

# NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ HẠN CHẾ QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ TRONG ĐÓNG CẮT THIẾT BỊ BÙ ĐỘNG TRÊN LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

INVESTIGATE, DESIGN AND FABRICATE REDUCED TRANSIENT PHENOMENA APPARATUS FOR CAPACITOR SWITCHING ON DISTRIBUTION NETWORK

Trần Thanh Sơn

## TÓM TẮT

Chất lượng điện năng là một trong những yếu tố ảnh hưởng lớn tới tuổi thọ của thiết bị và chất lượng của sản phẩm, đặc biệt là các thiết bị chứa các linh kiện điện tử - các phần tử nhạy cảm với điện áp của nguồn điện. Trên lưới điện phân phối hiện nay có lắp đặt nhiều tụ bù theo cấp nên việc đóng cắt các thiết bị này thường xuyên gây ra quá trình quá độ, ảnh hưởng tới chất lượng điện áp và gây hậu quả là giảm tuổi thọ của thiết bị hoặc làm giảm chất lượng của sản phẩm. Do đó bài báo này giới thiệu một nghiên cứu ứng dụng bao gồm thiết kế, chế tạo một thiết bị hạn chế dao động quá độ sử dụng điện trở đóng trước khi đóng cắt các tụ bù hạ thế. Các kết quả mô phỏng bằng EMTP và thực nghiệm đã chỉ ra hiệu quả của thiết bị trong việc hạn chế mức độ quá điện áp khi đóng các tụ bù. Thiết bị này từ đó có thể được ứng dụng rộng rãi trên lưới điện phân phối tại Việt Nam.

**Từ khóa:** Quá điện áp, chất lượng điện năng, đóng cắt tụ bù, điện trở đóng trước, EMTP.

## ABSTRACT

Power quality is an important factor that affects the life time of electrical devices and product quality, especially the devices within integrated electronic elements - which is sensitive to the voltage source. Capacitors are usually installed in distribution network for reactive power compensation, so that transient phenomena appears frequently during capacitor switching. As a result, the life time and the quality of product could be reduced due to the this dark side. This paper presents an application study based on design and fabrication of a reduced transient phenomena apparatus using pre-inserted resistor for low voltage capacitor switching. Simulation by EMTP and experimental results showed that overvoltages were suppressed by using this apparatus which can be therefore applied widely in Vietnam distribution network.

**Keywords:** Overvoltage, power quality, capacitor switching, pre-inserted resistor, EMTP.

Trường Đại học Điện lực

Email: sontt@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 18/2/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/4/2019

Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2019

## 1. MỞ ĐẦU

Với sự gia tăng của số lượng và dung lượng bù ngày càng tăng, việc đóng cắt trực tiếp các thiết bị bù sẽ ảnh hưởng rất

lớn đến chất lượng điện năng và qua đó làm giảm tuổi thọ của các thiết bị kết nối vào lưới, đồng thời giảm độ tin cậy cung cấp điện. Chất lượng điện năng và độ tin cậy cung cấp điện đang là hai vấn đề mà Tập đoàn Điện lực Việt Nam rất quan tâm để đảm bảo. Thêm vào đó với sự gia tăng của các thiết bị nhạy cảm với điện áp, việc đảm bảo chất lượng điện áp ngày càng phải được tập trung nghiên cứu.

Nhiều tác giả tập trung nghiên cứu vấn đề quá độ điện áp và dòng điện trên lưới phân phối khi đóng cắt hệ thống tụ bù [1-4], các kết quả đã chỉ ra sự ảnh hưởng lớn của việc đóng cắt này tới chất lượng điện năng. Các tác giả cũng nghiên cứu các giải pháp để hạn chế quá điện áp và quá dòng, trong đó ba giải pháp chính được đưa ra là sử dụng điện trở, sử dụng điện kháng và đóng cắt khi dòng qua điểm 0. Nghiên cứu ảnh hưởng của đóng cắt tụ tại các vị trí khác nhau trên lưới phân phối và tập trung tại các điểm phụ tải bằng chương trình quá độ điện từ EMTP (Electromagnetic Transient Program) được báo cáo trong [5].

Tuy nhiên các nghiên cứu này mới chỉ dừng ở lý thuyết mà chưa có các ứng dụng thực tế. Chính vì vậy, tác giả bài báo này đã tiến hành nghiên cứu không chỉ giới hạn về mặt lý thuyết mà còn thực hiện công việc thiết kế, chế tạo thiết bị hạn chế quá trình quá độ khi đóng cắt tụ bù hạ thế. Các kết quả nghiên cứu bằng mô phỏng và thực nghiệm đã chỉ ra hiệu quả của thiết bị trong việc hạn chế quá điện áp khi đóng cắt các tụ bù hạ thế. Trên cơ sở đó, thiết bị này có thể được chế tạo và sử dụng rộng rãi trên lưới điện phân phối hạ áp.

