บทที่ 2
เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์

2.1 บทนำ

2.1.1 แนะนำนิยามทางเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์

ความต้องการเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะ ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์และระบบควบคุมที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม จึงมีการพัฒนาระบบการควบคุมพลังงานไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนรูปพลังงานและนำไปใช้ในการควบคุมมอเตอร์

เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ จึงนับเป็นการผสมผสานระหว่างระบบไฟฟ้ากำลัง เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุม โดยการทำงานในทางเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์จะทำงานโดยอาศัยหลัก วงรอบปิด (Close-loop System) เพื่อนำมาพัฒนาใช้งานได้ทั้งในสภาวะ (Ideal) และไดนามิกส์ (Dinamics)

เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ มีหลักการเบื้องต้นโดยอาศัยการสวิตซ์ของอุปกรณ์กึ่งตัวนำกำลังไฟฟ้าสูง โดยมีการพัฒนามาจากเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำทางไฟฟ้ากำลัง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงๆและการสวิตซ์ที่มีความเร็วสูงได้ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาทางไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอมพิวเตอร์ทำให้เกิดเทคนิคการควบคุมทางไฟฟ้าที่หลากหลายมากขึ้น

วิชาที่เกี่ยวข้องและสามารถนำวิชาเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ไปประยุกต์ใช้งานได้

- ระบบไฟฟ้ากำลังและไฟฟ้าแรงสูง (Power Systems) เช่น อุปกรณ์แปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรง เครื่องชดเชยกำลังไฟฟ้าเสมือน เป็นต้น

- การแปรผันพลังงาน (Energy Conversion) เช่น ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสสลับ เป็นต้น

2.1.2 ความหมายของคำทางเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์

- คอนเวอเดอร์ หมายถึง วงจรเปลี่ยนแปลงกำลังงานไฟฟ้ารูปแบบหนึ่งให้เป็นอีกรูปแบบหนึ่ง

เช่น DC to AC Converter หมายถึง อุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ

AC to DC Converter หมายถึง อุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง

- DC to DC Converter หมายถึง อุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสตรง โดยเราสามารถควบคุมค่าทางกำลัง Output ได้ เช่น Input 10 V เราสามารถควบคุมให้มี Output 5 V ได้

- วงจรเรียงกระแส (Rectifier) คล้ายกับวงจรคอนเวอเตอร์ มีความสามารถเปลี่ยนกระสลับให้เป็นกระแสตรง แต่ไม่สามารถควบคุมหรือเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าได้

- วงจรเปลี่ยนกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) มีความสามารถเปลี่ยนกระตรงให้เป็นกระแสสลับ แต่ไม่สามารถควบคุมหรือเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าได้

- Cycloconverter หมายถึง วงจรเปลี่ยนไฟฟ้าความถี่สูงให้เป็นไฟฟ้าความถี่ต่ำ

- การทำให้กระแสหยุดไหลตามธรรมชาติ (Natural Commutation) หมายถึง การหยุดไหลของกระแสที่ผ่านอุปกรณ์สวิตซ์ โดยอาศัยการลดค่ากระแสเป็นศูนย์ หรือเปลี่ยนเส้นทางการไหลของกระแสเป็นเส้นทางเดียว โดยไม่มีการใช้วงจรอื่นมาบังคับ

- การทำให้กระแสหยุดไหลด้วยการบีบบังคับ (Force Commutation) หมายถึง การทำให้กระแสหยุดไหลด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้วงจร Resonant Pulse เป็นต้น

- DC Chopper มักรู้จักกันในนามของวงจร DC to DC Converter ซึ่งอาจใช้ในการเพิ่มลดระดับแรงดัน DC

2.1.3 ตัวอย่างสวิตซ์กำลัง

- ไดโอดกำลัง เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ทิศทางเดียว โดยจะมีกระแสไหลเมื่อขั้วแอโนดมีศักย์มากกว่าขั้วแคโทด เรียกการต่อแบบนี้ว่า การฟอเวิร์ดไบแอส ในทางกลับกัน หากแรงดันที่ขั้วแอโนดมีแรงดันน้อยกว่าขั้วแคโทดจะไม่มีกระแสไหล เรียกการต่อแบบนี้ว่า รีเวิร์สไบแอส ซึ่งเมื่อแรงดัน Vak เป็นบวก จะเห็นได้ว่ากระแสที่ไหลผ่านไดโอดมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนแรงดันที่ตกคร่อมจะมีค่าเล็กน้อยอยู่ค่าหนึ่ง เรียกว่า แรงดันตกฟอเวิร์ด ทั้งนี้จะขึ้นอย่กับชนิดของไดโอด เมื่อแรงดัน Vak มีค่าเป็นลบจะก่อให้เกิดกระแสไหลกลับเพียงเล็กน้อย (อาจเป็นระดับไมโครแอมป์) กระแสนี้อาจเรียกว่า กระแสรั่วรีเวิร์ส ซึ่งหากแรงดัน Vak มีค่าเป็นลบจนถึงค่าแรงดันรีเวิร์สเบรคดาวน์ ก็จะทำให้มีกระแสไหลย้อนกลับเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ไดโอดเสียหาย

ตามปกติสามารถแบ่งชนิดของไดโอดได้เป็น 2 ประเภท

1. ไดโอดแบบทั่วไป เป็นไดโอดที่ใช้ในวงจรทั่วไปที่ไม่ต้องการาการใช้งานแบบพิเศษมาก
2. ไดโอดแบบความเร็วสูง

- Fast recovery Diode เป็นไดโอดที่ใช้สำหรับวงจรที่ต้องการสวิตซ์ความถี่สูง

- Chottky Diode เป็นไดโอดที่มีเวลาคืนสภาพ (recovery time) น้อยโดยปกติเป็นระดับ นาโนวินาที และมีแรงดันขนาดฟอเวิร์ดต่ำ

