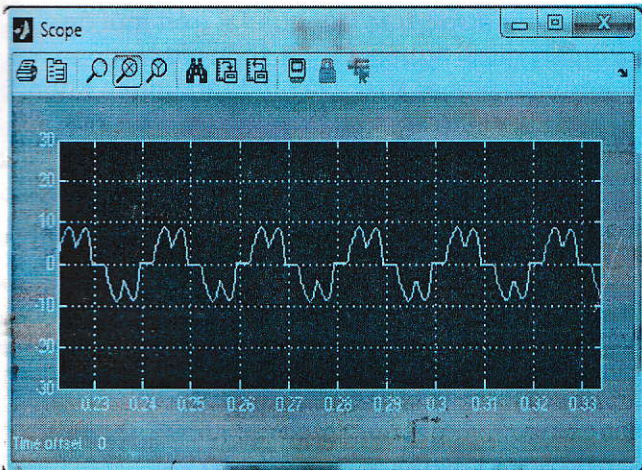


NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG BỘ LỌC TÍCH CỰC CHO HỆ BIẾN TẦN-ĐỘNG CƠ NHẪM GIẢM ẢNH HƯỞNG XẤU TỚI NGUỒN CẤP

ThS. ĐÀO HIẾU, ThS. PHÙNG VĂN TRANG,
ThS. UÔNG QUANG TUYẾN - Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Biến tần có cấu trúc cơ bản gồm hai phần chính là chỉnh lưu và nghịch lưu. Ở giữa chúng là một nguồn áp một chiều với các phần tử lọc giúp ổn định điện áp. Phần chỉnh lưu thực hiện việc chuyển đổi điện áp xoay chiều từ lưới thành điện áp một chiều. Phần nghịch lưu thực hiện việc điều khiển chuyển đổi điện áp một chiều thành điện áp xoay chiều ba pha cấp cho tải theo tần số mong muốn [6].

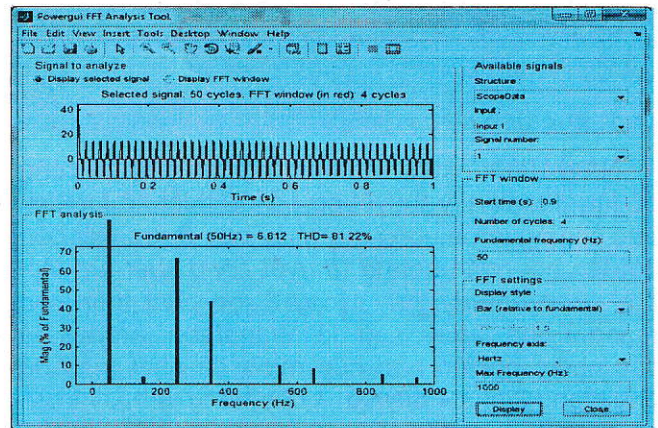
Chính sự chuyển đổi xoay chiều-một chiều-xoay chiều đã gây ảnh hưởng ngược trở lại nguồn cấp làm suy giảm chất lượng của nguồn cấp. Đặc tính dòng và áp của nguồn không còn dạng hình sin nữa. Khi phân tích đặc tính trên bằng chuỗi Fourier, ta thấy đó là tổ hợp của nhiều dao động điều hoà với các bậc khác nhau từ bậc cơ bản của nguồn tới các bậc cao hơn. Đặc tính dòng điện của nguồn cấp cho biến tần lúc đó có dạng như mô tả trên H.1.



H.1. Đặc tính dòng điện của nguồn cấp cho biến tần

Quan sát trên H.1 cho thấy đặc tính dòng của nguồn cấp đã bị thay đổi. Đặc tính này được phân

tích theo chuỗi Fourier bằng khối "FFT Analysis Tool" trong Matlab, ta thu được tỉ lệ các thành phần điều hoà làm suy giảm chất lượng nguồn. Từ H.2, ta thấy, ngoài bậc cơ bản 50 Hz của nguồn là 100 % thì có một vài sóng điều hoà bậc cao có tỉ lệ rất cao như bậc 5 là 66,47 %, bậc 7 là 43,85 %, bậc 11 là 10,16 %, bậc 13 là 8,3 % làm cho tổng tỉ lệ các hài bậc cao (Total Harmonic Distortion (THD)) trong đặc tính này lên tới 81,22 %, vượt xa giá trị cho phép theo tiêu chuẩn IEEE std 509 (Bảng 1 và Bảng 2).



