



ISSN
1859-3968

TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÙNG VƯƠNG
Tập 26, Số 1 (2022): 89-100

Email: tapchikhoahoc@hvu.edu.vn Website: www.hvu.edu.vn

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
HUNG VUONG UNIVERSITY
Vol. 26, No. 1 (2022): 89-100

KHẮC PHỤC SỰ CỐ HỖ MẠCH VAN BÁN DẪN Ở BIẾN TẦN ĐA MỨC CẦU H NỔI TẦNG KHI CẤP NGUỒN CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG KHÔNG ĐỒNG BỘ

Hà Duy Thái^{1*}, Phạm Thị Kim Huệ¹, Nguyễn Thị Thanh Hòa¹, Nguyễn Duy Hiền¹

¹Khoa Kỹ thuật - Công nghệ, Trường Đại học Hùng Vương, Phú Thọ

Ngày nhận bài: 07/10/2021; Ngày chỉnh sửa: 08/11/2021; Ngày duyệt đăng: 12/11/2021

Tóm tắt

Trong những năm gần đây, bộ nghịch lưu đa mức được coi như một giải pháp hiệu quả cho các ứng dụng công suất lớn và điện áp cao. Bộ nghịch lưu đa mức có thể tạo ra điện áp dạng sin từ các bước điện áp nhỏ hơn từ các nguồn một chiều cách ly hoặc một nguồn một chiều duy nhất. Bộ nghịch lưu đa mức có thể là khâu biến đổi năng lượng điện lý tưởng cho kết nối các nguồn năng lượng tái tạo với lưới điện, bao gồm hầu hết các nguồn phân tán như pin mặt trời, pin nhiên liệu, tua-bin điện sức gió... Đã có khá nhiều nghiên cứu về nghịch lưu đa mức và tập trung vào hai mảng chủ yếu là thiết kế mạch động lực, thiết kế mạch điều khiển. Do vậy, bài báo này viết về hệ điều khiển truyền động động cơ không đồng bộ theo phương pháp tựa từ thông rotor để khắc phục sự cố hở mạch van bán dẫn ở biến tần đa mức cầu H nổi tầng. Các kết quả thử nghiệm trên mô hình mô phỏng đã chứng tỏ khả năng áp dụng thực tế của hệ điều khiển truyền động theo cấu trúc trên.

1. Đặt vấn đề

Biến tần đa mức được sử dụng rất phổ biến trong các ứng dụng điện trung thế, cao thế. Ba cấu trúc đa mức kiểu diode kẹp (DC) [1], tụ kẹp thay đổi (FC) [2], cầu H nổi tầng (CHB-MLI) [3] được sử dụng rộng rãi nhất. CHB-MLI có ưu điểm nhờ tính modul hóa cao, dễ sửa chữa, chất lượng điện áp đầu ra tốt. Tuy nhiên, cấu trúc này còn hạn chế khi các nguồn điện đầu vào cho mỗi cầu H thành phần phải được cách ly.

Với việc tăng số mức, khả năng lỗi một hoặc nhiều van bán dẫn hoàn toàn có thể xảy ra [4] và chiếm 38% nguyên nhân xảy ra lỗi

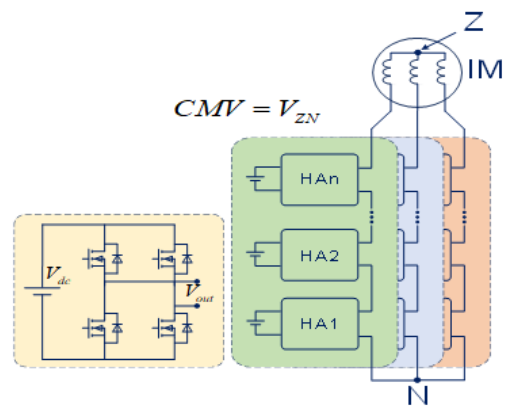
của biến tần đa mức [5]. Thông thường thiết bị bảo vệ sẽ tác động để ngắt biến tần ra khỏi lưới điện nếu bị lỗi, dẫn đến động cơ dừng làm việc. Việc dừng đột ngột động cơ trong thực tế đôi khi có thể gây ra sự cố nghiêm trọng, ví dụ như hiện tượng búa nước trong hệ thống bơm cột áp cao. Mặt khác, nếu tiếp tục làm việc trong điều kiện lỗi có thể dẫn đến điện áp đầu ra mất cân bằng gây nguy hiểm cho động cơ nếu chạy liên tục trong một thời gian dài. Do đó, kỹ thuật xử lý trong điều kiện xảy ra lỗi để duy trì hoạt động chủ động của biến tần để duy trì hoạt động cho hệ truyền động là rất quan trọng.

*Email: duythai42tdh@gmail.com

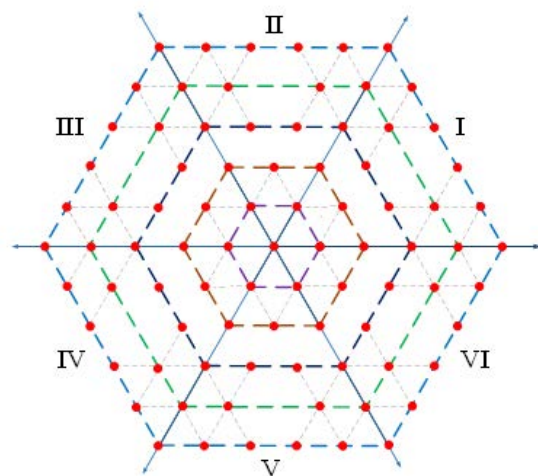
Khi tăng số mức của CHB-MLI, số van bán dẫn cần sử dụng cũng tăng lên, xác suất xảy ra lỗi trên các van cũng lớn hơn. Việc vận hành ổn định trong trường hợp sự cố có ý nghĩa rất quan trọng. Để đạt được điều đó, cần thực hiện 2 việc: (1) chẩn đoán và phát hiện vị trí có lỗi, (2) cấu hình lại biến tần và thay đổi thuật toán điều khiển.