- เพาเวอร์ไทรีสเตอร์

เพาเวอร์ไทรีสเตอร์ เป็นอุปกรณ์สวิตซ์กึ่งตัวนำ ลักษณะของอุปกรณ์จะมี 3 ขั้วได้แก่ ขั้วบวก (แอโนด) ขั้วลบ (แคโทด) และขั้วประตู (เกท)

ลักษณะของสารกึ่งตัวนำจะเป็นดังรูป เพาเวอร์ไทริสเตอร์นี้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมการนำกระแส โดยอาศัยการป้อนแรงดันเข้าที่ขาเกทเทียบกับขาแคโทด (Vgk)

- BJT เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

เป็นทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อขั้ว 2 ขั้ว (Bipolar) โดยมีขั้ว 3 ขั้ว คือ ขั้วอีมิทเตอร์ ขั้วคอเล็คเตอร์ และขั้วเบส สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ แบบ NPN และ PNP

BJT เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีข้อดีกว่าไทรีสเตอร์ คือ สามารถทำงานที่ย่านความถี่สูงถึง 10 kHz ได้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในด้านกำลังไฟฟ้าที่รับได้ของอุปกรณ์ การควบคุมการไหลของกระแสในการทำงานแบบสวิตซ์จะอาศัยการทำงานในย่านคัทออฟ (cut-off) ส่วนในย่านปกติในทางอิเล็กทรอนิกส์กำลังจะไม่นำมาใช้ และย่านคัทออฟนี้ทางอิเล็กทรอนิกส์มักนำมาใช้ในวงจรเครื่องขยายเสียง

2.2 คุณลักษณะของสวิตซ์อุดมคติและสวิตซ์กำลัง

2.2.1 สวิตซ์กำลัง

เนื่องจากวิชาทางเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์มีหลักสำคัญโดยการใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ ดังนั้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะศึกษาวิชานี้จึงจำเป็นต้องเริ่มต้นศึกษาสวิตซ์อุดมคติใหม่

สภาวะการทำงานของสวิตซ์อุดมคติมี 2 สภาวะ คือ

1. สภาวะนำกระแส หรือ TURN ON เป็นสภาวะที่แรงดันตกคร่อมสวิตซ์มีค่าเป็นศูนย์ และกระแสไหลผ่านสวิตซ์ได้อย่างสะดวกที่สุด

2. สภาวะตัดกระแส หรือ TURN OFF เป็นสภาวะที่กระแสไม่สามารถไหลผ่านสวิตซ์ได้ (I=0) ส่วนแรงดันที่ตกคร่อมสวิตซ์ขึ้นอยู่กับแรงดันจากภายนอกในสภาวะ TURN ON และแรงดันตกคร่อมสวิตซ์เป็นศูนย์ ส่วนกระแส I = V/R

ในกรณี TURN OFF จะไม่มีกระแสไหลผ่านสวิตซ์ (I=0) ส่วนแรงดันจะเท่ากับแรงดันแหล่งจ่ายภายนอก โดยปกติแล้วอุปกรณ์สวิตซ์กำลังจะมีความไม่เป็นอุดมคติอยู่ อย่างเช่นในสภาวะ TURN ON จะมีแรงดันตกคร่อมสวิตซ์เกิดขึ้นก่อให้เกิดความเสียหาย เรียกว่า ความเสียหายในสภาวะนำกระแส หรือ Condution Loss เกิดขึ้นเป็นต้น

2.2.2 ทรานซิสเตอร์(Transister)

ทรานซิสเตอร์ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบ NPN กับ แบบ PNP ในการอธิบายเพื่อให้เกิดความเข้าใจจะใช้แบบ NPN เป็นหลัก เมื่อกระแสเบสมีค่ามากขึ้นจะทำให้ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ทำงานในย่านอิ่มตัวกล่าวคือ V_{CE} จะน้อยลงใกล้เคียงศูนย์ ซึ่งเทียบได้กับสภาวะนำกระแสของสวิตซ์ Turn On ส่วนเมื่อป้อนกระแส I_{Base} ให้เป็นศูนย์จะไม่มีกระแสคอเล็คเตอร์ไหลผ่านสวิตซ์ เทียบได้กับสภาวะ Turn Off

- การขับเบส คือวงจรในการควบคุมการ Turn On และ Turn Off ของทรานซิสเตอร์ ความเร็วในการสวิตซ์ สามารถเพิ่มได้โดยลดช่วงเวลา Turn On และ Turn Off การลดเวลาช่วงดังกล่าวสามารถที่จะทำได้โดยเพิ่มส่วนของกระเบส

เทคนิคที่ใช้กันโดยทั่วไปนั้นเป็นการสร้างวงจรขับเบส ของทรานซิสเตอร์ที่เหมาะสม ได้แก่

1. เทคนิคการควบคุมการ Turn ON เมื่อแรงดันอินพุทป้อนเข้าสู่ขา Vb กระแสเบสจะจำกัดโดยตัวต้าน R1

และเมื่อเวลาผ่านไป กระแสจะชาร์จเข้าตัวเก็บประจุ C1 ทำให้ I base ไหลผ่าน R1 และ R2

2. วงจรควบคุมการ Turn Off จะเพิ่ม R3 R4 และ C2 เข้าไป ไดโอด D1 จะเป็นตัวแยกขับเบสด้านฟอเวิร์ด ออกจากวงจรขับเบสด้านรีเวิร์ส

2.2.3 ไทรีสเตอร์

เป็นอุปกรณ์กึ่งสารตัวนำที่มีคุณสมบัติให้กระแสไหลทางเดียวสามารถควบคุมเป็นสวิตซ์ได้โดยควบคุมการนำจังหวะกระแสที่ขาเกท ไทรีสเตอร์มีหลายชนิด ในที่นี้จะนำเสนอ 2 ชนิดด้วยกัน

