

# ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHẾ DỊCH PHA PWM CHO BỘ BIẾN ĐỔI ĐA MỨC CÓ CẤU TRÚC MMC

Trần Hùng Cường<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thắm<sup>1</sup>, Phạm Thị Hà<sup>1</sup>

## TÓM TẮT

Bộ biến đổi (BBĐ) đa mức Modular Multilevel Converter (MMC) là BBĐ đa mức có nhiều ưu điểm để ứng dụng cho các hệ thống công suất lớn và điện áp cao như: tạo ra bất kỳ mức điện áp mong muốn với chất lượng sóng hài tốt; có thể chịu được các quá độ trong giới hạn cho phép khi có sóng quá độ lan truyền vào BBĐ. Cấu trúc của MMC được ghép bởi nhiều các Sub-module (SM) nối tiếp nhau với mục đích giảm điện áp cao đặt lên các van bán dẫn. Bài báo này trình bày việc áp dụng phương pháp điều chế dịch pha (PSPWM) cho BBĐ MMC. Phương pháp này thực hiện dựa trên việc so sánh sóng sin chuẩn với các sóng mang tam giác lệch pha nhau để tạo ra các tín hiệu đóng mở van cho BBĐ nhằm mục đích tạo ra dạng điện áp phía xoay chiều có dạng hình sin, đây là điểm mới để tạo quy luật khi sử dụng cho MMC tăng số mức. Các nghiên cứu mô phỏng của PSPWM cho MMC ba pha được thực hiện trên phần mềm Matlab-Simulink đã cho thấy thuật toán đề xuất mang lại những hiệu quả nhất định trong việc chuyển đổi điện năng.

**Từ khóa:** Bộ biến đổi đa mức, MMC, điều chế dịch pha PWM.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

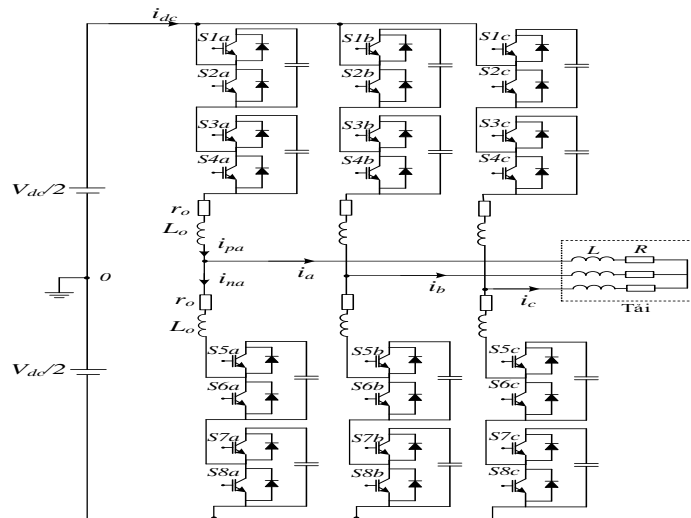
Hiện nay, việc sử dụng các thiết bị công suất lớn, điện áp cao ngày càng gia tăng. Do đó, việc chuyển đổi điện năng ở trường hợp này là vấn đề được các nhà nghiên cứu quan tâm [1]. Để đáp ứng được điều kiện đó, BBĐ đa mức được sử dụng là phù hợp nhất bởi nhiều lý do như: các van bán dẫn chỉ làm việc ở điện áp thấp, có thể dễ dàng trong việc thay thế, sửa chữa... [2], [3]. Một số BBĐ đa mức đã được áp dụng thành công trong thực tế có thể kể đến như: BBĐ cầu H nối tầng, BBĐ kiểu Diode kẹp, BBĐ kiểu tụ bay... [4], [5]. Hiện nay, BBĐ đa mức MMC có những đặc tính ưu việt vượt trội so với các BBĐ đa mức khác như: số lượng van bán dẫn ít; cấu trúc đơn giản; dễ dàng áp dụng các thuật toán điều chế, điều khiển khi hoạt động với số mức điện áp lớn; dễ dàng bảo trì khi hư hỏng. Vì vậy, việc áp dụng BBĐ MMC trong thực tế được xem là giải pháp cho các ứng dụng công nghiệp công suất lớn, kết nối các hệ thống điện phân tán điện áp cao [6]. Tuy nhiên, khi yêu cầu ở mức điện áp quá cao thì việc áp dụng thuật toán cũng trở nên phức tạp. Hiện nay, việc nghiên cứu áp dụng các phương pháp điều chế cho BBĐ MMC luôn được quan tâm và phát triển nhằm đạt được hiệu quả chuyển đổi tối đa. Trong đó, việc áp dụng phương pháp điều chế PWM cho MMC với số mức nhất định gặp nhiều thuận lợi như: quá trình thực hiện đơn giản, cho kết quả chuyển đổi ở đầu ra với tổng độ méo sóng hài (THD) ở mức cho phép [8]. Tuy nhiên, khi số mức BBĐ tăng lên

