BỘ ĐIỀU KHIỂN BĂNG TRỄ (HCC) DỰA TRÊN LÝ THUYẾT CÔNG SUẤT TỨC THỜI P-Q CHO BỘ LỌC CÔNG SUẤT TÍCH CỰC BA PHA KIỂU SONG SONG

HYSTERESIS CURRENT CONTROL (HCC) BASED ON THE INSTANTANEOUS POWER THEORY (P-Q THEORY) FOR THE THREE-PHASE SHUNT ACTIVE POWER FILTER

Nguyễn Hải Bình[1,*], Vũ Duy Hưng[1], Hoàng Thị Thu Giang[2]

TÓM TẮT

Các phụ tải điện ngày nay thường sử dụng bộ biến đổi điện tử công suất có các tiristo, IGBT chuyển mạch, làm thay đổi dạng sóng dòng điện, điện áp. Đó gọi là các phụ tải phi tuyến, nó phát sinh sóng hài trên lưới điện. Sóng hài gây ra tổn hao không mong muốn, hiện tượng rung của các thiết bị điện, gây sai số cho các thiết bị đo và làm nhiễu các thiết bị điện tử trong hệ thống điện, làm giảm chất lượng điện năng của nguồn điện. Để giảm ảnh hưởng của sóng hài cần sử dụng bộ lọc tích cực mắc phía trước một nhóm phụ tải có nhiệm vụ bù các sóng hài bậc cao và bù công suất phản kháng thông qua một biến tần nguồn áp để điều chỉnh dòng cấp bù lên lưới. Tiếp theo các nghiên cứu về thiết kế điều khiển cho bộ lọc tích cực, trong bài báo này, nhóm tác giả tiếp tục trình bày một nghiên cứu về thiết kế bộ điều khiển băng trễ (HCC) cho bộ lọc công suất tích cực ba pha kiểu song song.

Từ khóa: *Bộ lọc công suất tích cực (APF), bộ điều khiển băng trễ (HCC).*

ABSTRACT

Eletrical loads nowadays are normally integrated with a static converter that has thyristor or commuting Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) which can change the current and potential's waveforms. That is called non-linears loads and it generates harmonics on the circuit. Harmonics can cause unexpected loss, cause the vibration of electrical equipment and cause errors for the measurements. They can also jam the electronic equipment in the power system and reduce the quality of the electric power. In order to reduce the harmonic's influence, an active power filter needs to be slung in front of a group of loads which are used to reduce the high order harmonics and compensate the reactive power through a voltage source inverter that can reduce or compensate the current of the circuit. Further to the study of the control design for active filter, in this paper, the authors continue to present a study on the design of Hysteresis Current Control (HCC) for the three-phase shunt active power filter.

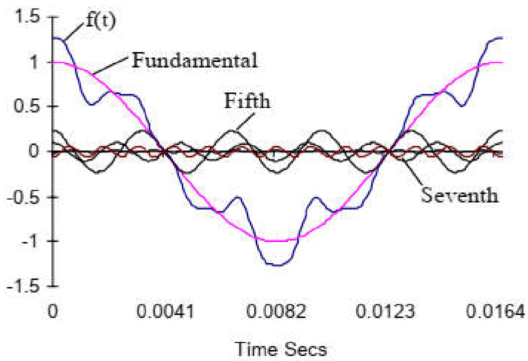
Keywords: *Active power filter (APF), hysteresis current controller (HCC).*

[1]Khoa Điện, Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp
[2]Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
[*]Email: nhbinh@uneti.edu.vn
Ngày nhận bài: 20/12/2021
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 18/02/2022
Ngày chấp nhận đăng: 25/02/2022

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Sóng hài là gì

Sóng hài là sóng điều hòa bậc cao có tần số là bội số của tần số sóng cơ bản. Trong lưới điện sóng cơ bản của nguồn cấp là sóng sin tần số 50Hz, các sóng có tần số 150Hz, 250Hz lần lượt là các sóng hài bậc 3, bậc 5, bậc 7... (minh họa trên hình 1). Sóng hài gây nhiễu, ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng lưới điện và cần được chú ý tới khi tổng các dòng điện hài cao hơn mức độ giới hạn cho phép.



Hình 1. Sóng cơ bản và các sóng hài

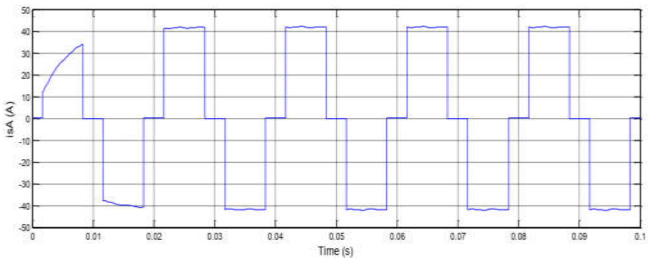
Các thiết bị điện trên lưới điện không hoạt động được với các sóng hài. Vì vậy, sóng hài sẽ bị chuyển hóa sang dạng nhiệt năng và gây tổn hao.

Một tham số quan trọng để đánh giá tác động của sóng hài là hệ số méo dạng (Total Harmonic Distortion: THD): Trên thế giới đưa ra một số tiêu chuẩn như IEEE 519-2014, IEC 1000-4-3 về giới hạn thành phần sóng điều hòa bậc cao trên lưới, đối với mỗi loại tải qui định THD < 5%, riêng đối với tải kỹ thuật số THD < 3%.

