

ภาคผนวก ก

การใช้โปรแกรมจำลอง UPFC

โปรแกรมจำลอง UPFC มีการทำงานเชื่อมโยงระหว่างส่วนของ m-file ใน MATLAB กับ SIMULINK รายละเอียดของไฟล์ต่าง ๆ มีดังนี้

<i>Con_abc.m</i>	ทำหน้าที่แปลงองค์ประกอบในระบบไฟฟ้าสองเฟสสมมูลไปเป็นองค์ประกอบในระบบสามเฟส
<i>Find_Vs.m</i>	ทำหน้าที่คำนวณหาแรงดันบัสด้านส่ง
<i>height1.m</i>	ทำการดีฟัซซิฟิเคชัน โดยหลักวิธี Height Method สำหรับไฟล์ <i>FLC1.fis</i>
<i>height2.m</i>	ทำการดีฟัซซิฟิเคชัน โดยหลักวิธี Height Method สำหรับไฟล์ <i>FLC2.fis</i>
<i>FLC1.fis</i>	เก็บข้อมูลของฟังก์ชันสมาชิก และกฎทางฟัซซี สำหรับตัวควบคุมแรงดัน
<i>FLC2.fis</i>	เก็บข้อมูลของฟังก์ชันสมาชิก และกฎทางฟัซซี สำหรับตัวควบคุมกำลังไฟฟ้า
<i>PI_method_1.m</i>	เป็นไฟล์สำหรับออกแบบตัวควบคุมพีไอวิธีแรก
<i>PI_method_2.m</i>	เป็นไฟล์สำหรับออกแบบตัวควบคุมพีไอวิธีที่สอง
<i>plot_compare.m</i>	ใช้พล็อตรูปผลการจำลอง
<i>ProtN.m</i>	ทำหน้าที่คำนวณหามุมเฟส โดยจะให้ค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 2π
<i>set_initial.m</i>	เก็บค่าตัวแปรระบบ และคำนวณสถานะเริ่มต้นของ UPFC
<i>UPFC_FLC</i>	เป็นไฟล์สำหรับรัน (run) แบบจำลอง UPFC ที่ใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิก
<i>UPFC_PImethod_1</i>	เป็นไฟล์สำหรับรันแบบจำลอง UPFC ที่ใช้ตัวควบคุมพีไอวิธีแรก
<i>UPFC_PImethod_2</i>	เป็นไฟล์สำหรับรันแบบจำลอง UPFC ที่ใช้ตัวควบคุมพีไอวิธีที่สอง
<i>varyPower.m</i>	ทำหน้าที่กำหนดเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าแบบขั้น

ขั้นตอนการรันโปรแกรมจำลอง UPFC ที่ใช้ตัวควบคุมพีไอวิธีแรก และวิธีที่สอง

1. รันโปรแกรม *set_initial.m* เพื่อกำหนดจุดทำงานเริ่มต้นให้ระบบ
2. รันโปรแกรม *PI_method_1.m* หรือ *PI_method_2.m* เพื่อกำหนดค่าอัตราขยายของตัวควบคุม
3. เปิดไฟล์ *UPFC_PImethod_1* หรือ *UPFC_PImethod_2* โดยใช้โปรแกรม SIMULINK แล้วสั่งรัน

ขั้นตอนการรันโปรแกรมจำลอง UPFC ที่ใช้ตัวควบคุมฟัซซี่ลอจิก

1. รันโปรแกรม *set_initial.m* เพื่อกำหนดจุดทำงานเริ่มต้นให้ระบบ
2. รันโปรแกรม *fuzzy* ใน MATLAB แล้วโหลดไฟล์ *FLC1.fis* และ *FLC2.fis* ลงในหน่วยความจำของ MATLAB
3. เปิดไฟล์ *UPFC_FLC* โดยใช้โปรแกรม SIMULINK แล้วสั่งรัน

