

Ảnh hưởng của điện áp quá độ phục hồi và biện pháp hạn chế khi cắt cuộn kháng bù ngang ở trạm biến áp 500 kV Ô Môn

Trần Tấn Phát¹, Võ Ngọc Điều^{2,*}



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

TÓM TẮT

Kháng bù ngang sử dụng trên lưới điện 500 kV dùng để điều chỉnh cân bằng công suất phản kháng và điều chỉnh điện áp nằm trong ngưỡng vận hành cho phép. Vì vậy, việc đóng cắt kháng thường xuyên diễn ra hàng ngày. Việc đóng cắt máy cắt cuộn kháng sẽ sinh ra các thành phần quá độ trong quá trình đóng cắt máy cắt cuộn kháng. Khi đóng cuộn kháng sẽ xuất hiện dòng điện xung kích và khi cắt cuộn kháng sẽ xuất hiện điện áp quá độ phục hồi (Transient Recovery Voltage - TRV) giữa hai tiếp điểm cắt của máy cắt. Bài báo này sẽ tập trung phân tích thành phần của TRV xảy ra khi cắt máy cắt tải có tính cảm với dòng điện nhỏ, cụ thể là phân tích TRV xảy ra khi cắt máy cắt cuộn kháng bù ngang 500 kV – 128 MVar tại trạm biến áp 500 kV Ô Môn bằng phần mềm phân tích quá độ ATP/EMTP. Từ quá trình mô phỏng cho thấy kết quả đạt được khá phù hợp với thực tế và làm cơ sở quan trọng để đưa ra các giải pháp nhằm hạn chế TRV cho trạm 500 kV Ô Môn cũng như các trạm 500 kV khác có cuộn kháng bù ngang ở Việt Nam. Nghiên cứu này có những đóng góp tích cực về mặt kinh tế lẫn kỹ thuật. Về mặt kinh tế, việc áp dụng mô hình này cho máy cắt cuộn kháng bù ngang sẽ đánh giá được mức chịu đựng được TRV của máy cắt trong vận hành thực tế, góp phần giảm phí bảo dưỡng và thay thế máy cắt. Về mặt kỹ thuật, giải pháp này sẽ giúp giải quyết các vấn đề lựa chọn máy cắt phù hợp, phương thức vận hành tốt nhất và giảm giá trị TRV hiệu quả.

Từ khoá: Kháng bù ngang, điện áp quá độ phục hồi, đóng cắt tải có tính cảm, quá áp khi đóng cắt

GIỚI THIỆU

Cuộn kháng bù ngang được sử dụng để bù cho các tác động của điện dung sinh ra trên đường dây, đặc biệt là để hạn chế sự tăng điện áp phía cuối đường dây khi cắt đột ngột hoặc khi vận hành non tải. Việc đóng cắt kháng bù ngang thường xuyên phụ thuộc vào sự thay đổi của phụ tải hệ thống. Cuộn kháng bù ngang thường được đưa vào vận hành ở mức tải thấp hoặc không tải và đưa ra dự phòng lúc phụ tải cao. Do đó việc đóng cắt kháng trong chế độ vận hành bình thường được thực hiện nhiều lần trong ngày¹. Do các đặc tính kỹ thuật và mục đích đặc biệt của kháng bù ngang, dòng điện đi qua kháng chủ yếu là dòng cảm ứng và có giá trị nhỏ. Dòng điện này nhỏ hơn đáng kể (10 hoặc 20 lần) so với dòng điện định mức của các máy cắt khí SF6 được sử dụng phổ biến nhất hiện nay, và thậm chí nhỏ hơn đến 200 lần so với dòng ngắn mạch của máy cắt¹.

Các hoạt động đóng cắt của máy cắt kháng bù ngang 128 MVar tại trạm biến áp 500 kV Ô Môn thuộc hệ thống lưới điện truyền tải 500 kV Việt Nam thường xuyên xảy ra khi thay đổi phụ tải. Nguyên tắc đóng cắt cuộn kháng bù ngang trong chế độ vận hành

bình thường như sau: với phụ tải thấp thì đóng cuộn kháng, còn khi tải tăng lên thì cắt cuộn kháng. Các hoạt động đóng cắt của cuộn kháng bù ngang dẫn đến quá độ điện từ và một số hiệu ứng cơ học khác. Tại thời điểm đóng cuộn kháng, dòng điện khởi động có thể xuất hiện với biên độ lớn (hay còn gọi là dòng điện xung kích) và hằng số thời gian dài. Tại thời điểm cắt cuộn kháng, sự gián đoạn đột ngột của dòng điện cảm ứng nhỏ sẽ gây ra hiện tượng quá điện áp. Sự phản ứng của hệ thống đối với dòng cắt là nguyên nhân sinh ra điện áp quá độ phục hồi (Transient recovery voltage - TRV)². Các ảnh hưởng này về lâu dài sẽ gây nguy hại đến tiếp điểm chính của máy cắt cuộn kháng nếu nó vượt quá điện áp chịu đựng xung đóng cắt của máy cắt. Gần đây trên lưới điện đã xảy ra một số vụ trở ngại bất thường của máy cắt cuộn kháng bù ngang 500 kV như tại các trạm biến áp 500 kV Sông Mây và Ô Môn mà điện áp quá độ phục hồi TRV là một trong những nguyên nhân chính gây ra các sự cố nêu trên³. Bài báo này sẽ trình bày việc nghiên cứu các ảnh hưởng quá điện áp khi đóng cắt máy cắt cuộn kháng bù ngang sử dụng phần mềm ATP/EMTP và đặc biệt là nghiên cứu giá trị TRV trong thực tế vận hành nhằm lựa chọn thiết bị và phương thức vận hành phù

¹Công ty Truyền tải điện 4, Tổng Công ty Truyền tải điện Quốc gia, Tập đoàn Điện lực Việt Nam

²Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

Liên hệ

Võ Ngọc Điều, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

Email: vndieu@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 06-5-2019
- Ngày chấp nhận: 26-6-2019
- Ngày đăng: 20-8-2019

DOI:



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.



Trích dẫn bài báo này: Tấn Phát T, Ngọc Điều V. Ảnh hưởng của điện áp quá độ phục hồi và biện pháp hạn chế khi cắt cuộn kháng bù ngang ở trạm biến áp 500 kV Ô Môn. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 2(2):86-96.

hợp làm giảm đáng kể các sự cố tương tự xảy ra, đồng thời đưa ra các giải pháp chọn lựa tối ưu làm giảm đáng kể giá trị TRV để làm tăng tuổi thọ máy cắt.

