

GIẢI PHÁP SỬ DỤNG KHÁNG ĐIỆN HẠN CHẾ QUÁ DÒNG VÀ ÁP KHI ĐÓNG CẮT TỤ BÙ ĐỘNG TRÊN LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI AN BIÊN

APPLICATION OF THE CURRENT LIMITING REACTORS TO REDUCE THE INFLUENCE OF CONTROLLED CAPACITORS SWITCHING TRANSIENTS ON AN BIEN DISTRIBUTION GRID

Trần Thanh Sơn

Trường Đại học Điện lực

Tóm tắt:

Bài báo nghiên cứu giải pháp sử dụng kháng điện nhằm hạn chế ảnh hưởng của quá trình quá độ khi đóng cắt các tụ bù ứng động trên lưới điện phân phối An Biên. Các tính toán giải tích được giới thiệu đối với việc lựa chọn trị số điện cảm của kháng điện. Bên cạnh đó, chương trình quá độ điện từ EMTP-ATP được sử dụng để mô phỏng quá trình đóng tụ điện ứng động trên lưới điện cụ thể trong trường hợp tụ bù có và không có kháng điện. Các kết quả tính toán và mô phỏng được so sánh nhằm đề xuất giải pháp lựa chọn trị số kháng điện được sử dụng.

Từ khóa:

Kháng điện, quá độ đóng cắt, dòng điện quá độ, tụ bù ứng động, EMTP.

Abstract:

In this paper, the application of the current limiting reactors to reduce the influence of controlled capacitors switching transients on An Bien distribution grid is investigated. The analytical computation for inductance value of reactors is presented. In the other hand, the electromagnetic transient program EMTP-ATP was used to simulate the energization of a controlled capacitor bank in a specific feeder with and without reactors. The analytical values are compared to those obtained by simulations to recommend the appropriate inductance value of reactors.

Keywords:

Current limiting reactors, switching transients, inrush current, controlled capacitor, EMTP.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Tụ bù công suất phản kháng thường được sử dụng rộng rãi trên lưới điện phân phối bởi nhiều ưu điểm: giảm tổn thất điện năng, giảm tổn thất điện áp, cải thiện hệ

số công suất của phụ tải,... Các tụ bù được sử dụng đồng thời bởi cả công ty điện lực và khách hàng sử dụng điện năng. Các tụ bù có thể được đặt tại trạm, trên xuất tuyến hoặc lân cận phụ tải. Các tụ này cũng có thể hoạt động ở hai chế độ bù cứng hoặc bù có điều khiển tùy thuộc vào

Ngày nhận bài: 2/1/2017, ngày chấp nhận đăng:
15/3/2017, phản biện: PGS.TS. Bạch Quốc Khánh.

nhu cầu công suất phản kháng trên lưới điện.

Việc sử dụng tụ bù có thể đem lại nhiều lợi ích, tuy nhiên các tác động có hại đến lưới điện có thể xuất hiện trong một số điều kiện. Hiện tượng quá bù có thể gây ra tăng tổn thất và quá điện áp trên lưới điện. Bên cạnh đó, hiện tượng quá điện áp và dòng điện quá độ khi đóng tụ có thể gây ra nguy hại cho chính tuổi thọ của tụ và chất lượng điện năng của lưới điện. Đặc biệt, các tụ bù ứng động, có thể điều khiển đóng và cắt nhiều lần trong khi vận hành, gây ra quá ảnh hưởng quá độ nghiêm trọng mỗi khi chuyển mạch [1-2].

Khi đóng tụ điện vào lưới, hiện tượng quá độ sẽ xảy ra. Trong khoảng thời gian quá độ này điện áp và dòng điện trên hệ thống sẽ dao động tăng cao gây hư hỏng và giảm tuổi thọ thiết bị. Hiện tượng quá độ nguy hại nhất xảy ra khi đóng tụ tại thời điểm điện áp lưới đạt giá trị đỉnh. Trị số điện áp quá độ trên tụ vì vậy có thể đạt đến hai lần giá trị đỉnh nếu không có sự dập dao động của các thành phần trở kháng của mạch, trong đó xung quá độ đầu tiên là nguy hiểm nhất.

