

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/280626629>

# Mitigating the effects of electric arc furnaces EAF on power quality by implementing static compensator SVC

Article · July 2010

---

READS

4

1 author:



[Kim-Anh Nguyen](#)

Danang University of Technology

13 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)


[HOME](#)
["SUPER" PQUBE](#)
[POWER QUALITY](#)
[LV | MV PRODUCTS](#)
[REFERENCES](#)
[CONTACT US](#)



## ARTICLES

**Author:** Nguyen Kim Anh, development manager of PowerMore Co.,Ltd, Email: anh.nk@powermore.vn

Hoang Cuong, technical manager of PowerMore Co.,Ltd, Email: cuong.h@powermore.vn

Le Thuan Hoa, Le Thien Chien, Ngo Duc Binh, students of Danang Polytechnic

## TÓM TẮT:

Các tính chất đặc trưng của lò hồ quang điện xoay chiều (EAF) cũng như những tác động nghiêm trọng của chúng đến hệ thống điện được nghiên cứu để tạo cơ sở lựa chọn phương án khắc phục một cách hiệu quả, đặc biệt khi số lượng EAF gia tăng nhanh theo sự phát triển của ngành công nghiệp thép. Bài báo xét mô hình một hệ thống điện có tải là EAF trước và sau khi lắp đặt thiết bị bù tĩnh (SVC).

Kết quả phân tích cho thấy những tác động tiêu cực của EAF đến lưới điện và tác dụng SVC trong việc cải thiện chất lượng điện. Tất cả các quá trình đều được mô hình hóa và mô phỏng trên Matlab/Simulink.

## 1. Đặt vấn đề

Với sự tăng trưởng mạnh về kinh tế, về cơ sở hạ tầng và công nghiệp, Việt Nam cần một lượng thép rất lớn để đáp ứng nhu cầu này. Điều này có nghĩa rằng chúng ta phải đầu tư rất nhiều lò hồ quang điện một chiều, xoay chiều và lò trung tần. Tất cả các phụ tải này đều có công suất lớn và gây ra rất nhiều vấn đề cho hệ thống điện. Do tính chất vận hành đơn giản, suất đầu tư rẻ và công suất lớn nên EAF được đầu tư phổ biến. Nó thường có dải công suất từ 10MW đến 140MW, dòng điện từ 5kA đến 150kA.

Ngoài những lợi ích mà EAF mang lại, do tính chất phi tuyến mạnh của đặc tính dòng áp của hồ quang (gọi là đặc tính VIC) làm cho chiều dài hồ quang liên tục thay đổi, mất đối xứng giữa các điện cực. Nguyên nhân này đã dẫn đến việc bơm hài dòng vào lưới điện, gây méo và chập chờn điện áp hay "flicker", mất đối xứng đối với hệ thống điện 3 pha và hệ số công suất thấp. Những yếu tố này dẫn đến các vấn đề như: vận hành không đúng nguyên tắc cho hệ thống điện, già hóa nhanh chóng máy biến áp lò và gây rối loạn các thiết bị tiêu thụ điện đấu nối vào điểm kết nối chung PCC (Point of Common Connection), tổn thất điện năng trên lưới truyền tải và phân phối, gây sụt áp lưới, làm giảm hiệu suất làm việc của lò, tăng tổn hao điện cực. Hiện tượng chập chờn điện áp còn gây ra hiện tượng tâm lý không ổn định cho ảo giác của con người khi có sự thay đổi thông lượng ánh sáng từ các bóng đèn theo sự thay đổi mang tính chu kỳ của dao động điện áp.

Trước khi thiết kế bộ bù thì bước đầu tiên phải đánh giá, dự đoán được các tác động của tải EAF và các kết quả mong muốn sau khi đưa bộ bù vào hoạt động. Trong trường hợp này mô phỏng tỏ ra là một công cụ rất hiệu quả. Nó cho phép xác định các thành phần hài dòng điện, điện áp và "flicker" khi EAF hoạt động. Và sau khi lắp đặt thiết bị bù, tác dụng cải thiện được thể hiện rõ qua các kết quả mô phỏng. Bên cạnh đó mô phỏng bằng Matlab/Simulink còn dùng để lập trình cho bộ điều khiển trung tâm của SVC.

Các nội dung trong bài báo dựa trên mô phỏng EAF và SVC tiến hành trong môi trường Matlab/Simulink.

