

การกำจัดฮาร์มอนิกส์ในอินเวอร์เตอร์แบบมอดูเลตความกว้างพัลส์

3.1 การมอดูเลตความกว้างพัลส์

วิธีการมอดูเลตความกว้างพัลส์ได้มีการนำมาใช้ในระบบปรับความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสสลับ ซึ่งมีข้อดีคือ การลดฮาร์มอนิกส์ของกระแสที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ วิธีการมอดูเลตความกว้างพัลส์นี้มีใช้กันอยู่หลายวิธี [6] ส่วนใหญ่จะเป็นวิธีเปรียบเทียบสัญญาณ (subharmonic PWM) และวิธีการกำจัดฮาร์มอนิกส์ (harmonic cancellation method)

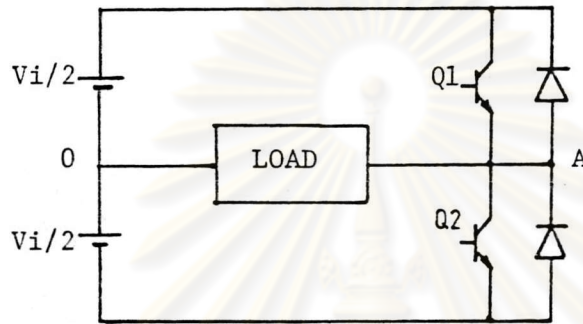
ในวิธีการแรกจะเป็นการเปรียบเทียบสัญญาณ และ [redacted] ในอินเวอร์เตอร์ จากจุดตัดของสัญญาณทั้งสอง ซึ่งโดยปกติจะเป็นการเปรียบเทียบสัญญาณสามเหลี่ยมกับสัญญาณอ้างอิงรูปไซน์ วิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอินเวอร์เตอร์ได้ง่ายแต่มีข้อเสียเรื่องการเกิดฮาร์มอนิกส์ สำหรับในวิธีที่สองนั้นจะได้มุมการสวิตช์อินเวอร์เตอร์จากการคำนวณโดยวิธีกำจัดฮาร์มอนิกส์ต่ำ ซึ่งเราสามารถกำหนดจำนวนมุมการสวิตช์ในหนึ่งวัฏจักรได้

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีการมอดูเลตความกว้างพัลส์โดยการกำจัดฮาร์มอนิกส์ต่ำของสัญญาณขาออกของอินเวอร์เตอร์ [7] โดยการกำหนดค่าขององค์ประกอบหลักมูลของแรงดันขาออกและจำนวนมุมการสวิตช์ในเศษหนึ่งส่วนสี่วัฏจักร และผลการคำนวณหาค่ามุมสำหรับอินเวอร์เตอร์แบบสามเฟสกึ่งบริดจ์

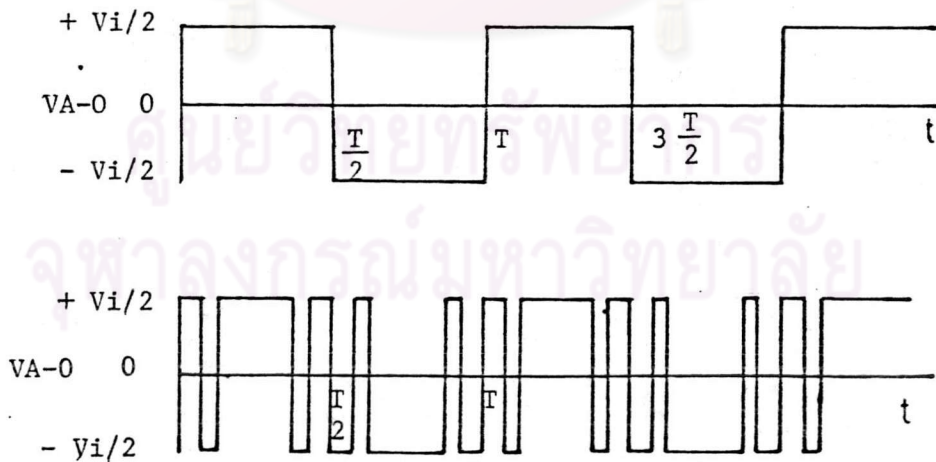
3.2 อินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์ (half-bridge inverter)

รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์หนึ่งเฟสที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ ในการทำงานของวงจร ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 จะตัดต่อวงจรสลับกันเพื่อให้จุด A ต่อกับแรงดันไฟบวกและลบตามลำดับ ในทางทฤษฎีวงจรนี้จะทำงานได้ทั้งหมด 4 สถานะคือ ถ้าทรานซิสเตอร์ทั้งคู่ต่อวงจรพร้อมกันจะทำให้เกิดการลัดวงจรของแหล่งจ่ายไฟตรง ทรานซิสเตอร์ทั้งคู่ตัดวงจรพร้อมกันแรงดันที่จุด A จะขึ้นกับลักษณะของโหลดและกระแสในวงจร ก่อนที่จะเกิดสถานะนี้ เราจะไม่ใช่สถานะทั้งสองนี้ ดังนั้นวงจรอินเวอร์เตอร์จะมีอยู่สองสถานะที่สามารถควบคุมให้เกิดแรงดันไฟสลับขึ้นที่โหลดได้ คือ เมื่อทรานซิสเตอร์ Q1 ต่อวงจรและ

