

บทที่ 2

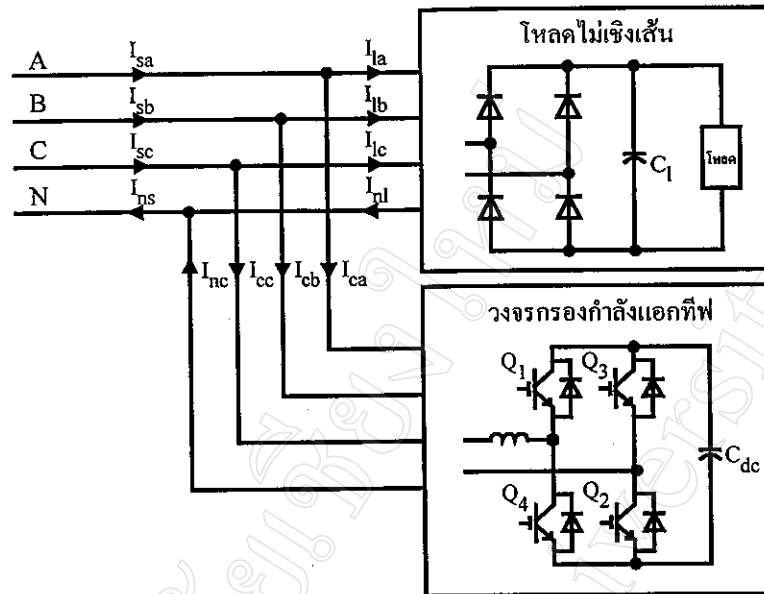
คุณลักษณะของวงจรรอกำลังแอกทีฟ

2.1 บทนำ

วงจรรอกำลังแอกทีฟที่ใช้งานในปัจจุบันสามารถแบ่งตามการใช้งานกับระบบไฟฟ้าได้เป็น 3 ชนิดคือ ชนิดแรกสำหรับใช้งานกับระบบไฟฟ้าเฟสเดียว ชนิดที่สองสำหรับใช้งานกับระบบไฟฟ้าแบบสามเฟสสามสาย ส่วนชนิดสุดท้ายสำหรับใช้งานกับระบบไฟฟ้าแบบสามเฟสสี่สาย นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งวงจรรอกำลังแอกทีฟตามลักษณะการเชื่อมต่อกับโหลดได้อีก 2 ชนิดคือชนิดต่ออนุกรมและชนิดต่อขนานกับโหลด ซึ่งการใช้งานแตกต่างกันโดยที่การต่อแบบอนุกรมใช้สำหรับกำจัดแรงดันฮาร์โมนิก คู่มค่า (Regulate) และทำให้แรงดันของแหล่งกำเนิดสมดุล และลดแรงดันลำดับลบ (Negative sequence voltage) ส่วนการต่อแบบขนานใช้สำหรับการกำจัดกระแสฮาร์โมนิก ทดแทนกำลังรีแอกทีฟ ลดกระแสในสายกลาง แก้ไขการไม่สมดุลของกระแสโหลด และลดกระแสลำดับลบ (Negative sequence current) นอกจากนี้ยังสามารถใช้วงจรรอกำลังแอกทีฟต่อร่วมระหว่างแบบอนุกรมและแบบขนานได้อีกด้วย [8] ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้วงจรรอกำลังแอกทีฟแบบเฟสเดียว สามชุด ต่อขนานกับโหลด เพื่อใช้งานกับระบบไฟฟ้าแบบสามเฟสสี่สาย

2.2 วงจรรอกำลังแอกทีฟ

รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของวงจรรอกำลังแอกทีฟ และโหลดไม่เชิงเส้นซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับระบบไฟฟ้าแบบสามเฟสสี่สาย ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งแบบเฟสเดียว หรือสามเฟส ส่วนอุปกรณ์สวิตชิงของวงจรรอกำลังแอกทีฟจะต้องสามารถรองรับแรงดันได้ทิศทางเดียว และกระแสไหลได้ทั้งสองทิศทาง ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอจีบีที (IGBT, Insulated Gate Bipolar Transistor) ต่อขนานแบบกลับด้านกับไดโอด เป็นสวิตช์สำหรับการสวิตชิง เพื่อแสดงสถานะการทำงานของวงจรรอกำลังแอกทีฟ โดยหน้าที่ของวงจรรอกำลังแอกทีฟคือ กำจัดกระแสฮาร์โมนิก ทดแทนกำลังรีแอกทีฟ ลดกระแสในสายกลาง แก้ไขการไม่สมดุลของกระแสโหลด และลดกระแสลำดับลบ