Các lỗi trên van bán dẫn được chia làm 2 nhóm chính: hở mạch và ngắn mạch [6]. Báo cáo sẽ tập trung xác định vị trí xảy ra lỗi hở mạch van bán dẫn. Đã có nhiều phương pháp chẩn đoán lỗi được đưa ra: dựa vào điện áp trung bình đầu ra [7, 8], phân tích THD của dòng điện đầu ra [9], sử dụng mạng neural [10],... Sau khi phát hiện được vị trí gặp lỗi, một hệ thống contactor được sử dụng nhằm loại bỏ cầu H gặp lỗi khỏi hệ thống. Đã có khá nhiều nghiên cứu về việc khắc phục lỗi trong bộ biến tần. Phương pháp “bypass cell” chứa van bán dẫn bị lỗi được đề xuất ở tài liệu [11]. Phương pháp này tương đối đơn giản, dễ thực hiện, tạo ra điện áp cân bằng giữa các pha. Tuy nhiên, các cell không bị lỗi ở các pha tương ứng cũng sẽ bị loại bỏ dẫn đến điện áp đầu ra bị suy giảm. Để khắc phục nhược điểm này, phương pháp dịch điểm trung tính đã được đề xuất ở tài liệu [12, 13]. Với phương pháp này, chỉ cell lỗi bị loại bỏ dẫn đến điện áp ra thường lớn hơn so với phương pháp “bypass cell”. Kỹ thuật điều chế vector không gian cũng được đề xuất ở [14] và mang lại hiệu quả tương đương với phương pháp dịch điểm trung tính. Tuy nhiên, các phương pháp trên đều khá phức tạp, đặc biệt là khi số mức tăng cao. Đồng thời phép lựa chọn phối hợp đóng cắt dẫn đến hệ thống xuất hiện điện áp common - mode lớn, gây ảnh hưởng xấu khi vận hành lâu dài.

Điện áp CMV (Common Mode Voltage) là hiệu điện thế giữa điểm trung tính của tải



Hình 1. CMV của CHB-MLI với phụ tải IM



Hình 2. Không gian vector của CHB-MLI được chia thành các lớp

và bộ biến đổi. CMV có những tác động xấu khi vận hành hệ thống, đặc biệt khi phụ tải là động cơ. CMV là một trong các nguyên nhân chính làm giảm tuổi thọ của các loại động cơ. Đã có các phương án sử dụng bộ lọc tích cực hoặc thụ động [15] làm giảm CMV, nhưng làm tăng kích thước và giá thành của hệ thống. Để giảm CMV, báo cáo sử dụng phương pháp điều chế SVM, dựa trên đặc điểm có nhiều mức trạng thái điện áp khác nhau có thể chọn để điều chế 1 vector, trạng thái thích hợp sẽ được sử dụng để thỏa mãn

CMV nhỏ nhất mà vẫn đảm bảo vẫn hành tốt khi có lỗi. Phụ tải được sử dụng trong báo cáo là động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc (IM).

Do đó, trong nghiên cứu này đề xuất thuật toán SVM cải tiến cho biến tần đa mức đảm bảo đồng thời các mục tiêu: dễ dàng áp dụng được với CHB- MLI với số mức bất kì; giảm giá trị điện áp CMV; duy trì hoạt động chủ động của biến tần khi xảy ra lỗi hở mạch van bán dẫn qua đó duy trì hoạt động của hệ truyền động với mức độ giảm tốc độ, momen ... là nhỏ nhất.

2. Phương pháp nghiên cứu

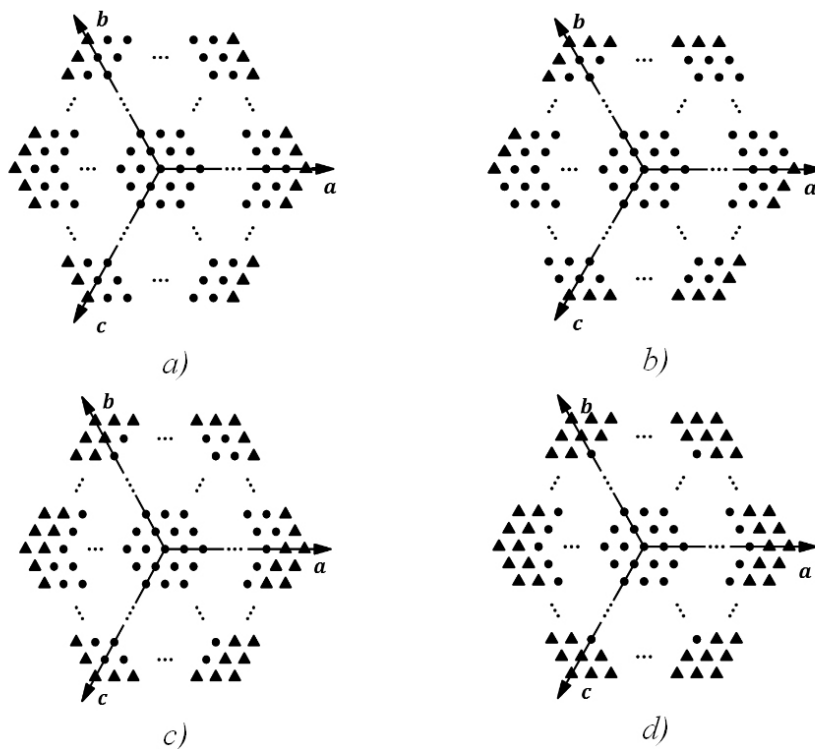
2.1. Phân tích lỗi hở mạch ở van bán dẫn

Hở mạch van trong các lỗi thường gặp nhất trên các bộ biến đổi. Khi bị lỗi hở mạch,

van bán dẫn không thể dẫn dòng điện khi có tín hiệu điều khiển.