PHÂN TÍCH CÁC ẢNH HƯỞNG KHI ĐÓNG CẮT KHÁNG BÙ NGANG

Trong phần này sẽ trình bày sơ lược các ảnh hưởng quá độ trong trường hợp đóng cuộn kháng. Trong trường hợp cắt cuộn kháng, sẽ tập trung phân tích chi tiết các ảnh hưởng xảy ra khi cắt cuộn kháng để làm rõ tác hại của điện áp quá độ phục hồi TRV. Bài báo chỉ tập trung phân tích các ảnh hưởng khi đóng cắt kháng bù ngang trên lưới điện 500 kV trong chế độ vận hành bình thường.

Việc đóng cắt điện áp cao thường gây ra các nhiễu loạn như ảnh hưởng về điện thế, các họa tần và dòng khởi động. **Bảng 1** trình bày các ảnh hưởng khi đóng cắt các loại phụ tải trên lưới điện cao áp.

Bảng 1: Các ảnh hưởng khi đóng cắt các loại tải

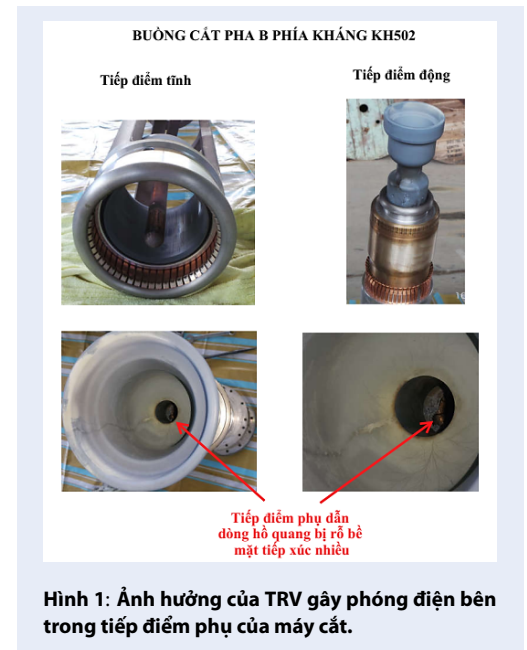
Loại tải	Loại đóng cắt	Hiện tượng quá độ
Tải điện cảm: Máy biến áp, kháng bù ngang	Cắt	Đánh lửa lặp lại, quá áp
	Đóng	Dòng xung kích
Tải điện dung: Các tụ điện	Cắt	Đánh lửa lặp lại, quá áp
	Đóng	Quá áp, quá dòng tức thời

Hình 1 ghi nhận một số hình ảnh về sự ảnh hưởng của điện áp quá độ phục hồi TRV tác động lên máy cắt kháng, gây phóng điện bên trong tiếp điểm động của máy cắt kháng K502 pha B tại ngăn lộ kháng bù ngang KH502 trạm 500kV Ô Môn.

Cuộn kháng bù ngang lắp đặt phía cuối đường dây nhằm mục đích giảm điện áp trong các trường hợp non tải hoặc không tải, bằng cách tiêu thụ công suất phản kháng do tụ ký sinh của đường dây sinh ra nhằm giữ điện áp thanh cái xung quanh giá trị mong muốn. Tuy nhiên việc vận hành cuộn kháng bù ngang cũng có một số ảnh hưởng đến hệ thống điện. Chẳng hạn, khi vận hành đóng cắt cuộn kháng bù ngang sẽ tồn tại hai loại hiện tượng quá độ như sau:

- Khi đóng máy cắt cuộn kháng: có thể xuất hiện dòng điện xung kích khá lớn phát sinh từ các đặc tính từ tính của lõi cuộn kháng.
- Khi cắt máy cắt cuộn kháng: có thể xuất hiện quá điện áp quá độ lớn do các đặc tính của máy cắt.

Hiện tượng quá độ khi cắt máy cắt cuộn kháng bù ngang là hiện tượng được nghiên cứu trọng tâm của bài báo này.



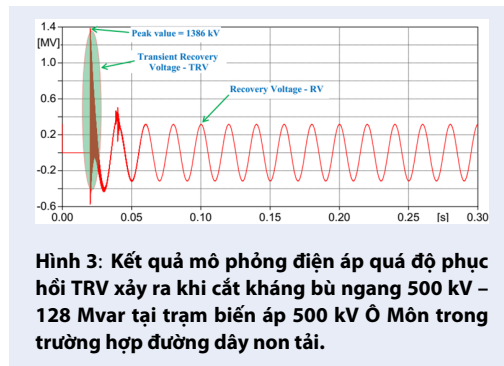
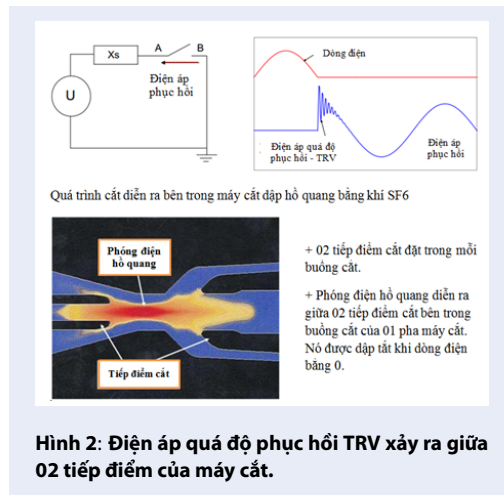
PHÂN TÍCH ĐIỆN ÁP QUÁ ĐỘ PHỤC HỒI TRV VÀ HIỆN TƯỢNG QUÁ ĐIỆN ÁP PHÓNG ĐIỆN LẶP LẠI

Điện áp quá độ phục hồi - TRV

Điện áp phục hồi (Recovery Voltage - RV) trong máy cắt là điện áp xuất hiện giữa hai đầu cực của máy cắt xảy ra khi mở máy cắt như trong Hình 2.

Khi mở máy cắt kháng bù ngang, tại thời điểm dòng điện dao động, một lượng năng lượng được nạp bởi thành phần điện cảm và điện dung của cuộn kháng bù ngang trước thời điểm cắt kháng, năng lượng này sẽ dao động giữa điện cảm và điện dung ký sinh của kháng bù ngang và tạo ra quá áp tạm thời hay còn gọi là điện áp quá độ phục hồi (Transient Recovery Voltage - TRV)².

Điện áp quá độ phục hồi này xuất hiện với biên độ và tần số dao động rất lớn và thường thì pha cắt đầu tiên bị ảnh hưởng bởi điện áp TRV nặng nề nhất. Hình 3 mô tả điện áp TRV xuất hiện tại pha cắt đầu tiên (pha A) của máy cắt kháng bù ngang 500 kV - 128 MVar tại trạm biến áp 500 kV Ô Môn, tại đó điện áp TRV tăng lên khoảng 2.5 pu tương ứng với điện áp định mức của máy cắt là 550 kV thì điện áp TRV là 1386 kV.