Một vấn đề khác cần quan tâm là dòng điện trên đường dây khi đóng tụ có trị số lớn trong thời gian quá độ có thể gây ra tác động nhằm của các thiết bị bảo vệ. Các quá độ dòng điện và điện áp khi đóng tụ thường không gây ra sự hư hỏng ngay của các thiết bị lưới điện tuy nhiên chúng có thể tác động đến các thiết bị nhạy cảm như bộ điều chỉnh tốc độ, các thiết bị chiếu sáng hay hệ thống máy tính trong mạng điện hạ áp [3].

Một bộ tụ bù có dòng điện định mức cỡ

vài trăm ampe có thể tạo ra dòng quá độ trên đường dây khi đóng tụ đến hàng nghìn ampe trong khoảng thời gian ngắn. Biên độ của dòng điện trên đường dây chảy qua điểm đặt bộ tụ khi đóng tụ có thể được tính theo công thức (1) [4]:

$$I_m = \frac{U_m}{Z_0} \quad (1)$$

Trong đó: U_m là điện áp của lưới điện tại điểm đặt tụ, $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ là tổng trở sóng.

Điện cảm L bao gồm điện cảm hệ thống, điện cảm đường dây và điện cảm trong cấu trúc của tụ điện. Điện dung C là điện dung của bộ tụ.

Quá trình quá độ xảy ra khi đóng tụ sẽ gây ra một sự dao động điện áp và dòng điện ở tần số cao. Tần số dao động này có thể được xác định theo công thức (2):

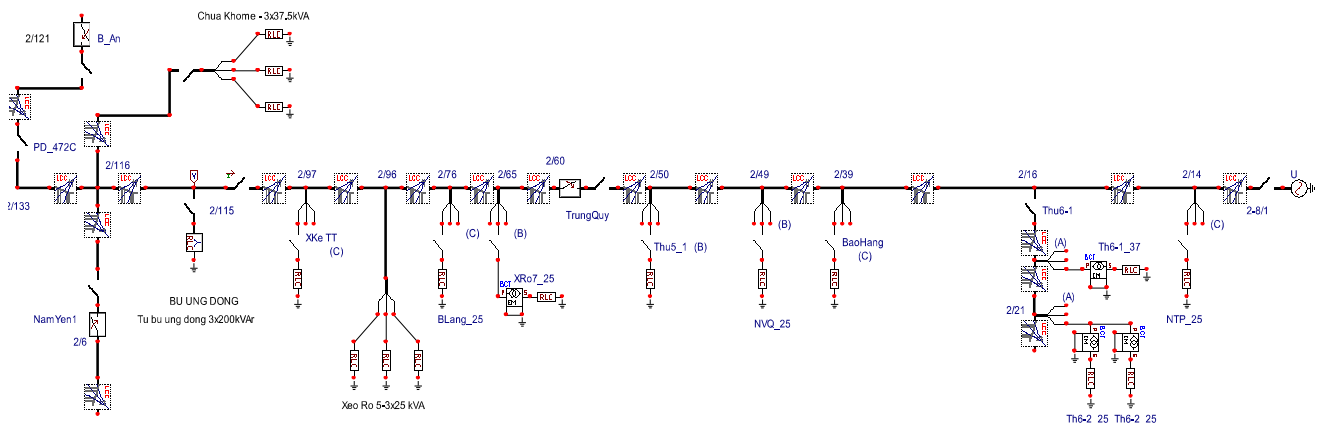
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

Để làm giảm ảnh hưởng của quá trình quá độ khi đóng tụ, một giải pháp hiệu quả là sử dụng các điện kháng. Trong phương pháp này, các điện kháng được mắc nối tiếp với bộ tụ bù. Điện kháng được trang bị thêm sẽ làm tăng trị số tổng trở sóng, từ đó làm giảm biên độ của dòng điện quá độ. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình quá độ khi đóng tụ bù trên lưới điện phân phối và đề xuất giải pháp sử dụng điện kháng để làm giảm trị số dòng điện, và điện áp quá độ. Các tính toán được áp dụng cho xuất tuyến E480 của huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang.