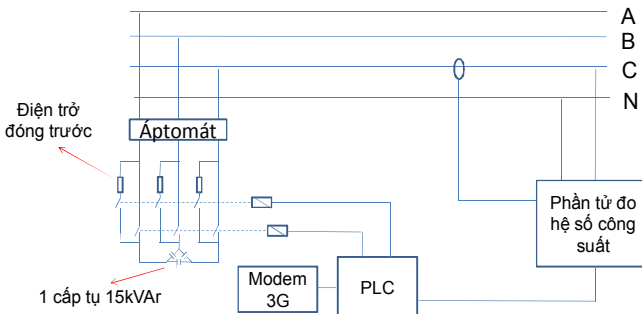
## 2. CẤU TẠO CỦA THIẾT BỊ HẠN CHẾ QUÁ ĐỘ KHI ĐÓNG CẮT TỤ BÙ

### 2.1. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị

Thiết bị hạn chế hiện tượng quá độ khi đóng tụ hạ thế được chế tạo trong nghiên cứu này sử dụng điện trở đóng trước. Sự bổ sung điện trở đóng trước sẽ làm giảm quá độ do năng lượng được tiêu tán trong điện trở. Mức tiêu thụ năng lượng cao của điện trở sẽ làm giảm biên độ của dòng và áp quá độ và dập tắt nhanh các dao động. Sơ đồ công nghệ của thiết bị hạn chế dao động quá độ khi đóng tụ được giới thiệu trên hình 1.

Các phần tử của sơ đồ này được thiết kế như sau:

- Các bình tụ hạ áp ba pha, số lượng bình tụ tùy thuộc theo nhu cầu bù hệ số công suất yêu cầu;
- Phần tử giám sát hệ số công suất, lấy tín hiệu dòng điện và điện áp của lưới điện;
- PLC điều khiển đóng, cắt tụ và điện trở đóng trước theo thuật toán được cài đặt;
- Modem 3G để hiệu chỉnh cài đặt thông số vận hành từ xa;



Hình 1. Sơ đồ công nghệ của thiết bị hạn chế dao động quá độ khi đóng tụ hạ thế

- Các khởi động từ điều khiển bởi PLC để đóng cắt tụ và điện trở đóng trước;
- Điện trở đóng trước với trị số được lựa chọn phù hợp với trị số điện dung của các bình tụ;
- Áp tô mát tổng.

**2.2. Lựa chọn giá trị của điện trở đóng trước**

Kịch bản nguy hiểm nhất cho sự vận hành đóng tụ điển hình là sự năng lượng hóa tụ tại điện áp cực đại của hệ thống. Khi năng lượng hóa tụ tại điện áp đỉnh, điện áp quá độ có thể đạt đến hai lần điện áp vận hành, tuy nhiên các tổn thất mang tính trở trong mạch điện sẽ làm giảm một phần biên độ điện áp quá độ.

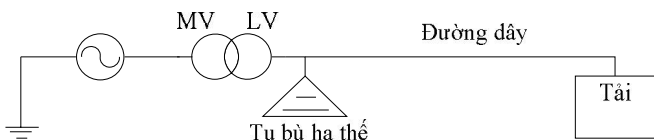
Hiện tượng dao động do quá độ khi đóng tụ là kết quả của sự trao đổi năng lượng giữa các phần tử cảm kháng và dung kháng trong mạch điện. Năng lượng tích trữ trong các phần tử tụ (1/2CU<sup>2</sup>) chảy qua phần tử mang tính cảm (1/2LI<sup>2</sup>).

Sự dao động quá độ xuất hiện trong quá trình đóng tụ có tần số được tính theo công thức:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C}} \tag{1}$$

Trong đó, L<sub>s</sub> là điện cảm của hệ thống, C là điện dung của bộ tụ đang xem xét.

Trên thực tế, tụ bù hạ thế được lắp đặt tại trạm biến áp phân phối như mô tả như trên hình 2.



