

Mô phỏng thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch kiểu máy biến áp trên lưới điện phân phối 22kv tại Tp. Hồ Chí Minh

Đoàn Tự Do¹, Lê Bửu Toàn^{2,*}, Lê Thị Tịnh Minh²



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Ngày nay, cùng với sự phát triển không ngừng của lưới điện, quy mô lưới điện ngày càng được mở rộng, và các vấn đề kỹ thuật đi kèm cũng phức tạp theo. Một trong những vấn đề đang được quan tâm hàng đầu là dòng ngắn mạch tăng cao vượt quá quy định cũng như khả năng cắt của các thiết bị bảo vệ trên lưới điện nói chung và của lưới phân phối nói riêng. Đã có rất nhiều giải pháp được đưa ra để giải quyết vấn đề này như sử dụng kháng hạn dòng, thay đổi cấu trúc lưới và chia tách thanh cái, thay đổi vật liệu dây dẫn... Tuy nhiên mỗi giải pháp có tồn tại riêng của mình. Trên quan điểm tìm ra một giải pháp mới có thể khắc phục các tồn tại này, bài báo giới thiệu về thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch (FCL), dựa trên nguyên tắc hoạt động lúc bình thường không gây tổn hao công suất và điện áp nhưng khi có ngắn mạch, thì thiết bị tương đương với kháng điện hạn dòng. Trong phạm vi nghiên cứu, bài báo tìm hiểu nguyên lý và mô phỏng thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch kiểu máy biến áp (FLCT) bằng phần mềm MATLAB/SIMULINK. Bài báo cũng phân tích ảnh hưởng các thông số cơ bản của FCLT đến tác dụng giảm dòng ngắn mạch của thiết bị, như một gợi ý cho việc tối ưu hóa cho việc lựa chọn thông số thiết bị. Kết quả mô phỏng áp dụng FCLT trên lưới điện thực tế thuộc Tổng công ty điện lực thành phố Hồ Chí Minh được tiến hành và cho kết quả đáng ghi nhận.

Từ khoá: Thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch, ngắn mạch, lưới phân phối, máy biến áp

¹Trạm biến áp 220kV Bình Tân, trực thuộc Công ty Lưới Điện Cao Thế Thành phố Hồ Chí Minh – Tổng Công ty Điện lực Thành phố Hồ Chí Minh, 06 Phố Quang, P.2, Quận Tân Bình, TP.HCM, Việt Nam

²Công ty thí nghiệm điện miền Nam, 22 bis Phan Đăng Lưu, P.6, Q. Bình Thạnh, TP.HCM, Việt Nam

Liên hệ

Lê Bửu Toàn, Công ty thí nghiệm điện miền Nam, 22 bis Phan Đăng Lưu, P.6, Q. Bình Thạnh, TP.HCM, Việt Nam

Email: toanlebuu@gmail.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 04-8-2019
- Ngày chấp nhận: 30-8-2019
- Ngày đăng: 30-11-2019

DOI : 10.32508/stjnet.v2i3.530



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ĐẶT VẤN ĐỀ

Để đáp ứng nhu cầu tăng trưởng không ngừng về kinh tế xã hội, hệ thống lưới điện Việt Nam được quy hoạch với sơ đồ vận hành ở độ tin cậy cao, mật độ nguồn năng lượng tái tạo lớn, cụ thể lưới điện Thành phố Hồ Chí Minh có sơ đồ quy hoạch theo^{1,2} trong giai đoạn 2011-2020 có xét đến 2030. Trong đó, cấu trúc lưới vận hành với các thiết bị song song nhằm đảm bảo độ tin cậy và chất lượng của phụ tải, tuy nhiên dẫn đến dòng ngắn mạch phát sinh trong lưới có thể đạt giá trị cao. Lúc này, trị số dòng điện ngắn mạch dễ vượt quá ngưỡng cho phép trong các quy chuẩn kỹ thuật^{3,4} hay các ngưỡng cắt của thiết bị bảo vệ. Ngoài ra, dòng ngắn mạch lớn còn sinh ra lực điện động ảnh hưởng xấu đến các thiết bị đang làm việc trên lưới⁵. Vì vậy, việc nghiên cứu các biện pháp giảm dòng ngắn mạch cho lưới điện Thành phố Hồ Chí Minh mang tính cấp thiết và quan trọng.

Một số giải pháp giảm dòng ngắn mạch được đề xuất trong nhiều tài liệu⁶⁻⁸, bao gồm:

- Thay đổi cấu trúc lưới điện,
- Nối đất trung tính máy biến áp thông qua dao cách ly (để có thể thay đổi số điểm nối đất) hoặc thông qua trở kháng
- Sử dụng máy biến áp có trở kháng lớn

- Sử dụng bộ DVR (Dynamic Voltage Restorer)
- Sử dụng kháng điện
- Sử dụng thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch (Fault Current Limiter – FCL)

Mỗi giải pháp có ưu điểm và khuyết điểm riêng, thích hợp với các lưới điện khác nhau. Đối với lưới điện Việt Nam, thường sử dụng 3 phương pháp chính: thay đổi cấu trúc lưới điện, nối đất trung tính, và sử dụng kháng điện hạn dòng. Hiện nay, giải pháp đặt kháng điện nối tiếp được áp dụng rộng rãi nhằm giảm dòng ngắn mạch. Tuy nhiên, cũng có một số hạn chế trong việc sử dụng kháng điện, đáng kể đến nhất là tổn hao, sụt áp và phát nóng trong điều kiện làm việc bình thường. Bài báo đề cập đến giải pháp lắp đặt thiết bị tự động hạn chế dòng ngắn mạch⁹⁻¹² và xét cụ thể cho thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch kiểu máy biến áp (FLCT). Thiết bị này tận dụng những ưu điểm sẵn có của kháng điện hạn dòng khi lưới điện gặp sự cố, đồng thời khắc phục được những nhược điểm khi lưới điện làm việc ở tình trạng bình thường.

Phương pháp nghiên cứu sử dụng trong bài báo là cụ thể từ lý thuyết đến mô phỏng. Lý thuyết đề cập đến cấu tạo, nguyên lý hoạt động của thiết bị, còn mô phỏng là sử dụng simulink, đánh giá ảnh hưởng của thiết bị đến lưới.

Trích dẫn bài báo này: Tự Do D, Bửu Toàn L, Tịnh Minh L T. **Mô phỏng thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch kiểu máy biến áp trên lưới điện phân phối 22kv tại Tp. Hồ Chí Minh.** *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 2(3):179-192.

Bài báo được chia thành năm phần. Phần mở đầu đặt vấn đề. Phần tiếp theo giới thiệu nguyên lý làm việc của FCL và FCLT. Phần ba xây dựng mô hình và mô phỏng thiết bị FCLT bằng MATLAB/SIMULINK, áp dụng cho lưới điện thực tế tại khu vực thành phố Hồ Chí Minh. Phần cuối cùng dành cho kết luận và kiến nghị.

PHƯƠNG PHÁP CỦA MÔ HÌNH FCL

Căn cứ tiêu chuẩn ANSI/IEEE Std. 100-1992, sự cố được định nghĩa là một hiện tượng vật lý không bình thường như hiện tượng ngắn mạch giữa các pha hoặc giữa dây pha với dây trung tính hay đất. Thuật ngữ của sự cố thường được sử dụng đồng nghĩa với thuật ngữ ngắn mạch¹³.

Việc phân tích các sự cố ngắn mạch được yêu cầu cả trong quá trình thiết kế và vận hành hệ thống điện. Việc phân tích lưới điện ở chế độ xác lập tiến sự cố về điện áp và tần số cần được thực hiện^{14,15}. Tiếp đến, để mô phỏng những ảnh hưởng đến hệ thống, phân tích lưới điện ở chế độ động^{16,17} cần được thực hiện nhằm phục vụ cho việc chỉnh định và cài đặt bảo vệ role. Phân tích ngắn mạch là cần phải xác định được trị số dòng ngắn mạch lớn nhất cũng như điện áp tại các nút lúc ngắn mạch trong lưới điện dưới nhiều dạng sự cố khác nhau.

FCL, cho dù có sử dụng chất siêu dẫn hay không, về cơ bản vẫn là một trở kháng được nối nối tiếp với máy cắt¹⁸. Thiết bị FCL có thể được sử dụng trong cả lưới cao thế và trung thế. Chức năng của FCL là giới hạn dòng sự cố ở mức có thể chấp nhận được mà không có bất kỳ ảnh hưởng nào đến lưới điện nên yêu cầu thiết yếu là giá trị trở kháng FCL phải cao hơn bình thường trong quá trình xảy ra ngắn mạch¹⁹.