1. SCR เป็นไทรีสเตอร์ชนิดที่มี 3 ขั้ว แอโนด แคโทด และเกท

หลักการทำงานของไทรีสเตอร์

เมื่อแรงดันมีทิศ ฟอเวิร์ด (แรงดันแอโนดมากกว่าแคโทด) กระแสที่ไหลผ่าน SCR จะมีเล็กน้อย ต่อเมื่อเพิ่มแรงดันให้มากกว่าแรงดัน Break Over แล้ว SCR จะเปลี่ยนสถานะ นำกระแสได้เอง

สำหรับการทำให้แรงดันมากกว่าแรงดัน Break Over สามารถทำได้โดยการป้อนกระแส เข้าที่ขาเกท เมื่อ SCR อยู่ในสภาวะ Turn On แล้ว ค่า I น้อยที่สุดที่จะรักษาสภาวะนำกระแส เรียกว่า กระแสโฮลดิ้ง

เมื่อต้องการหยุดสภาวะนำกระแสของ SCR จะต้องให้กระแสที่ไหลผ่าน SCR มีค่าน้อยกว่ากระแสแล็ดชิ่ง ซึ่งทำได้หลายวิธี อาทิเช่น การหยุดนำกระแสแบบธรรมชาติ และแบบบังคับ ส่วนลักษณะทางด้านรีเวิร์ส จะมีหลักเหมือนการทำงานของไดโอดทุกประการ

2. ไทรเอค เป็นไทริสเตอร์ที่มี 3 ขั้ว คล้าย SCR แต่สามารถควบคุมการไหลของกระแสได้ 2 ทิศทาง

หลักการทำงานของไทรเอค คือ เมื่อต้องการให้กระแสไหลจาก T2 ไป T1 จะต้องป้อนกระแส Igate เป็นบวก (ทิศไหลเข้าขาเกท) โดยแรงดันที่ T2 มากกว่าที่ T1 ในทางกลับกันถ้าต้องการให้กระแส T1ไป T2 จะต้องใส่แรงดันให้ T1 มากกว่า T2 และป้อนกระแสเกทเป็นลบ (ทิศไหลออกจากเกท) กล่าวโดยง่ายคือ ไทรเอค เป็นไทริสเตอร์ต่อขนานกัน

การขับเบส การขับเกทและวงจรควบคุม

ปกติแล้ววงจรทางเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์จะประกอบไปด้วยวงจรหลักอยู่ 4 ส่วน ได้แก่

1. วงจรควบคุม
2. วงจรแยกกราวด์
3. วงจรขับเบส(เกท)
4. วงจรกำลัง

วงจรควบคุม คือ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีกำลังขับกระแสต่ำใช้เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณควบคุมตามความต้องการของผู้ออกแบบ วงจรนี้อาจเป็น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ วงจรดิจิตอล หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ก็ได้

วงจรแยกกราวด์ เนื่องจากในส่วนของวงจรกำลังอาจเกิดความผิดพลาด และก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ต่างๆได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ความเสียหายส่งผลกระทบต่อวงจรควบคุม ซึ่งอาจมีราคาแพง จึงต้องออกแบบวงจรแยกกราวด์ขึ้น วงจรประเภทนี้มีหลายแบบ ในที่นี้จะกล่าวถึงวงจรแยกกราวด์ 2 แบบด้วยกันคือ

1. วงจรแยกกราวด์แบบหม้อแปลงเพาส์ (Pluse Transformer)

วงจรนี้อาศัยหลักการทำงานของหม้อแปลงเพาส์ ซึ่งสัญญาณ Input และ Output ที่ออกมาจากหม้อแปลงจะมีลักษณะเหมือนกัน แต่จะมีกราวด์คนละกราวด์

2. ใช้ ออฟโต ไซโอเลท เป็นการใช้เทคโนโลยีของแสงในการถ่ายทอดสัญญาณและแยกกราวด์ ซึ่งปัจจุบันจะมี ไอซี สำหรับใช้งานนี้โดยเฉพาะ

วงจรขับเบส (เกท) เป็นวงจรขยายกำลัง เพื่อใช้ในการขับอุปกรณ์สวิตซ์กำลังเนื่องจากสัญญาณที่ได้จากวงจรแยกกราวด์ อาจมีกำลังขับไม่เพียงพอจึงจำเป็นต้องสร้างวงจรขับเพิ่มเติมในส่วนวงจรขับนี้ เช่น ใช้ ไอซี บุฟเฟอร์ ทรานซิสเตอร์ขยายกระแส ทรานซิสเตอร์ต่อแบบ ดาร์ริงตัน หรือ บรุซ ฟูล

วงจรกำลัง เป็นวงจรที่นำอุปกรณ์สวิตซ์กำลังมาต่อ เพื่อใช้งานตามจุดประสงค์ เช่น วงจรอินเวอเตอร์ เป็นต้น

2.3 วงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง (AC to DC Converter)

2.3.1 บทนำ

วงจรแปลงกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับมีอยู่หลายชนิด อาทิเช่น วงจรเรียงกระแส (Rectifier) วงจรเซมิคอนเวอร์เตอร์แบบเฟสเดียว(Single Phase Semi Converter) เป็นต้น โดยการวิเคราะห์ในบทนี้ จะอาศัยหลักการทางอุดมคติโดยไม่คิดเวลาฟื้นตัวย้อนกลับ (recovery time) และแรงดันตกฟอเวิร์ด

2.3.2 วงจรฮาร์ฟเวฟเรคติไฟเออร์แบบเฟสเดียว

วงจรเรคติไฟเออร์ เป็นวงจรแปลงกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงชนิดหนึ่ง ลักษณะวงจรประกอบด้วยไอโอดทำหน้าที่เรียงกระแส วงจรเรคติไฟเออร์ แบ่งออกได้เป็น

