

ỨNG DỤNG THIẾT BỊ ĐIỀU KHIỂN ĐÓNG CẮT SYNCHRO-TEQ CHO HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM: KẾT QUẢ VÀ TRIỂN VỌNG

APPLICATION OF CONTROLLED SWITCHING DEVICES SYNCHRO - TEQ TO VIETNAM POWER SYSTEM: RESULTS AND PROPECTIVES

Nguyễn Đăng Toàn^{1,*}

TÓM TẮT

Việc nghiên cứu ứng dụng thiết bị điều khiển đóng/cắt cho các tải phản kháng đã các công ty điện lực rất quan tâm nhằm giảm thiểu ảnh hưởng xấu của quá trình quá độ khi đóng/cắt. Bài báo đã phân tích việc lựa chọn thời điểm bằng phương pháp đóng vào sóng, các thách thức của việc lựa chọn thông số cho thiết bị điều khiển đóng cắt. Các phân tích kết quả thử nghiệm đối với máy cắt cho kháng điện bù ngang, máy cắt cho tụ điện tại các trạm biến áp trong hệ thống điện Việt Nam đã cho thấy thiết bị điều khiển đóng cắt (Synchro - Teq của hãng Vizimax) đã hạn chế được hiện tượng tái đánh lửa khi mở kháng và giảm dòng xung kích khi đóng tụ, cũng như hiện tượng quá độ trong hệ thống điện. Nó có thể ứng dụng đối với các máy biến áp để giảm thiểu dòng xung kích trong hệ thống điện Việt Nam.

Từ khóa: Máy cắt điện, thiết bị điều khiển đóng cắt, độ suy giảm điện môi, dòng xung kích, tụ bù/kháng điện bù ngang.

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 electric utilities for years. This paper is devoted to analyse the point on wave method, challenges of choosing parameters for controlled switching devices. The commissioning results analyses to shunt reactor circuit breakers and capacitor bank circuit breakers at substations in Vietnam power system have showed that the CSD (Synchro Teq-Vizimax product) had effectively mitigated the re-ignition, the inrush current, as well as transient in the system. It could be applied to transformers in order to reduce inrush current in Vietnam power system.

Keywords: Circuit breaker, controlled switching device, rate of decrease dielectric strength, inrush current, shunt capacitor, shunt reactor.

¹Trường Đại học Điện lực

*Email: toannd@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 12/7/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/8/2022

Ngày chấp nhận đăng: 29/8/2022

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Các công ty điện lực hiện trang bị các thiết bị điều khiển đóng/cắt (Controlled Switching Device - CSD) cho các máy cắt điện (MC) khi đóng hoặc cắt các tải phản kháng như kháng điện bù ngang, tụ điện bù ngang, máy biến áp để

giảm thiểu ảnh hưởng quá độ trong hệ thống điện (HTĐ) và các nguy cơ hỏng hóc thiết bị điện. Các CSD sử dụng phương pháp “đóng vào sóng” (point way method) đã chứng minh là giải pháp thay thế tốt nhất so với các giải pháp truyền thống như kỹ thuật sử dụng điện trở đóng trước [1], vì nó gần như loại bỏ các vấn đề liên quan đến đóng/cắt tải phản kháng. Các lợi ích gồm:

- Cải thiện độ tin cậy của trạm biến áp (TBA) và độ ổn định của HTĐ.
- Nâng cao chức năng giám sát TBA.
- Kéo dài tuổi thọ của các thiết bị hiện có bằng cách nâng cao hiệu suất của MC (giảm quá độ trên cách điện và xói mòn tiếp xúc của MC, loại bỏ quá độ tại đầu nối trong cáp bảo vệ và điều khiển).