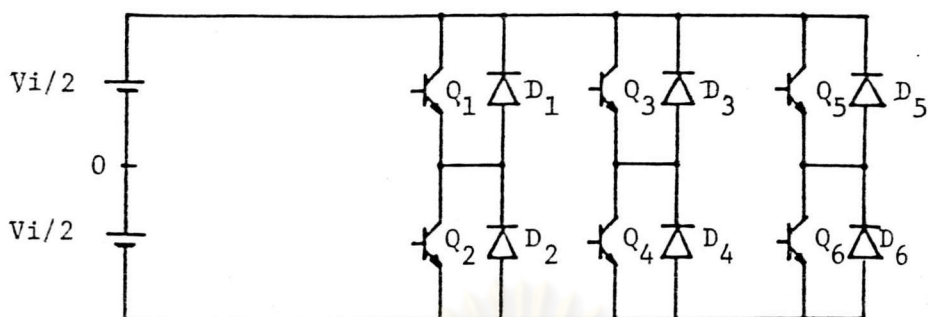
Q2 คัดวงจร V_{A-0} จะเป็นบวกทรานซิสเตอร์ Q1 คัดวงจรและ Q2 คัดวงจร V_{A-0} จะเป็นลบ จากวงจรนี้จะสามารถให้กำเนิดสัญญาณใด ๆ ได้ โดยสัญญาณนี้จะประกอบไปด้วยสองสถานะดังกล่าว ดังในรูปที่ 3.2 เป็นตัวอย่างของสัญญาณรายคาบซึ่งกำเนิดโดยวงจรในรูปที่ 3.1 เมื่อนำโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์นี้มาประกอบกัน 3 วงจร จะได้เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แบบกึ่งบริดจ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.1 วงจรอินเวอร์เตอร์กึ่งบริดจ์หนึ่งเฟส



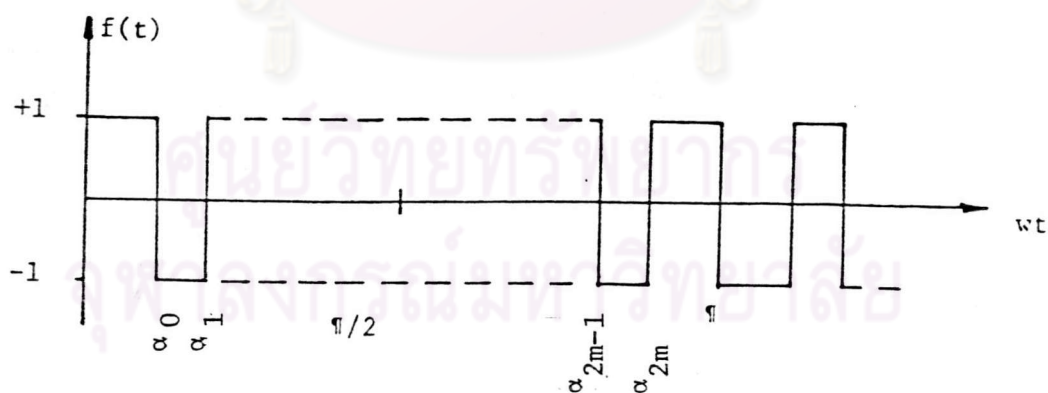
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างสัญญาณที่ได้จากการสวิตช์ของวงจรรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.3 วงจรอินเวอร์เตอร์สามเฟสแบบกึ่งบริดจ์

3.3 การกำจัดฮาร์มอนิกส์ในอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์

ในการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกส์ในอินเวอร์เตอร์จะใช้สัญญาณขาออกของอินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสแบบกึ่งบริดจ์ โดยจะให้อยู่ในรูปของสมการโดยทั่วไป ตามรูปที่ 3.4 สัญญาณขาออกของอินเวอร์เตอร์จะถูกสวิตช์ M ครั้งในเศษหนึ่งส่วนสี่วัฏจักร โดยที่สัญญาณขาออกนี้มีลักษณะเป็นวัฏจักรและมีลักษณะสมมาตรในครึ่งวัฏจักร มีช่วงสูงของสัญญาณเป็นหนึ่ง



รูปที่ 3.4 สัญญาณขาออกที่มีการสวิตช์ M ครั้งในเศษหนึ่งส่วนสี่วัฏจักร

จะได้ว่า

$$f(\omega t) = -f(\omega t + \pi) \quad (3.1)$$

กำหนดให้ $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{2M}$ เป็นมุมการสวิตช์ตามรูปที่ 3.4 สัญญาณสามารถเขียนแทนด้วยอนุกรมฟูรีเอดังนี้

$$f(\omega t) = \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \sin(n\omega t) + b_n \cos(n\omega t)] \quad (3.2)$$

โดย

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin(n\omega t) d(\omega t) \quad (3.3)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos(n\omega t) d(\omega t) \quad (3.4)$$

แทนค่า $f(\omega t)$ ในสมการ (3.3) และใช้คุณสมบัติของการสมมาตรในครึ่งวัฏจักรจะได้

$$a_n = \frac{2}{\pi} \sum_{k=0}^{2M} (-1)^k \int_{\alpha_k}^{\alpha_{k+1}} \sin(n\omega t) d(\omega t) \quad (3.5)$$

โดย $\alpha_0 = 0$, $\alpha_{2M+1} = \pi$, and $\alpha_0 < \alpha_1 < \alpha_2 \dots < \alpha_{2M+1}$.