Mô hình mạch của một hệ thống điện đơn giản có và không có FCL được hiển thị trong **Hình 1**. Mạch điện bao gồm nguồn điện áp, trở kháng bên trong, tải, và trở kháng sự cố¹⁹. Dạng sóng sự cố điển hình khi có và không có FCL được hiển thị trong **Hình 2**, rõ ràng, ta nhận thấy tác dụng tích cực của thiết bị FCL có thể giảm được dòng ngắn mạch, ngoài ra trong Tài liệu kỹ thuật số của CIGREWG cũng giải thích cụ thể hơn điều này²⁰. Phần tiếp theo sẽ trình bày cụ thể nguyên lý làm việc của thiết bị FCL.

GIỚI THIỆU THIẾT BỊ HẠN CHẾ DÒNG NGẮN MẠCH FCL

a) Giới thiệu thiết bị

Nhằm khắc phục hạn chế của kháng điện trong trường hợp lưới điện vận hành bình thường và tận dụng ưu điểm của kháng điện trong khi lưới điện có ngắn mạch thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch (FCL) ra

đời. FCL là loại thiết bị có trở kháng tự động thay đổi, ở trạng thái vận hành bình thường, tổng trở của thiết bị nhỏ hoặc không đáng kể để tổn hao trên thiết bị là nhỏ nhất. Khi xuất hiện sự cố trong lưới điện, trở kháng của thiết bị tăng lên rất nhiều lần, nhằm tăng trở kháng ngắn mạch của lưới điện và giảm dòng sự cố. Hiện nay, có rất nhiều loại thiết bị FCL, có thể tạm thời phân loại như sau²¹: FCL siêu dẫn (superconducting FCL) và FCL không siêu dẫn.

Một số loại FCL không siêu dẫn bao gồm:

- FCL lõi bão hòa: dựa vào đặc tuyến phi tuyến của vật liệu sắt từ để thay đổi giá trị điện cảm.
- FCL trạng thái rắn: sử dụng sơ đồ với các khóa đóng mở trong cấu tạo của thiết bị nhằm thay đổi giá trị điện kháng FCL. Các khóa này có thể được điều khiển bằng các thiết bị bán dẫn công suất cao như Thyristor SCR, GTO, IGBT hoặc sử dụng tính chất tính chất phóng điện cộng hưởng.

Một số loại FCL siêu dẫn bao gồm:

- FCL siêu dẫn dạng điện trở: dựa vào sự thay đổi điện trở theo nhiệt độ.
- FCL siêu dẫn cảm ứng hoạt động giống như máy biến áp với cuộn dây thứ cấp siêu dẫn ngắn.
- FCL siêu dẫn cầu sử dụng cầu diode hoặc thyristor.

b) Nguyên lý hoạt động của thiết bị

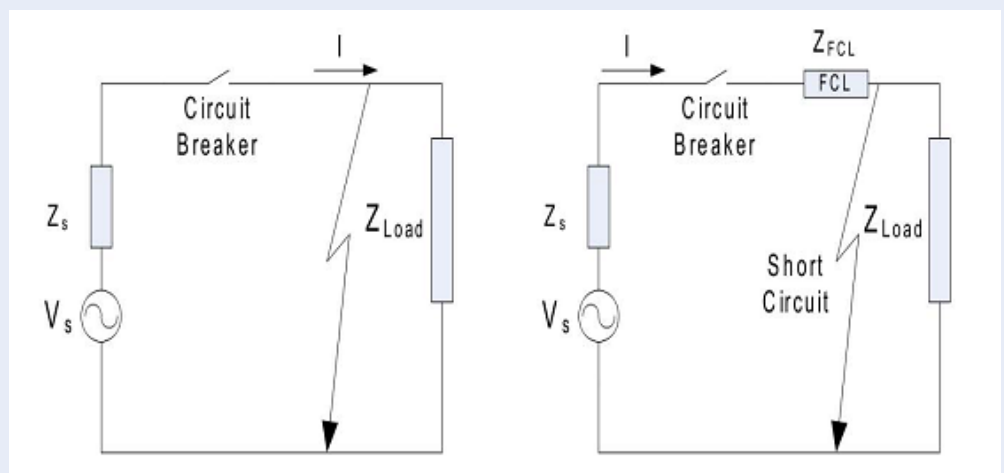
Trong số các loại thiết bị FCL kể trên, đề tài nghiên cứu về thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch kiểu máy biến áp (FCLT), thuộc loại không siêu dẫn trạng thái rắn theo nguyên lý phóng điện cộng hưởng. Thiết bị FCLT có cấu tạo như **Hình 3**⁹ và được lắp nối tiếp vào lưới điện như **Hình 4**. Trong đó, tụ điện C được lắp song song với máy biến áp, phía thứ cấp của máy biến áp có một công tắc chân không K.

Ở điều kiện bình thường, dòng điện đi qua tụ C, xuất hiện áp ở phía sơ cấp máy biến áp (MBA) có giá trị như **Công thức 1**:

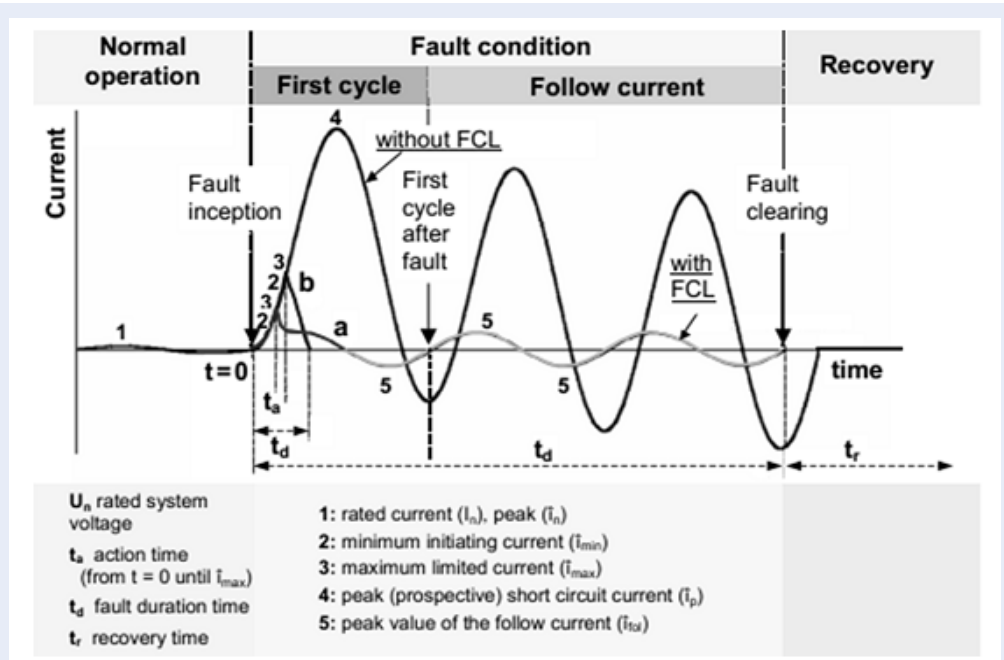
$$U_C = I * X_C = \frac{I}{\omega C} \quad (1)$$

Công tắc chân không ở phía thứ cấp MBA được thiết kế để không phóng điện ở điều kiện vận hành bình thường, lúc này phía thứ cấp của MBA xem như hở mạch, và thiết bị FCLT làm việc tương đương tụ điện C có tác dụng như tụ bù dọc trên lưới. Nhờ tụ bù sẽ giảm trở kháng của đường dây, tăng giới hạn truyền tải công suất, cải thiện phân bố điện áp ở nhiều điều kiện vận hành công suất khác nhau.

