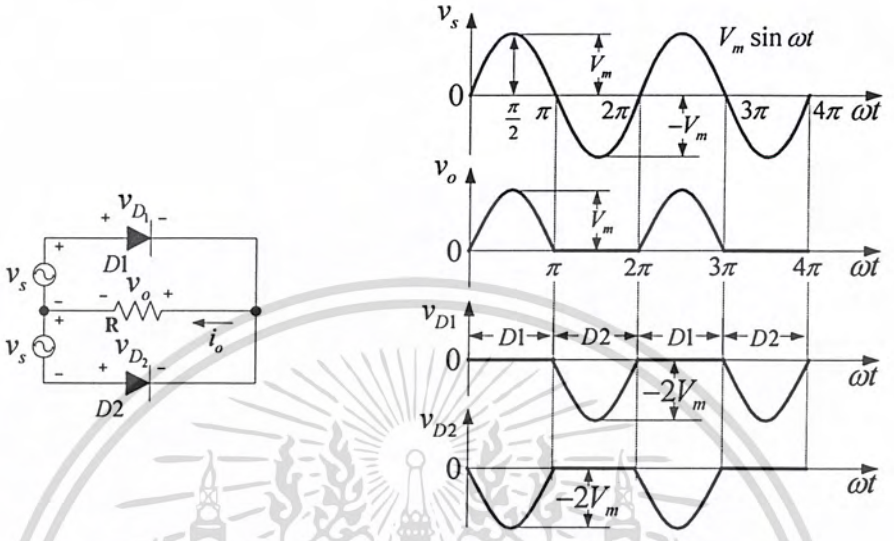
1. แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1เครื่อง

ทฤษฎี

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงสองขด (Center tapped transformer) ที่ใช้ไดโอด แสดงดังรูปที่ จ.44 (ก) เพื่อให้พิจารณาง่ายขึ้น จึงสมมติให้อัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดหม้อแปลงทั้งสองข้างเป็น 1:1 เมื่อแรงดันที่จุด a เป็นบวก (เทียบกับจุด b) ไดโอด D_2 จะได้รับไบอัสกลับด้วยค่าแรงดัน $2V_S$ ในครึ่งคลื่นต่อไป D_1 จะได้รับแรงดันไบอัสกลับ $2V_S$ นี้เช่นกัน ดังนั้นในวงจรเรียงกระแสแบบนี้ แรงดัน PIV ของไดโอดจะมีค่าเป็น $2V_m$ รูปคลื่นในรูปที่ จ.44 (ข) แสดงให้เห็นว่า ในแต่ละรอบของแรงดันอินพุต จะปรากฏแรงดันเอาต์พุตจำนวน 2 พัลซ์ด้วยกัน ดังนั้นวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบนี้จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า single-phase two-pulse diode rectifier และเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากไม่ปรากฏแรงดันกระแสตรงไหลในขดลวดของหม้อแปลง จึงไม่ทำให้เกิดการอิ่มตัวของแกนเหล็ก



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.44 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงสองขด

จากวงจรในรูปที่ จ.44 (ก) สามารถหาค่าต่างๆ ได้คือ

แรงดันเอาต์พุตเฉลี่ย

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_m \sin \omega t \; d\left(\omega t\right)$$

$$= \frac{V_m}{\pi}\left(-\cos \omega t\right)_0^{\pi} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$= 0.6366\, V_m$$

กระแสเอาต์พุตเฉลี่ย

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R}$$

ค่า *rms* ของแรงดันทางด้านเอาต์พุต

$$V_{or} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_m{}^2 \sin^2 \omega t d\left(\omega t\right)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = V_s$$

ค่า *rms* ของกระแสโหลด

$$I_{or} = \frac{V_s}{R}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังงานที่โหลดได้รับ

$$P_L = V_{or} . I_{or} = I^2_{or} . R$$

ค่าโวลต์แอมแปร์ของอินพุต

$$VA = V_s . I_{or}$$

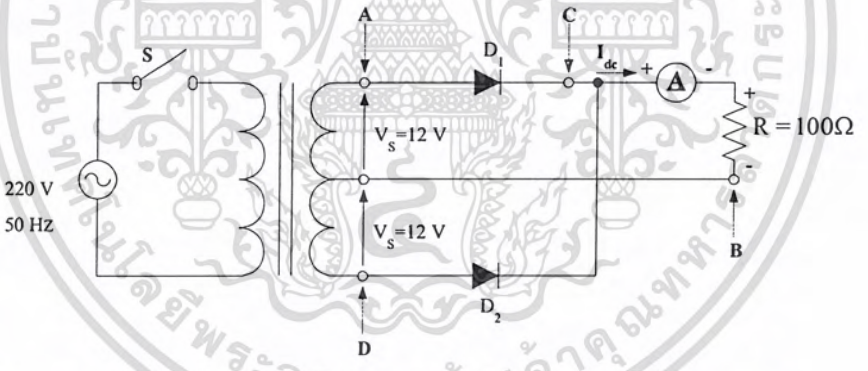
ค่า pf ของอินพุต

$$pf = \frac{V_{or} . I_{or}}{V_s . I_{or}} = 1$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 4.1

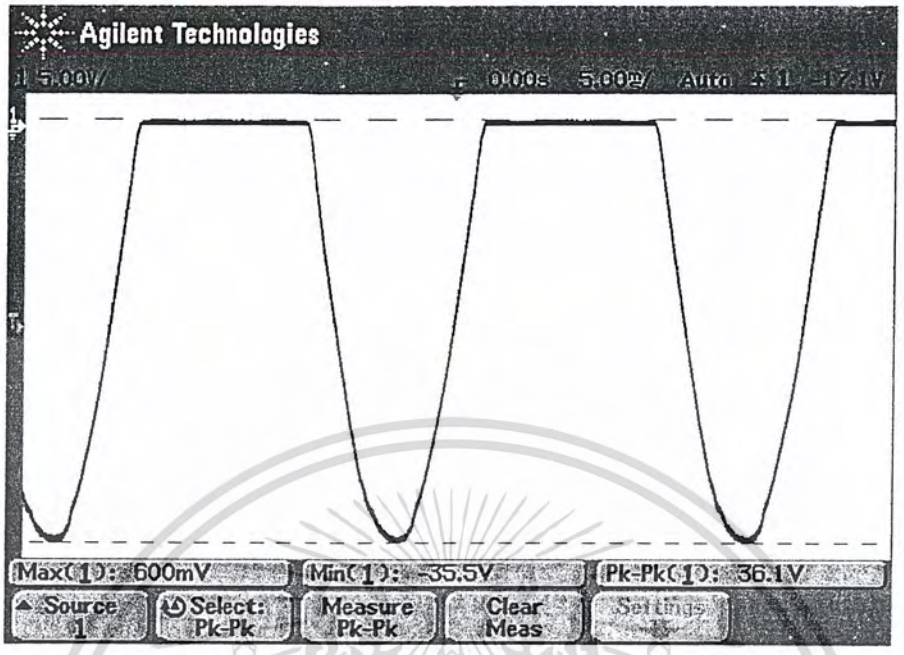
1. ต่อวงจรตามรูป จ.45
2. ปรับออสซิลโลสโคปดังนี้
   2.1 แชนแนล Y1=Y2 10V/CM และ Y2= Invert
   2.2 แกน X= 5ms/CM



รูปที่ จ.45 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงแท็ปกลาง

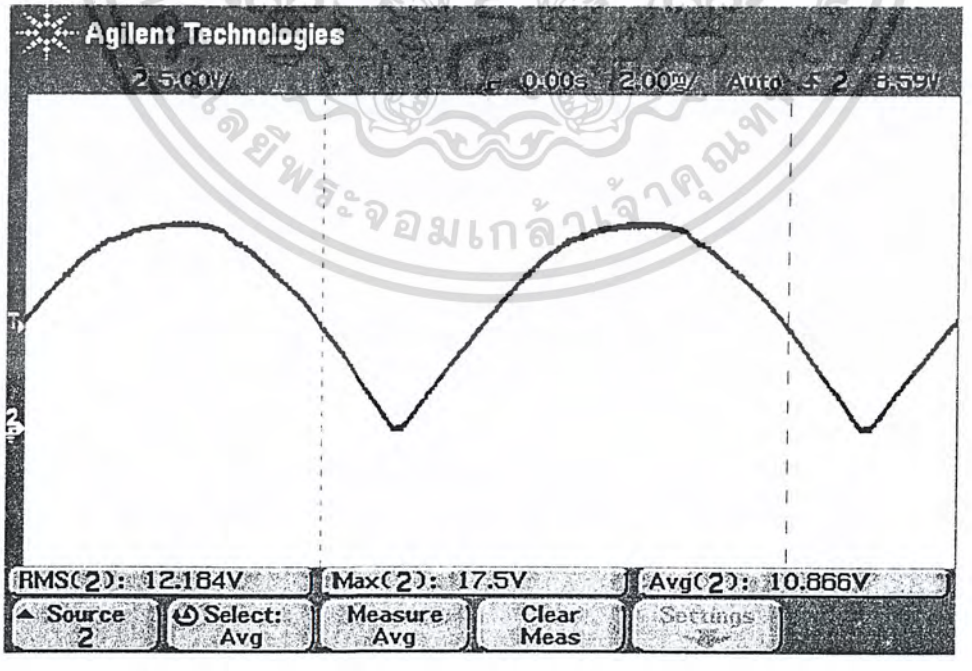
3. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด C เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมโหลดโดยใช้จุด C เป็นจุดดิน วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



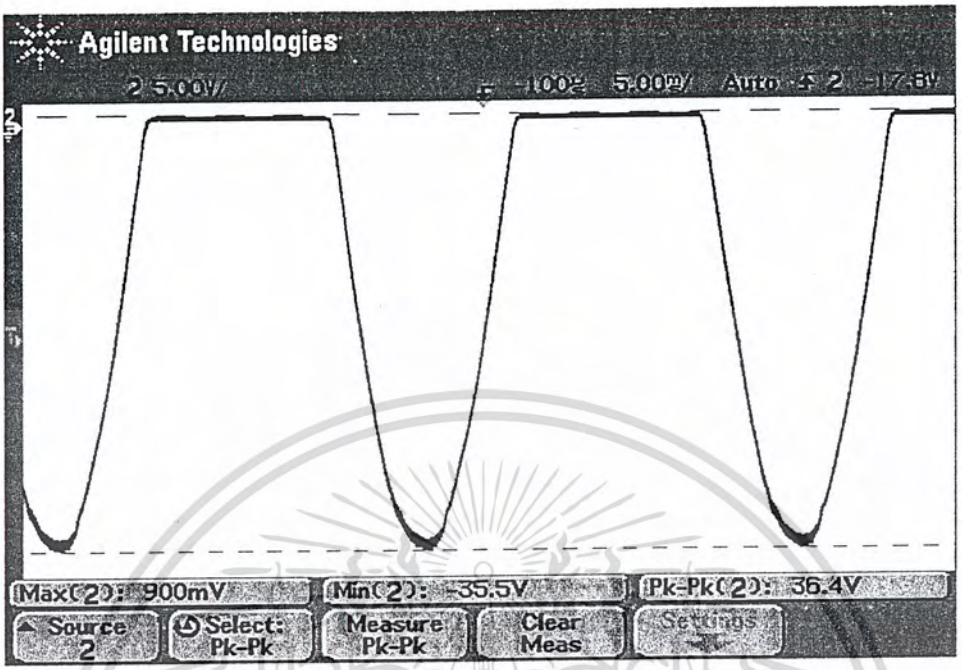
รูปที่ จ.46 กราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D1

4. ย้ายเชนแนล Y1 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 2 ที่จุด D และให้จุด C เป็นจุดดิน บันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.47 กราฟกราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมโหลดความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.48 กราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D2

5. นำมัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแสไฟตรง Adc =10A

I_o= .....0.2.....A

6. คำนวณหาค่าต่างๆดังนี้

กระแสเอาท์พุตเฉลี่ย I_o= .....0.108.....A

แรงดันเอาท์พุตเฉลี่ย V_o = ...10.8.....V

กำลังงานที่โหลดได้รับ P_L=.....1.44.....W

คำถามท้ายการทดลอง

1.จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่า Vo และ Io ของวงจรทดลองและเปรียบเทียบค่าที่วัดได้

แรงดันเฉลี่ยเอาต์พุต $V_{DC} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{33.94}{3.14} = 10.8$ V

กระแสเฉลี่ยเอาต์พุต $I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{10.8}{100} = 0.108$ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จากการทดลอง อยากทราบว่าค่าแรงดัน PIV ของไดโอด D1 และ D2 ที่เกิดขึ้นในวงจรมีค่าเท่าไร แสดงวิธีการคำนวณ

แรงดันย้อนกลับสูงสุดของไดโอด

$$PIV = 2V_m$$
$$= 2 \times 16.97$$
$$= 33.94$$

3. จงคำนวณหาค่า *form factor*

$$form\ factor = \frac{0.707V_m}{0.6366V_m}$$

$$= \frac{0.707 \times 16.97}{0.6366 \times 16.97}$$

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าไม่ว่าจะเป็นสัญญาณรูปคลื่นบวกหรือรูปคลื่นลบที่เข้ามาทางอินพุต ในวงจรนี้จะทำให้รูปคลื่นสัญญาณที่วัดได้จากเอาต์พุตนั้นได้รูปคลื่นที่เป็นบวก ส่วนแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดนั้นจะเท่ากับสองเท่าของแรงดันสูงสุดที่จ่ายให้กับวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5

การทดลองวงจร Single-phase Full-wave circuit and Freewheeling diode

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายการทดลองวงจร Single-phase Full-wave circuit and Freewheeling diode ได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจร Single-phase Full-wave circuit and Freewheeling diode ได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆ การทดลองวงจร Single-phase Full-wave circuit and Freewheeling diode ได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

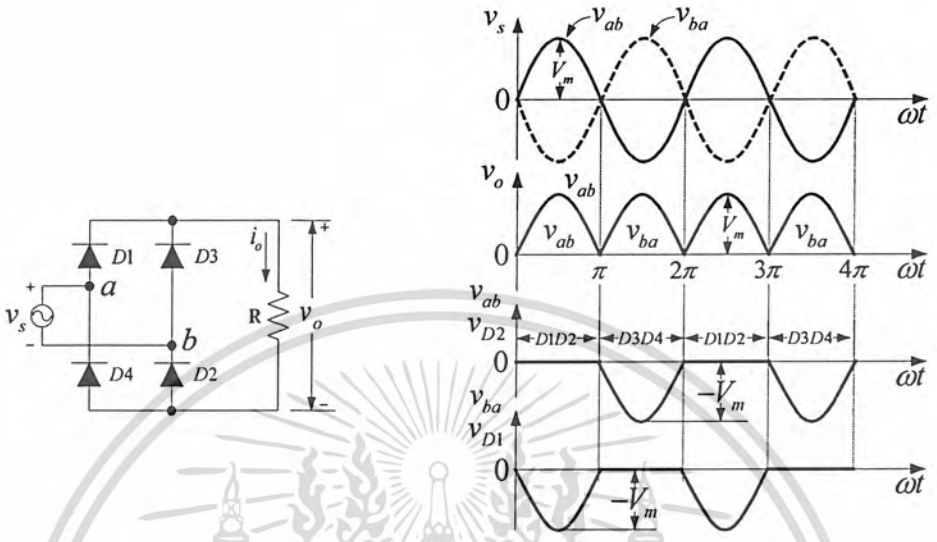
1.	แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2.	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3.	ดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4.	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1 เครื่อง