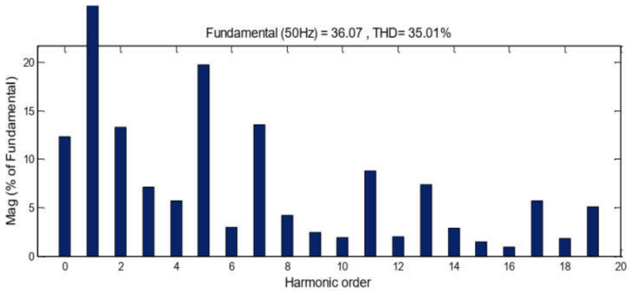
1.2. Nguyên nhân phát sinh sóng hài

Nguyên nhân phát sinh sóng hài do các tải phi tuyến công nghiệp như: Các thiết bị điện tử công suất, lò hồ quang, máy hàn, bộ khởi động điện tử, đóng mạch máy biến áp công suất lớn,… Các tải dân dụng: Đèn phóng điện chất khí, tivi, máy photocopy, máy tính, lò vi sóng,….

 P-ISSN 1859-3585 | E-ISSN 2615-9619

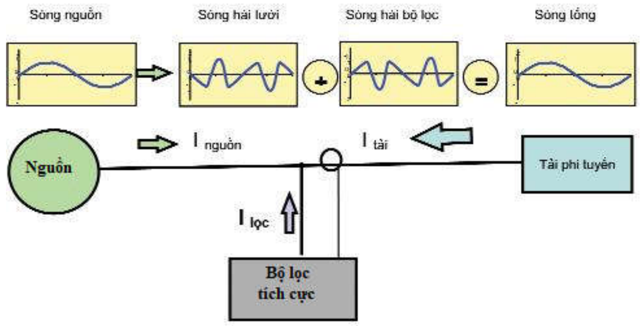


Hình 2. Dòng điện lưới gây bởi chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển



Hình 3. Phổ của dòng điện chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển

Hình 2 và 3 minh họa dạng và phổ của dòng điện lưới gây bởi chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển. Bộ lọc tích cực nhằm giảm sóng hài dòng điện và bù công suất phản kháng.



Hình 4. Nguyên lý hoạt động của bộ lọc tích cực

Bộ lọc công suất tích cực sử dụng các phần tử điện tử công suất để lọc các sóng hài bậc cao trên hệ thống điện bằng cách tạo nên các sóng hài bằng và ngược pha với sóng hài phát sinh trong mạch. Trên hình 4 ta thấy tổng của sóng hài do nguồn $I_{nguồn}$ và sóng hài do bộ lọc tích cực phát ra $I_{lọc}$ bằng không. Tuy nhiên, các sóng này luôn thay đổi, do đó bộ lọc tích cực cần được điều khiển theo tín hiệu dạng sóng nguồn và dạng sóng tải và được phản ảnh qua phản hồi dòng điện. Nhờ bộ lọc tích cực, chất lượng điện áp cũng được nâng lên và tổn hao công suất trong lưới sẽ giảm đi.

1.3. Cấu trúc của bộ lọc công suất tích cực

Hiện tại, có ba cấu trúc cơ bản của bộ lọc công suất tích cực [1]: Bộ lọc song song (Shunt APF), Bộ lọc nối tiếp (Series APF), bộ lọc kết hợp (Hybrid APF). Sau khi đánh giá so sánh, định hướng, bài báo này sẽ sử dụng cấu trúc bộ lọc song song (Shunt APF).

SAPF (Shunt Active Power Filter) là một bộ nghịch lưu nguồn áp ba pha được sử dụng để ổn định hiệu suất của hệ thống công suất bằng việc tạo ra các dòng điện tham chiếu cho mạch cầu IGBT nhằm làm giảm hoặc triệt tiêu các sóng hài bậc cao và bù công suất phản kháng, minh họa như hình 5.

Trong đó: - i_S là dòng điện của nguồn phát

- i_C là dòng điện của bộ lọc tích cực

- i_L là dòng điện tải.

Ta có: $$i_S = i_C + i_L \quad (1)$$

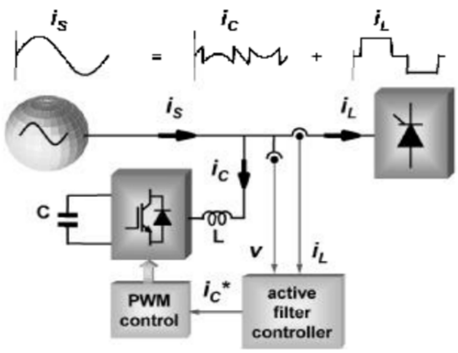
Bộ lọc công suất tích cực kiểu song song (SAPF) như hình 5, có thể làm giảm tổn hao lưới điện bằng việc nâng cao hệ số công suất và triệt tiêu các thành phần sóng hài bậc cao, bên cạnh đó SAPF cũng làm giảm sụt áp trên đường dây truyền tải mà không cần sử dụng các máy biến áp tăng áp. SAPF sẽ làm tăng khả năng truyền tải công suất định mức (công suất tác dụng) của các trạm biến thế, do vậy SAPF có thể giảm thời gian hoạt động trong trường hợp quá tải [2].

Việc xác định vị trí đặt bộ lọc cần phải được tính toán theo một số nguyên tắc như:

- Giảm thiểu tối đa thời gian truyền, khoảng cách lan truyền của sóng điều hòa trên đường dây. Điều này được thực hiện bằng việc đặt thiết bị lọc gần nguồn sinh sóng điều hòa.

- Đặt thiết bị lọc giữa nguồn với các thiết bị nhạy cảm với sóng điều hòa để hạn chế ảnh hưởng của sóng điều hòa tới thiết bị.

- Để thực hiện chức năng này bộ lọc APF hoạt động như một bộ nguồn ba pha tạo ra dòng điện thích hợp bơm lên đường dây. Dòng điện này sẽ triệt tiêu các sóng điều hòa bậc cao sinh ra bởi tải phi tuyến là thành phần ngược pha với tổng sóng điều hòa dòng điện bậc cao.



Hình 5. Cấu trúc cơ bản của bộ lọc công suất tích cực kiểu song song

Theo hình 5 ta có thể phân tích thành phần dòng điện tải i_L thành tổng của dòng cơ bản và dòng song điều hòa bậc cao:

$$i_S = i_C + i_L = i_C + i_F + i_H \quad (2)$$

Trong đó: - i_F là dòng điện tần số cơ bản

- i_H là tổng các dòng song điều hòa bậc cao

Do vậy để dòng điện nguồn sin: $i_S = i_F$

thì: $$i_C + i_H = 0 \Leftrightarrow i_C = -i_H \quad (3)$$

Như vậy, hoạt động của bộ lọc công suất tích cực đảm bảo phát được dòng điện i_C có vector dòng cùng độ lớn vector dòng tổng song hài nhưng ngược pha. Để thực hiện được chức năng này, bộ lọc công suất tích cực cần đảm bảo thực hiện hai vấn đề sau:

- Trên cơ sở tín hiệu dòng (i_L), điện áp (V) đo được từ tải trên hệ thống để tính toán dòng bù tổng song hài ($i^*_C = i_H$);

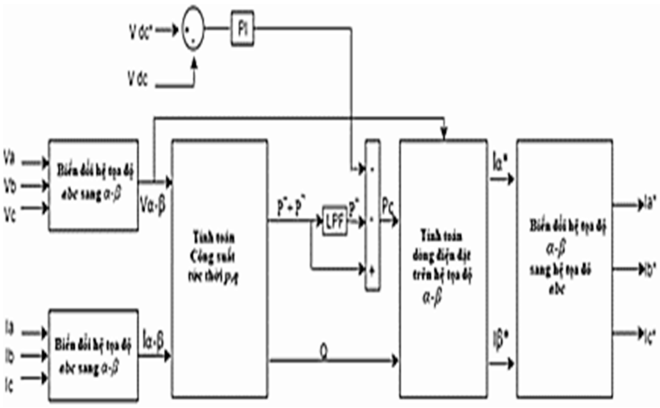
- Bộ điều khiển dòng thực hiện điều khiển vòng kín có phản hồi để thực hiện điều khiển đóng/cắt IGBT phát ra dòng i_C đưa lên lưới sao cho ($i^*_C = i_H$),...

2. TÌM DÒNG ĐIỆN ĐẶT CHO BỘ ĐIỀU KHIỂN DỰA THEO LÝ THUYẾT CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG TỨC THỜI (p-q)

2.1. Khái niệm

Trên cơ sở lý thuyết p-q, dòng điện đặt được tính theo dòng điện và điện áp đo, rồi chuyển đổi sang hệ quy chiếu (α,β) sử dụng phương pháp chuyển đổi Clarke [3], từ đó dòng chuyển đổi được sử dụng để tạo ra các xung kích IGBT sau quá trình ước tính dòng ba pha tham chiếu sử dụng biến đổi ngược Clarke, chi tiết của phương pháp này được thảo luận trong tài liệu [4, 5].

Hình 6 thể hiện sơ đồ khối của khâu tính dòng điện tham chiếu dựa theo lý thuyết p-q. Hình 6 chỉ ra ma trận chuyển đổi chi tiết của khâu tính dòng điện tham chiếu, việc tính dòng điện đặt cho bộ điều khiển chi tiết bằng các phương trình toán học và các phép biến đổi như trong tài liệu [6].



Hình 6. Sơ đồ cấu trúc của khâu dòng điện tham chiếu dựa trên lý thuyết p-q

2.2. Ứng dụng công suất tức thời trong tính toán dòng bù song hài

Lý thuyết công suất tức thời [7] được ứng dụng vào quá trình tính toán và thiết kế bộ lọc công suất tích cực một cách hiệu quả trên cơ sở những ưu điểm sau:

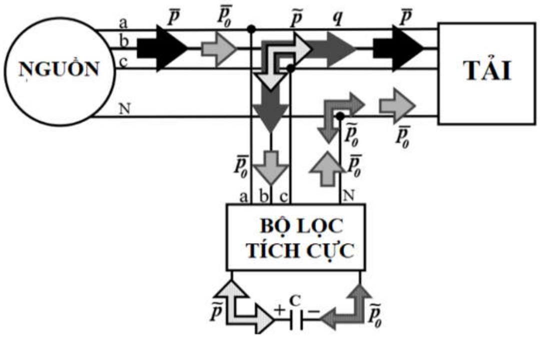
- Lý thuyết công suất tức thời áp dụng cho hệ 3 pha;

- Lý thuyết cho phép áp dụng với hệ thống 3 pha cân bằng và 3 pha không cân bằng, hệ thống có hoặc không có sóng hài ở cả điện áp và dòng điện;

- Tính toán tức thời nên cho phép tốc độ đáp ứng nhanh với hệ thống;

- Tính toán đơn giản trên cơ sở các phép chuyển đổi hệ trục tọa độ.

Như các biểu thức phân tích trên và biểu diễn trên hình 7 thì $\bar{p}$ là thành phần duy nhất tải cần nhận, còn các thành phần khác sẽ được trao đổi thông qua bộ lọc SAPF. $\bar{p}_0$ là thành phần được cung cấp từ nguồn đến tải, nó sẽ trao đổi với bộ SAPF để truyền đến tải mà không phụ thuộc vào hoạt động của bộ SAPF.



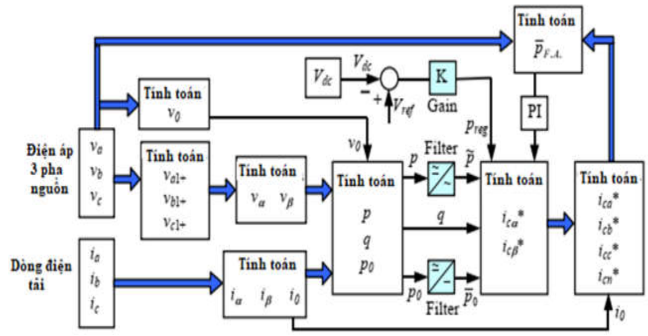
Hình 7. Các thành phần bù công suất $\tilde{p}$, q, $\tilde{p}_0$ và $\bar{p}_0$ theo tọa độ a-b-c

Phân tích trên cho thấy bộ SAPF chỉ cần bù các thành phần $\tilde{p}$ và $\tilde{p}_0$ và các thành phần này được trao đổi tức thời giữa bộ SAPF và tải. Thành phần công suất phản kháng được bù thông qua bộ SAPF mà không phụ thuộc vào dung lượng tụ C. Như vậy công suất bộ lọc tích cực cần bù:

$$\begin{bmatrix} p_{AF} \\ q_{AF} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\tilde{p} \\ -q \end{bmatrix} \tag{4}$$

Và dòng cần bù:

$$\begin{bmatrix} i^*_{c\alpha} \\ i^*_{c\beta} \end{bmatrix} = \frac{1}{v_\alpha^2 + v_\beta^2} \begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ v_\beta & -v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\tilde{p} \\ -q \end{bmatrix} \tag{5}$$



Hình 8. Tổng hợp về ma trận chuyển đổi cho quá trình tìm dòng điện tham chiếu theo lý thuyết p-q sử dụng biến đổi Clarke.

Tuy nhiên do điện áp trên tụ là không ổn định, do đó để đảm bảo điện áp trên tụ không đổi thì nguồn cần cung cấp một công suất P_{lose} để duy trì điện áp trên tụ không đổi. Bởi vậy, công thức tính dòng bù cần thiết trong hệ αβ khi kết hợp cả chức năng lọc sóng điều hòa và bù công suất phản kháng:

$$\begin{bmatrix} i^*_{c\alpha} \\ i^*_{c\beta} \end{bmatrix} = \frac{1}{v_\alpha^2 + v_\beta^2} \begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ v_\beta & -v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\tilde{p} + p_{lose} \\ -q \end{bmatrix} \tag{6}$$

Từ công thức này, ta tính được dòng bù trong hệ tọa độ abc.

P-ISSN 1859-3585 | E-ISSN 2615-9619

$$\begin{bmatrix} i^*_{ca}\\ i^*_{cb}\\ i^*_{cc}\end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}}\begin{bmatrix}1 & 0\\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2}\\ -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2}\end{bmatrix}\begin{bmatrix} i^*_{c\alpha}\\ i^*_{c\beta}\end{bmatrix} \quad (7)$$

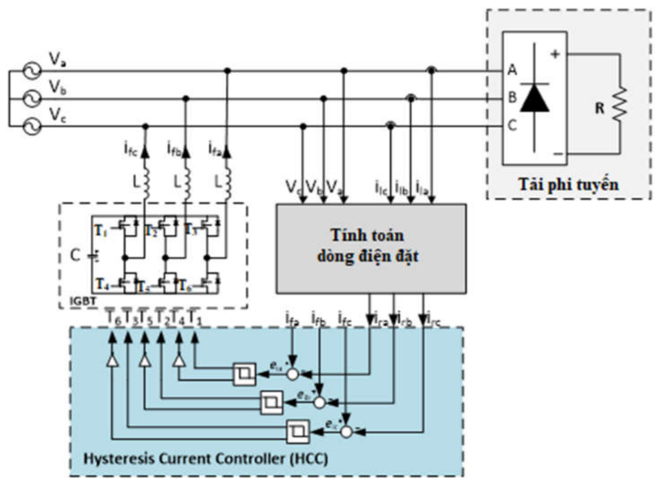
Phép biến đổi ngược này nhằm tìm ra dòng ba pha đặt cho bộ nghịch lưu IGBTs, từ đó có thể sử dụng bộ điều khiển PI kết hợp bộ phát xung PWM để kích mở các cặp van IGBTs nhằm điều chỉnh dòng điện bù do bộ nghịch lưu có thể tạo ra.

Trong các biểu thức (5), (6), (7): Dấu hoa thị "*" là giá trị đặt hay giá trị tham chiếu, được tính từ công suất tức thời p-q cho các pha

3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN BĂNG TRỄ (HCC) DỰA TRÊN LÝ THUYẾT CÔNG SUẤT TỨC THỜI P-Q CHO BỘ LỌC CÔNG SUẤT TÍCH CỰC BA PHA KIỂU SONG SONG

3.1. Cấu trúc tổng quát

Cấu trúc của bộ lọc công suất tích cực sử dụng bộ điều khiển băng trễ (HCC) như hình 9. HCC [8] là phương pháp đơn giản và được sử dụng phổ biến nhất với độ ổn định cao, đáp ứng nhanh và thích ứng với điều kiện tải thay đổi, tuy nhiên nhược điểm lớn nhất của phương pháp này là tần số đóng cắt của IGBTs phụ thuộc vào tính chất của tải. Tần số đóng cắt IGBTs được xác định bởi sai lệch giữa dòng điện tham chiếu và dòng điện thực với các ngưỡng cho phép (HB+) và (HB-). Do vậy dòng điện thực sẽ được hiệu chỉnh sao cho bám dòng tham chiếu trong một dải trễ cho trước HB (hysteresis band). Hàm sai lệch được tính theo phương trình (8).



Hình 9. Cấu trúc bộ lọc tích cực sử dụng bộ điều khiển băng trễ (HCC)

Giả thiết dòng điện qua tải phi tuyến bị méo do sóng hài i_L, bộ lọc công suất tích cực sẽ đo dòng i_L

$$e_i = i_{r,i} - i_{f,i} \quad (8)$$

Trong đó:

e_i: Sai lệch dòng của pha i;

r: Ký hiệu cho dòng đặt;

f: Ký hiệu cho dòng đầu ra của bộ lọc công suất tích cực;

i: Ký hiệu cho A, B, C nghĩa là pha A, B, C.

Với đầu vào là sai lệch dòng giữa dòng đặt và dòng đầu ra của bộ lọc thì cấu trúc của bộ điều khiển băng trễ (HCC) kết hợp với bộ tạo xung kích mở IGBTs được đưa ra ở hình 10.

Nguyên lý hoạt động đóng cắt được thiết lập bởi luật dưới đây:

- Nếu sai số dòng điện thấp hơn cận dưới (HB-) thì trạng thái chuyển mạch sẽ ở mức cao (SS_{on}).

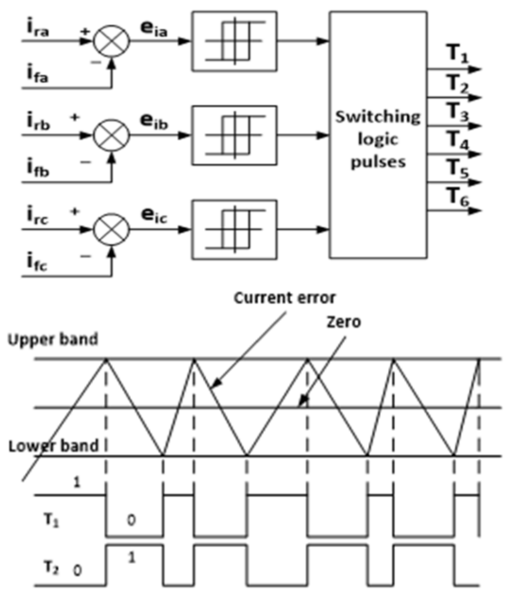
$$e_i < HB^- \Rightarrow SS_{on} = 1 \quad (9)$$

- Nếu sai số dòng điện lớn hơn cận trên (HB+) thì trạng thái chuyển mạch sẽ ở mức thấp (SS_{off}).

$$e_i > HB^+ \Rightarrow SS_{off} = 0 \quad (10)$$

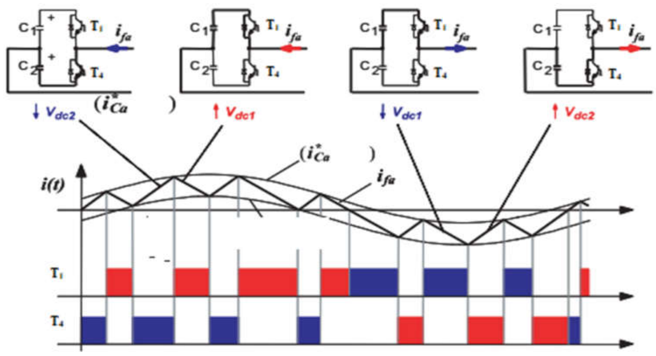
- Nếu sai lệch dòng điện nằm trong dải từ cận dưới (HB-) đến cận trên (HB+), thì trạng thái chuyển mạch sẽ giữ nguyên như trạng thái trước đó (SS_{remain}).

$$HB^- \le e_i \le HB^+ \Rightarrow SS_{remain} = SS_{pre-state} \quad (11)$$



Hình 10. Cấu trúc và nguyên lý bộ điều khiển băng trễ (HCC)

Hoạt động của bộ điều khiển băng trễ mô tả quá trình trao đổi năng lượng giữa bộ lọc tích cực và tải hệ thống như hình 11.



Hình 11. Bộ điều khiển băng trễ (HCC) PWM dòng điện

Minh họa trạng thái đóng mở của Transistor có cực điều khiển cách ly (IGBT: Insulated-gate bipolar transistor) thông qua quá trình phóng nạp tụ C như bảng 1.

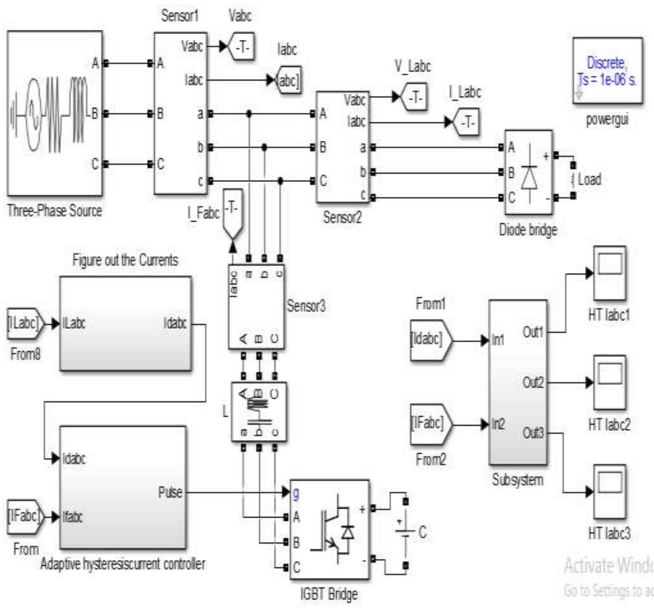
Bảng 1. Quá trình phóng nạp tụ C

$i_{fk} > 0$ và $\frac{di_{fk}}{dt} < 0$	$T_1 = Off$ và $T_4 = On$ $D_1 = On$ và $D_4 = Off$ Nạp tụ C_1
$i_{fk} < 0$ và $\frac{di_{fk}}{dt} < 0$	$T_1 = On$ và $T_4 = Off$ $D_1 = Off$ và $D_4 = Off$ Phóng tụ C_1
$i_{fk} < 0$ và $\frac{di_{fk}}{dt} > 0$	$T_1 = Off$ và $T_4 = Off$ $D_1 = Off$ và $D_4 = On$ Nạp tụ C_2
$i_{fk} > 0$ và $\frac{di_{fk}}{dt} > 0$	$T_1 = Off$ và $T_4 = On$ $D_1 = Off$ và $D_4 = Off$ Phóng tụ C_2

Độ rộng của băng trên và băng dưới trong bộ điều khiển băng trễ ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng của bộ điều khiển. Trên cơ sở lý thuyết thì độ rộng băng này càng nhỏ thì sai số giữa giá trị đặt và giá trị điều khiển càng nhỏ. Tuy nhiên trên thực tế độ rộng băng trễ này không thể bằng 0 mà phụ thuộc vào tần số đóng cắt của bộ nghịch lưu IGBT. Mỗi bộ IGBT có tần số đóng cắt cực đại theo nhà sản xuất, tần số đóng cắt càng lớn thì tổn hao công suất càng cao và tuổi thọ thiết bị giảm.

3.2. Kết quả mô phỏng

Để đánh giá chất lượng hệ thống điện khi sử dụng bộ lọc tích cực với bộ điều khiển HCC, ta có thể thực hiện thông qua mô hình mô phỏng như hình 12. Đây là mô hình của bộ lọc tích cực ba pha mắc song song, việc tính dòng điện cần bù dựa theo lý thuyết công suất tức thời p-q thực hiện trên phần mềm Matlab/Simulink.



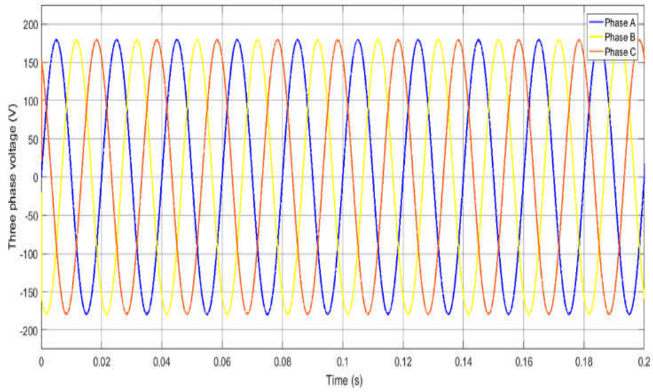
Hình 12. Mô hình của bộ lọc tích cực ba pha mắc song song dựa theo lý thuyết công suất tức thời p-q thực hiện trên phần mềm Matlab/Simulink

Số liệu đầu vào của hệ thống cho như trên bảng 2.

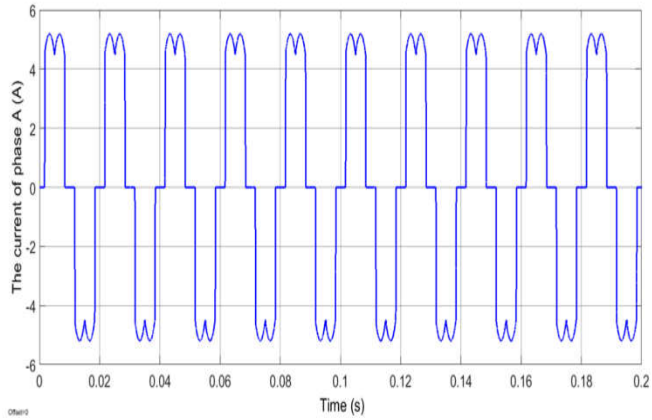
Bảng 2. Thông số của hệ thống

Thông số của hệ thống		
Nguồn	Tải phi tuyến	Shunt APF
V = 380 f = 50Hz	Cầu Diode với điện trở (R = 600Ω)	C = 2mF L = 2mH

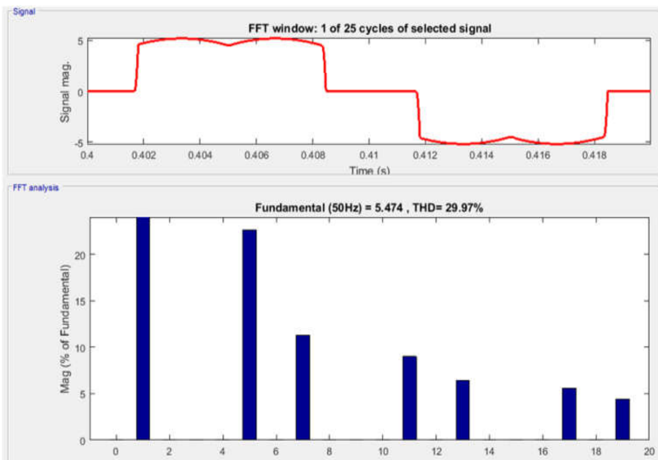
Hình 13 là điện áp ba pha, hình 14 là dòng điện pha A và hình 15 là phổ của dòng điện khi tải phi tuyến và chưa có bộ lọc tích cực. Lúc này THD là 29,97% vượt xa giá trị cho phép [THD] = 5%.



Hình 13. Điện áp ba pha của hệ thống khi chưa có bộ lọc tác động

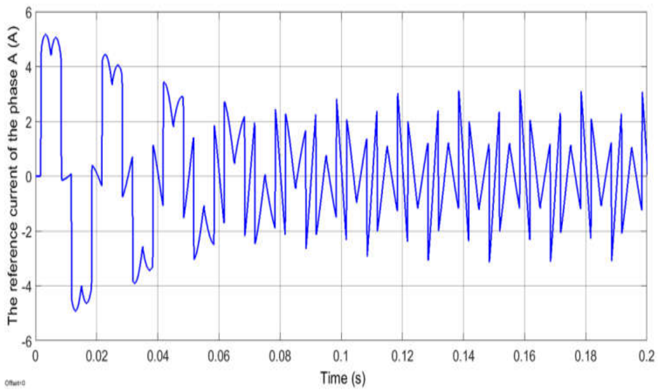


Hình 14. Dòng điện pha A ảnh hưởng bởi nguồn sóng hài (chỉnh lưu cầu) khi không có bộ lọc



Hình 15. Dạng sóng dòng điện và THD của dòng điện pha A khi không có bộ lọc

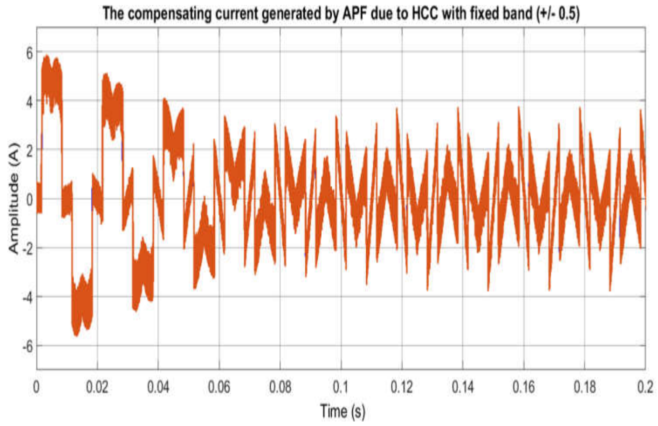
P-ISSN 1859-3585 | E-ISSN 2615-9619



Hình 16. Dòng bù mà bộ lọc tích cực cần tạo ra

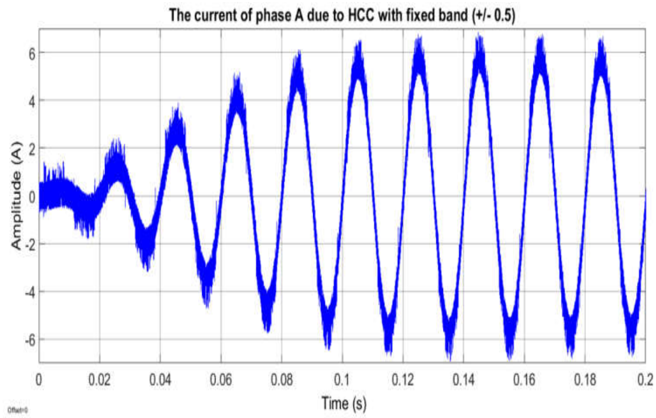
Hình 16, qua tính toán bằng lý thuyết công suất tức thời p-q, tìm được dòng điện bù mà bộ lọc tích cực cần tạo ra.

Tiến hành mô phỏng hệ thống khi bộ điều khiển HCC có độ trễ HB = ±0,5, dòng điện bù do bộ lọc tích cực tạo ra được thể hiện như hình 17.

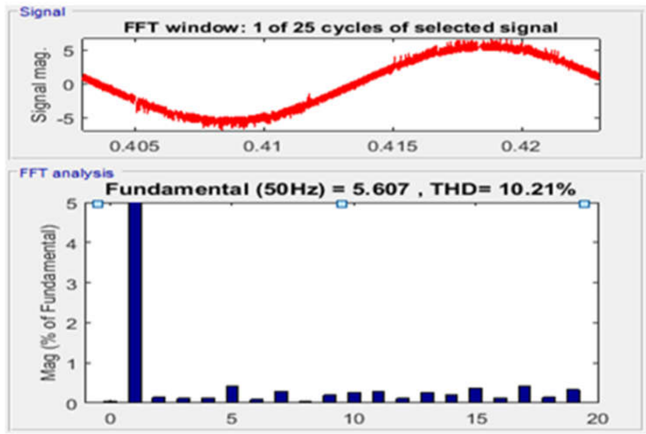


Hình 17. Dòng bù tạo ra bởi bộ lọc điều khiển bởi bộ điều khiển HCC với dải trễ (+/-0,5)

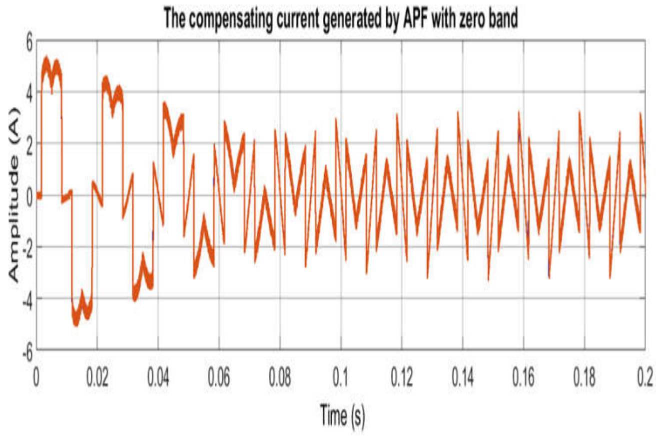
Hình 18 là dòng điện pha A và hình 19 là dạng dòng điện và phổ của nó khi có sự tham gia của bộ lọc tích cực khi có tác động của bộ lọc tích cực sử dụng bộ điều khiển HCC với dải trễ HB = ±0,5. Sau khi sử dụng bộ lọc tích cực được điều khiển bởi bộ HCC với dải trễ cố định (±0,5) thì THD là 10,21% và tần số đóng cắt (f_{max}) vào khoảng 30kHz.



Hình 18. Dòng điện của pha A khi có tác động của bộ lọc với dải trễ của bộ HCC là (±0,5)



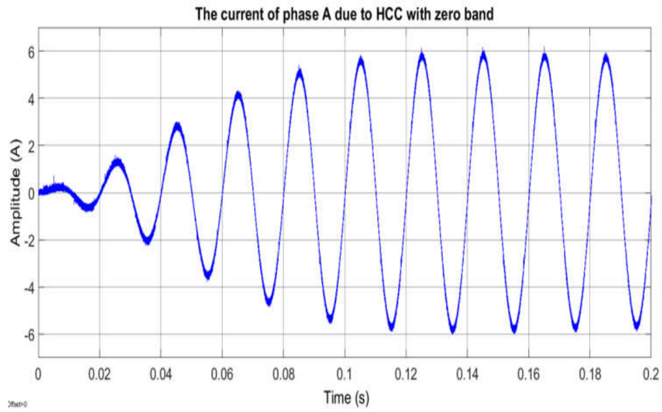
Hình 19. Dạng sóng dòng điện và THD của dòng điện pha A khi có bộ lọc và dải trễ của bộ điều khiển HCC là (±0,5)



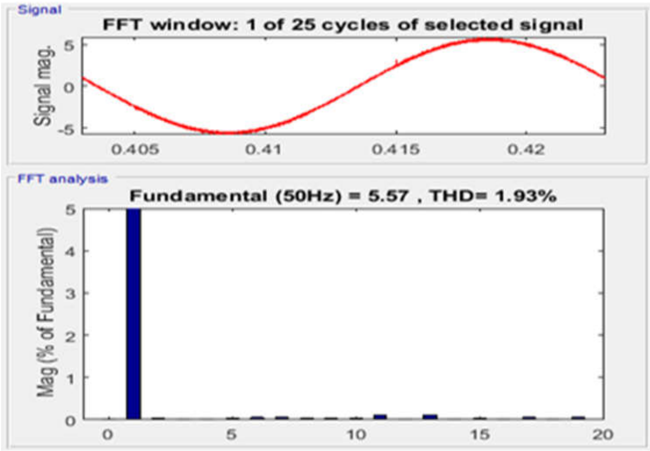
Hình 20. Dòng bù tạo ra bởi bộ lọc điều khiển bởi bộ điều khiển HCC với dải trễ (0)

Tiến hành mô phỏng hệ thống khi bộ điều khiển HCC có độ trễ HB = 0, dòng điện bù do bộ lọc tích cực tạo ra được thể hiện như hình 20.

Hình 21 là dòng điện pha A và hình 22 là dạng dòng điện và phổ của nó khi có sự tham gia của bộ lọc tích cực khi có tác động của bộ lọc tích cực sử dụng bộ điều khiển HCC với dải trễ HB = 0. Sau khi sử dụng bộ lọc tích cực được điều khiển bởi bộ HCC với dải trễ cố định HB = 0 thì THD là 1,93% và tần số đóng cắt vào khoảng 500kHz.



Hình 21. Dòng điện của pha A khi có tác động của bộ lọc với dải trễ của bộ HCC là (0)



Hình 22. Dạng sóng dòng điện và THD của dòng điện pha A khi có bộ lọc và dải trễ của bộ điều khiển HCC là (0)

3.3. Nhận xét

Đối với bộ điều khiển băng trễ (HCC) thì chất lượng bám của dòng bù phụ thuộc vào dải trễ (HB+) và (HB-). Nếu dải trễ HB (dải từ ngưỡng thấp tới ngưỡng cao) tăng, tần số đóng cắt IGBT (f_s) giảm, tuy nhiên THD tăng, ngược lại nếu dải trễ nhỏ, THD sẽ giảm nhưng tần số đóng cắt IGBT sẽ tăng rất cao. Điều này có thể dẫn tới hệ thống không có tính khả thi do cấu trúc mạch lực phụ thuộc vào đặc tính của IGBTs, nếu tần số đóng cắt của IGBTs hạn chế sẽ dẫn tới mạch nghịch lưu không đáp ứng được.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu về điều khiển bộ lọc tích cực bằng bộ điều khiển HCC cho thấy: Chất lượng của hệ thống phụ thuộc rất lớn và độ trễ HB được lựa chọn. Khi HB tiến càng gần về 0 thì THD càng nhỏ nhưng tần số chuyển mạch càng tăng. Vì vậy, các nghiên cứu tiếp theo sẽ theo hướng tìm sự tương thích của HB với THD và tần số chuyển mạch nhờ các công cụ tìm kiếm thông minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. P. K. Joshi, B. Shabbir S, 2013. *Simulation of Single Phase Shunt Active Power Filter for Domestic Non-linear Loads.* IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), pp. 43-48.

[2]. G. Adam, A. G. Stan, G. Livint, 2012. *An adaptive hysteresis band current control for three phase shunt active power filter U sing Fuzzy logic*. EPE 2012 - Proc. 2012 Int. Conf. Expo. Electr. Power Eng., vol. 1, no. Epe, pp. 324–329, 2012, doi: 10.1109/ICEPE.2012.6463910.

[3]. R. K. Gupta, S. Jena, B. Chitti Babu, 2013. *Analysis of PR controller for eliminating double frequency oscillations in DC-link of 3-F shunt APF during source disturbances.* 2013 Students Conf. Eng. Syst. SCES 2013, pp. 5–10, 2013, doi: 10.1109/SCES.2013.6547576.

[4]. A. M. Fahmy, A. K. Abdelsalam, A. B. Kotb, 2014. *4-Leg Shunt Active Power Filter With Hybrid Predictive Fuzzy-Logic Controller.* IEEE Int. Symp. Ind. Electron., pp. 2132–2137, 2014, doi: 10.1109/ISIE.2014.6864947.

[5]. A. Sabo, N. I. Abdul Wahab, M. A. Mohd Radzi, N. F. Mailah, 2013. *A modified artificial neural network (ANN) algorithm to control shunt active power filter (SAPF) for current harmonics reduction.* CEAT 2013 - 2013 IEEE Conf. Clean Energy Technol., pp. 348–352, 2013, doi: 10.1109/CEAT.2013.6775654.

[6]. S. A. Koya, M. Alsumiri, 2018. *A modified fuzzy hysteresis controller for shunt active power filter.* 3rd Renew. Energies, Power Syst. Green Incl. Econ. REPS GIE 2018, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/REPSGIE.2018.8488866.

[7]. A. Hirofumi, W. Edson Hirokazu, A. Mauricio, 2017. *Instantaneous power theory and applications to power conditioning.* Wiley-IEEE Press

[8]. S. R. Durdhavale, D. D. Ahire, 2016. *A Review of Harmonics Detection and Measurement in Power System.* Int. J. Comput. Appl., vol. 143, no. 10, pp. 42-45.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Hai Binh[1], Vu Duy Hung[1], Hoang Thi Thu Giang[2]

[1]Faculty of Electrical Engineering, University of Economics - Technology for Industries

[2]Faculty of Electrical Engineering, Hanoi University of Industry