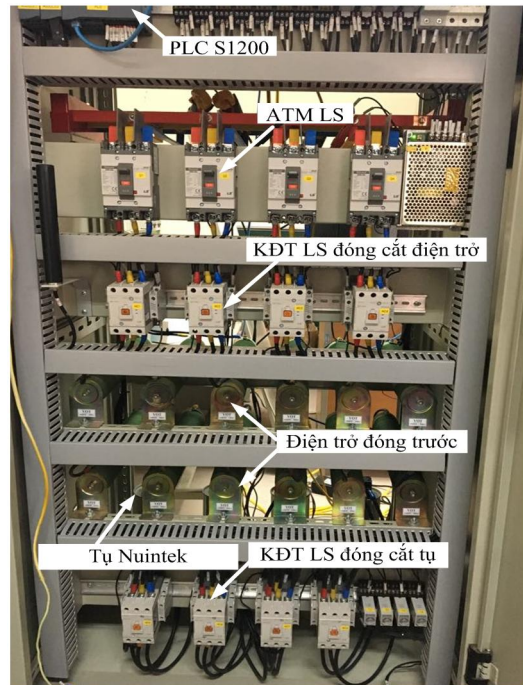
Hình 2. Sơ đồ lắp đặt tụ bù hạ thế

Lúc này có thể coi tụ C hợp với điện cảm L của máy biến áp tạo thành mạch L-C có tổng trở sóng  $Z = \sqrt{\frac{LMBA}{C_{t\dot{u}}}}$ . Điện trở đóng trước được đặt nối tiếp với các tụ điện được chọn có giá trị bằng tổng trở sóng của mạch điện.

**2.3. Thiết kế thông số kỹ thuật**

Từ sơ đồ nguyên lý nêu trên, tụ tụ bù hạ thế dung lượng bù 60kVar tích hợp thiết bị hạn chế dao động quá độ khi đóng cắt tụ được thiết kế, chế tạo với mục đích sử dụng cho các trạm biến áp hạ thế hoặc các phụ tải cần bù hệ số công suất. Hình ảnh thiết bị được giới thiệu trên hình 3.

Bảng 1 giới thiệu các thông số chính của các phần tử của tủ.



Hình 3. Tủ tụ bù tích hợp thiết bị hạn chế dao động quá độ khi đóng cắt tụ  
Bảng 1. Các phần tử để chế tạo tụ bù

Phần tử	Hãng sản xuất	Thông số chính
Bình tụ ba pha hạ áp	Nuintek	15 kVar/bình
Điện trở đóng trước	Việt Nam	30 Ω/pha
PLC	Siemens	S1200
Khởi động từ	LS	50 A
Áp tô mát	LS	50 A

Các thông số vận hành của tủ tụ bù tích hợp thiết bị hạn chế dao động quá độ được trình bày trong bảng 2.

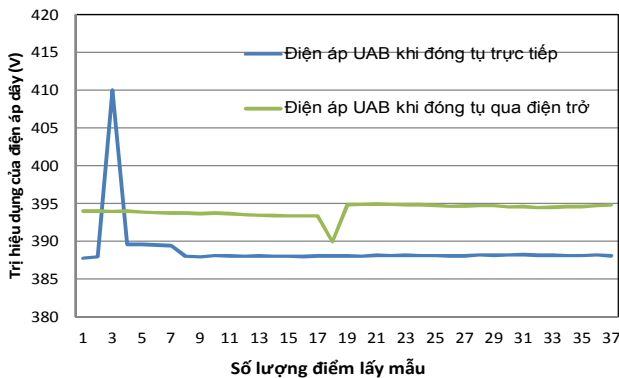
Bảng 2. Thông số vận hành của tủ tụ bù tích hợp thiết bị hạn chế dao động quá độ khi đóng cắt tụ

Thiết bị hạn chế quá trình quá độ khi đóng cắt tụ bù	Đơn vị đo	Giá trị
Điện áp ba pha	V	380
Tần số	Hz	50
Dòng điện định mức	A	50
Công suất tụ	kVar	60

Số cấp tụ	Cấp	4
Hiệu quả hạn chế quá điện áp	Pu	<1,2
Tốc độ đóng cắt	Ms	5
Tần suất đóng cắt	Lần	>10 000

### 3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Tủ tụ bù tích hợp thiết bị hạn chế dao động quá độ khi đóng cắt tụ được thử nghiệm trong phòng thí nghiệm sử dụng thiết bị kiểm toán năng lượng Hioki PW3198 để kiểm chứng hiệu quả của giải pháp.

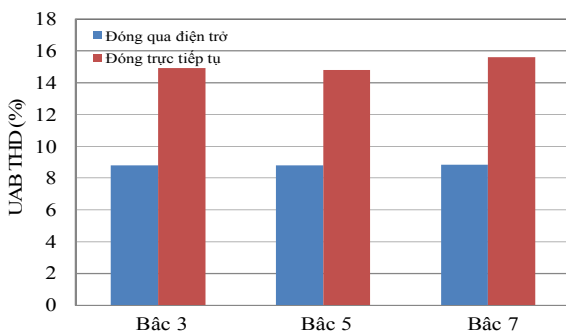


Hình 4. Điện áp dây trên thanh cái của tủ tụ bù khi đóng tụ qua điện trở và đóng trực tiếp

Trước hết cần lưu ý rằng thiết bị kiểm toán năng lượng chỉ cho phép đo lường trị số hiệu dụng của điện áp dây theo thời gian. Hình 4 giới thiệu kết quả đo lường trị số hiệu dụng điện áp dây  $U_{AB}$  khi thực hiện thí nghiệm đóng trực tiếp một bình tụ 15kVar và đóng bình tụ này qua điện trở 30Ω.

Kết quả cho thấy đối với trường hợp đóng tụ trực tiếp, khi đóng điện áp tăng từ 387V lên 410V (tăng khoảng 6%), sau khoảng 1 thời gian ngắn thì quá trình quá độ kết thúc, điện áp được ổn định ở mức 389V. Trong khi đó nếu ta thực hiện đóng qua điện trở thì điện áp bị giảm từ 394V xuống 389V và sau đó tăng lên 395V. Trong trường hợp đóng qua điện trở mức độ dao động điện áp là 1,7%.

Như trình bày ở trên, thiết bị đo là Hioki PW3198 có hạn chế về thời gian lấy mẫu cũng như chỉ đo được giá trị hiệu dụng nên kết quả chỉ cho thấy một phần tác dụng của thiết bị thiết kế. Trên thực tế, nếu đóng trực tiếp điện áp còn có nhiều dao động với mức độ xung lớn hơn nhiều so với giải pháp thiết kế [4,5].



Hình 5. Phổ sóng hài trong điện áp dây  $U_{AB}$  khi đóng tụ trực tiếp và đóng tụ qua điện trở

Bảng 3. Hàm lượng hài bậc 3, bậc 5 và bậc 7 khi đóng tụ trực tiếp và đóng qua điện trở

Bậc sóng hài	Giá trị (%)	
	Đóng qua điện trở	Đóng trực tiếp tụ
Bậc 3	8,79	14,9
Bậc 5	8,79	14,8
Bậc 7	8,82	15,6

Hơn nữa, thực hiện phân tích phổ sóng hài bậc 3, bậc 5 và bậc 7 của điện áp dây  $U_{AB}$  khi đóng tụ trực tiếp và đóng tụ qua điện trở, ta nhận được kết quả như trên hình 5 và bảng 3.

Từ các kết quả này có thể thấy rằng thiết bị hạn chế quá trình quá độ khi đóng cắt tụ có hiệu quả trong việc loại trừ quá điện áp và giảm hàm lượng sóng hài của lưới điện khi xảy ra chuyển mạch các tụ bù hạ áp.

### 4. KẾT LUẬN

Thiết bị hạn chế quá trình quá độ khi đóng cắt tụ bù sử dụng điện trở đóng trước được nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm. Kết quả thực nghiệm cho thấy thiết bị đã giảm được đáng kể dao động điện áp và lượng sóng hài khi đóng tụ. Thiết bị có thể ứng dụng trên lưới điện phân phối hạ thế để nâng cao chất lượng điện năng, hiệu suất của các thiết bị và nâng cao tuổi thọ của các bộ tụ bù và các thiết bị điện khác vận hành trên lưới.

### LỜI CẢM ƠN

Tác giả bài báo trân trọng cảm ơn Vụ Khoa học và Công nghệ - Bộ Công Thương đã hỗ trợ kinh phí và các đồng nghiệp TS Trần Anh Tùng, TS Phạm Mạnh Hải, TS Nguyễn Đức Quang, TS Vũ Thị Thu Nga và TS Đặng Thu Huyền hỗ trợ thực hiện nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thiết bị này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. D. T. Rizey, E. W. Gunther and M. F. McGranaghan, 1987. *Transient and Harmonic Voltages Associated with Automated Capacitor Switching on Distribution Systems*, in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 2, no. 3, pp. 713-723.
- [2]. T. E. Grebe, 1996. *Application of distribution system capacitor banks and their impact on power quality*. in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 32, no. 3, pp. 714-719.
- [3]. C. J. Dafis, C. O. Nwankpa and A. Petropulu, 1999. *A study on the prediction of capacitor-switching transient times*. 1999 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting. Conference Proceedings (Cat. No.99CH36364), Edmonton, Alta., pp. 806-811 vol.2.
- [4]. Denis V Coury, Cláudio José dos Santos, Mário Oleskovicz, Maria Cristina Tavares, 2003. *Transient analysis concerning capacitor bank switching in a distribution system*. Electric Power Systems Research, Volume 65, Issue 1, Pages 13-21, ISSN 0378-7796.
- [5]. Durga Bhavani Mupperty, 2001. *Capacitor Switching transient modelling and analysis on an electrical utility distribution system using Simulink software*. Master's theses.

### AUTHOR INFORMATION

**Tran Thanh Son**

Electric Power University