

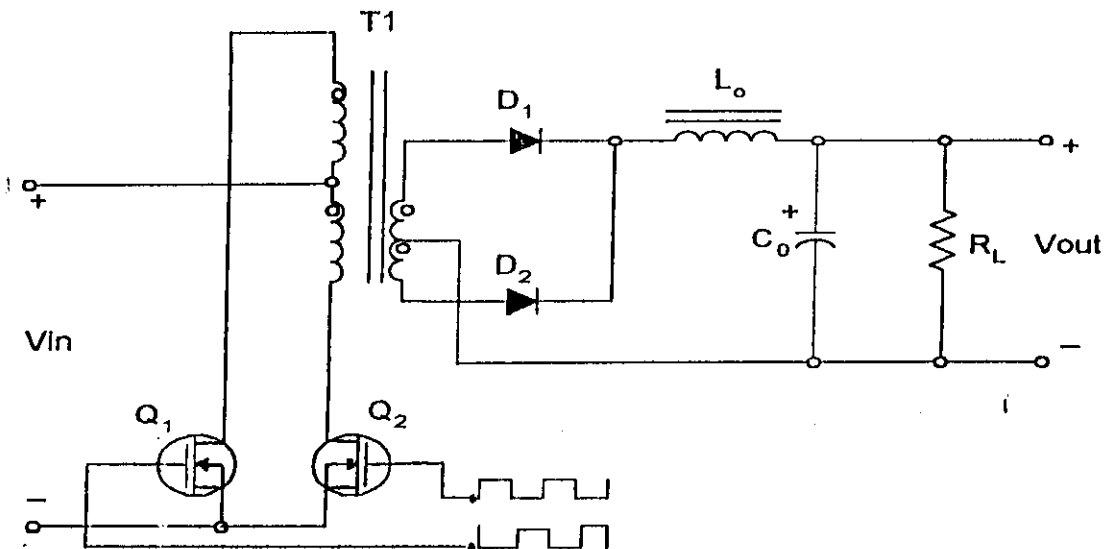
## บทที่ 5

### วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC to DC Converter)

ในโครงการนี้ได้ทำการเลือกใช้อุปกรณ์ - พูลคอนเวอร์เตอร์ เป็นวงจรทระดับแรงดัน ทำหน้าที่ทค่าแรงดันกระแสตรงจากแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 400 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานและทำการออกแบบได้ ดังนี้

การทำงานของ พูช - พูลคอนเวอร์เตอร์ ( Push-Pull Converter ) เปรียบเสมือนกับการนำฟอร์มิกริดคอนเวอร์เตอร์สองชุดมาต่อทำงานร่วมกัน โดยผลัดกันทำงานในแต่ละครึ่งคาบเวลาในลักษณะกลับเฟส ทำให้จ่ายกำลังได้ค่อนข้างสูงในช่วง 200 วัตต์ ถึง 1000 วัตต์ อย่างไรก็ตาม เพาเวอร์มอสเฟตในวงจรยังคงมีแรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสค่อนข้างสูง รวมทั้งปัญหาในการเกิดฟลักซ์ไม่สมมาตรในแกนเฟอร์ไรต์ของวงจรทำให้เพาเวอร์มอสเฟตพังเสียหายได้ง่าย ซึ่งเมื่อนำวงจรนี้มาใช้งานจะต้องระวังถึงจุดนี้ด้วย แต่การนำอุปกรณ์สวิตซ์ที่ต้องการสัญญาณไบแอสที่เข้าเกตเป็นแรงดันไมใช่กระแสมาใช้ในวงจรพูช - พูลคอนเวอร์เตอร์ ก็สามารถลดปัญหาการเกิดฟลักซ์ไม่สมมาตรในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงไม่สมมาตรในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงได้

#### 5.1 พื้นฐานการทำงานของพูช - พูลคอนเวอร์เตอร์[10]



ภาพประกอบ 5.1 แสดงวงจรพื้นฐานของพูช - พูลคอนเวอร์เตอร์[10]