<sup>1</sup> Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức; Email: tranhungcuong@hdu.edu.vn

thì tần số đóng cắt van cũng tăng, gây nên THD trên dòng điện và điện áp phía đầu ra ở mức cao [6]. Bài báo này trình bày kỹ thuật điều chế PSPWM cho MMC với số mức lớn mà vẫn đảm bảo được giá trị THD ở giới hạn cho phép đồng thời khắc phục được nhược điểm của thuật toán PWM khi áp dụng cho BBD đa mức. Kỹ thuật điều chế PSPWM cho MMC được thực hiện bằng cách sử dụng các sóng điều khiển để so sánh với tập hợp các sóng mang tam giác lệch pha nhau [3]. Khi sóng sin lớn hơn sóng mang thì ta được xung PWM ở mức cao, ngược lại khi sóng sin nhỏ hơn sóng mang thì xung PWM ở mức thấp. Kết quả so sánh giữa sóng điều khiển với một sóng mang trong tập được dùng để điều khiển một cặp linh kiện chuyển mạch tương ứng trong BBD. Bài báo thực hiện điều chế PWM cho MMC ba pha gồm 4 SM nối tải RL phía đầu ra, quá trình này sẽ tạo ra được 5 mức điện áp trên mỗi pha.

## 2. CẤU TRÚC VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA MMC

### 2.1. Cấu trúc bộ biến đổi MMC

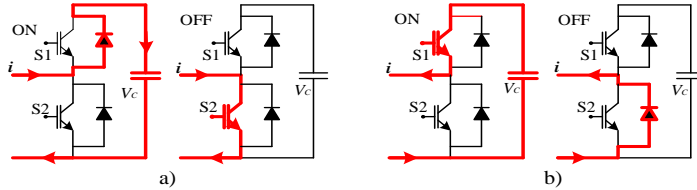


Hình 1. Cấu trúc bộ biến đổi MMC có 4 SM trên mỗi pha

Hình 1 trình bày cấu trúc MMC gồm có ba pha, mỗi pha được tạo thành từ hai nhánh van chứa  $N = 2$  SM mắc nối tiếp nhau. Điện áp xoay chiều trên mỗi pha được lấy ở điểm giữa 2 cuộn kháng  $L_o$  của mỗi nhánh van, điện áp một chiều đầu vào được cấp bởi một nguồn chung duy nhất  $V_{dc}$ . Tổng điện áp  $dc$  của mỗi nhánh van bằng tổng điện áp  $dc$  trên mỗi SM của nhánh van đó, khi đó là mỗi SM sẽ chịu mức điện áp là  $V_{dc}/N$ . Khi cấp điện áp của MMC tăng lên thì số SM trên mỗi nhánh van cũng được tăng lên tương ứng [6]. Đây là một lợi thế trong cấu hình của MMC vì sẽ đơn giản được quá trình điều khiển đồng bộ các van và có thể giảm tổn thất của bộ biến đổi [7]. Điều này có được là do các van phải đóng cắt ở tần số và điện áp thấp. Số lượng các SM của MMC phụ thuộc vào yêu cầu về cấp điện áp ở phía xoay chiều và công suất trao đổi từ phía một chiều sang phía xoay chiều. Về mặt lý thuyết, số lượng các SM có thể tăng lên với số lượng không hạn chế nhằm đáp ứng với mọi yêu cầu về mức điện áp đầu ra ở phía xoay chiều [8].

## 2.2. Nguyên lý hoạt động của MMC

Các SM của MMC được cấu tạo bởi hai van bán dẫn IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) mắc song song với một tụ điện C như hình 1, mỗi SM có hai trạng thái chuyển mạch là {0;1}, trong đó 1 ứng với trạng thái tụ điện được nối với mạch, tương ứng với SM được ON và ngược lại. Hình 2 mô tả các trạng thái ON và OFF của SM trong trường hợp chiều dòng điện có chiều dương như ở hình 2a và dòng điện có chiều âm như hình 2b.