## 2. Lò hồ quang điện xoay chiều EAF

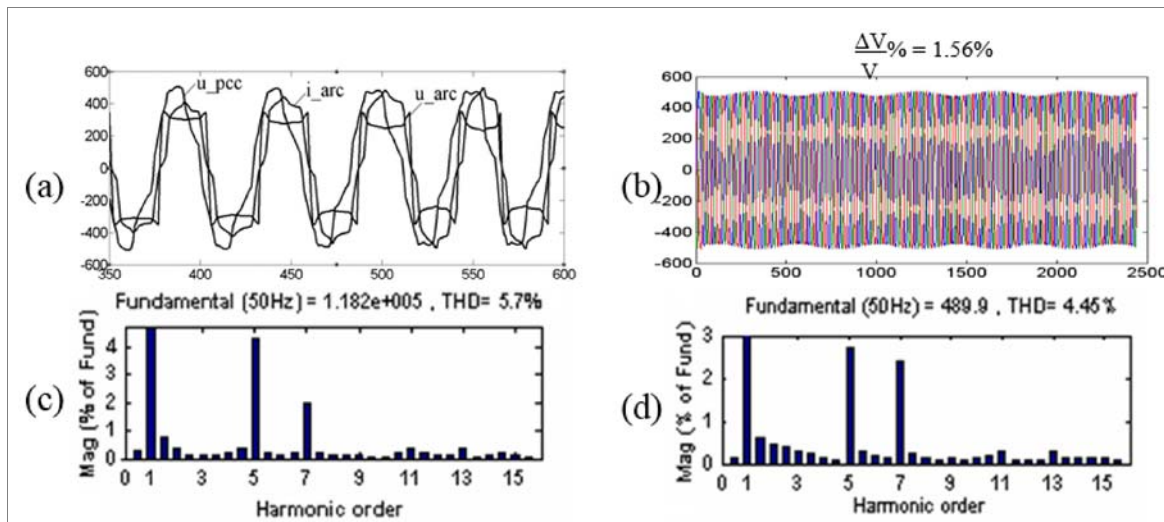
### 2.1. Cơ sở lý thuyết

Lò hồ quang sử dụng nhiệt năng chuyển từ điện năng để nấu chảy kim loại. Trong suốt quá trình hoạt động, tính chất ngẫu nhiên của hồ quang và hệ thống điều khiển điện cực đã tạo ra các hiện tượng sóng hài, "flicker" và mất cân bằng tải.

Đã có nhiều mô hình EAF dựa trên những phương pháp khác nhau được đưa ra, trong đó phương pháp "miền thời gian" theo đặc tính V-I đơn giản và thuận lợi hơn cả khi mô phỏng dòng hồ quang có tính chất phi tuyến và thay đổi theo thời gian. Việc xây dựng thành công mô hình ba pha, thể hiện được hiện tượng "flicker" cũng như có xét đến ảnh hưởng của công suất ngắn mạch lưới điện là một điểm mới lạ, làm cho các kết quả mô phỏng càng gần với thực tế.

### 2.2. Mô hình hóa và mô phỏng EAF

Sơ đồ mô phỏng EAF được thể hiện trong hình 4 đi kèm với bộ SVC. Mô hình gồm một lò hồ quang công suất 50 MVA, hệ số công suất 0.82 được cấp điện từ nguồn U(t) có công suất ngắn mạch 1000MVA, tỉ lệ X/R = 9. Xs, Rs lần lượt là điện kháng và điện trở của đường dây, máy biến áp phía trước PCC. Xc, Rc là điện kháng và điện trở của đường dây, máy biến áp và cáp dẫn mềm từ PCC đến .



Hình 1. Kết quả mô phỏng khi chưa có SVC

(a) Dòng điện và điện áp hồ quang cùng điện áp tại PCC (b) Flicker tại PCC

(c) Phổ dòng điện hồ quang (d) Phổ điện áp tại PCC

Các thông số cụ thể được sử dụng trong mô hình:  $U_m = 566(V)$ ,  $R_s = 5.28e-5 (\Omega)$ ,  $L_s = 1.243e-6 (H)$ ,  $R_c = 3.336e-4 (\Omega)$ ,  $L_c = 8.541e-6 (H)$ .

Kết quả phân tích phổ, hình dạng dòng và áp tại điểm kết nối chung PCC cũng như hiện tượng “flicker” được thể hiện rõ trong hình 1. Thành phần bậc một trong các hình 1(c) và hình 1(d) ứng giá trị 100% được cho vượt ra ngoài thang đo để có thể thấy rõ các bậc hài khác.

Kết quả THD đo tại điểm PCC của dòng điện và điện áp là 5.7% và 4.45%. Các giá trị này vượt quá quy định về sóng điều hòa của tiêu chuẩn IEEE Std 519. Có thể thấy rằng trong các bậc hài ảnh hưởng lưới điện thì bậc 5 và bậc 7 có biên độ lớn hơn cả nên cần có biện pháp lọc hai bậc hài này. Ngoài ra độ dao động điện áp là 1.56% trong khoảng tần số 8 đến 10Hz sẽ gây ảnh hưởng đến mắt và các thiết bị chiếu sáng.

**Bảng 1. Kết quả phân tích hài gây ra bởi EAF khi chưa có SVC**

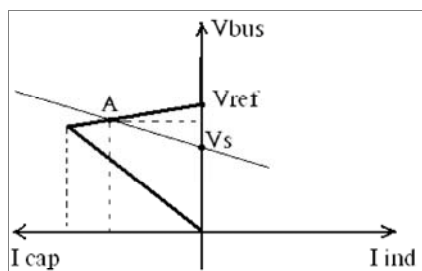
Loại	THD (%)	Bậc 1 (Đỉnh)	Bậc 3 (%)	Bậc 5 (%)	Bậc 7 (%)	Bậc 9 (%)	Bậc 11 (%)
$I_{pcc}$	5.7	66.21 (kA)	0.18	4.30	1.90	0.04	0.39
$U_{arc}$	54.57	368.4 (V)	44.45	26.09	17.79	13.04	9.93
$U_{pcc}$	4.45	530.6 (V)	0.30	2.66	2.42	0.26	0.33

### 3. Xây dựng bộ bù tĩnh SVC

#### 3.1. Cơ sở lý thuyết

SVC thuộc hệ thống FACTS là thiết bị bù song song, sử dụng nguồn điện để điều khiển dòng công suất và cải thiện độ ổn định của lưới điện. Bộ SVC điều chỉnh điện áp tại điểm nó được mắc vào, bằng cách điều khiển lượng công suất phản kháng được tiêu thụ hay phát vào hệ thống. Khi điện áp giảm xuống nó sẽ phát công suất phản kháng vào hệ thống và ngược lại. Lượng công suất phản kháng đó được điều khiển bằng việc đóng mở hệ thống các tụ điện và cuộn kháng được mắc vào phía thứ cấp của máy biến áp. Đối với SVC loại FC-TCR thì số lượng các tụ được giữ cố định, còn các cuộn cảm được điều khiển đóng mở bằng hệ thống Thyristor.

Đặc tính V-I của SVC chia làm ba vùng làm việc được mô tả bởi các phương trình:



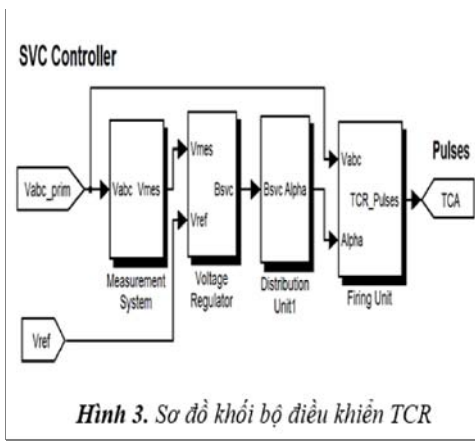
$$V = V_{ref} + X_s * I \quad (-B_{Cmax} < B < 0) \quad (1)$$

$$V = \frac{-I}{B_{Cmax}} \quad (B = -B_{Cmax}) \quad (2)$$

$$I = 0 \quad (B = 0) \quad (3)$$

Khi dung dẫn của SVC nằm trong vùng giới hạn bởi 0 và  $B_{Cmax}$  thì điện áp được điều chỉnh lân cận giá trị điện áp tham chiếu  $V_{ref}$  và đường đặc tính của SVC sẽ có độ dốc như hình 2.

### 3.2. Mô hình hóa hệ thống SVC



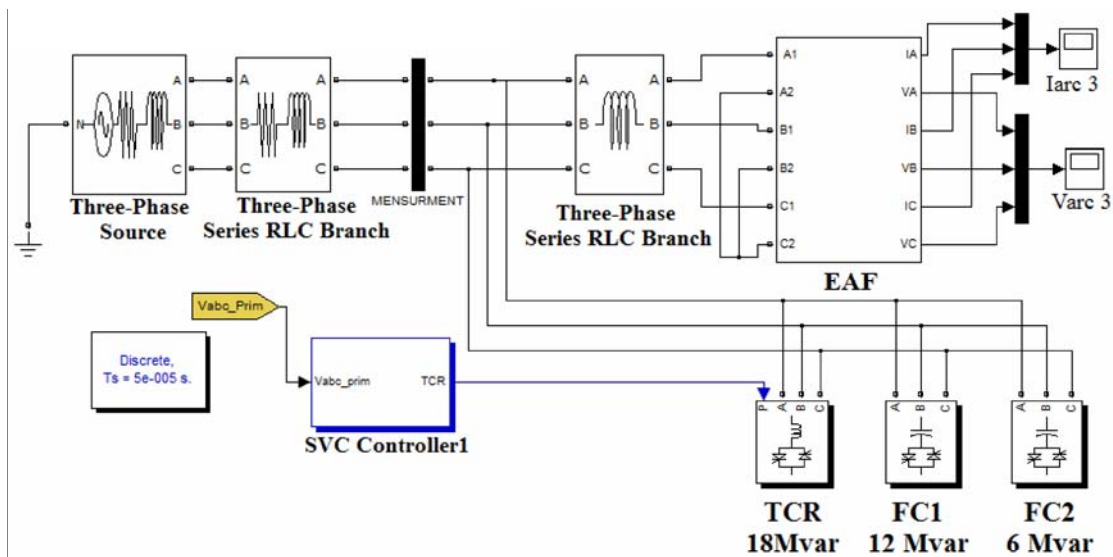
Hình 3. Sơ đồ khối bộ điều khiển TCR

Trong mô hình này, hệ thống SVC được mắc song song với EAF bao gồm 2 bộ FC1, FC2 (Fix Compensator) công suất lần lượt là 12MVAR và 6MVAR có chức năng bù công suất phản kháng và lọc sóng hài bậc 5 và 7. Bộ TCR công suất 18MVAR nhằm điều chỉnh lượng công suất bù cần thiết.

Khối SVC Controller có nhiệm vụ điều khiển việc đóng mở van cho TCR. Khối điều khiển này có 4 khối con:

- Ø Khối Measurement System: đo lường điện áp phản hồi và lấy điện áp đồng bộ cấp cho khâu phát xung.
- Ø Khối Voltage Regulator: điều chỉnh điện áp bám theo điện áp đặt.
- Ø Khối Distribution Unit: tính toán góc mở alpha cho các thyristor, nhằm phát đúng công suất cần bù.
- Ø Khối Firing Unit: phát xung kích mở cho các thyristor đúng thời điểm tương ứng với góc alpha.

### 4. Mô hình hóa và mô phỏng hệ thống gồm SVC và EAF



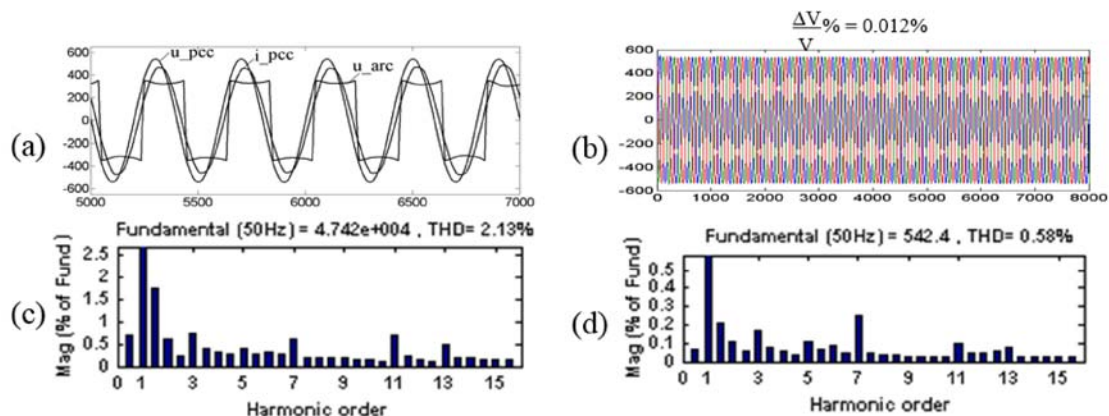
Hình 4. Mô hình hóa hệ thống SVC và EAF

Sau khi đưa vào hoạt động như trong mô hình ở hình 4 tác dụng của bộ SVC được thể hiện rất rõ ràng. Hàm điện áp tại điểm kết nối chung giảm từ 4.45% xuống 0.57% trong khi hàm dòng điện từ 5.7% xuống còn 2.13%. Kết quả cho thấy hàm dòng điện giảm đi một nửa và hàm điện áp giảm gần như hoàn toàn.

Đồng thời  $\frac{\Delta V}{V} \cdot \phi_0 = 0.012\%$ , "flicker" không còn ảnh hưởng nhiều đến lưới điện. Do đó SVC là một sự lựa chọn hợp lý cho EAF và những tải có tính chất tương tự bởi những ưu điểm được thể hiện ở trên.

Bảng 2. Kết quả phân tích hài gây ra bởi EAF sau khi đưa SVC vào

Loại	THD (%)	Bậc 1 (Đỉnh)	Bậc 3 (%)	Bậc 5 (%)	Bậc 7 (%)	Bậc 9 (%)	Bậc 11 (%)
I <sub>pcc</sub>	2.13	47.42 (kA)	0.76	0.40	0.62	0.18	0.69
U <sub>arc</sub>	45.1	413.5 (V)	35.59	20.30	13.34	9.28	6.63
U <sub>pcc</sub>	0.57	542.4 (V)	0.17	0.11	0.25	0.05	0.11



**Hình 5.** Kết quả mô phỏng khi đưa SVC và hoạt động  
 (a) Dòng điện và điện áp tại PCC cùng điện áp hồ quang (b) Flicker tại PCC  
 (c) Phổ dòng điện hồ quang (d) Phổ điện áp tại PCC

## 5. Kết luận

Phần đầu của bài báo đã xây dựng thành công một mô hình lò hồ quang ba pha với đầy đủ các tính chất đặc trưng như: không cân bằng, điện trở hồ quang phi tuyến mạnh và biến đổi theo thời gian. Dựa vào kết quả mô phỏng có thể đánh giá và phân tích được mức độ ảnh hưởng của EAF đến lưới điện. Trong phần tiếp theo, bộ bù tĩnh loại FC-TCR được thiết kế cho hệ thống này. Khi bộ bù được lắp đặt vào hệ thống thì ảnh hưởng của EAF đã giảm đi rõ rệt. Hàm dòng điện và đặc biệt là hàm điện áp giảm đáng kể, hiện tượng "flicker" cũng bị triệt tiêu. Điều đó cho thấy sự đúng đắn khi chọn bộ bù tĩnh loại FC-TCR cho EAF và những tải có tính chất tương tự. Đồng thời phương pháp mô phỏng đã chứng minh đây là một công cụ hữu hiệu trong việc thiết kế và lựa chọn và thử nghiệm các loại bộ bù.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS. TS. Bùi Quốc Khánh, KS. Nguyễn Kim Ánh (2009), "Thiết kế bộ lọc tích cực cho việc giảm hài dòng điện và bù công suất phản kháng cho nguồn lò nấu thép cảm ứng", *Tạp chí KH & CN, Đại học Đà Nẵng*, ISN 1859-1531, số 4(33), tr. 35-42.
- [2] G. Manchur, C.C. Erven (1992), "Development of a model for predicting flicker from electric arc furnaces", *IEEE Transactions on Power Delivery*, (1/1992), Vol. 7, No. 1.
- [3] R. Hooshmand, M. Banejad, M. Torabian Esfahani (2008), "A new time domain model for EAF", *Journal of Electrical Engineering*, Vol. 59, No. 4, pp. 195-202.
- [4] Xiao-Ping Zhang, Christian Rehtanz, Bikash Pal (2006), *Flexible AC Transmission Systems: Modelling and Control*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Printed in Germany.
- [5] Sun Yusheng (Zhengzhou University of Light Industry) (2008), "Research on Three-Level Hysteresis-Band Current Tracking Control of Single-Phase DC/AC Converter", *Electrotechnical Application*.
- [6] Wu Chunhua Zhang Yi Cui Kaiyong Chen Guocheng Chen Weimin Xiao Peng (Shanghai University Shanghai 200072 China) (2009), "Control Strategy for Single-Stage Three-Phase Boost-Type Grid-Connected Inverter", *Transactions of China Electrotechnical Society*.

f Share

Home

Top

### NORTHERN REGION OFFICE

Add: No.4 Ngo Quyen st, Ly Thai To ward, Hoan Kiem Dist, Ha Noi city  
 Tell: (+84) 925 671 601  
 Fax: (+84) 5113 958 709  
 Email: cuong.h@powermore.vn

### CENTRAL REGION OFFICE

Add: Che Lan Vien st, Ngu Hanh Son Dist, Da Nang  
 Tel: (+84) 925 671 601  
 (+84) 5113 958 708  
 Fax: (+84) 5113 958 709  
 Email: cuong.h@powermore.vn

### ABOUT US



### POWERMORE LIMITED COMPANY

Add: No. 4 Nguyen Dinh Chieu st, First Dist, Ho Chi Minh city  
 Tel: (+84) 925 671 601  
 Fax: (+84) 5113 958 709  
 Email: cuong.h@powermore.vn