2. MÔ PHỎNG XUẤT TUYẾN E480 BẰNG CHƯƠNG TRÌNH EMTP

Xuất tuyến trung áp 22kV E480 của lưới điện phân phối huyện An Biên tỉnh Kiên Giang được mô phỏng sử dụng chương trình quá độ điện từ ATP-EMTP. Xuất tuyến này bao gồm đường dây trên không, máy biến áp phân phối, phụ tải và tụ bù ứng động. Nguồn điện được mô tả bằng mô hình nguồn lý tưởng có công suất vô cùng lớn thay thế cho trạm biến áp 110/22 kV An Biên. Số lượng máy biến áp phân phối trên xuất tuyến là 270 máy với tổng dung lượng 14795 kVA. Các đường dây trung áp dùng dây dẫn AC có tiết diện từ 50 đến 240 mm² của xuất tuyến E480 có tổng chiều dài 267 km.

Điện kháng của các đường dây này được tính toán bởi các phần tử Line and Cable Constants (LCC). Các máy biến áp phân phối được mô phỏng bởi các phần tử BCTransformer (BCT) với các thông số tương ứng trên thực tế. Các phụ tải tại các nút được tính toán và mô phỏng bởi các phần tử điện trở, điện cảm, điện dung. Cuối cùng, tụ bù ứng động trung áp dung lượng 3×200 kVAr trên xuất tuyến được mô phỏng bởi phần tử điện dung có tên gọi là BU UNG DONG. Do mô hình mô phỏng của xuất tuyến E480 có quy mô rất lớn nên sẽ khó thấy rõ các phần tử, do đó chỉ một phần xuất tuyến tại đó có đặt bộ tụ bù ứng động được giới thiệu trên hình 1.



Hình 1. Mô hình mô phỏng một phần xuất tuyến E480 trong ATP-EMTP

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.1. Đóng tụ bù khi không có cuộn kháng

Sơ đồ mô phỏng trường hợp đóng tụ bù không có cuộn kháng được giới thiệu trên hình 1. Bộ tụ được đóng vào đường dây trung áp tại thời điểm điện áp pha A của hệ thống đạt giá trị đỉnh để đánh giá ảnh hưởng của quá trình quá độ đến lưới điện. Bộ tụ được đóng tại thời điểm 20 ms (điện

áp pha A đạt giá trị đỉnh). Hình 2 giới thiệu diễn biến điện áp ba pha tại điểm đặt tụ trước và sau thời điểm đóng tụ.

Điện áp đỉnh của pha A đạt đến gần hai lần trị số trong chế độ xác lập khi đóng tụ. Như đã phân tích trong phần 1, điện áp quá độ tại điểm đặt tụ vượt quá trị số điện áp của lưới điện một lượng bằng độ chênh lệch giữa điện áp lưới và điện áp trên tụ tại thời điểm đóng tụ. Biên độ điện áp quá

độ không đạt đến hai lần trị số xác lập do điện trở của lưới điện đóng vai trò dập dao động khiến cho mức độ quá áp được làm suy giảm. Điện áp tại điểm đặt tụ trở về giá trị bình thường sau thời điểm 70 ms.

Dòng điện quá độ tần số cao trên đường dây (từ nguồn đến điểm đặt tụ) cũng sẽ được tạo ra khi đóng tụ. Dòng điện này có biên độ được tính toán theo công thức (1):

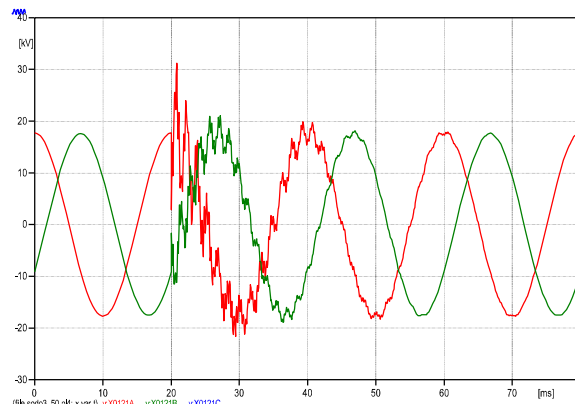
$$I_{\max a} = \frac{U_{\max}}{Z_0} = \frac{12700\sqrt{2}}{41.74} = 430.29A$$

$$\text{Trong đó: } Z_{0a} = \sqrt{\frac{L_a}{C}} = \sqrt{\frac{0.0023H}{1.32\mu F}} = 41.74\Omega$$