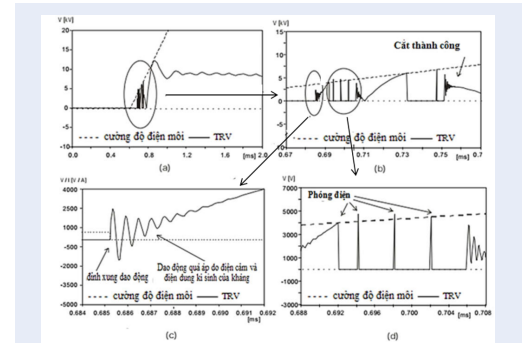
Hiện tượng quá điện áp phóng điện lặp lại

Đỉnh của TRV bằng với đỉnh của quá điện áp do dòng điện ngắt mạch cộng với đỉnh của điện áp phía nguồn. Nếu máy cắt đã có đủ cường độ điện môi, nó không đánh lửa lặp lại tại thời điểm này và hồ quang được dập tắt thành công. Nhưng nếu tại thời điểm tiếp điểm cắt vừa mở thì khoảng hở tiếp điểm cắt chưa đủ độ bền điện môi để chịu được điện áp xuất hiện trên các tiếp điểm cắt, thì sẽ xảy ra sự đánh lửa lại². Khi xảy ra sự đánh lửa lại, điện áp phía tải nhanh chóng có xu hướng quay về điện áp phía nguồn và tạo ra sự quá mức, hay nói cách khác là quá điện áp phóng điện lặp lại. Điện áp như vậy (tại thời điểm phóng điện lặp lại) sẽ tạo ra điện áp quá độ đặt lên cuộn kháng. Thời gian trước của sóng thay đổi từ ít hơn một micro giây đến vài micro giây và có thể phân bố không đều trên cuộn dây của kháng.

Hình 4 trình bày một số hình ảnh minh họa cho quá trình phóng điện lặp lại diễn ra bên trong máy cắt⁴.

- Hình 4a : dạng sóng TRV diễn ra tại thời điểm cắt máy cắt kháng bù ngang.

- Hình 4b: dạng sóng của dao động quá áp và phóng điện lặp lại.
- Hình 4c: dạng sóng của dao động quá áp.
- Hình 4d: TRV vượt quá cường độ điện môi của máy cắt, phóng điện lặp lại diễn ra.



PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG BẰNG PHẦN MỀM ATP/EMTP

Mô hình mô phỏng được xây dựng dựa trên sơ đồ lưới điện truyền tải Việt Nam năm 2015⁵. Mục đích lựa chọn xây dựng mô hình mô phỏng theo giai đoạn này nhằm khảo sát lại đúng hiện trạng xảy ra trở ngại bất thường của máy cắt kháng bù ngang 500 kV – 128 Mvar tại trạm biến áp 500 kV Ô Môn³.

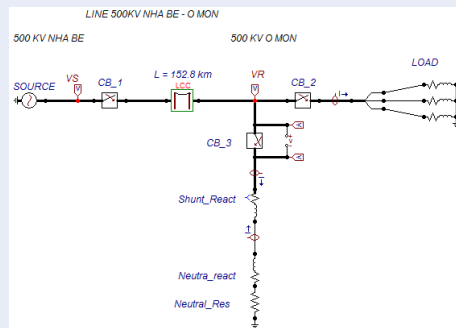
Các kết quả mô phỏng bằng phần mềm ATP về việc phân tích ảnh hưởng quá độ xảy ra khi đóng cắt cuộn kháng bù ngang được thực hiện ở chế độ vận hành bình thường. Bài báo này chỉ tập trung phân tích đóng cắt máy cắt kháng bù ngang KH502 - 128 MVar đặt tại trạm biến áp 500 kV Ô Môn thuộc ngăn lộ đường dây 500 kV Nhà Bè - Ô Môn có chiều dài 152,83 km. Trong mô hình mô phỏng này nguồn được cấp từ trạm Nhà Bè về trạm Ô Môn, đây là trào lưu công suất trong chế độ vận hành bình thường trên đường dây 500 kV Nhà Bè - Ô Môn. Điện áp đầu nguồn là điện áp tại trạm Nhà Bè, điện áp cuối nguồn là điện áp tại trạm Ô Môn.

Đường dây trong mô hình mô phỏng có chiều dài thực tế là 152,83 km, thuộc loại đường dây có chiều dài trung bình và mô hình mạch π tương đương được sử dụng trong mô phỏng cho loại đường dây này. Đường dây thực tế trong Hình 5 được mô hình hóa bằng ATP như trong Hình 6.

Phụ tải trong mô hình mô phỏng đại diện cho các phụ tải của khu vực Miền Tây Nam Bộ được cung cấp từ lưới điện 500 kV Bắc - Nam cho phân bố phụ tải



Hình 5: Ngăn lộ kháng bù ngang 500 kV – 128 Mvar tại TBA 500 kV Ô Môn.



Hình 6: Sơ đồ mô phỏng đóng cắt kháng bù ngang đường dây 500 kV Nhà Bè – Ô Môn bằng phần mềm ATP.

thông qua 02 máy biến áp đặt tại trạm biến áp 500 kV Ô Môn. Do quá áp phía cuối đường dây chỉ xảy ra ở trường hợp non tải hoặc không tải nên trong mô phỏng các thông số phụ tải của 03 pha phải cài đặt cho phù hợp.

Các khối chức năng trong Hình 6 bao gồm:

- SOURCE: Khối nguồn.
- LCC: Mô hình đường dây trung bình.
- CB_1, CB_2, CB_3: Máy cắt 03 pha rời.
- Shunt_React: Kháng bù ngang.
- Neutra_react: Kháng trung tính.
- Neutral_Res: Điện trở trung tính.
- LOAD: Tải.
- VS, VR, I : Đầu dò để đo điện áp, dòng điện.

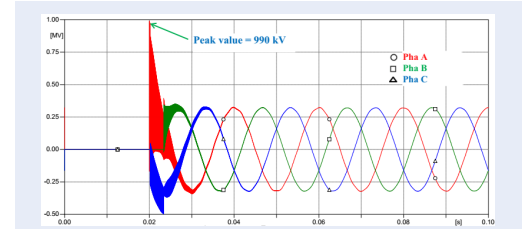
KẾT QUẢ MÔ PHỎNG CẮT MÁY CẮT KHÁNG BÙ NGANG

Trường hợp đường dây không tải

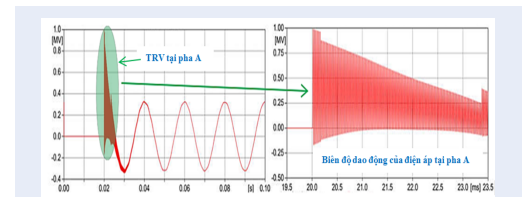
Tại góc cắt 0^0 :

Máy cắt 03 pha độc lập CB_3 cắt tại thời điểm 15 ms với thời gian 03 pha như sau: Pha A: 15 (ms), Pha B:

15 + 6,6 (ms), Pha C: 15 + 3,3 (ms). Theo kết quả mô phỏng, dao động điện áp 3 pha khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 0^0 khi đường dây không tải được biểu diễn trong Hình 7 và trường hợp dao động điện áp tại pha A được biểu diễn như trong Hình 8.