Lỗi xảy ra làm các vector chuẩn mất đi một hoặc nhiều trạng thái để điều chế. Tùy theo vị trí cầu H xảy ra lỗi mà ảnh hưởng đến không gian vector của CHB-MLI là khác nhau. Hình 2 mô tả không gian các lớp vector chuẩn trên mặt phẳng. Khi vector chuẩn mất hết các trạng thái để điều chế, lớp vector chứa trở thành lớp vector lỗi.

Hình 3 minh họa một số ví dụ cho ảnh hưởng của lỗi hở mạch van lên không gian vector của CHB-MLI. Có thể thấy khi một cầu H trong pha A bị lỗi sẽ dẫn đến một số vector chuẩn ở sector I, III, IV và VI bị ảnh hưởng, nhưng nó không ảnh hưởng đến các vector khác ở sector II và V. Sự tác động của lỗi ở cầu H trong các pha lên không gian vector được mô tả ở bảng 1.



Hình 3. Ảnh hưởng của lỗi lên vector không gian trong các trường hợp có lỗi: a) pha A có 1 cầu H lỗi, b) pha B có 1 cầu H lỗi, c) pha A có 1, pha B có 1 cầu H lỗi, d) pha A có 1, pha B có 1, pha C có 1 cầu H lỗi.

Bảng 1. Vị trí không gian vector bị ảnh hưởng do lỗi

Sector bị ảnh hưởng	Pha của CHB-MLI có lỗi		
	Pha A	Pha B	Pha C
I	Có	Không	Có
II	Không	Có	Có
III	Có	Có	Không
IV	Có	Không	Có
V	Không	Có	Có
VI	Có	Có	Không

2.2. Phương pháp SVM trường hợp có lỗi kết hợp triệt tiêu điện áp common-mode

Nhằm đảm bảo biến tần tiếp tục làm việc ổn định khi có lỗi, báo cáo đề xuất sử dụng phương pháp SVM được cải tiến từ phương pháp điều chế tổng quát [10] gồm các bước sau:

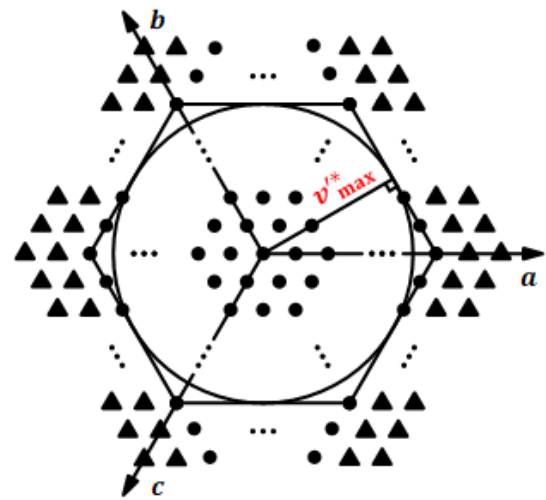
- (1) Tìm vector điện áp đặt mới.
- (2) Xác định vị trí của điện áp đặt.
- (3) Tìm trạng thái của các vector chuẩn.
- (4) Hệ số điều chế và thứ tự chuyển mạch.
- (5) Chuyển thành tín hiệu điều khiển van.

Trong phương pháp SVM cải tiến, các bước thực hiện số (1),(3),(4) có sự thay đổi so với [10]. Báo cáo này sẽ tập trung phân tích những thay đổi trong các bước tiến hành đó.

1. Xác định giá trị điện áp đặt mới.

Như đã chỉ ra, khi cầu H gặp sự cố, trên mặt phẳng vector không gian sẽ xuất hiện các lớp vector bị lỗi. Để tiếp tục vận hành, các lớp vector lỗi phải được loại bỏ. Việc này làm điện áp cực đại mà biến tần có thể tạo ra giảm đi tùy theo số lượng cầu H và vị trí gặp lỗi.

Bước này giúp ta xác định số lớp bị lỗi, giá trị điện áp tối đa mà ta có thể điều chế, từ đó xác định giá trị điện áp đặt mới sao cho phù hợp.



Hình 4. Điện áp lớn nhất có thể đạt được khi biến tần có cầu H bị lỗi

Gọi e_A , e_B , e_C lần lượt là số cầu H gặp sự cố ở các pha A, B, C. Số lớp vector không gian điện áp bị lỗi trên từng sector được mô tả trong (5).

$$\begin{cases} e_I = e_A + e_C \\ e_{II} = e_B + e_C \\ e_{III} = e_A + e_B \\ e_{IV} = e_A + e_C \\ e_V = e_B + e_C \\ e_{VI} = e_A + e_B \end{cases} \quad (5)$$