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของวงจรรอกำลังแอ็กทีฟ และโหม่งไม่เชิงเส้น

วงจรรอกำลังแอ็กทีฟสำหรับวิทยานิพนธ์นี้เป็นแบบเฟสเดียวสามขั้วรวมเป็นสามเฟส ประกอบด้วย ใอิจิปีที หม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งอัตราส่วนจำนวนรอบ (Turn ratio) เป็นหนึ่ง และมีค่าความต้านทานสมมูลคือ R_c และความเหนี่ยวนำสมมูลคือ L_c และตัวเก็บประจุ (C_{dc}) ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัลลัสแสดง ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งความสัมพันธ์ของวงจรรอกำลังแอ็กทีฟสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.1) และ (2.2)

$$\frac{dI_{cx}}{dt} = -\frac{R_{cx}}{L_{cx}} I_{cx} + \frac{(V_{sx} - V_{cx})}{L_{cx}} \quad (2.1)$$

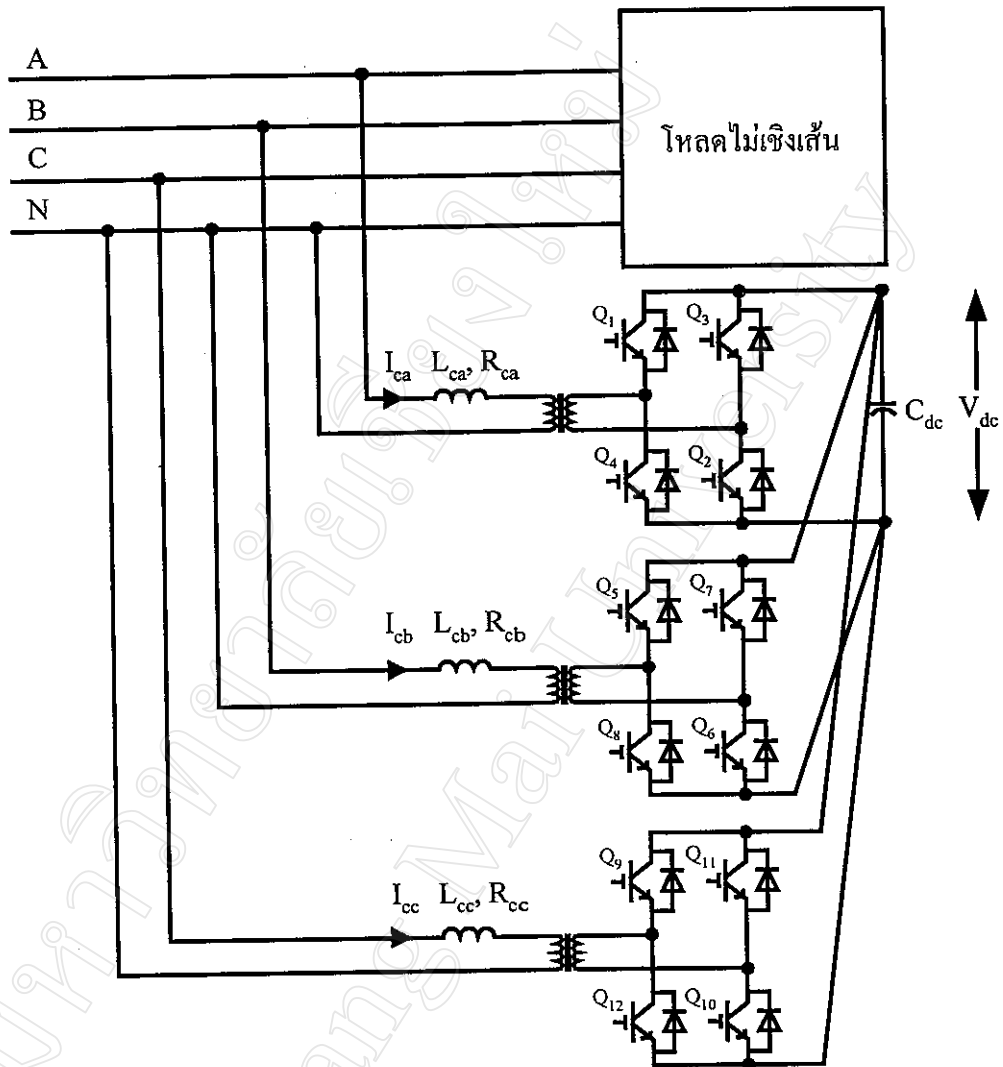
$$\frac{dV_{dc}}{dt} = \frac{I_{cad} + I_{cbd} + I_{ccd}}{C_{dc}} \quad (2.2)$$