วงจรพื้นฐานของทูลคอนเวอร์เตอร์ แสดงไว้ดังภาพประกอบ 5.1 การทำงานของวงจรจะเป็นดังนี้ เพาเวอร์มอสเฟต  $Q_1$  และ  $Q_2$  จะสลับกันทำงานโดยหลักกันนำกระแสในแต่ละครึ่งของคาบเวลา  $T$  ขณะที่  $Q_1$  นำกระแสจะมีกระแส  $I_p$  ไหลผ่านขดลวดไพรมารี  $N_{p1}$  และไดโอด  $D_1$  จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ ส่วนไดโอด  $D_2$  จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลที่ขดลวดไพรมารี  $N_{p2}$  ผ่านไดโอด  $D_2$  และ  $L_o$  ไปยังตัวเก็บประจุ  $C_o$  และโหลด  $R_L$  ได้ ในจังหวะนี้แรงดันตกคร่อม  $Q_2$  นำกระแสตรงจะนำกระแสจากขดลวดเซคันดารี  $N_{s1}$  ผ่าน  $L_o$  ไปยังตัวเก็บประจุ  $C_o$  และโหลด  $RL$  จะเห็นได้ว่าในหนึ่งคาบเวลาการทำงาน ขดลวดเซคันดารีจะให้กระแสไหลผ่าน  $L_o$  ได้ถึงสองครั้ง ทูลคอนเวอร์เตอร์ จึงสามารถจ่ายกำลังงานได้มากเป็นสองเท่าของฟอว์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

### 5.2 ค่าเวลาเพื่อ $t_o$ สำหรับทูลคอนเวอร์เตอร์ [10]

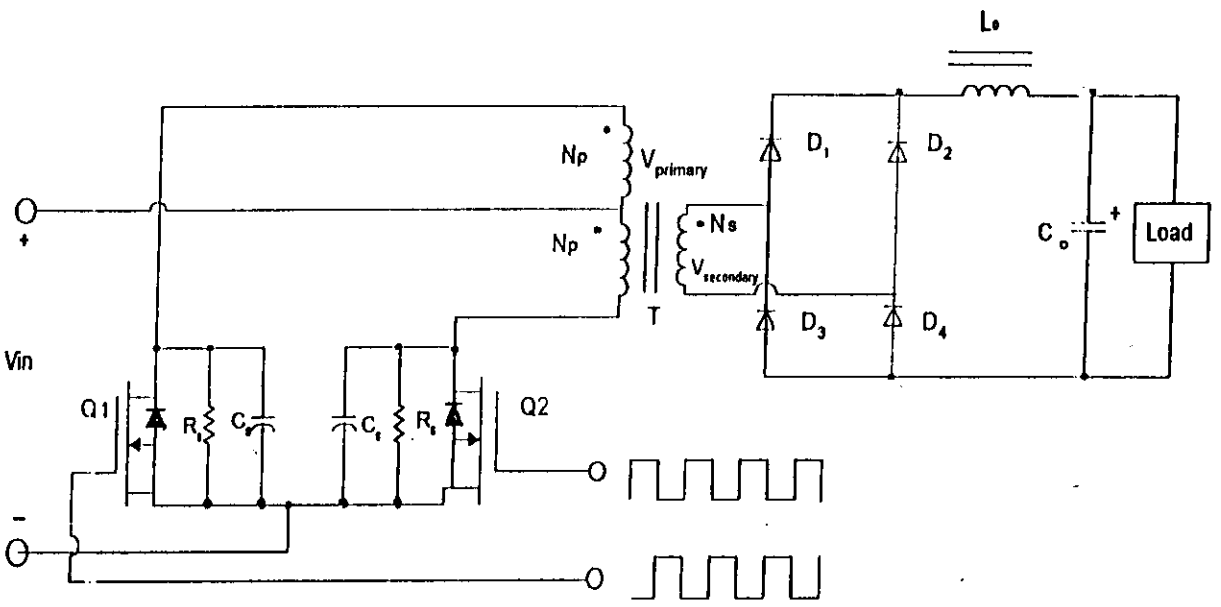
การกำหนดค่าเวลาเพื่อ  $t_o$  สำหรับช่วงเวลานำกระแสให้กับเพาเวอร์มอสเฟต  $Q_1$  และ  $Q_2$  จะช่วยป้องกันปัญหาการนำกระแสพร้อมกันของเพาเวอร์มอสเฟตทั้งสองได้ ค่าเวลาเพื่อ  $t_o$  โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของครึ่งคาบเวลาเช่นเดียวกับวงจรฮาล์ฟบริดจ์ที่ได้กล่าวมาแล้วในวงจรประจุแบบเคอร์รี่