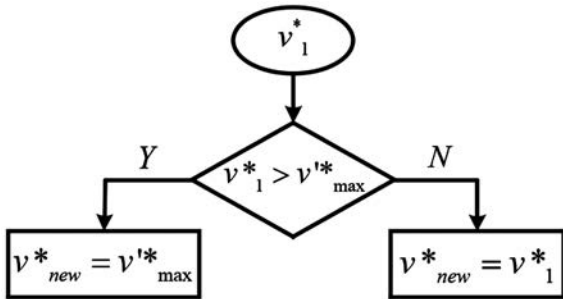
Trong đó: e_i là số lớp vector lỗi ở các sector I...VI. Số lượng lớn nhất lớp vector bị lỗi trong không gian vector được xác định bởi:

$$e_{\max} = \max(e_A + e_B; e_A + e_C; e_B + e_C) \quad (6)$$

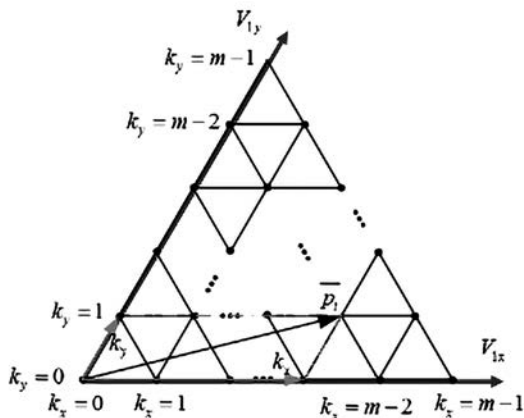
Biên độ điện áp đặt lớn nhất có thể đạt được sẽ tương ứng với bán kính của đường tròn nội tiếp của lục giác lớn nhất không bị ảnh hưởng được minh họa trên hình 4.

$$v_{\max}^* = \frac{1}{\sqrt{3}} V_{dc} (m-1-e_{\max}) \quad (7)$$

m là số mức của biến tần.



Hình 5. Sơ đồ thuật toán xác định giá trị điện áp đặt mới khi có lỗi



Hình 6. Minh họa một vector chuẩn trên sector I

2. Xác định trạng thái của vector chuẩn.

Khi xuất hiện lỗi, contactor của cầu H tương ứng sẽ kích hoạt để loại bỏ cầu H lỗi đó khỏi hệ thống. Như vậy điện áp mà biến tần có thể tạo ra là:

$$\begin{cases} V_{AN} = k_{AN} \cdot V_{dc} \\ V_{BN} = k_{BN} \cdot V_{dc} \\ V_{CN} = k_{CN} \cdot V_{dc} \end{cases} \text{ với } \begin{cases} k_{AN} \in \overline{-n+e_A; n-e_A} \\ k_{BN} \in \overline{-n+e_B; n-e_B} \\ k_{CN} \in \overline{-n+e_C; n-e_C} \end{cases} \quad (8)$$

Với sector 1, xét 1 vector chuẩn có tọa độ minh họa trên hình 6.

Theo [10], mối liên hệ giữa k_y và trạng thái của vector chuẩn p_i như sau:

$$\begin{cases} k_{AN} - k_{BN} = k_x \\ k_{BN} - k_{CN} = k_y \end{cases} \quad (9)$$

Coi k_{AN} là tham số (đặt $k_{AN} = k$), ta có

$$\begin{cases} k_{AN} = k \\ k_{BN} = k - k_x \\ k_{CN} = k - k_x - k_y \end{cases} \quad (10)$$

Với (10), thấy rằng, thực chất việc lựa chọn trạng thái của vector chuẩn được thực hiện bằng việc lựa chọn k . Do đó, nhằm mục đích khắc phục lỗi và triệt tiêu CMV, ta thực hiện phép lựa chọn sau:

Để CHB-MLI có thể làm việc khi có lỗi, thì trạng thái của vector chuẩn phải thỏa mãn (8), hay

$$\begin{cases} -n+e_A \leq k \leq n-e_A \\ -n+e_B \leq k - k_x \leq n-e_B \\ -n+e_C \leq k - k_x - k_y \leq n-e_C \end{cases} \quad (11)$$

Nói cách khác, nếu đặt $k_o = k_x + k_y$ thì

$$\max \begin{Bmatrix} -n+e_A \\ -n+k_x+e_B \\ -n+k_o+e_C \end{Bmatrix} \leq k \leq \min \begin{Bmatrix} n-e_A \\ n+k_x-e_B \\ n+k_o-e_C \end{Bmatrix} \quad (12)$$

Mặt khác: $V_{CMV} = CMV.V_{dc}$, trong đó

$$CMV = \frac{k_{AN} + k_{BN} + k_{CN}}{3} = \frac{3k - 2k_x - k_y}{3} \quad (13)$$

Như vậy, với k_x, k_y đã biết, dễ dàng tìm được giá trị k thỏa mãn (12) đồng thời làm giá trị $|CMV|$ ở (13) nhỏ nhất. Từ đó, trạng thái của vector chuẩn được xác định như (14):

$$\begin{bmatrix} k_{AN} \\ k_{BN} \\ k_{CN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 1 \\ -\frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 \\ -\frac{1}{3} & -\frac{2}{3} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} k_x \\ k_y \\ CMV \end{bmatrix} \quad (14)$$

Việc tìm mối quan hệ ở các sector khác hoàn toàn tương tự.

3. Hệ số điều chế và thứ tự vector chuẩn

Với mục đích giảm thiểu CMV mà mỗi vector chuẩn chỉ sử dụng 1 trạng thái, đó là trạng thái mà CMV có độ lớn nhỏ nhất. Do đó việc sử dụng trật tự điều chế tối ưu như [16] là không thể sử dụng khi phương pháp này phải sử dụng tới 2 trạng thái trên cùng 1 vector chuẩn.

Nghiên cứu đề xuất trật tự điều chế cho tất các sector thể hiện ở hình 7 và bảng 2.