เมื่อ X คือเฟส A B หรือ C

I_{cx} คือกระแสเฟส X ของวงจรรอกำลังแอ็กทีฟ

L_{cx} คือค่าความเหนี่ยวนำสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าของวงจรรอกำลังแอ็กทีฟ เฟส X

R_{cx} คือค่าความต้านทานสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าของวงจรรอกำลังแอ็กทีฟ เฟส X



รูปที่ 2.2 วงจรกรองกำลังแอ็กทีฟ

V_{sx} คือแรงดันระหว่างเฟส X และสายกลางของแหล่งกำเนิดกำลัง

V_{cx} คือแรงดันระหว่างเฟส X และสายกลางของวงจรกรองกำลังแอ็กทีฟ

V_{dc} คือแรงดันบัสกระแสตรงซึ่งตกร่อมตัวเก็บประจุของวงจรกรองกำลังแอ็กทีฟ

I_{cxd} คือกระแสเฟส X ของวงจรกรองกำลังแอ็กทีฟ เพื่อประจุหรือคายประจุตัวเก็บประจุของบัสกระแสตรง ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

2.3 การทำงานของวงจรกรองกำลังแอกทีฟ

การทำงานของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งการควบคุมการทำงานประกอบด้วยวงรอบกระแสด้านใน และวงรอบแรงดันด้านนอก โดยที่วงรอบกระแสด้านในคือวงรอบกระแสของวงจรกรองกำลังแอกทีฟ (I_{cx}) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามกระแสโหลด (I_{lx}) และกระแสอ้างอิงของแหล่งกำเนิดกำลัง (I_{sx}^*) โดยสามารถใช้ชุดควบคุมกระแส เช่น ฮิสเทอรีซิส เพื่อควบคุมกระแสของวงจรกรองกำลังแอกทีฟ ส่วนการควบคุมกระแสสำหรับวิทยานิพนธ์นี้จะนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ และเปรียบเทียบกับวิธีฮิสเทอรีซิส ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป ส่วนวงรอบแรงดันด้านนอกจะปรับเปลี่ยนขนาดกระแสอ้างอิงของแหล่งกำเนิดกำลัง โดยใช้ชุดควบคุมพีไอ (PI, Proportional Integral Controller) เพื่อควบคุมแรงดันบัสกระแสตรง และปรับเปลี่ยนให้มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันอ้างอิงของบัสกระแสตรง (V_{dc}^*) โดยการประจุหรือคายประจุตัวเก็บประจุของบัสกระแสตรงเพื่อควบคุมการไหลของพลังงานจริงจากด้านกระแสลบไปยังด้านกระแสตรงของวงจรกรองกำลังแอกทีฟ ชุดควบคุมพีไอจะรักษาระดับแรงดันตกคร่อมเหนี่ยวนำของตัวเก็บประจุ และปรับเปลี่ยนอัตราขยายของกระแสอ้างอิงของแหล่งกำเนิดกำลัง