1. วงจรฮาร์ฟเวฟ เรคติไฟเออร์ (Halfwave Rectifier)
2. วงจรฟูลเวฟ เรคติไฟเออร์ (Fullwave Rectifier)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวงจรฮาร์ฟเวฟ เรคติไฟเออร์ ซึ่งเป็นวงจรเรียงกระแสที่จะเรียงกระแสเพียงครึ่งคลื่น
ของสัญญาณเอซี เท่านั้น

หลักการทำงาน เมื่อสัญญาณอินพุทซีกบวกเข้ามาจะทำให้ไดโอดฟอเวิร์ดไบแอส ทำให้แรงดันผ่านไปยังโหลด แต่ในกรณีซีกลบไดโอดจะรีเวิร์สไบแอสทำให้วงจรเปิดออก สำหรับประสิทธิภาพของวงจรเรคติไฟเออร์ สามารถคำนวณได้จากค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

ค่าแรงดันเฉลี่ยของแรงดันเอาท์พุท $= V_{dc}$ (2.1)

ค่ากระแสเฉลี่ยของกระแสเอาท์พุท $= I_{dc}$ (2.2)

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าดีซีเอาท์พุท $= V_{dc} \cdot I_{dc}$ (2.3)

พิจารณากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยกำลังสอง $= P_{ac} = V_{rms} = I_{rms}$ (2.4)

ดังนั้นประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส $\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}}$ (2.5)

ค่าแรงดัน rms สามารถนำมาหาค่าแรงดันเอซีในรูปคลื่นได้โดย

สมการ $V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^{\ 2} - V_{dc}^{\ 2}}$ (2.6)

ค่า Form factor นิยามจาก $FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}}$ (2.7)

เป็นค่าที่ใช้วัดค่า Ripple factor เป็นค่าที่ใช้วัดสัญญาณคลื่นระลอก (ที่เป็นสัญญาณที่ไม่ต้องการ) นิยามจากสมการ

$$\text{Ripple factor} = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} = \sqrt{\frac{V_{rms}^2 - V_{dc}^2}{V_{dc}^2}} = \sqrt{FF^2 - 1} \qquad (2.8)$$

การวิเคราะห์รูปคลื่นแบบฮาร์ฟเวฟเรคติไฟเออร์

1) $$V_{dc} = \frac{1}{T}\int_0^T v_L(t)dt \qquad (2.9)$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left[-V_m \cos\omega t \quad \right]_0^{\pi}$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left[V_m + V_m\right] = \frac{V_m}{\pi} = 0.318V_m$$

2) $$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{0.138V_m}{R} \qquad (2.10)$$

3) $$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^T v_L(t)dt} \qquad (2.11)$$

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

$$= \frac{V_m}{2} = 0.5V_m$$

4) $$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{0.5V_m}{R} \qquad (2.12)$$

5) ประสิทธิภาพของวงจรเรคติไฟเออร์แบบคลื่นเฟสเดียว

$$= \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{V_{dc}I_{dc}}{V_{rms}\cdot I_{rms}} \qquad (2.13)$$

$$= \frac{(0.138V_m)^2 / R}{(0.5V_m)^2 / R} = 0.405 \text{ หรือ } 40.5\ \%$$

6) $$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{0.5V_m}{0.318V_m} = 1.57 \qquad (2.14)$$

7) $$RF = \sqrt{(FF)^2 - 1} = \sqrt{(1.57)^2 - 1} = 1.21 \text{ หรือ } 121\ \% \qquad (2.15)$$

2.3.3 วงจรฟูลเวฟ เรคติไฟเออร์แบบเฟสเดียว

หลักการทำงานของวงจรฟูลเวฟเรคติไฟเออร์นี้ จะอาศัยหลักการทำงานที่เมื่อแรงดัน V_S เป็นบวก ไดโอด D_1 และ D_2 จะฟอเวิร์ดไบแอสทำให้กระแสไหลจากจุด A ผ่านไปยังไดโอด D_1 ผ่านโหลดและไหลสู่จุด B ที่ไดโอด D_2

ในทำนองเดียวกัน เมื่อ V_S เป็นลบไดโอด D_3 และ D_4 จะฟอเวิร์ดไบแอสส่วนตัวอื่นๆ จะรีเวิร์สหมด ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมโหลดเป็นรูปคลื่น V_S ที่กลับซีกลบเป็นซีกบวก กระแสจะไหลจากไดโอด D_3 ผ่านโหลดและไหลย้อนกลับจุด A ที่ไดโอด D_4

กล่าวโดยสรุปรูปคลื่นที่ได้ที่ตำแหน่งแรงดันเอาท์พุทจะเป็นรูปคลื่นกระแสตรงเต็มลูกคลื่น เราสามารถวิเคราะห์วงจรได้ดังนี้

1) $$V_{dc} = \frac{1}{T}\int_0^T v(t)dt = \frac{1}{\pi}\int_0^T V_m \sin\omega t d\omega t = \frac{2V_m}{\pi} = 0.707\ V_m \qquad (2.16)$$

2) $$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{0.6366V_m}{R} \qquad (2.17)$$

3) $$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^T (V_m \sin\omega t)^2 d\omega t} = 0.707V_m \qquad (2.18)$$

4) $$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{0.707V_m}{R} \qquad (2.19)$$

5) ประสิทธิภาพของวงจรเรคติไฟเออร์แบบเต็มรูปคลื่น

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{V_{dc}I_{dc}}{V_{rms}I_{rms}} = \frac{(0.6366V_m)^2/R}{(0.707V_m)^2/R} \qquad (2.20)$$

$$= 0.81 \text{ หรือ } 81\ \%$$

6) $$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{0.707V_m}{0..6366V_m} = 1.11 \qquad (2.21)$$

7) $$RF = \sqrt{(FF)^2 - 1} = \sqrt{1.11^2 - 1} = 0.48 \text{ หรือ } 48\% \qquad (2.22)$$