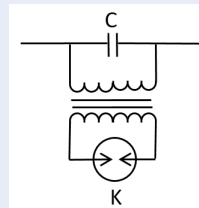
Khi sự cố xảy ra, điện áp trên tụ C tăng lên dẫn đến điện áp đặt vào công tắc chân không tăng cao gây phóng điện và nối tắt thứ cấp MBA. Lúc này thiết bị tương đương tụ C (có trở kháng X_C) song song với trở kháng ngắn mạch của MBA X_B (bỏ qua giá trị R



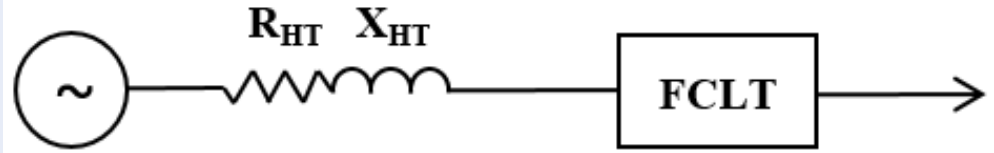
Hình 1: Mô hình ngắn mạch đơn tuyến khi chưa gắn và có gắn thiết bị FCL.



Hình 2: Mô hình dạng sóng dòng điện ngắn mạch khi chưa gắn và có gắn thiết bị FCL.



Hình 3: Cấu tạo thiết bị FCLT.



Hình 4: Lắp FCLT vào hệ thống.

rất nhỏ của MBA) như Hình 5. Tổng trở của thiết bị X_{FCLT} được tính như Công thức 2:

$$X_{FCLT} = \frac{X_C * X_B}{X_C + X_B} = \frac{\frac{1}{j\omega C} * j\omega L_B}{\frac{1}{j\omega C} + j\omega L_B} \quad (2)$$

$$= j \frac{1}{\frac{1}{\omega L_B} - \omega C}$$

Trong đó, L_B là điện kháng ngắn mạch của MBA. Như vậy, tùy thuộc vào giá trị L_B và C mà thiết bị sẽ thêm vào tổng trở ngắn mạch một trở kháng X_{FCLT} tương ứng. Khả năng giảm dòng ngắn mạch của FCLT được đánh giá bằng hệ số giảm dòng ngắn mạch β được định nghĩa theo Công thức 3:

$$\beta = \frac{I_{withFCL}^{(3)}}{I_{withoutFCL}^{(3)}} \quad (3)$$

Trong đó:

- β Hệ số giảm dòng ngắn mạch
- $I_{withFCL}^{(3)}$ (A) Dòng ngắn mạch 3 pha có FCL
- $I_{withoutFCL}^{(3)}$ (A) Dòng ngắn mạch 3 pha không có FCL.

β càng nhỏ hiệu quả giảm dòng ngắn mạch càng lớn. Với sơ đồ tương đương như Hình 5 giá trị β được tính như Công thức 4. Lưu ý tổng trở hệ thống có $X_{HT} \gg R_{HT}$

$$\beta = \frac{|X_{HT}|}{|X_{HT} + X_{FCLT}|} \quad (4)$$

Để đạt hiệu quả giảm dòng ngắn mạch $0 < \beta < 1$ do đó trở kháng X_{FCLT} phải có giá trị dương.

c) Xác định thông số thiết bị

Như vậy các thông số về mặt tính toán cần lựa chọn cho thiết bị bao gồm điện kháng L_B và điện dung C của tụ điện.

Đối với tụ điện C đóng vai trò như tụ bù dọc nên cần chọn hợp lý để không khiến điện áp thay đổi quá 5% điện áp định mức ở điều kiện làm việc bình thường.

Do đó dựa vào Công thức 1, giá trị điện dung nhỏ nhất cần chọn C_{min} được tính như Công thức 5.

$$C_{min} = \frac{I_{lvmax}}{0.05 * U_{dm} * \omega} \quad (5)$$

Từ công thức (2) và (4) giá trị L_B được chọn như (6)

$$L = \frac{X_{qd}}{X_{qd}\omega^2 C + \omega} \quad (6)$$

Trong đó: $X_{qd} = (X_{HT}) \left(\frac{1}{\beta} - 1 \right)$. Như vậy thông số thiết bị FCLT được quyết định bởi giá trị sụt áp cho phép ở điều kiện vận hành bình thường và mức độ giảm dòng ngắn mạch mong muốn trong lưới điện.

XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ MÔ PHỎNG THIẾT BỊ FCLT TRÊN MATLAB/SIMULINK

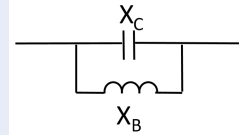
a) Xây dựng mô hình thiết bị FCLT

Theo sơ đồ nguyên lý trên Hình 3, mô hình FCLT được xây dựng trên phần mềm Matlab /Simulink như Hình 6.

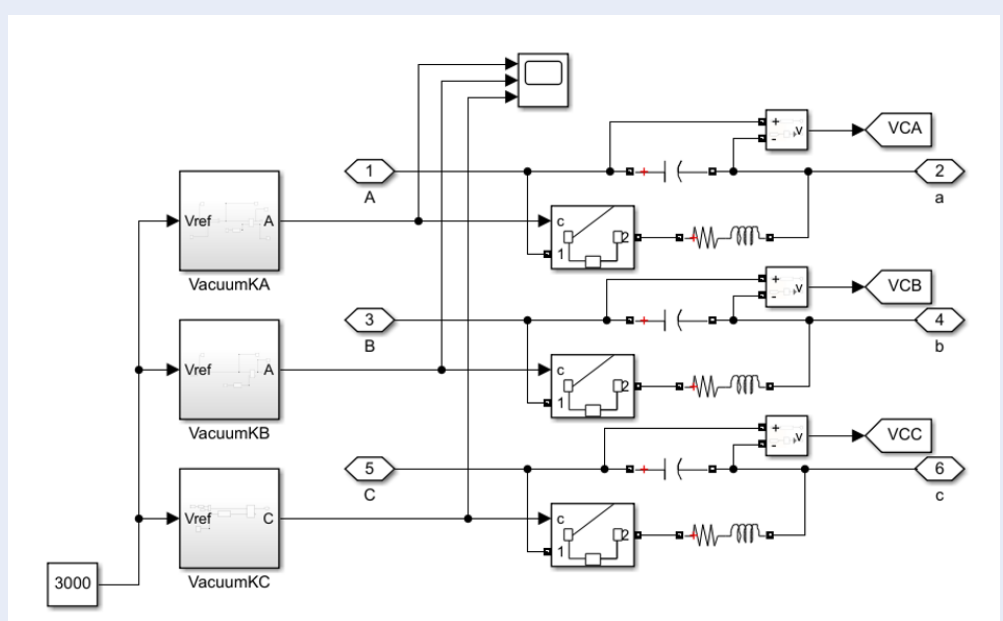
Mô hình FCLT ở Hình 6 được mô phỏng bằng MATLAB/ SIMULINK dựa trên cấu tạo của FCLT Hình 3. Trong đó, khối máy cắt được sử dụng như khóa K là công tắc chân không phía thứ cấp MBA được điều khiển bởi mạch so sánh, so sánh giá trị điện áp trên tụ C với giá trị điện áp phóng điện chuẩn (V_{ref}). Nếu điện áp trên C lớn hơn V_{ref} , dòng điện sẽ đi qua nhánh R-L và tương ứng khóa K công tắc chân không phóng điện, mạch điện nối tắt phía thứ cấp của MBA, ngược lại phía thứ cấp được hở mạch như đã nêu trong phần nguyên lý.

Thông số độ tự cảm L_B và điện dung C được lựa chọn sao cho tối ưu nhất. Để tối ưu hai thông số này nhóm tác giả xét ảnh hưởng của từng thông số đối với hệ thống.

Đối với tụ C , đóng vai trò là tụ bù dọc ở trạng thái bình thường, nên giá trị điện áp sau thiết bị FCLT tăng hơn so với điện áp lưới điện lúc không có thiết bị này. Và hơn nữa khi thay đổi giá trị điện dung của tụ điện, trị

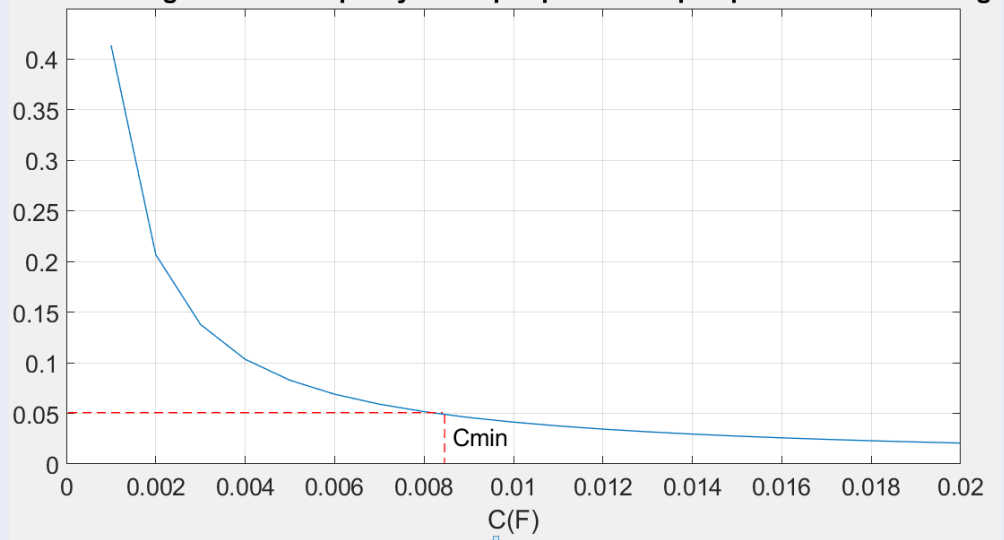


Hình 5: Sơ đồ tương đương FCLT khi có sự cố.