จากรูปที่ 2.3 กระแสอ้างอิงแต่ละเฟสของวงจรกรองกำลังแอกทีฟได้มาจากกระแสอ้างอิงของแหล่งกำเนิดกำลัง ลบด้วยกระแสจากโหลด ดังสมการที่ (2.3)

$$I_{cx}^* = I_{sx}^* - I_{lx} \quad (2.3)$$

เมื่อ I_{cx}^* คือกระแสอ้างอิงเฟส X ของวงจรกรองกำลังแอกทีฟ

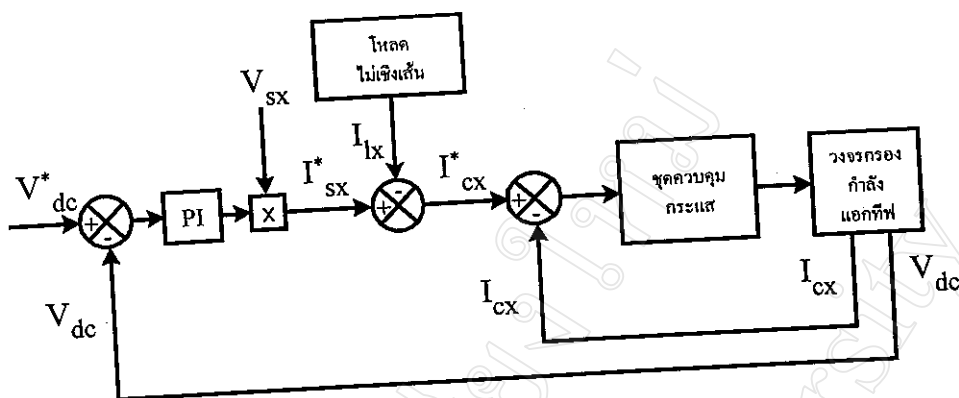
I_{sx}^* คือกระแสอ้างอิงเฟส X ของแหล่งกำเนิดกำลัง

I_{lx} คือกระแสโหลดเฟส X

เมื่อกระแสของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแปรผันตามกระแสอ้างอิงของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแล้วจะมีเพียงกระแสที่ความถี่หลักมูลเท่านั้นที่ถูกดึงมาจากแหล่งกำเนิดกำลังหรือหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนั้นกระแสโหลดที่มีฮาร์มอนิกที่ไม่ต้องการจึงไม่ปรากฏที่ด้านแหล่งกำเนิดกำลัง

กระแสสำหรับประจุตัวเก็บประจุในวงจรกรองกำลังแอกทีฟ ขึ้นอยู่กับการสวิตชิงของไอจีบีที ดังความสัมพันธ์ในสมการที่ (2.4)

$$I_{cxd} = I_{ca} (S_{XL} - S_{XR}) \quad (2.4)$$



รูปที่ 2.3 การควบคุมการทำงานของวงจรกรองกำลังแยกทีฟ

โดย S_{XL} และ S_{XR} มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ซึ่งหาได้จากการเปรียบเทียบกระแสของวงจรกรองกำลังแยกทีฟกับกระแสอ้างอิงของวงจรกรองกำลังแยกทีฟในเฟส X สำหรับวิธีการควบคุมกระแสแบบฮิสเตอร์ซิสสามารถหา S_{XL} และ S_{XR} ในเฟส A ได้ดังนี้

ก. ถ้า $I_{ca}^* - I_{ca} > hb$ แล้ว Q_1 และ Q_2 จะเปิด ส่วน Q_3 และ Q_4 จะปิด

จะได้ $S_{AL} = 0$ และ $S_{AR} = 1$

ข. ถ้า $I_{ca}^* - I_{ca} < -hb$ แล้ว Q_1 และ Q_2 จะปิด ส่วน Q_3 และ Q_4 จะเปิด

จะได้ $S_{AL} = 1$ และ $S_{AR} = 0$

เมื่อ hb คือความกว้างฮิสเตอร์ซิส (Hysteresis band)

I_{ca}^* คือกระแสอ้างอิงของวงจรกรองกำลังแยกทีฟ เฟส A

ส่วนแรงดันตกคร่อมวงจรกรองกำลังแยกทีฟหาได้จากสมการที่ (2.5)

$$V_{cx} = V_{dc} (S_{XL} - S_{XR}) \quad (2.5)$$

และกระแสในสายกลางหาได้จากสมการที่ (2.6)

$$I_{nc} = I_{ca} + I_{cb} + I_{cc} \quad (2.6)$$

เมื่อ I_{nc} คือ กระแสของวงจรกรองกำลังแยกทีฟในสายกลาง