2.3.4 วงจรเรียงกระแสเต็มลูกคลื่นแบบสามเฟส

หลักการทำงาน คือ จะมีไดโอด 1 คู่ที่ทำงานในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับว่าแรงดันระหว่างขั้วไดของไดโอดมีค่ามากที่สุด จะเห็นว่าใน 1 รูปคลื่น (2π) จะมีไดโอดสลับการทำงานทั้งหมด 6 คู่ หากวิเคราะห์โดยอาศัย 1 คาบ ของรูปคลื่นคิดที่ $\frac{\pi}{3}$ แล้วจะวิเคราะรูปคลื่นได้ดังนี้

1) $$V_{dc} = \frac{1}{\pi/3}\int_{-\pi/6}^{\pi/6}\sqrt{3}Vm\cos\omega td\omega t = \frac{3\sqrt{3}}{\pi}V_m = 1.654V_m \quad (2.23)$$

2) $$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi/3}\int_{-\pi/6}^{\pi/6}V_m{}^2\cos^2\omega td\omega t} = 1.6544V_m \quad (2.24)$$

3) $$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{(1.654V_m)^2}{(1.6554V_m)^2} = 99.83\% \quad (2.25)$$

4) $$FF = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{1.6554V_m}{1.654V_m} = 1.0008 \quad (2.26)$$

5) $$RF = \sqrt{(1.0008)^2 - 1} = 0.04 = 4\% \quad (2.27)$$

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบค่าของวงจรเรคติไฟเออร์แบบต่างๆ

	เฟสเดียว		สามเฟส
	ฮาร์ฟเวฟเรคติไฟเออร์	ฟูลเวฟเรคติไฟเออร์	ฟูลเวฟเรคติไฟเออร์
V_{dc}	0.138 V_m	0.6366 V_m	1.654 V_m
V_{rms}	0.5 V_m	0.707 V_m	1.6554 V_m
Form Factor	1.57	1.11	1.0008
ประสิทธิภาพ	40.5 %	81 %	99.83 %
Ripple Factor	121 %	48 %	4 %

2.3.5 วงจรควบคุมมุมเฟส (Phase-Controlled)

เป็นวงจรที่แปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรงโดยอาศัยการควบคุมการเปิด-ปิด ของอุปกรณ์สวิตช์ ในที่นี้จะใช้ไทริสเตอร์เป็นอุปกรณ์สวิตช์ มุมที่เริ่มทริกไทริสเตอร์ เรียกว่า มุมจุดชนวน

หลักการทำงาน เมื่อแรงดันซีกบวกปรากฏที่ V_s แล้วขณะไม่มีการทริกไทริสเตอร์ แรงดันเอาท์พุต V_o จะเท่ากับศูนย์ เมื่อถึงมุม α ล้ว จะทริกให้ไทริสเตอร์นำกระแสทำให้ช่วงเวลานี้แรงดัน $V_s = V_o$ จนกระทั่ง

ถึงตำแหน่ง ut = π ไทริสเตอร์จะหยุดนำกระแสเนื่องจากแรงดัน V_S เป็นซีกลบจะไม่มีการนำกระแสผ่านไทริสเตอร์

วิเคราะห์การทำงาน

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} V_m \sin\omega t d\omega t = \frac{V_m}{2\pi}\left[-\cos\omega t\right]_0^{\pi} \quad (2.28)$$

$$= \frac{V_m}{2\pi}(1+\cos\alpha)$$

จากสูตรแรงดัน dc สูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อ d=0 $= \frac{V_m}{\pi}$ (2.29)

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} V_m{}^2 \sin^2\omega t d\omega t\right]} \quad (2.30)$$

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

2.3.6 วงจรเซมิคอนเวอเตอร์แบบเฟสเดียว

หลักการทำงาน กรณี V_S เป็นบวก เมื่อมีการทริกไทริสเตอร์ที่มุม แอลฟา จะทำให้กระแสไหลจากไทริสเตอร์ T_1 ผ่านโหลดไปยังไดโอด D_2 จากนั้นเมื่อ ut = π ไทริสเตอร์ T_1 จะหยุดนำกระแส ส่งผลให้โหลดที่เป็น R_L โหลด กลับทิศแรงดันไดโอด D_M ซึ่งทำหน้าที่เป็นฟรวิลลิ่งไดโอดจะฟอร์เวิร์ดทำให้กรพแสไหลวนระหว่างโหลดและไดโอด จนกระทั่งถึงมุม π+2 จะมีการทริกที่ไทริสเตอร์ T_2 ทำให้กระแสไหลออกจากไทริสเตอร์ T_2 ผ่านโหลดไปยังไดโอด D_1 ในขณะนี้ไดโอด D_M จะรีเวิร์สไบแอสและหยุดทำงาน หลักการทำงานจะเห็นได้ว่าสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าดีซีได้ทั้งซีกบวกและซีกลบได้

การวิเคราะห์จากรูปคลื่น

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin\omega t d\omega t \quad (2.31)$$

$$= \frac{V_m}{\pi}(1+\cos\alpha)$$

$$V_{rms} = \sqrt{\left[\frac{1}{\pi}\Big|_{\alpha}^{\pi} V_m{}^2 \sin^2\omega t d\omega t\right]} \quad (2.32)$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{1}{\pi}\left(\pi-\alpha+\frac{\sin 2\alpha}{2}\right)}$$

2.3.7 วงจรฟูลคอนเวอร์เตอร์แบบเฟสเดียว

หลักการทำงาน เมื่อมุม α จะมีการทริกไทริสเตอร์ T_1 และ T_2 ทำให้กระแสไหลผ่านจากไทริสเตอร์ T_1 ผ่านโหลดและไหลย้อนกลับไปยังไทริสเตอร์ T_2 เมื่อ $\omega t = \pi$ แม้ V_S จะเป็นซีกลบ แต่เนื่องจากผลของโหลด L ทำให้ไทริสเตอร์ T_1 และ T_2 ยังคงนำกระแสอยู่ จนกระทั่งถึงมุม $\alpha + \pi$ มีการทริกไทริสเตอร์ T_3 และ T_4 ทำให้กระแสไหลจากไทริสเตอร์ T_3 ผ่านโหลดและย้อนกลับไทริสเตอร์ T_4 ก่อให้เกิดรูปคลื่น