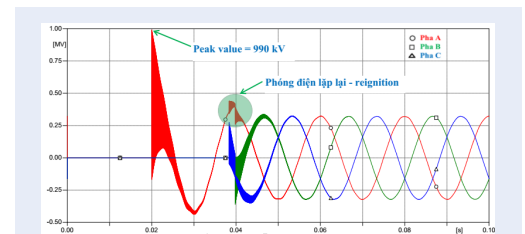
Hình 7: TRV – trường hợp cắt tại góc cắt 0^0 .



Hình 8: Dao động điện áp tại pha A khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 0^0 .

Tại góc cắt 90^0 :

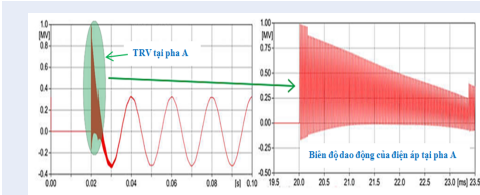
Máy cắt 03 pha độc lập CB_3 cắt tại thời điểm 20 ms với thời gian 03 pha như sau: Pha A: 20 (ms), Pha B: 20 + 6,6 (ms), Pha C: 20 + 3,3 (ms). Từ kết quả mô phỏng, dao động điện áp 3 pha khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 0^0 khi đường dây không tải được biểu diễn trong Hình 9 và trường hợp dao động điện áp tại pha A được biểu diễn như trong Hình 10.



Hình 9: TRV – trường hợp cắt tại góc cắt 90^0 .

Qua kết quả mô phỏng khi cắt máy cắt kháng bù ngang trong trường hợp đường dây không tải ở góc cắt 0^0 và 90^0 ta có nhận xét như sau:

- Giá trị đỉnh của TRV (peak value): không đổi (990 kV).



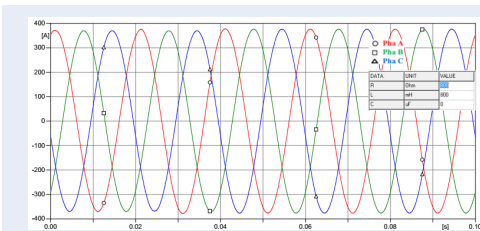
Hình 10: Dao động điện áp tại pha A khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 90^0 .

- Xảy ra phóng điện lặp lại (reignition): xảy ra nhiều khi cắt tại góc 90^0 (Hình 9).

Như vậy nên chọn lựa thời điểm cắt tối ưu nhất là tại góc cắt 0^0 nhằm hạn chế xảy ra quá điện áp phóng điện lặp lại.

Trường hợp đường dây non tải

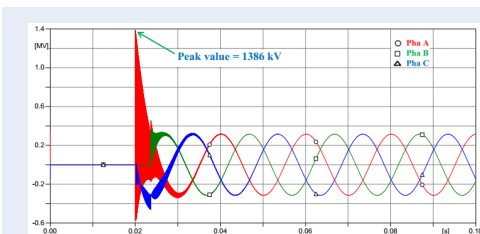
Thông số phụ tải được thể hiện như trong Hình 11.



Hình 11: Thông số phụ tải và dòng điện 03 pha của tải.

Tại góc cắt 0^0 :

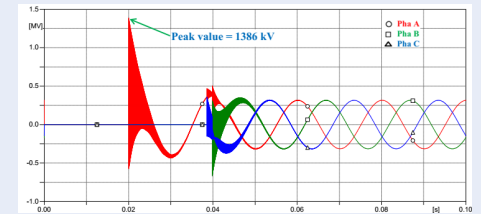
Máy cắt 03 pha độc lập CB_3 cắt tại thời điểm 15 ms với thời gian 03 pha như sau: Pha A: 15 (ms), Pha B: 15 + 6,6 (ms), Pha C: 15 + 3,3 (ms). Theo kết quả mô phỏng thì d ao động điện áp 3 pha khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 0^0 khi đường dây non tải được biểu diễn trong Hình 12.



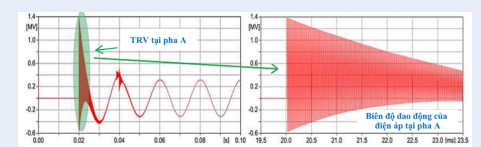
Hình 12: TRV – trường hợp cắt tại góc cắt 0^0 .

Tại góc cắt 90^0 :

Máy cắt 03 pha rời CB_3 cắt tại thời điểm m 20 ms với thời gian 03 pha như sau: Pha A: 20 (ms), Pha B: 20 + 6,6 (ms), Pha C: 20 + 3,3 (ms). Kết quả mô phỏng d ao động điện áp 3 pha khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 90^0 khi đường dây non tải được biểu diễn trong Hình 13 và trường hợp dao động điện áp tại pha A được biểu diễn trong Hình 14.



Hình 13: TRV – trường hợp cắt tại góc cắt 90^0 .



Hình 14: Dao động điện áp tại pha A khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 90^0 .

Kết quả mô phỏng cho các giá trị TRV xảy ra tại máy cắt CB_3 trong các trường hợp xem xét được cho trong Bảng 2.

Bảng 2: Bảng liệt kê giá trị TRV

	Tại góc cắt 0^0	Tại góc cắt 90^0
Đường dây không tải	990 (kV)	990 (kV)
Đường dây non tải	1386 (kV)	1386 (kV)

Điện áp quá độ phục hồi TRV xảy ra khi cắt kháng bù ngang trong hai trường hợp không tải và non tải có giá trị rất lớn, xuất hiện lớn nhất trong trường hợp non tải là 1386 kV, lớn hơn gấp 2,52 lần điện áp định mức của máy cắt với $U_r = 550$ kV.

Điện áp quá độ phục hồi TRV có biên độ lớn nhất xảy ra ở pha cắt đầu tiên (pha A) và dao động với biên độ rất lớn khoảng hàng chục kHz. Thời gian diễn ra quá trình dao động này mất khoảng vài trăm micro giây (μs).