เมื่อทำการรันโปรแกรมจำลอง UPFC ที่ใช้ตัวควบคุมวิธีต่าง ๆ เสร็จแล้ว ให้สั่งรันโปรแกรม *plot_compare.m* เพื่อพล็อตรูปเปรียบเทียบผลการจำลองที่ได้

ภาคผนวก ข

การมอดูเลตความกว้างพัลส์แบบสเปสเวกเตอร์

การมอดูเลตความกว้างพัลส์แบบสเปสเวกเตอร์ (space-vector pulse-width modulation : SVPWM) เป็นวิธีควบคุมการสวิตช์ สำหรับอินเวอร์เตอร์และคอนเวอร์เตอร์แบบสามเฟส วิธีนี้สามารถควบคุมกำลังที่ไหลได้สองทิศทาง กล่าวคือ สามารถแปลงจากกระแสตรงไปเป็นกระแสสลับ หรือ แปลงจากกระแสสลับไปเป็นกระแสตรงก็ได้

ข.1 การหาค่าแรงดันเอาต์พุต

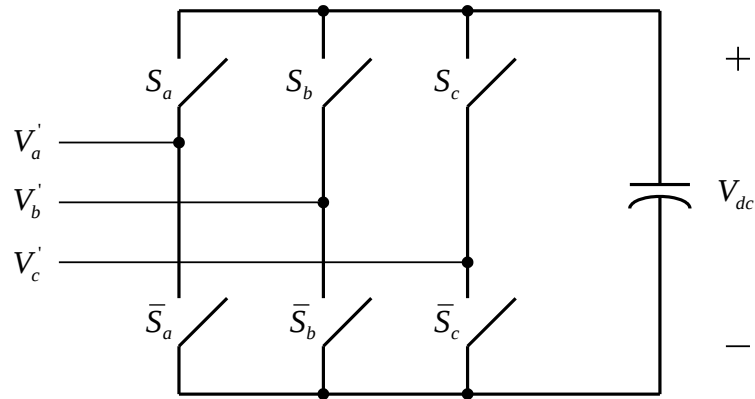
หลักการสเปสเวกเตอร์เป็นการเปรียบเทียบ เพื่อลดการวิเคราะห์จากระบบสามเฟสไปยังระบบสองเฟสสมมูล (แกน α และแกน β) โดยใช้การแปลงของปาร์ก (Park's transformation) ระบบสามเฟสที่สมดุลจะถูกแปลงไปยังระบบสองเฟสโดยใช้สมการที่ (ข.1)

$$\begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a' \\ V_b' \\ V_c' \end{bmatrix} \quad (\text{ข.1})$$

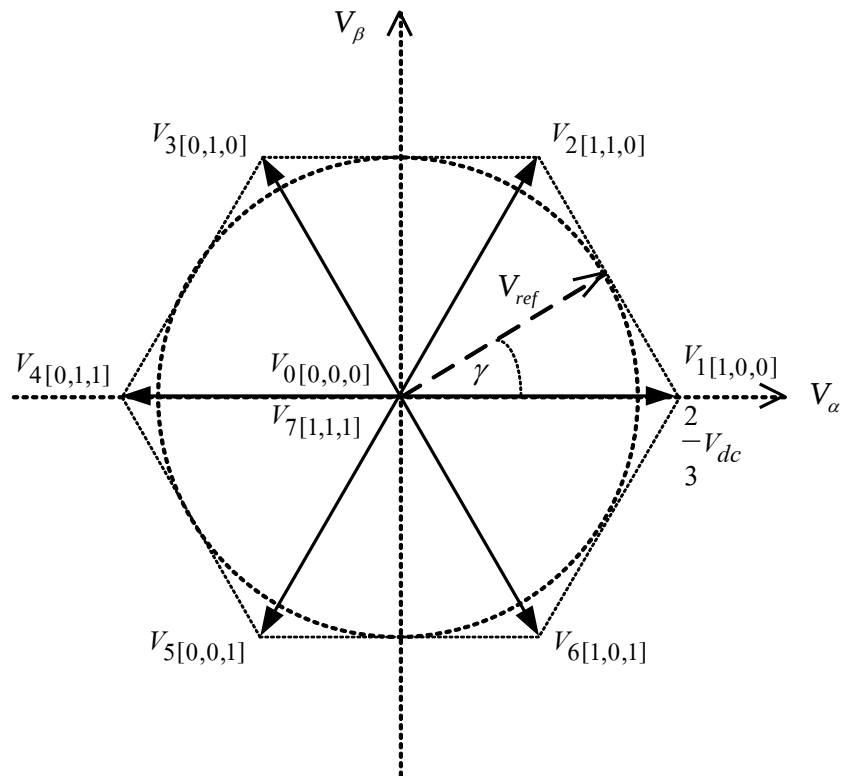
โดยที่	V_a'	คือ แรงดันในเฟส a
	V_b'	คือ แรงดันในเฟส b
	V_c'	คือ แรงดันในเฟส c
	V_α	คือ แรงดันในแกน α
	V_β	คือ แรงดันในแกน β