วิเคราะห์การทำงาน

จาก
$$V_{dc} = \frac{1}{T}\int_0^{\pi} v(t)dt \qquad (2.33)$$

$$= \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m \sin\omega t d\omega t$$

$$= \frac{1}{\pi} V_m [-\cos\omega t]_{\alpha}^{\pi+\alpha}$$

$$= \frac{2V_m}{\pi}\cos\alpha$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{T} v^2(t)dt} \qquad (2.34)$$

$$= \sqrt{\frac{1}{T}\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m{}^2 \sin^2\omega t d\omega t}$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} = V_S$$

2.3.8 วงจรฟูลคอนเวอร์เตอร์แบบ 3 เฟส

หลักการทำงาน

จะเห็นได้ว่าที่มุมเริ่มต้นคือ α ไทริสเตอร์ T_1 และ T_6 จะเห็นได้ว่า แรงดันตกคร่อมโหลดจะเป็น V_{ab} ในช่วงถัดมาคือ เมื่อนำกระแสเป็นช่วงเวลา 60 องศาแล้ว ก็จะเปลี่ยนเป็นไทริสเตอร์ T_1 และ T_2 ทำงาน ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมโหลดเป็น V_{ac} ซึ่งจะมีการทำงานไปอีกเป็นช่วงเวลาอีก 60 องศา จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นไทริสเตอร์ T_2-T_3,T_3-T_4,T_4-T_5,T_5-T_6 ซึ่งจะทำให้แรงดันเป็น V_{bc},V_{ba},V_{ca},V_{cb} ตามลำดับ

สำหรับหลักการควบคุมดังกล่าว พิจารณาจากช่วงเวลาที่จะทำการทริก จะทริกไทริสเตอร์คู่ที่มีแรงดันต่างศักย์ที่ออกไปยังโหลดมากที่สุดเป็นหลัก เช่น ช่วงที่ V_{ab} ออกไปมากกว่า V ตัวอื่น

2.4 วงจรควบคุมแรงดัน AC

2.4.1 บทนำ

วงจรควบคุมแรงดัน AC เป็นวงจรที่ใช้สำหรับแปลงกำลังไฟฟ้า AC ไปเป็นกำลังไฟฟ้า AC ที่สามารถปรับคุณลักษณะทาง Output ได้ เช่นปรับความถี่ ปรับแรงดัน rms ปกติอุปกรณ์ที่เป็นชุดควบคุมแรงดัน AC จะมีใช้งานอยู่มากในอุตสาหกรรม อาทิ เช่น เครื่องทำความร้อนในอุตสาหกรรม เครื่องเปลี่ยนแท็ปของหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด On Load ชุดควบคุมการส่องสว่าง เป็นต้น

โดยปกติวงจรประเภทนี้จะมี 2 ชนิด

1. ควบคุมการปิดเปิด
2. ควบคุมมุมเฟส

ชุดควบคุมอาจแบ่งได้อีก 2 ประเภท คือ แบบเฟสเดียวกับ แบบสามเฟส

2.4.2 ชุดควบคุมแบบเปิดปิด

หลักการทำงาน สามารถอธิบายได้ดังรูป ลักษณะวงจรเป็นอุปกรณ์ไทริสเตอร์ ต่อขนานกลับทิศกันเพื่อให้สามารถนำกระแสในช่วงซีกบวกและซีกลบของแรงดัน Input ได้ โดยปกติการ Turn On ไทรีสเตอร์จะกระทำที่จุด Zero Voltage Crossing ของแรงดัน Input (จุดที่ Input เป็นศูนย์)

ในช่วง n ลูกคลื่นแรก ไทรีสเตอร์ T1 ละ T2 จะถูกทริคให้ทำงานในช่วงซีกบวกและซีกลบตามลำดับ ในย่านนี้แรงดัน Output จะเท่ากับแรงดัน Input ในช่วง m ลูกคลื่นต่อมาจะไม่มีการสั่งการทำงานของไทรีสเตอร์ทั้ง 2 ตัว ดังนั้นแรงดัน Output จึงเป็นศูนย์ กล่าวโดยสรุปจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าและแรงดัน rms ออกไปยัง Output จะขึ้นอยู่กับจำนวนลูกคลื่นที่นำกระแส และหยุดนำกระแส

2.4.3 วงจรควบคุมเฟส

หลักการทำงาน เป็นวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้า AC ที่สามารถป้องกันการเกิดแรงดัน DC ที่แรงดัน Output ได้ ลักษณะวงจรเป็น ไทรีสเตอร์ 2 ตัวต่อขนานกลับทิศกัน เพื่อควบคุมการไหลของกระแสในทั้งซีกบวกและซีกลบ ไทรีสเตอร์ T1 จะเริ่มนำกระแสที่มุมจุดชนวนเท่ากับมุม แอลฟา ส่วน ไทรีสเตอร์ T2 จะเริ่มต้นนำกระแสที่มุม พาย+แอลฟา หลักการทำงานมีดังนี้

ที่มุม แอลฟา ไทรีสเตอร์ T1 นำกระแสทำให้ แรงดัน Vout=แรงดัน Vs จนกระทั่งถึงมุม พาย ไทรีสเตอร์ T1 จะหยุดนำกระแสทำให้แรงดัน Output ตั้งแต่ช่วงนี้มีค่าเป็นศูนย์ จากนั้นเมื่อถึงมุม พาย+แอลฟา ไทรีสเตอร์ T2 จะนำกระแสทำให้ แรงดันซีกลบของ Vs ปรากฏที่แรงดัน Output ทำให้เกิดแรงดัน AC ที่มีลักษณะลูกคลื่นเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