อินทิเกรตสมการ (3.5) จะได้

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{2}{n\pi} \sum_{k=0}^{2M} (-1)^k [\cos(n\alpha_k) - \cos(n\alpha_{k+1})] \\ &= \frac{2}{n\pi} [\cos n\alpha_0 - \cos n\alpha_{2M+1} + 2 \sum_{k=1}^{2M} (-1)^k \cos n\alpha_k] \quad (3.6) \end{aligned}$$

เนื่องจาก $\alpha_0 = 0$ และ $\alpha_{2M+1} = \pi$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$\cos n\alpha_0 = 1 \quad (3.7)$$

$$\cos n\alpha_{2M+1} = (-1)^n \quad (3.8)$$

จากสมการ(3.6) จะได้

$$a_n = \frac{2}{n\pi} [1 - (-1)^n + 2 \sum_{k=1}^{2M} (-1)^k \cos n\alpha_k] \quad (3.9)$$

ทำนองเดียวกัน

$$b_n = -\frac{4}{n\pi} \sum_{k=1}^{2M} (-1)^k \sin n\alpha_k \quad (3.10)$$

ใช้คุณสมบัติของการสมมาตรในครึ่งวงจักร ได้ $a_n = 0$ และ $b_n = 0$ สำหรับ n ที่เป็นเลขคู่ คำนั่นสำหรับ n ที่เป็นเลขคี่จากสมการ (3.9) และสมการ (3.10) จะได้

$$a_n = \frac{4}{n\pi} \left[1 + \sum_{k=1}^{2M} (-1)^k \cos n\alpha_k \right] \quad (3.11)$$

$$b_n = \frac{4}{n\pi} \left[- \sum_{k=1}^{2M} (-1)^k \sin n\alpha_k \right]. \quad (3.12)$$

สมการ (3.11) และสมการ (3.12) จะเป็นฟังก์ชันของตัวแปรจำนวน $2M$ ค่าคือ $\alpha_1 \dots \alpha_{2M}$. ในการหาค่าตอบสำหรับตัวแปรจำนวน $2M$ ค่า เราจะต้องใช้สมการจำนวน $2M$ สมการในการกำจัดค่าของฮาร์มอนิกจำนวน M ค่า เราจะต้องเฉลยสมการสมการจากสมการ (3.11) และสมการ (3.12)

เราสามารถลดสมการที่เหลือจำนวน M สมการได้ โดยใช้ $b_n = 0$ สำหรับจำนวน M ค่าของ n และเฉลยสมการโดยใช้ลักษณะการสมมาตรในเศษหนึ่งส่วนสี่วงจักรของสัญญาณ นั่นคือ

$$f(\omega t) = f(\pi - \omega t). \quad (3.13)$$

จากคุณสมบัติของการสมมาตรในเศษหนึ่งส่วนสี่วงจักรจะได้ความสัมพันธ์ตามรูปที่ 3.4 ดังต่อไปนี้

$$\alpha_k = \pi - \alpha_{2M-k+1}, \quad k = 1, 2, \dots, M. \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned} \sin n\alpha_k &= \sin n(\pi - \alpha_{2M-k+1}) \\ &= [\sin n\pi \cos n\alpha_{2M-k+1} \\ &\quad - \cos n\pi \sin n\alpha_{2M-k+1}], \quad k = 1, 2, \dots, M. \end{aligned} \quad (3.15)$$

สำหรับ n ที่เป็นเลขคี่

$$\sin n\pi = 0, \quad \cos n\pi = -1.$$

แทนค่าในสมการ (3.15)

$$\sin n\alpha_k = \sin n\alpha_{2M-k+1}, \quad k = 1, 2, \dots, M. \quad (3.16)$$

แทนค่าสมการ (3.16) ในสมการ (3.12)

$$b_n = \frac{4}{n\pi} \sum_{k=1}^M (\sin n\alpha_k - \sin n\alpha_{(2M-k+1)}) = 0 \quad (3.17)$$

จากสมการ (3.14)

$$\cos n\alpha_k = \cos n(\pi - \alpha_{(2M-k+1)}), \quad k = 1, 2, \dots, M. \quad (3.18)$$

สำหรับ n ที่เป็นเลขคี่ จากสมการ (3.18) จะได้

$$\cos n\alpha_k = -\cos n\alpha_{(2M-k+1)}, \quad k = 1, 2, \dots, M. \quad (3.19)$$

แทนค่าสมการ (3.19) ลงในสมการ (3.11) จะได้

$$a_n = \frac{4}{n\pi} \left[1 + 2 \sum_{k=1}^M (-1)^k \cos n\alpha_k \right] \quad (3.20)$$

สำหรับสัญญาณที่มีสองสถานะดังในรูปที่ 3.4 นี้ เราสามารถกำจัดฮาร์มอนิกส์ได้ถึง M ค่า โดยการเฉลี่ยสมการจำนวน M สมการ ซึ่งได้มาจากสมการ (3.20)

ในการเฉลี่ยสมการจำนวน M สมการที่ได้จากสมการ (20) นั้น จะทำให้เราสามารถหาค่าฮาร์มอนิกส์ได้ถึง M ค่า โดยกำหนดให้ฮาร์มอนิกส์ที่ไม่ต้องการมีค่าเป็นศูนย์ สมการที่ได้นี้จะเป็นสมการไม่เชิงเส้นและสามารถมีคำตอบได้หลายค่า ในทางปฏิบัติเราสามารถหาค่าของคำตอบเหล่านี้ได้โดยวิธีนิว เมอริคอลล

3.4 การเฉลยสมการไม่เชิงเส้นโดยวิธีนิวเมอริคอล

สมการไม่เชิงเส้นที่มีตัวแปรจำนวน M ตัว สามารถเขียนได้ดังนี้

$$f_i(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, M. \quad (3.21)$$

ซึ่งสมการจำนวน M สมการนี้ได้มาจากสมการ (3.20) โดยให้มีค่าเท่ากับศูนย์สำหรับฮาร์มอนิกที่ต้องการกำจัด และให้มีค่าที่กำหนดสำหรับฮาร์มอนิกที่หนึ่งหรือองค์ประกอบหลักมูล สมการ (3.21) เขียนให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์จะได้

$$f(\alpha) = 0 \quad (3.22)$$

โดยที่

$$f = [f_1 \ f_2 \ \dots \ f_M]^T,$$

$$\alpha = [\alpha_1 \ \alpha_2 \ \dots \ \alpha_M]^T,$$

สมการ (3.22) สามารถเฉลยได้โดยวิธีทำให้เป็นเชิงเส้น ซึ่งสมการไม่เชิงเส้นสามารถทำให้เป็นเชิงเส้นได้ โดยใช้การแทนด้วยค่าโดยประมาณของผลลัพธ์ ขั้นตอนการคำนวณจะเป็นดังนี้คือ