Mục đích của CSD là: điều khiển việc đóng/cắt MC tại một thời điểm chính xác đối với mỗi ứng dụng cụ thể, có tính đến các đặc tính MC và các thông số vận hành nhất định. Ví dụ, khi đóng điện cho bộ tụ điện bù ngang thì điểm tối ưu được xác định ở sóng điện áp giao với “0”, nếu đóng MC ở một thời điểm khác sẽ tạo ra dòng xung kích, có thể có giá trị rất lớn. Tương tự, nếu mở MC của một kháng điện bù ngang sai thời điểm, sẽ gây ra đánh lửa trở lại của MC, hoặc việc đóng điện trở lại cho máy biến áp sai thời điểm có thể tạo ra dòng điện xung kích do từ hóa nhảy vọt có giá trị rất lớn gây hư hỏng thiết bị, rơ le có thể tác động sai.

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 khí 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/cắt, nhiệt độ...). Các thông tin cần quan tâm khi thực hiện điều khiển đóng/cắt như [11]:

- Loại vận hành nào cần điều khiển: đóng, mở, hay cả đóng và mở;
- Loại MC, loại truyền động MC, thời gian vận hành MC;

- Loại CT, VT, tỉ số CT, VT tương ứng;
- Nhiệt độ môi trường xung quanh;
- Cụ thể về MBA:
 - Cấu tạo lõi MBA, cấu tạo mạch từ; tỷ số biến, tổ đấu dây.
 - Công suất, điện áp các phía của các cuộn dây, nối đất điểm trung tính hay cách điện, tải, hệ thống thông tin của MBA.
- Cụ thể về kháng điện: Tương tự như của MBA, nhưng cần thông tin về tải cố định hay thay đổi của kháng;
- Cụ thể về tụ điện: Chi tiết kỹ thuật của tụ, cấu trúc tụ, nối đất trực tiếp hay cách điện với đất, loại tụ bù song song (back to back switching), nối sao hay tam giác;
- Thông tin về MC
 - Mức độ suy giảm cách điện (RDDS - Rate of Decrease of Dielectric Strength).
 - Thời gian làm việc của MC (tiếp điểm chính và tiếp điểm phụ).
 - Giải thời gian làm việc của MC và các giá trị bù thời gian.
 - Thời gian hồ quang khi cắt MC.
 - Thời gian tiền hồ quang khi đóng MC.
 - Kết quả thí nghiệm MC theo tiêu chuẩn IEC 62271-302.

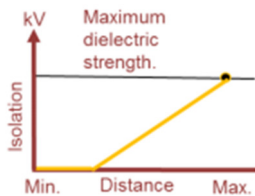
Mặc dù MC là thiết bị cơ khí khá phức tạp nhưng chu trình đóng/cắt của MC khá dễ đoán dựa trên các điều kiện hoạt động của nó [2]. Ví dụ khi đóng MC, mức độ cách điện thay đổi như trong hình 1 [12]:

Ba bước rất quan trọng để mô hình hóa đúng hoạt động của MC gồm:

1. 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),
2. Thí nghiệm chỉnh định,
3. Theo dõi khi vận hành trong hệ thống.

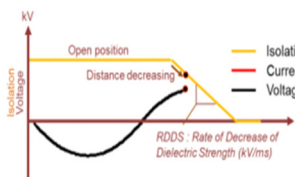
1. Tiếp điểm của MC ở trạng thái "cắt hoàn toàn"

Cách điện là lớn nhất

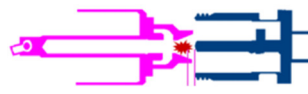


2. Tiếp điểm của MC di chuyển để "đóng" MC

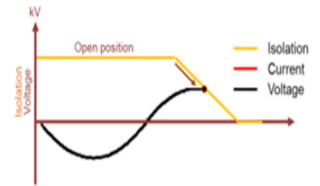
Suy giảm mức cách điện



3. Phát sinh hồ quang giữa các tiếp điểm



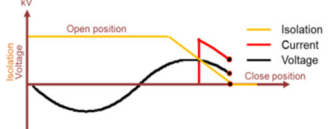
Điện áp cao hơn cách điện



4. Tiếp điểm tiếp xúc hoàn toàn (hồ quang tắt)



Dẫn điện hoàn toàn



Hình 1. Tiếp xúc cơ khí và tiếp xúc điện của quá trình đóng máy cắt

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. Các kết quả được giám sát và phân tích bằng phần mềm Vizimax-Tool-Suite sẽ được áp dụng vào việc lựa chọn thời điểm cắt/đóng MC cho kháng điện bù ngang/tụ điện bù ngang tại một số TBA 500kV, 220kV tại Việt Nam bởi thiết bị Synchro-Teq của hãng Vizimax.

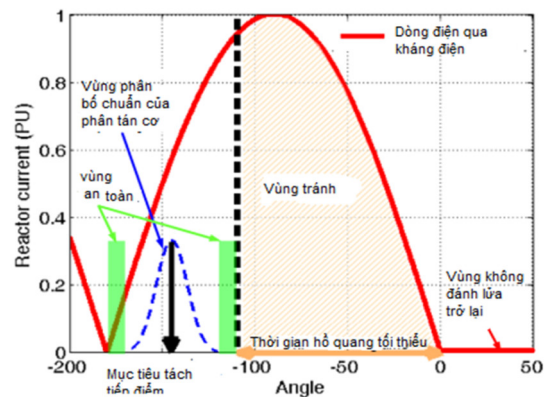
2. PHƯƠNG PHÁP ĐÓNG VÀO SÓNG ĐỂ ĐIỀU KHIỂN ĐÓNG/CẮT MÁY CẮT

2.1. Khi mở kháng điện bằng thiết bị điều khiển đóng/cắt

Nếu MC của kháng điện bù ngang được mở ngẫu nhiên có thể gây đánh lửa trở lại đối với MC. Điều này [9], 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 [3-6].

- Với MC dùng cho các kháng điện bù ngang có nhiều buồng dập hồ quang, thì thời gian của buồng chậm nhất được chọn là tham chiếu thời gian cho MC.

- 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 sóng dòng điện giao với "0" lần đầu tiên mà không có đánh lửa lại.



Hình 2. Ví dụ vùng mở cho kháng bù ngang

• Sự tách các tiếp điểm phải bắt đầu bên ngoài “vùng tránh” (hình 2 - Vùng giao nhau của sóng dòng điện và trục hoành độ dài là thời gian hồ quang tối thiểu). 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 khoảng thời gian hồ quang tối thiểu của MC (MAT°) và phân tán khi mở ± 3σ (phân tán chuẩn cơ khí) được biểu thị bằng độ (ở định dạng ± Y°, trong đó 360° ứng với 1 chu kỳ của tần số hay tương ứng với thời gian 0,02giây), giá trị mở tối ưu (OT°) có thể được tính bằng công thức 1 và 2:

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

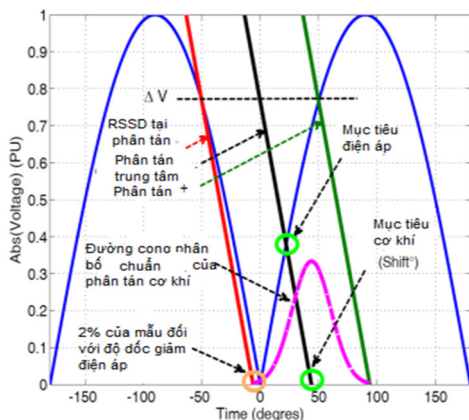
$$OT^0 = -(MAT^0 + SGV^0 + Y^0) \tag{2}$$

Nếu CSD hoạt động chính xác, thì sẽ có cảnh báo nếu dòng điện vượt quá điểm giao với “0” đầu tiên sau khi tách tiếp điểm hoặc nếu có sự giảm đột ngột biên độ của dòng điện trong nửa chu kỳ cuối cùng (do đánh lửa trở lại). Vì vậy, bằng cách quan sát và chụp sóng trong quá trình thí nghiệm kiểm tra sẽ xác nhận xem hệ thống có hoạt động bình thường hay không.

2.2. Khi đóng tụ điện bằng thiết bị điều khiển đóng/cắt

Nếu đóng điện ngẫu nhiên cho bộ tụ có thể tạo ra dòng khởi động giá trị lớn hơn nhiều lần dòng danh định, cũng như gây ra sự quá độ quá mức trong HTĐ. CSD loại bỏ vấn đề này bằng cách điều chỉnh thời gian đóng của MC đối với mỗi pha, dựa trên những điều kiện bên ngoài và thông số bên trong tại thời điểm đó [3,4].