**Hình 2. Trạng thái ON và OFF của các SM**

a) dòng điện có chiều dương; b) dòng điện có chiều âm

Trạng thái ON hay trạng thái “chèn vào” là trạng thái mà điện áp đầu ra ở phía ac của mỗi SM bằng điện áp  $V_c$  ở phía dc.

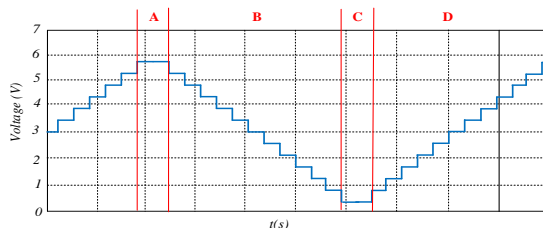
Trạng thái OFF hay trạng thái “bỏ qua” là trạng thái mà điện áp được đưa ra ở phía ac của SM bằng không.

Quan hệ giữa trạng thái van, điện áp ra, chiều dòng điện và trạng thái tụ của mỗi SM được thể hiện trong bảng 1.

**Bảng 1. Điện áp ngõ ra của SM**

Trạng thái van		Điện áp ra	Chiều dòng điện	Trạng thái tụ
S1	S2			
1	0	$V_c$	+	Nạp
0	1	0	+	Nối tắt
1	0	$V_c$	-	Xả
0	1	0	-	Nối tắt
1	1	Ngăn mạch		
0	0	Hở mạch		

Trong hoạt động bình thường của MMC, tất cả các tụ điện được tích điện đến giá trị định mức của nó là  $V_{dc}/N$ . Để đạt được giá trị này, trong tài liệu [9] đã đề xuất để bật một SM của một nhánh của MMC và tắt  $(2N-1)$  các SM còn lại trong pha đó. Nghĩa là tại một thời điểm chỉ có một nửa số lượng SM của pha được chèn vào, do đó tổng điện áp đặt lên tất cả các tụ (kể cả được chèn vào hay bỏ qua) là  $V_{dc}$ . Khi tụ điện được nạp đầy thì tụ điện sẽ được tắt bằng các lệnh điều khiển, ở các khoảng thời gian tiếp theo, các SM tiếp theo của nhánh pha sẽ được bật lần lượt cho đến hết và quá trình lặp lại từ đầu.



**Hình 3. Dạng điện áp xoay chiều đầu ra MMC**

Hình 3 mô tả điện áp đầu ra  $V_{ac}$  của MMC lý tưởng (không xét đến tổn hao). Giả định điện áp được phân phối đều giữa các tụ của các SM và các tụ đủ lớn để điện áp không bị dao động, trong một chu kỳ sẽ có 4 trạng thái khác nhau, cụ thể:

Trạng thái A: điện áp đầu ra là lớn nhất, để đạt được trạng thái này, tất cả các SM ở nhánh trên được bỏ qua do đó điện áp  $V_{dc}/2$  được nối trực tiếp tới đầu ra, tất cả các SM ở nhánh phía dưới được chèn vào, tổng điện áp qua các SM nhánh dưới bằng  $V_{dc}/2$ .

Trạng thái B: điện áp ra giảm dần và bám theo bậc thang. Để đạt được điều này, các SM ở nhánh phía trên sẽ được chèn vào. Để đảm bảo số lượng SM chèn vào không thay đổi thì một SM ở nhánh dưới phải được bỏ qua. Sau khi một SM ở nhánh trên được chèn vào và một SM ở nhánh dưới được bỏ qua thì điện áp đầu ra đạt trị số  $V_{dc}/2 - V_{SM}$ . Khi đó, điện áp xoay chiều đầu ra càng giảm.

Trạng thái C: điện áp đầu ra là nhỏ nhất, khi đó tất cả các SM ở nhánh trên được chèn vào và tất cả SM ở nhánh dưới bị bỏ qua, điện áp đầu ra lúc này là  $-V_{dc}/2$ .