Bảng 2. Thời gian và hệ số điều chế

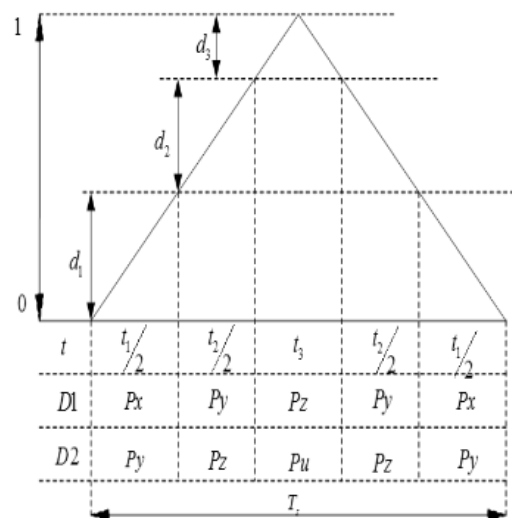
Loại tam giác D_1	p_x	p_y	p_z
$[k_x, k_y]$	$[k_x, k_y]$	$[k_x + 1, k_y]$	$[k_x, k_y + 1]$
d	$d_1 = 1 - m_x - m_y$	$d_2 = m_x$	$d_3 = m_y$
Loại tam giác D_2	p_y	p_z	p_u
$[k_x, k_y]$	$[k_x + 1, k_y]$	$[k_x, k_y + 1]$	$[k_x + 1, k_y + 1]$
d	$d_1 = 1 - m_x$	$d_2 = 1 - m_x$	$d_3 = m_x + k_y - 1$
t	$t_1 = d_1 T_s$	$t_2 = d_2 T_s$	$t_3 = d_3 T_s$

Việc sử dụng trật tự điều chế này dẫn tới: khi chuyển mạch giữa các vector chuẩn với nhau, thì số cầu H thay đổi trạng thái có thể nhiều hơn 1, như vậy tăng thành phần tổn hao chuyển mạch van lên lớn hơn so với [16], tuy nhiên với mục đích CMV điều này không tránh khỏi.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

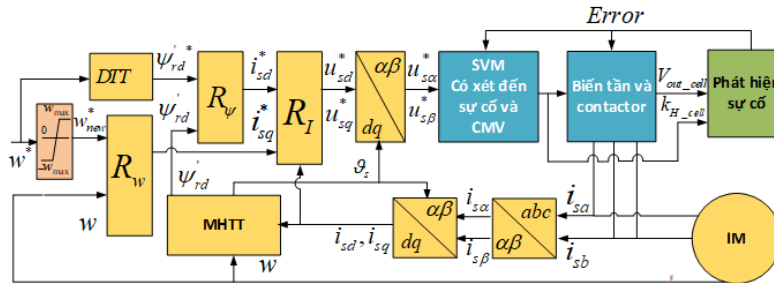
3.1. Thuật toán khắc phục lỗi khi cấp nguồn cho động cơ IM

Phương pháp điều khiển tựa theo từ thông Rotor (FOC) như [17] là một trong những thuật toán được áp dụng để kiểm soát momen và tốc độ của động cơ IM.



Hình 7. Trật tự điều chế trên tất cả các sector

Cấu trúc điều khiển động cơ IM theo cấu trúc FOC khi sử dụng thêm thuật toán phát hiện và khắc phục sự cố biến tần thể hiện ở hình 8.



Hình 8. Cấu trúc điều khiển FOC kết hợp thuật toán phát hiện và khắc phục lỗi

Căn cứ vào điều kiện năng lực quá tải không đổi và bỏ qua điện trở rotor, ta có mối liên hệ sau:

$$\frac{U'_s}{U_s} = \frac{f'_s}{f_s} \cdot \sqrt{\frac{M'}{M}} = \frac{w'}{w} \sqrt{\frac{M'}{M}} \quad (16)$$

Trong đó: U_s , m , w là điện áp, momen và tốc độ cơ khi tần số nguồn cấp là f_s ; U'_s , m' , w' là điện áp, momen và tốc độ động cơ khi tần số nguồn cấp là f'_s .

Tuy nhiên do hạn chế về điện áp tạo ra do sự cố nên tốc độ tối đa mà động cơ có thể đạt được đối với tải quạt gió $M \sim w^2$ ở (17)

$$w_{\max} = w_N \sqrt{\frac{U_{S\max}}{U_{SN}}} \quad (17)$$

Với U_{SN} , w_N là biên độ điện áp trên pha stator và tốc độ động cơ khi làm việc ở chế độ định mức, $U_{S\max}$ là biên độ điện áp trên

pha tối đa mà biến tần có khả năng điều chế tính theo (7).

Bảng 2. Thông số động cơ IM và nguồn DC ở biến tần

Công suất danh định	$P_N = 1119kW$
Điện áp danh định	$U_N = 3300V$
Tốc độ quay	$n_N = 1.470v/ph$
Hệ số công suất	$\cos\phi = 0,87$
Momen quán tính	$J = 1kg/m^2$
Nguồn DC phía biến tần	$V_a = 620V$

3.2. Kết quả mô phỏng

Để chứng minh tính đúng đắn và hiệu quả của phương án đề xuất, mô phỏng trên phần mềm Matlab - Simulink được thực hiện. Cụ thể thuật toán áp dụng cho biến tần 11 mức khi cấp nguồn cho động cơ IM, các thông số thể hiện ở bảng 2.

