

LỌC SÓNG HÀI VỚI TẦN SỐ BIẾN ĐỔI

PASSIVE FILTER WITH VARIABLE FREQUENCIES

Bùi Anh Tuấn^{1,*}

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu và đo đạc phổ sóng hài đối với các phụ tải phi tuyến khác nhau. Sau khi phân tích, đánh giá những ảnh hưởng do sóng hài gây ra cùng với các giải pháp lọc sóng hài hiện đang được sử dụng, tác giả trình bày giải pháp lọc sóng hài thụ động với tần số biến đổi. Đây là một giải pháp phát huy tính hiệu quả rất cao so với các bộ lọc thụ động truyền thống như: giá thành rẻ, kích thước gọn nhẹ nhưng tính năng lọc không thay đổi.

Từ khóa: Sóng hài bậc cao, bộ lọc sóng hài, chất lượng điện năng, tổn thất điện năng.

ABSTRACT

This article presents the research and measurement results of harmonic spectra for various nonlinear loads. After analyzing and evaluating the harm of harmonic with the currently used harmonic filter solutions, the author introduces readers to passive filter solutions with variable frequencies. This is a very effective solution compare to traditional passive filters such as: low cost, lightweight size but no filtering feature.

Keywords: Harmonic, filter harmonics, power quality, reactive power loss.

¹Trường Đại học Điện Lực

*Email: tuanba78@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 26/12/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 03/02/2018

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay các thiết bị phi tuyến công suất lớn đang được sử dụng rất nhiều trong hệ thống lưới điện như: các bộ inverter, máy tính, converter... Tại nhiều nước trên thế giới, tỷ lệ phụ tải phi tuyến có thể lên tới 80-90% [1]. Việc sử dụng các thiết bị này đã gây ra những hiện tượng méo dạng sóng của nguồn phát hay còn gọi là sóng hài trong các hệ thống điện, hệ thống điều khiển tự động và bảo vệ... Những sóng hài này thường gây ra những tác động tiêu cực như: gây thêm tổn thất phụ trên các thiết bị, gây ra các hiện tượng cộng hưởng, quá tải của các thiết bị điện công nghiệp, gây ra nhiễu trong thiết bị điều khiển, làm cho hệ thống bảo vệ tác động sai... Do đó, việc hạn chế các tác động tiêu cực của sóng hài trở nên cấp thiết và các thiết bị lọc sóng hài đang được nghiên cứu rộng rãi trên toàn thế giới.

Trên thực tế, ngoài các phụ tải phát thải ra các bậc sóng hài cố định trong quá trình hoạt động còn có các phụ tải phát ra các bậc sóng hài luôn biến đổi theo đặc tính làm việc của chúng. Chính vì vậy, việc tính toán, thiết kế các bộ lọc

sóng hài với tần số biến đổi nhằm đưa lượng phát thải sóng hài về giới hạn cho phép [3, 4] với chi phí đầu tư thấp so với các bộ lọc sóng hài chủ động là mối quan tâm của nhiều công ty điện lực cũng như của nhiều nhà máy, xí nghiệp.

Hiện tại trên thế giới có rất nhiều các thiết bị lọc sóng hài khác nhau. Tuy nhiên, chúng ta có thể chia chúng ra thành 2 loại cơ bản: thiết bị lọc sóng hài dạng thụ động và thiết bị lọc sóng hài dạng chủ động [2, 6].

- Thiết bị lọc sóng hài dạng thụ động: cấu tạo từ các phần tử thụ động như cuộn kháng, tụ điện và được thiết kế trên nguyên tắc lựa chọn thiết bị với một tần số cộng hưởng nhất định. Tại tần số cộng hưởng này, điện trở của thiết bị lọc rất nhỏ, do đó dòng điện sóng hài sẽ chạy qua thiết bị mà không chạy vào các hệ thống khác để gây ra những tác động tiêu cực.