2.4.4 วงจรไซโครคอนเวอเตอร์แบบเฟสเดียว (Cycloconverter Single Phase)

วงจรควบคุมแรงดัน AC ที่ผ่านมาสามารถเปลี่ยนแปลงระดับแรงดัน Output ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถ เปลี่ยนแปลงความถี่ของแรงดันได้ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงวงจรไซโครคอนเวอเตอร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงความถี่และระดับแรงดัน rms ของแรงดัน Output ได้ โดยความถี่ที่เปลี่ยนแปลงจากวงจรไซโครคอนเวอเตอร์จะมีค่าต่ำลง ตัวอย่างการใช้งานของวงจรประเภทนี้ จะใช้ในวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสสลับต่างๆ ที่ต้องการความเร็วรอบต่ำลง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีทางการควบคุมแบบใหม่ และอุปกรณ์สวิตซ์ความถี่สูง วงจรอินเวอเตอร์จึงเป็นที่นิยมกว่าวงจรไซโครคอนเวอเตอร์ วงจรประกอบไปด้วยวงจรฟูลคอนเวอเตอร์แบบเฟสเดียว 2 ชุด ต่อขนานเข้ากับ Load แบบกลับทิศกัน ชุดแรกเรียกว่า คอนเวอร์เตอร์ P ชุดที่สองเรียกว่าคอนเวอเตอร์ N คอนเวอเตอร์ในแต่ละชุด จะมีหลักการทำงาน โดยอาศัยการทริกด้วยมุมจุดชนวน แอลฟา เท่ากัน คอนเวอเดอร์ P ใช้ควบคุมให้เกิดแรงดัน Output ซีกบวก ส่วน คอนเวอเตอร์ N ใช้ควบคุมให้เกิดแรงดัน Output ซีกลบ มุม แอลฟา จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน rms ของแรงดัน Output

2.5 วงจรดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์

2.5.1 บทนำ

วงจรดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์หรือที่มีผู้นิยมเรียกกันว่าวงจรชอปเปอร์(Chopper) เป็นวงจรสำหรับเปลี่ยนแรงดันจากกระแสตรงไปเป็นกระแสตรงที่สามารถควบคุมค่าคุณลักษณะต่างๆของเอาท์พุทได้ วงจรนี้เป็นวงจรที่มีการประยุกต์ใช้งานมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุปกรณ์ที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง อาทิ เช่น แหล่งจ่ายไฟสวิตซ์ชิ่ง วงจรขับเคลื่อนมอเดอร์ดีซี วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ เป็นต้น

ในส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตซ์ชิ่งจะเป็นที่รู้จักกันดี เนื่องจากมีประสิทธิภาพดีกว่าแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบเดิม (แบบลิเนียร์) มีน้ำหนักเบา และ ขนาดเล็กกว่ามาก ในบทนี้จะให้นักศึกษาเรียนรู้ถึงหลักการทำงานเบื้องต้นของวงจร ดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์แบบต่างๆ

หลักการเบื้องต้นของวงจรดีซีทูซีดีแบ่งออกเป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ

1. วงจรแปลงไฟกระแสตรงแบบลดระดับแรงดัน (Buck Converter)
2. วงจรแปลงไฟกระแสตรงแบบเพิ่มระดับแรงดัน (Boost Converter)
3. วงจรแปลงไฟกระแสตรงแบบลดและเพิ่มระดับแรงดัน (Buck-Boost Converter)

5.1 วงจรแปลงไฟกระแสตรงแบบลดระดับแรงดัน (Buck Converter)

เป็นวงจรแปลงแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบลดระดับแรงดันลง สามารถควบคุมระดับแรงดันได้จากช่วงนำกระแสของอุปกรณ์สวิตซ์ในวงจร อัตราส่วนระหว่างช่วงนำกระแสต่อช่วงเวลาทั้งหมด เรียกว่า ค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)

ซึ่งช่วงเวลาในแต่ละไซเคิล เรียกว่า คาบเวลาการสวิตซ์ของวงจร และส่วนกลับของคาบเวลาดังกล่าวจะเป็นความถี่ในการสวิตซ์

วงจรดังกล่าวจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์สวิตซ์กำลัง ไดโอดแบบฟาสต์รีโคเวอรี่ ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุและชุดควบคุม

การทำงานวงจรมีอยู่ 2 โหมด คือ

1. โหมดที่อุปกรณ์สวิตซ์มีการนำกระแส (Turn On)
2. โหมดที่อุปกรณ์สวิตซ์ไม่มีการนำกระแส (Turn Off)

แรงดัน Vs จะตกคร่อมไดโอด D1 ทำให้เกิดการรีเวิร์สไบแอส กระแสจึงไม่ไหลผ่านไดโอด แต่จะไหลผ่าน L1 และ C1 และ Load แทน ในสภาวะนี้จะทำให้กระแสที่ไหลผ่าน L1 มีค่ามากขึ้น และกระแสที่ไหลผ่าน C1 มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน { iL1 และ iC1 มีค่ามากขึ้น}

หลักการทำงานในช่วงนี้ วงจรจะไม่รับกระแสจากแหล่งจ่ายไฟ Vs ดังรูป กระแส L1 และ C1 จะลดน้อยลงทำให้ไดโอด D1 ฟอเวิร์ดไบแอส เพื่อให้เกิดกระแสไหลวน อย่างไรก็ตามกระแสยังคงไหลไปที่โหลดเหมือนเดิม

หลักการวิเคราะห์ จากการวิเคราะห์โดยรวมจะเห็นได้ว่า

การวิเคราะห์ในช่วงต่อเนื่อง

ให้ ดิวตี้ไซเกิ้ล $= D = t_{on}/T$ (2.35)

ในทางทฤษฎี(ไม่คิดความสูญเสีย)