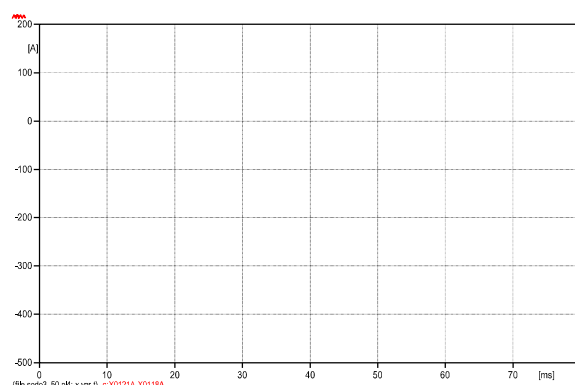
Điện dung C được tính toán từ dung lượng bộ tụ 3×200 kVAr, điện cảm L_a của đường dây từ nguồn đến vị trí đặt tụ được tính toán bởi các phần tử LCC trong chương trình EMTP.

Tần số của dòng điện quá độ được tính theo công thức (2) :

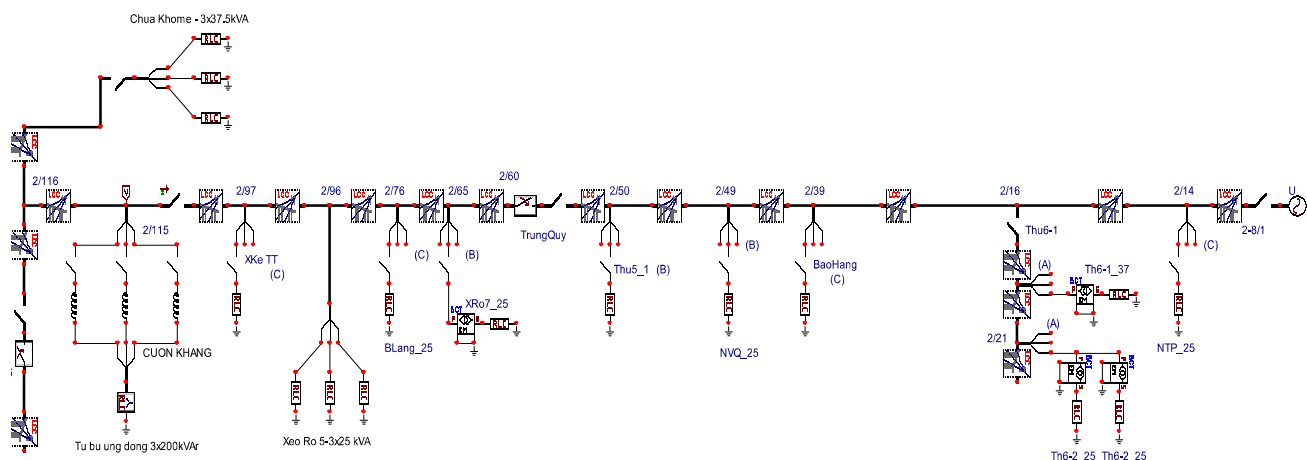
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_a C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.0023H \times 1.32\mu F}} = 2.88 \text{ kHz}$$



Hình 2. Điện áp ba pha tại điểm đặt tụ khi đóng tụ tại thời điểm điện áp pha A của lưới điện đạt cực đại. Trị số điện áp quá độ cực đại (pha A) bằng 31.2 kV (1.78pu)



Hình 3. Dòng điện trên đường dây từ nguồn qua vị trí đặt tụ khi đóng tụ tại thời điểm điện áp pha A cực đại. Trị số biên độ dòng điện quá độ (pha A) bằng -432.75 A



Hình 4. Mô hình mô phỏng một phần xuất tuyến E480 cho trường hợp tụ bù được đóng qua cuộn kháng

Hình 3 giới thiệu dòng điện pha A trên đường dây từ nguồn đến tụ có giá trị đỉnh bằng -432.75A.