Hình 6: Mô hình FCLT.

Ảnh hưởng của C đến độ thay đổi điện áp ở điều kiện vận hành bình thường



Hình 7: Ảnh hưởng của C đến độ thay đổi điện áp ở điều kiện bình thường.

số điện áp cũng biến thiên theo **Công thức 1** và được thể hiện trên **Hình 7**

Từ **Hình 7**, ta nhận thấy, khi giá trị C càng nhỏ thì trị số điện áp tại nút sau thiết bị FCLT càng tăng. Giá trị điện áp này không được tăng quá ngưỡng quy định là 5%. Với giới hạn này, ta sẽ xác định được giá trị C_{min} , được định nghĩa là trị số C nhỏ nhất để đáp ứng tiêu chuẩn kỹ thuật của lưới điện. Từ giá trị C_{min} , càng tăng điện dung C độ tăng điện áp sẽ giảm.

Giá trị X_B được tính theo điện áp ngắn mạch của MBA như sau:

$$X_B = U_n * Z_{cb} = U_n * \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}}$$

Xét 2 máy biến áp có cùng điện áp ngắn mạch, giá trị X_B tỷ lệ nghịch với S_{dm} của MBA, và MBA có công suất lớn thì giá thành lại cao và chiếm nhiều diện tích. Theo **Công thức 2** và **Công thức 5**, khi trị số C và L_B thay đổi thì hệ số β cũng biến thiên, **Hình 6** thể hiện sự thay đổi của β ứng với L_B và C khác nhau. Ta nhận thấy giá trị β ít phụ thuộc vào giá trị C khi $X_L < 0,2$ Ohm, và ngược lại, khi X_L tăng càng lớn, C càng tăng thì β càng giảm. Muốn tăng hiệu quả giảm dòng ngắn mạch, mục tiêu tìm được bộ giá trị tối ưu gồm β đủ nhỏ, và giá trị C đủ nhỏ và giá trị X_B thỏa mãn các yêu cầu kinh tế và kỹ thuật.

Như vậy, để đơn giản hóa bài toán, trong phạm vi nghiên cứu bài báo, xét vùng đồ thị tuyến tính của các đường cong khi C thay đổi, lúc này tìm giá trị β tối ưu tương ứng với giá trị X_B lớn nhất. Bài báo giả thiết vùng tồn tại các biến thiên của giá trị C tương ứng với các biến thiên của X_B nhỏ hơn 5% ($\Delta X_B < 5\%$) được định nghĩa là vùng đồ thị tuyến tính của giá trị C như trên **Hình 8**.

b. Áp dụng mô phỏng thiết bị FCLT cho lưới điện thực tế

Xét trạm điện 220/110/22kV Bình Tân thuộc lưới điện thuộc Tổng công ty điện lực thành phố Hồ Chí Minh²², thiết bị FCLT được gắn ở trạm phía sau MBA 110/22kV và phía trước thanh cái 22kV như trên sơ đồ tương đương (**Hình 9**)

Sử dụng phần mềm MATLAB/SIMULINK, sơ đồ lưới điện thực tế trạm Bình Tân và khối FCLT được xây dựng trên **Hình 10** được tích hợp trong mô hình trạm 220/110/22kV Bình Tân như **Hình 9**. Các thông số lưới thực tế được thể hiện ở **Bảng 1**. Trong đó thiết bị FCLT được lắp sau MBA và trước thanh cái 22kV – C42, mô phỏng sự cố ngắn mạch xảy ra phía sau thanh cái C42 – 22kV.

Áp dụng các thông số thực tế của lưới điện vào đồ thị **Hình 8**, ta tìm được điểm tối ưu $\beta=0.84$, dựa theo **Công thức 5** và **Công thức 6** với $I_{dm}=1650A$, giá trị

C và L_B được tính như trên **Bảng 2**. Các giá trị thông số đã tính được lựa chọn nhập vào mô hình thiết bị FCLT trên **Hình 8**.

c) Kết quả mô phỏng

Để xem xét tác dụng của FCLT đến lưới điện thực tế, bài báo thực hiện mô phỏng trong hai trường hợp trước và sau khi lắp thiết bị ở cả điều kiện bình thường và điều kiện sự cố. Cụ thể, sự cố diễn ra tại thời điểm 0,1s ở phía sau thanh góp C42 đối với mỗi trường hợp mô phỏng.

* Khi chưa lắp FCLT

Kết quả mô phỏng điện áp tại thanh góp C42 ở trạng thái vận hành bình thường được thể hiện ở **Hình 11**. Tương tự **Hình 12, 13, 14 và 15** thể hiện kết quả mô phỏng dòng điện ngắn mạch 3 pha, ngắn mạch 1 pha, ngắn mạch 2 pha và ngắn mạch 2 pha chạm đất. Các giá trị dòng ngắn mạch được tổng hợp ở **Bảng 3**.

Theo kết quả mô phỏng, tại thời điểm $t=0,1$, các giá trị dòng điện tăng lên đột biến tùy thuộc vào các dạng ngắn mạch, trong đó dòng ngắn mạch 1 pha có giá trị xung kích lớn nhất 38,2 kA, các giá trị dòng xung kích xấp xỉ 2,5 lần dòng ngắn mạch duy trì.

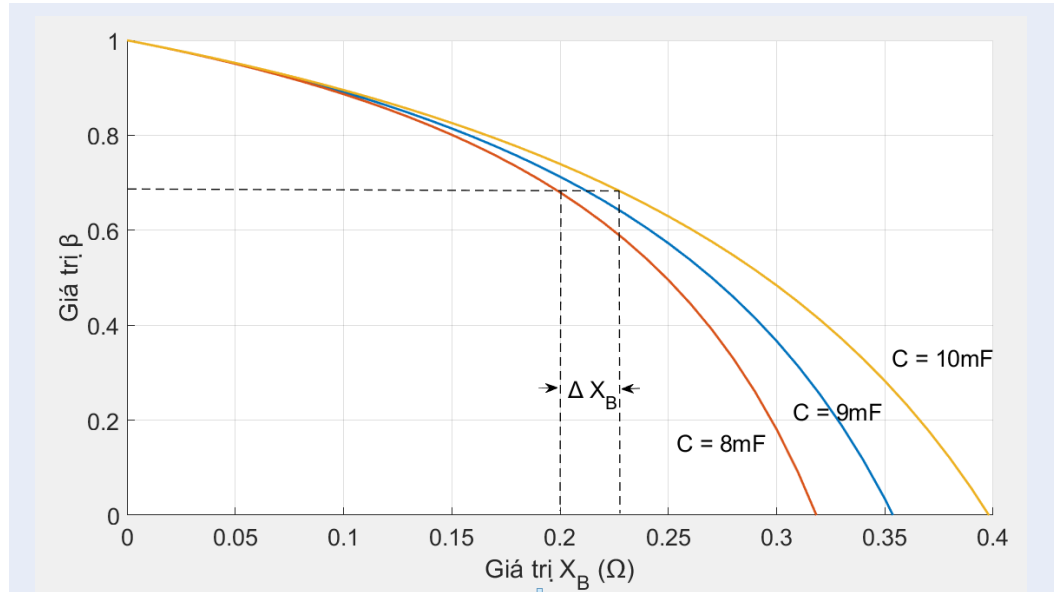
* Khi lắp FCLT

Kết quả mô phỏng điện áp tại thanh góp C42 phía sau thiết bị FCLT ở trạng thái vận hành bình thường được thể hiện **Hình 16**.