พลังงานป้อนเข้า = พลังงานเอาท์พุท

$$\frac{1}{2}V_S \cdot t_{on}(I_1 + I_2) = V_o \cdot T \cdot I_O \quad (2.36)$$

$$\frac{V_s \cdot t_{on}}{T} = V_O = kV_S \quad (2.37)$$

2.5.2 วงจร บูสคอนเวอร์สเตอร์

เป็นวงจรแปลงแรงดันขึ้นซึ่งจะทำงานต่างจากวงจรบัคคอนเวอร์สเตอร์ โดยจะแปลงระดับแรงดันขึ้นจากเดิม (Step-Up)

โหมดการทำงานของวงจรนี้แบ่งออกเป็น 2 โหมดคือ

1. โหมดที่สวิตซ์ T_1 นำกระแส (Turn – On)
2. โหมดที่สวิตซ์ T_1 หยุดนำกระแส (Turn – OFF)

โหมดที่ 1

เมื่อสวิตซ์หยุดนำกระแสจะเห็นว่ากระแสจากแหล่งจ่ายไฟจะจ่ายเข้าสู่ตัวเก็บประจุ ผ่านทางขดลวดเหนี่ยวนำ L_1 และไดโอด D_1 โดยจะอัดประจุไฟเข้าที่ตัวเก็บประจุและกระแสส่วนหนึ่งจะจ่ายไปยังโหลด ในช่วงนี้แรงดันที่ L_1 จะกลับขั้วทันที ทำให้แรงดันดกคร่อม C_1 มีค่าเท่ากับ $Vs + e_L$ (มากกว่า Vs เสมอ) ส่วนในช่วงโหมดที่ 1 แรงดันที่ C_1 จะค่อย ๆ ลดลง แรงดันเฉลี่ยจึงมากกว่า Vs (ในขณะที่ทำงานในย่านต่อเนื่อง)

วิเคราะห์การทำงาน

จากรูปและกราฟการทำงานจะเห็นได้ว่า

โหมดที่ 1 $$L\frac{d_i}{d_t} \approx L\frac{\Delta I}{\Delta t} = V_L = V_S \tag{2.38}$$

$$L\frac{I_2 - I_1}{t_1} = V_S = \frac{L\Delta I}{t_1} \therefore \Delta I = \frac{V_S T_1}{L} \tag{2.39}$$

โหมดที่ 2 $$L\frac{\Delta I}{\Delta t} = V \tag{2.40}$$

$$L\frac{I_1 - I_2}{t_2} = V_S - V_O \tag{2.41}$$

$$-L\frac{\Delta I}{t_2} = V_S - V_O \tag{2.42}$$

$$\therefore \Delta I = \frac{t_2}{-L}(V_S - V_O) = \frac{V_S t_1}{L} \tag{2.43}$$

$$(t_2 + t_1)V_S = t_2 V_O \tag{2.44}$$

$$\frac{t_2 + t_1}{t_2} V_S = V_O \tag{2.45}$$

$$\frac{1}{1-k} V_S = V_O \tag{2.46}$$

2.5.3 วงจรบัค-บูสคอนเวอร์เตอร์ (Buck Boost Converter)

เป็นวงจรที่สามารถใช้งานเป็นลดระดับแรงดันหรือเพิ่มระดับแรงดันก็ได้ ขึ้นอยู่กับค่า duty cycle วงจร บัค –บูสนี้จะเป็นวงจรที่แรงดันเอาท์พุทที่ได้ กลับขั้วกับแรงดันอินพุท

ในการวิเคราะห์การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 โหมดด้วยกันคือ

1. โหมดนำกระแส

2. โหมดหยุดนำกระแส

โหมดที่ 1 โหมดนำกระแส เป็นโหมดที่สวิตซ์นำกระแสในส่วนนี้ แรงดัน Vs จะตกคร่อม L_1 ทำให้ไดโอด D_m รีเวิรสไบแอส ส่วน C_1 จะคายประจุไปยังโหลด

ในโหมดที่ 2 อุปกรณ์สวิตซ์จะหยุดนำกระแสทำให้ไดโอด D_1 ฟอร์เวอร์สไบแอส กระแสจะไหลวนระหว่าง L กับ C จากการวิเคราะห์ ได้สมการเป็น

$$V_o = V_s \frac{k}{1-k} \tag{2.47}$$

วงจรดีซีทูดีซีคอนเวอร์สเตอร์นับว่าเป็นวงจรที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและเหมาะกับการใช้ในการพัฒนาเป็นวงจรที่ต้องการขนาดเล็ก เบา และประสิทธิภาพสูง

2.6 วงจรอินเวอร์สเตอร์(ดีซีทูเอซีคอนเวอร์สเตอร์)

2.6.1 บทนำ

วงจรอินเวอร์สเตอร์เป็นวงจรที่สำคัญในอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิด อาทิเช่น ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสสลับ แหล่งจ่ายไฟสำรอง (UPS) อุปกรณ์แปลงไฟดีซีเป็นเอซี ในระบบแหล่งจ่ายไฟจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนาอินเวอร์สเตอร์ ไปในหลายรูปแบบ แต่อย่างไรก็ตามหลักการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ก็ยังอาศัยหลักการเดิม โดยจะได้กล่าวต่อไป

วงจรอินเวอร์สเตอร์เป็นวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ โดยสามารถควบคุมแรงดัน rms , ความถี่, กระแส rms ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และการใช้งาน ตัวอย่างเช่น ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ การปรับความเร็วรอบวิธีหนึ่งคือการปรับความถี่ เนื่องจากความเร็วรอบ

$$N_S = \frac{120f}{\rho} \tag{2.48}$$

เมื่อ N คือ ความเร็วรอบ หน่วยเป็นรอบต่อนาที

f คือ ความถี่ไฟเข้า

ρ คือ จำนวนโพลของมอเตอร์

อย่างไรก็ตาม การปรับความเร็วรอบโดยวิธีปรับความถี่นี้จะต้องปรับแรงดันให้มีอัตราส่วนคงที่กับความถี่ด้วย (V/f คงที่)