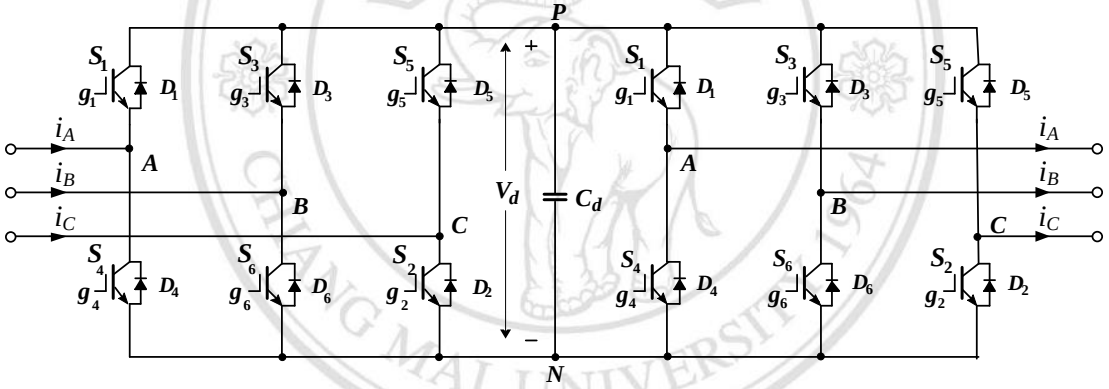
บทที่ 3

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรที่ถูกเชื่อมต่อกริด

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ระบบแปลงผันพลังงานลมโดยจะพิจารณาทางด้านกริดระบบ ซึ่งจะประกอบไปด้วยทฤษฎีพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์กำลังชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบสองระดับต่อในลักษณะหันหลังชนกัน และเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์แรงดันทางด้านกริดระบบ

3.2 คอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบสองระดับในลักษณะหันหลังชนกัน



ภาพที่ 3.1 ไดอะแกรมวงจรสมมูลอย่างง่ายของคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบสองระดับในลักษณะหันหลังชนกัน

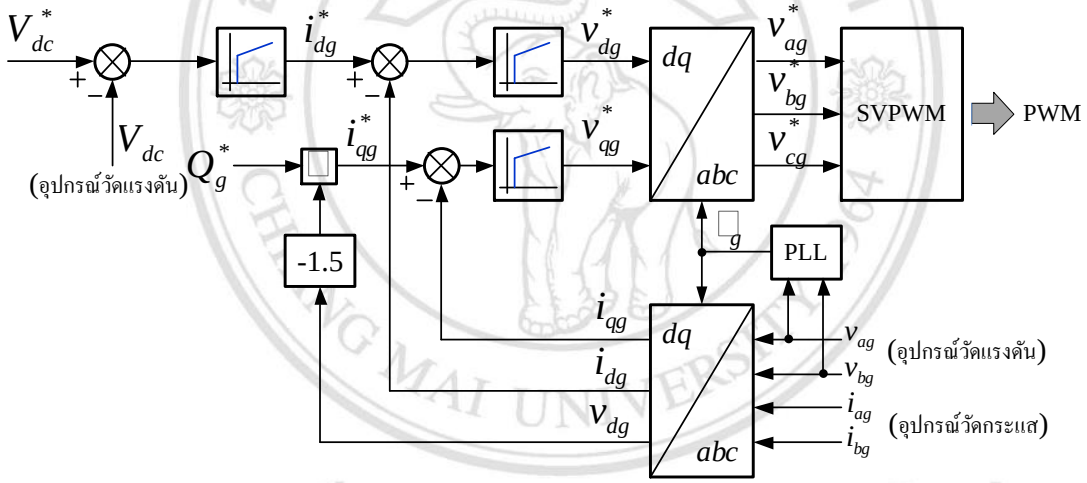
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบแปลงผันพลังงานลมนิยมใช้คอนเวอร์เตอร์กำลังเพื่อทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าสู่กริดระบบ ในการแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือแปลงจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโดยทั่วไปจะอาศัยคอนเวอร์เตอร์กำลังชนิดแหล่งจ่ายแรงดันดังแสดงในภาพที่ 3.1 จากรูปแสดงไดอะแกรมวงจรสมมูลอย่างง่ายของคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบสองระดับต่อในลักษณะหันหลังชนกัน เมื่อพิจารณาโครงสร้างของคอนเวอร์เตอร์ดังกล่าวทางด้านกริดระบบ จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์