Qua kết quả mô phỏng tương ứng với sơ đồ vận hành thực tế ở chế độ non tải ta thấy giá trị TRV có biên độ

gấp 2,5 lần điện áp định mức của máy cắt. Với kết quả mô phỏng này cần phải xem lại liệu máy cắt đang vận hành thực tế trên lưới có khả năng chịu được giá trị TRV này không, trong đó phải xem xét cụ thể các tiêu chuẩn về TRV dành riêng cho máy cắt kháng. Nếu máy cắt thực tế không có khả năng chịu được giá trị TRV này thì cần phải đưa ra các giải pháp cụ thể để hạn chế ảnh hưởng của TRV đến mức thấp nhất có thể. Các vấn đề đặt ra ở đây sẽ được giải quyết cụ thể trong phần tiếp theo nói về các giải pháp hạn chế TRV.

THẢO LUẬN VÀ CÁC GIẢI PHÁP HẠN CHẾ TRV

Các tiêu chuẩn quy định giá trị TRV cho máy cắt kháng bù ngang

Tiêu chuẩn quy định giá trị TRV cho máy cắt đóng cắt tải có tính cảm

Trong những năm gần đây, nhu cầu thử nghiệm chức năng đóng cắt dòng tải cảm ứng đã tăng đáng kể khi nhiều cuộn kháng bù ngang được lắp đặt vận hành trên lưới truyền tải. Song song với điều này, một loạt các thay đổi về tiêu chuẩn của máy cắt để phù hợp với nhu cầu đóng cắt dòng điện cảm đã ra đời, trong đó tiêu chuẩn IEC 62271-110 đã trở nên hiệu quả và đang áp dụng phổ biến nhất.

Nhiệm vụ đóng cắt tải cảm được tiêu chuẩn hóa theo tiêu chuẩn IEC trong IEC 62271-110⁶. Phiên bản mới nhất (IEC 62271-110 - Edition 4.0 2017-10) xác định hai yêu cầu kiểm tra cho máy cắt cao áp bao gồm đóng cắt động cơ điện áp cao và đóng cắt cuộn kháng bù ngang. Tiêu chuẩn này có thể áp dụng cho các máy cắt AC được thiết kế để lắp đặt trong nhà hoặc ngoài trời hoạt động ở tần số 50 Hz và 60 Hz trên các hệ thống có điện áp trên 1000V và áp dụng cho đóng cắt dòng điện cảm ứng. Tiêu chuẩn này được áp dụng cho các máy cắt (bao gồm cả các máy cắt theo tiêu chuẩn IEC 62271-100) được sử dụng để đóng cắt dòng điện động cơ cao áp và dòng điện của kháng bù ngang và cả các công tắc cao áp được sử dụng để đóng cắt dòng điện động cơ cao áp như được quy định bởi tiêu chuẩn IEC 62271-106⁶.

Đối với các cuộn kháng bù ngang đang vận hành trên lưới điện truyền tải 500 kV ở Việt Nam thì thường có dòng định mức qua kháng nhỏ, khoảng 200 A đến 400 A. Trong khi đó các máy cắt 500 kV dùng cho đóng cắt kháng có dòng định mức rất lớn, thông thường từ 3000 A đến 4000 A với dòng điện ngắn mạch đến 65 kA. Điện áp TRV chịu đựng dành cho các máy cắt này được quy định theo tiêu chuẩn IEC 62271-100. Tiêu chuẩn này quy định các kiểu thử nghiệm ngắn mạch ở các chế độ dòng ngắn mạch định mức khác nhau như 10%, 30%, 60%, 100% hoặc sự cố ngắn mạch đường

dây hoặc mất pha để tìm ra giá trị TRV chịu đựng của máy cắt⁷. Riêng các máy cắt dùng để vận hành đóng cắt cuộn kháng bù ngang là một ứng dụng đặc biệt vì dòng qua cuộn kháng có tính cảm và rất nhỏ, thường từ 200 - 400 A. Việc đóng cắt cuộn kháng là một đặc tính khó, nhất là khi cắt với dòng điện nhỏ sẽ gây ra điện áp quá độ rất lớn xuất hiện tại tiếp điểm cắt của máy cắt. Tiêu chuẩn IEC 62271-100 dùng riêng cho máy cắt không quy định riêng cho trường hợp này. Vì vậy IEC mới đưa ra tiêu chuẩn riêng cho đóng cắt cuộn kháng với dòng điện nhỏ đó là tiêu chuẩn IEC 62271-110.

Giá trị TRV của máy cắt được thí nghiệm theo tiêu chuẩn IEC 62271-100

Máy cắt cuộn kháng bù ngang K502 dùng để đóng cắt cuộn kháng bù ngang 500 kV - 128 MVar đặt tại ngăn lộ đường dây 500 kV 562-572 trạm Ô Môn, thuộc đường dây 500 kV Nhà Bè - Ô Môn. Đây là máy cắt 500 kV hiệu AREVA, sản xuất và thí nghiệm theo tiêu chuẩn IEC 62271-100. Thông số báo cáo thử nghiệm của máy cắt hiệu AREVA kiểu GL317 được cho trong Bảng 3⁸.

Bảng 3: Thông số TRV của máy cắt hiệu AREVA kiểu GL317 theo tiêu chuẩn IEC 62271-100

Điện áp định mức U_r (kV)	Kiểu thí nghiệm	Giá trị đỉnh của TRV U_c (kV)
550	Ngắn mạch	817

Dựa vào bảng báo cáo, giá trị TRV định mức của máy cắt khi thí nghiệm sự cố ngắn mạch là 817 kV. Nghĩa là theo tiêu chuẩn này thì chỉ thí nghiệm trong điều kiện vận hành xảy ra sự cố thì mới tìm được giá trị chịu đựng TRV định mức của máy cắt. Tiêu chuẩn này không quy định máy cắt hoạt động trong điều kiện vận hành bình thường (đóng cắt cuộn kháng bù ngang với dòng tải nhỏ) thì giá trị TRV chịu đựng là bao nhiêu.

Giá trị TRV của máy cắt được thí nghiệm theo tiêu chuẩn IEC 62271-110

Bảng 4 liệt kê các giá trị TRV chịu đựng của máy cắt theo tiêu chuẩn IEC 62271-110 với điện áp định mức từ 100 kV đến 1200 kV dành cho cuộn kháng bù ngang có trung tính nối đất trực tiếp. Bảng liệt kê giá trị TRV theo tiêu chuẩn IEC 62271-110:2017 được trình bày chi tiết trong Bảng 4³.

Giá trị u_c trong bảng được tính như sau:

$$u_c = U_r \sqrt{\frac{2}{3}} \times k_{pp} \times 1.9 \quad (1)$$

Bảng 4: Bảng liệt kê giá trị TRV theo tiêu chuẩn IEC 62271-110 của máy cắt

Điện áp định mức U_r (kV)	Kiểu thí nghiệm	Giá trị đỉnh của TRV U_c (kV)
550	Cắt kháng bù ngang với trung tính nối đất trực tiếp	853

và k_{pp} là hệ số giải tỏa cực đầu tiên của máy cắt khi cắt. Thí nghiệm theo tiêu chuẩn này thì $k_{pp} = 1$.