Ưu điểm của thiết bị lọc thụ động là do cấu tạo đơn giản, giá thành thấp, nên thiết bị này hiện tại rất phổ biến. Phổ biến nhất là dạng đơn (single tune) và dạng thông cao bậc 2 (second order high pass filter) các loại thiết bị này có thể dễ dàng mua từ nhiều hãng trên toàn thế giới. Loại thông cao bậc 1 (first order filter) gần như không được sử dụng do có nhiều nhược điểm. Các loại bộ lọc dạng thông cao bậc 3 (third order) và dạng tụ C (C-type) do giá thành cao, chỉ được sử dụng trong những thiết bị điện áp cao và dòng lớn như hệ thống HVDC (hệ thống truyền tải điện cao áp 1 chiều), phần lớn được cung cấp từ các hãng lớn như ABB, Siemens... Ngoài ra, tổn thất trong thiết bị thấp, có thể lắp đặt dễ dàng tại nhiều vị trí. Tuy nhiên nhược điểm của nó là chỉ có tác dụng cao đối với một sóng hài (trùng với tần số cộng hưởng). Với các thiết bị gây ra nhiều loại sóng hài khác nhau, thiết bị này sẽ trở nên cồng kềnh và khó lắp đặt.

- Thiết bị lọc sóng hài dạng chủ động: Trong những năm gần đây, việc sử dụng các thiết bị chủ động cũng bắt đầu trở nên phổ biến. Thiết bị này làm việc trên nguyên tắc đo lường các loại sóng hài rồi phát lên lưới điện một sóng hài cùng biên độ nhưng ngược pha để loại trừ sóng hài do thiết bị gây ra.

Ưu điểm của thiết bị loại này là có thể loại bỏ gần như hoàn toàn tất cả các loại sóng hài trong hệ thống điện. Nhưng ngược lại, nó cũng có nhiều nhược điểm như: giá thành cao, hệ thống điều khiển phải nhanh và thuật toán điều khiển phức tạp, tổn thất công suất tác dụng lớn (khoảng trên 5% công suất của thiết bị lọc) và không dễ lắp đặt tại nhiều vị trí, đặc biệt là tại những vị trí cần công suất nhỏ. Do yêu cầu công nghệ khắt khe, chỉ có một số hãng

lớn và vừa có thể cung cấp thiết bị này trên quy mô công nghiệp như Siemen, ABB, Alstom, GE, Icar...

Với những ưu, nhược điểm nêu trên, mỗi loại thiết bị lọc sóng hài đều có phạm vi ứng dụng nhất định: thiết bị chủ động thường được sử dụng ở những vị trí yêu cầu chất lượng điện năng rất cao và chịu rất nhiều sóng hài tần số khác nhau còn những vị trí khác thường ưu tiên sử dụng thiết bị thụ động.

Trong khuôn khổ bài báo này, tác giả trình bày các thiết bị lọc sóng hài dạng thụ động với tần số biến đổi. Đây là một thiết bị có nhiều tính ưu việt so với các bộ lọc sóng hài dạng thụ động hiện đang có trên thị trường.

2. THIẾT BỊ LỌC SÓNG HÀI VỚI TẦN SỐ BIẾN ĐỔI

Trong những năm gần đây, khi việc ứng dụng các thiết bị điện tử công suất có điều khiển ngày càng trở nên phổ biến, dẫn đến phổ sóng hài trở nên phức tạp hơn rất nhiều. Để lọc sóng hài hiệu quả, nếu sử dụng các thiết bị lọc thụ động, sẽ đòi hỏi số lượng bộ lọc rất lớn khiến giá thành thiết bị tăng cao. Vì thế, việc đề xuất thiết bị lọc sóng hài thụ động có tần số cộng hưởng biến đổi và có điều khiển theo phổ của phụ tải phi tuyến sẽ làm giảm giá thành sản phẩm, nâng cao hiệu quả của thiết bị và là một giải pháp khả thi về mặt công nghệ.

2.1. Sơ đồ nguyên lý

Nguyên lý làm việc của bộ lọc là theo định luật Ôm. Các bộ lọc thường được mắc song song với các phụ tải và mỗi một bộ lọc thường có một tần số cộng hưởng nhất định. Tại tần số cộng hưởng, tổng trở của bộ lọc có giá trị rất nhỏ, so với tổng trở của hệ thống điện. Do đó, dòng điện sóng hài sẽ qua bộ lọc, không chạy thẳng vào trong hệ thống điện. Thông thường, tần số cộng hưởng của thiết bị lọc được tính như sau:

$$\gamma = \sqrt{\frac{X_C}{X_L}} \quad (1)$$

Như vậy, về mặt nguyên tắc, tần số cộng hưởng của thiết bị lọc có thể thay đổi bằng cách thay đổi X_C hay X_L của tụ hoặc kháng điện.

Để thay đổi giá trị X_L của kháng điện có thể sử dụng cách như sau:

- Đóng cắt các cuộn kháng song song;
- Điều chỉnh giá trị của kháng điện thông qua từ thông qua cuộn kháng (bằng các thiết bị điện tử);
- Điều chỉnh bằng các thiết bị điều khiển thyristor (dạng TCSC).

Tuy nhiên, cả 3 cách điều khiển trên đều ít được sử dụng vì lý do kinh tế. Phương án điều chỉnh qua từ thông và điều khiển dạng TCSC rất phức tạp và đòi hỏi công nghệ rất cao, rất đắt tiền. Còn phương án đóng cắt các cuộn kháng song song thì tuy dễ làm hơn, nhưng cũng có giá rất cao.

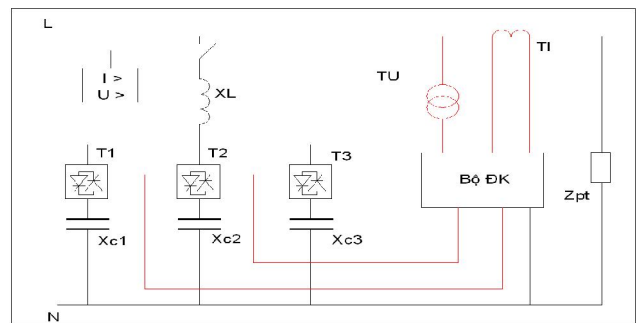
Để thay đổi giá trị X_C của tụ điện có thể sử dụng hai cách:

- Đóng cắt các tụ điện song song;
- Thay đổi khoảng cách giữa các bản cực.

Việc thay đổi khoảng cách giữa các bản cực chỉ thực hiện được với những tụ điện công suất nhỏ và khá phức tạp

nên với những thiết bị công suất lớn, phương án đóng cắt các tụ điện song song là dễ thực hiện nhất với giá thành phải chăng. Tuy nhiên, nhược điểm của phương án này là những quá trình quá độ khi đóng các tụ điện. Khi thực hiện đóng cắt các tụ điện thường gây ra những hiện tượng quá dòng điện, quá điện áp rất lớn ở trên tụ điện, gây hỏng hóc thiết bị. Do đó cần sử dụng các thiết bị có thể lựa chọn thời điểm đóng cắt tốt nhất để hạn chế các hiện tượng quá dòng điện và quá điện áp.

Với những phân tích nêu trên, việc sử dụng những thiết bị lọc có tần số biến đổi là việc hoàn toàn có thể thực hiện được. Phương pháp đơn giản, hiệu quả nhất là tính toán để đóng cắt các tụ điện song song.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị lọc sóng hài với tần số biến đổi

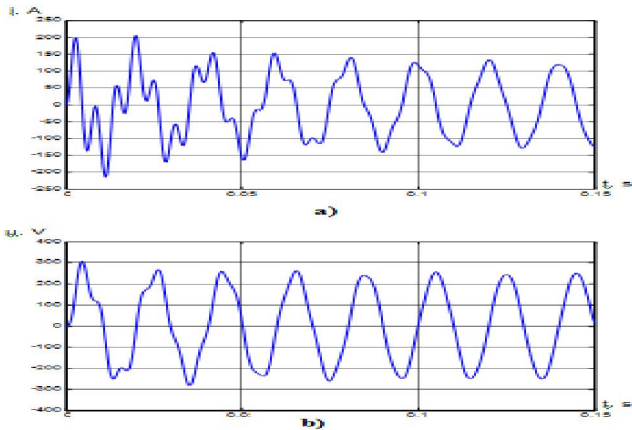
Sơ đồ nguyên lý của thiết bị lọc sóng hài với tần số biến đổi được thể hiện trong hình 1. Điện kháng X_L mắc nối tiếp với 3 (hoặc nhiều hơn) tụ điện mắc song song. Mỗi tụ điện sẽ được điều khiển đóng cắt thông qua hệ thống Thyristor T1, T2, T3 gồm 2 thyristor đấu song song ngược. Bộ điều khiển sẽ thu thập thông tin về dòng điện, điện áp để phân tích sóng hài và ra lệnh đóng cắt và hiển thị các thông số làm việc của thiết bị lọc sóng hài với tần số biến đổi. Thiết bị lọc được mắc song song với phụ tải Z_{pt} và được bảo vệ bởi rơ le quá dòng, quá áp.

2.2. Nguyên tắc hoạt động

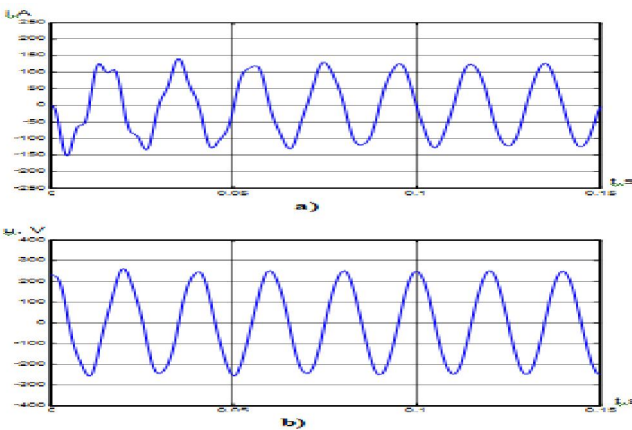
Với những thiết bị phi tuyến có điều chỉnh công suất, các thành phần sóng hài thường thay đổi phức tạp và phụ thuộc vào góc mở của thiết bị. Những thay đổi này sẽ được thể hiện qua các tín hiệu dòng điện và điện áp. Những tín hiệu về dòng điện, điện áp sẽ được đưa vào bộ điều khiển. Tại đây sẽ tiến hành phân tích sóng hài cũng như đo lường các tín hiệu về dòng điện, điện áp, công suất. Sau khi phân tích sóng, thiết bị điều khiển sẽ tính toán và quyết định thay đổi tần số của bộ điều khiển thông qua việc ra lệnh đóng, hoặc ngắt các Thyristor T1, T2, T3.

Trong thiết bị lọc sóng hài với tần số biến đổi, một phần quan trọng là việc thay thế các khởi động từ thông thường để đóng cắt tụ điện bằng các thyristor mắc song song ngược. Đối với các thiết bị sử dụng thyristor việc lựa chọn thời điểm đóng cắt tốt nhất sẽ dễ dàng được thực hiện khi điện áp rơi trên tụ điện bằng với điện áp trên lưới. Lúc này quá trình quá độ sẽ xảy ra rất nhanh và gần như không có ảnh hưởng gì tới tuổi thọ cũng như độ bền của các thiết bị đóng cắt. Với mỗi chu kỳ chỉ khoảng 0,02s thì việc đóng cắt đúng thời điểm cần thiết trong 1 chu kỳ đối với những khởi

động từ thông thường không thể thực hiện được. Việc không lựa chọn được thời điểm đóng cắt (zero crossing) sẽ gây ra quá trình quá độ với dòng điện và điện áp tăng rất cao, dễ làm hỏng các thiết bị điện, đặc biệt là tụ (hình 2 và 3) [5]. Chính vì vậy, để khắc phục vấn đề này thì hệ thống Thyristor T1, T2, T3 được sử dụng ở đây là loại rơ le bán dẫn zero-crossing. Loại rơ le này có thể cho phép tự động lựa chọn thời điểm đóng cắt tụ khi độ chênh lệch điện áp giữa lưới và tụ xấp xỉ bằng không.



Hình 2. Quá trình quá độ khi đóng tụ tại thời điểm, $U_c = 0; E = U_{max}$
a) Dòng điện trên tụ; b) Điện áp trên tụ



Hình 3. Quá trình quá độ khi đóng tụ tại thời điểm $U_c = U_{max}, E = U_{max}$
a) Dòng điện trên tụ; b) Điện áp trên tụ

3. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA BỘ LỌC SÓNG HÀI VỚI TẦN SỐ BIẾN ĐỔI SO VỚI CÁC BỘ LỌC THỤ ĐỘNG KHÁC

Các bộ lọc thụ động hiện đang rất phổ biến vì những ưu điểm vượt trội của nó. Tuy nhiên, nhược điểm của bộ lọc thụ động là chỉ lọc hiệu quả ở một tần số nhất định. Trên thực tế, rất nhiều các thiết bị phi tuyến hiện nay thường thay đổi công suất liên tục. Trong quá trình thay đổi công suất, tỷ lệ sóng hài cũng thường thay đổi theo. Chính vì vậy, trong nhiều trường hợp, biên độ và tần số của sóng hài có thể thay đổi rất nhiều.

Qua các kết quả đo đạc lượng sóng hài phát ra của các thiết bị chỉnh lưu có điều khiển công suất cũng như nghiên cứu một số tài liệu về mối quan hệ giữa biên độ, tần số của sóng hài với góc mở alpha của thyristor điều khiển (công suất của thiết bị). Một số kết quả chính được đưa ra như sau:

3.1. Thiết bị chỉnh lưu 6 cực có điều khiển

Việc nghiên cứu mối quan hệ giữa biên độ và tần số sóng hài của thiết bị chỉnh lưu 6 cực có điều khiển đã được nghiên cứu rộng rãi trên toàn thế giới [6]. Theo những nghiên cứu này, biên độ của sóng hài sẽ biến đổi rất phức tạp theo góc mở alpha và kết quả đo sóng hài theo góc mở alpha của thiết bị chỉnh lưu 6 cực được cho trong bảng 1.

Bảng 1. Sóng hài và tần số lọc của thiết bị chỉnh lưu 6 cực có điều khiển

Alpha (độ)	0	15	30	45	60	90	110	130
THD	23,0	193,5	12,4	63,2	40,0	26,1	25,2	138,9
I3/I1	0,03	0,43	7,09	58,52	35,94	0,02	0,03	1,18
I5/I1	18,89	125,69	6,15	12,34	0,18	21,2	20,23	83,9
I6/I1	0,11	,084	4,34	0,07	14,82	0,11	0,12	0,74
I7/I1	11,69	105,48	4,99	16,42	0,15	12,57	12,72	81,5
I9/I1	0,02	0,66	3,77	9,52	9,52	0,04	0,03	1,15
I11/I1	5,95	102,48	2,58	7,65	0,17	8,7	7,88	74,8
Tần số lọc	u1 = 5 u2 = 7 u3 = 11	u1 = 5 u2 = 7 u3 = 11	u1 = 3 u2 = 5 u3 = 7	u1 = 3 u2 = 5 u3 = 7	u1 = 3 u2 = 6 u3 = 9	u1 = 5 u2 = 7 u3 = 11	u1 = 5 u2 = 7 u3 = 11	u1 = 5 u2 = 7 u3 = 11
Tần số lọc	u1 = 3, 5; u2 = 5, 6, 7; u3 = 7, 9, 11							

Trong trường hợp này, ở các góc mở $0^\circ, 15^\circ, 90^\circ, 110^\circ$ và 130° , biên độ sóng hài bậc 5, 7, 11 là lớn nhất. Tuy nhiên, ở góc mở 30° và 45° thì sóng hài biên độ cao nhất là bậc 3 và 5. Ở góc mở 60° , biên độ sóng hài lớn nhất 3, 6 và 9. Như vậy, khi điều khiển công suất của thiết bị chỉnh lưu 6 cực (bằng cách thay đổi góc mở alpha), để lọc sóng hài dạng thụ động một cách hiệu quả, ta cần đặt thiết bị lọc ở tần số 3, 5, 6, 7, 9 và 11. Tuy vậy, có thể nhận thấy là việc đặt nhiều bộ lọc sóng hài có thể không mang lại hiệu quả cao vì tại những thời điểm khác nhau thì chỉ có 2 hoặc 3 sóng hài có biên độ lớn (những sóng hài còn lại có biên độ rất nhỏ so với tần số cơ bản). Nếu ta đặt bộ lọc ở cả 6 sóng hài thì giá thành thiết bị sẽ tăng rất cao. Giải pháp khắc phục ở đây là chỉ cần sử dụng 3 bộ lọc có tần số biến đổi có thể thay cho 6 bộ lọc truyền thống.

3.2. Thiết bị chỉnh lưu cầu bán điều khiển

Sau khi tiến hành đo đạc sóng hài bằng thiết bị chuyên dụng của một số loại phụ tải điển hình. Việc đo đạc của thiết bị chỉnh lưu cầu 1 pha bán điều khiển có các thông số như sau: $P = 15kW; U = 600V$ và $I = 25A$. Kết quả đo biên độ sóng hài được cho trong bảng 2.