- 1.) ประมาณค่าเริ่มแรกของ α เป็น

$$\alpha^0 = [\alpha_1^0, \alpha_2^0, \dots, \alpha_M^0]^T$$

- 2.) หาค่าของ

$$f(\alpha^0) = f^0 \quad (3.23)$$

- 3.) ทำสมการ (3.22) ให้เป็นเชิงเส้นโดยแทนด้วย α^0

$$f^0 + \left[\frac{\partial f}{\partial \alpha} \right]^0 d\alpha = 0 \quad (3.24)$$

โดยที่

$$\left[\frac{\partial f}{\partial \alpha} \right]^0 = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial f_1}{\partial \alpha_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial \alpha_M} \\ \frac{\partial f_2}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial f_2}{\partial \alpha_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial \alpha_M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_M}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial f_M}{\partial \alpha_2} & \dots & \frac{\partial f_M}{\partial \alpha_M} \end{bmatrix}$$

หาค่าที่ α^0 และ $d\alpha = [d\alpha_1 \ d\alpha_2 \ \dots \ d\alpha_M]^T$

- 4) เฉลยสมการ (3.24) เพื่อหาค่า $d\alpha$
- 5) เริ่มขั้นตอนที่ 1) - 4) ใหม่ โดยการประมาณใหม่เป็น

$$\alpha^1 = \alpha^0 + d\alpha \quad (3.25)$$

วิธีข้างต้นนี้จะทำซ้ำ ๆ กันหลายครั้งเพื่อให้ได้ค่าละเอียดตามต้องการ ถ้าวิธีข้างต้นวิ่งเข้าหาค่าตอบ เราจะได้ผลลัพธ์ของสมการ (3.22) ถ้าเกิดกรณีหาค่าตอบไม่ได้ เราต้องเปลี่ยนค่าเริ่มต้นใหม่โดยการเคาแมบสุ่ม ค่าตอบที่ถูกต้องจะต้องอยู่ในเงื่อนไข

$$0 < \alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_M < \pi/2 \quad (3.26)$$

ในการเฉลยสมการแบบไม่เชิงเส้นนี้ปัญหาที่เกิดขึ้นคือการที่สมการไม่เข้าสู่ค่าตอบคือไม่สามารถหาค่าตอบได้ ทำให้เราต้องเคาค่าค่าตอบใหม่โดยวิธีสุ่มซึ่งก็ไม่รับประกันว่าจะได้ค่าตอบเสมอไป

3.5 การหาค่าตอบโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

โดยการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เข้าช่วยและการประยุกต์ใช้วิธีทางนิวเมอริคอลที่กล่าวมาข้างต้น เราสามารถหาค่าตอบของสมการไม่เชิงเส้นจำนวน M สมการได้จากสมการ (3.20) โดยการเลือกค่ามุมการสวิตช์คือเศษหนึ่งส่วนสี่วัฏจักรจำนวน M ครั้ง และกำหนด

ค่าขององค์ประกอบหลักมูล เราสามารถกำจัดค่าของฮาร์มอนิกได้ $M-1$ ค่าในกรณีของอินเวอร์เตอร์แบบสามเฟสเนื่องจากลักษณะสมมาตรของรูปคลื่น ฮาร์มอนิกที่มีค่าเป็นตัวคูณของฮาร์มอนิกที่สามจะหักล้างกันเป็นศูนย์ ดังนั้นเราเพียงแต่กำจัดฮาร์มอนิกที่ $6 \times i \pm 1, i = 1, 2, 3, \dots$ เท่านั้น