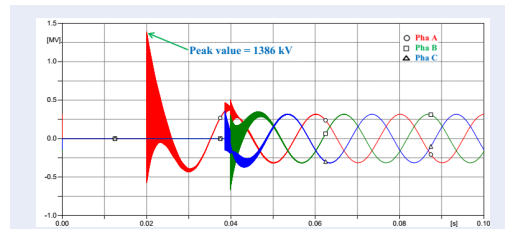
Thay giá trị này vào (1), ta được :

$$u_c = 550 \sqrt{\frac{2}{3}} \times 1 \times 1.9 = 853(kV) \quad (2)$$

Kết quả (2) cho thấy khi dùng máy cắt để cắt cuộn kháng bù ngang có trung tính nối đất trực tiếp được thí nghiệm theo tiêu chuẩn IEC 62271-110 thì điện áp quá độ phục hồi xuất hiện tại pha cắt đầu tiên có biên độ là 853 kV. Như vậy đối với máy cắt được sử dụng để đóng cắt cuộn kháng bù ngang với dòng điện nhỏ, trước khi đưa vào sử dụng phải được thí nghiệm giá trị TRV đạt theo tiêu chuẩn IEC 62271-110, nghĩa là giá trị TRV của thí nghiệm của máy cắt phải lớn hơn 853 kV.

Giá trị TRV của máy cắt theo vận hành thực tế

Sơ đồ vận hành theo khảo sát thực tế là cuộn kháng bù ngang có trung tính nối đất thông qua cuộn kháng trung tính và điện trở trung tính. Theo kết quả mô phỏng ở Bảng 2, trường hợp máy cắt khi cắt cuộn kháng bù ngang có trung tính nối đất thông qua cuộn kháng trung tính thì giá trị TRV lớn nhất xảy ra lúc cắt máy cắt tại góc cắt 90^0 khi đường dây non tải được thể hiện như trong Hình 15.



Hình 15: Giá trị TRV tại pha A khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 90^0 khi đường dây non tải.

Bảng tổng hợp giá trị TRV chịu đựng của máy cắt theo tiêu chuẩn IEC 62271-110, IEC 62271-100 và theo sơ đồ vận hành thực tế như trong Bảng 5.

Bảng 5: Bảng liệt kê giá trị TRV của máy cắt

Các kiểu thí nghiệm TRV	Giá trị TRV (kV)	Trường hợp thí nghiệm
IEC 62271-100	817	Chi thí nghiệm ngắn mạch
IEC 62271-110	853	Trung tính kháng nối đất trực tiếp
Theo sơ đồ vận hành thực tế	1386	Trung tính kháng – nối đất thông qua kháng trung tính

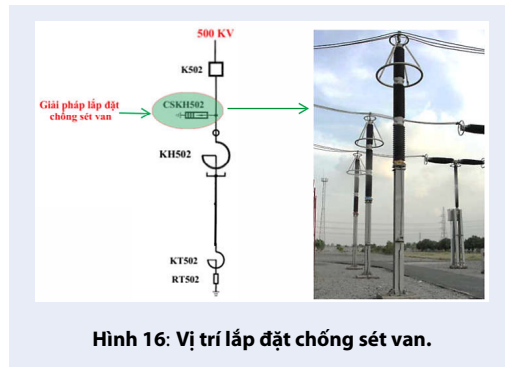
Dựa vào kết quả liệt kê ở Bảng 5 ta nhận thấy máy cắt K502 được thí nghiệm theo tiêu chuẩn IEC 62271-100 có giá trị TRV chịu đựng (817 kV) nhỏ nhất so với giá trị TRV theo tiêu chuẩn IEC 62271-110 (853 kV) và theo vận hành với sơ đồ thực tế (1386 kV). Tuy nhiên giá trị TRV được thí nghiệm theo tiêu chuẩn IEC 62271-100 chỉ thích hợp cho trường hợp cắt ngắn mạch với dòng điện rất lớn, còn trong vận hành đóng cắt kháng bình thường với dòng điện nhỏ thì máy cắt này không có quy định. Giá trị TRV theo tiêu chuẩn IEC 62271-100 thường nhỏ hơn tiêu chuẩn IEC 62271-110 (phiên bản 2017) dùng cho cắt tải có tính cảm với dòng điện nhỏ. Vì vậy đối với các máy cắt dùng để đóng cắt kháng trước khi đưa vào vận hành phải được kiểm tra và thử nghiệm theo hai tiêu chuẩn này.

Nếu tính toán giá trị TRV chịu đựng của máy cắt dựa theo tiêu chuẩn IEC 62271-110 thì giá trị TRV (853 kV) thấp hơn giá trị mô phỏng theo sơ đồ vận hành thực tế (1386 kV). Như vậy, đối với sơ đồ vận hành cuộn kháng bù ngang có trung tính nối đất thông qua cuộn kháng trung tính có giá trị TRV rất lớn, lớn hơn khả năng chịu đựng TRV của máy cắt đang vận hành. Đây chính là nguyên nhân gây phóng điện bên trong tiếp điểm động của máy cắt cuộn kháng K502 pha B tại ngăn lộ cuộn kháng bù ngang KH502 trạm 500 kV Ô Môn. Để giải quyết vấn đề này phần tiếp theo sẽ trình bày các giải pháp nhằm hạn chế giá trị TRV về mức thấp nhất và cũng như đưa ra các giải pháp vận hành tốt nhất khi đóng cắt máy cắt cuộn kháng bù ngang.

Các giải pháp hạn chế TRV

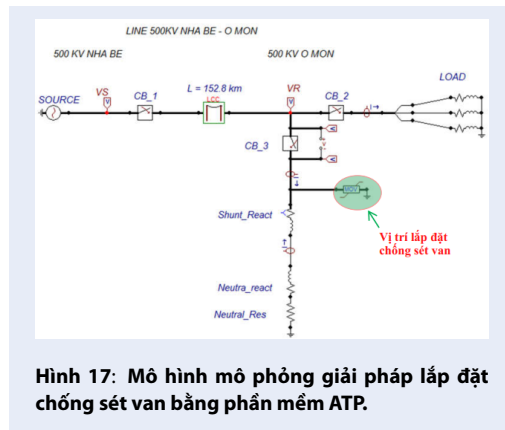
Lắp đặt chống sét van

Theo sơ đồ đang vận hành thực tế tại ngăn kháng bù ngang 128 Mvar tại trạm biến áp 500 kV Ô Môn có lắp đặt chống sét van 03 pha rời hiệu AREVA kiểu PS2B 444 Z 468, đặt giữa máy cắt K5 02 và kháng bù ngang KH502 như Hình 16.



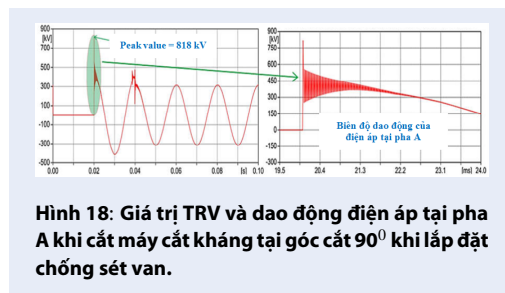
Hình 16: Vị trí lắp đặt chống sét van.

Vận dụng mô hình chống sét van thực tế để đưa vào mô hình mô phỏng của đề tài như Hình 17 nhằm đánh giá hiệu quả hạn chế TRV của chống sét.



Hình 17: Mô hình mô phỏng giải pháp lắp đặt chống sét van bằng phần mềm ATP.

Kết quả mô phỏng TRV sau khi áp dụng giải pháp lắp đặt chống sét van như Hình 18 và tổng hợp giá trị TRV trước và sau khi lắp đặt chống sét van được cho trong Bảng 6.



Hình 18: Giá trị TRV và dao động điện áp tại pha A khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 90⁰ khi lắp đặt chống sét van.

Dựa vào kết quả mô phỏng ta thấy do TRV xuất hiện tại pha A khi cắt máy cắt 03 pha độc lập nên chống sét van pha A sẽ làm việc khi điện áp TRV đạt mức điện áp làm việc của chống sét van. Điều này dễ nhận ra trong vận hành khi cắt máy cắt cuộn kháng bù ngang

Bảng 6: Bảng tổng hợp giá trị TRV trước và sau khi lắp đặt chống sét van

Trường hợp mô phỏng	TRV tại góc cắt 90 ⁰ (kV)
Không có chống sét van	1386
Có chống sét van	818

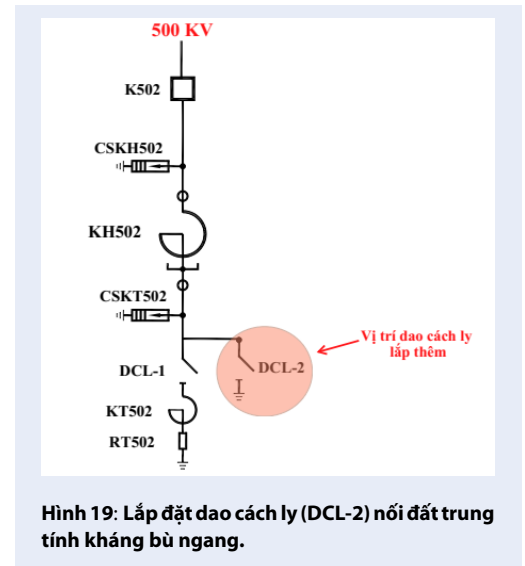
xây ra hiện tượng bộ đếm sét của một pha tăng lên, hai pha còn lại không thay đổi.

Sau khi áp dụng giải pháp lắp đặt chống sét van thì giá trị biên độ đỉnh của TRV giảm đáng kể về giá trị cho phép chịu đựng TRV của máy cắt (818 kV < 853 kV). Tuy nhiên giá trị TRV này vẫn còn khá lớn.

Lắp dao cách ly nối đất trung tính kháng bù ngang

Dựa vào kết quả phân tích trong Bảng 5 thì giá trị TRV trong trường hợp kháng bù ngang có trung tính nối đất trực tiếp thấp hơn trường hợp kháng bù ngang có trung tính nối đất thông qua kháng trung tính. Như vậy mục đích lắp đặt dao cách ly (DCL-2) nhằm thay đổi đầu nối phía trung tính của kháng bù ngang sang đầu nối trực tiếp xuống đất theo tiêu chuẩn IEC 62271-110.

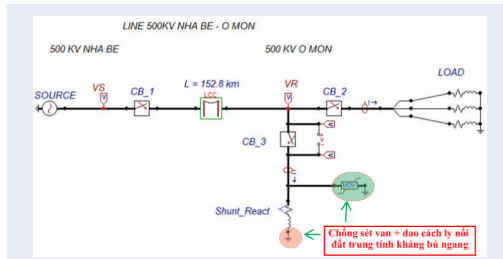
Vị trí lắp đặt được thể hiện như Hình 19 và mô hình mô phỏng trong ATP như Hình 20.



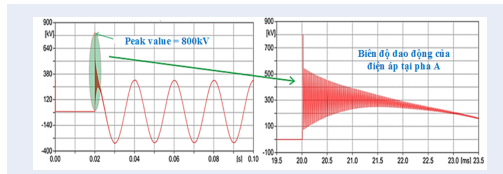
Hình 19: Lắp đặt dao cách ly (DCL-2) nối đất trung tính kháng bù ngang.

Kết quả mô phỏng TRV sau khi áp dụng giải pháp lắp đặt chống sét van kết hợp lắp dao cách ly nối đất trung tính kháng bù ngang như Hình 21 và Bảng 7 tổng hợp giá trị TRV trước và sau khi áp dụng các giải pháp hạn chế biên độ quá điện áp phục hồi TRV.

Sau khi áp dụng giải pháp lắp đặt dao cách ly để thay đổi phương thức vận hành phía trung tính của cuộn



Hình 20: Mô hình mô phỏng giải pháp lắp đặt chống sét van kết hợp dao cách ly bằng phần mềm ATP.



Hình 21: Giá trị TRV và dao động điện áp tại pha A khi cắt máy cắt kháng tại góc cắt 90⁰ khi lắp đặt chống sét van kết hợp dao cách ly nối đất trung tính kháng bù ngang.

Bảng 7: Bảng so sánh giá trị TRV trước và sau khi áp dụng các giải pháp

Trường hợp mô phỏng	TRV tại góc cắt 90 ⁰ (kV)
Không có chống sét van	1386
Có chống sét van	818
Chống sét van + dao cách ly nối đất trung tính kháng bù ngang	800

kháng bù ngang 500 kV - 128 MVar thay đổi từ kháng bù ngang có trung tính nối đất thông qua kháng trung tính → kháng bù ngang có trung tính nối đất trực tiếp, theo Bảng 7 thì giá trị TRV giảm về mức cho phép chịu đựng của máy cắt theo tiêu chuẩn IEC 62271-110 (800 kV < 853 kV).

Qua các phân tích và kết quả mô phỏng nêu trên cho thấy giải pháp lắp đặt chống sét van kết hợp với lắp dao cách ly nối đất trực tiếp trung tính cuộn kháng bù ngang là một giải pháp rất hiệu quả, làm giảm đáng kể giá trị điện áp quá độ phục hồi TRV xảy ra giữa tiếp điểm cắt của máy cắt khi cắt cuộn kháng bù ngang, làm tăng tuổi thọ vận hành của máy cắt và góp phần duy trì ổn định hệ thống điện.

Những đóng góp của nghiên cứu vào hệ thống điện Miền Nam - Việt Nam

Về mặt kinh tế

Đối với các máy cắt cuộn kháng bù ngang đang vận hành trên lưới không được thí nghiệm giá trị chịu đựng TRV theo tiêu chuẩn IEC 62271-110 dành cho phụ tải có tính cảm với dòng điện nhỏ. Cụ thể là với máy cắt cuộn kháng bù ngang thì việc áp dụng mô hình này sẽ đánh giá được mức độ chịu đựng TRV của máy cắt đối với sơ đồ vận hành thực tế, góp phần giảm chi phí bảo trì bảo dưỡng và thay mới máy cắt.

Về mặt kỹ thuật

Lựa chọn máy cắt phù hợp, chịu đựng được giá trị TRV khi cắt cuộn kháng bù ngang trong phương thức đấu nối vận hành thực tế.

Lựa chọn phương thức vận hành tốt nhất nhằm giảm giá trị TRV về mức thấp nhất để phù hợp mức chịu đựng của máy cắt đang vận hành bằng cách tính toán và mô phỏng trường hợp kháng có trung tính nối đất trực tiếp và nối đất thông qua cuộn kháng trung tính. Đưa ra các giải pháp tốt nhất nhằm làm giảm đáng kể giá trị TRV để làm tăng tuổi thọ máy cắt và góp phần làm ổn định hệ thống điện.

KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích các ảnh hưởng của điện áp quá độ phục hồi TRV xảy ra khi cắt máy cắt cuộn kháng bù ngang 500 kV – 128 MVar dựa vào việc xây dựng mô hình mô phỏng theo sơ đồ vận hành thực tế bằng phần mềm phân tích quá độ ATP/EMTP. Qua đó đánh giá được khả năng chịu đựng TRV của máy cắt và đề ra các giải pháp tốt nhất nhằm hạn chế ảnh hưởng của TRV lên máy cắt. Kết quả tính toán và mô phỏng cho thấy hiệu quả mang lại của các giải pháp làm giảm đáng kể giá trị TRV về giá trị cho phép chịu đựng của máy cắt và phù hợp với các tiêu chuẩn về kiểm tra khả năng chịu đựng TRV dành cho máy cắt cuộn kháng bù ngang đang được áp dụng trên thế giới. Do đó, kết quả đạt được của nghiên cứu này có thể sẽ làm nền tảng cho việc phát triển các giải pháp hạn chế TRV cho các trạm biến áp có cuộn kháng bù ngang ở Việt Nam.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

ATP: Alternative Transient Program (Chương trình quá độ thay thế)

CB: Circuit breaker (Máy cắt điện)

EMTP: Electromagnetic Transients Program (Chương trình quá độ điện từ)

IEC: International Electrotechnical Commission (Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế)

TRV: Transient recovery voltage (Điện áp quá độ phục hồi)

RV: Recovery voltage (Điện áp phục hồi)

DCL: Dao cách ly

KH502: Cuộn kháng mã số 502

XUNG ĐỘNG 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

Trần Tấn Phát tham gia vào việc đưa ra ý tưởng, thu thập dữ liệu, tính toán, viết bài bản thảo. Võ Ngọc Điều đã đóng góp định hướng nghiên cứu và chỉnh sửa bài viết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Uglešić I, Hutter S, Krepela M, Filipović-Grčić B, Jakl F. Transients Due to Switching of 400 kV Shunt Reactor.
2. IEEE Guide For The Application of Shunt Reactor Switching. Std C37015-2017 (Revision of IEEE Std C37015-2009);
3. Grid Solution SAS, GE and Alstom joint venture. Damages on main contact of Circuit breaker switching shunt reactor.
4. Wong SM, Snider LA, Lo EWC. Overvoltages and reignition behavior of vacuum circuit breaker. In: International Conference on Power Systems Transients;
5. Tập đoàn điện lực Việt Nam, Tổng công ty truyền tải điện quốc gia. Sơ đồ lưới điện truyền tải Việt Nam năm 2015.
6. IEC 62271-110, High voltage switchgear and controlgear – Part 110: Inductive load switching.
7. IEC 62271-100, High voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating current circuitbreakers.
8. Data sheets for circuit breaker, type GL 317D, Areva.

Effects of transient recovery voltage and degradation solutions when opening shunt reactor at 500 kV O Mon substation

Tran Tan Phat¹, Vo Ngoc Dieu^{2,*}



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

ABSTRACT

In 500 kV power systems, shunt reactors are usually used to control the reactive power balance and regulate the operating voltage within the permissible limits. Therefore, shunt reactors may be frequently switched daily. Using circuit breakers to switch shunt reactors will produce transient components during this period. When a shunt reactor is switched on, the inrush current will appear and when the shunt reactor is switched off, the transient recovery voltage (TRV) will occur between two terminal contacts in the circuit breaker. This paper will focus on analyzing TRV components that occur when opening the circuit breaker to interrupt inductive loads with small currents, namely the analysis of TRV that occurs when opening the circuit breaker of the shunt reactor 500 kV - 128 MVar at 500 kV O Mon substation by using ATP/EMTP transient analysis software. The simulation has indicated that the obtained results are suitable to the practical case and they can be used as a basis for a suggestion of solutions to reduce the TRV for other 500 kV substations with shunt reactors in Vietnam. This study also has significant technical and economic contributions. In the economy, the application of this model for shunt reactor circuit breakers will provide an evaluation of their TRV standing level in the practical operation, leading to reducing the maintenance and replacement costs of circuit breakers. In the technique, this solution will help to solve the problems of selecting appropriate circuit breakers, the best operation procedure, and effective reduction of TRV.

Key words: Shunt reactor, Transient Recovery Voltage, Inductor load switching, switching over-voltage

¹Power Transmission Company 4,
National Power Transmission Corporation,
Electricity of Vietnam

²Ho Chi Minh City University of
Technology, VNU-HCM

Correspondence

Vo Ngoc Dieu, Ho Chi Minh City
University of Technology, VNU-HCM

Email: vndieu@hcmut.edu.vn

History

- Received: 06-5-2019
- Accepted: 26-6-2019
- Published: 28-8-2019

DOI :



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 : Tan Phat T, Ngoc Dieu V. **Effects of transient recovery voltage and degradation solutions when opening shunt reactor at 500 kV O Mon substation.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 2(2):86-96.