สวิตช์จำนวน 6 ตัว $(S_1 - S_6)$ และมีไดโอด $(D_1 - D_6)$ ต่อขนานสวิตช์แต่ละตัว อุปกรณ์สวิตช์กำลังเป็นได้ทั้ง ไอจีบี หรือ ไอจีซีที ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพิกัดของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกริดระบบ

คุณสมบัติของคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบสองระดับในลักษณะหันหลังชนกันในงานวิจัยนี้ คอนเวอร์เตอร์ทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่ควบคุมแรงบิด และกำลังไฟฟ้าแอกทีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในทำนองเดียวกันคอนเวอร์เตอร์ทางด้านกริดระบบทำหน้าที่ควบคุมแรงดันเชื่อมโยงไฟตรง และควบคุมกำลังไฟฟ้าแอกทีฟ และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายให้กับกริดระบบ คอนเวอร์เตอร์ดังกล่าวจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณขับนำสวิตช์ $(g_1 - g_6)$ โดยอาศัยเทคนิคการมอดูเลตปริภูมิเวกเตอร์

3.3 การควบคุมทางด้านกริดระบบโดยอาศัยเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์แรงดัน



ภาพที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์แรงดันทางด้านกริดระบบ

การควบคุมทางด้านกริดระบบนั้นมีเทคนิคการควบคุมอยู่หลากหลายวิธีการ เทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเรียกว่า การควบคุมแบบเวกเตอร์ (Voltage-oriented Control; VOC) โดยหลักการของเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์นั้นอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการแปลงแกนระหว่างแกนอ้างอิงนิ่งสามเฟส (abc) กับแกนอ้างอิงหมุนสองเฟส (dq)

ในภาพที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์แรงดันทางกริดระบบ เทคนิคดังกล่าวอาศัยการวัดแรงดันทางด้านกริดระบบเพื่อนำมาวิเคราะห์หาตำแหน่งของมุมแรงดันกริดระบบ ซึ่งมุมดังกล่าวจะใช้ในการแปลงแกนอ้างอิงนิ่งสามเฟส (abc) ไปเป็นแกนอ้างอิงหมุนสองเฟส (dq) รวมถึงการแปลงจากแกนอ้างอิงหมุนสองเฟส (dq) กลับไปเป็นแกนอ้างอิงนิ่งสาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เฟส (*abc*) ได้ โดยการหาตำแหน่งของมุมแรงดันกริดระบบนั้นสามารถหาได้ดังสมการ (3.1) เมื่อกำหนดให้ แรงดันทางด้านกริดระบบ v_{ag}, v_{bg} และ v_{cg} เป็นแรงดันสามเฟสสมดุล

$$\theta_g = \tan^{-1}\frac{v_\beta}{v_\alpha} \tag{3.1}$$

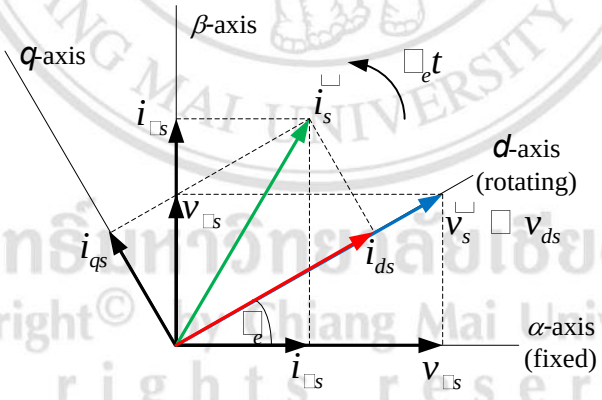
เมื่อ v_α, v_β คือ แรงดันกริดระบบบนแกนอ้างอิงนิ่งสองเฟส ($\alpha\beta$)

$$v_\alpha = \frac{2}{3}\left(v_{ag} - \frac{1}{2}v_{bg} - \frac{1}{2}v_{cg}\right) = v_{ag} \tag{3.2}$$

$$v_\beta = \frac{2}{3}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_{bg} - \frac{\sqrt{3}}{2}v_{cg}\right) = \frac{\sqrt{3}}{3}\left(v_{ag} + 2v_{bg}\right) \tag{3.3}$$