Bảng 3. Tốc độ đặt và thời gian xảy ra lỗi

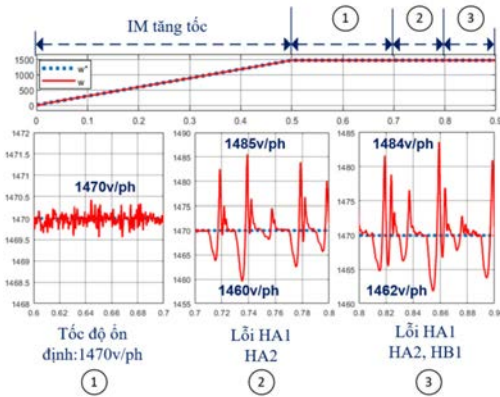
Thời gian	0-0.5s	0.5-0.7s	0.7-0.8s	0.8-0.9s
Tốc độ động cơ	Động cơ tăng tốc đến 1470 v/ph		Tốc độ đặt ở tốc độ định mức 1470 v/ph	
Cầu H lỗi			H_{A1}, H_{A2}	H_{A1}, H_{A2}, H_{B1}

Về mặt tốc độ động cơ, trường hợp sử dụng SVM thông thường miêu tả ở hình 9. Khi không có lỗi (0-0.7s), động cơ hoạt động bình thường, bám giá trị đặt, hoạt động ổn định ở 1470v/ph, thuật toán FOC hoạt động

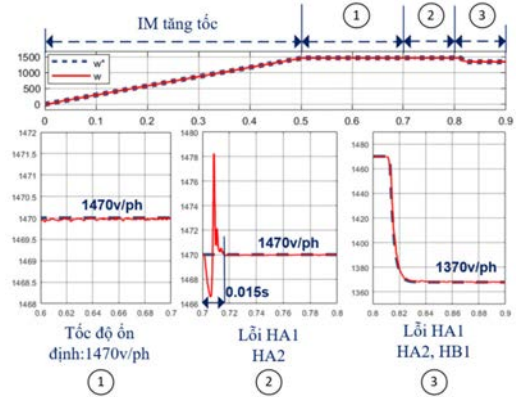
bình thường. Tuy nhiên khi có sự cố, tốc độ có sự dao động mạnh, cụ thể dao động trong khoảng 1460-1485v/ph ở thời gian 0.7-0.8s. Khi có thêm cầu H lỗi, 0.8s - 0.9s, dao động trong khoảng 1462 - 1584v/ph. Tuy nhiên,

với thuật toán khắc phục lỗi mô tả ở hình 10, tốc độ ổn định, bám giá trị đặt ngay cả khi không có lỗi (0-0.7s) và có lỗi (0.7-0.8s). Thời gian tính từ lúc có lỗi đến khi khắc

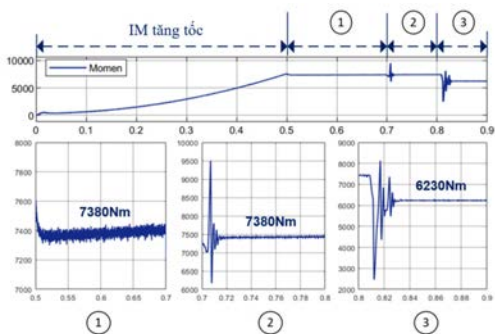
phục được là 0.015s. Nhưng trong khoảng 0.8-0.9s, do hạn chế về điện áp lúc này động cơ bắt buộc phải giảm tốc độ, cụ thể giảm từ 1470v/ph xuống 1370v/ph.



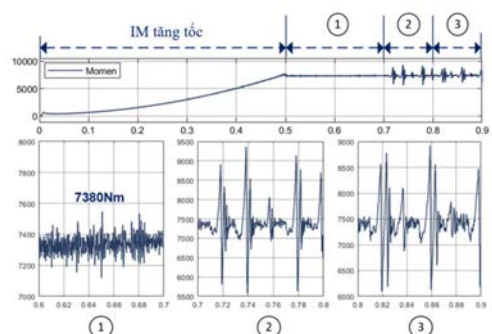
Hình 9. Tốc độ đặt và thực của động cơ IM trong khi sử dụng SVM thông thường



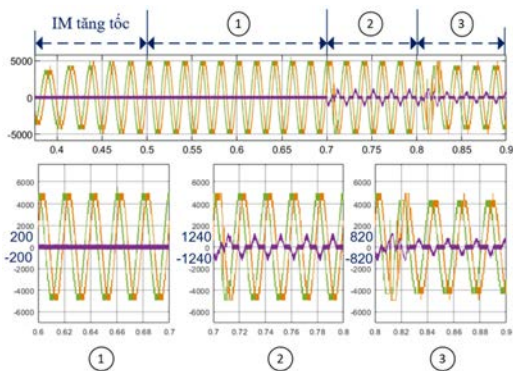
Hình 10. Tốc độ đặt và thực của động cơ IM khi có thuật toán khắc phục lỗi



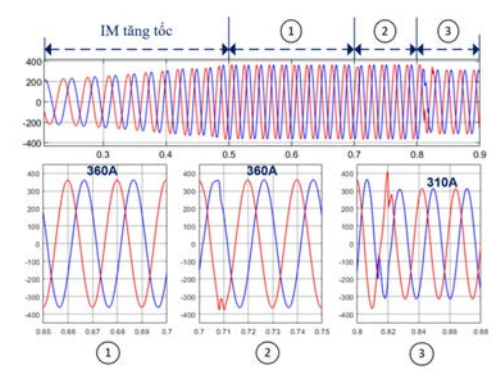
Hình 11. Momen động cơ IM với tải quạt gió khi có thuật toán khắc phục lỗi



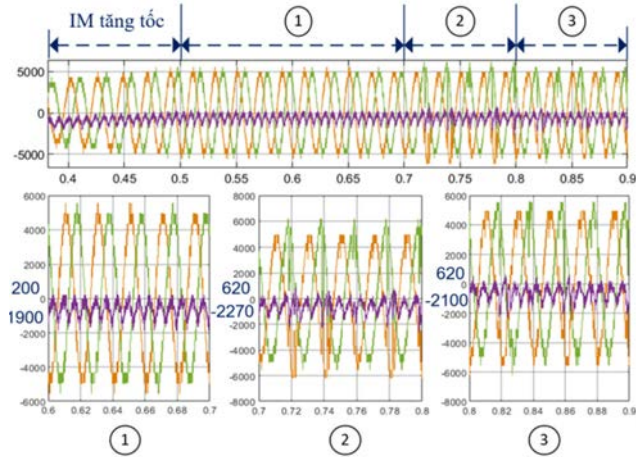
Hình 12. Momen động cơ IM với tải quạt gió khi sử dụng SVM thông thường