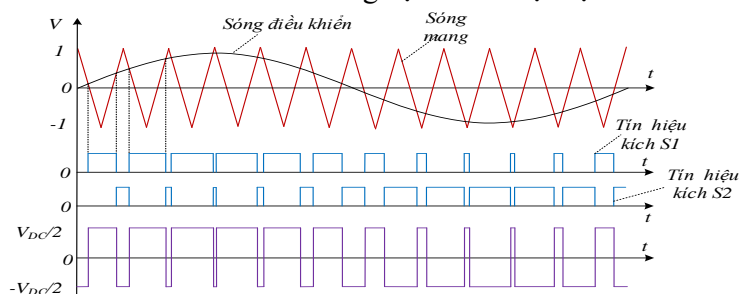
Trạng thái D: để tăng dần điện áp đầu ra bám theo bậc thang từ giá trị nhỏ nhất, các SM ở nhánh dưới sẽ được chèn vào, để đảm bảo số lượng SM được chèn vào không thay đổi thì các SM ở nhánh trên tương ứng sẽ được bỏ qua.

Từ quá trình bật tắt của các SM nên điện áp trên phía xoay chiều luôn dao động trong các mức  $-V_{dc}/2$  đến  $+V_{dc}/2$  với mỗi bước điện áp là  $V_{dc}/2N$ .

### 3. ĐIỀU CHẾ PWM CHO BỘ BIẾN ĐỔI MMC

#### 3.1. Giới thiệu về phương pháp điều chế PWM

Phương pháp điều chế PWM được sử dụng phổ biến cho các BBD điện tử công suất, đặc biệt với BBD có ít van bán dẫn bởi những đặc tính thuận lợi mà nó mang lại.



Hình 4. Phương pháp tạo tín hiệu kích và dạng sóng điện áp ngõ ra

Kỹ thuật điều chế PWM cho các bộ nghịch lưu nguồn áp ba pha được thực hiện dựa trên việc so sánh điện áp điều khiển (sóng điều khiển) với sóng mang tam giác [6]. Khi sóng điều khiển lớn hơn sóng mang thì ta được xung PWM ở mức cao, ngược lại khi sóng sin nhỏ hơn sóng mang thì xung PWM ở mức thấp. Kết quả so sánh được dùng để điều khiển linh kiện chuyển mạch như hình 4.

#### 3.2. Một số chỉ tiêu đánh giá của phương PWM

Hệ số điều chế  $m$ : được định nghĩa là tỉ số giữa biên độ sóng sin cơ bản với biên độ sóng mang.

$$m = \frac{V_{ref}}{V_m} \quad (1)$$

Trong đó:  $V_{ref}$  là biên độ sóng sin cơ bản,  $V_m$  là biên độ sóng mang.

Tổng độ méo sóng hài - chỉ số THD (Total Harmonic Distortion): là đại lượng đánh giá tác dụng của sóng hài bậc 2,3... Chỉ số méo dạng được tính theo công thức sau:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{j=2}^{\infty} I_j^2}}{I_1} \quad (2)$$

Trong đó:  $I_j$  là giá trị hiệu dụng sóng hài bậc  $j$ ,  $j \geq 2$ ;  $I_1$  là giá trị hiệu dụng thành phần sóng hài cơ bản của dòng điện.

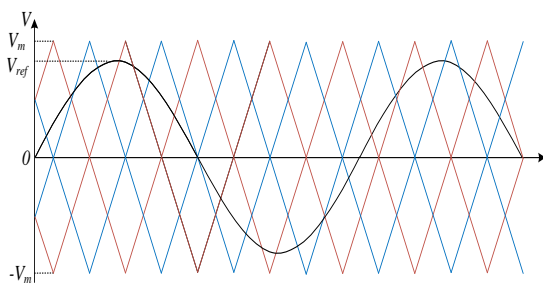
Tần số đóng cắt và công suất tổn hao do đóng cắt: Tần số đóng cắt của xung càng cao thì chỉ số THD ở đầu ra càng nhỏ. Tuy nhiên, khi tăng tần số đóng cắt thì tổn hao nhiệt tăng lên do quá trình chuyển mạch van IGBT cũng tăng theo. Vì thế không thể tăng tần số đóng cắt van một cách tùy ý.