$$v_{ag} + v_{bg} + v_{cg} = 0 \tag{3.4}$$

จากสมการ (3.2), (3.3) และ (3.4) แสดงให้เห็นว่าไม่จำเป็นต้องทราบแรงดันด้านกริดระบบเฟส C $\left(v_{cg}\right)$ ถ้าหากแรงดันกริดระบบสามเฟสเป็นแรงดันสามเฟสสมดุล แต่ในทางปฏิบัตินั้นแรงดันทางด้านกริดระบบอาจจะมีผลของฮาร์มอนิก และความผิดเพี้ยนของรูปสัญญาณ จึงจำเป็นต้องอาศัยวงจรดิจิตอลกรองความถี่ หรืออาศัยเทคนิคเฟสล็อกลูป (PLL) มาใช้ในการหาตำแหน่งของมุมแรงดันกริดระบบ



ภาพที่ 3.3 เฟสเซอร์แรงดันและกระแสของระบบควบคุมแรงดันแบบเวกเตอร์

กำลังไฟฟ้าจริง (P_g) และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q_g) ของกริดระบบ สามารถหาได้จากสมการ (3.5) และ (3.6) จากเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์ กำหนดให้องค์ประกอบของแรงดันกริดในแกน *d* บนแกนอ้างอิงหมุน วางในแนวเดียวกันกับเวกเตอร์ของแรงดันกริดระบบ ส่งผลให้ขนาดของแรงดันกริดระบบจะเท่ากับขนาดขององค์ประกอบของแรงดันกริดในแกน *d* ($v_{dg} = v_g$) และองค์ประกอบของแรงดันกริดในแกน *q* จะมีขนาดเป็นศูนย์ ($v_{qg} = \sqrt{v_g^2 - v_{dg}^2} = 0$) โดยความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระแสและเวกเตอร์แรงดันทางด้านกริดอาศัยเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์จะแสดงได้ดังภาพที่ 3.3

$$P_g = \frac{3}{2}(v_{dg}i_{dg} + v_{qg}i_{qg}) = \frac{3}{2}v_{dg}i_{dg} \tag{3.5}$$

$$Q_g = \frac{3}{2}(v_{qg}i_{dg} - v_{dg}i_{qg}) = -\frac{3}{2}v_{dg}i_{dg} \tag{3.6}$$

ดังนั้นองค์ประกอบของกระแสกริดอ้างอิงในแกน q (i_{qg}^*) จะสามารถหาได้ดังนี้

$$i_{qg}^* = \frac{Q_g^*}{-1.5v_{dg}} \tag{3.7}$$

เมื่อ Q_g^* คือ กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟอ้างอิง

จากสมการ (3.7) กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟอ้างอิง (Q_g^*) สามารถกำหนดค่าให้เป็นค่าบวก, ลบ และเป็นศูนย์ได้ โดยเมื่อให้เป็นค่าบวกเฟสของกระแสไฟฟ้าจะตามแรงดันไฟฟ้า ในทางกลับกันเมื่อกำหนดให้เป็นค่าลบเฟสของกระแสไฟฟ้าจะนำแรงดันไฟฟ้า และเมื่อให้ค่าเป็นศูนย์เฟสของกระแสไฟฟ้าจะเท่ากับเฟสของแรงดันไฟฟ้า

3.4 สรุป

จากทฤษฎีคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบสองระดับ ในลักษณะหันหลังชนกัน ช่วยให้เข้าใจถึงหลักการทำงานและนำไปสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปสู่การจำลองการทำงานของระบบดังกล่าวได้ สำหรับการควบคุมคอนเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบสองระดับในลักษณะหันหลังชนกันทางด้านกริดระบบจะอาศัยเทคนิคการควบคุมแบบเวกเตอร์มาควบคุม ซึ่งมีข้อดีคือง่ายและสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟได้ ซึ่งในบทถัดไปจะกล่าวถึงการออกแบบเครื่องต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรเชื่อมต่อเข้ากับกริดระบบโดยใช้คอนเวอร์เตอร์กำลังแบบแหล่งจ่ายแรงดันแบบสองระดับในลักษณะหันหลังชนกัน ที่ถูกควบคุมทั้งทางด้านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและควบคุมด้านกริดระบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved