



Khảo sát và đề xuất một số giải pháp hạn chế ảnh hưởng của sóng hài đến tụ bù công suất phản kháng của lưới 6kV các công ty sàng tuyển khu vực Quảng Ninh

□ Lê Xuân Thành

Bộ môn Điện khí hóa, Khoa Cơ - Điện, Đại học Mỏ - Địa chất,
Email: lexuanthanh@humg.edu.vn

Tóm tắt: Mở rộng và hiện đại hóa các thiết bị điện tử công suất và các thiết bị biến đổi trong mạng điện 380V các dây chuyền sàng tuyển ngoài việc đem lại những hiệu quả tích cực về vận hành lưới điện, tiết kiệm năng lượng cũng đồng thời đặt ra những vấn đề không nhỏ về đảm bảo độ sạch của lưới điện, tránh các nhiễu hạ áp do sóng hài. Có rất nhiều ảnh hưởng tiêu cực tích cực trong đó cộng hưởng song song gây nên quá áp với các bộ tụ bù công suất phản kháng là một trong những hiện tượng xấu cần nghiên cứu để hạn chế. Bài báo thông qua khảo sát hiện trạng sử dụng thiết bị điện tử công suất trong dây chuyền sàng tuyển sẽ tiến hành đánh giá mức độ ảnh hưởng của sóng hài, phân tích tác động xấu của sóng hài đến các bộ tụ bù công suất phản kháng đặt ở thanh cái 6kV các trạm biến áp chính. Các mô phỏng bằng MATLAB sẽ được so sánh với các kết quả thực nghiệm để từ đó đề xuất các giải pháp kỹ thuật nhằm đảm bảo an toàn cho các bộ tụ bù theo các tiêu chuẩn của IEC. Những kết luận và khuyến nghị sẽ là căn cứ để cải thiện hiện trạng vận hành của các bộ tụ bù công suất phản kháng trong các công ty sàng tuyển than khi có ảnh hưởng của sóng hài.

Keywords: lưới điện 6kV, dây chuyền sàng tuyển, cộng hưởng song song, sóng hài, MATLAB.

1. Hiện trạng và ảnh hưởng cơ bản của sóng hài gây ra bởi các thiết bị biến đổi tới các dây chuyền sàng tuyển

1.1. Khái lược về các yêu cầu cơ bản đối với sóng hài trong lưới điện công nghiệp khai khoáng

Các nghiên cứu đã được công bố trong các tài liệu của hội đồng điện thế giới [7], [9] đều nhấn mạnh rằng việc sử dụng các thiết bị điện tử công suất trong lưới hạ áp như: các bộ biến đổi điện tử công suất (AC-DC, DC-DC hay DC-AC), biến tần, các bộ tự động điều chỉnh tốc độ động cơ ADS, hoặc các bộ khởi động mềm là những nguyên nhân chính làm phát sinh sóng hài trong lưới điện. Khi lưới điện xuất hiện sóng hài, tùy theo mức độ và độ lớn của độ méo sóng hài THD mà lưới điện có thể gặp những tác động tiêu cực sau [2], [4], [7], [8]:

- Tác động làm sai lệch hệ thống đo đếm các đại lượng điện, từ đó có thể làm hệ thống bảo vệ role tác động nhầm lẫn;
- Làm giảm tuổi thọ của máy biến áp, các động cơ điện do hiệu ứng phát nóng phụ bề mặt (skin effect) và phát nóng điện môi;
- Làm tăng phát nóng, giảm hiệu suất hay gây dao động hạ tần số cơ học
- Có thể phá hủy hoặc hạn chế khả năng vận hành của các bộ tụ bù công suất phản kháng do làm xuất hiện hiện tượng cộng hưởng nối tiếp hoặc cộng hưởng song song;

Do những ảnh hưởng đáng kể nói trên mà các tổ chức quản lý vận hành điện năng trên thế giới như IEC, IEEE và Liên bang Nga quy định [7], [9]:

- Độ méo sóng hài dòng điện trong tất cả các lưới điện không quá 5%.
- Nguồn gây ra sóng hài trong lưới điện gồm: Các thiết bị điện tử công suất sử dụng các bộ biến đổi AC/DC, DC/DC; Các máy biến áp làm việc với mạch từ ở chế độ quá bão hòa từ.

Theo IEC 61000 [9], với tất cả các loại lưới điện, biến dạng riêng rẽ của từng thành phần hài không được vượt quá 3% và tổng méo sóng hài không được vượt quá 5%. Tiêu chuẩn chi tiết của độ méo sóng hài cho phép trong lưới hạ áp được nêu ở bảng 1.



Bảng 1. Giới hạn biến dạng sóng hài trong lưới điện

Hài lẻ phi bội của 3		Hài bậc lẻ bội của 3		Hài chẵn	
Bậc hài (h)	% cho phép	Bậc hài (h)	% cho phép	Bậc hài (h)	% cho phép
5	5	3	4	2	1,6
7	4	9	1,2	4	1
11	3	15	0,3	6	0,5
13	2,5	21	0,2	8	0,4
17	1,6	>21	0,2	10	0,4
19	1,2			12	0,2
23	1,2			>12	0,2
25	1,2				
>25	$0,2 + 0,5\left(\frac{25}{h}\right)$				

1.2. Thực trạng sử dụng các thiết bị biến đổi của các dây chuyền sàng tuyển khu vực Quảng Ninh

Trong những năm vừa qua, song song với tiến trình hiện đại hóa lưới điện, các thiết bị điện tử công suất cũng đã được sử dụng ngày càng nhiều trong dây chuyền sàng tuyển. Hai loại thiết bị phổ biến thường được sử dụng là khởi động mềm và biến tần. Thống kê số lượng thiết bị điện tử công suất của một số dây chuyền sàng tuyển các công ty than và tuyển than được cho ở bảng 2.

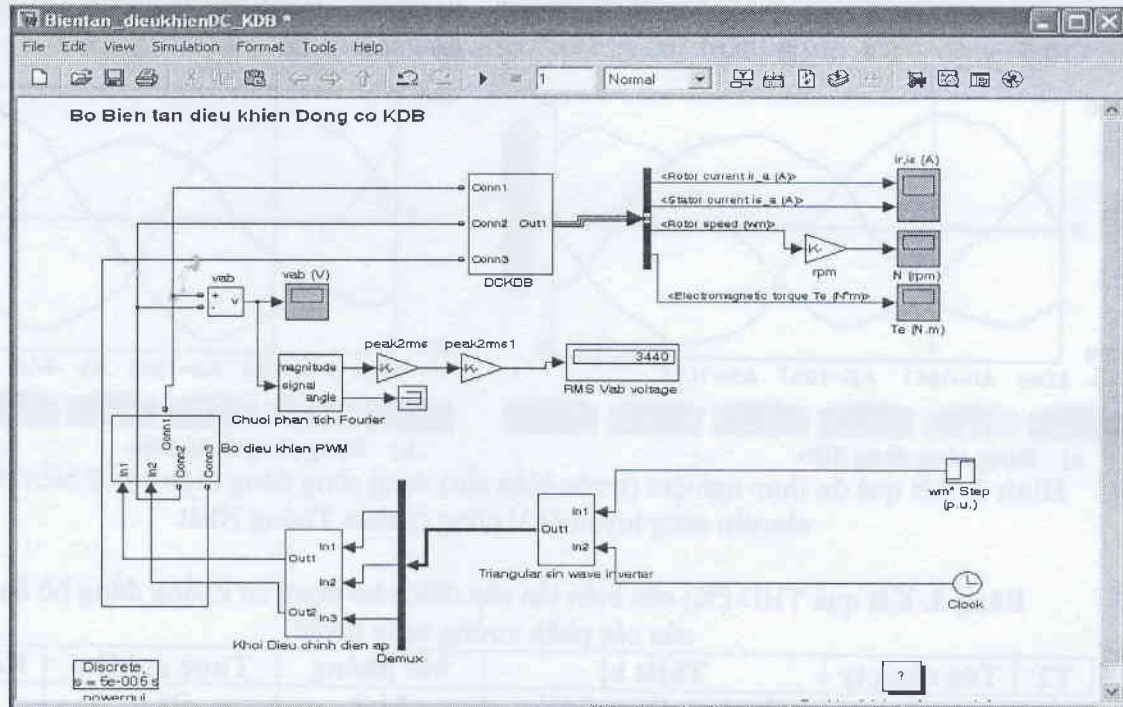
Rõ ràng rằng việc sử dụng khá nhiều các thiết bị điện tử công suất tất yếu sẽ gây ra những ảnh hưởng xấu do phát sinh sóng hài dòng điện. Phần tiếp theo của bài báo sẽ phân tích kỹ những ảnh hưởng này.

Bảng 2. Thống kê các thiết bị điện tử công suất trong dây chuyền sàng tuyển

STT	Tên mỏ	Loại thiết bị	Cấp điện áp	Số lượng	Ghi chú
1	Cao Sơn	Biến tần	380V	18	04 biến tần trung áp
		Khởi động mềm	380V, 6kV	6	03 bộ KĐM, trung áp
2	Cọc Sáu	Biến tần	380V, 6kV	52	01 biến tần trung áp
		Khởi động mềm	380V, 6kV	14	02 bộ KĐM trung áp
3	Núi Béo	Biến tần	380V	22	02 biến tần trung áp
		Khởi động mềm	380V	12	
4	TT Hòn Gai	Biến tần	380V	26	
		Khởi động mềm	380V	11	

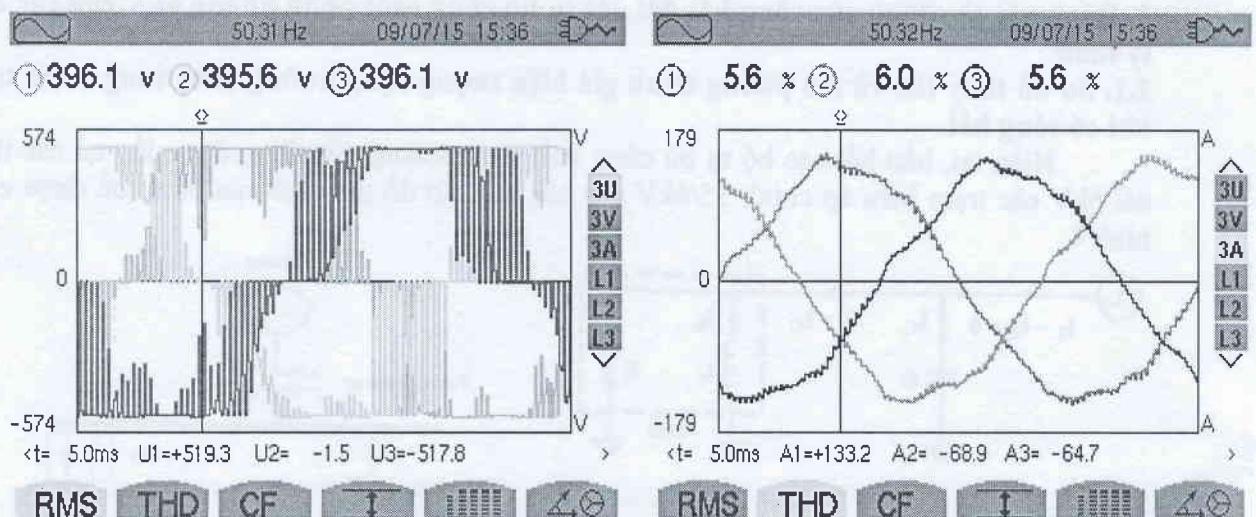
1.3. Đánh giá hiện trạng sóng hài của thiết bị biến đổi trong dây chuyền sàng tuyển

Các thống kê ở bảng 2 cho thấy loại thiết bị biến đổi dùng phổ biến ở cả lưới điện 380V và 6kV các dây chuyền sàng tuyển chủ yếu là biến tần. Để đánh giá ảnh hưởng của biến tần và sóng hài phát sinh do biến tần, tiến hành mô phỏng trên MATLAB, đồng thời so sánh với kết quả đo thực nghiệm, chi tiết được thể hiện trên hình 1, 2, 3 và tổng hợp ở bảng 3



Hình 1. Mô phỏng hệ Biến tần - Động cơ KĐB

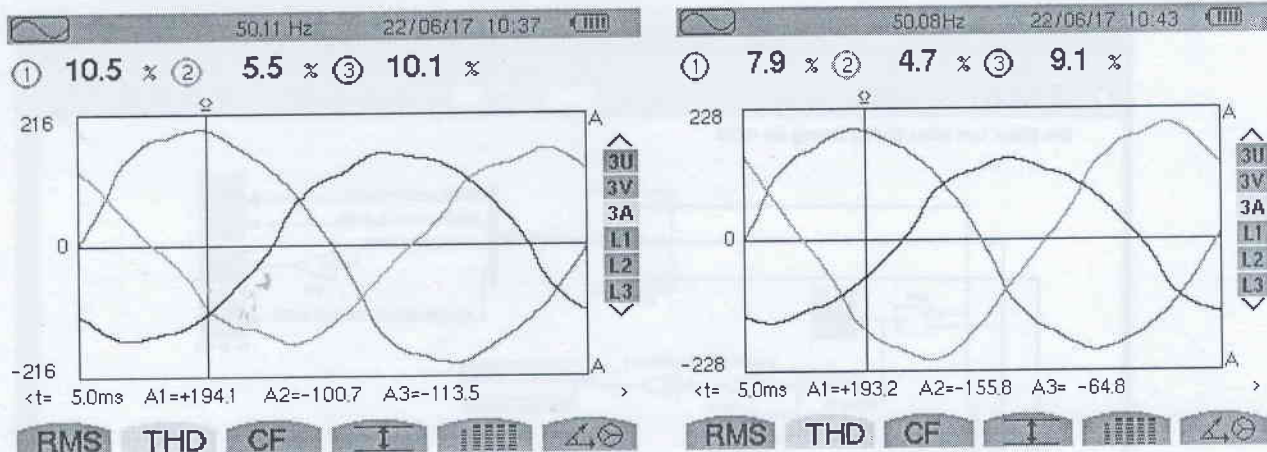
Các kết quả ở bảng 3 cho thấy hầu hết các dây chuyển sang tuyến đang sử dụng biến tần đều gây nên các vi phạm về sóng hài, THD của các thiết bị đo ở đầu vào (trước biến tần) đều vượt quá giới hạn 5%, điều này có nghĩa sóng hài phát sinh bởi các thiết bị điện tử công suất đã phát ngược về lưới. Điều này có thể gây ra những hỏng hóc, thậm chí phá hủy một số thiết bị điện quan trọng của lưới [1], [4]. Sau đây sẽ đánh giá chi tiết ảnh hưởng của sóng hài với tụ bù công suất phản kháng ở lưới điện 6kV các mỏ điển hình khu vực Quảng Ninh.



a) Dạng sóng điện áp

b) Độ méo của dòng điện

Hình 2. Kết quả đo thực nghiệm (sau biến tần) dạng sóng điện áp và dòng điện của biến tần
bằng RC2-35kW Công ty Tuyền than Hòn Gai



Hình 3. Kết quả đo thực nghiệm (trước biến tần) dạng sóng dòng điện của 2 biến tần dây chuyển sảng tuyến 6kV công ty than Thống Nhất

Bảng 3. Kết quả THD (%) của biến tần cấp điện cho động cơ không đồng bộ hạ áp của các phân xưởng sảng tuyến

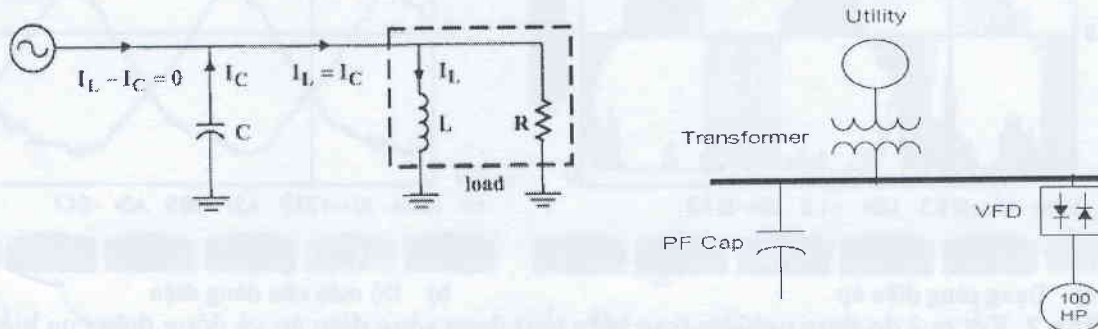
TT	Tên công ty	Thiết bị	Mô phỏng	Thực nghiệm	Kết luận
1	TT Hòn Gai	Biến tần – DC 35kW	31,3	28,9	
		Biến tần-DC 22kW	17,62	15,4	
2	Thống Nhất	Biến tần – DC 15kW	11,5	10,5	
		Biến tần – DC 35kW	16,5	12,2	
3	Núi Béo	Biến tần – DC 18,5kW	18,3	19,7	
		Biến tần – DC 40 kW	19,5	21,2	

Các kết quả ở bảng 3 cho thấy các kết quả đo thực nghiệm và mô phỏng đều khá tương đồng, cho thấy có sự vi phạm khá lớn về THD của dạng sóng điện áp và dòng điện khi sử dụng các biến tần. Những vi phạm lớn này có thể sẽ có những ảnh hưởng tiêu cực đến sự vận hành bình thường của lưới điện và của các trang bị điện 6kV.

2. Đánh giá tác động của sóng hài đối với tụ bù công suất phản kháng 6kV của các công ty than

2.1. Sơ đồ thay thế và mô phỏng đánh giá hiện tượng cộng hưởng song song ở các tụ bù khi có sóng hài

Hiện tại, hầu hết các bộ tụ bù công suất phản kháng đều đang được lắp tại các thanh cái 6kV các trạm biến áp chính 35/6kV của các mỏ. Sơ đồ thay thế của bộ tụ bù được cho ở hình 4.



Hình 4. Sơ đồ thay thế bộ tụ bù công suất phản kháng trên lưới [13]

Trên hình 4, tổng trở và các thành phần cảm kháng tương đương được coi là mắc song song với nguồn hài, điều này sẽ gây ra hiện tượng xuất hiện mạch điện cộng hưởng song song, khi tính tới cộng hưởng của các sóng hài có tần số khác tần số cơ bản, dung lượng bộ tụ bù có thể được tính như biểu thức 1 [2], [3], [14].

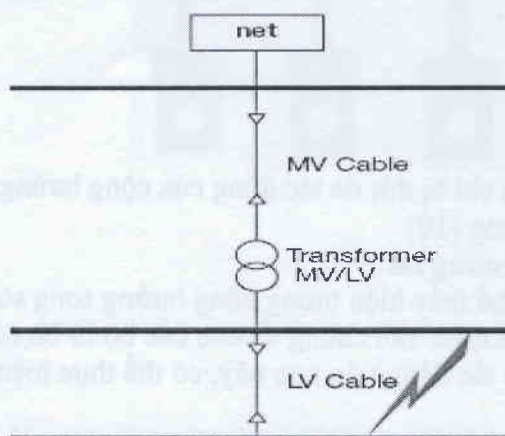
$$Q_{cap} = 1000 \left(\frac{f_1}{f_r} \right)^2 \cdot S_{sc} \quad (1)$$

Trong đó

f_r và f_1 tương ứng là tần số cộng hưởng và tần số cơ bản;

S_{sc} và Q_{cap} là công suất ngắn mạch biểu kiến và dung lượng định mức của bộ tụ (MVA, kVar).

Khi dung lượng của bộ tụ đúng bằng giá trị tính ở (1), hiện tượng cộng hưởng sẽ xảy ra với tần số f_r . Để tính toán S_{sc} sử dụng sơ đồ thay thế như hình 5, và thực hiện lập trình trên MatLab như hình 6.

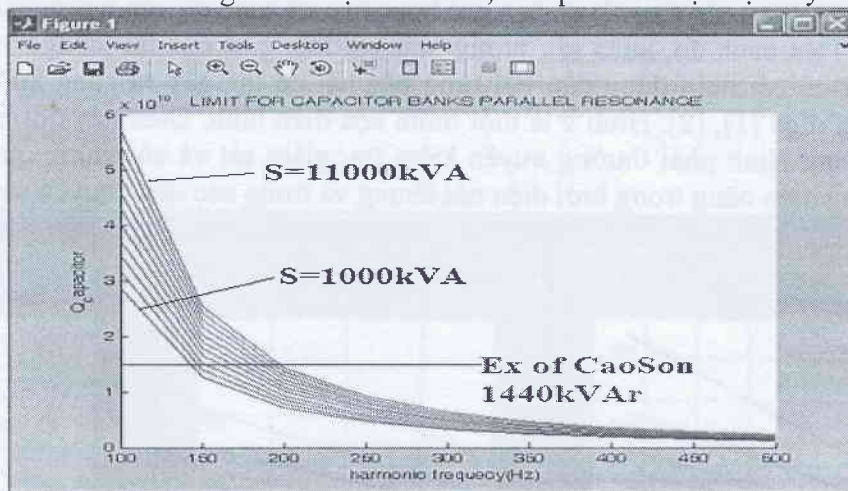


Hình 5. Sơ đồ thay thế để tính S_{sc} của lưới điện

Hình 6. Lập trình trên Matlab tính S_{sc}

2.2. Đánh giá tác động của sóng hài đối với các tụ bù công suất phản kháng

Căn cứ biểu thức 1, kết hợp với lập trình tính S_{sc} ứng với thông số tương ứng của từng lưới điện, khảo sát với các sóng hài từ bậc 2 trở lên, kết quả thu được đặc tuyến như hình 7.

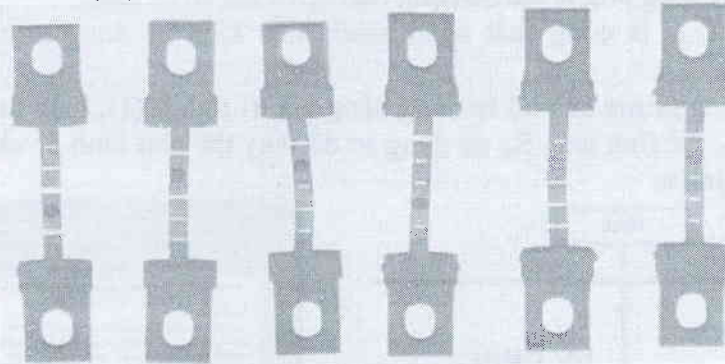


Hình 7. Đặc tính cộng hưởng song song của bộ tụ bù công suất phản kháng

Từ đặc tính ở hình 7 có thể thấy, tương ứng với giá trị hiện đang lắp đặt của các bộ tụ bù công suất phản kháng trên lưới điện 6kV các mỏ ở Quảng Ninh, có thể dễ dàng xác định tần số sóng hài gây nên cộng hưởng và có thể phá hủy tụ. Ví dụ với mỏ Cao Sơn (hiện đang lắp 24 bộ tụ bù công suất phản kháng, dung lượng mỗi bộ tụ 60kVar), khi vận hành toàn bộ dàn tụ, có thể hoàn toàn xảy ra hiện tượng cộng hưởng ứng với sóng hài bậc 3 và bậc 4 khi CS máy biến áp trong dải từ 1000kVA đến 11000kVA. Đối chiếu với công suất biểu kiến hiện thời của trạm biến áp (2 máy 6300kVA) có thể thấy khi vận hành 1 máy sẽ hoàn toàn xuất hiện các hiện tượng xấu đối với các tụ bù công suất phản kháng nếu trong lưới điện xuất hiện sóng hài bậc 3 hoặc bậc 4.



Các khảo sát ở trên cho thấy nếu xuất hiện sóng hài có tham số phù hợp với thông số lưới, có thể dễ dàng gây ra hiện tượng cộng hưởng song song, làm xuất hiện quá áp và có thể phá hủy các bộ tụ bù công suất phản kháng trên lưới điện 6kV [11], [12]. Hình 8 là một minh họa của hiện tượng quá áp, không chỉ chọc thủng cách điện của tụ mà quá áp còn gây đứt cầu chì cao áp bảo vệ ở đầu bộ tụ



Hình 8. Hình ảnh X-quang dây chảy cầu chì bị đứt do tác động của cộng hưởng song song [10]

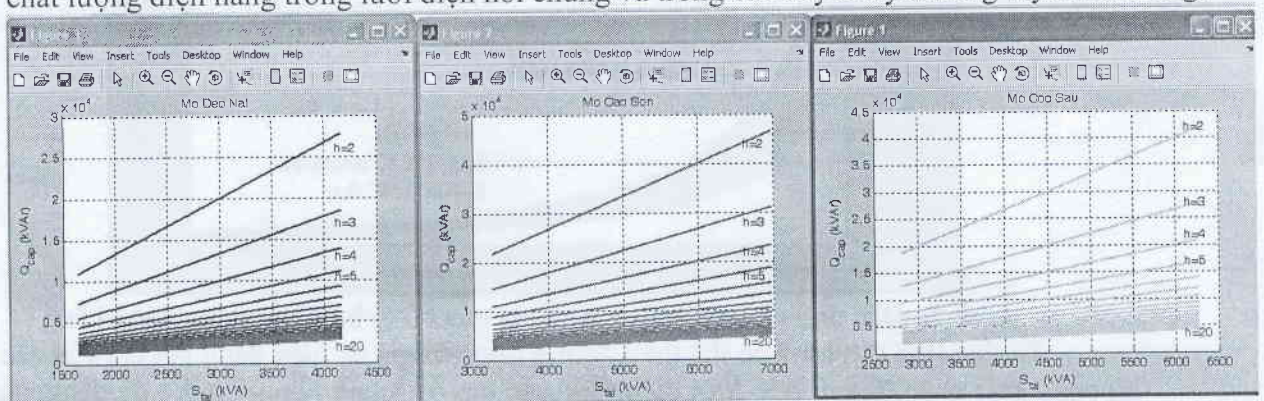
3. Kết luận, kiến nghị và hướng nghiên cứu tương lai

Như vậy qua các nghiên cứu ở trên có thể thấy hiện tượng cộng hưởng song song thực sự nguy hại đối với khả năng vận hành của lưới điện nói chung và của các bộ tụ bù công suất phản kháng nói riêng. Để hạn chế hoặc loại trừ tác động tiêu cực này, có thể thực hiện một số giải pháp kỹ thuật sau :

- Căn cứ đặc tuyến đã xây dựng (hình 7) cần khảo sát, thiết kế và lắp đặt để sao cho giá trị của bộ tụ bù công suất phản kháng không thuộc vùng gây nên hiện tượng cộng hưởng song song.

- Áp dụng các giải pháp kỹ thuật hiện đại như thiết kế, lắp đặt các bộ lọc (thụ động, tích cực [1], [3], [4], [5], [9]) để hạn chế hoặc loại bỏ toàn bộ ảnh hưởng của sóng hài.

- Tiến hành đo, khảo sát, tương ứng với thông số của tải (công suất của trạm biến áp chính) để có cái nhìn đúng đắn với từng bậc hài có thể gây ra cộng hưởng đối với thiết bị trong lưới điện [1], [2]. Hình 9 là một minh họa điển hình. Điều này đòi hỏi các công ty than vùng Quảng Ninh phải thường xuyên kiểm tra, giám sát và có những quan tâm tích cực tới chất lượng điện năng trong lưới điện nói chung và trong các dây chuyền sàng tuyển nói riêng.



Hình 9. Đặc tính hỗ trợ giúp tránh hiện tượng cộng hưởng song song ứng với từng bậc sóng hài

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Xuân Thành, 2014 “Ảnh hưởng của biến tần trực tiếp tới chất lượng điện năng của lưới trung áp 6kV các mỏ lộ thiên” *Tạp chí khoa học công nghệ Mỏ*, số 5 năm 2014.
- [2]. Lê Xuân Thành, (2015) “Nghiên cứu nâng cao chất lượng điện năng mạng 6kV mỏ lộ thiên vùng Quảng Ninh”, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Mỏ-Địa chất.



- [3]. Lê Thị Thu Uyên (2011), *Ứng dụng bộ lọc tích cực để giảm sóng hài cho lưới điện nhà máy xi măng Tây Ninh*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.
- [4]. Alexander Kusko, Sc.D., P.E; Marc T.Thompson, PhD. (2007), *Power quality in Electrical Systems*, Mc Graw Hill
- [5]. Bhende C. N., S.Mishra (2006), TS-fuzzy-controlled active power filter for load compensation, *IEEE, Transactions on Power Deliv*, 21, pp. 1459-1465.
- [6]. Chennai Salim, Benchouia Mohamed Toufik (2011), Intelligent Controllers for Shunt Active Filter to Compensate Current Harmonics Based on SRF and SCR Control strategies, *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, Vol3.
- [7]. GOST 13109 97 (1997) *Electric energy. Requirements for quality of electric energy in general purpose networks*
- [8]. Hamed. S.A. and B.J.Chalmers, (1990), Analysis of variable voltage thyristor controlled induction motors Proc. Inst. Elect. Eng., pt.B, vol 137, no3
- [9]. IEC 61000 - series standards
- [10]. Jidong Wang (2009), Simulation of three-phase three-wire shunt active power filter, *International Journal of Sciences and techniques of automatic Control & Computer engineering*, Volume 3, N°1, pp. 942-955.
- [11]. Sing B., K. Haddad, A. Chandra (1998), A new control approach to three-phase active filter for harmonics and reactive power compensation, *IEEE, Trans. Power Syst.* 13(1), pp. 133-138
- [12]. Chaoui A., F.Krim, J.P.Gaubert, L. Rambault (2008), DPC controlled three-phase active filter for power quality improvement, *Elvisier Electric Power and Energy Systems* 30
- [13]. Thomas M. Blooming, P.E and Daniel J. Carnovale, P.E. *IEEE White Paper Capacitor Application Issues*
- [14]. Ewald F.Fuchs, Mohamad A.S. Masoum, "Power quality in electrical machines and power system", AP publisher, March 2008.