ทฤษฎี

1.วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ แสดงดังรูปที่ จ.49 (ก) เมื่อแรงดันที่จุด a เป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด b ไดโอด D_1 และ D_2 จะนำกระแสพร้อมกัน แรงดันเอาท์พุตที่ได้จะมีค่าเป็น v_{ab} ส่วนไดโอด D_3 และ D_4 ต่างก็ได้รับไบอัสกลับด้วยแรงดัน v_s เมื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายกลับทิศ ทำให้แรงดันที่จุด b เป็นบวกเมื่อเทียบกับ a ไดโอด D_1 และ D_2 จะได้รับไบอัสกลับ ส่วนไดโอด D_3 และ D_4 นำกระแสให้แรงดันเอาท์พุตเป็น v_{ba} รูปคลื่นทั้งหมดแสดงในรูปที่ จ.49(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.49 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ มีค่า PIV ของไดโอดแต่ละตัวเท่ากับ V_m ในขณะวงจรกระแสคลื่นเต็มแบบใช้หม้อแปลงสองขดจะมีค่า PIV ของไดโอดแต่ละตัวเท่ากับ $2V_m$ วงจรชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดหม้อแปลง นิยมใช้กันมาก

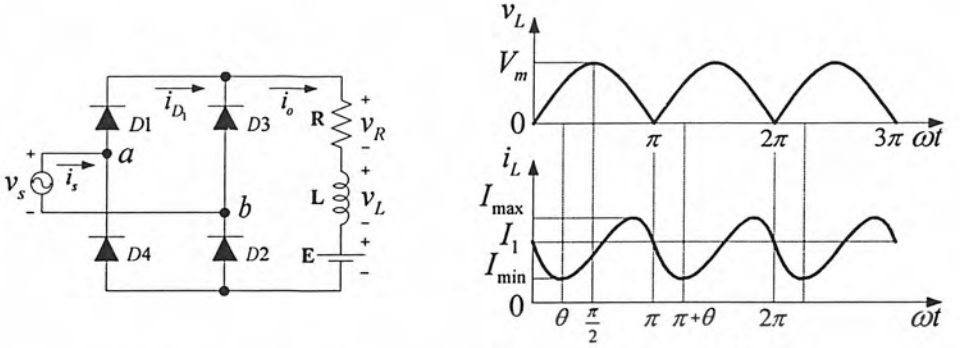
2.วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น ที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ

สำหรับวงจรที่มีโหลดเป็นตัวความต้านทานบริสุทธิ์นั้น ในช่วงที่ไดโอดนำกระแสจะมีลักษณะรูปคลื่นทางเอาท์พุตที่เหมือนกลับทางอินพุต แต่ในงานอีเล็กทรอนิกส์กำลังส่วนใหญ่ มักมีโหลดเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ ซึ่งมีลักษณะของแรงดันและกระแสทางด้านเอาท์พุตที่ต่างออกไป ขึ้นอยู่กับค่าของความต้านทาน R และโหลด L วงจรในรูปที่ จ.50(ก) เป็นวงจรเรียงกระแสที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เป็นการยกตัวอย่างกรณีทั่วไปที่อธิบายได้ครบถ้วน จะมีการเพิ่มโหลดที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง E เข้ามาอีกด้วย

ถ้าหากแหล่งจ่ายมีค่าเป็น $v_s = V_m \sin \omega t = \sqrt{2}V_s \sin \omega t$ แล้ว สามารถหากระแสของขดลวดเหนี่ยวนำ i_L ได้เป็น

$$L\frac{di_L}{dt} + Ri_L + E = \sqrt{2}V_s \sin \omega t$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.50 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น ที่มีโหลดเป็นความต้านทานและขดลวดเหนี่ยวนำ

และจะได้ค่า i_L ดังสมการ

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\omega t - \theta) + A_1 e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{E}{R} \qquad (5.1)$$

เมื่ออิมพิแดนซ์ของโหลดมีค่าเป็น $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ และสามารถหาค่ามุมของอิมพิแดนซ์ของโหลดได้จาก $\theta = \tan^{-1}(\omega L/R)$

เนื่องจากการนำของกระแสไดโอดในวงจรขึ้นอยู่กับค่าของ E ดังนั้นในวงจรเรียงกระแสแบบนี้ จึงมีลักษณะการนำกระแสของไดโอดใน 2 แบบ คือ

กรณีที่ 1 กระแสโหลดไหลอย่างต่อเนื่อง (continuous load current)

ค่าคงที่ A_1 ในสมการ (5.1) หาได้จากการกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น คือที่เวลา $\omega t = \pi$

กระแสโหลด $i_L = I_1$

$$A_1 = \left(I_1 + \frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_S}{Z}\sin\theta \right) e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} \qquad (5.2)$$

แทนสมการ (5.2) ลงในสมการ (5.1) จะได้

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\omega t - \theta) + \left(I_1 + \frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta \right) e^{\frac{R}{L}\bullet\left(\frac{\pi}{\omega} - t\right)} \qquad (5.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวงจรทำงานในสภาวะคงตัว $i_L(\omega t = 0)$ จะมีค่าเท่ากับ $i_L(\omega t = \pi)$ นั่นคือ เมื่อกำหนดค่าตามเงื่อนไข $i_L(\omega t = 0) = I_1$ จะได้ค่า I_1 เป็น

$$I_1 = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(-\theta) + \left[1 + \frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta\right]e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - \frac{E}{R}$$

$$= -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\theta) + I_1 e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} + \frac{E}{R}e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - \frac{E}{R}$$

$$I_1 - I_1 e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} = -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\theta)\left[1 + e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right] + \frac{E}{R}e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - \frac{E}{R}$$

$$I_1\left[1 - e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right] = -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\theta)\left[1 + e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right] - \frac{E}{R}\left[1 - e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]$$

$$I_1 = -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\theta)\frac{\left[1 + e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]}{\left[1 - e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]} - \frac{E}{R} \qquad (5.4)$$

คูณด้วย $e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}$ ทั้งบนและล่าง

$$I_1 = -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta\frac{e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\left[1 + e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]}{e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\left[1 - e^{\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]} - \frac{E}{R}$$

$$= -\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta\frac{\left[1 + e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}\right]}{\left[e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} - 1\right]} - \frac{E}{R}$$

$$I_1 = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin\theta\frac{1 + e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}}{1 - e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}} - \frac{E}{R} \qquad \text{สำหรับ } I_1 \geq 0 \qquad (5.5)$$

เมื่อแทนสมการ (5.5) ลงใน (5.3) แล้ว จะได้

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\left[\sin(\omega t - \theta) + \frac{2}{1 + e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}}}\sin\theta e^{-\frac{R}{L}t}\right] - \frac{E}{R} \qquad (5.6)$$

ที่เวลา $0 \leq \omega t \leq \pi$ และ $i_L > 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากระแส rms ของไดโอดจากสมการ (5.6) จะมีค่าตามสมการ

$$I_r = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} i_L^2 d(\omega t)} \qquad (5.7)$$

และค่า rms ของเอาท์พุตสามารถหาได้จากการรวมกระแส rms ของไดโอดทั้งสองตัว คือ

$$I_{or} = \sqrt{I_r^2 + I_r^2}$$
$$= \sqrt{2} I_r \qquad (5.8)$$

ค่ากระแสเฉลี่ยของไดโอดแต่ละตัว สามารถหาได้จากสมการ (5.6) เช่นกัน คือ

$$I_d = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} i_L d(\omega t) \qquad (5.9)$$

กรณีที่ 2 กระแสโหลดไหลอย่างไม่ต่อเนื่อง (discontinuous load current)

ในกรณีนี้กระโหลดจะไหลในช่วงเวลา $\alpha \le \omega t \le \beta$ เท่านั้น และที่เวลา $\omega t = \alpha$ ไดโอดจะเริ่มนำกระแสซึ่งสามารถหามุม α ได้จาก

$$\alpha = \sin^{-1}\frac{E}{V_m} \qquad (5.10)$$

ที่ $\omega t = \alpha$ นั้น $i_L(\omega t) = 0$ สมการ (5.2) จะมีค่าเป็น

$$A_1 = \left[\frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\alpha - \theta)\right] e^{-\frac{R}{L}\bullet\frac{\pi}{\omega}} \qquad (5.11)$$

หลังจากที่นำ (5.11) ไปแทนค่าลงใน(5.1)แล้ว จะได้กระแสโหลดเป็น

$$i_L = \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\omega t - \theta) + \left(\frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\alpha - \theta)\right) e^{-\frac{R}{L}\bullet\left(\frac{\omega t - \alpha}{\omega}\right)} - \frac{E}{R} \qquad (5.12)$$

ที่ $\omega t = \beta$ กระแสตกลงสู่ศูนย์ และ $i_L(\omega t = \beta) = 0$ นั่นคือ

$$\frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\beta - \theta) + \left(\frac{E}{R} - \frac{\sqrt{2}V_s}{Z}\sin(\alpha - \theta)\right) e^{-\frac{(R/L)(\alpha - \beta)}{\omega}} - \frac{E}{R} = 0$$

ค่าของ β สามารถหาได้จากการทดลองเปลี่ยนค่า β ในสมการ โดยเริ่มต้นจากการสมมติให้ $\beta = 0$ แล้วเพิ่มขึ้นทีละน้อย จนด้านซ้ายมือของสมการมีค่าเท่ากับศูนย์วิธีดังกล่าวเรียกว่า trial and error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแส rms ของไดโอดของสมการ (5.12) คือ

$$I_r = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} i_L^2 d(\omega t)} \qquad (5.13)$$

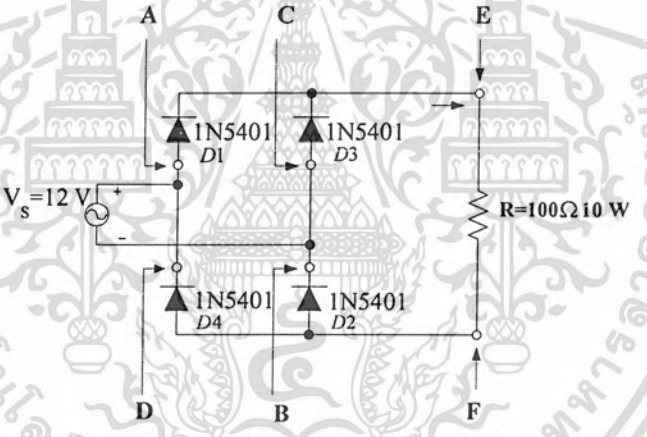
ค่ากระแสเฉลี่ยของไดโอด สามารถหาได้จากสมการ (5.12) เช่นกัน คือ

$$I_d = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\pi} i_L d(\omega t) \qquad (5.14)$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 5.1

1. ต่อวงจรตามรูป จ.51

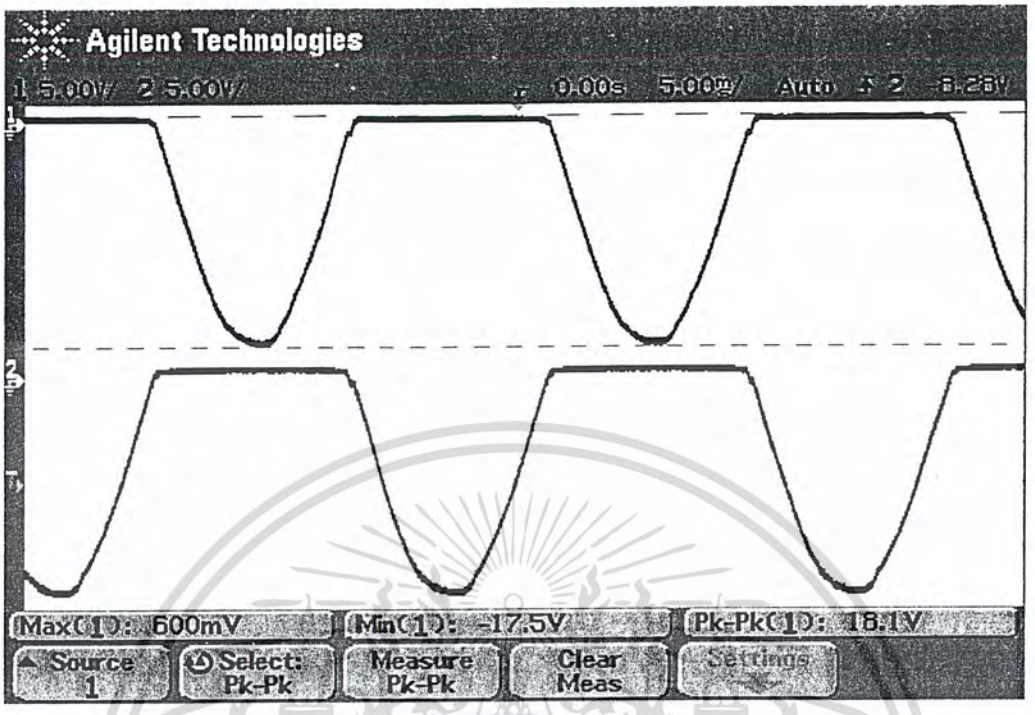


รูปที่ จ.51 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นที่มีโหลดเป็นความต้านทาน

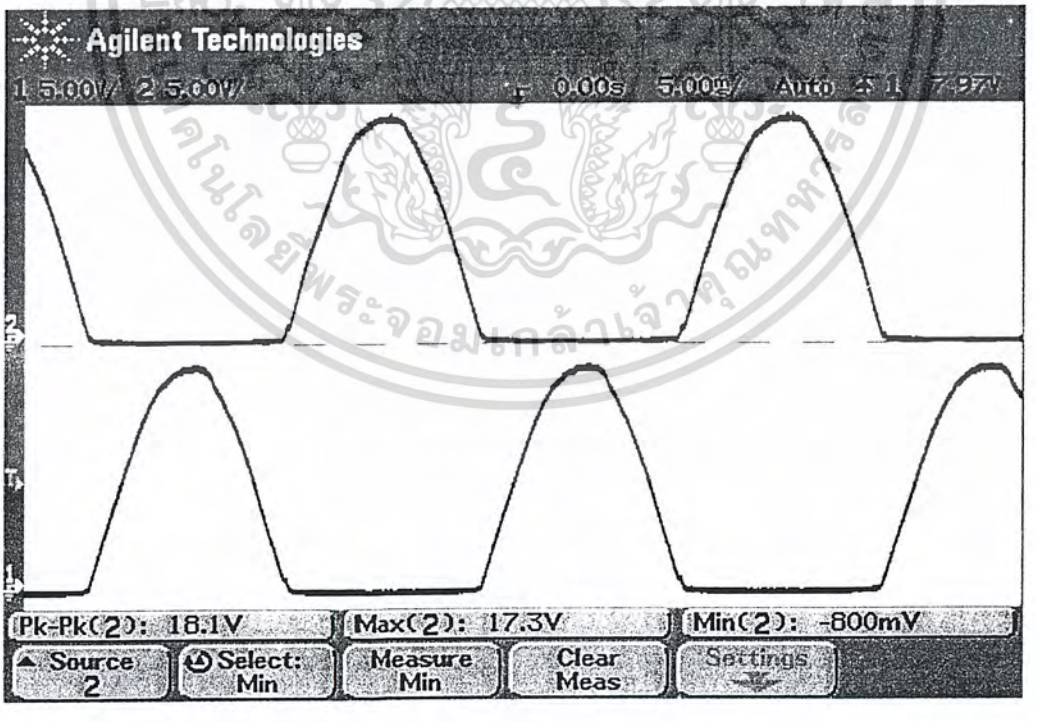
2. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด E เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมไดโอดตัวที่ 3 ที่จุด C วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

3. ย้ายแชนแนล Y1 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 4 ที่จุด D และย้ายแชนแนล Y2 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 2 ที่จุด B ให้จุด F เป็นจุดดิน วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