### 3.3. Áp dụng phương pháp điều chế PSPWM cho MMC

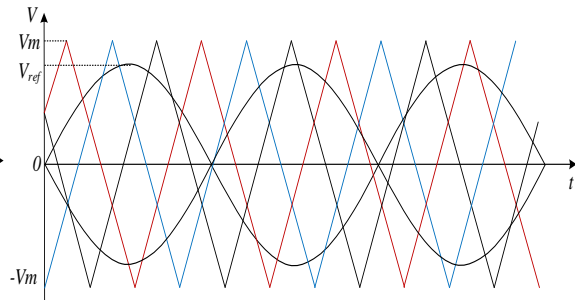
Tùy theo cách thức sắp đặt các sóng mang, phương pháp PWM cho bộ biến đổi đa mức được chia làm hai dạng chính là điều chế theo sóng mang dạng dịch mức (LS-PWM) và điều chế theo sóng mang dạng dịch pha (PS-PWM). Theo [2] thì điều chế PSPWM được xem là phương pháp hiệu quả, dễ thực hiện mà vẫn đảm bảo tần số đóng cắt của van thấp so với tần số điều chế tại điện áp đầu ra mà không phải thực hiện thuật toán cân bằng điện áp trên các tụ điện [7]. Trong phần này chiến lược điều chế PS-PWM cho BBD MMC 5 mức được thực hiện dựa trên cấu trúc BBD MMC với hai SM trên mỗi nhánh van như hình 3. Tín hiệu đóng cắt chuyển mạch van của PS-PWM được thực hiện bằng cách so sánh các điện áp đặt với các sóng mang theo công thức:

$$v = \begin{cases} \frac{1}{3} V_{DC} & \text{Khi } -v_{ref} < v_m < v_{ref} \\ \frac{1}{3} - V_{DC} & \text{Khi } v_{ref} < v_m < -v_{ref} \end{cases} \quad (3)$$

Có hai phương án thực hiện PSPWM tùy theo cách bố trí của các sóng mang với nhau như hình 5 và hình 6:



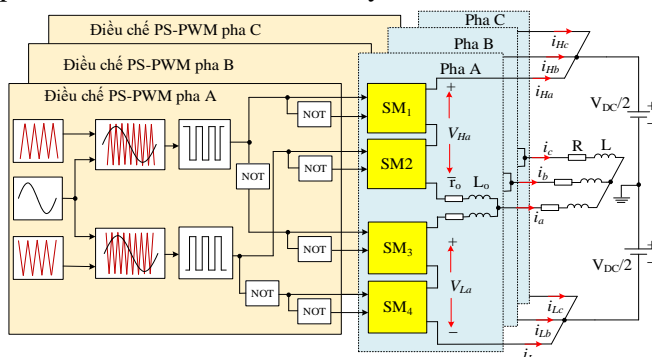
**Hình 5. Điều chế sóng mang dịch pha sử dụng hai sóng mang ngược pha 180°**



**Hình 6. Điều chế sóng mang dịch pha sử dụng hai sóng sin ngược pha 180°**

Trong hình 5, tín hiệu đóng cắt các van được thực hiện bằng cách so sánh các sóng mang tam giác cùng tần số, cùng biên độ và lệch pha nhau 180° với một sóng sin chuẩn. Trong hình 6, tín hiệu đóng cắt các van được thực hiện bằng cách so sánh các sóng mang

tam giác với hai sóng sin chuẩn cùng tần số, cùng biên độ nhưng ngược pha nhau  $180^\circ$ . Hai phương pháp này đều có chức năng tạo ra mức điện áp là như nhau, tuy nhiên trong các ứng dụng phương pháp sử dụng so sánh các sóng mang với một sóng sin được sử dụng phổ biến hơn do quá trình thực hiện đơn giản. Trong phần này sẽ thực hiện PSPWM bằng cách chọn số sóng răng cưa bằng với số SM trên mỗi pha BBĐ, mỗi sóng răng cưa này được đặt lệch pha nhau  $180^\circ/2$  chu kỳ răng cưa, mục đích của việc này là giảm được các sóng hài bậc hai của tín hiệu điện áp ra và đạt được hiệu suất chuyển đổi tốt nhất [8].