### 5.3 การไม่สมมาตรฟลักซ์ในแกนเฟอร์ไรต์ [10]

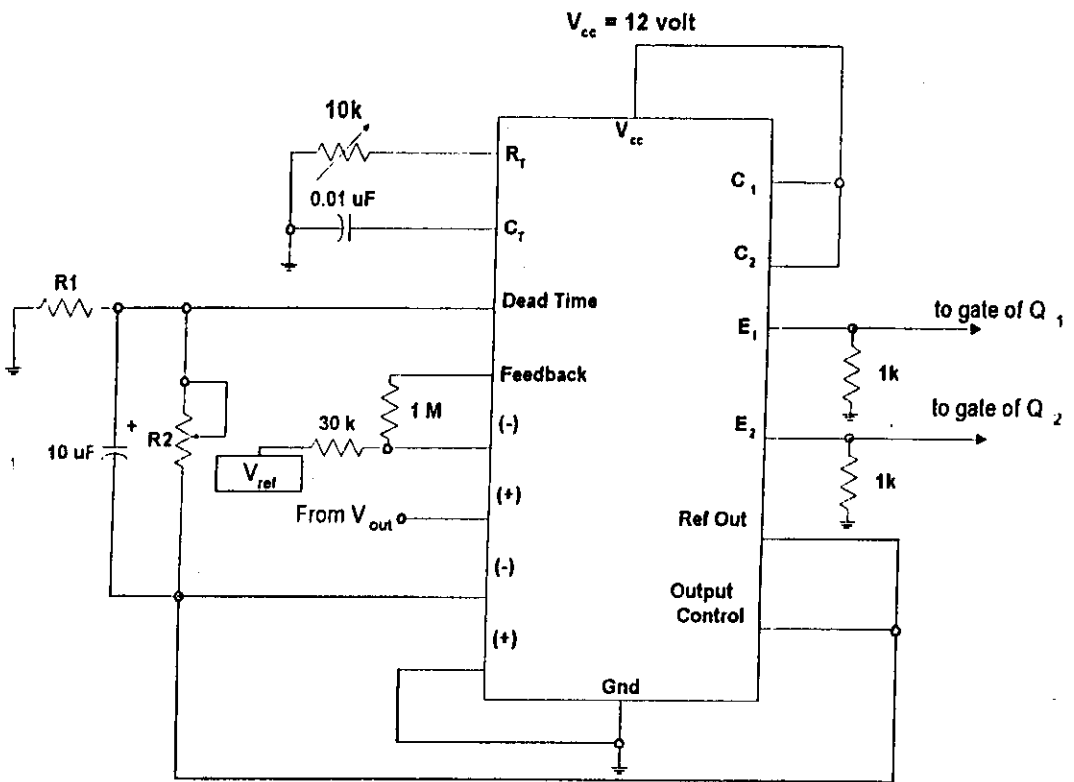
ปัญหาหลักซึ่งมักจะเกิดขึ้นเสมอในวงจรทูลคอนเวอร์เตอร์ ก็คือการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลง ซึ่งจะทำให้แกนเฟอร์ไรต์อิ่มตัวอย่างรวดเร็ว และเพาเวอร์มอสเฟตเกิดพังเสียหายขึ้นได้ สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์ของแกนเฟอร์ไรต์นั้นเนื่องมาจาก การที่เพาเวอร์มอสเฟต  $Q_1$  และ  $Q_2$  มีช่วงเวลาก่อนหยุดนำกระแส (turn off time) ไม่เท่ากันอย่างแท้จริงเนื่องจากข้อจำกัดในการผลิตเพาเวอร์มอสเฟต ถ้าเพาเวอร์มอสเฟตตัวใดใช้เวลาในการหยุดนำกระแสมากกว่า จะทำให้ค่ากระแสสูงสุดของมันในช่วงที่นำกระแส มีค่ามากกว่าของอีกตัวหนึ่ง ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแกนหม้อแปลงมีลักษณะไม่สมมาตร และจะมีการเลื่อนของค่าฟลักซ์สูงสุดได้หรือที่เรียกว่า “flux walking” เกิดขึ้นโดยค่าฟลักซ์สูงสุดจะวิ่งเข้าหาจุดอิ่มตัวอย่างรวดเร็ว ถ้าแกนเกิดการอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดความเสียหายต่อเพาเวอร์มอสเฟตในวงจรได้