รูปที่ ข.1 แสดงอินเวอร์เตอร์จ่ายแรงดันแบบสามเฟส และรูปที่ ข.2 แสดงแรงดันเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์เมื่อใช้หลักวิธีสเปสเวกเตอร์ จากรูปเห็นได้ว่าแรงดันอ้างอิงจะมีค่าได้มากที่สุดเท่ากับสองในสามของแรงดันกระแสตรง และมีการแบ่งพื้นที่บนระนาบ $\alpha - \beta$ ออกเป็นหกภาค (sector) ใดๆก็ตามในแปดตำแหน่งการสวิตช์ (V_0 ถึง V_7) ของสวิตช์จะมีเพียงเจ็ดสถานะทาง

ไฟฟ้าที่ถูกลำมาใช้ดังรูปที่ ข.2 โดยมีหกเวกเตอร์ที่มีค่าไม่เป็นศูนย์ (V_1 ถึง V_6) และมีสองเวกเตอร์ที่มีค่าเป็นศูนย์ (V_0 และ V_7) สำหรับขนาดเวกเตอร์จะมีความสัมพันธ์กับแหล่งจ่ายแรงดัน กระแสตรงตามตารางที่ ข.1



รูปที่ ข.1 อินเวอร์เตอร์จ่ายแรงดันแบบสามเฟส



รูปที่ ข.2 แรงดันเอาต์พุต โดยหลักวิธีสเปสเวกเตอร์

ตารางที่ ข.1 สถานะการสวิตช์โดยหลักวิธีสเปสเวกเตอร์

สถานะ	เวกเตอร์แรงดัน	V'_a	V'_b	V'_c	V_α	V_β
0	$V_{0[0,0,0]}$	0	0	0	0	0
1	$V_{1[1,0,0]}$	$\frac{2}{3}V_{dc}$	$-\frac{1}{3}V_{dc}$	$-\frac{1}{3}V_{dc}$	$\frac{2}{3}V_{dc}$	0
2	$V_{2[1,1,0]}$	$\frac{1}{3}V_{dc}$	$\frac{1}{3}V_{dc}$	$-\frac{2}{3}V_{dc}$	$\frac{1}{3}V_{dc}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}V_{dc}$
3	$V_{3[0,1,0]}$	$-\frac{1}{3}V_{dc}$	$\frac{2}{3}V_{dc}$	$-\frac{1}{3}V_{dc}$	$-\frac{1}{3}V_{dc}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}V_{dc}$
4	$V_{4[0,1,1]}$	$-\frac{2}{3}V_{dc}$	$\frac{1}{3}V_{dc}$	$\frac{1}{3}V_{dc}$	$-\frac{2}{3}V_{dc}$	0
5	$V_{5[0,0,1]}$	$-\frac{1}{3}V_{dc}$	$-\frac{1}{3}V_{dc}$	$\frac{2}{3}V_{dc}$	$-\frac{1}{3}V_{dc}$	$-\frac{1}{\sqrt{3}}V_{dc}$
6	$V_{6[1,0,1]}$	$\frac{1}{3}V_{dc}$	$-\frac{2}{3}V_{dc}$	$\frac{1}{3}V_{dc}$	$\frac{1}{3}V_{dc}$	$-\frac{1}{\sqrt{3}}V_{dc}$
7	$V_{7[1,1,1]}$	0	0	0	0	0