**Hình 7. Cấu trúc phương pháp điều chế PSPWM cho MMC 5 mức**

Mỗi SM trong bộ biến đổi gồm 2 van IGBT vì vậy trong mỗi chu kỳ đóng cắt tín hiệu điều khiển cho hai van của SM được đặt ngược nhau. Đối với mỗi SM có thể điều chế điện áp một cực tính và hai cực tính, trong đó dạng một cực tính sẽ cho thành phần sóng hài tốt hơn. Khi điều chế một cực tính mỗi nhánh nửa cầu được điều khiển bởi tín hiệu PWM bởi hai răng cưa lệch nhau  $180^\circ$ . Như vậy số răng cưa tăng lên gấp đôi, mỗi răng cưa lại có một sóng mang ngược pha với nó. Theo phương pháp dịch pha mỗi SM đều làm việc như nhau trong toàn dải điều chế nên điện áp  $V_{dc}$  được sử dụng như nhau. Vì vậy trong chế độ nghịch lưu nói chung không cần thực hiện thuật điều khiển cân bằng điện áp trên các tụ một chiều [2]. Cấu trúc thực hiện điều chế cho MMC 5 mức điện áp được thể hiện ở hình 7, để tạo ra các mức điện áp phương pháp này sử dụng một hai sóng mang cùng tần số cùng biên độ nhưng ngược pha nhau  $180^\circ$  và được so sánh với một sóng sin chuẩn.

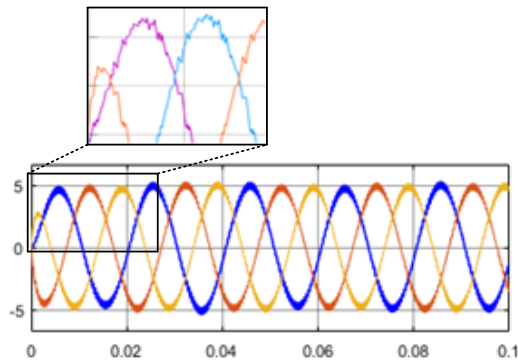
#### 4. MÔ PHỎNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHẾ PSPWM CHO MMC

Trong phần này, kết quả mô phỏng phương pháp PSPWM cho MMC trong hình 3 sử dụng mềm MATLAB/SIMULINK với các thông số mô phỏng được trình bày ở bảng 2.

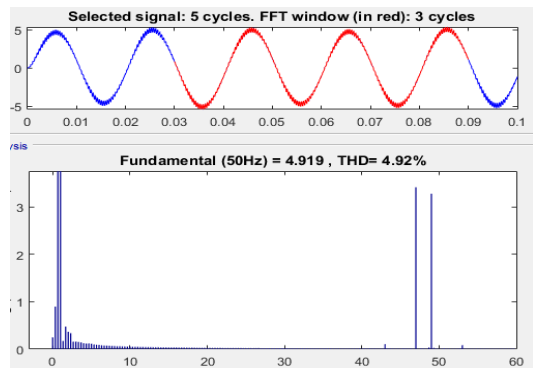
**Bảng 2. Thông số mô phỏng bộ biến đổi MMC**

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
$V_{dc}$	200 V	Điện trở tải	15 $\Omega$
Điện cảm lọc $L_o$	$3.10^{-3}$ H	Chu kì trích mẫu $T_s$	$8.10^{-4}$ s
Điện trở lọc $r_o$	0.015 $\Omega$	Tần số lưới	50 Hz
Điện cảm tải L	$12.10^{-3}$ H		

Kết quả mô phỏng dòng điện ba pha phía xoay chiều trên hình 8 cho thấy dòng điện phía xoay chiều có dạng sin chuẩn ngay ở những chu kỳ đầu tiên. Phân tích độ méo sóng hài ta thấy chỉ số THD của dòng điện đạt giá trị 4,92% như hình 9.

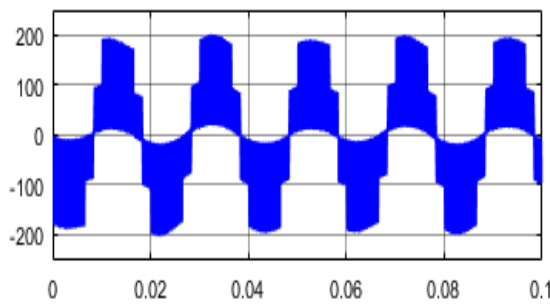


**Hình 8. Dòng điện ba pha phía xoay chiều trên tải**

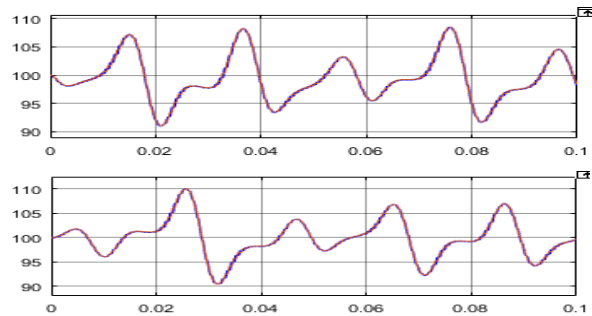


**Hình 9. Kết quả phân tích THD dạng điện áp dây**

Hình 10 mô tả điện áp ra trên pha A phía xoay chiều. Ta thấy rằng điện áp ra của bộ biến đổi là 5 mức, tín hiệu điện áp hoạt động ổn định, không xảy ra tình trạng quá độ điện áp ở các mức.