Sự dao động dòng điện trên đường dây xuất hiện do quá trình nạp tụ và giá trị dòng điện trở về trị số bình thường trong chế độ xác lập sau thời điểm 70 ms.

3.2. Đóng tụ bù qua cuộn kháng

Mô hình mô phỏng xuất tuyến E480 khi có mặt cuộn kháng ghép nối tiếp với bộ tụ được giới thiệu trên hình 4 (chỉ giới thiệu một phần do quy mô mô hình mô phỏng lớn).

Trị số điện cảm của cuộn kháng được lựa chọn sao cho biên độ của dòng điện quá độ trên đường dây từ nguồn đến điểm đặt tụ giảm đi một nửa so với trường hợp A (đóng tụ không có cuộn kháng). Trị số biên độ dòng điện quá độ mong muốn lúc này bằng :

$$I_{maxb} = \frac{1}{2} I_{maxa} = \frac{1}{2} 432.75 = 216.37A$$

Tổng trở sóng trong trường hợp này có trị số:

$$Z_{0b} = \frac{U_{max}}{I_{maxb}} = \frac{17200\sqrt{2}}{216.37} = 112.42 \Omega$$

Điện cảm tương đương của lưới điện có trị số:

$$L_b = CZ_{0b}^2 = 1.32\mu F \times 112.42^2 = 0.0167 H$$

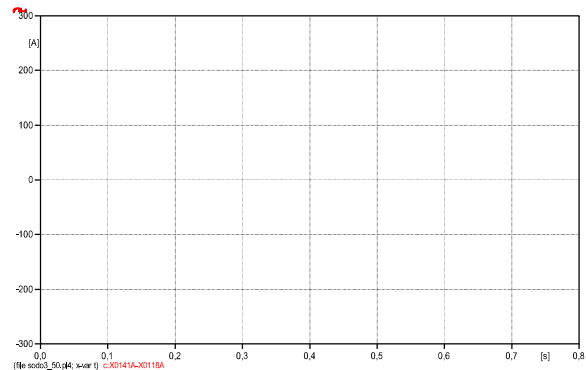
Tần số của dòng điện quá độ trên đường dây có trị số:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_b C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.0167H \times 1.32\mu F}} = 1.07 \text{ kHz}$$

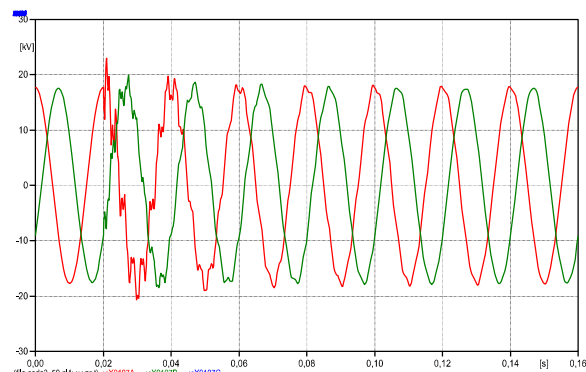
Giá trị điện cảm của cuộn kháng cần ghép nối tiếp với bộ tụ có trị số:

$$L_{cuộn kháng} = L_b - L_a = 0.0167 - 0.0023 = 0.0144 H$$

Việc tăng trị số điện cảm giữa nguồn điện và vị trí đặt tụ bằng cuộn kháng sẽ cho phép làm giảm biên độ của dòng điện quá độ trên đường dây khi đóng tụ. Kết quả mô phỏng dòng điện trên đường dây bằng EMTP khi sử dụng cuộn kháng có trị số điện cảm bằng 0.0144 H được giới thiệu trên hình 5.