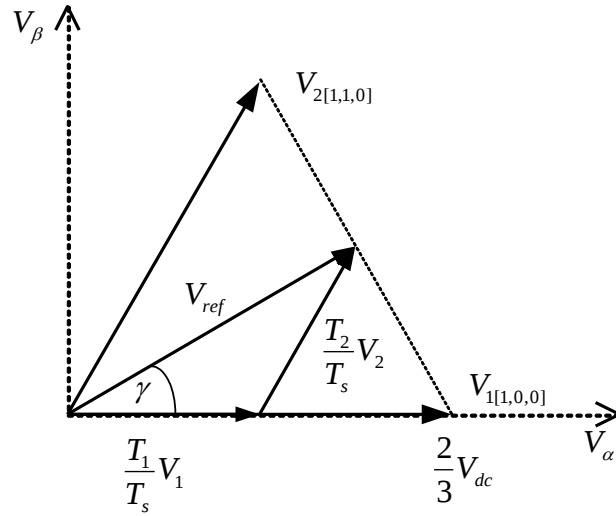
ข.2 การหาค่าเวลาในการสวิตช์

พิจารณารูปที่ ข.3 เวกเตอร์แรงดันอ้างอิงอยู่ในภาคที่ 1 กำหนด T_s เป็นคาบการสุ่ม (sampling period) เนื่องจากปกติแล้วความถี่การสวิตช์จะมีค่าสูง จึงสมมติให้เวกเตอร์แรงดันอ้างอิงมีค่าคงที่ในช่วงหนึ่งคาบการสวิตช์ จากการที่สถานะของ $\vec{V}_1$ และ $\vec{V}_2$ จะมีค่าคงที่ และ $\vec{V}_7$ มีค่าเป็นศูนย์ จึงสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น

$$\vec{V}_1 \cdot T_1 + \vec{V}_2 \cdot T_2 + \vec{V}_7 T_0 = \vec{V}_{ref} \cdot T_s \quad (\text{ข.2})$$

และเขียนใหม่ให้อยู่ในพิกัด $\alpha - \beta$ ได้เป็น

$$T_1 \cdot \frac{2}{3}V_{dc} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + T_2 \cdot \frac{2}{3}V_{dc} \cdot \begin{bmatrix} \cos 60^\circ \\ \sin 60^\circ \end{bmatrix} + T_0 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = T_s \cdot \frac{2}{3}V_{dc} \cdot a \cdot \begin{bmatrix} \cos \gamma \\ \sin \gamma \end{bmatrix} \quad (\text{ข.3})$$



รูปที่ ข.3 เวกเตอร์แสดงการหาเวลาในการสวิตช์

โดยที่ $0 \leq \gamma \leq 60^\circ$ และ $a = \frac{|\vec{V}_{ref}|}{\frac{2}{3}V_{dc}}$ (ข.4)