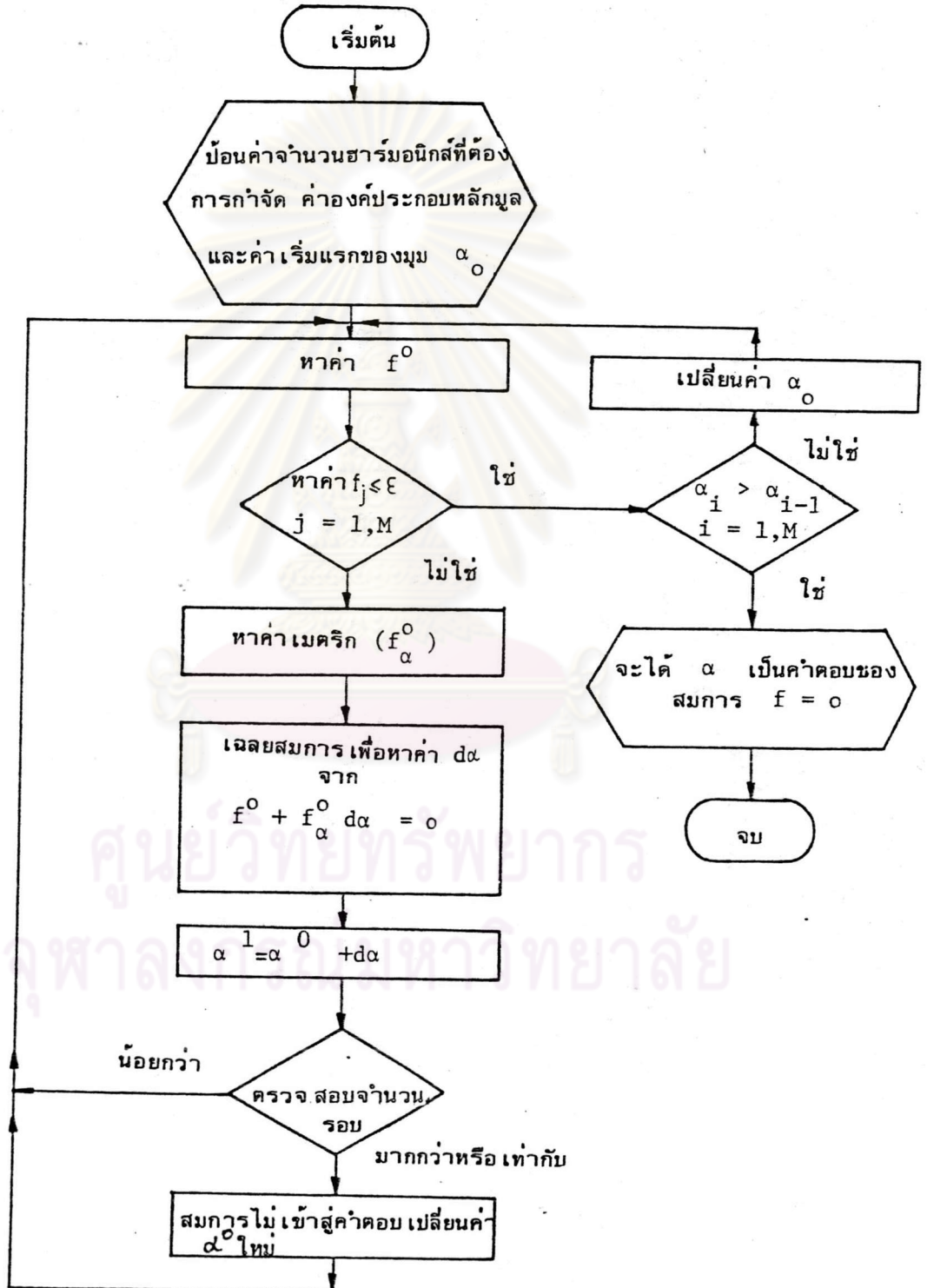
กำหนดให้ n_2, n_3, \dots, n_M เป็นฮาร์มอนิก จำนวน $M-1$ ค่าที่ต้องการกำจัด โดยกำหนดค่า a_1 เป็นองค์ประกอบหลักมูลหรือฮาร์มอนิกที่ 1 (n_1) ให้มีค่าตามที่กำหนด ชุดของสมการที่จะใช้ในการคำนวณมุมของการสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์จะได้จากสมการ (3.20) ดังนี้

$$\begin{aligned} f_1(\alpha) &= \frac{4}{n_1 \pi} \left[1 + 2 \sum_{k=1}^M (-1)^k \cos n_1 \alpha_k \right] - a_1 = 0 \\ f_2(\alpha) &= 1 + 2 \sum_{k=1}^M (-1)^k \cos n_2 \alpha_k = 0 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ f_M(\alpha) &= 1 + 2 \sum_{k=1}^M (-1)^k \cos n_M \alpha_k = 0 \quad (3.27) \end{aligned}$$

จากสมการ (3.27) หาค่าอนุพันธ์ของเมตริก $\partial f / \partial \alpha$ จะได้

$$\frac{\partial f}{\partial \alpha} = \begin{bmatrix} 2n_1 \sin n_1 \alpha_1 & -2n_1 \sin n_1 \alpha_2 & \cdots & \pm 2n_1 \sin n_1 \alpha_M \\ 2n_2 \sin n_2 \alpha_1 & -2n_2 \sin n_2 \alpha_2 & \cdots & \pm 2n_2 \sin n_2 \alpha_M \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 2n_M \sin n_M \alpha_1 & -2n_M \sin n_M \alpha_2 & \cdots & \pm 2n_M \sin n_M \alpha_M \end{bmatrix} \quad (3.28)$$

ในคอลัมน์สุดท้ายของเมตริกซ์ (3.28) จะมีเครื่องหมายเป็นบวกเมื่อ M เป็นเลขคู่และจะเป็นลบเมื่อ M เป็นเลขคี่ เราสามารถหาค่ามุมการสวิตช์ได้โดยใช้วิธีทางนิวเมอริกคอลดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจากวิธีนี้เราสามารถใช้อยู่โครคอมพิวเตอร์เข้าช่วยคำนวณหาค่ามุมได้โดยการนำมาเขียนเป็นโปรแกรมการคำนวณตามผังงานที่แสดง ในรูปที่ 3.5 และโปรแกรมการคำนวณในภาคผนวก



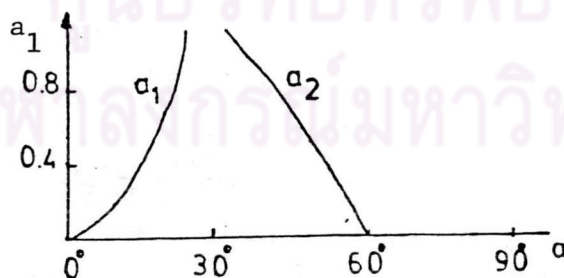
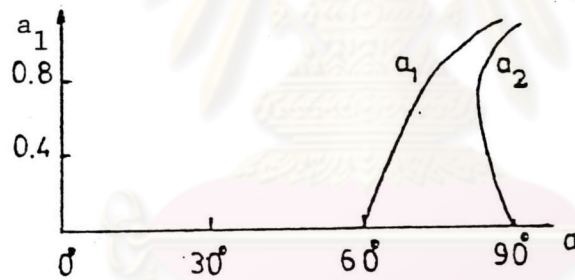
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเฉลยสมการโดยคอมพิวเตอร์