H.2. Phân tích Fourier

Bảng 1. Giới hạn nhiễu điện áp (theo tiêu chuẩn IEEE 519)

Điện áp tại điểm nối chung	NH (U_H/U_1), %	NH _t THD, %
69 kV và thấp hơn	3,0	5,0
Từ 69 kV tới 161 kV	1,5	2,5
Trên 161 kV	1,0	1,5

Ghi chú: NH - Nhiễu điện áp từng loại sóng điều hoà (U_H/U_1), %; NH_t - Nhiễu điện áp tổng cộng các loại sóng điều hoà THD, %.

Bảng 2. Giới hạn nhiều dòng điện (theo tiêu chuẩn IEEE 519)

Nhiều dòng điện tối đa của I tải, %						
Tỉ số ngắn mạch (SCR=I _{sc} /I _{tải})	h<11	11<=h<17	17<=h<23	23<=h<35	35<=h	THD
<20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 tới 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 tới 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 tới 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
Trên 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Hài bậc chặn được giới hạn tới 25 % của giới hạn bậc lẻ ở trên; h: bậc của sóng điều hoà

Từ những phân tích trên ta thấy việc sử dụng biến tần sẽ sinh ra những dao động điều hoà bậc cao ảnh hưởng xấu đến nguồn cung cấp, do đó cần phải có một giải pháp để làm giảm đi sự ảnh hưởng của sóng hài bậc cao này tới nguồn cung cấp.

Một giải pháp phổ biến hiện nay là sử dụng các loại mạch lọc để loại bỏ các sóng điều hoà bậc cao này. Tuy nhiên các mạch lọc thụ động kiểu này hiệu quả không cao, chất lượng nguồn chưa đạt được tiêu chuẩn yêu cầu. Giải pháp hiệu quả nhất hiện nay là sử dụng các mạch lọc tích cực giúp bù lại lượng sai lệch để dòng cấp từ nguồn trở lại gần với dạng hình sin.

1. Lọc tích cực [1]-[5]

Năm 1983, Akagi và nhóm nghiên cứu đã công bố lần đầu tiên lý thuyết cơ sở để thiết kế lọc tích cực cho nguồn ba pha mà ngày nay được biết đến với tên gọi ngắn gọn là "thuyết công suất tức thời p-q". Ban đầu, lý thuyết này được phát triển cho mạng 3 pha 3 dây, sau đó, Wanatabe, Aredes và các nhóm nghiên cứu của mình đã phát triển nó cho mạng 3 pha 4 dây với 1 dây trung tính.

Thuyết p-q dựa trên sự chuyển đổi tương đương từ hệ a-b-c sang hệ α-β-0 theo công thức:

$$\begin{bmatrix} v_0 \\ v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = T \cdot \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} \quad \text{và} \quad \begin{bmatrix} v_0 \\ v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = T \cdot \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix}$$

Với

$$T = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Sau đó thực hiện các tính toán trên hệ α-β-0. Lợi ích của việc chuyển đổi này đó là có thể tách

riêng được thành phần thứ tự 0 trên trục 0 của hệ α-β-0 tương đương i₀ và v₀.

Lúc này, năng lượng tức thời của hệ thống được chia thành 3 thành phần riêng biệt với ý nghĩa vật lý riêng của nó. Bao gồm công suất tức thời thứ tự 0 là p₀, công suất thực tức thời là p và công suất ảo tức thời là q [1].

A. Công suất tức thời thứ 0 p₀:

$$p_0 = v_0 i_0 = \overline{p_0} + \tilde{p}_0 \quad (2)$$

Trong đó: $\overline{p_0}$ - Giá trị công suất tương ứng với năng lượng mà nguồn cung cấp cho tải hoạt động trên mỗi đơn vị thời gian thông qua dòng và áp thứ tự không; \tilde{p}_0 - Giá trị công suất tương ứng với năng lượng được trao đổi qua lại trên mỗi đơn vị thời gian giữa nguồn và tải thông qua dòng và áp thứ tự không.

Năng lượng thứ tự 0 chỉ tồn tại ở hệ ba pha có dây trung tính bị mất đối xứng cả dòng và áp hoặc cả dòng và áp đều có các sóng hài bậc cao. Mặt khác thì hai thành phần của p₀ là $\overline{p_0}$ và \tilde{p}_0 luôn tồn tại cùng nhau do đó để chất lượng hệ tốt hơn thì phải loại bỏ cả $\overline{p_0}$ và \tilde{p}_0 .