#### 5.4 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเลือกใช้วงจรทูล – ทูลคอนเวอร์เตอร์และส่วนควบคุมของวงจรทูล – ทูลคอนเวอร์เตอร์ ดังในภาพประกอบ 5.2 และภาพประกอบ 5.3 วงจรที่ได้ออกแบบไว้นี้จะทำงานเฉพาะช่วงที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับเท่านั้น ในสภาวะปกติจะไม่ทำงาน เมื่อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับไป วงจรนี้จะทำหน้าที่ทบทระดับแรงดันจากแบตเตอรี่ซึ่งถูกประจุเอาไว้เต็มก่อนหน้านั้นแล้ว คือจากระดับแรงดัน 27 โวลต์ ในช่วงแรก ไปเป็นระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 400 โวลต์ เพื่อจ่ายให้แก่วงจรอินเวอร์เตอร์ต่อไป ในสภาวะที่แบตเตอรี่ทำการจ่ายพลังงานให้กับโหลดแทนไฟฟ้าจากการไฟฟ้าที่หายไป จะทำให้แรงดันของแบตเตอรี่มีค่าลดลงเรื่อย ๆ ถ้าโหลดยังมีค่ามากเท่าไร แรงดันของแบตเตอรี่ก็จะมีค่าลดลงเร็วขึ้นเท่านั้น เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าลดลงจากเดิม ( 27 โวลต์ ) วงจรทบทระดับแรงดันก็จะต้องพยายามทบทระดับแรงดันให้ได้ 400 โวลต์ คงที่ แต่เมื่อเวลาผ่านไปจนแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าตกลงไปมาก และวงจรทบทระดับแรงดันไม่สามารถทบทระดับแรงดันให้ได้แรงดัน 400 โวลต์ อีกต่อไป ในสภาวะนี้วงจรอินเวอร์เตอร์จะทำงานต่อไป โดยต้องรักษาระดับแรงดันด้านออกเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ และเมื่อแรงดันด้านออกของวงจรทบทระดับแรงดันต่ำมากเกินไปกว่าที่วงจรอินเวอร์เตอร์จะทำงานได้ วงจรตรวจสอบระดับแรงดันด้านออกจะสั่งตัดวงจรอินเวอร์เตอร์ออกจากระบบทันที



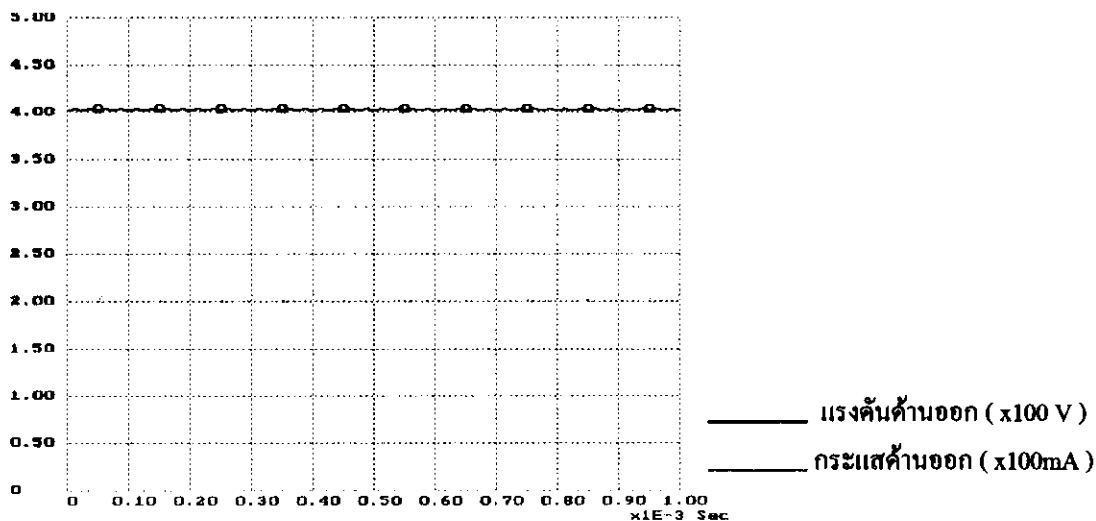
ภาพประกอบ 5.2 วงจรพุซ - พูลคอนเวอร์เตอร์ที่ได้ทำการออกแบบ



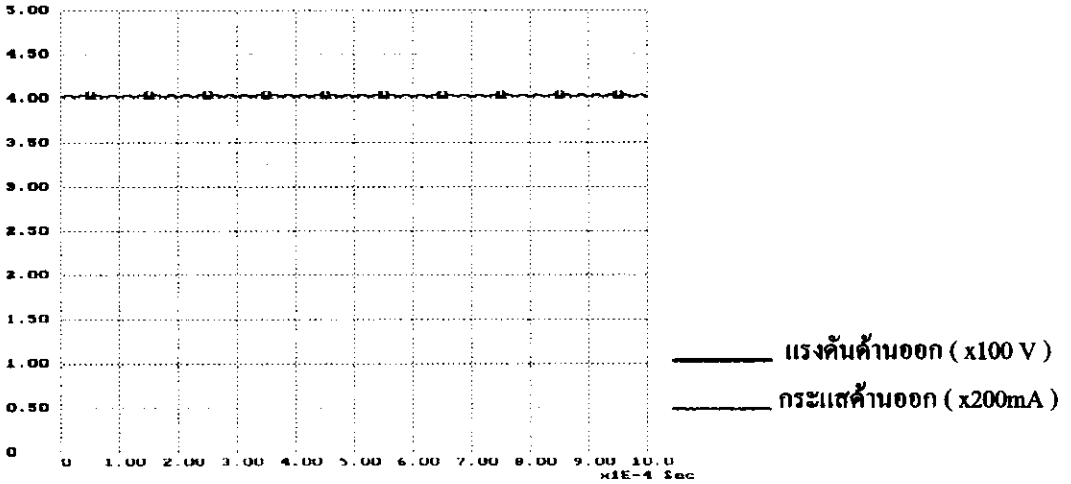
ภาพประกอบ 5.3 วงจรควบคุมวงจรถูก - พูลคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ไอซี TL 494 CN

## 5.5 การจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม Tleak

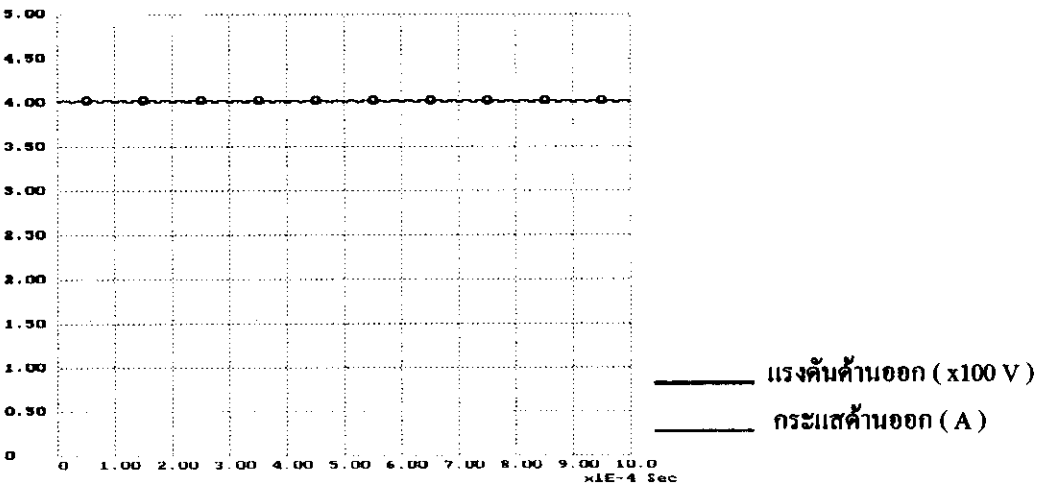
เพื่อเป็นการตรวจสอบการทำงานของวงจร ออกแบบค่าตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บ จะใช้การจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม Tleak ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้า จากการจำลองการทำงานในสถานะโหนดค่าต่างๆแสดงในภาพประกอบ 5.4 ถึง 5.6 จะเห็นว่าวงจรสามารถทำงานได้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้



ภาพประกอบ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสด้านออกเมื่อจ่ายโหนด 5  
เปอร์เซ็นต์ (จำลองด้วยโปรแกรม Tleak)



ภาพประกอบ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสด้านออกเมื่อจ่ายโหลด 50  
เปอร์เซ็นต์ ( จ้างองด้วยโปรแกรม Tlek )



ภาพประกอบ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสด้านออกเมื่อจ่ายโหลด 100  
เปอร์เซ็นต์ ( จ้างองด้วยโปรแกรม Tlek )