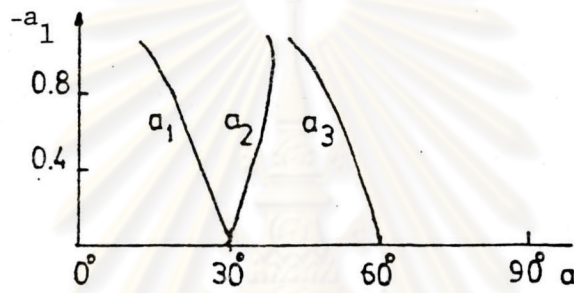
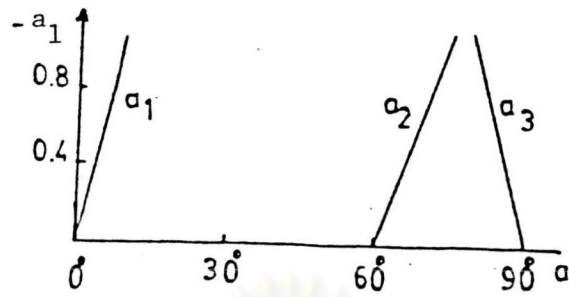
3.6 ผลการคำนวณหาค่ามุมของการสวิตช์

จากการคำนวณหาค่ามุมการสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์สามเฟส เราสามารถหาค่ามุมการสวิตช์ที่ M ค่าต่าง ๆ กันได้ [12] โดยที่ฮาร์มอนิกที่เป็นเลขคู่ และฮาร์มอนิกที่มีค่าเป็นคี่คูณ ของฮาร์มอนิกที่สามจะเป็นศูนย์ ดังนั้นเมื่อเรากำหนดค่าขององค์ประกอบหลักมูล ให้มีค่าตามที่กำหนดเราจะสามารถหาค่ามุมการสวิตช์โดยให้ฮาร์มอนิกที่ 5, 7, 11, 13, ... มีค่าเป็นศูนย์ได้ จำนวน $M-1$ ค่า

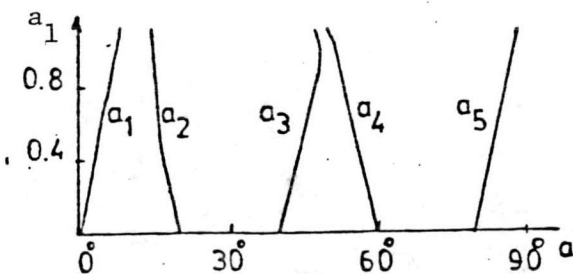
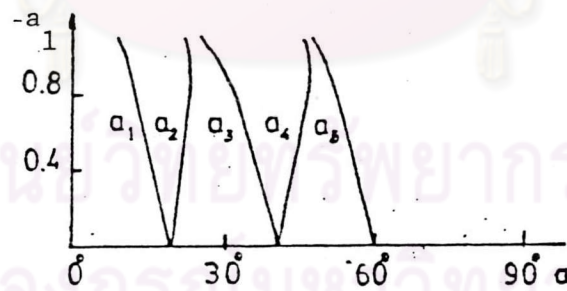
จากโปรแกรมการคำนวณโดยวิธีทางนิวเมอริกคอลข้างต้น นำมาคำนวณหาค่ามุมการสวิตช์ในกรณีของ $M = 2, 3, 5, 7, 9, 13$ และ 23 จะได้ผลลัพธ์ตามรูปที่ 3.6 - 3.12 ดังนี้

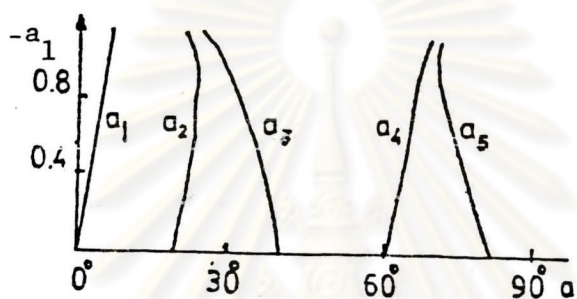
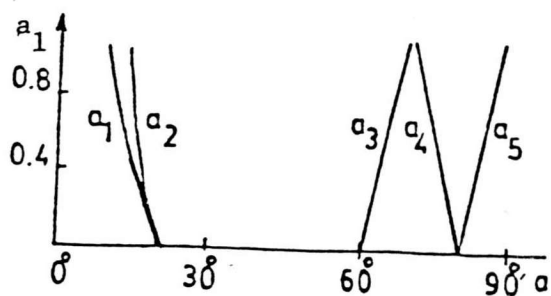


รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักมูล a_1 กับมุมการสวิตช์ α
เมื่อ $M = 2$

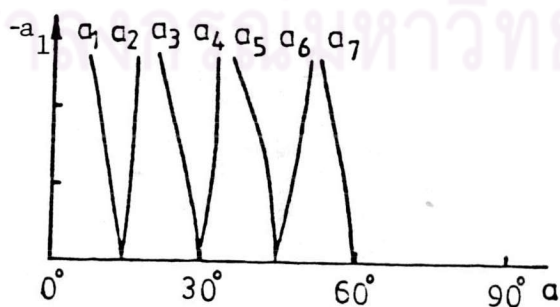
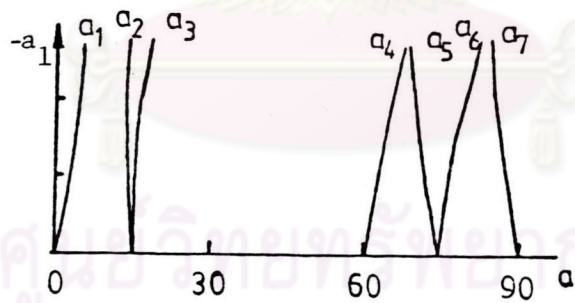


รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักมูล a_1 กับมุม
การสวิตช์ α เมื่อ $M = 3$

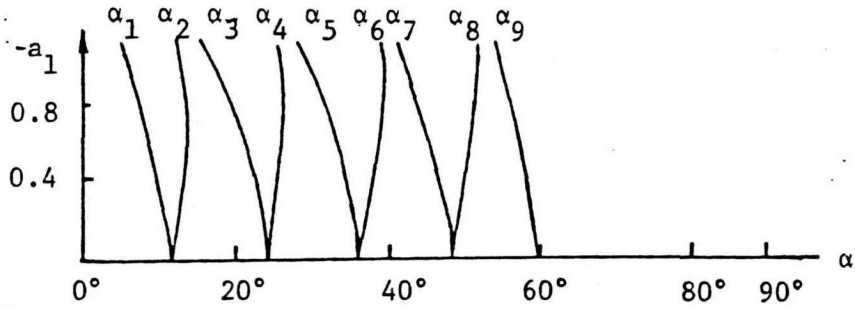




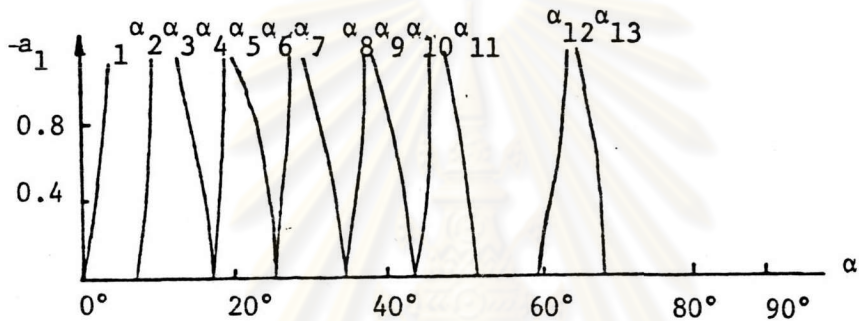
รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักมูล a_1 กับมุม การสวิตช์ α เมื่อ $M = 5$



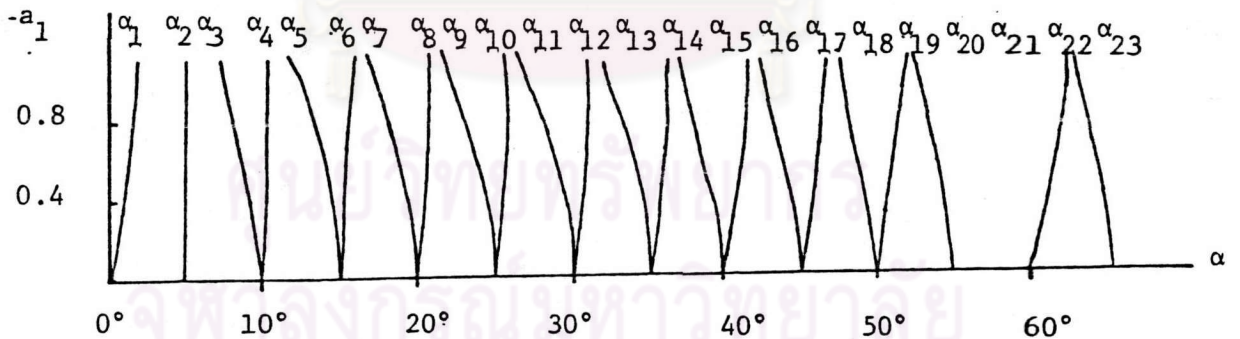
รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักมูล a_1 กับมุม การสวิตช์ α เมื่อ $M = 7$



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักมูล a_1 กับมุมการสวิตช์ α เมื่อ $M = 9$



รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักมูล a_1 กับมุมการสวิตช์ α เมื่อ $M = 13$



รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลักมูล a_1 กับมุมการสวิตช์ α เมื่อ $M = 23$

จากผลการคำนวณข้างต้นเห็นได้ว่าเราสามารถหาค่าตอบได้สี่คำตอบสำหรับสมการ

1 ชุด (ดูกรณี $M = 5$ รูปที่ 3.8) ซึ่งเป็นไปได้เพราะในสมการไม่เชิงเส้นนี้มีเทอมที่เป็นฟังก์ชันตรีโกณมิติคืออยู่ด้วย การหาค่าตอบแต่ละชุดขึ้นอยู่กับค่าเริ่มต้นของการหาค่าคำตอบนั้นซึ่งจะต้องมีค่าใกล้กับคำตอบจริงอย่างเพียงพอ จึงจะสามารถหาผลลัพธ์ออกมาได้ เมื่อจำนวนของ

M เพิ่มมากขึ้น การเดาค่าเริ่มแรกของมุมต่าง ๆ ก็จะยากขึ้นด้วย

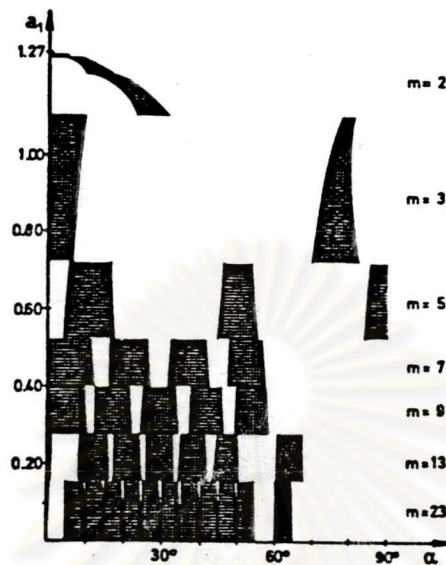
ในการมอดูเลตนั้นรูปคลื่นจะมีได้สองลักษณะ คือ รูปที่เริ่มต้นด้วยระดับแรงดันค่าบวก และรูปคลื่นที่เริ่มต้นด้วยระดับแรงดันค่าลบ ซึ่งตรงกับการเฉลยสมการที่ให้ค่า a_1 ที่เป็นบวก และลบ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 เป็นต้น