B. Công suất thực tức thời p:

$$p = v_\alpha i_\alpha + v_\beta i_\beta = \overline{p} + \tilde{p} \quad (3)$$

Trong đó: \overline{p} - Giá trị công suất tương ứng với năng lượng mà nguồn cung cấp cho tải hoạt động trên mỗi đơn vị thời gian thông qua dòng và áp trên các pha a, b, c khi hệ là đối xứng. Nói cách khác đó là công suất tạo bởi thành phần sóng cơ bản của dòng và áp trên các pha a, b, c, [1],[2]; \tilde{p} - Giá trị công suất tương ứng với năng lượng được trao đổi qua lại trên mỗi đơn vị thời gian giữa nguồn và tải thông qua dòng và áp trên các pha a, b, c. Đây là thành phần không giúp mang năng lượng từ nguồn tới tải nên nó cũng cần được triệt tiêu.

C. Công suất ảo tức thời q

$$q = v_\beta i_\alpha - v_\alpha i_\beta = \overline{q} + \tilde{q} \quad (4)$$

Trong đó: \overline{q} - Công suất ảo tức thời; \tilde{q} - Công suất ảo trao đổi.

Công suất ảo tức thời, q, tương ứng với năng lượng ảnh hưởng (di chuyển) giữa các pha của hệ thống. Nó không phải là năng lượng được vận chuyển hoặc trao đổi giữa nguồn và tải.

Theo hệ a-b-c, (4) có dạng như sau:

$$q = \frac{(v_a - v_b)i_c + (v_b - v_c)i_a + (v_c - v_a)i_b}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

Đây là công thức phổ biến được sử dụng trong các đồng hồ đo công suất phản kháng, trong các hệ thống điện không có các sóng hài bậc cao, đối xứng và sin. Giá trị đo được hiển thị là giá trị trung bình của biểu thức (5).

Công suất ảo tức thời khác với công suất phản kháng thường được đề cập ở chỗ công suất ảo xét đến tất cả những năng lượng tạo ra bởi các sóng hài trong các sóng điện áp và dòng điện. Trong trường hợp đặc biệt, với nguồn áp sin, đối xứng, tải đối xứng, không có hài bậc cao thì \bar{q} chính là công suất phản kháng ($\bar{q} = 3 \cdot V \cdot I_1 \cdot \sin\phi_1$).

Cần lưu ý rằng, dù ở hệ a-b-c hay hệ α - β -0 thì công suất tức thời (p_3) trên hệ thống 3 pha là không đổi. Ta có trên hệ a-b-c thì:

$$P_3 = V_a i_a + V_b i_b + V_c i_c = P_a + P_b + P_c \quad (6)$$

Trên hệ α - β -0 thì:

$$P_3 = V_{\alpha} i_{\alpha} + V_{\beta} i_{\beta} + V_0 i_0 = p + p_0 \quad (7)$$

Theo đó cần phải làm triệt tiêu các thành phần \bar{p} và p_0 . Ngoài ra, cần giảm tối đa năng lượng ảnh hưởng giữa các pha trong hệ thống, chính là giảm tối đa công suất ảo q , tức q cũng cần phải được triệt tiêu. Thuật ngữ được sử dụng để mô tả việc loại bỏ các thành phần \bar{p} , p_0 và q là bù công suất tức thời p-q. Khi đó việc thực hiện bù công suất tức thời chính là việc tạo ra một bộ lọc tích cực (active filter). Tốc độ đáp ứng của bộ lọc tích cực phụ thuộc vào khoảng thời gian cần thiết để hệ thống điều khiển thu thập dữ liệu và tính toán các giá trị này.

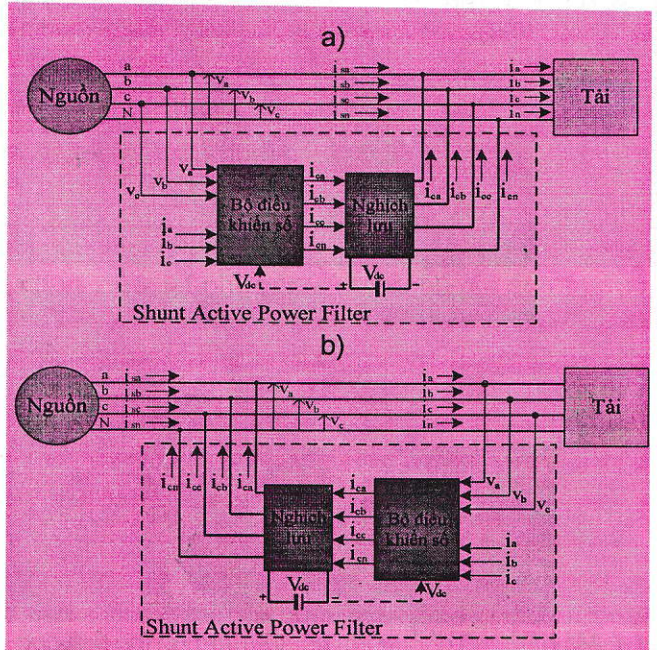
Vấn đề chính của việc tính toán chính là làm sao phân tách được \bar{p} , \bar{p} và xác định p_0 . Nói cách khác, đó chính là làm sao tách được toàn bộ sóng hài bậc cao khỏi các dạng sóng của dòng và áp. Với các bộ điều khiển số thì công việc này không hề phức tạp, tuy nhiên cần một khoảng thời gian đủ lớn để bộ điều khiển trích mẫu, thu thập số liệu đủ cho việc phân tích và tách được hoàn toàn các sóng hài bậc cao. Thực tế thì đa phần các hệ thống nguồn ba pha hiện nay đều mất đối xứng và chứa các sóng hài bậc cao, do đó khoảng thời gian trích mẫu tốt nhất là bằng một chu kỳ sóng cơ bản của dòng và áp.

D. Cấu trúc bộ lọc tích cực

Bộ lọc tích cực (Shunt active power filter) được đấu nối với hệ thống như mô tả chi tiết trên H.3. Cấu tạo cơ bản của một bộ lọc tích cực bao gồm 2 phần chính là khối điều khiển (Controller) làm nhiệm vụ đo lường điều khiển và khối nghịch lưu (Inverter) với nguồn một chiều V_{dc} có nhiệm vụ tạo ra dòng bù cho hệ thống [2].

Trên H.3, các đường kết nối từ các pha của hệ thống với khối điều khiển là các dây đo lường, các đường kết nối khối Inverter với các pha của hệ thống là các dây mạch lực cung cấp dòng bù cho hệ thống.

Khi các dây tín hiệu đo lường của bộ lọc tích cực kết nối với hệ thống ở phía nguồn, các dây mạch lực cung cấp dòng bù kết nối phía tải như H.3.a thì đó là khi nguồn không đối xứng và có các hài bậc cao cần được loại bỏ để tạo ra nguồn tốt nhất cho tải.



H.3. Cấu trúc cơ bản của bộ lọc tích cực

Khi các dây tín hiệu đo lường của bộ lọc tích cực kết nối với hệ thống ở phía tải, các dây mạch lực cung cấp dòng bù kết nối phía nguồn như H.3.b thì đó là khi tải trong quá trình hoạt động đã tạo các hài bậc cao làm suy giảm chất lượng nguồn nên cần loại bỏ các sóng hài này để trả lại chất lượng tốt nhất cho nguồn.

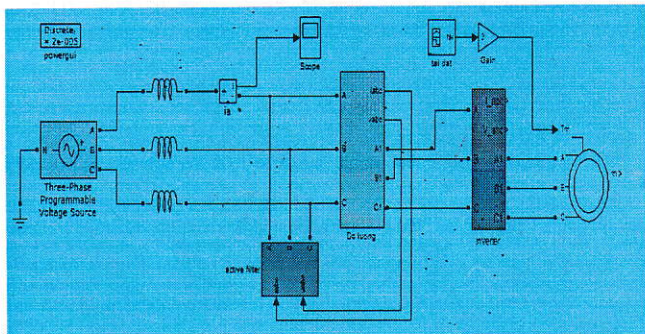
2. Kết quả mô phỏng trên Matlab-Simulink

Vấn với động cơ và nguồn như đã mô tả, bây giờ ta sử dụng thêm bộ lọc tích cực kết nối vào hệ thống như mô tả ở H.4.

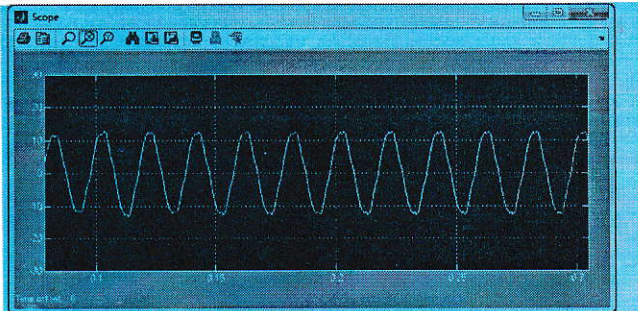
Sau khi kết nối thêm bộ lọc tích cực, quan sát dạng sóng của dòng điện trên pha a (H.5) có thể thấy, nó có dạng hình sin. Tiếp tục phân tích sóng này bằng khối FFT Analysis Tool ta có kết quả như H.6. Quan sát trên H.6, ta thấy giá trị THD=4,75 % nhỏ hơn giá trị tiêu chuẩn là 5 % (Bảng 1). Các phần trăm tỉ lệ của các thành phần theo đó cũng nhỏ hơn giá trị tiêu chuẩn (Bảng 2). Cụ thể như thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3. Bảng kê các thành phần sóng hài của dòng điện pha a theo bậc của thành phần cơ bản

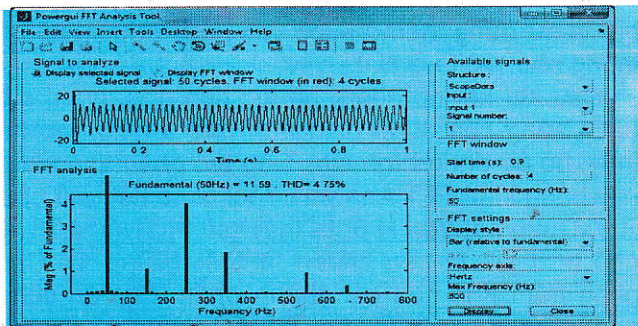
Bậc	Tần số, Hz	Giá trị phân tích, %
Fnd	50	100
2	100	0,04
3	150	1,17
4	200	0,01
5	250	3,55
6	300	0,00
7	350	1,85
8	400	0,01
9	450	0,04
10	500	0,00
11	550	0,95
12	600	0,00
13	650	0,33
14	700	0,00
15	750	0,04



H.4. Mô hình mô phỏng khi hệ sử dụng bộ lọc tích cực



H.5. Dạng sóng của dòng điện pha a của nguồn



H.6. Phân tích Fourier

3. Kết luận

Việc sử dụng một bộ lọc tích cực đi kèm các thiết bị điều khiển động cơ với biến tần sẽ giúp làm giảm đáng kể ảnh hưởng ngược trở lại nguồn lưới của biến tần, không làm chất lượng của nguồn bị suy giảm, các tải có sử dụng biến tần không làm ảnh hưởng đến các tải khác khi chúng sử dụng chung một nguồn cung cấp. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. H. Akagi, Y. Kiuzawa, and A. Nabae, "Generalized Theory of the Instantaneous Reactive Power in Three Phase Circuit" Proceedings of IPEC, Tokey, Japan, 1983, pp.1375-1386.
2. H. Akagi, S. Ogasawara, and H. Kim, "The Theory of the Instantaneous Reactive Power in Three Phase Four-Wire System: Comprehensive Approach" Proceedings of IEEE, 1999.
3. Zhong Ye, "Three-Phase Reactive Power Compensation Using a Single-Phase AC/AC Converter" IEEE Trans of on power electronics, vol. 14, No. 5, September, 1999.
4. João L. Afonso, M. J. Sepúlveda Freitas, and Júlio S. Martins, "p-q Theory Power Components Calculations" IEEE International Symposium on Industrial Electronics Rio de Janeiro, Brasil, 9-11 Junho de 2003.
5. H. Watanabe, H. Akagi, M. Aredes, "The p-q theory for active filter control: some problems and solutions" Programa de Engenharia Elétrica - COPPE/UFRJ, Federal University of Rio de Janeiro, Brasil, 2004.
6. Lê Văn Doanh, "Điện tử công suất", tập 1,2, NXB Khoa học kỹ thuật, 2007-2008.

Người biên tập: Đào Đức Tạo

SUMMARY

Nowadays, inverters are widely used for asynchronous motors in order to increase the systems' efficiency, especially in energy consumption. However, there are some drawbacks of the inverter's using, of which is the influence to the power supply by high frequency harmonics generated by the inverters during their operation. In this paper, the influence of inverters to the supply are analyzed and using the proposed active control filters could be reduced these effects. The results are verified by using Mat lab/Simulink software.