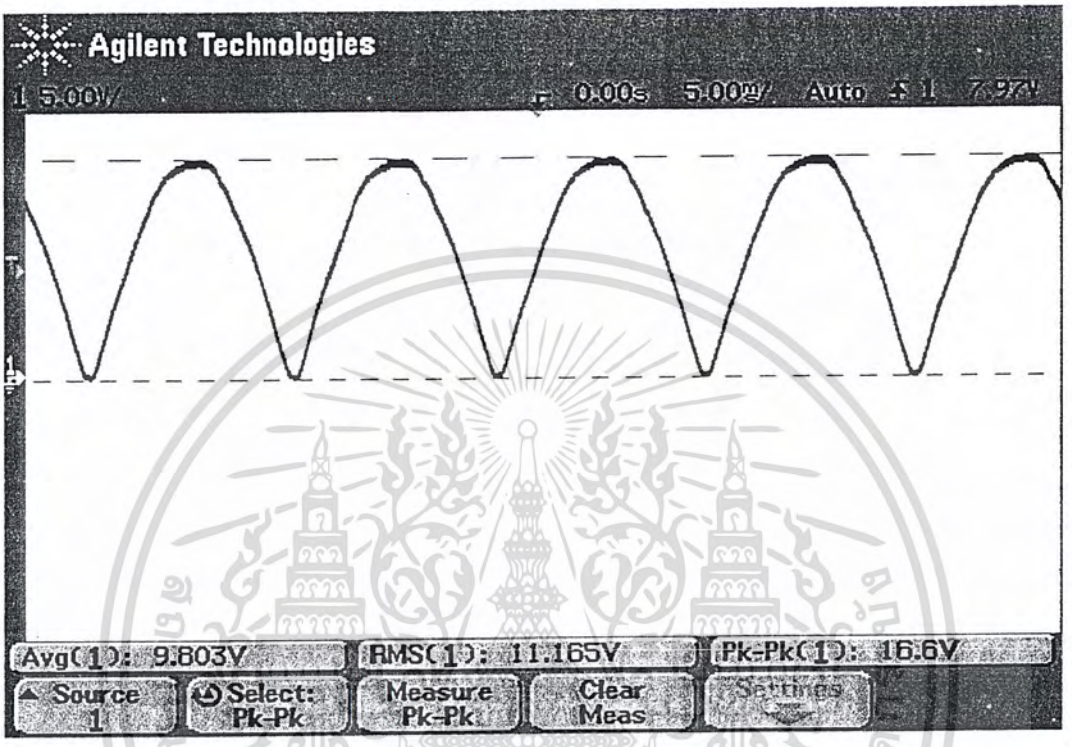
รูปที่ จ.52 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 และ D3



รูปที่ จ.53 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D2 และ D4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ย้ายแชนแนล Y1 มาวัดแรงดันตกคร่อมโหลดที่จุด E โดยให้จุด F เป็นจุดดิน วัดและบันทึกค่าแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.54 สัญญาณแรงดันตกคร่อม

5. บันทึกค่าแรงดันตกคร่อมที่โหลด

(Vo) = ...0.8.....V

6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่า

แรงดันเฉลี่ยเอาต์พุต (Vo) = ...10.8.....V

กระแสเฉลี่ยเอาต์พุต (Io) = ...0.108.....A

กำลังงานที่โหลด Po = ...1.16.....W

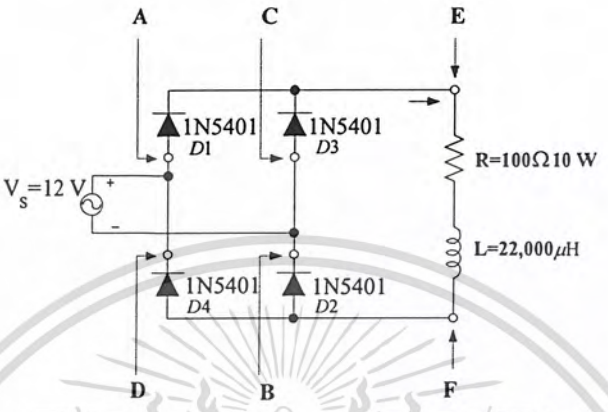
กำลังงานอินพุต Ps = ...1.16.....W

ค่า pf ของแหล่งจ่าย = ...0.89 ล้าหลัง.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

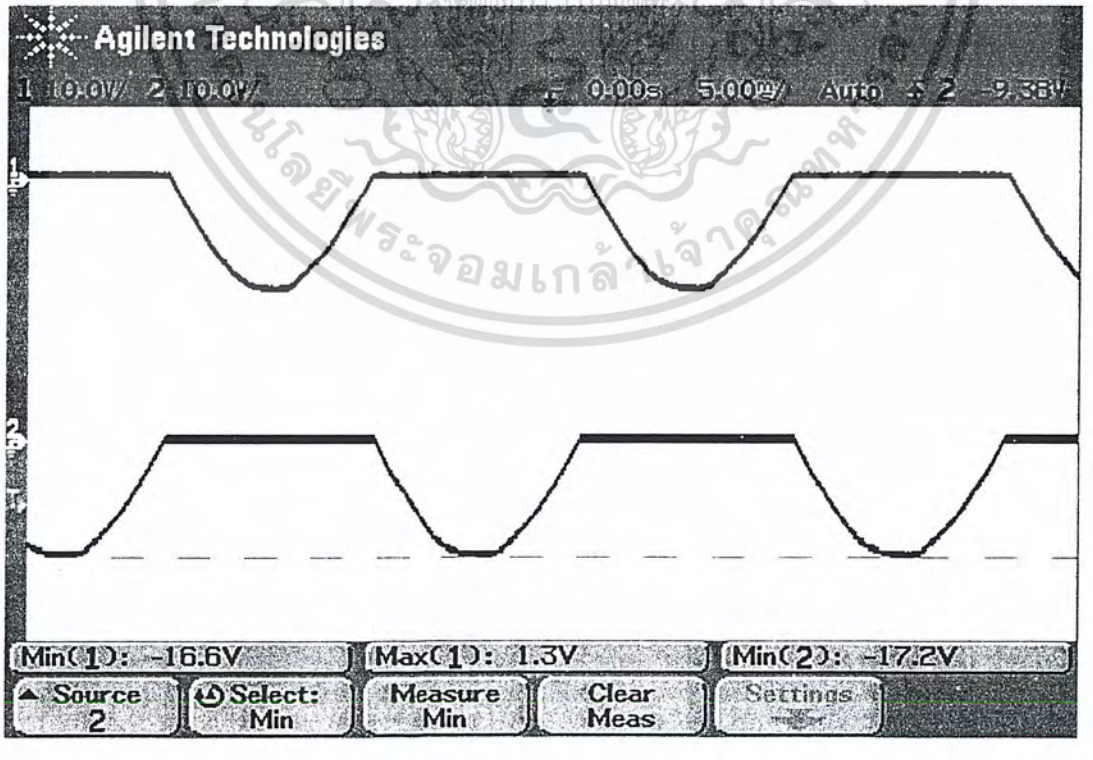
การทดลองที่ 5.2

1. ต่อวงจรตามรูป จ.55



รูปที่ จ.55 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นโหลด RL

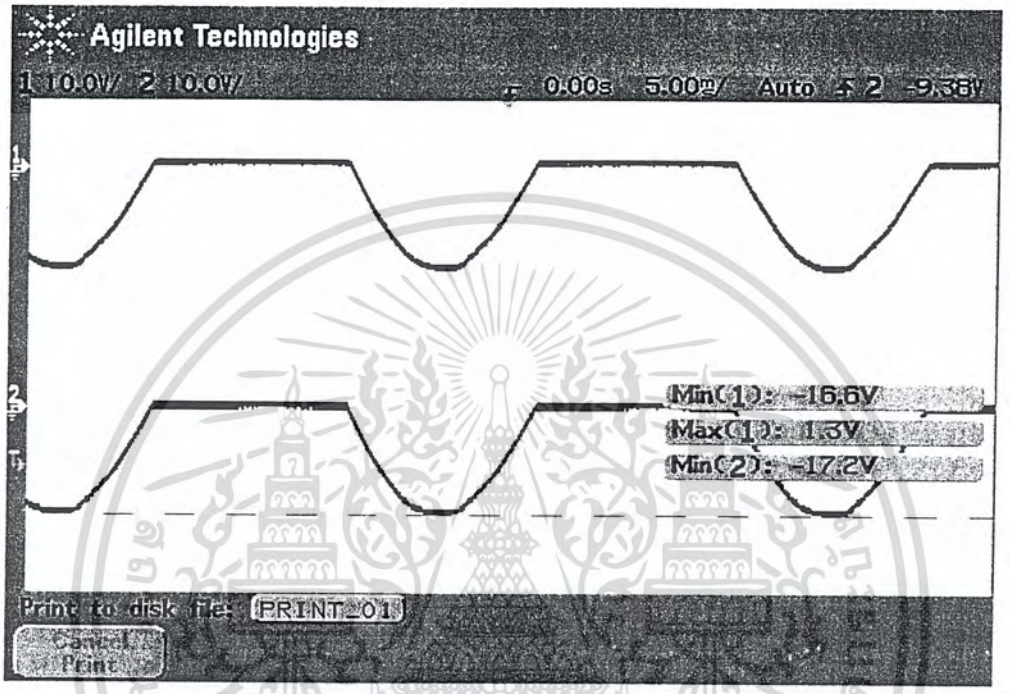
2. ต่อออสซิลโลสโคป แชนแนล Y1 วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1 โดยต่อเข้าที่จุด A และให้จุด E เป็นจุดดิน และใช้แชนแนล Y2 วัดแรงดันตกคร่อมไดโอดตัวที่ 3 ที่จุด C วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.56 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 และ D3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ย้ายแชนแนล Y1 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 4 ที่จุด D และย้ายแชนแนล Y2 มาวัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 2 ที่จุด B ให้จุด F เป็นจุดดิน วัดและบันทึกรูปคลื่นแรงดันลงในกราฟ



รูปที่ จ.57 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด D2 และ D4

4. ย้ายแชนแนล Y1 มาวัดแรงดันตกคร่อมโหลดที่จุด E โดยให้จุด F เป็นจุดดิน วัดและบันทึกค่าแรงดันลงในกราฟ

5. บันทึกค่าแรงดันตกคร่อมที่โหลด

(Vo) = ...12.5.....V

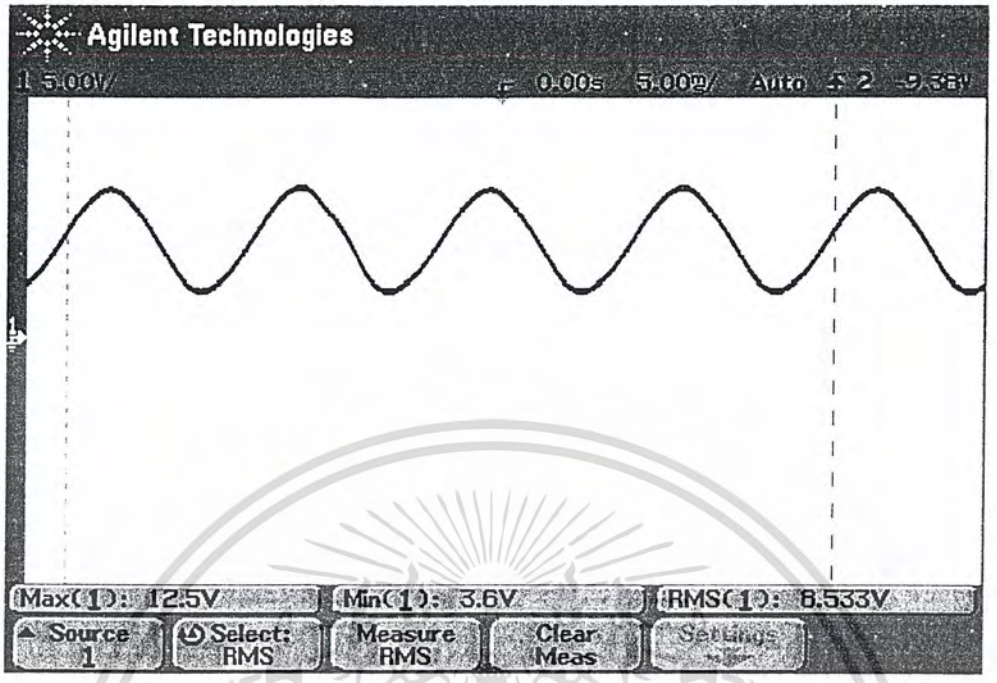
6. ให้ผู้ทดลองคำนวณหาค่า

แรงดันเฉลี่ยเอาต์พุต(Vo) = ...10.8.....V

กระแสเฉลี่ยเอาต์พุต(Io) = ...1.08.....A

กำลังงานที่โหลด Po = ...11.64.....W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.58 สัญญาณแรงดันตกคร่อม

คำถามท้ายการทดลอง

1. อธิบายการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ที่ทดลองได้

การทำงานจะทำงานพร้อมกันทีละ 2 ตัวและแยกเป็นครึ่งคลื่นด้านบวกและครึ่งคลื่นด้านลบ และมีไดโอดอีกตัวหนึ่งเป็นไดโอดฟรีวิลลิ่งในตัวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวงจร

2. จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่า กระแสเอาต์พุตเฉลี่ยและ ค่าแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ย ของวงจรการทดลองที่ 1

ค่ากระแสเอาต์พุตเฉลี่ย $I_d = 0.9 \times \frac{V_S}{R}$

$= 0.9 \times \frac{12}{100}$

$= 0.108$ แอมป์

ค่าแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ย $V_d = \frac{2V_m}{\pi}$

$= \frac{2 \times 16.97}{\pi}$

$= 10.8$ โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จงคำนวณหาค่าตัวประกอบความพลิ้ว

ค่าตัวประกอบความพลิ้ว $$RF = \frac{\sqrt{Vd_{rms}^2 + Vd^2}}{Vd}$$

$$= \frac{\sqrt{(12^2) + (10.8^2)}}{10.8}$$

$$= 1.49 \quad \text{หรือ} \quad 149\ \%$$

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า รูปคลื่นแรงดันที่เกิดขึ้นจากการวัดตกคร่อมโหลดจะเป็นรูปคลื่นสัญญาณบวกทุกไซเคิลของอินพุตที่ป้อนให้กับวงจร โดย ไดโอดตัวที่ 1 กับไดโอดตัวที่ 2 จะทำงานพร้อมกันส่วน ไดโอดตัวที่ 3 กับไดโอดตัวที่ 4 ก็จะทำงานพร้อมกัน โดยการทำงานจะสลับกันทำงานเป็นคู่และแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดที่ยังไม่ทำงานนั้นจะมีค่าเท่ากับแรงดันสูงสุด ส่วนรูปคลื่นของกระแสนั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่นำมาเป็นโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6

วงจรเรียงกระแสแบบ Three-phase Full-wave Bridge rectifier Circuit แบบสตาร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆตามการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย ทั้งต่อเครื่องมืออุปกรณ์ และโดยเฉพาะตัวนักศึกษาเอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

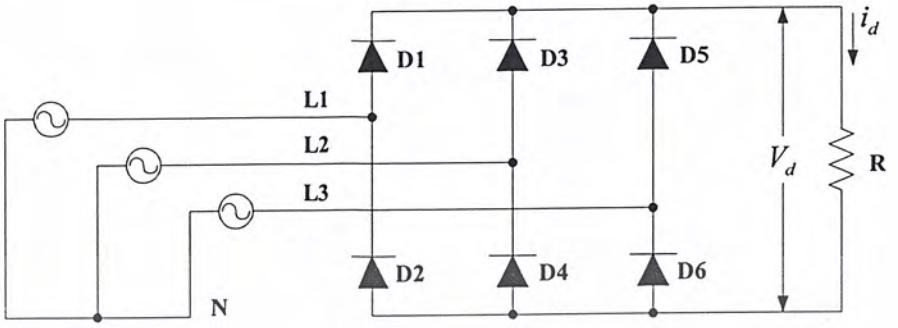
1.	แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2.	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3.	ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4.	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1 เครื่อง