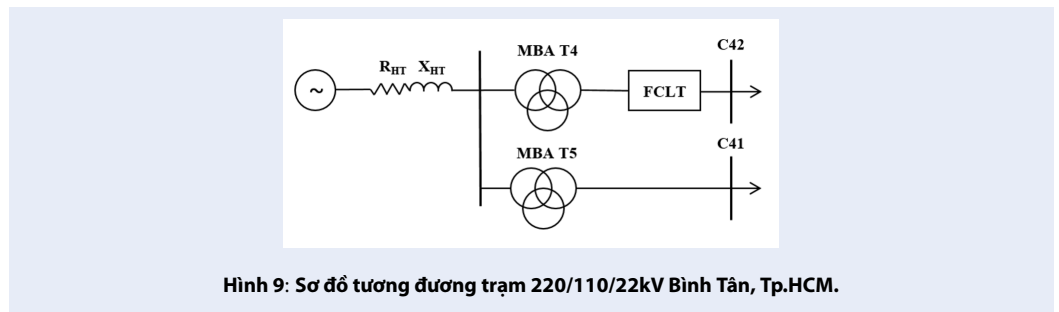
Kết quả mô phỏng dòng điện ngắn mạch thể hiện ở các **Hình 17, 18, 19 và 20** theo thứ tự ngắn mạch 3 pha, ngắn mạch 1 pha, ngắn mạch 2 pha và ngắn mạch 2 pha chạm đất và được thống kê lại ở **Bảng 4**

Từ những kết quả mô phỏng, ta nhận thấy, giá trị điện áp tại thanh góp C42 lúc làm việc bình thường trong trường hợp có FCLT và không có thiết bị FCLT chênh lệch nhau khoảng 2% (tương ứng dòng định mức). Điều này chứng minh được những ưu điểm của thiết bị FCLT ở điều kiện vận hành bình thường theo như lý thuyết.

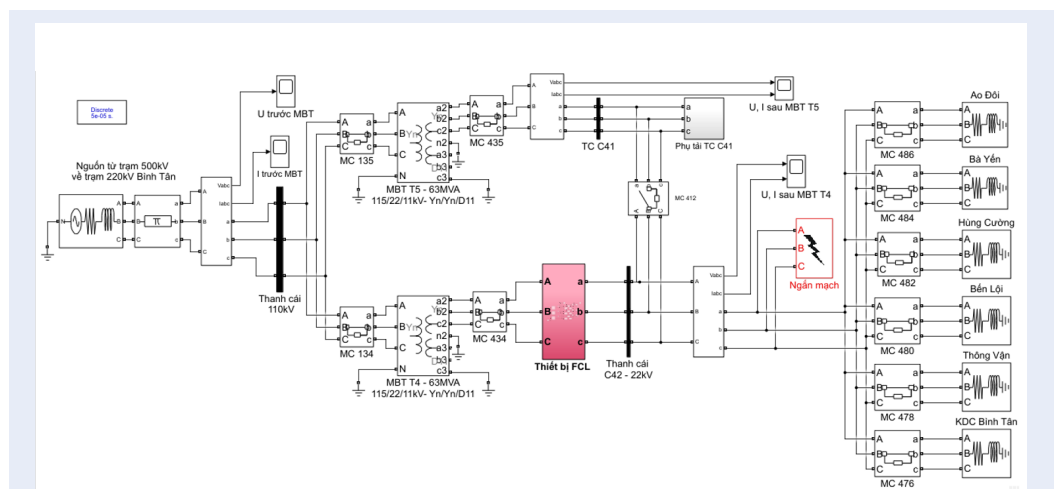
Khi có ngắn mạch, tại thời điểm 0,1s sau thanh góp C42, đối với tất cả dạng ngắn mạch, rõ ràng giá trị dòng ngắn mạch giảm về cả giá trị xung kích lẫn giá trị biên độ duy trì. FCLT tác động hiệu quả đối với trường hợp sự cố chạm đất, trong đó biên độ dòng ngắn mạch 2 pha chạm đất giảm đến 23,74%, và dòng ngắn mạch 1 pha giảm đến 20,14%. Đặc biệt thiết bị có khả năng giảm dòng ngắn mạch xung kích, ta nhận thấy dòng xung kích của ngắn mạch 1 pha giảm nhiều nhất, đến 22,25%.



Hình 8: Ảnh hưởng của X_B và C của FCLT đến hệ số β .



Hình 9: Sơ đồ tương đương trạm 220/110/22kV Bình Tân, Tp.HCM.



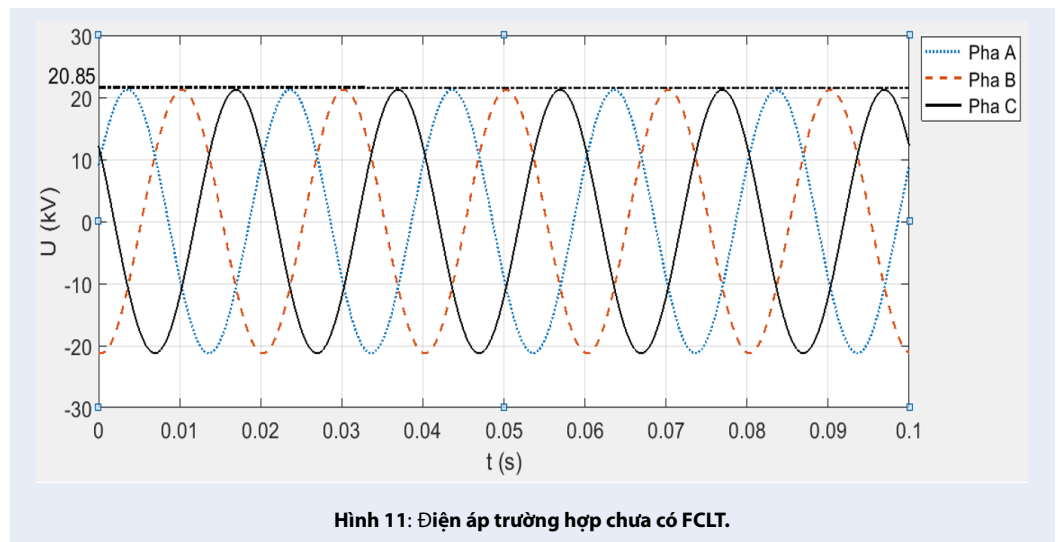
Hình 10: Mô hình trên Matlab/Simulink.

Bảng 1: Thông số thực tế của mạng điện

Thông số	Giá trị
Nguồn hệ thống (phía 110kV)	
Điện áp U	110 (kV)
Trở kháng thứ tự thuận hệ thống Z_{HT}	$0,1777 + 2,4337j (\Omega)$
Trở kháng thứ tự không hệ thống Z_{0HT}	$0,0907 + 1,2697j (\Omega)$
MBA T4	
Điện áp	115/23/11 (kV)
Công suất định mức	63(MVA)
Trở kháng cao trung X_{PS}	0,1359 (pu)
Trở kháng cao hạ X_{PT}	0,2334 (pu)
Trở kháng trung hạ X_{ST}	0,0854 (pu)

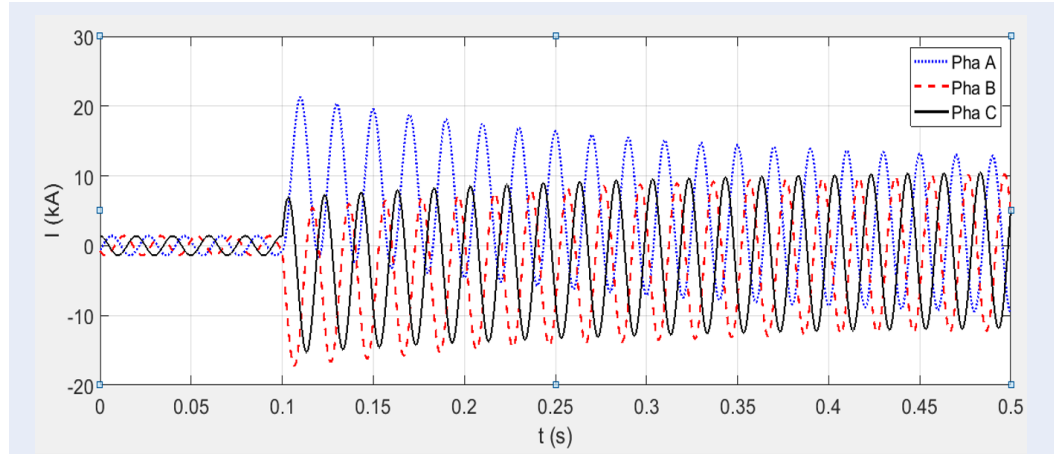
Bảng 2: Thông số thiết bị FCLT

Thông số	Giá trị
C	8.5 (mF)
LB	0,438 (mH)

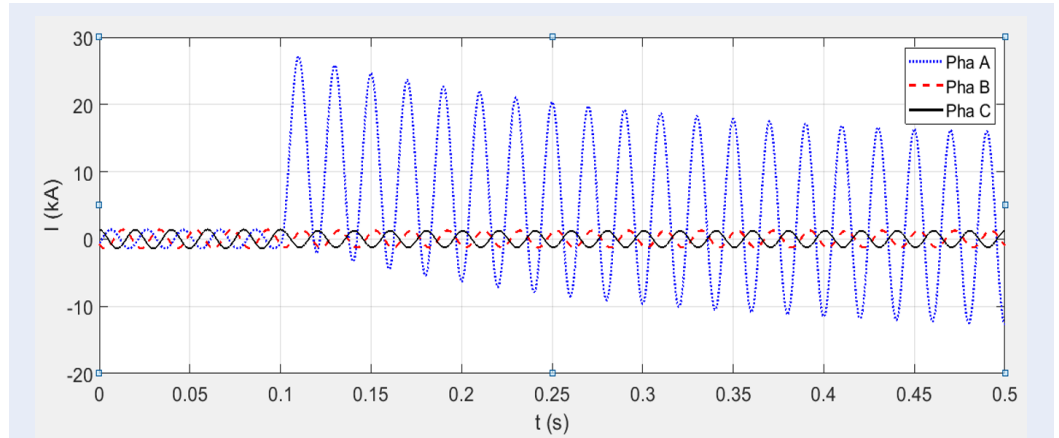


Bảng 3: Kết quả chạy mô phỏng trường hợp chưa có FCLT

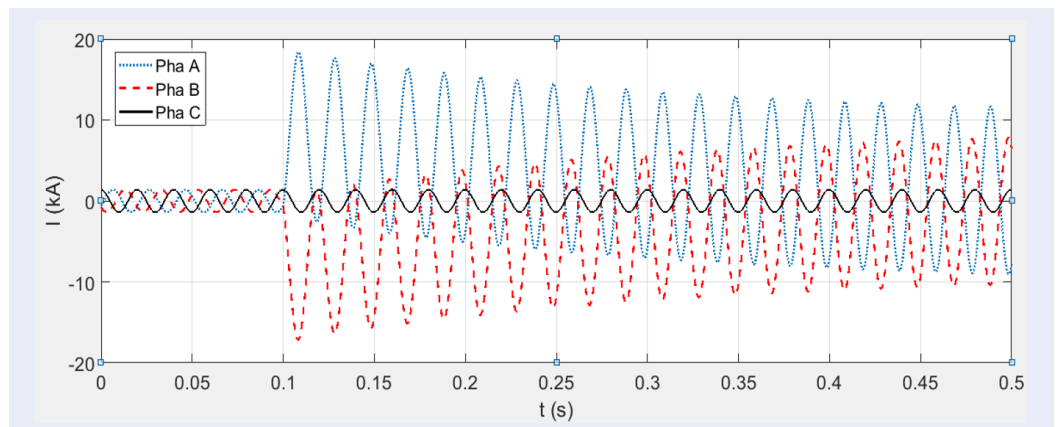
Sự cố	Dòng sự cố (kA)	Dòng xung kích (kA)	Tỉ số
N(3)	11,2	30	2,68
N(1)	14,4	38,2	2,65
N(2)	9,8	25,5	2,60
N(1,1)	13,9	35,4	2,55



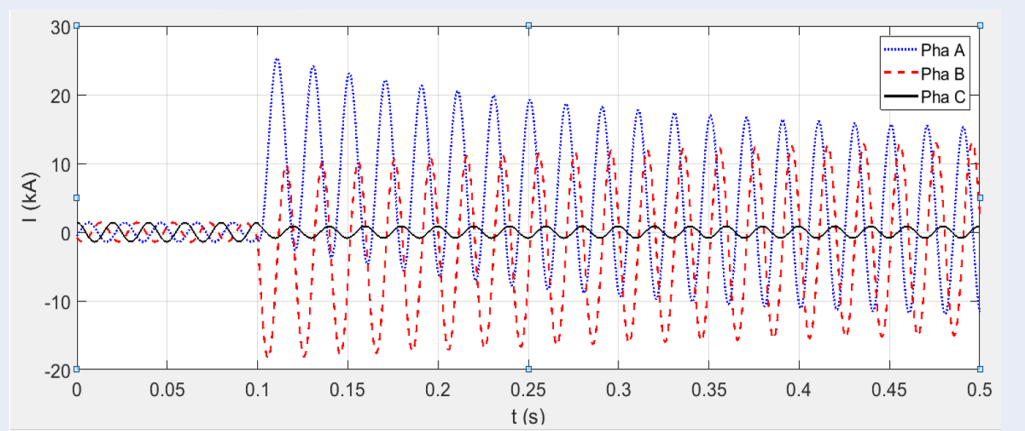
Hình 12: Dòng ngắn mạch 3 pha khi chưa có FCLT.



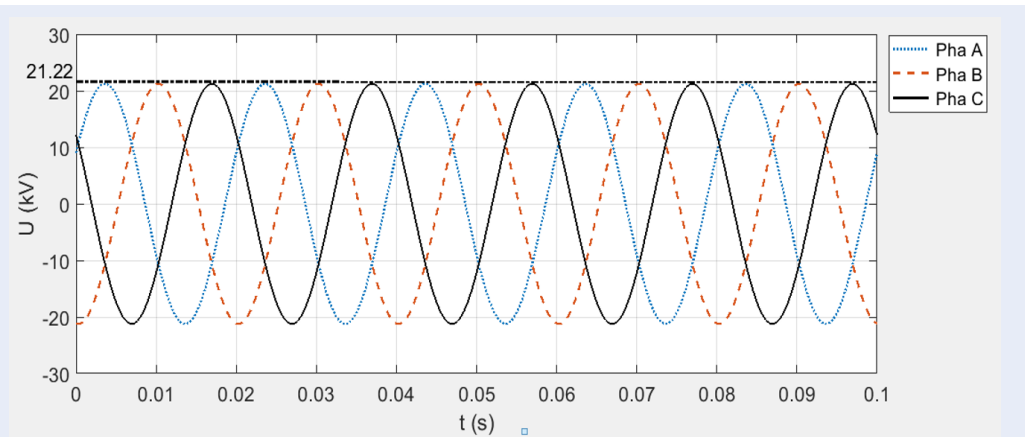
Hình 13: Dòng ngắn mạch 1 pha khi chưa có FCLT.



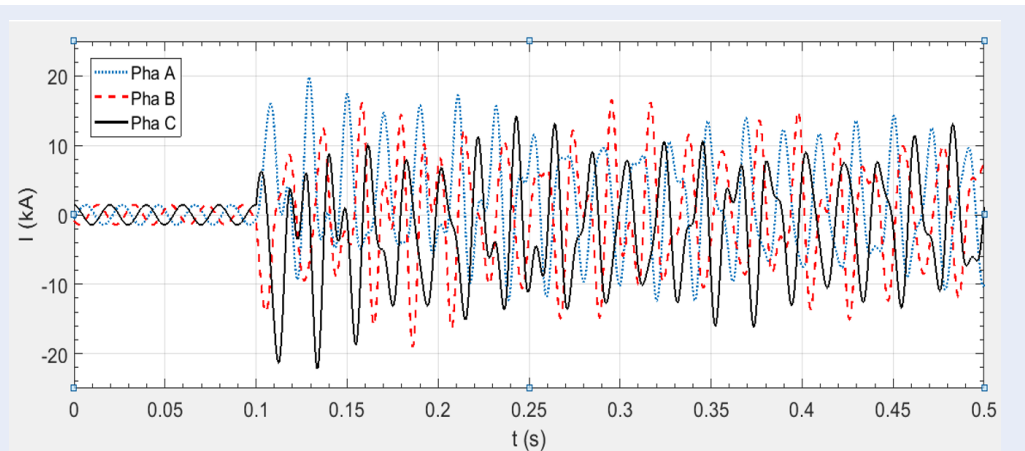
Hình 14: Dòng ngắn mạch 2 pha khi chưa có FCLT.