Hình 5. Dòng điện trên đường dây từ nguồn qua vị trí đặt tụ khi đóng tụ qua cuộn kháng ($L=0.0144H$) tại thời điểm điện áp pha A cực đại. Trị số biên độ dòng điện quá độ (pha A) bằng -245.66 A



Hình 6. Điện áp ba pha tại điểm đặt tụ khi đóng tụ qua cuộn kháng tại thời điểm điện áp pha A của lưới điện đạt cực đại. Trị số điện áp quá độ cực đại (pha A) bằng 22.94 kV (1.33pu)

Từ kết quả trên hình 5 chúng ta thấy dòng điện quá độ trên đường dây khi đóng tụ đã được hạn chế trị số độ lớn bằng phương pháp ghép cuộn kháng nối tiếp các bộ tụ bù. Tuy nhiên, sự dao động của dòng điện

quá độ diễn ra lâu hơn do tần số dao động ($f=1.07$ kHz) nhỏ hơn tần số dao động của dòng điện quá độ trong trường hợp đóng tụ trực tiếp ($f=2.88$ kHz).

Điện áp ba pha tại điểm đặt tụ trong trường hợp đóng tụ qua cuộn kháng được giới thiệu trên hình 6. Sự quá điện áp quá độ gần như không còn khi đóng tụ qua cuộn kháng. Sự ảnh hưởng của quá trình quá độ chỉ còn thể hiện ở thời gian tồn tại dao động lâu hơn (do tần số dao động khi có cuộn kháng nhỏ hơn).

4. KẾT LUẬN

Hiện tượng quá độ (biên độ và dạng sóng) dòng điện và điện áp trong lưới điện phân phối có thể xảy ra khi đóng các tụ bù. Hậu quả của quá trình quá độ gây ra hiện tượng quá điện áp có thể đạt đến hai lần

trị số điện áp trong chế độ xác lập cũng như khuếch đại dòng điện trên đường dây lớn hơn nhiều lần trị số vận hành bình thường. Hơn nữa, quá trình dao động trong chế độ quá độ ở tần số cao của điện áp và dòng điện có thể gây các tác động có hại đến các thiết bị điện tử nhạy cảm. Từ đó, giải pháp đóng tụ điện qua cuộn kháng được nghiên cứu tính toán và mô phỏng. Kết quả phân tích và mô phỏng trên xuất tuyến E480 của lưới điện An Biên đã chỉ ra rằng các quá điện áp và dòng điện quá độ đã được làm giảm hiệu quả khi thực hiện giải pháp đóng tụ bù qua cuộn kháng.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả cảm ơn TS. Trần Anh Tùng đã giúp đỡ thực hiện mô phỏng và ThS. Lê Anh Dữ đã cung cấp các số liệu lưới điện An Biên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. E. Grebe, "Application of distribution system capacitor banks and their impact on power quality," *Rural Electric Power Conference*, 1995. Papers Presented at the 39th Annual Conference, Nashville, TN, 1995, pp. C3/1-C3/6.
- [2] D. T. Rizy, E. W. Gunther and M. F. McGranaghan, "Transient and Harmonic Voltages Associated with Automated Capacitor Switching on Distribution Systems," in *IEEE Power Engineering Review*, vol. PER-7, no. 8, pp. 49-50, Aug. 1987.
- [3] D. V. Coury, C. J. Santos, M. Oleskovicz, M. C. Tavares, "Transient analysis concerning capacitor bank switching in a distribution system," *Electric Power Systems Research*, Volume 65, Issue 1, April 2003, Pages 13-21.
- [4] A. Greenwood, *Electrical Transients in Power Systems*, New York: John Wiley and Sons, pp 37-46.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả **Trần Thanh Sơn** tốt nghiệp Trường Đại học Bách khoa Hà Nội chuyên ngành hệ thống điện năm 2004. Năm 2005 tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành kỹ thuật điện tại Trường Đại học Bách khoa Grenoble, Cộng hoà Pháp. Năm 2008 nhận bằng Tiến sĩ chuyên ngành kỹ thuật điện của Trường Đại học Joseph Fourier - Cộng hoà Pháp. Hiện nay tác giả là Trưởng Khoa Kỹ thuật điện - Trường Đại học Điện lực. Nghiên cứu chính: ứng dụng phương pháp số trong tính toán, mô phỏng trường điện từ, các bài toán tối ưu hoá trong hệ thống điện, lưới điện thông minh.