3.7 การประยุกต์ใช้งานสัญญาณแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์

สัญญาณแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์นี้สามารถทำได้ทั้งแบบอะนาลอกและแบบเชิงเลข ซึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้งาน เพื่อควบคุมการสวิทช์ของอินเวอร์เตอร์นั้น จะมีการนำไปใช้ด้วยวิธีการมอดูเลตแบบอะนาลอกตามเอกสารอ้างอิง [16] และการมอดูเลตเชิงเลขตามเอกสารอ้างอิง [17] - [25] เมื่อเปรียบเทียบการมอดูเลตทั้งสองวิธีนี้ พบว่าถ้าใช้การมอดูเลตแบบเชิงเลขจะมีข้อดีกว่าแบบอะนาลอกหลายประการตามเอกสารอ้างอิง [9] โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อนำมาใช้กับอินเวอร์เตอร์แบบมอดูเลตความกว้างพัลส์

ดังนั้นในวงจรมอดูเลเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นการมอดูเลตความกว้างพัลส์ แบบเชิงเลข และวิธีการมอดูเลตความกว้างพัลส์นั้นจะมีทั้งวิธีเปรียบเทียบสัญญาณ (subharmonic PWM) และวิธีการกำจัดฮาร์โมนิกส์ (harmonic elimination method) วิธีการเปรียบเทียบสัญญาณ (subharmonic PWM) นั้นโดยปกติจะเป็นการเปรียบเทียบสัญญาณสามเหลี่ยมกับสัญญาณอ้างอิงรูปไซน์และให้มุมในการสวิทช์จากจุดตัดของสัญญาณทั้งสองและนำค่ามุมการสวิทช์มาเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบถาวร (ROM) ดังในเอกสารอ้างอิง [17], [22], [25] และในเอกสารอ้างอิง [12] ใช้การเปรียบเทียบสัญญาณพหุกับสัญญาณอ้างอิง โดยการคำนวณแพดเทอรันการสวิทช์ในแบบ on-line โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แล้วส่งผลไปควบคุมอินเวอร์เตอร์ต่อไป

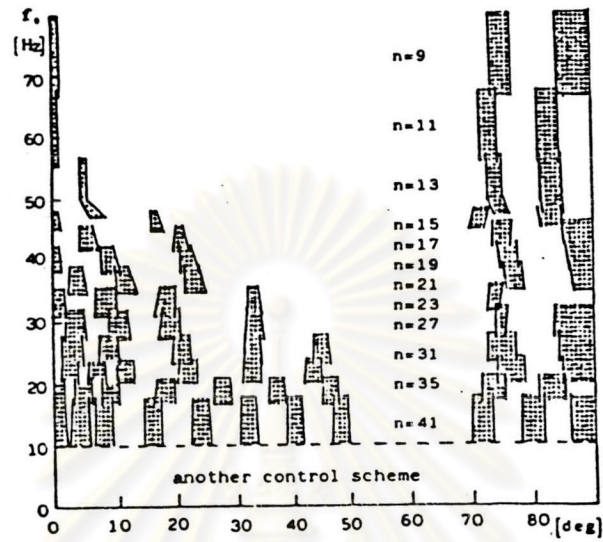
ในการมอดูเลตความกว้างพัลส์โดยวิธีการกำจัดฮาร์โมนิกส์ (harmonic elimination method) นั้น เอกสารอ้างอิง [7] , [20] ได้กล่าวถึงทฤษฎีการมอดูเลตความกว้างพัลส์โดยวิธีการกำจัดฮาร์โมนิกส์โดยสามารถควบคุมช่วงสูงขององค์ประกอบหลักมูลได้ ซึ่งสามารถเขียนสมการของสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์ให้อยู่ในรูปของอนุกรมฟูรีเย เป็นสมการไม่เชิงเส้น และในเอกสารอ้างอิง [8] , [26] , [27] ได้นำค่ามุมการสวิทช์ที่ได้จากการคำนวณมาสร้างเป็นตารางแพดเทอรันการสวิทช์และเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบถาวรโดยเลือกแพดเทอรันที่มีฮาร์โมนิกส์และการสูญเสีย เนื่องจากฮาร์โมนิกส์น้อยที่สุด



รูปที่ 3.13 แพตเทิร์นการสวิตช์ที่ใช้ในเอกสารอ้างอิง [8] α คือมุมการสวิตช์ a_1 คือองค์ประกอบหลักมูล m คือจำนวนครั้งของการสวิตช์ในเศษหนึ่งส่วนสี่คาบ

ในเอกสารอ้างอิง [8] ได้เลือกแพตเทิร์นการสวิตช์ดังแสดงในรูปที่ 3.13 โดยการนำแพตเทิร์นนี้ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบถาวร (ROM) และใช้วงจรมอดูเลเตอร์ที่ควบคุมการทำงานโดยไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ 8085 ทำนองเดียวกับเอกสารอ้างอิง [27] ได้ใช้แพตเทิร์นการสวิตช์ดังแสดงในรูป 3.14 และใช้วงจรมอดูเลเตอร์ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z-80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.14 แพตเทิร์นการสวิตช์ที่ใช้ในเอกสารอ้างอิง [27]

n คือจำนวนครั้งของการสวิตช์ในเศษหนึ่งส่วนสี่คาบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย