

BÀI HỌC TỪ SỰ CỐ HƯ HỎNG MÁY CẮT 500kV VÀ GIẢI PHÁP NÂNG CAO TUỔI THỌ MÁY CẮT ĐIỆN CHO KHÁNG ĐIỆN BÙ NGANG

LESSON LEART FROM 500KV CIRCUIT BREAKER FAILURE AND SOLUTION TO IMPROVE CIRCUIT BREAKER LIFETIME OF SHUNT REACTOR

Nguyễn Đăng Toàn

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 15/07/2024, Ngày chấp nhận đăng: 29/08/2024, Phản biện: PGS TS Phạm Văn Bình

Tóm tắt:

Việc nghiên cứu ứng dụng thiết bị điều khiển đóng/mở đã được các công ty điện lực rất quan tâm nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của quá trình quá độ khi đóng/mở các tải phản kháng. Máy cắt điện 500kV là một thiết bị quan trọng và đắt tiền trong trạm biến áp. Khi mở máy cắt đối với các kháng điện bù ngang cần được nghiên cứu, tính toán cẩn thận vì điều khiển mở máy cắt không chính xác có thể dẫn đến hiện tượng đánh lửa trở lại, thậm chí có thể gây hư hỏng máy cắt. Bài báo tiến hành phân tích sự cố hư hỏng máy cắt điện 500kV khi mở kháng điện tại trạm biến áp 500kV Hiệp Hòa, đồng thời đề xuất các giải pháp giảm hư hỏng máy cắt khi mở kháng điện trong tương lai.

Từ khóa:

Máy cắt điện (MC), Thiết bị điều khiển đóng mở (CSD), đánh lửa trở lại, kháng bù ngang, SynchroTeq.

Abstract:

The application of controlled switching device (CSD) in order to mitigate influence of transient when energizing/de-energizing reactance loads has been taken into account by electrical utilities. The 500kV circuit breaker is an important and expensive device in the substation. When opening the circuit breaker of a shunt reactor, it is necessary to study and calculate carefully because incorrect control of opening the circuit breaker can lead to re-ignition, which can even cause damage to the circuit breaker. The paper investigates the failure of 500kV circuit breaker at Hiep Hoa 500kV substation and proposes the solutions to reduce the damage of the breaker when opening the shunt reactor in the future.

Keywords:

Circuit breaker, Controlled Switching Device, Re-ignition, Shunt reactor, SynchroTeq.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Hiện nay, các công ty điện lực trang bị các thiết bị điều khiển đóng/mở (Controlled Switching Device – CSD) cho các máy cắt điện (MC) để giảm thiểu ảnh hưởng quá độ trong hệ thống điện (HTĐ) và

các nguy cơ hỏng hóc thiết bị điện. Các CSD này đã chứng minh là giải pháp thay thế tốt nhất so với các giải pháp khác (như kỹ thuật sử dụng điện trở đóng trước [1]), vì CSD gần như loại bỏ các vấn đề liên quan đến đóng/mở tải phản kháng và đem lại các lợi ích như:

Kéo dài tuổi thọ của các thiết bị hiện có bằng cách nâng cao hiệu suất của MC (giảm quá độ trên cách điện thiết bị và xói mòn tiếp xúc của MC).

Cải thiện độ tin cậy của trạm biến áp (TBA) và nâng cao ổn định của HTĐ.

Nâng cao chất lượng điện năng (giảm sóng hài, các dao động tần số cao).

Mục đích của CSD là: điều khiển việc đóng/mở MC tại một thời điểm chính xác (phương pháp đóng vào sóng – Point on wave method) đối với mỗi ứng dụng cụ thể, có tính đến các đặc tính MC và các thông số vận hành nhất định.

Việc thu thập thông tin chính xác và đầy đủ trước, trong và sau khi vận hành là rất quan trọng để đảm bảo hoạt động lâu dài và tối ưu cho thiết bị CSD. Một trong những thách thức lớn nhất của hệ thống CSD là gửi các lệnh điều khiển sao cho khi tiếp điểm MC bắt đầu di chuyển và có thể đạt được các mục tiêu về điện và cơ học mong muốn tại thời điểm tối ưu. Để đạt được điều đó CSD cần dự đoán thời gian hoạt động của MC trong mọi trường hợp có thể (kể cả khi một số thông số của MC thay đổi sau thời gian vận hành dài ngày, như thời gian đóng/mở, nhiệt độ...).

Mặc dù MC là thiết bị cơ khí khá phức tạp nhưng chu trình đóng/mở của MC khá dễ đoán dựa trên các điều kiện hoạt động của nó [2]. Với mỗi công nghệ MC, các nhà sản xuất thường công bố dữ liệu của chúng dựa trên các thử nghiệm điển hình như: Đường cong đặc tính thời gian đóng/mở của MC, đặc điểm RDDS (Tỷ lệ giảm cường độ điện môi) của thiết bị, ... đây là những cơ sở đầu tiên để xác nhận xem MC có phù hợp để áp dụng kết hợp với CSD hay không. Tuy nhiên, thông tin này thường chỉ đề cập đến loại đóng mở đơn cực trên MC điển hình trong điều kiện phòng thí nghiệm. Do đó cần phải thực hiện kiểm tra bổ sung tại chỗ

trước khi bắt đầu các thí nghiệm vận hành MC và quy trình vận hành nghiêm ngặt sau đó. Ba bước rất quan trọng để mô hình hóa đúng hoạt động của MC gồm:

Kiểm tra thời gian MC (thí nghiệm thời gian đóng, mở của tiếp điểm chính, tiếp điểm phụ và phải thực hiện ít nhất 10 lần),

Thí nghiệm chỉnh định không tải để hiệu chỉnh sự sai lệch giữa thông số dự đoán và thông số thực tế, đồng thời thí nghiệm có tải để hiệu chỉnh,

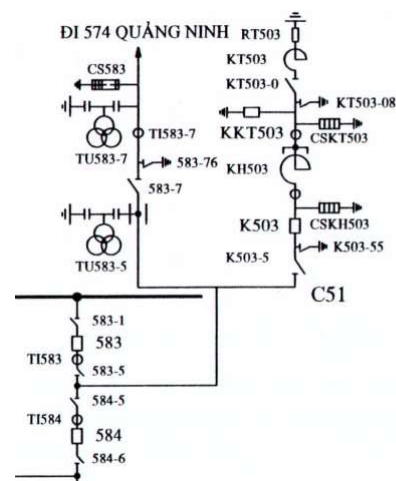
Theo dõi khi vận hành trong hệ thống để kiểm tra, giám sát các sự kiện.

Bài báo sẽ đi vào phân tích các thông số, cách thức lựa chọn thông số cho các thiết bị CSD có xét đến kinh nghiệm thực tế. Phân tích đối với một sự cố hư hỏng máy cắt 500kV và những biện pháp được áp dụng vào việc lựa chọn thời điểm đóng mở MC cho các kháng điện bù ngang tại một số trạm biến áp TBA 500kV tại Việt Nam.

2. PHÂN TÍCH SỰ CỐ HƯ HỎNG MC 500kV DÙNG MỞ KHÁNG ĐIỆN

2.1. Mô tả sự cố tại TBA 500kV Hiệp Hòa

Sơ đồ kết nối kháng KH503 như hình vẽ



Hình 1. Sơ đồ nối Kháng điện KH503, 50MVar

Sơ đồ kết dây cơ bản, điều kiện thời tiết và chế độ trào lưu công suất bình thường (truyền tải từ Quảng Ninh về Hiệp Hòa).

- Lúc 16h39'29" ngày 13/4/2023, nhân viên vận hành thao tác mở máy cắt của kháng KH503. Đến thời điểm lúc 16h39'32" ngày 13/4/2023 (2,8 giây sau khi cắt máy cắt kháng KH503) hệ thống máy tính tại trạm xuất hiện cảnh báo sự cố nhảy máy cắt 583, 584. Bảo vệ số lệch dọc F87L (7SD522), bảo vệ số lệch thanh cái F87S (PCS-924) tác động, các rơ le ghi nhận sự cố pha A-B (đường dây 583 Hiệp Hòa - 574 Quảng Ninh).

- Kiểm tra trên 02 rơ le bảo vệ số lệch kháng KH503 (PCS-978), 02 bộ rơ le bảo vệ quá dòng kháng PCS-921, Lúc 16h39'29.701 rơ le ghi nhận tín hiệu máy cắt kháng K503 cắt 3 pha, dòng điện pha A, pha C về 0 (A), tuy nhiên dòng điện pha B vẫn duy trì 577mA trong 2,8s (dòng thứ cấp).



Hình 2. Hình ảnh phóng điện tại các vòng đẳng thế pha A, B



Hình 3. Hư hỏng tại buồng cắt pha B

- Quan sát nhận thấy các vòng đẳng thế của pha A và pha B máy cắt K503 có vết phóng điện, lỗ thủng đường kính khoảng 2cm (hình 2,3). Lúc 18h45' ngày 13/04/2023, thực hiện cô lập kháng KH503 và khôi phục lại đường dây 583 Hiệp Hòa - 574 Quảng Ninh.

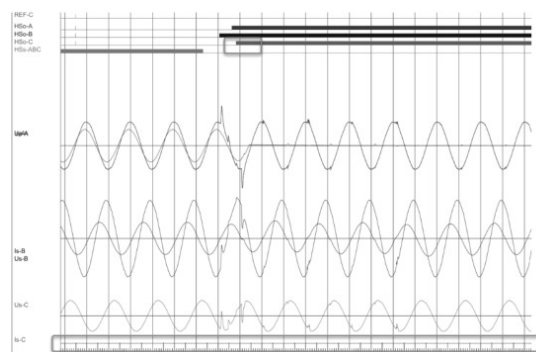
- Ngày 14/04/2023, kiểm tra, thí nghiệm lại máy cắt K503 của kháng KH503 nhận thấy: Pha B máy cắt K503 có điện trở tiếp xúc không đạt tiêu chuẩn vận hành $R=546\mu\Omega$ (kết quả thí nghiệm gần nhất là $35\mu\Omega$).

- Ngày 17/04/2023, khi tháo buồng cắt pha A, B máy cắt K503 phát hiện buồng cắt pha B bị phóng điện bên trong dẫn đến hư hỏng bộ tiếp điểm số 1, bộ tiếp điểm số 2 có muội đen do ảnh hưởng của quá trình phóng điện [3].

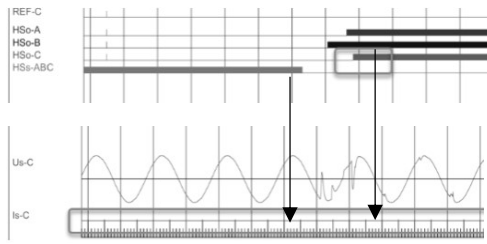
2.2. Phân tích sau sự cố

a) Thiếu dòng điện pha C

Khi nghiên cứu bản ghi sự cố của thiết bị điều khiển kháng, nhận thấy: Dòng điện của pha C của kháng bằng 0, ngay cả trước khi có lệnh cắt và sau khi có lệnh cắt.



Hình 4. Bản ghi sự cố dòng, áp các pha

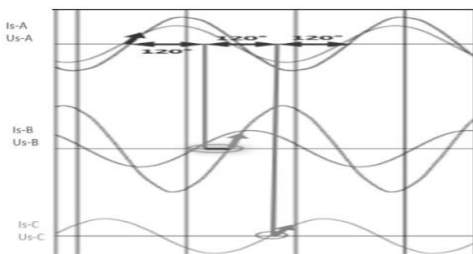


Hình 5. Lệnh điều khiển pha C, Điện áp pha C và dòng pha C

Đối với bộ điện kháng KH503 có trung tính nối đất, chiến lược là cắt từng pha độc lập, cách xa khỏi điểm cắt dòng điện giao với 0. Thiết bị điều khiển cắt kháng đã ra lệnh cắt pha B (màu xanh nước biển) trước, sau đó là pha A (màu đỏ) và sau cùng là pha C (màu xanh lá cây). Tuy nhiên không có dòng điện đối với pha C. Điều này có thể được giải thích rằng biến dòng điện của pha C không hoạt động hoặc pha C đã thực sự bị cắt điện trước khi lệnh cắt được đưa ra bởi thiết bị điều khiển.

b. Các lỗi nối dây

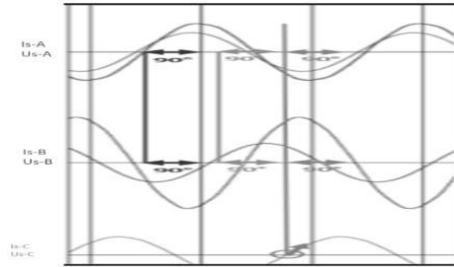
Đầu tiên, thứ tự pha điện áp là không chính xác. Điểm sóng điện áp giao với 0 điện áp pha B được nhận dạng bằng mũi tên xanh đi lên (nằm ở đặt con trở dọc màu xanh) và 1200 chậm sau khi pha A theo hướng đi lên (nhận dạng bằng mũi tên màu đỏ) và 1200 vượt trước pha C theo hướng đi lên (nhận dạng bằng mũi tên xanh lá cây).



Hình 6. Thứ tự các pha theo bản ghi

Thứ hai, trên một kháng điện bù ngang, dòng điện phải chạy sau điện áp 900. Tuy nhiên trên dạng

sóng đã không thấy sự lệch pha này. Điều này có xu hướng chỉ ra rằng các phép đo điện áp không phải là điện áp pha.



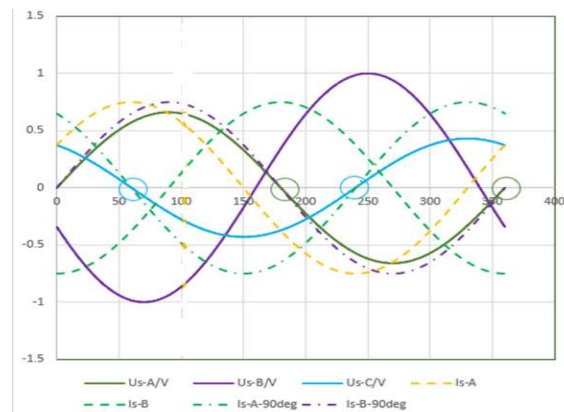
Hình 7. Độ lệch pha giữa dòng điện và điện áp các pha

Khi xây dựng lại dạng sóng của ba pha trên một trục tọa độ (Hình 8). Với đường nét liền thể hiện điện áp, các đường nét đứt thể hiện cho các dòng điện và các đường nét đứt - gạch - chấm là các dòng điện bị dịch ngược lại 900 như thể chúng là các điện áp.

Ta có thể nhận thấy:

Ở vùng được khoanh tròn màu xanh lam, Us-C đồng pha với Is-A bị dịch lại 900,

Ở vùng được khoanh tròn màu xanh lá cây, Us-A đồng pha với Is-B bị dịch lại 900.



Hình 8. Ba pha A,B,C được vẽ trên cùng trục tọa độ

Vì dòng điện của kháng điện phải trễ so với điện áp 900, ta có thể kết luận rằng, nếu Us-A thực sự

là điện áp của pha A thì:

U_{s-B} (đường nét liền màu tím) chưa kết luận được là sóng gì vì biên độ sóng hình sin đó gần gấp đôi so với các sóng còn lại, và nó trễ so với điện áp pha A 1600, trong khi lẽ ra sự lệch pha là 1200

U_{s-C} là điện áp nối đất của pha C (dự kiến đúng thứ tự)

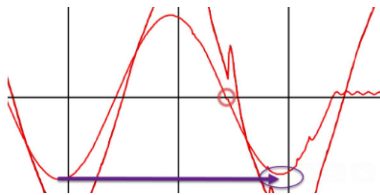
I_{s-A} thực sự là dòng điện của pha C (thay vì pha A)

I_{s-B} thực sự là dòng điện của pha A (thay vì pha B)

Với sự kết nối chưa đúng như vậy có thể là nguyên nhân thiết bị điều khiển mở kháng điện đã không ngăn chặn được sự đánh lửa trở lại khi cắt MC

c. Đánh lửa lại tại pha A

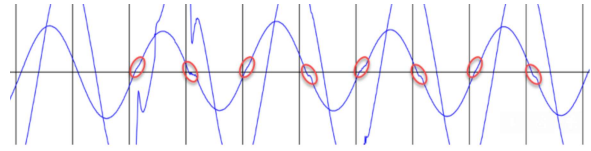
Đã xảy ra sự đánh lửa lại trên pha A, thể hiện bằng một sự gián đoạn nhỏ trên sóng dòng điện tại điểm cắt với 0 trước khi dòng điện tắt. Nơi xảy ra sự đánh lửa lại (khoanh tròn màu đỏ). Nó cũng hiển thị bằng biên độ của đỉnh cuối cùng (khoanh tròn màu tím) - nhỏ hơn một chút so với đỉnh trước đó (được đề cập bằng mũi tên tím).



Hình 9. Đánh lửa lại (re-ignitions) tại pha A

d. Tiếp tục đánh lửa lại trên pha B

Có thể quan sát thấy sự đánh lửa lại tương tự ở pha B (được minh họa bằng vòng màu đỏ), nhưng lần này pha B không thể ngắt dòng điện. Điều này đã dẫn đến bùng phát pha B bị phá hủy bởi nhiệt độ lớn gây ra bởi hồ quang liên tục (không dập được hồ quang). Điều này thể hiện máy cắt đã không được điều khiển để mở chính xác, giảm thiểu đánh lửa trở lại.



Hình 10. Đánh lửa lại (re-ignitions) tại pha B

3. PHƯƠNG PHÁP ĐÓNG VÀO SÓNG ĐỂ ĐIỀU KHIỂN MỞ MÁY CẮT

Nếu MC của kháng điện bù ngang được mở ngẫu nhiên có thể gây đánh lửa trở lại đối với MC. Điều này, có thể làm hỏng kháng điện và MC. Do đó CSD loại bỏ vấn đề này bằng cách điều chỉnh thời gian mở của mỗi pha, dựa trên các điều kiện bên ngoài và các thông số bên trong tại thời điểm đó [4, 5, 6].

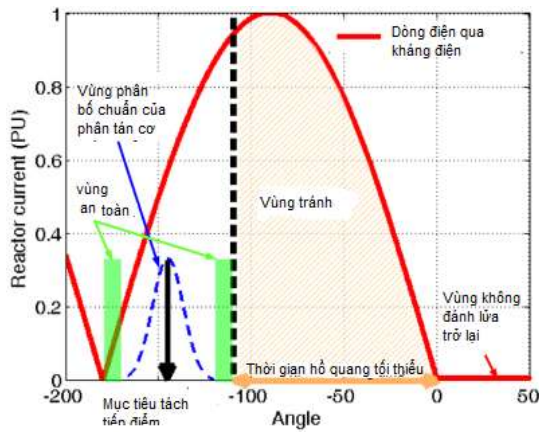
Một yếu tố quan trọng khác của CSD đó là: thời lượng tối thiểu của hồ quang trong thời gian mở MC. Giá trị này là thời gian tính từ lúc tách vật lý của tiếp điểm đến lúc dòng điện giao với 0 lần đầu tiên mà không có đánh lửa lại.

Sự tách các tiếp điểm phải bắt đầu bên ngoài “vùng tránh” (Hình 11). Thời gian này phải lớn hơn thời gian hồ quang tối thiểu cần thiết của MC và cung cấp một vùng an toàn đủ để ngăn chặn sự đánh lửa trở lại do sự phân tán của thời gian mở cơ học MC.

Khi biết thời gian hồ quang tối thiểu của MC (MAT^0) và phân tán khi mở $\pm 3\sigma$ được biểu thị bằng độ (ở định dạng $\pm Y^0$, trong đó 3600 ứng với 1 chu kỳ của tần số), giá trị mở tối ưu (OT^0) có thể được tính bằng công thức 1 và 2 [5, 6]:

$$SGV^0 = \frac{180^0 - Y^0 * 2 - MAT^0}{2} \quad (1)$$

$$OT^0 = - (MAT^0 + SGV^0 + Y^0) \quad (2)$$



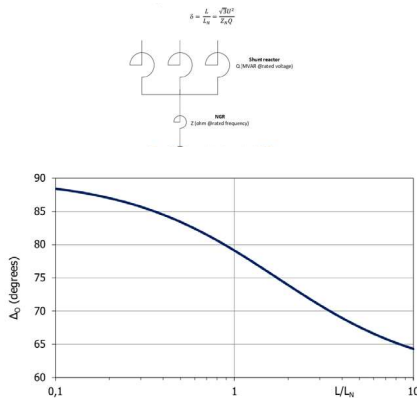
Hình 11. Ví dụ vùng mở cho kháng bù ngang

Việc tuân thủ điều khiển mở MC kháng điện nên tuân thủ theo hướng dẫn của Cigre 757 [8] như sau:

Bảng 1, Lựa chọn góc mở các pha của MC cho kháng điện bù ngang

Loại kháng điện	Pha A (làm góc)	B (-120°)	C (+120°)
Y0	90°	A+120°	A+60°
Y/Δ	90°	A+90°	A+90°
Y _{NGR}	90°	A+120°	A+Δ°

Trong đó: tổng trở nối đất của kháng (NGR) và độ lệch góc Δ0 của pha C được tính toán theo tỉ số: $\delta = L/L_N$ với L là điện cảm của kháng bù ngang, LN là điện cảm của tổng trở nối đất ZN [8].



Hình 12. Sơ đồ nối kháng điện bù ngang với tổng trở nối đất NGR và cách chọn góc Δ0 với các giá trị δ khác nhau

$$\Delta^0 = 60 + \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{3}}{3 + 2\delta} \right)$$

Với: $L = \frac{\sqrt{3} U^2}{2\pi f Q} (H)$ và $L_N = \frac{Z_N}{2\pi f} (H)$

và $\delta = \frac{L}{L_N} = \frac{\sqrt{3} U^2}{Z_N Q}$

Nếu $\delta < 0,3$ thì áp dụng như khi kháng điện nối (Y hoặc Δ).

Nếu $\delta > 3$ thì áp dụng như kháng điện nối (Y0).

Với những giá trị khác δ, thì Δ0 chọn theo đường đặc tính hình 12.

Khi mở MC, cần phải kiểm soát thời gian phòng điện hồ quang. Để ngăn chặn hiện tượng đánh lửa trở lại, các tiếp điểm phải mở cơ khí (bắt đầu tách tiếp điểm/bắt đầu phóng điện hồ quang) ở xa điểm dòng điện giao cắt 0 tiếp theo để tối đa hóa khoảng cách giữa các cực máy cắt tại thời điểm dòng điện vượt qua 0. Khoảng thời gian tối thiểu của hồ quang chỉ có thể được xác định thông qua các thử nghiệm khả năng phá hủy. Đối với máy cắt loại SF6 người ta thường chọn trong khoảng $125^0 \div 140^0$ là giá trị an toàn. Một số công ty điện lực chọn mở sớm hơn ví dụ: $160^0 \div 165^0$ trước khi dòng điện giao cắt 0. Tiêu chuẩn Cigré [8] khuyến cáo nên kiểm tra giá trị đã chọn không ít hơn ba lần, mỗi lần thử nghiệm có thể tăng thêm một biên độ an toàn (ví dụ: 10^0) nếu MC lặp lại kém (MC có sự phân tán nhiều).

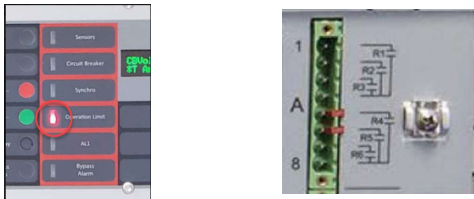
4. NHỮNG GIẢI PHÁP NÂNG CAO TUỔI THỌ MÁY CẮT CHO KHÁNG ĐIỆN BÙ NGANG 500kV

4.1. Kiểm tra kết nối của thiết bị CSD

Việc kết nối mạch thứ cấp cho máy cắt và thiết bị điều khiển cần được thực hiện đúng và cần được kiểm tra kỹ lưỡng. Ví dụ thiết bị SynchroTeq-Vizimax (đang áp dụng cho điều khiển kháng điện tại một số TBA 500kV tại Việt Nam) sẽ phát hiện

và báo hiệu qua nhiều cách khác nhau ngay từ lần điều khiển đóng cắt đầu tiên khi thí nghiệm không tải, ví dụ như thứ tự pha, mô đun dòng áp. Việc kiểm tra cần đạt các tiêu chí trước khi thực hiện thí nghiệm có tải.

- Thông qua rơ le mặt trước và sau (R2) của thiết bị:



Hình 13. Cảnh báo mặt trước và sau SynchroTeq

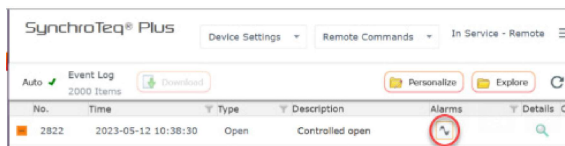
- Trên giao diện tổng hợp cảnh báo từ hệ thống điều khiển trạm biến áp:

Alm26	SPS	Transformer V-LI discrepancy Phase A
Alm27	SPS	Transformer V-LI discrepancy Phase B
Alm28	SPS	Transformer V-LI discrepancy Phase C
Alm29	SPS	Operating Limit Exceeded, opening Phase A
Alm30	SPS	Operating Limit Exceeded, opening Phase B
Alm31	SPS	Operating Limit Exceeded, opening Phase C
Alm32	SPS	Operating Limit Exceeded, closing Phase A
Alm33	SPS	Operating Limit Exceeded, closing Phase B
Alm34	SPS	Operating Limit Exceeded, closing Phase C

Hình 14. Cảnh báo trên hệ thống điều khiển trạm

4.2. Đánh giá kết quả trong quá trình thử nghiệm và theo dõi các sự kiện

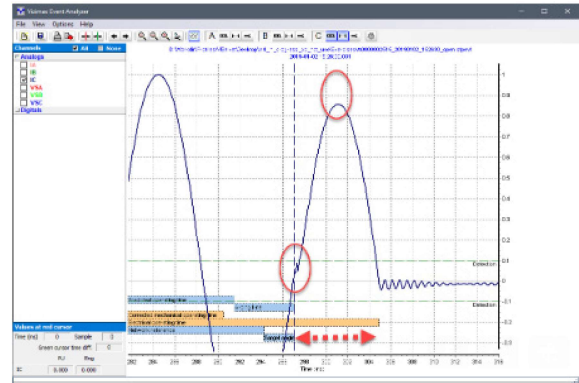
- Trong quá trình thí nghiệm hiệu chỉnh, mọi cảnh báo sẽ hiện lên trong danh sách sự kiện của phần mềm chỉnh định, cũng như giao diện webpage của phần mềm chỉnh định (ví dụ Vizimax Commission Tool -VCT).



Hình 15. Cảnh báo trên giao diện Phần mềm chỉnh định



Hình 16. Cảnh báo trên giao diện webpage Phần mềm chỉnh định



Hình 17. Những dấu hiệu đánh lửa trở lại trên phần mềm phân tích dạng sóng

- Từ những sự kiện ghi nhận, sử dụng phần mềm phân tích sự kiện (Ví dụ như: Vizimax Event Analyzer) để đánh giá các chỉ số đánh lửa trở lại khi mở kháng như:

Suy giảm mô đun giữa hai đỉnh,

Sự nhảy ở điểm 0,

Góc điện vượt ra vùng mục tiêu

4.3 Một số ví dụ tính toán cho các việc mở MC kháng điện 500kV

Rất nhiều các ứng dụng của thiết bị SynchroTeq đã được ứng dụng cho việc điều khiển đóng mở tải phản kháng trên hệ thống điện truyền tải tại Việt Nam, đặc biệt là khi mở các kháng điện bù ngang 500kV. Các

thông số được lựa chọn dựa trên tiêu chuẩn Cigré 757 và kinh nghiệm chuyên gia như Bảng 3.

Bảng 3. Thông số góc điện áp, thời gian theo khi mở MC cho kháng

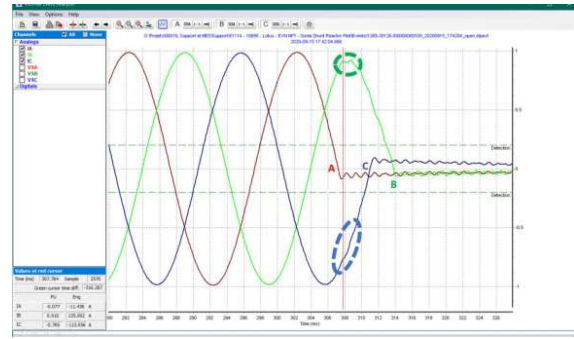
Thông số	Giá trị
Thời gian hồ quang (chung cho cả 3 pha)	$125^0 \div 140^0$
Pha A, góc mục tiêu	90^0
Pha B, góc mục tiêu	210^0 (hoặc 30^0)
Pha C, góc mục tiêu	330^0 (hoặc 150^0)
Kháng nối Y0, Pha A lấy làm gốc	

Thử nghiệm với một số TBA như 500kV Sơn La, điều khiển mở máy cắt K506 cho kháng điện KH506 (góc mở pha A, B, C tương ứng: 90^0 , 210^0 , 150^0 , thời gian hồ quang khi mở ứng với: 125^0).

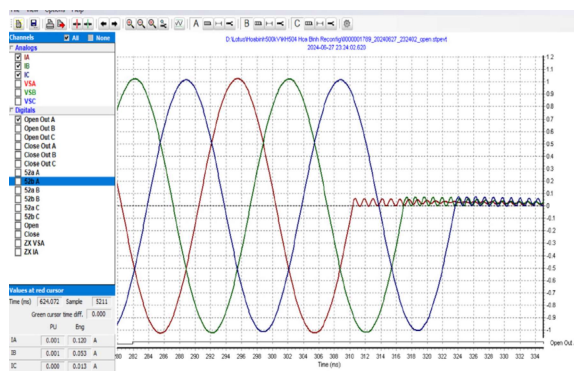
Với TBA 500kV Hòa Bình, điều khiển mở máy cắt cho K504 cho kháng KH504 (góc mở pha A, B, C tương ứng: 90^0 , 210^0 , 330^0 , thời gian hồ quang khi mở ứng với: 140^0).

Với TBA 500kV Phó Nổi, điều khiển mở máy cắt K595 cho kháng điện KH595 (góc mở pha A, B, C tương ứng: 90^0 , 30^0 , 150^0 , thời gian hồ quang khi mở ứng với: 130^0).

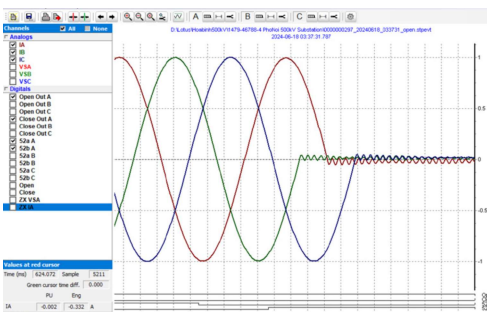
Kết quả thí nghiệm không tải đóng/mở được thực hiện 10 lần để tính toán thời gian đóng/mở máy cắt bằng thiết bị chụp sóng. Sau đó được tinh chỉnh, phân tích và đánh giá bằng phần mềm Vizimax-Tool-Suite khi không tải và có tải ít nhất 5 lần. Kiểm tra các dấu hiệu nhận biết cho thấy không có sự đánh lửa trở lại, dạng sóng được ghi lại như hình 18, 19, 20.



Hình 18. Dòng điện pha A, B, C khi mở MC K506



Hình 19. Dòng điện pha A, B, C khi mở MC K504



Hình 20. Dòng điện pha A, B, C khi mở MC K595

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã xem xét một sự cố hư hỏng máy cắt 500kV khi mở kháng điện bù ngang. Các bài học rút ra là cần phải đấu nối dây chính xác, thực hiện các chỉnh định không tải, chỉnh định có tải cẩn thận bằng các thiết bị điều khiển tiên tiến. Những

theo dõi và phân tích dạng sóng sau khi đi vào vận hành cũng cho phép đánh giá các sự kiện để từ đó có những biện pháp phòng ngừa cần thiết.

Việc ứng dụng thiết bị Synchroteq để mở các kháng điện, theo tiêu chuẩn Cigré và kinh nghiệm chuyên gia cho phép kiểm tra các điều kiện, đánh giá thông số cài đặt, các kết quả cho thấy giảm

thiểu việc đánh lửa trở lại đối với các máy cắt của kháng điện bù ngang tại một số trạm 500kV như Sơn La, Hòa Bình, Phố Nối. Điều này giúp nâng cao tuổi thọ thiết bị và khả năng giám sát tình trạng làm việc của các máy cắt cho kháng điện 500kV bù ngang.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. CIGRÉ Working Group A3.06, "Final report of the 2004-2007 international enquiry on reliability of high voltage equipment, Part 2: Reliability of high voltage SF6 circuit breakers" (CIGRÉ TB 510, October 2012).
- [2]. H. Ito, H. Kohyama, B.R. Naik, R.G. Asche, H. Wilson, S. Billings, "Factory and field verification tests of controlled switching system" (CIGRÉ session #A3-114, 2004).
- [3]. Công ty truyền tải 1, "Báo cáo sự cố máy cắt tại trạm biến áp 500kV Hiệp Hòa", 4.2023.
- [4]. S. De Carufel, A. Mercier, P. Taillefer, "Optimal Commissioning of Controlled Switching Systems" CIGRE Brisbane - COLLOQUIUM Brisbane Australia 2013.
- [5]. S. De Carufel, A. Mercier, P. Taillefer "Innovative monitoring using controlled switching devices" CIGRÉ Belgium Conference 2014.
- [6]. Y. Fushimi, T. Kobayashi, E. Haginomori, A. Kobayashi, K. Suzuki, "Re-ignition free controlled switching of EHV high-power shunt reactor" (CIGRÉ session #13-106, 1998).
- [7]. 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.
- [8]. CIGRÉ 757: "Guidelines and best practices for the commissioning and operation of controlled switching projects", February 2019.
- [9]. <https://www.vizimax.com/support/download?id=296cal>

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Đăng Toàn tốt nghiệp chuyên ngành Hệ thống điện- trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2001, Thạc sỹ ngành Quản lý hệ thống điện (EPSM) năm 2004 tại AIT - Thái Lan, tiến sĩ ngành điện – tự động hóa năm 2008 tại Grenoble-INP – Pháp. Hiện tác giả là giảng viên khoa Công nghệ Năng lượng trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: Ổn định và điều khiển HTĐ, Tích hợp Năng lượng tái tạo vào lưới điện.