Hình 13. Điện áp dây U_{BC} đặt lên động cơ và điện áp CMV khi có thuật toán khắc phục lỗi

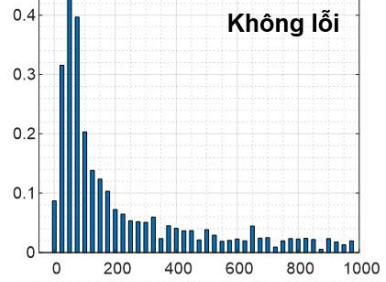


Hình 14. Dòng điện phía stator khi có thuật toán khắc phục lỗi

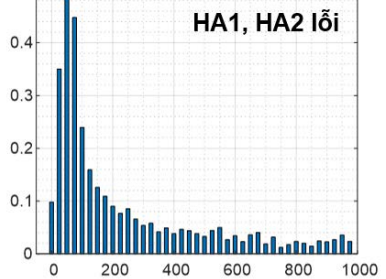


Hình 15. Điện áp dây U_{BC} đặt lên động cơ và điện áp CMV khi sử dụng SVM thông thường

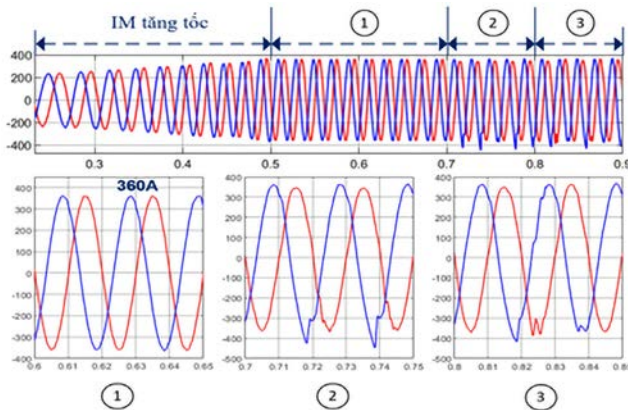
Fundamental (50Hz) = 359.9 , THD= 0.53%



Fundamental (50Hz) = 362.8 , THD= 0.61%

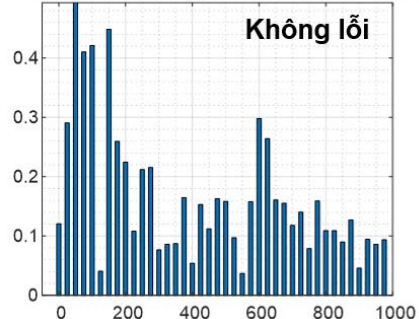


Hình 16. Chất lượng dòng điện khi IM hoạt động với tốc độ định mức trong các trường hợp khi có thuật toán khắc phục lỗi

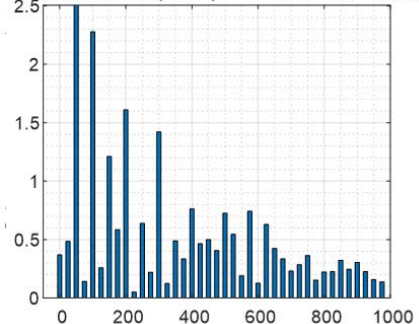


Hình 17. Dòng điện phía stator khi sử dụng SVM thông thường

Fundamental (50Hz) = 359.2 , THD= 1.1%



Fundamental (50Hz) = 356.4 , THD= 4.08%



Hình 18. Chất lượng dòng điện khi IM hoạt động với tốc độ định mức trong các trường hợp khi sử dụng SVM thông thường

Momen động cơ tạo ra ở 2 phương án thể hiện ở hình 11, hình 12. Cũng giống như tốc độ, khi không có lỗi, cả hai phương án đều có momen tạo ra ổn định ở 7380Nm. Tuy nhiên khi có lỗi, momen với SVM thông thường cho thấy sự mất ổn định, vấn đề này được khắc phục với phương án mà nghiên cứu đề xuất.

Hình 13, hình 14 cho thấy thuật toán báo cáo đề xuất đã khắc phục được tình trạng mất cân bằng điện áp và dòng điện khi có lỗi ở phương pháp SVM thông thường hình 15 và hình 16. CMV cũng được giảm đáng kể, cho thấy ở hình 13 và hình 15. Cụ thể, CMV khi không có sự cố trong phương án đề xuất chỉ dao động từ (-200V, 200V) trong khi phương pháp SVM thông thường là (-1900V, 200V). Điều này cũng đúng khi có lỗi, so sánh kết quả phương pháp đề xuất và phương pháp thông thường trong 2 trường hợp lỗi: (-1240V,1240V) so với (-2270V,620V) và (-820V,820V) so với (-2100V,620V).

Hình 16 và hình 18 cho thấy chất lượng dòng điện được cải thiện, cụ thể khi động cơ làm việc ở tốc độ định mức trong trường hợp không có lỗi, chỉ số THD mà trong phương án đề xuất 0.53% còn với SVM thông thường là 1.1%. Trường hợp lỗi HA1 và HA2, phương án đề xuất cho chỉ số THD là 0.61% trong khi phương án còn lại là 4.08%.

4. Kết luận

Bài báo đã đề xuất phương pháp khắc phục lỗi của hệ truyền động FOC-IM cấp nguồn bởi CHB-MLI trong điều kiện lỗi.