ทฤษฎี

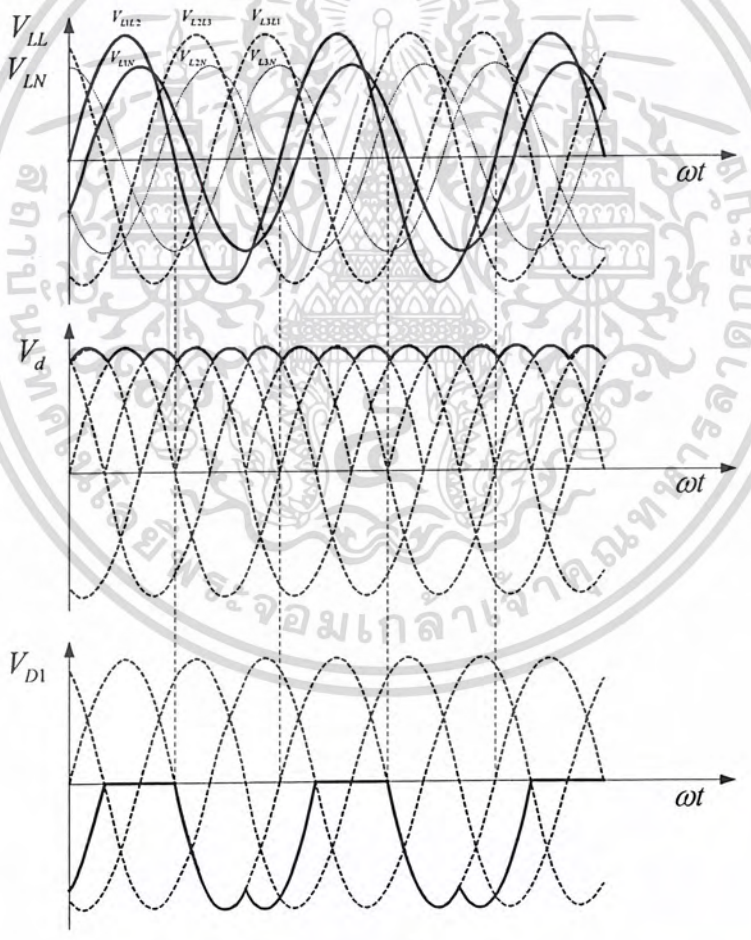
วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส (Three Phase Bridge Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส แสดงในรูปที่ จ.59 ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบสตาร์สามเฟสหรือแบบครึ่งคลื่นสามเฟสสองชุด กระแสจะไหลผ่านโหลดจากวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดบนและไหลกลับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับ ผ่านวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดล่าง จึงทำให้กระแสที่ไหลในแหล่งทีจ่ายไฟฟ้ามีทั้งช่วงบวกและช่วงลบ หรือเต็มคลื่น (Full Wave)วงจรนี้จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นสามเฟส (Three Phase Full Wave Bridge Rectifier Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



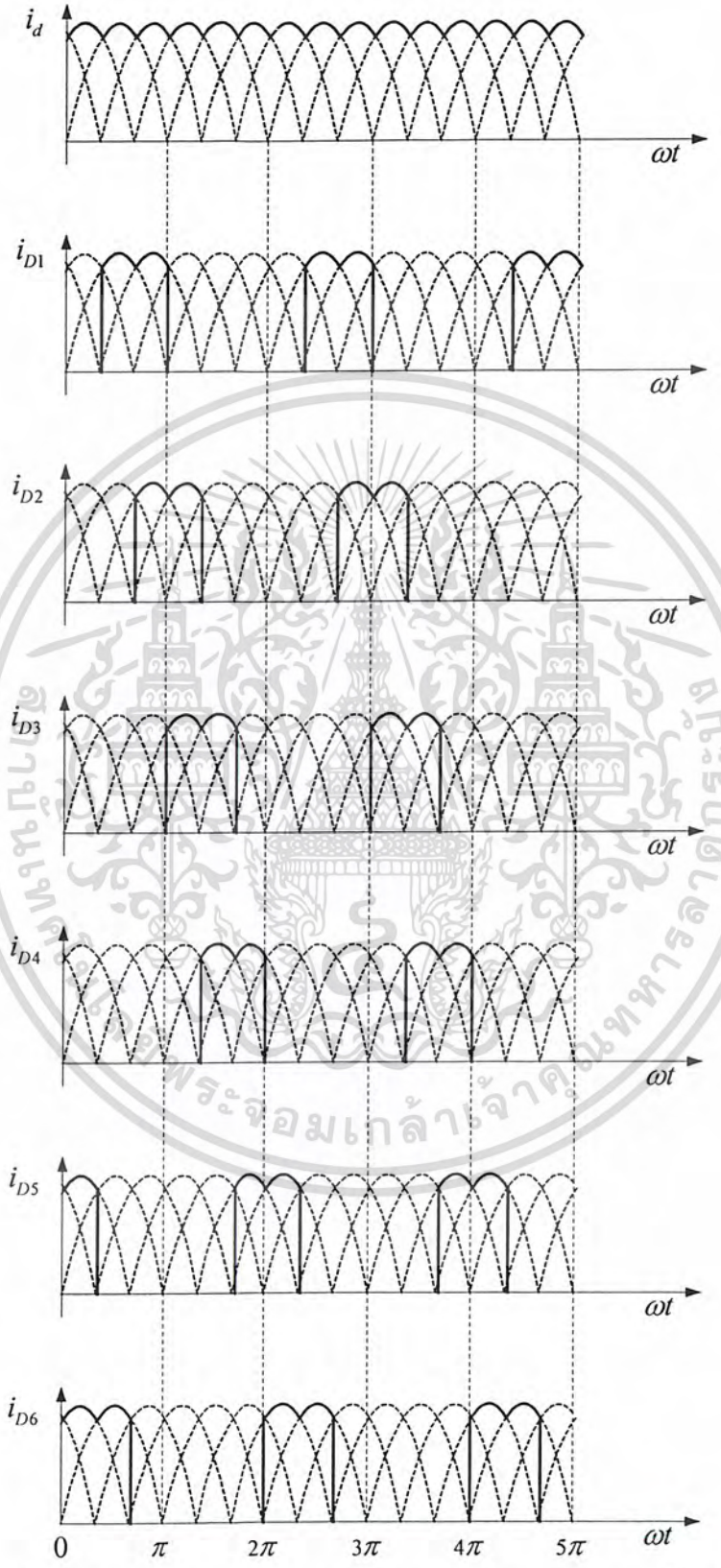
(ก) รูปวงจร



(ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.59 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.60 กระแสโหลดและกระแสไหลผ่านไดโอดของวงจรรูปที่ จ.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ จ.59 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกับโหลดตัวต้านทาน สวิตช์กำลังใช้ไดโอดหกตัว การทำงานของไดโอดจะนำกระแสเมื่อไบอัสไปหน้าสูงสุด เพียงสองตัวเท่านั้น เช่น ไดโอด D1 และ D4 จะได้รับแรงดันไปหน้าพร้อมกันจากแรงดัน V_{L1L2} การนำกระแสของไดโอดอธิบายเริ่มจาก $\omega t = 60^\circ$ (เมื่อเทียบกับ V_{L1L2}) ไดโอด D1 ได้รับแรงดันไปหน้าสูงสุด พร้อมกับไดโอด D4 เมื่อไดโอด D1 เริ่มนำกระแสแล้ว ทำให้แรงดันค่าบวกของเฟส L1 ต่อกับขั้วแคโทด ของไดโอด D3 และ D5 ทำให้ไดโอดทั้งสองตัวได้รับไบอัสย้อนกลับและไม่นำกระแส ขณะนี้กระแสจะไหลจากเฟส L1 ผ่านไดโอด D1 ผ่านไดโอด D4 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L2 ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L1L2} จนถึง$\omega t = 120^\circ$ ไดโอด D4 จะหยุดนำกระแสเนื่องจากได้รับแรงดันย้อนกลับจากเฟส L3-L2 ซึ่ง $\omega t > 120^\circ$ แรงดันเฟส V_{L2N} มีค่าเป็นลบสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D6 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L1 ผ่านไดโอด D6 ผ่านโหลดแล้วกลับเข้าเฟส L3 ขณะนี้โหลดจะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L1L3}

จนถึง $\omega t = 180^\circ$ ไดโอด D3 จะนำกระแสแทนไดโอด D1 เนื่องจาก D3 ได้รับไบอัสไปหน้าจากเฟส L2-L3 ซึ่ง $\omega t > 180^\circ$ แรงดันเฟส V_{L2N} มีค่าเป็นบวกสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D3 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L2 ผ่านไดโอด D3 ผ่านไดโอด D6 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L3 ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้โหลด มีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L2L3} จนถึง $\omega t = 240^\circ$ ไดโอด D6 จะหยุดนำกระแสเนื่องจากได้รับแรงดันย้อนกลับจากเฟส L1-L2 ซึ่ง $\omega t > 240^\circ$ แรงดันเฟส V_{L1N} มีค่าเป็นลบสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D2 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L2 ผ่านไดโอด D3 ผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L1 ทำให้โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L2L1}

จนถึง $\omega t = 300^\circ$ ไดโอด D5 จะนำกระแสแทนไดโอด D3 เนื่องจาก D5 ได้รับไบอัสไปหน้าจากเฟส L3-L1 ซึ่ง $\omega t > 300^\circ$ แรงดันเฟส V_{L3N} มีค่าเป็นบวกสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D5 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L3 ผ่านไดโอด D5 ผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L1 โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L3L1} จนถึง $\omega t = 360^\circ$ ไดโอด D2 จะหยุดนำกระแส และ D4 จะนำกระแสแทน จนถึง $\omega t = 60^\circ$ ไดโอด D1 จะนำกระแสแทน D5 ไปจนถึง $\omega t = 60^\circ$ และต่อไปจะกลับมาเริ่มต้นในรอบการทำงานใหม่เหมือนเดิมอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยแรงดันเอาต์พุต (Average Value of DC Voltage : V_d , $V_{d(AV)}$

$$V_d = \frac{6}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} \sqrt{2}V_{LL}\sin\omega t\, d\omega t$$

$$= \frac{6\sqrt{2}V_{LL}}{2\pi}\left[-\cos\omega t\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}$$

$$= \frac{6\sqrt{2}V_{LL}}{2\pi}\left[-\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right)+\cos\left(\frac{\pi}{3}\right)\right]$$

$$= \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi}\left[\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\right]$$

$$V_d = \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi} = 0.955\left(\sqrt{2}V_{LL}\right) \qquad (6.1)$$

$$V_d = 1.35\ \ V_{LL}$$

$$V_{LL} = 0.74\ \ V_d \qquad (6.2)$$

ค่าอาร์เอ็มเอสแรงดันเอาท์พุต (RMS Value of DC Voltage : $V_{d(RMS)}$)

$$V_{d(RMS)} = \sqrt{\frac{6}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2\sin^2\omega t\, d\omega t}$$

$$V_{d(RMS)} = \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[-\frac{1}{2}\sin\omega t\cos\omega t+\frac{\omega t}{2}\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[-\frac{1}{2}\sin\frac{2\pi}{3}\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right)+\frac{2\pi}{6}+\frac{1}{2}\sin\frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi}{3}-\frac{\pi}{6}\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[\frac{\sqrt{3}}{8}+\frac{\pi}{6}+\frac{\sqrt{3}}{8}\right]}$$

$$V_{d(RMS)} = 0.955\left(\sqrt{2}V_{LL}\right) \qquad (6.3)$$

$$V_{d(RMS)} = 1.35V_{LL}$$

$$V_{d(RMS)} = 1.001V_d \qquad (6.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยกระแสเอาต์พุต (Average Value of DC Current : I_d,$I_{d(AV)}$)

รูปคลื่นของกระแสสำหรับโหลดตัวต้านทานจะมีรูปร่างเช่นเดียวกับรูปคลื่นของแรงดัน ค่าเฉลี่ยของกระแสที่ได้จากสมการคือ

$$I_d = \frac{V_d}{R} \tag{6.5}$$

ค่าอาร์เอ็มเอสกระแสเอาต์พุต (RMS Value of DC Current : $I_{d(RMS)}$)

$$I_{d(RMS)} = \frac{V_{d(RMS)}}{R}$$

$$= 1.001 I_{d(AV)} \tag{6.6}$$

ค่าตัวประกอบรูปแบบ (Form Factor : FF)

$$FF = \frac{V_{d(RMS)}}{V_d}$$

$$FF = 1.001$$

ค่าตัวประกอบความพลิ้ว (Ripple Factor : RF)

$$RF = \frac{V_{ripple}}{V_d} = \frac{\sqrt{V_{(dRMS)}^2 - V_d^2}}{V_d}$$

$$= \frac{\sqrt{\left(0.95577\sqrt{2}V_{LL}\right)^2 - \left(0.95493\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}}{\left(0.95493\sqrt{2}V_{LL}\right)}$$

$$= \frac{\sqrt{\left(0.95577\right)^2 - \left(0.95493\right)^2}}{\left(0.95493\right)}$$

$$RF = 0.042\ (4.2\%)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง (I)

กรณีที่ต่อหม้อแปลงเฟสเดียวเป็นสามเฟสแบบเดลต้า-สตาร์ (Delta-Star) พิจารณาค่ากระแสโดยสมมุติว่ากระแสไหลต่อเนื่องและเรียบมาก

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\left[(I_d)^2\frac{2\pi}{3} + \left(-(I_d)^2\frac{2\pi}{3}\right)\right]}$$

$$= 0.816 I_d \qquad (6.7)$$

ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง (I_S)

กระแสไหลแต่ละเฟสด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง (I_p,I_{P1})

$$I_{p1} = I = 0.816 I_d \qquad (6.8)$$

กระแสไหลแต่ละสายด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง (I_s,I_{s1})

$$I_{S1} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\left[(I_d)^2\frac{\pi}{3} + \left(-(2I_d)^2\frac{\pi}{3}\right)\right]}$$

$$= 1.414 I_d \qquad (6.9)$$

ค่ากำลังไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Output)

$$P_d = V_d I_d$$

ค่าพิกัดกำลังหม้อแปลงทางด้านทุติยภูมิ (Secondary VA Rating)

$$S_2 = 1.732 V_{LL} I$$

$$= 1.732 \times (0.74 V_d) \times (0.816 I_d)$$

$$= 1.05 V_d I_d$$

$$S_2 = 1.05 P_d \qquad (6.10)$$

ค่าพิกัดกำลังหม้อแปลงทางด้านปฐมภูมิ (Primary VA Rating)

$$S_2 = 1.732 V_{LL} I_p$$

$$= 1.732 \times (0.74 V_d) \times (0.816 I_d)$$

$$= 1.05 V_d I_d \qquad (6.11)$$

ค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (Utillization factor : UF)

$$UF = P_d / S_T \quad ; (S_T = S_1 = S_2)$$

$$= P_d / 1.05 P_d$$

$$UF = 0.952 (95.2\%)$$

ค่ายอดซ้ำแรงดันย้อนกลับของไดโอด (V_{RRM})

$$VRRM = 1.414 V_{LL}$$

$$VRRM = 1.05 V_d \qquad (6.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากระแสเฉลี่ยของไดโอด (Average Forward Current :I_{FAV})

$$I_{FAV} = 0.33 I_d \tag{6.13}$$

ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสไดโอด (RMS Forward Current :I_{FRMS})

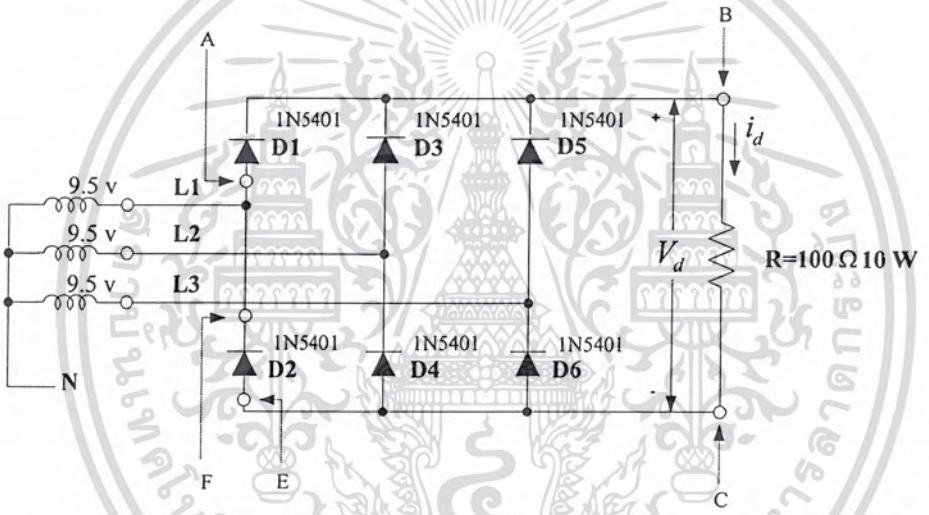
$$3I_{FRMS}^2 R = 3I_{d(RMS)}^2 R$$

$$I_{FRMS} = 0.577 I_d \tag{6.14}$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลอง 6.1