Trong trường hợp này, biên độ của sóng hài cũng thay đổi phức tạp theo công suất và góc mở của thiết bị. Ví dụ tại thời điểm 0° , biên độ sóng hài bậc 3, 4, 7 và 9 là lớn nhất, tại thời điểm 30° thì sóng hài bậc 3, bậc 11 đạt giá trị lớn nhất, trong khi đó, tại thời điểm 60° ở bậc 5 và 7, tại thời điểm 110° thì sóng hài bậc 3 và bậc 7 có giá trị lớn nhất. Chính vì vậy, việc lọc sóng hài sẽ phức tạp và nếu cần sẽ phải đặt các bộ lọc sóng hài 3, 5, 7, 9, 11. Tuy nhiên, nếu sử dụng các bộ lọc có tần số biến đổi thì chỉ cần đặt 3 bộ là có thể thay thế cho 5 bộ lọc truyền thống. Điều này sẽ làm giá thành cũng như kích cỡ của các bộ lọc sẽ giảm xuống.

Bảng 2. Sóng hài và tần số lọc của thiết bị chỉnh lưu cầu 1 pha bán điều khiển

Alpha (độ)	0	15	30	45	60	90	110	120
THD	45%	36%	29%	23%	24%	31%	37%	38%
I3/lđm	33%	31%	24%	13%	0%	24%	32%	32%
I5/lđm	20%	16%	5%	8%	17%	14%	2%	16%
I7/lđm	14%	9%	4%	13%	12%	10%	13%	1%
I9/lđm	8%	4%	6%	10%	0%	8%	8%	8%
I11/lđm	7%	1%	9%	3%	6%	6%	4%	9%
I13/lđm	%	1%	6%	3%	5%	5%	6%	4%
Tần số lọc	u1 = 3 u2 = 5 u3 = 7	u1 = 3 u2 = 5 u3 = 7	u1=3 u2=9 u3=11	u1=3 u2=7 u3=9	u1 = 5 u2 = 7 u3 = 11	u1 = 3 u2 = 5 u3 = 7	u1 = 3 u2 = 7 u3 = 9	u1 = 3 u2 = 5 u3 = 11
Tần số lọc	u1 = 3, 5; u2 = 5, 7, 9; u3 = 7, 9, 11							

3.3. Thiết bị chỉnh lưu 3 pha, bán điều khiển

Việc đo đạc với thiết bị chỉnh lưu 3 pha, một nửa chu kỳ với các thông số chính như sau: P = 160kW; U = 1600V và I = 100A. Kết quả đo biên độ sóng hài được cho bảng 3.

Với trường hợp của thiết bị chỉnh lưu 3 pha, nửa chu kỳ, trong dải tần số của sóng hài có cả bậc chẵn. Các sóng hài bậc là bội của 3 bị triệt tiêu. Tùy thuộc vào vị trí góc mở mà phổ của sóng hài thay đổi rất mạnh.

Bảng 3. Sóng hài và tần số lọc của thiết bị chỉnh lưu cầu 3 pha, nửa chu kỳ, bán điều khiển

Alpha (độ)	0	15	30	45	60	90
THD	42%	47%	42%	38%	42%	67%
I2/lđm	29%	43%	29%	0%	29%	58%
I4/lđm	14%	14%	14%	29%	14%	29%
I5/lđm	20%	20%	20%	16%	20%	0%
I7/lđm	14%	14%	14%	12%	14%	0%
I8/lđm	7%	7%	7%	14%	7%	14%
I10/lđm	6%	6%	6%	0%	6%	12%
Tần số lọc	u1 = 2 u2 = 4 u3 = 5	u1 = 2 u2 = 4 u3 = 10	u1 = 2 u2 = 4 u3 = 5	u1 = 4 u2 = 5 u3 = 8	u1 = 2 u2 = 4 u3 = 5	u1 = 2 u2 = 4 u3 = 8
Tần số lọc	u1 = 2, 4; u2 = 4, 5; u3 = 5, 8, 10					

Ví dụ, tại 45° biên độ sóng hài bậc 4 và 5 là lớn nhất lần lượt chiếm 29% và 16% so với dòng điện định mức của bộ chỉnh lưu, trong khi đó, sóng hài bậc 2 gần như không có. Tuy nhiên, khi góc mở là 15° và 90°, biên độ sóng hài bậc 2 là lớn nhất và chiếm khoảng 43% và 58% so với dòng điện định mức. Như vậy, với trường hợp thiết bị chỉnh lưu 3 pha nửa chu kỳ cần phải sử dụng 5 bộ lọc sóng hài thụ động bậc 2, 4, 5, 8 và 10. Nếu sử dụng các bộ lọc có tần số biến đổi thì chỉ cần sử dụng 3 bộ.