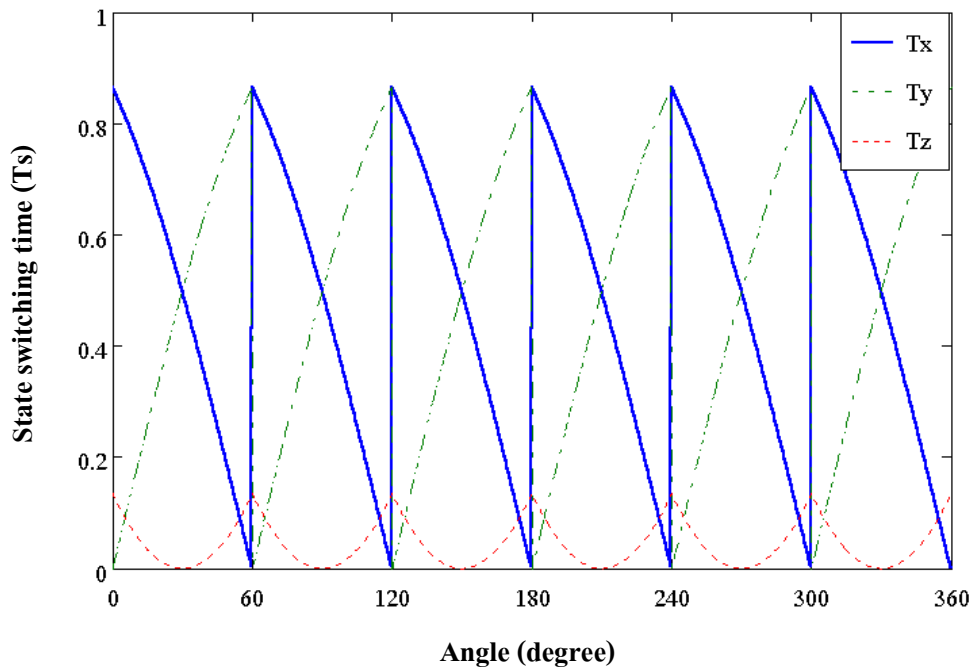
แก้สมการที่ (ข.3) จะได้ค่า T_1 และ T_2 แล้วกำหนดตัวแปรใหม่ดังนี้

$$T_x = T_1 = T_s \cdot a \cdot \frac{\sin(60^\circ - \gamma)}{\sin 60^\circ} \quad (\text{ข.5})$$

$$T_y = T_2 = T_s \cdot a \cdot \frac{\sin \gamma}{\sin 60^\circ} \quad (\text{ข.6})$$

$$T_z = T_0 = T_s - T_2 - T_1 \quad (\text{ข.7})$$

สำหรับในภาคที่ 2 ถึง 6 ก็ใช้หลักการวิเคราะห์เหมือนกับภาคที่ 1 และหากกำหนดให้ดัชนีการผสมคลื่น (modulation index) เท่ากับ 1 และสมมติว่าแรงดันกระแสตรงมีค่าคงที่ในช่วงหนึ่งคาบการสวิตช์ ดังนั้นจะสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการสวิตช์กับมุมเฟสของเวกเตอร์แรงดันอ้างอิง (γ) ได้ดังรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการสวิตช์กับมุม γ

ข.3 ลำดับการสวิตช์

วิทยานิพนธ์นี้เวลาที่ใช้ในการคำนวณเป็นสิ่งสำคัญ จึงกำหนดลำดับการสวิตช์ให้มีความง่ายขึ้น

$$|X \ Y \ Z|X \ Y \ Z|\dots|X \ Y \ Z|$$

ลำดับการสวิตช์แบบนี้จะช่วยลดเวลาที่ใช้คำนวณลงได้มาก เพราะไม่ต้องเสียเวลาตรวจสอบสถานะการสวิตช์ในรอบที่ผ่านมา และยังทำให้ได้ความถี่ในสวิตช์เท่ากับความถี่ในการสุม ซึ่งจะส่งผลให้การควบคุมระบบมีความรวดเร็ว อย่างไรก็ตามเนื่องจากสถานะการสวิตช์จะเหมือนเดิมทุกคาบเวลาการสุม ดังนั้นความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการสวิตช์จึงมีค่ามากด้วย