1. ต่อวงจรตามรูป จ.61



รูปที่ จ.61 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟสต่อแบบสตาร์

2. ตั้งออสซิลโลสโคปดังนี้

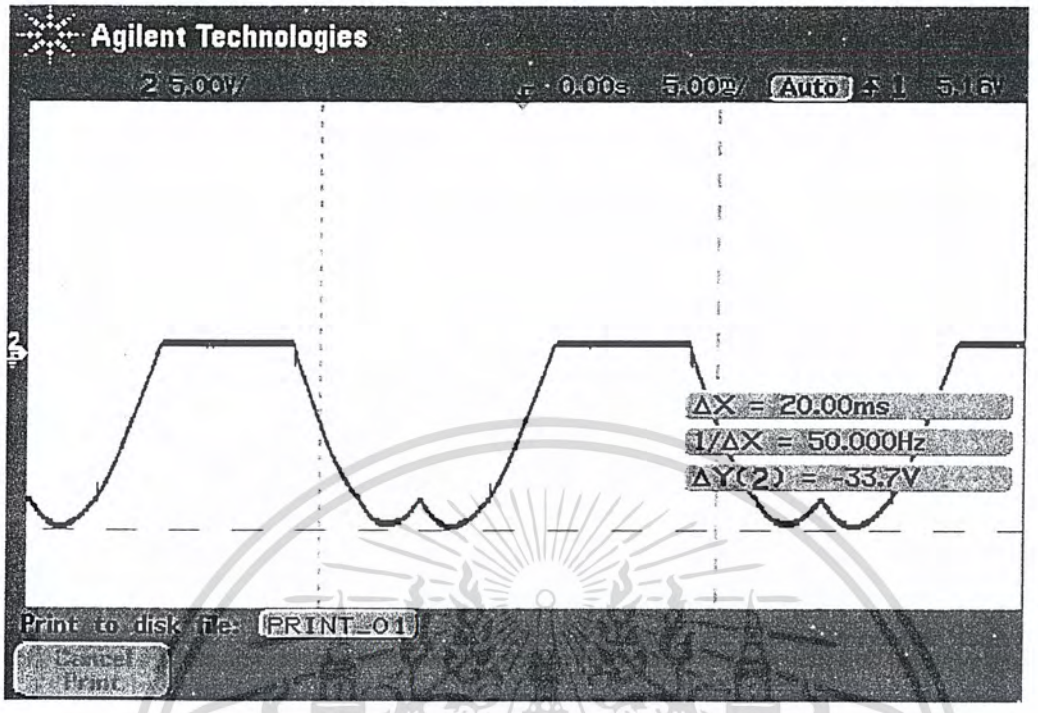
2.1 แชนแนล Y1 = Y2 = 5V/cm และ Y2 = Invert

2.2 แกน X = 5ms/cm

3. ใช้แชนแนล Y1 วัดค่าแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 โดยต่อที่จุด A และให้จุด B เป็นจุดดิน และต่อแชนแนล Y2 ต่อกับจุด C วัดรูปคลื่นแรงดันและบันทึกรูปคลื่นลงในกราฟ

4. จากตารางกราฟอ่านค่าความถี่ของแรงดัน =.....50.....HZ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.62 สัญญาณแรงดันตกคร่อม D1

5. ปลดทั้งสองแชนแนลเอาแชนแนลใดแชนแนลหนึ่งมาวัดแรงดันตกคร่อมไดโอด โดยต่อที่ E และต่อจุดดินที่จุด F วัดแรงดันและบันทึกผลลงในกราฟ

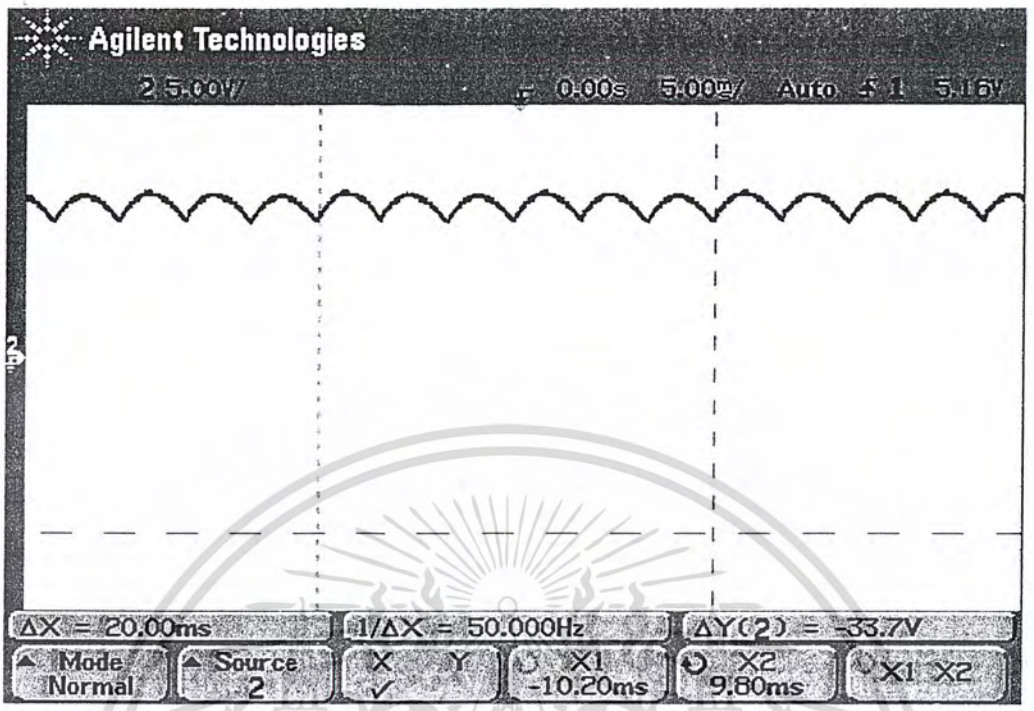
6. คำนวณค่าต่อไปนี้

กระแสเฉลี่ยที่ไดโอด I_{FAV}=……0.128……A

กระแส rms ของไดโอด I_{Frms} = ……0.128……A

กำลังงานของโหลด Pd =……1.644……W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.63 สัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด

คำถามท้ายการทดลอง

1. อธิบายการทำงานของการเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส แสดงในรูปที่ จ.59 ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบสตาร์สามเฟสหรือแบบครึ่งคลื่นสามเฟสสองชุด กระแสจะไหลผ่านโหลดจากวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดบนและไหลกลับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับ ผ่านวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดล่าง จึงทำให้กระแสที่ไหลในแหล่งที่จ่ายไฟฟ้ามีทั้งช่วงบวกและช่วงลบ หรือเต็มคลื่น (Full Wave)

2. จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่า V_d และ Id

$$Vd = 1.35 \times V_{LL}$$
$$= 1.35 \times 9.5$$
$$= 12.825 \text{ โวลต์}$$
$$Id = \frac{Vd}{R}$$
$$= \frac{12.825}{100}$$
$$= 0.128 \text{ แอมป์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากการทดลองจงหาค่าต่อไปนี้

จำนวนพัลส์ของแรงดันเอาต์พุต (p) = ……6……..พัลส์

ค่าความถี่ของพัลส์แต่ละพัลส์ (f) = ……50……..เฮริตซ์

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าการที่จะเรียงกระแสสามเฟสแบบบริดจ์นั้นเราต้องใช้ไดโอดจำนวน 6 ตัว หรือเรียกได้ว่า หนึ่งเฟสใช้ไดโอด 2 ตัว ดังนั้นในการเรียงกระแสแบบนี้เราจะได้สัญญาณรูปคลื่นทางด้านเอาต์พุต เป็นรูปคลื่นทางด้านเดียวและแต่ละรูปคลื่นนำกระแสห่างกัน 60 องศา ดังนั้นในหนึ่งรอบการทำงานจะมีรูปคลื่นสัญญาณทางด้านเอาต์พุตจำนวน 6 รูปคลื่น ส่วนแรงดันตกคร่อมไดโอดแต่ละตัวจะเป็นแรงดันทางด้านลบของแต่ละเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7

วงจรเรียงกระแสแบบ Three-phase Full-wave Bridge rectifier Circuit แบบเดลต้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้
3. วัดแรงดันและรูปคลื่นในตำแหน่งต่างๆตามการทดลองวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟสด้วยไดโอดได้ อย่างถูกต้อง
4. อธิบาย เปรียบเทียบผลการทดลองได้
5. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

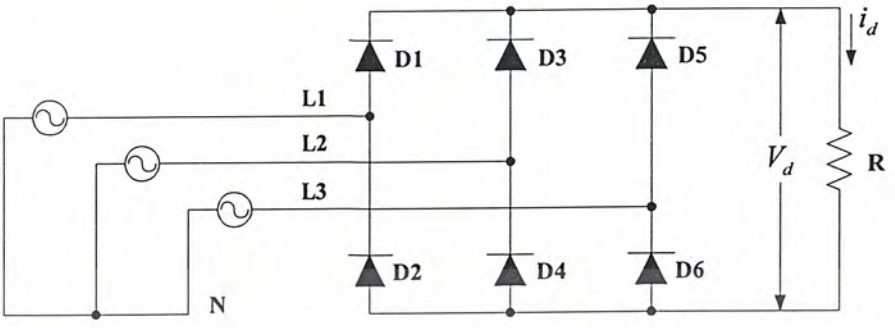
1.	แผงทดลองพร้อมอุปกรณ์สำหรับประกอบวงจร	1 ชุด
2.	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ตัว
3.	ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4.	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ	1 เครื่อง

ทฤษฎี

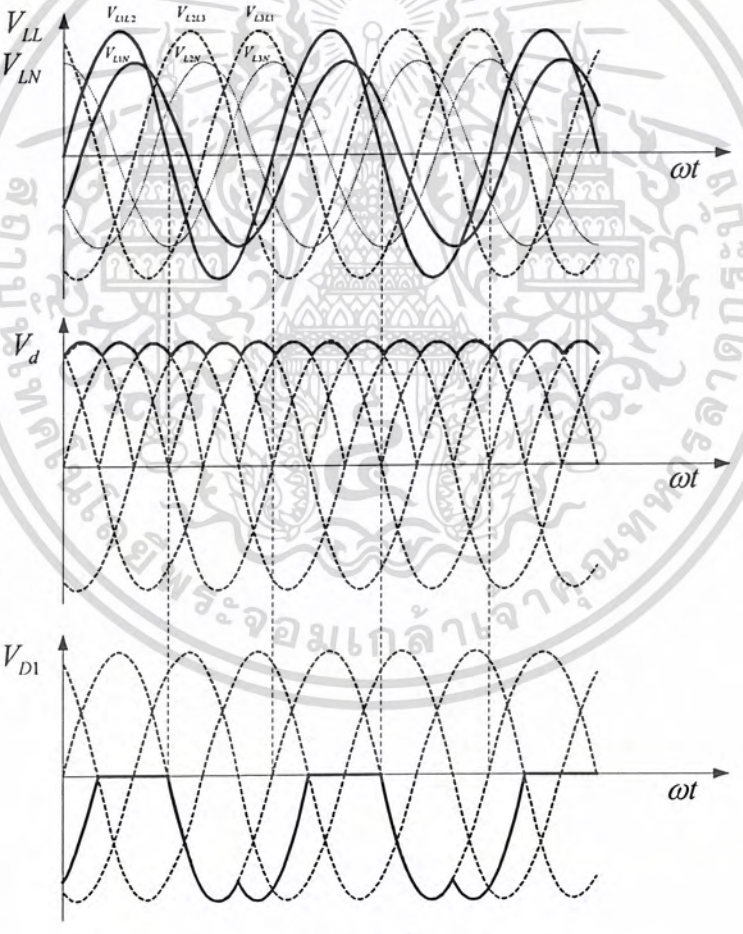
วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส (Three Phase Bridge Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส แสดงในรูปที่ จ.64 ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบสตาร์สามเฟสหรือแบบครึ่งคลื่นสามเฟสสองชุด กระแสจะไหลผ่านโหลดจากวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดบนและไหลกลับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับ ผ่านวงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่นชุดล่าง จึงทำให้กระแสที่ไหลในแหล่งทีจ่ายไฟฟ้ามีทั้งช่วงบวกและช่วงลบ หรือเต็มคลื่น (Full Wave)วงจรนี้จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นสามเฟส (Three Phase Full Wave Bridge Rectifier Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



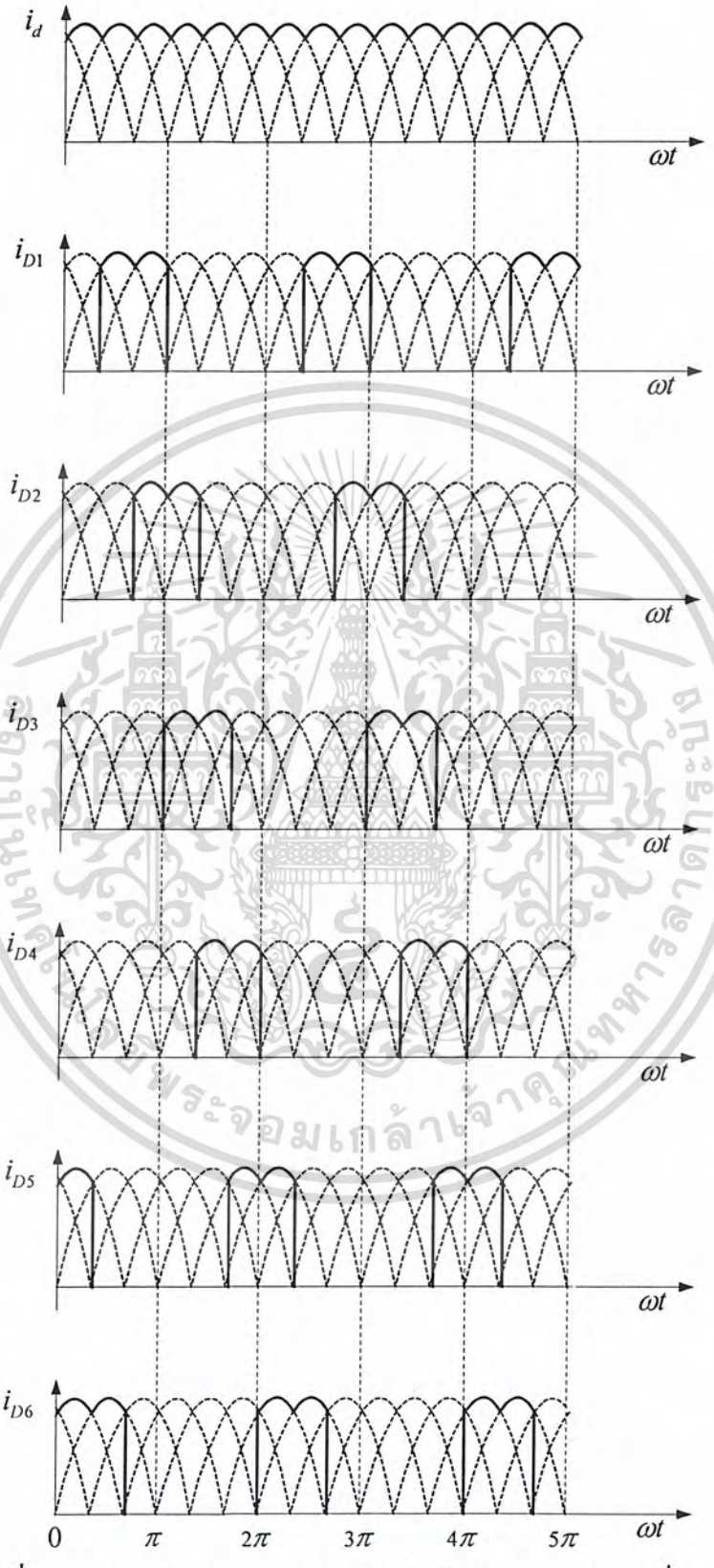
(ก) รูปวงจร



(ข) รูปคลื่น

รูปที่ จ.64 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.65 กระแสโหลดและกระแสไหลผ่านไดโอดของวงจรรูปที่ จ.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ จ.64 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกับโหลดตัวต้านทาน สวิตช์กำลังใช้ไดโอดหกตัว การทำงานของไดโอดจะนำกระแสเมื่อไบอัสไปหน้าสูงสุด เพียงสองตัวเท่านั้น เช่น ไดโอด D1 และ D4 จะได้รับแรงดันไปหน้าพร้อมกันจากแรงดัน V_{L1L2} การนำกระแสของไดโอดอธิบายเริ่มจาก $\omega t = 60^{\circ}$ (เมื่อเทียบกับ V_{L1L2}) ไดโอด D1 ได้รับแรงดันไปหน้าสูงสุด พร้อมกับไดโอด D4 เมื่อไดโอด D1 เริ่มนำกระแสแล้ว ทำให้แรงดันค่าบวกของเฟส L1 ต่อกับขั้วแคโทด ของไดโอด D3 และ D5 ทำให้ไดโอดทั้งสองตัวได้รับไบอัสย้อนกลับและไม่นำกระแส ขณะนี้กระแสจะไหลจากเฟส L1 ผ่านไดโอด D1 ผ่านไดโอด D4 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L2 ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L1L2} จนถึง$\omega t = 120^{\circ}$ ไดโอด D4 จะหยุดนำกระแสเนื่องจากได้รับแรงดันย้อนกลับจากเฟส L3-L2 ซึ่ง $\omega t > 120^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L2N} มีค่าเป็นลบสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D6 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L1 ผ่านไดโอด D6 ผ่านโหลดแล้วกลับเข้าเฟส L3 ขณะนี้โหลดจะมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L1L3}

จนถึง $\omega t = 180^{\circ}$ ไดโอด D3 จะนำกระแสแทนไดโอด D1 เนื่องจาก D3 ได้รับไบอัสไปหน้าจากเฟส L2-L3 ซึ่ง $\omega t > 180^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L2N} มีค่าเป็นบวกสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D3 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L2 ผ่านไดโอด D3 ผ่านไดโอด D6 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L3 ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้โหลด มีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L2L3} จนถึง $\omega t = 240^{\circ}$ ไดโอด D6 จะหยุดนำกระแสเนื่องจากได้รับแรงดันย้อนกลับจากเฟส L1-L2 ซึ่ง $\omega t > 240^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L1N} มีค่าเป็นลบสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D2 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L2 ผ่านไดโอด D3 ผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L1 ทำให้โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L2L1}

จนถึง $\omega t = 300^{\circ}$ ไดโอด D5 จะนำกระแสแทนไดโอด D3 เนื่องจาก D5 ได้รับไบอัสไปหน้าจากเฟส L3-L1 ซึ่ง $\omega t > 300^{\circ}$ แรงดันเฟส V_{L3N} มีค่าเป็นบวกสูงสุดจึงทำให้ไดโอด D5 เริ่มนำกระแส กระแสจะไหลจากเฟส L3 ผ่านไดโอด D5 ผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลดและกลับเข้าเฟส L1 โหลดมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับแรงดันเฟส V_{L3L1} จนถึง $\omega t = 360^{\circ}$ ไดโอด D2 จะหยุดนำกระแส และ D4 จะนำกระแสแทน จนถึง $\omega t = 60^{\circ}$ ไดโอด D1 จะนำกระแสแทน D5 ไปจนถึง $\omega t = 60^{\circ}$ และต่อไปจะกลับมาเริ่มต้นในรอบการทำงานใหม่เหมือนเดิมอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 ช่วงการนำกระแสของไดโอดแต่ละตัวกับโหลดตัวต้านทาน

ไดโอด	ช่วงนำกระแส
D1	60°- 180°
D3	180°- 300°
D5	300°- 420°
D2	240°- 360°
D4	360°- 120°
D6	120°- 240°

ค่าเฉลี่ยแรงดันเอาต์พุต (Average Value of DC Voltage : V_d, $V_{d(AV)}$

$$V_d = \frac{6}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} \sqrt{2}V_{LL}\sin\omega t\, d\omega t$$

$$= \frac{6\sqrt{2}V_{LL}}{2\pi}\left[-\cos\omega t\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}$$

$$= \frac{6\sqrt{2}V_{LL}}{2\pi}\left[-\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right)+\cos\left(\frac{\pi}{3}\right)\right]$$

$$= \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi}\left[\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\right]$$

$$V_d = \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi} = 0.955\left(\sqrt{2}V_{LL}\right) \qquad (7.1)$$

$$V_d = 1.35\ \ V_{LL}$$

$$V_{LL} = 0.74\ \ V_d \qquad (7.2)$$

ค่าอาร์เอ็มเอสแรงดันเอาท์พุต (RMS Value of DC Voltage : $V_{d(RMS)}$)

$$V_{d\,(RMS)} = \sqrt{\frac{6}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2\sin^2\omega t\, d\omega t}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{d\,(RMS)} = \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[-\frac{1}{2}\sin\omega t\,\cos\,\omega t\,+\frac{\omega t}{2}\right]_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[-\frac{1}{2}\sin\frac{2\pi}{3}\cos\left(\frac{2\pi}{3}\right)+\frac{2\pi}{6}+\frac{1}{2}\sin\frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi}{3}-\frac{\pi}{6}\right]}$$

$$= \sqrt{\frac{3\left(\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}{\pi}\left[\frac{\sqrt{3}}{8}+\frac{\pi}{6}+\frac{\sqrt{3}}{8}\right]}$$

$$V_{d\,(RMS)} = 0.955\left(\sqrt{2}V_{LL}\right) \tag{7.3}$$

$$V_{d\,(RMS)} = 1.35V_{LL}$$

$$V_{d\,(RMS)} = 1.001V_d \tag{7.4}$$

ค่าเฉลี่ยกระแสเอาต์พุต (Average Value of DC Current : I_d,$I_{d(AV)}$)

รูปคลื่นของกระแสสำหรับโหลดตัวต้านทานจะมีรูปร่างเช่นเดียวกับรูปคลื่นของแรงดัน ค่าเฉลี่ยของกระแสที่ได้จากสมการคือ

$$I_d = \frac{V_d}{R} \tag{7.5}$$

ค่าอาร์เอ็มเอสกระแสเอาต์พุต (RMS Value of DC Current : $I_{d(RMS)}$)

$$I_{d\,(RMS)} = \frac{V_{d\,(RMS)}}{R}$$

$$= 1.001\,I_{d\,(AV)} \tag{7.6}$$

ค่าตัวประกอบรูปแบบ (Form Factor : FF)

$$FF = \frac{V_{d\,(RMS)}}{V_d}$$

$$FF = 1.001$$

ค่าตัวประกอบความพลิ้ว (Ripple Factor : RF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RF = \frac{V_{ripple}}{V_d} = \frac{\sqrt{V_{(dRMS)}{}^2 - V_d^2}}{V_d}$$

$$= \frac{\sqrt{\left(0.95577\sqrt{2}V_{LL}\right)^2 - \left(0.95493\sqrt{2}V_{LL}\right)^2}}{\left(0.95493\sqrt{2}V_{LL}\right)}$$

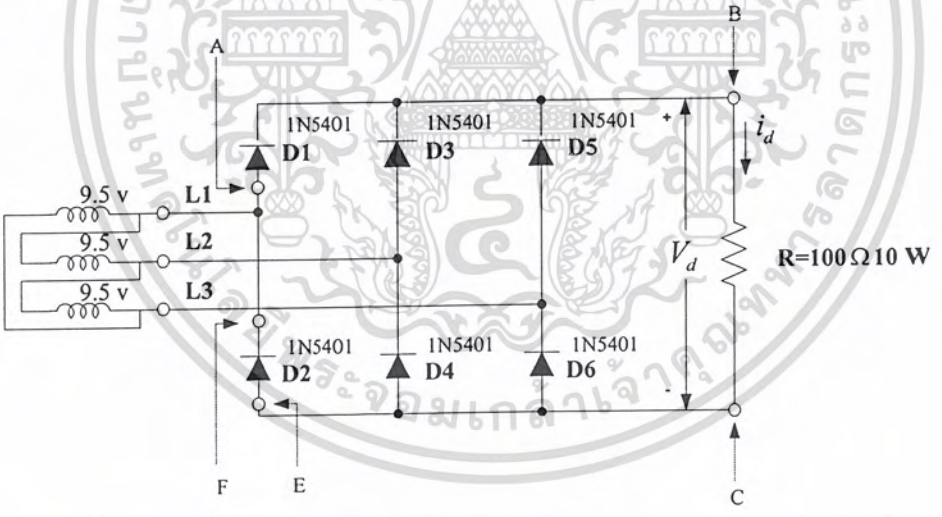
$$= \frac{\sqrt{(0.95577)^2 - (0.95493)^2}}{(0.95493)}$$

$$RF = 0.042\,(4.2\%) \qquad (7.7)$$

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลอง 7.1

1. ต่อวงจรตามรูป จ.66



รูปที่ จ.66 วงจรการทดลองวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟสต่อแบบเดลต้า

2. ตั้งออสซิลโลสโคปดังนี้

2.1 แชนแนล Y1 = Y2 = 5V/cm และ Y2 = Invert

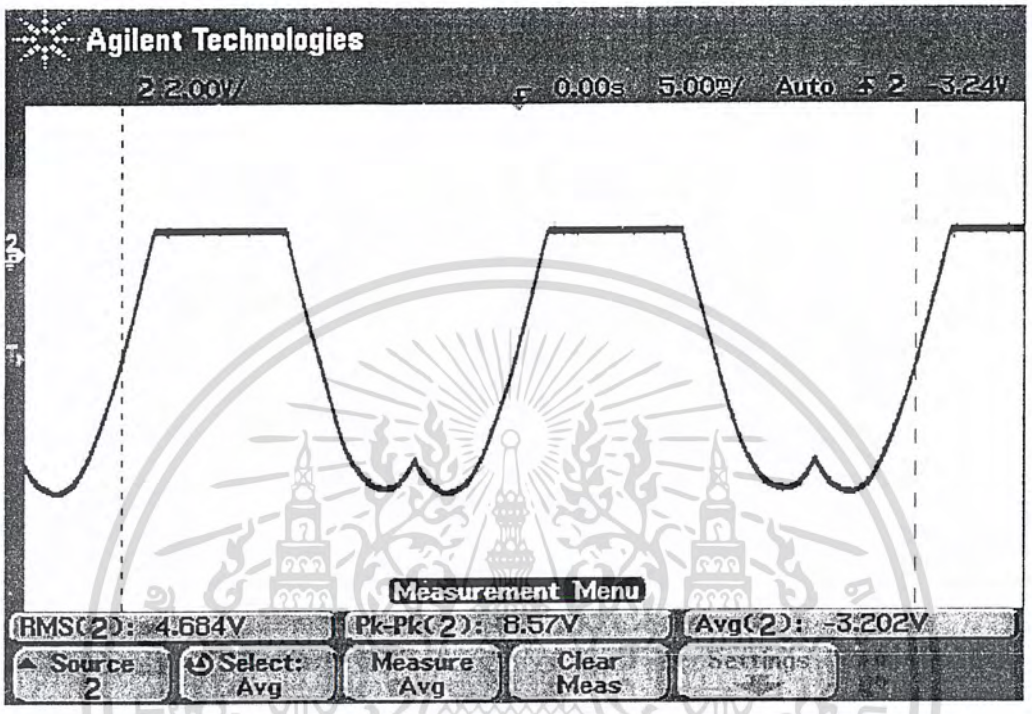
2.2 แกน X = 5ms/cm

3. ใช้แชนแนล Y1 วัดค่าแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 โดยต่อที่จุด A และให้จุด B เป็นจุดดิน และต่อแชนแนล Y2 ต่อกับจุด C วัดรูปคลื่นแรงดันและบันทึกรูปคลื่นลงในกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากตารางกราฟอ่านค่า V_{RRM} =.....8.5.....V

Vo =.....6.46.....V



รูปที่ จ.67 กราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมไดโอด

5. ปลดทั้งสองแชนแนลเอาแชนแนลใดแชนแนลหนึ่งมาวัดแรงดันตกคร่อมไดโอด โดยต่อที่ E และต่อจุดดินที่จุด F วัดแรงดันและบันทึกผลลงในกราฟ

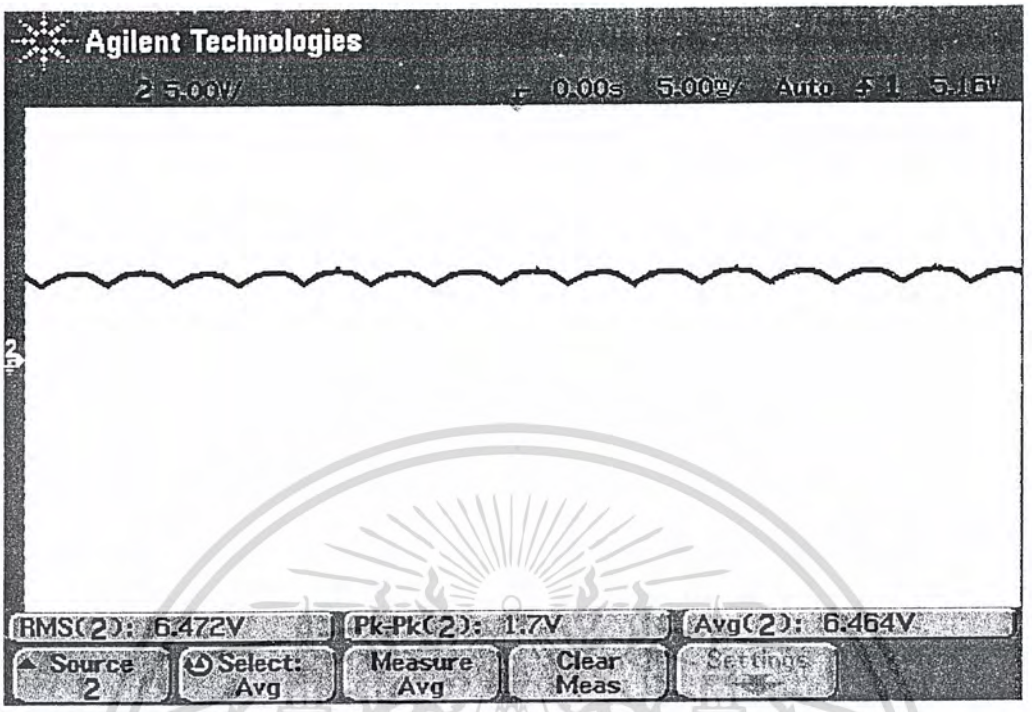
6. คำนวณค่าต่อไปนี้

กระแสเฉลี่ยที่ไดโอด I_{FAV}=.....0.04823.....A

กระแส rms ของไดโอด I_{Frms} = ...0.0739.....A

กำลังงานของโหลด Pd =.....1.644.....W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.68 กราฟสัญญาณแรงดันตกคร่อมโหลด

คำถามท้ายการทดลอง

1. วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เฟสเดียว ดังวงจรทดลอง เมื่อมีโหลดเป็นตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว $R=20\,\Omega$, V_{LN} = 240 V, 50HZ คำนวณหาค่า

(ก) แรงดันและกระแสที่โหลด

(ข) ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสไหลผ่านโหลด

(ค) ค่ากำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับ

(ง) ขนาดพิกัดของหม้อแปลง

(จ) ขนาดพิกัดของไดโอดที่นำมาใช้

แรงดันและกระแสที่โหลด $Vd = 1.35 \times 415.7 = 561.2$ โวลต์

ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสไหลผ่านโหลด $Id = 561.2/20 = 28.06$ แอมแปร์

ค่ากำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับ $Pd = 561.2 \times 28.06 = 15747.272W$

ขนาดพิกัดของหม้อแปลง $S_T = 1.05 \times 15747.272 = 16534.635VA$

ขนาดพิกัดของไดโอดที่นำมาใช้ $V_{RRM} = 1.05 \times 561.2 = 589.26$ โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจรที่มีแหล่งจ่ายที่ต่อแบบสตาร์กับเดลต้า

แรงดันเฉลี่ยเอาต์พุตของการต่อแหล่งจ่ายแบบสตาร์จะมีแรงดันมากกว่าการต่อวงจรแหล่งจ่ายแบบเดลต้า

3. จากการทดลองจงหาค่าต่อไปนี้

จำนวนพัลส์ของแรงดันเอาต์พุต (p) = ...6.....พัลส์

ค่าความถี่ของพัลส์แต่ละพัลส์ (f) = ...50.....เฮริตซ์

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ถ้าแหล่งจ่ายเป็นสามเฟสต่อแบบเดลต้าการเรียงกระแสที่วัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่มีแหล่งจ่ายสามเฟสที่ต่อแบบสตาร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ออกมามีค่าน้อยกว่าแต่การเรียงกระแสจะมีค่ารูปคลื่นที่ได้เหมือนกันคือความเรียบของรูปคลื่นเป็นเหมือนกับการทดลองที่มีแหล่งจ่ายสามเฟสที่ต่อแบบสตาร์

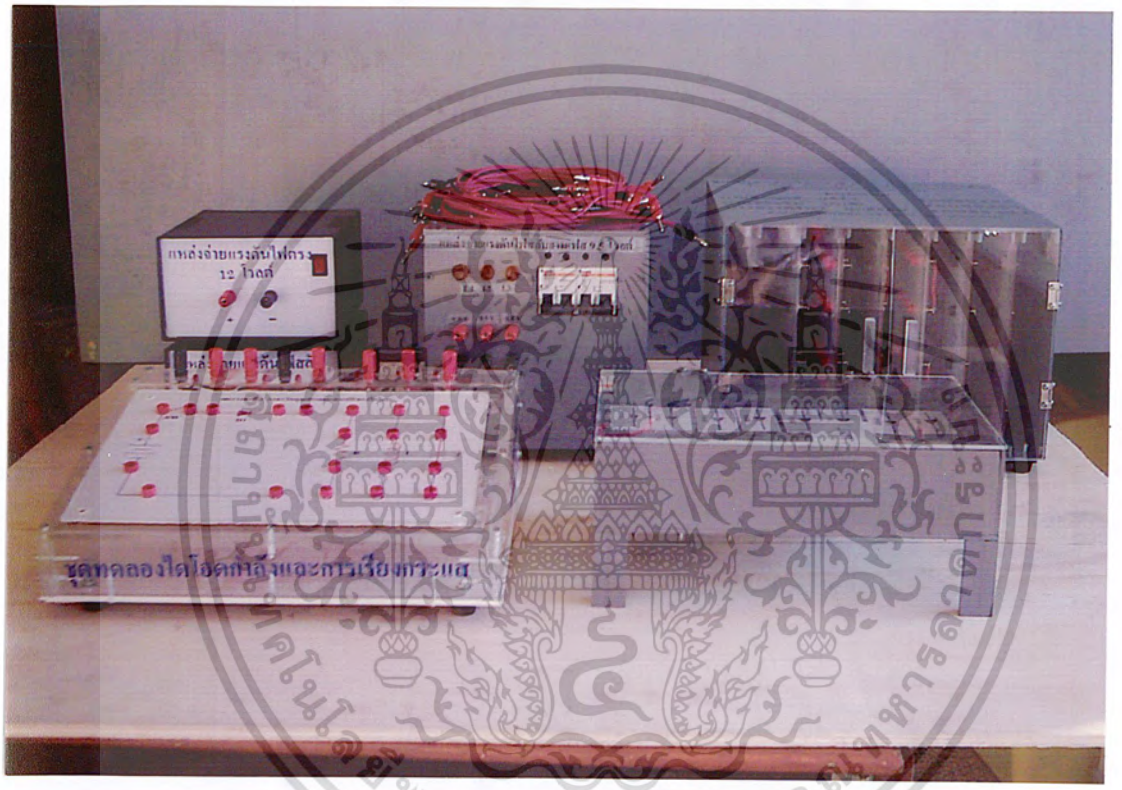
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส



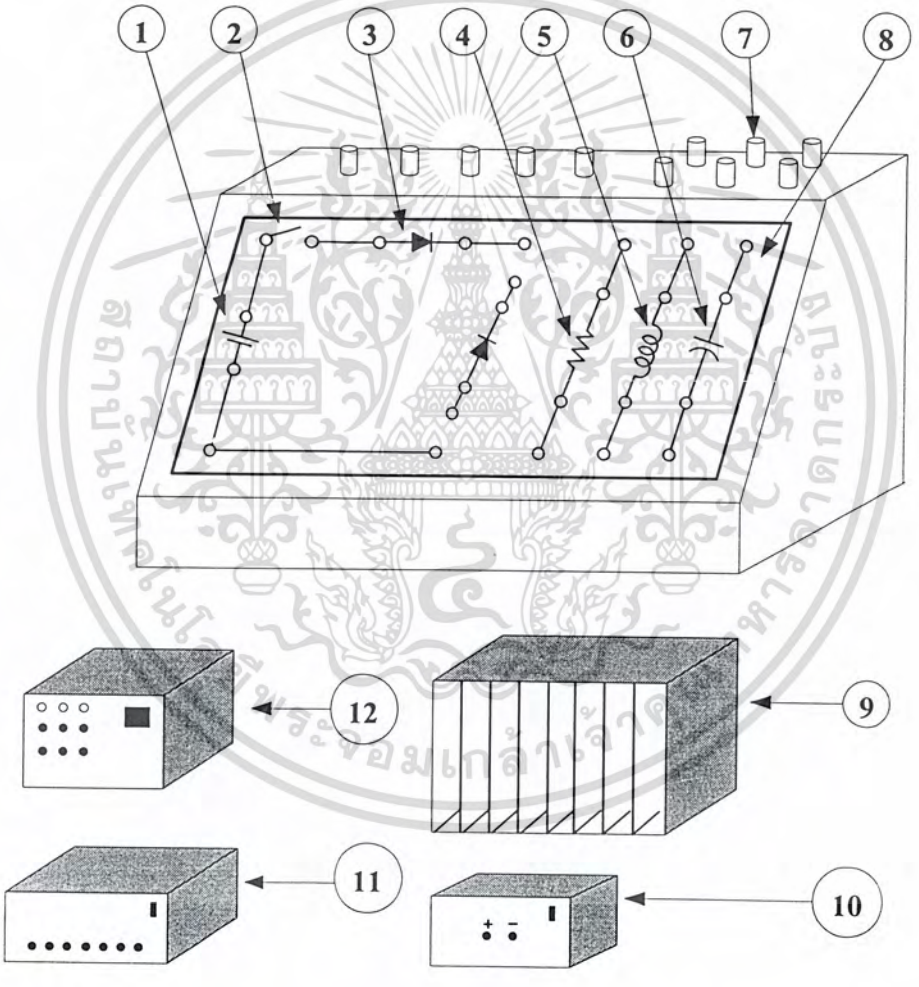
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุรุทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนจะลงมือใช้งานชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อที่จะได้ค่าผลการวัดที่ถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจจะเกิดจากชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ ฉ.1 ส่วนประกอบของชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ฉ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. สัญลักษณ์แหล่งจ่ายกระแสตรง
2. สัญลักษณ์สวิตช์และตำแหน่งเสียบสวิตช์
3. สัญลักษณ์ไดโอดและตำแหน่งเสียบ
4. สัญลักษณ์ตัวความต้านทานและตำแหน่งเสียบ
5. สัญลักษณ์ตัวเหนี่ยวนำและตำแหน่งเสียบ
6. สัญลักษณ์ตัวเก็บประจุและตำแหน่งเสียบ
7. จุดต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้า
8. แผงวงจร
9. กล่องใส่แผงวงจร
10. ชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง
11. ชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟสลับ
12. ชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟสลับ 3 เฟส

3.การติดตั้งและใช้งาน

3.1 เลือกแผงวงจรที่จะใช้ทำการทดลอง

3.2 ทำการประกอบแผงวงจร กับบอร์ดทดลอง

3.3 นำสวิทช์ ไดโอด และโหลดต่างๆ ที่จะใช้ทำการทดลองเสียบลงบนแผงวงจรที่จะใช้ทำการทดลอง

3.4 ต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟตามใบงานการทดลอง กรณีที่ต่อไฟ 3 เฟส จะต้องตรวจดูฟิวส์ก่อน ว่าพร้อมใช้งานหรือไม่

3.5 เปิดสวิทช์แหล่งจ่าย เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้ามา หลอดแอลอีดีที่บอร์ดทดลองจะติด

3.6 ปรับออสซิลโลสโคปให้อยู่ในสภาวะที่พร้อมใช้งาน

3.7 เมื่อทำการทดลองเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการปิดสวิทช์ แล้วจึงถอดสายต่อวงจร ไดโอด พร้อมโหลดต่างๆ ออก

3.8 ถอดแผงวงจรออกจากบอร์ดทดลอง

3.9 เก็บสายไฟ แผงวงจร สวิทช์พร้อมไดโอดและโหลดต่างๆ ให้เรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

อาการ	สาเหตุและ/วิธีการแก้ไข
วงจรติดขัดหรือไม่มีไฟฟ้าไหล	ตรวจดูสายต่อและขั้วเสียบ
มีการเกิดไฟฟ้าช็อต	ให้ตรวจดูฟิวส์

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- ถอดแผงวงจรออกจากบอร์ดทดลองทุกครั้งหลังจากทดลองเสร็จ
- เก็บไดโอด และโหลดต่างๆ ไว้ในกล่องที่เตรียมไว้ให้เรียบร้อย
- การทำความสะอาดแผงวงจรและบอร์ดทดลองทำได้โดยใช้ผ้าเช็ด

5.2 ข้อควรระวัง

- อย่าทดลองใกล้กับวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้า
- ก่อนการทดลองควรตรวจสอบสภาพของชุดทดลองก่อน
- ก่อนทำการทดลองไฟ 3 เฟส ควรตรวจสอบฟิวส์ และเบรกเกอร์ก่อนว่าพร้อมใช้งานหรือไม่

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
หลักการวัด	ใช้ออสซิลโลสโคปในการวัดหาค่าต่าง ๆ
การเชื่อมโยง	ใช้ขั้วต่อสายไฟฟ้า
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ไฟฟ้ากระแสสลับ 12 โวลต์ ถ้าเป็น 3 เฟสใช้ไฟฟ้า 9.5 โวลต์ ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์
ส่วนแสดงผล	แสดงสัญญาณบนจอออสซิลโลสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

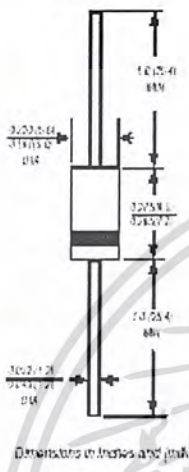
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N5400 THRU 1N5408

GENERAL PURPOSE SILICON RECTIFIER

Reverse Voltage - 50 to 1000 Volts Forward Current - 3.0 Amperes

DO-201AD



Dimensions in inches and (millimeters)

FEATURES

- The plastic package carries Underwriters Laboratory Flammability Classification 94V-0
- Construction utilizes void-free molded plastic technique
- Low reverse leakage
- High forward surge current capability
- High temperature soldering guaranteed: 250°C/10 seconds, 0.375" (9.5mm) lead length, 5 lbs. (2.3kg) tension

MECHANICAL DATA

Case: JEDEC DO-201AD molded plastic body
Terminals: Plated axial leads, solderable per MIL-STD-750, Method 2026
Polarity: Color band denotes cathode end
Mounting Position: Any
Weight: 0.04 ounce, 1.10 grams

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase half-wave 60Hz, resistive or inductive load, for capacitive load current derate by 20%.

	SYMBOLS	1N 5400	1N 5401	1N 5402	1N 5403	1N 5404	1N 5405	1N 5406	1N 5407	1N 5408	UNITS
Maximum repetitive peak reverse voltage	V_{RRM}	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	VOLTS
Maximum RMS voltage	V_{RMS}	35	70	140	210	280	350	420	560	700	VOLTS
Maximum DC blocking voltage	V_{DC}	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	VOLTS
Maximum average forward rectified current 0.375"(9.5mm) lead length at TA=75°C	$I_{(AV)}$	3.0									Amps
Peak forward surge current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	200									Amps
Maximum instantaneous forward voltage at 3.0A	V_F	1.2									Volts
Maximum DC reverse current TA=25°C at rated DC blocking voltage TA=100°C	I_R	5.0 100									μA
Typical junction capacitance (NOTE 1)	C_J	30.0									pF
Typical thermal resistance (NOTE 2)	$R_{\theta JA}$	20.0									°C/W
Operating junction and storage temperature range	T_J, T_{STG}	-65 to +175									°C

Note: 1. Measured at 1MHz and applied reverse voltage of 4.0V D.C.
2. Thermal resistance from junction to ambient at 0.375" (9.5mm) lead length, P.C.B. mounted

Invac

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATINGS AND CHARACTERISTIC CURVES 1N5400 THRU 1N5408

FIG. 1- FORWARD CURRENT DERATING CURVE

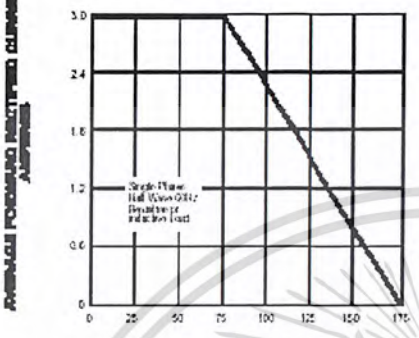


FIG. 2-MAXIMUM NON-REPETITIVE PEAK FORWARD SURGE CURRENT

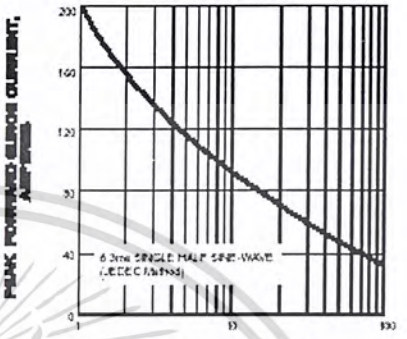


FIG. 3-TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

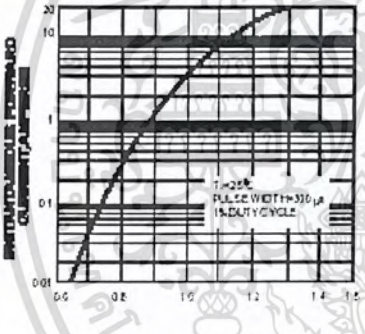


FIG. 4-TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

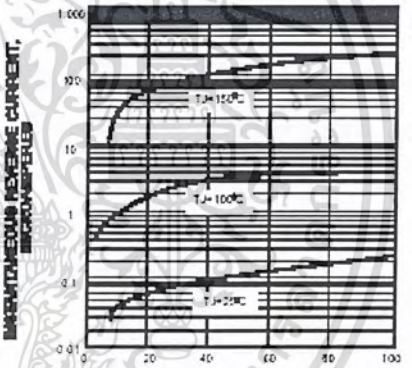


FIG. 5-TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE

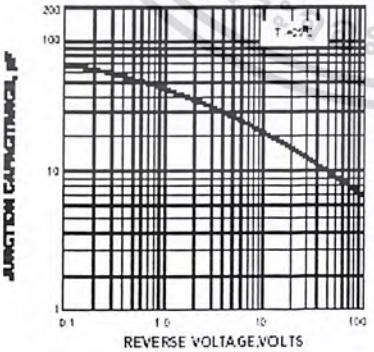
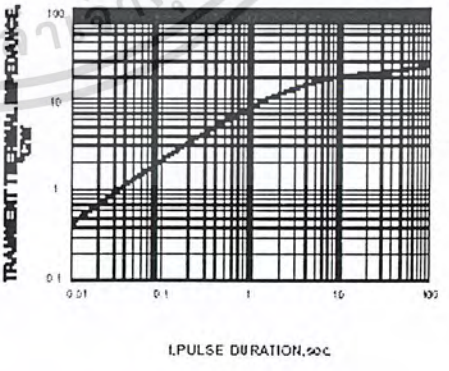


FIG. 6-TYPICAL TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

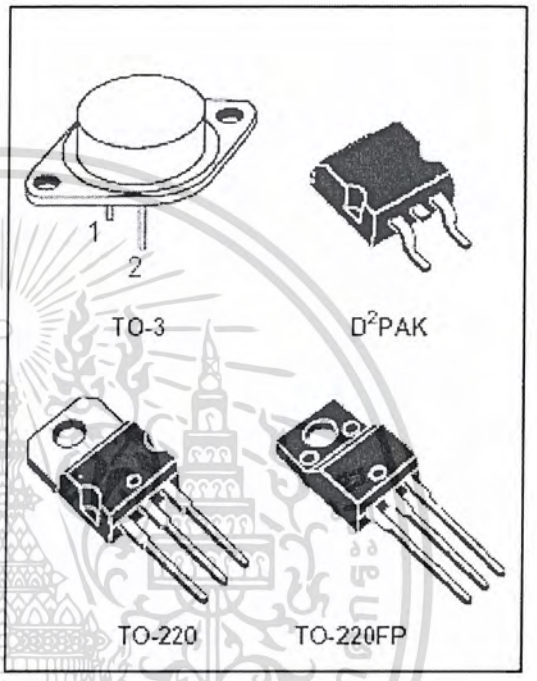


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L7800 SERIES

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

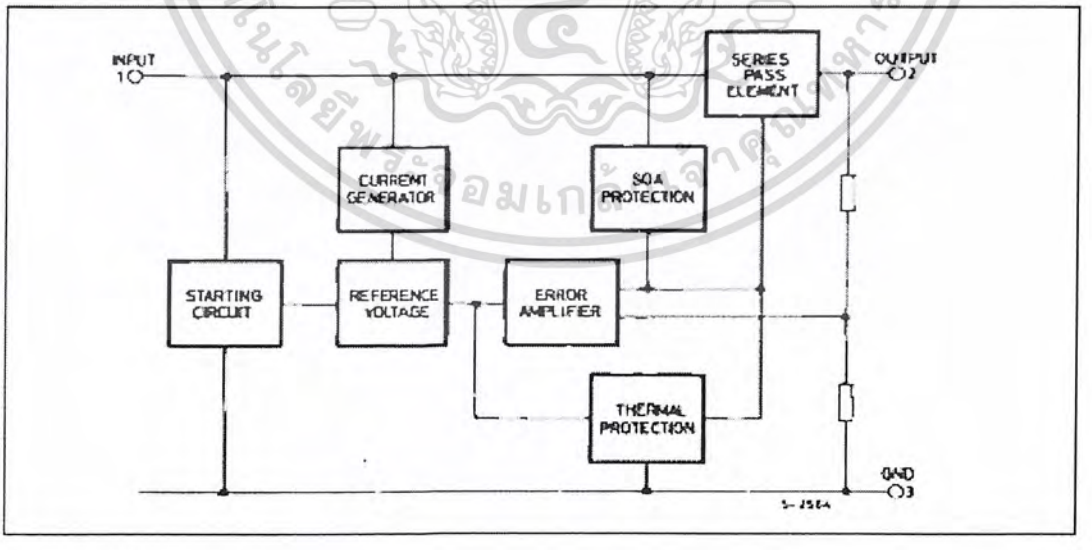
- OUTPUT CURRENT UP TO 1.5 A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION



DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220 TO-220FP TO-3 and D^2PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

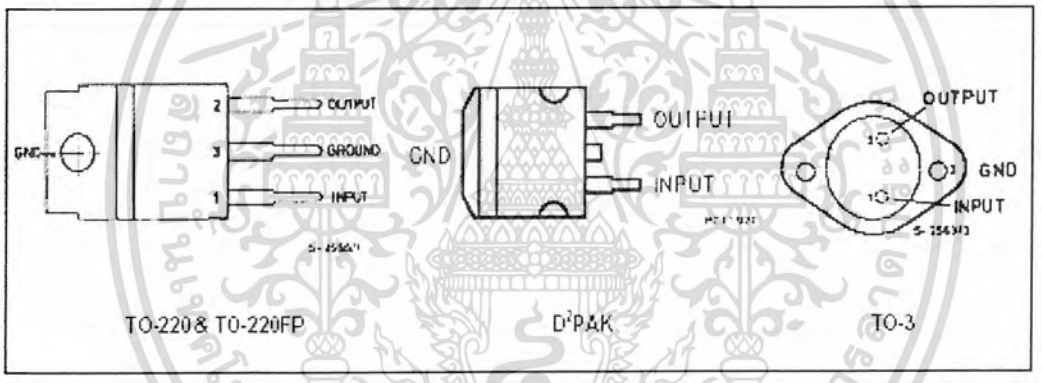
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_i	DC Input Voltage (for V_O = 5 to 18V) (for V_O = 20, 24V)	35 40	V V
I_o	Output Current	Internally limited	
P_{tot}	Power Dissipation	Internally limited	
T_{op}	Operating Junction Temperature Range (for L7800) (for L7800C)	-55 to 150 0 to 150	°C °C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	D²PAK	TO-220	TO-220FP	TO-3	Unit
$R_{thj\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case Max	3	3	5	4	°C/W
$R_{thj\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient Max	62.5	50	60	35	°C/W

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)



TO-220 & TO-220FP D²PAK TO-3

Type	TO-220	D²PAK (*)	TO-220FP	TO-3	Output Voltage
L7805				L7805T	5V
L7805C	L7805CV	L7805CD2T	L7805CP	L7805CT	5V
L7852C	L7852CV	L7852CD2T	L7852CP	L7852CT	5.2V
L7806				L7806T	6V
L7806C	L7806CV	L7806CD2T	L7806CP	L7806CT	6V
L7808				L7808T	8V
L7808C	L7808CV	L7808CD2T	L7808CP	L7808CT	8V
L7885C	L7885CV	L7885CD2T	L7885CP	L7885CT	8.5V
L7809C	L7809CV	L7809CD2T	L7809CP	L7809CT	9V
L7812				L7812T	12V
L7812C	L7812CV	L7812CD2T	L7812CP	L7812CT	12V
L7815				L7815T	15V
L7815C	L7815CV	L7815CD2T	L7815CP	L7815CT	15V
L7818				L7818T	18V
L7818C	L7818CV	L7818CD2T	L7818CP	L7818CT	18V
L7820				L7820T	20V
L7820C	L7820CV	L7820CD2T	L7820CP	L7820CT	20V
L7824				L7824T	24V
L7824C	L7824CV	L7824CD2T	L7824CP	L7824CT	24V

(*) AVAILABLE IN TAPE AND REEL WITH "TR" SUFFIX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7808 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 14V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	7.7	8	8.3	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 11.5 to 23 V	7.6	8	8.4	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 10.5 to 25 V T_j = 25 °C V_i = 11 to 17 V T_j = 25 °C			80 40	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			100 40	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 11.5 to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 11.5 to 21.5 V f = 120 Hz	62			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		16		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7812 (refer to the test circuits, T_j = -55 to 150 °C, V_i = 19V, I_o = 500 mA, C_i = 0.33 µF, C_o = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	T_j = 25 °C	11.5	12	12.5	V
V_o	Output Voltage	I_o = 5 mA to 1 A $P_o \leq$ 15 W V_i = 15.5 to 27 V	11.4	12	12.6	V
ΔV_o*	Line Regulation	V_i = 14.5 to 30 V T_j = 25 °C V_i = 16 to 22 V T_j = 25 °C			120 60	mV mV
ΔV_o*	Load Regulation	I_o = 5 to 1500 mA T_j = 25 °C I_o = 250 to 750 mA T_j = 25 °C			100 60	mV mV
I_d	Quiescent Current	T_j = 25 °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	I_o = 5 to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	V_i = 15 to 30 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	I_o = 5 mA		1.5		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz T_j = 25 °C			40	µV/V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	V_i = 15 to 25 V f = 120 Hz	61			dB
V_d	Dropout Voltage	I_o = 1 A T_j = 25 °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	f = 1 KHz		18		mΩ
I_{sc}	Short Circuit Current	V_i = 35 V T_j = 25 °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	T_j = 25 °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ
ตัวอย่างใบประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

รายละเอียดการประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส

- รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ
- ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ
- สรุปผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส (ด้านเนื้อหา)

1. อาจารย์ สรายุธ ศรีสถิตย์
2. อาจารย์ อดิศักดิ์ สุวรรณมา
3. อาจารย์ อิทธิภูมิ บุญพิคำ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแส (ด้านการผลิตสื่อ)

1. อาจารย์ สรายุธ ศรีสถิตย์
2. อาจารย์ อดิศักดิ์ สุวรรณมา
3. อาจารย์ อิทธิภูมิ บุญพิคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา เรื่อง ใบงานที่ 1 วงจรวัดคุณลักษณะสมบัติของไดโอด

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน
คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน					
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน					
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง					
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม					
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน					
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น					
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้					
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง					
รวม					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา เรื่อง ใบงานที่ 2 วงจร Freewheeling Diode

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน
คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน					
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน					
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง					
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม					
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน					
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น					
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้					
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง					
รวม					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา เรื่อง ใบงานที่ 3 วงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดชนิดเฟสเดียว

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน
คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน					
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน					
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง					
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม					
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน					
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น					
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้					
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง					
รวม					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา เรื่อง ใบงานที่ 4 วงจรเรียงกระแสแบบ Single-phase Full-wave mid-point diode

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน
คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน					
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน					
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง					
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม					
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน					
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น					
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้					
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง					
รวม					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา เรื่อง ใบงานที่ 5 วงจรเรียงกระแสแบบ Single-phase Full-wave circuit and Freewheeling Diode

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน

คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน					
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน					
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง					
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม					
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน					
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น					
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้					
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง					
รวม					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา เรื่อง ใบงานที่ 6 วงจรเรียงกระแสแบบ Three-phase Full-wave bridge rectifier Circuit แบบสตาร์

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน

คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน					
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน					
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง					
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม					
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน					
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น					
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้					
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง					
รวม					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา เรื่อง ใบงานที่ 7 วงจรเรียงกระแสแบบ Three-phase Full-wave Bridge rectifier Circuit แบบเดลต้า

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน

คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน					
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน					
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง					
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม					
5. คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน					
6. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น					
7. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้					
8. ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนการสอนจริง					
รวม					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไดโอดกำลังและการเรียงกระแสสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตสื่อ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน
คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ด้านที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. มีการระบุชื่อของชุดทดลองให้ผู้ใช้เห็นได้ชัดเจน					
2. ขนาดของชุดทดลองที่ออกแบบมีความเหมาะสม					
3. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์บนชุดทดลองมีความเหมาะสม					
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความสะดวกในการใช้งาน					
5. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร					
6. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้					
7. ชุดทดลองมีความเหมาะสมที่ใช้ประกอบการเรียนรู้					
รวม					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ
หนังสือแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

252

ที่ ศธ 0524.04(5)/๐๖๑

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

30 ตุลาคม 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เชิญเป็นที่ปรึกษาร่วม และตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลอง

เรียน อาจารย์สราวุธ ศรีสถิตย์

ด้วย นายชัยยุทธ แซ่ตั้ง รหัสประจำตัวนักศึกษา 45035462 , นายธวัชชัย นาเล้ง รหัสประจำตัวนักศึกษา 45035467 และนางสาวศิริพร สุทธุรักษ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา 45035484 ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เชิญท่านเป็นที่ปรึกษาร่วมและตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลอง เพื่อจัดทำวิชาโครงงานการสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอน หัวข้อเรื่อง "ชุดทดลองไดโอดกำลัง และการเรียงกระแส" ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม จึงขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านมาเป็นที่ปรึกษาร่วม และตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลองของนักศึกษากลุ่มดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุรสิทธิ์ ราตรี)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
โทรศัพท์ 326-8504
โทรสาร 3268506

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04(5)/ ๘๐

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

30 ตุลาคม 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เชิญเป็นที่ปรึกษาร่วม และตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลอง

เรียน อาจารย์อดิศักดิ์ สุวรรณมา

ด้วย นายชัยยุทธ์ แซ่ตั้ง รหัสประจำตัวนักศึกษา 45035462 , นายธวัชชัย นาเล้ง รหัสประจำตัวนักศึกษา 45035467 และนางสาวศิริพร สุทธุรักษ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา 45035484 ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เชิญท่านเป็นที่ปรึกษาร่วมและตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลอง เพื่อจัดทำวิชาโครงงานการสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอน หัวข้อเรื่อง "ชุดทดลองไดโอดกำลัง และการเรียงกระแส" ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม จึงขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านมาเป็นที่ปรึกษาร่วม และตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลองของนักศึกษากลุ่มดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุรสิทธิ์ ราตรี)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
โทรศัพท์ 326-8504
โทรสาร 3268506

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม โทร. 3702-3

ที่ ศธ 0524.04(5) /๐๓๖ **วันที่** 30 ตุลาคม พ.ศ. 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เชิญเป็นที่ปรึกษาร่วม และตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลอง

เรียน อาจารย์อิทธิภูมิ บุญพิคำ

ด้วยนายชัยยุทธ์ แซ่ตั้ง รหัสประจำตัวนักศึกษา 45035462 นายธวัชชัย นาเล้ง รหัสประจำตัวนักศึกษา 45035467 และนางสาวศิริพร สุทธิรักษ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา 45035484 นักศึกษาชั้นปีที่ 2 ภาคพิเศษ สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ได้จัดทำวิชาโครงงานการสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอน ชื่อหัวข้อ "ชุดทดลองไดโอดกำลัง และการเรียงกระแส" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2546 และภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมพิจารณาเห็นว่าท่านมีความรู้ ความสามารถในด้านนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงมีความประสงค์ขอเรียนเชิญท่านที่ปรึกษาร่วม และตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลอง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ และภาควิชาฯ ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

(นายสรุสิทธิ์ ราตรี)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายชัยยุทธ์ แซ่ตั้ง
วัน เดือน ปีเกิด	18 พฤษภาคม 2525
ภูมิลำเนา	11 ซอยร่วมใจพัฒนา ตำบลอรัญประเทศ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว 27120 โทรศัพท์ 0-95452947
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลชนะชัยศรี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทศบาลบ้านคิโลสอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสระแก้ว
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคบูรพาปราจีน
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ความพยายามอยู่ที่ไหน ความสำเร็จอยู่ที่นั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายธวัชชัย นาเลิง
วัน เดือน ปีเกิด	30 พฤศจิกายน 2523
ภูมิลำเนา	40 หมู่ 3 ตำบลชุมแพ อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น
	โทรศัพท์ 0-90287336
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านแห่ (ประชานุเคราะห์)
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนชุมแพศึกษา
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนชุมแพศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นางสาวศิริพร สุทธิรักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	1 มีนาคม 2524
ภูมิลำเนา	160/1 หมู่ 1 ตำบลพรหมโลก อำเภอพรหมคีรี
	จังหวัดนครศรีธรรมราช 80320 โทรศัพท์ 075-338211
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลวัดมเหยงค์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนโยธินบำรุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้