**Hình 10. Điện áp ra phía xoay chiều của bộ biến đổi trên các pha A**



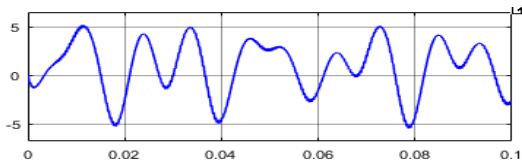
**Hình 11. Hình dạng điện áp các tụ điện nhánh trên và dưới của SM trong pha A**

Kết quả điện áp tụ cho thấy điện áp tụ được nạp tới giá trị 100V. Khi MMC hoạt động, quá trình phóng nạp của các tụ điện ở nhánh trên và nhánh dưới cho thấy biên độ dao động lớn nhất của tụ điện là 10V tương ứng 10% giá trị định mức của tụ điện. Biên độ dao động lớn nhất này xuất hiện ở thời điểm 0,27 giây. Trong suốt các chu kỳ hoạt động còn lại của MMC, mức dao động điện áp tụ có biên độ 7V tương ứng 7% giá trị định mức của tụ điện. Các thông số này cho thấy rằng, giá trị điện áp trên tụ luôn dao động quanh vị trí cân bằng với biên độ lớn nhất không quá 10% trong suốt quá trình hoạt động của MMC.

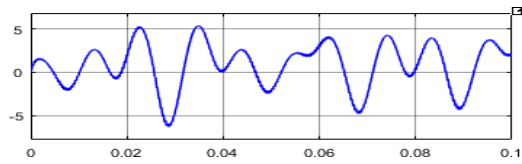
Hình 12 và hình 13 mô tả hoạt động của dòng điện trong nhánh trên và nhánh dưới trong pha A của của bộ biến đổi MMC. Kết quả cho thấy giá trị dòng điện nhánh pha A có biên độ lớn nhất là 5A, bằng với giá trị biên độ dòng điện phía xoay chiều ở đầu ra. Giá trị dòng điện nhánh có biên độ lớn nhất xuất hiện trong khoảng thời gian 0 đến 0,08 giây. Trong các chu kỳ hoạt động sau đó giá trị dòng điện nhánh giảm xuống với biên độ 4A.

Từ dòng điện nhánh trên và nhánh dưới tổng hợp được dòng vòng chảy trong pha A như hình 14. Trong khoảng thời gian từ 0 đến 0,035s giá trị dòng điện vòng có trị số lớn hơn biên độ của dòng điện xoay chiều phía đầu ra.

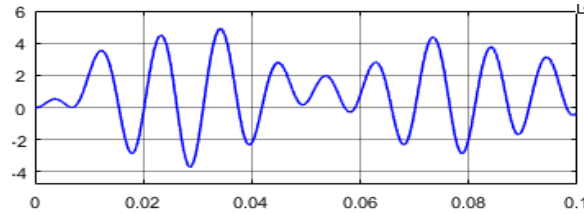




**Hình 12. Dòng điện nhánh trên pha A của MMC**



**Hình 13. Dòng điện nhánh dưới pha A của MMC**



**Hình 14. Dòng điện vòng trên pha A của MMC**

Sau khoảng thời gian 0,08 giây giá trị dòng điện vòng giảm dần xuống. Tuy giá trị này vẫn ở mức cao. Vì vậy để giảm thiểu ở giá trị thấp hơn nữa cần bổ sung thêm các phương pháp điều khiển kết hợp với điều chế.