3.4. Thiết bị chỉnh lưu 6 cực

Sau khi tiến hành nghiên cứu và đo đạc với thiết bị chỉnh lưu 3 pha, điều khiển 2 nửa chu kỳ với các thông số chính như sau: P = 120kW; U = 600V và I = 200A. Phổ sóng hài được cho trong bảng 4.

Bảng 4. Sóng hài và tần số lọc của thiết bị chỉnh lưu 3 pha, điều khiển 2 nửa chu kỳ

Alpha (độ)	0	15	30	45	60	75
THD	28%	13%	25%	20%	14%	25%
I5/lđm	20%	5%	17%	14%	10%	19%
I7/lđm	14%	4%	12%	10%	7%	14%
I11/lđm	9%	9%	8%	6%	5%	2%
I13/lđm	8%	7%	7%	5%	4%	2%
I17/lđm	6%	2%	5%	4%	3%	6%
I19/lđm	5%	1%	5%	4%	3%	5%
I23/lđm	4%	4%	4%	3%	2%	1%
I25/lđm	4%	4%	3%	3%	2%	1%
Tần số lọc	u1 = 5 u2 = 7	u1 = 11 u2 = 13	u1 = 5 u2 = 7	u1 = 5 u2 = 7	u1 = 5 u2 = 7	u1 = 5 u2 = 7
Tần số lọc	u1 = 5, 11; u2 = 7, 13					

Với thiết bị lọc sóng hài điều khiển toàn bộ 2 nửa chu kỳ có thể xem xét để lắp 2 bộ lọc với tần số v1 = 5 và 11; v2 = 7 và 13 thay cho 4 bộ 5, 7, 11 và 13. Với việc lắp đặt những thiết bị lọc với tần số thay đổi, ta có thể giảm giá thành thiết bị lọc xuống khoảng 40% so với việc đặt tại tất cả các sóng hài.

4. KẾT LUẬN

Mặc dù hiện tượng sóng hài trong hệ thống điện không phải là vấn đề mới. Tuy nhiên, vấn đề này hiện nay ít được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm và đánh giá đúng ảnh hưởng của nó. Việc sử dụng các phụ tải phi tuyến ngày càng nhiều do những ưu điểm vượt trội như tiêu thụ điện năng ít, thời gian tác động nhanh, thiết bị gọn nhẹ,... Bên cạnh những ưu điểm đó thì các thiết bị phi tuyến này lại phát thải ra các bậc sóng hài làm cho chất lượng điện năng giảm xuống. Điều này kéo theo tổn thất điện năng tăng lên, tuổi thọ của các thiết bị giảm xuống, đặc biệt là đối với các thiết bị điện tử, gây tác động nhiễu,...

Trong bài báo này, tác giả trình bày giải pháp lọc sóng hài thụ động với tần số biến đổi. Đây là một giải pháp rất hiệu quả so với việc sử dụng các bộ lọc thụ động truyền thống. Giải pháp này không những giảm được vốn đầu tư, thiết bị gọn nhẹ mà hiệu quả lọc các bậc sóng hài không thay đổi so với bộ lọc truyền thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Đình Long, 2014. *Sách tra cứu về chất lượng điện năng*. NXB Bách Khoa, Hà Nội.
- [2]. A.Priyadarshini, N.Devarajan, AR.Uma saranya, R.Anitt, 2012. *Survey of Harmonics in Non Linear Loads*. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-1, Issue-1.
- [3]. *Thông tư số 39/2015/TT-BCT ngày 18/11/2015 của Bộ trưởng Bộ Công Thương quy định hệ thống lưới điện phân phối*.
- [4]. *Tiêu chuẩn IEEE-519/2014*.
- [5]. Bùi Anh Tuấn, Đinh Ngọc Quang. *Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Công Thương năm 2014: "Nghiên cứu, chế tạo thiết bị bù công suất phản kháng trong lưới điện hạ áp dựa trên nguyên lý lai"*.
- [6]. George J. Wakileh, 2011. *Power Systems Harmonics- Fundamentals, Analysis And Filters Design*. Springer.