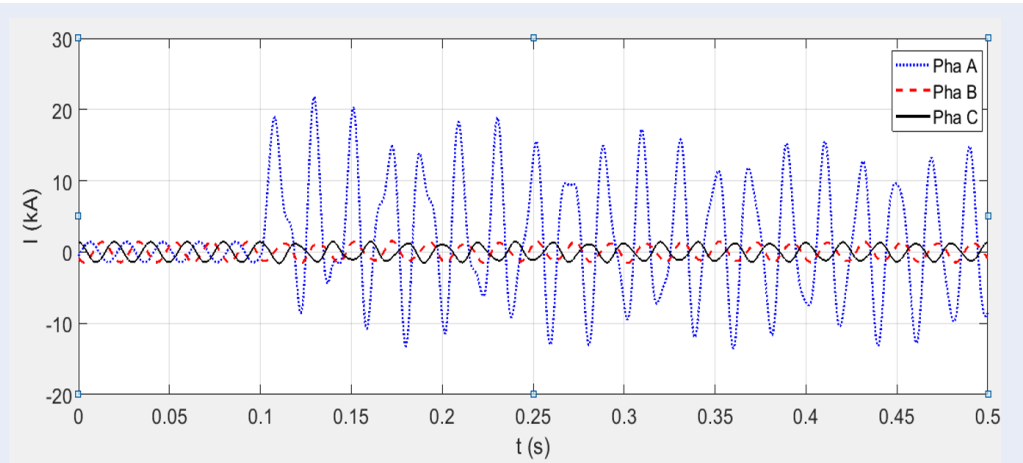
Hình 15: Dòng ngắn mạch 2 pha chạm đất khi chưa có FCLT.



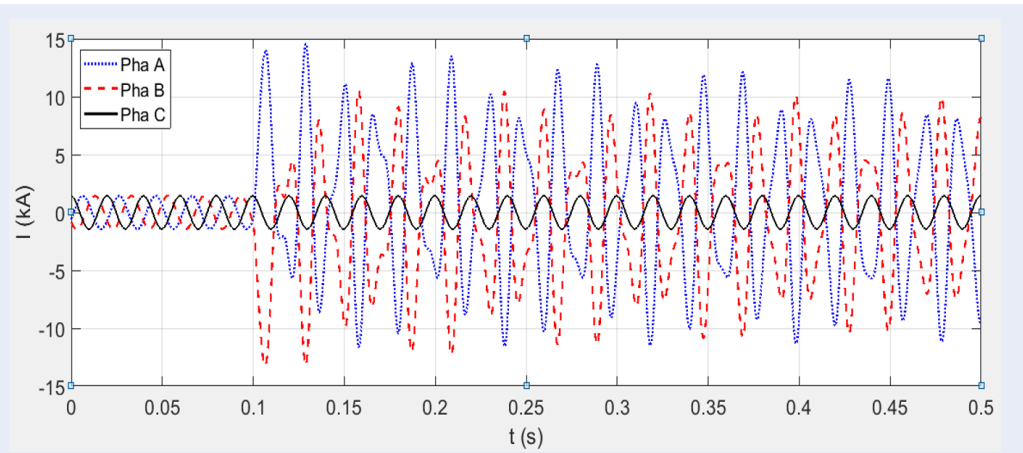
Hình 16: Điện áp trường hợp có FCLT.



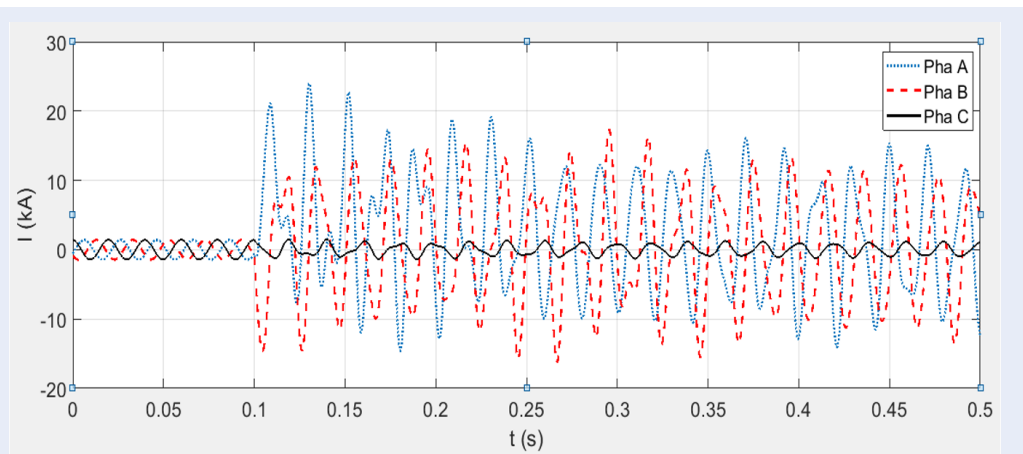
Hình 17: Dòng ngắn mạch 3 pha khi có FCLT.



Hình 18: Dòng ngắn mạch 1 pha khi có FCLT.



Hình 19: Dòng ngắn mạch 2 pha khi có FCLT.



Hình 20: Dòng ngắn mạch 2 pha chạm đất khi có FCLT.

Bảng 4: Kết quả chạy mô phỏng trường hợp có FCLT

Sự cố	Dòng sự cố (kA)	Độ giảm (%)	Dòng xung kích (kA)	Độ giảm (%)
N(3)	9,35	16,5	28,3	5,7
N(1)	11,5	20,14	29,7	22,25
N(2)	8,5	13,27	19,8	11,37
N(1,1)	10,6	23,74	33,5	5,32

ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Bài báo đã tiến hành mô hình hóa và phân tích sự làm việc của thiết bị FCLT để hạn chế dòng sự cố ngắn mạch. Mô hình thiết bị FCLT sử dụng là loại FCL trạng thái rắn cộng hưởng được bố trí tại thanh cái thứ cấp của trạm MBA, đặc điểm kỹ thuật FCLT: $Z_{FCLT} = 0,285 \Omega$; $C = 8,5 \times 10^{-3} F$; $L = 0,438 \times 10^{-3} H$. Việc lựa chọn thông số này tương ứng với giá trị β tối ưu, $\beta = 0,84$.

Khi gắn thiết bị FCLT tại thanh cái C42 phía thứ cấp của máy biến áp T4 với công suất 63MVA trạm biến áp 220/110/22kV Bình Tân thuộc Tổng Công ty điện lực Thành phố Hồ Chí Minh, các quả ghi nhận đã thể hiện ưu điểm vượt trội của thiết bị FCLT trong 2 trường hợp:

- Lúc không xảy ra ngắn mạch: thiết bị FCLT có trở kháng nhỏ, không làm ảnh hưởng nhiều đến giá trị tổn thất trong mạng điện.
- Khi có ngắn mạch xảy ra: giá trị trở kháng của FCLT tăng lên và dòng sự cố được giảm đến 23,74% với sự cố ngắn mạch 02 pha chạm đất và giảm thấp nhất là 13,27% ở dạng sự cố 02 pha.

Kết quả cho thấy rằng dòng ngắn mạch trong các trường hợp ngắn mạch 3 pha, ngắn mạch 1 pha chạm đất, ngắn mạch 2 pha và ngắn mạch 2 pha chạm đất đã được giảm so với trước khi đặt thiết bị FCLT khoảng 20%. Điều này cũng chứng tỏ được giải pháp đặt thiết bị FCLT là hiệu quả trong việc hạn chế dòng ngắn mạch của lưới điện Tp. HCM.

THẢO LUẬN

Do bài báo chỉ xét đơn giản hóa ảnh hưởng của các tham số C , X_B của thiết bị đến khả năng giảm dòng ngắn mạch, nên trong tương lai vấn đề này cần tiếp tục khảo sát với nhiều điều kiện ràng buộc hơn nữa về công nghệ, kinh tế cũng như tiêu chuẩn kỹ thuật nhằm tìm ra giá trị tối ưu của hệ số giảm dòng ngắn mạch. Ngoài ra, cũng cần đánh giá thêm về mặt kinh tế cụ thể chi phí đầu tư và thời gian thu hồi vốn để có thể áp dụng thực tế thiết bị này trên lưới điện.

KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu về các thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch FCL hiện nay. Các thiết bị này thể hiện rõ ưu điểm về kỹ thuật trong nguyên lý hoạt động: lúc làm việc bình thường, thiết bị có trở kháng nhỏ hoặc có thể hoạt động như tụ bù dọc, đem lại lợi ích cải thiện điện áp, tổn thất và nâng cao ổn định của lưới điện. Mặt khác, khi lưới điện có sự cố, trở kháng của các thiết bị FCL tăng cao, góp thêm 1 phần giá trị vào điện kháng ngắn mạch của lưới điện, dẫn đến dòng ngắn mạch trong lưới được giảm xuống. Cũng trên nguyên tắc đó, bài báo tập trung nghiên cứu chế độ làm việc và mô phỏng hoạt động của thiết bị FCLT- một dạng thiết bị giảm dòng loại không siêu dẫn trạng thái rắn cộng hưởng. Bài báo cũng phân tích ảnh hưởng của các thông số FCLT đến điện áp cũng như hiệu quả giảm dòng ngắn mạch của hệ thống. Đồng thời, hiệu quả giảm dòng ngắn mạch đã được mô phỏng trên phần mềm Matlab /Simulink, áp dụng cho cấp 22kV tại trạm điện thực tế 220/110/22kV Bình Tân thuộc Tổng Công ty điện lực Thành phố Hồ Chí Minh.

Qua kết quả mô phỏng có thể dễ dàng nhận thấy thiết bị có khả năng giảm dòng ngắn mạch rất hiệu quả ở cả giai đoạn siêu quá độ lẫn quá độ, đảm bảo các tiêu chuẩn cũng như khả năng cắt của các thiết bị bảo vệ.

TỪ VIẾT TẮT

FCL: hạn chế dòng ngắn mạch – Fault Current Limiter.

FCLT: hạn chế dòng ngắn mạch kiểu biến áp – Fault Current Limiter Transformer.

DVR: bộ trợ cải thiện chất lượng điện áp – Dynamic Voltage Restorer.

SCR: chỉnh lưu điều khiển bằng silicon – Silicon Controlled Rectifier

GTO: Gate Turn Off Switch

IGBT: Insulated Gate Bipolar Transistor

MBA: Máy biến áp

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Tác giả Đoàn Tự Do: đưa ra ý tưởng viết bài, đóng góp diễn giải phương pháp thực hiện, kết quả mô phỏng, phân tích, thảo luận của nghiên cứu và kết quả của bài viết.

Tác giả Lê Thị Tinh Minh: kiểm tra lại bài viết, đóng góp phần tổng quan, kiểm tra lại chính tả và kết luận của bài viết.

Tác giả Lê Bửu Toàn: tham gia thu thập dữ liệu, chạy kết quả mô phỏng và viết bản thảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Viện Năng Lượng Bộ Công Thương, "Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2011-2020 có xét đến 2030".
2. Sở Công Thương Thành Phố Hồ Chí Minh, "Quy hoạch phát triển điện lực Tp. Hồ Chí Minh giai đoạn 2016-2025, có xét đến năm 2035".
3. Bộ Công Thương, "Thông tư 25/2015/TT-BCT," 2015.
4. Bộ Công Thương, "Thông tư 39 /2015/TT-BCT," 2015.
5. Lê Kim Hùng, Đoàn Ngọc Minh Tú, Ngắn mạch trong hệ thống điện. .
6. Nguyễn Hiếu, "Nghiên cứu tìm giải pháp hạn chế dòng điện ngắn mạch hệ thống điện 220kV giai đoạn 2011 đến 2015".
7. Nguyễn Long Đăng Vương, "Nghiên cứu và đề xuất giải pháp giảm dòng ngắn mạch trên lưới điện truyền tải".
8. Nguyễn Văn Quyết, "Tính toán dòng ngắn mạch trên lưới truyền tải điện Miền Bắc và đề xuất các biện pháp giảm dòng ngắn mạch trên lưới điện truyền tải".
9. Xiaoqing Zang, Ming Li, "Using the Fault Current Limiter with Transformer Type Reactor to Reduce Short Circuit Currents".
10. Lê Thành Bắc, "Thiết bị tự động hạn chế dòng ngắn mạch kiểu máy," Tạp chí Khoa học & Công nghệ Đại học Đà Nẵng. .
11. G. Karady, "Principles of fault current limitation by a resonant LC circuit," 1992.
12. Sung-Hun Lim, Hyo-Sang Choi, Dong-Chul Chung, Yeong-Ho Jeong, Yong-Huei Han, Tae-Hyun Sung, Byoung-Sung Han, "Fault Current Limiting Characteristics of Resistive Type SFCL Using a Transformer".
13. Short TA. Distribution Reliability and Power Quality. Boca Raton, FL: CRC Press; 2006.
14. Suyono H, Hasanah RN. Analysis of Power Losses due to Distributed Generation Increase on Distribution System. Jurnal Teknologi. 2016;78(6-3):23–28. UTM Press, ISSN: 01279696, E-ISSN: 21803722.
15. Nor, K.M., Mokhlis, H., Suyono, H., (...), Rashid, A.-H.A.-., Gani, T.A. Development of power system analysis software using object components, IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON, 2007.
16. Suyono, H., Nor, K.M., Yusof, S. Component based development for transient stability power system simulation software, PECon 2003 - Proceedings National Power Engineering Conference, 2003.
17. Anaya-Lara O, Acha E. Modeling and Analysis of Custom Power Systems by PSCAD/EMTDC. IEEE Transactions on Power Delivery. 2002;17(1).
18. Giese RF. Fault Current Limiters - A Second Look. Paris, FR: Argonne National Laboratory; 1995.
19. Leung EM, Rodriguez I, Albert GW, Burley B, Dew M, Gurrola P, et al. High temperature superconducting fault current limiter development. IEEE Transactions on Applied Superconductivity. 1997;7(2):985–988.
20. H. Suyono, R.N. Hasanah, K.N. Astuti, "Optimization of the reactive power injection to control voltage profile by using artificial bee colony algorithm," in Proc. 2016 International Seminar on Sensors, Instrumentation, Measurement and Metrology, ISSIMM 2016, 2016, pp. 18 - 23.
21. Georgi Ganev, Krastjo Hinov, Nilkolay Karadzhev, "Fault Current Limiters – Principles and Application".
22. Trung tâm điều độ hệ thống điện Miền Nam, "Sơ đồ nối điện trạm biến áp 220/110/22 kV Bình Tân".

Modelling of transformer type fault current limiter in 22Kv distribution power system at Ho Chi Minh City

Doan Tu Do¹, Le Buu Toan^{2,*}, Le Thi Tinh Minh²



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Nowadays, the development of power systems leads to the expansion of the grid scale and complicated technological problems. One of the most concerned problems is the short circuit current which exceeds of limit regulation and breaking capacity range of the protection devices. In order to improve the reliability of electrical systems, there are many existing solutions currently such as using limiting impedance, system reconfiguration, bus-splitting, changing conductor materials, etc... However, each solution has its own advantages and disadvantages. In this paper, fault current limiting (FCL) devices are introduced as another solution. It works as high impedance in short circuit case and low impedance in generally case without causing power losses. This paper will analyze and simulate the fault current limiting transformer (FCLT's) in MATLAB/SIMULINK. The effect of FCLT's parameters results in the reduction of short circuit is also mentioned in this paper. The application of FCLT in Ho Chi Minh Power Corporation's distribution system has positive outcomes.

Key words: Fault current limiter (FCL), short circuit, distribution system, transformer

¹220kV Binh Tan Substation, Ho Chi Minh City Grid Company - Ho Chi Minh City Power Corporation

²Electrical and Electronic Engineering, Ho Chi Minh University of Technology, 268 Ly Thuong Kiet Street, Ward 14, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

Correspondence

Le Buu Toan, Electrical and Electronic Engineering, Ho Chi Minh University of Technology, 268 Ly Thuong Kiet Street, Ward 14, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: toanlebuu@gmail.com

History

- Received: 04-8-2019
- Accepted: 30-8-2019
- Published: 30-11-2019

DOI : 10.32508/stdjet.v2i3.530



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Do D T, Toan L B, Minh L T T. **Modelling of transformer type fault current limiter in 22Kv distribution power system at Ho Chi Minh City.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 2(3):179-192.