Phương pháp đề xuất đã thu được kết quả như sau: Thứ nhất, loại bỏ cầu H lỗi để hệ thống tiếp tục làm việc. Thứ hai, đảm bảo biến tần tạo ra điện áp lớn nhất có thể khi sự cố. Thứ ba, đảm bảo về mức độ cân bằng của điện áp, dòng điện. Thứ tư, giảm điện áp CMV. Thứ năm, duy trì hoạt động chủ động của biến tần khi xảy ra lỗi hở mạch van bán dẫn qua đó duy trì hoạt động của hệ truyền động với mức độ giảm tốc độ, momen... là nhỏ nhất. Các kết quả nghiên cứu thu được sẽ góp phần nâng cao độ tin cậy cho hệ truyền động động cơ không đồng bộ, từ đó nâng cao khả năng ứng dụng của biến tần đa mức trong thực tế.

Tài liệu tham khảo

- [1] Kharade Jyoti & Savagave Niteen (2017). A review of HVDC converter topologies. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, 6, 1822-1830.
- [2] Dargahi V., Khoshkbar Sadigh A., Abarzadeh M., Pahlavani A. R. M. & Shoulaie A (2012). Flying capacitors reduction in an improved double flying capacitor multicell converter controlled by a modified modulation method. IEEE Transactions on Power Electronics, 27(9), 3875-3887.
- [3] Lai S. J. & Peng Z. F (1996). Multilevel converters - A new breed of power converters. IEEE Transactions on Industry Applications, 32(3), 509-517.
- [4] Hemanth Kumar B., Lokhande M. M., Karasani R. R. & Borghate V. B. (2018). Fault tolerant operation of CHB multilevel inverters based on the SVM technique using an auxiliary unit. Journal of Power Electronics, 18 (1), 56-69.

- [5] Lu B. & Sharma S. K. (2009). A literature review of IGBT fault diagnostic and protection methods for power inverters. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 45(5), 56-69.
- [6] Mehta P., Kumar M. & Sahoo S. (2018). Fault Diagnosis in Five-level CHB Inverter using Normalization Factor and THD Analysis. *India International Conference on Power Electronics, IICPE*, vol. 2018-Dec. 2018.
- [7] Nithin Raj, Jagadanand G. & Saly George (2018). Fault detection and diagnosis in asymmetric multilevel inverter using artificial neural network. *International Journal of Electronics*, 105:4, 559-571.
- [8] Truong H., Mai C., Nguyen C. & Vu P. (2021). Modified space vector modulation for cascaded H-bridge multilevel inverter with open-circuit power cells. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2021, 1-14.
- [9] Mehta P., Kumar M. & Sahoo S. (2018). Fault diagnosis in five-level CHB inverter using normalization factor and THD analysis. 2018 8th IEEE India International Conference on Power Electronics (IICPE), JAIPUR, India, pp 1-5.
- [10] Raj, Nithin, Gangadharan, Jagadanand & George (2017). Fault detection and diagnosis in asymmetric multilevel inverter using artificial neural network. *International Journal of Electronics*, 105(4), 559-571.
- [11] Correa P. & Rodriguez J. (2007). Control strategy reconfiguration for a multilevel inverter operating with bypassed cells. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. pp. 3162-3167.
- [12] Rodriguez J. (2005). Operation of a Medium-Voltage Drive Under Faulty Conditions. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 52(4), 1080-1085.
- [13] Aleenejad M., Mahmoudi H. & Ahmadi R. (2016). Unbalanced Space Vector Modulation with Fundamental Phase Shift Compensation for Faulty Multilevel Converters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31(10), 7224-7233.
- [14] Wei S., Wu B., Li F. & Sun X. (2003). Control method for cascaded H-bridge multilevel inverter with faulty power cells. *Conference Proceedings - IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition - APEC*, vol. 1. pp. 261-267.
- [15] Shirakawa K., Taki H., Obayashi K., Fujitsuna M. & Shimizu T. (2010). Z-matched active common-mode canceller for the suppression of common-mode current in an inverter system. *The 2010 International Power Electronics Conference - ECCE ASIA*.
- [16] Van M. C., Xuan N. T., Hoang V. P., Trong T. M., Cong P. S., & Van N. L. (2019). Generalized space vector modulation for cascaded h-bridge multi-level inverter. *Proceedings of 2019 International Conference on System Science and Engineering*.
- [17] Li W., Xu Z. & Zhang Y. (2019). Induction motor control system based on FOC algorithm. 2019 IEEE 8th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC). doi:10.1109/itaic.2019.8785597.

TROUBLESHOOTING OF THE SUPERIOR VALVE OPEN CIRCUIT IN FLOOR CONNECTED H-BRIDGE MULTI-LEVEL INVERTER FOR INDUCTION MOTOR DRIVE APPLICATIONS

Ha Duy Thai¹, Pham Thi Kim Hue¹, Nguyen Thi Thanh Hoa¹, Nguyen Duy Hien¹

¹*Faculty of Engineering and Technology, Hung Vuong University, Phu Tho*

Abstract

In recent years, multi-level inverters are considered as an effective solution for high power and high voltage applications. Multi-level inverters can generate sinusoidal voltages from smaller voltage steps from isolated d.c. sources or a single d.c. source. The multi-level inverter can be the ideal electrical energy converter for connecting renewable energy sources to the grid, including most distributed sources such as solar cells, fuel cells, and electric turbines. wind power... There have been quite a few studies on multi-level inverters and focused on two main areas: dynamic circuit design, control circuit design. Therefore, this paper is about asynchronous motor drive control system based on rotor flux-based method to overcome the problem of semiconductor valve open circuit in cascade H-bridge multilevel inverter. The test results on the simulation model have proved the practical applicability of the drive control system according to the above structure.

Keywords: *Multi-level inverter; advanced control of IM motor; multi-level inverter.*