## 5. KẾT LUẬN

Bài báo đã áp dụng phương pháp điều chế PSPWM cho MMC, tạo ra 5 mức điện áp trên tải xoay chiều. Quá trình điều chế PWM cho MMC cho thấy đây là phương pháp dễ thực hiện, cho các thông số đạt theo yêu cầu mong muốn mà không đòi hỏi các thuật toán điều khiển quá phức tạp. Các kết quả thể hiện được các tiêu chí đề ra ban đầu của MMC là dòng điện phía đầu ra đạt giá trị sin chuẩn, bám sát giá trị đặt mong muốn. Điện áp phía đầu ra chưa qua bộ lọc thể hiện với số mức như yêu cầu điều chế. Điện áp trên tụ điện luôn dao động quanh giá trị định mức của nó. Trị số dòng điện vòng vẫn ở mức cao, tuy nhiên nó đã được hạn chế và có biên độ thấp hơn so với biên độ của dòng điện phía xoay chiều. Kết quả phân tích chất lượng dòng điện phương pháp điều chế đáp ứng yêu cầu về chất lượng dòng điện với THD thấp dưới 5%. Cách tiếp cận và kết quả của phương pháp đề xuất sẽ làm cơ sở để phát triển các quy luật khi áp dụng phương pháp PSPWM cho MMC có số mức cao hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bùi Văn Huy, Trần Trọng Minh (2016), Mô phỏng và thực nghiệm kiểm chứng thuật toán cân bằng điện áp trên tụ một chiều cho chỉnh lưu tích cực đa bậc cầu chữ H nối tầng, *Chuyên san điều khiển và tự động hóa*, số 15, tr. 41 - 48.
- [2] Trần Trọng Minh (2012), *Giáo trình Điện tử công suất*, Nxb. Giáo dục, Hà Nội.
- [3] Bùi Văn Huy, Nguyễn Văn Liễn, Trần Trọng Minh, Vũ Hoàng Phương (2014), *Bộ biến đổi DC-AC-AC qua khâu trung gian tần số cao có khả năng trao đổi công suất hai chiều*, Hội nghị toàn quốc lần thứ 7 về Cơ Điện tử - VCM-2014, trang 136 -142.
- [4] Arman Hassanpoor, Kalle Ilves, Staffan Norrga, Lennart Ängquist, Hans-Peter Nee, (2013), *Tolerance Band Modulation Methods for Modular Multilevel Converters*, Paper presented at EPE, lille, France September 3.



- [5] Makoto Hagiwara, IEEE, Kazutoshi Nishimura, and Hirofumi Akagi, Fellow, IEEE (2012), A Modular Multilevel PWM Inverter for Medium-Voltage Motor Drives. *IEEE Proc.-Electr. Power Appl.*, Vol. 148, No. 4.
- [6] Minyuan Guan and Zheng Xu Hairong Chen (2013), *Control and Modulation Strategies for Modular Multilevel Converter based HVDC System*, 978-1-61284-972-©2011 IEEE.
- [7] Daniel Siemaszko, Antonios Antonopoulos, Kalle Ilves, Michail Vasiladiotis, Lennart Ängquist (2010), Evaluation of Control and Modulation Methods for Modular Multilevel Converters, *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 37, pp. 611-618, Mar./Apr.
- [8] Michal Szykiel, Rodrigo da Silva, Lars Helle and Philip Carne Kjaer (2012), Modular Multilevel Converter Modelling, Control and Analysis under Grid Frequency Deviations, *Power Electron.*, vol. 24, no. 3, pp. 571-579, Mar.

## **APPLYING MODULATION PHASE SHIFT PWM FOR MODULAR MULTILEVEL CONVERTER (MMC)**

**Tran Hung Cuong, Nguyen Thi Tham, Pham Thi Ha**

### **ABSTRACT**

*The Modular Multilevel Converter (MMC) is a Multilevel Converter that has many advantages for applications for large capacity and high voltage systems such as: generating any desired voltage level with good harmonic quality; withstanding transients within permissible limits when transient waves propagate into the converter. The structure of the MMC is coupled by many Sub-modules (SM) in series with the purpose of reducing the high voltage placed on the semiconductor valves. This article presents the application of PSPWM for MMC. This method is based on comparing the standard sine wave with the out-of-phase delta carrier wave to generate the valve opening and closing signals for the Converter for the purpose of generating a sinusoidal AC voltage form, this is a new point to create a rule when used for MMC to increase the number of levels. The simulation studies of PSPWM for three-phase MMC performed on Matlab-Simulink software showed that the proposed algorithm brings about certain effects in power conversion.*

**Keywords:** *Modular Multilevel converter, MMC, modulation PWM.*

*\* Ngày nộp bài: 1/4/2021; Ngày gửi phản biện: 15/4/2021; Ngày duyệt đăng: 11/10/2021*