Thời điểm đóng tối ưu về mặt lý thuyết tương ứng với sóng điện áp với giao với “0”. Vì MC là không lý tưởng, nên cần tính đến sự phân tán thời gian đóng cơ học của MC và giá trị RDDS. Điều này dẫn đến sự thay đổi mục tiêu lý thuyết để có được một vùng hoạt động khi đóng bị hạn chế đến điện áp tối thiểu. Điều này có thể được biểu diễn bằng đồ thị bằng sự dịch chuyển sang phải của mục tiêu cơ khí, để hồ quang điện chủ yếu xảy ra trên cạnh phía chiều tăng điện áp trong khi các tiếp điểm đang tiến gần hơn (hình 3) [3-5].



Hình 3. Ví dụ về mục tiêu đóng cho bộ tụ điện ứng dụng với 1pu RDDS và phân tán ± 50°

Sự thay đổi này gồm hai bước: *xác định dải điện áp thấp tối ưu cho một phân tán cơ học nhất định*, sau đó kết hợp kết quả với *giá trị RDDS*.

Giá trị của phân tán khi đóng ở ± 3σ trên MC được sử dụng để tính toán các giới hạn của điện áp tối đa đặt vào tới tụ điện. Giá trị lớn nhất tối ưu này chỉ liên quan đến giá trị phân tán và được xác định trong hệ đơn vị tương đối bởi công thức (3).

Sự phân tán được cung cấp theo độ ở định dạng ± X, trong đó 360° tương ứng với 1

chu kỳ của tần số HTĐ [4]

$$\Delta V = \frac{V_{đỉnh}}{V_{đỉnh-danh định}} * \sin(X) \tag{3}$$

Phương trình (3) chỉ ra rằng giá trị điện áp trong hệ đơn vị tương đối (pu) tại thời điểm đóng MC có thể được chứa trong ranh giới của ±ΔV bất kể RDDS (miễn là nó là ≥ 1pu). Sự thay đổi (Shift) theo độ có thể được tính bằng công thức (4)

$$Shift^0 = \frac{360^0}{2\pi} * \frac{RDDS_{1pu}}{RDDS} * \Delta V \tag{4}$$

Với RDDS ≥ 1 pu và $RDDS_{1pu} = \frac{\pi}{2} * V_{đỉnh-danh định}$

trong (4), giá trị RDDS_{1pu} là giá trị RDDS tương ứng với độ dốc lớn nhất của sóng sin điện áp mạng (nghĩa là tại điểm giao cắt với “0”) ở giá trị danh định, trong khi RDDS là giá trị thực tế của MC. Đơn vị đo lường cho các giá trị RDDS không quan trọng, miễn là hai giá trị sử dụng cùng một đơn vị đo lường. Ở đây, không xét trường hợp RDDS phân tán khác 0 và các giá trị RDDS nhỏ hơn 1pu.

Hình 3 cho thấy mối quan hệ qua lại giữa các biến hệ thống khác nhau. Đường cong màu xanh nước biển đại diện cho điện áp mạng tuyệt đối trong hệ đơn vị tương đối (pu). Ba độ dốc đại diện cho RDDS của MC tại giới hạn chuẩn và giới hạn bên ngoài của phân phối chuẩn đường cong ±3σ. Với ví dụ này, chỉ 0,2% mẫu nằm trên độ dốc âm của đường cong điện áp. Vì vậy, khi vận hành, nếu một sự kiện rơi vào độ dốc điện áp âm, thì cần tăng giá trị Shift°.

Để đơn giản, khi bắt đầu vận hành, Shift° có thể được điều chỉnh ở X° sau khi điện áp giao với “0”. Các thử nghiệm một vài độ trên và dưới dự đoán đầu tiên này, sau đó sẽ cung cấp các chỉ dẫn về RDDS và thời gian cơ học. Giá trị Shift° sau đó có thể được giảm nếu RDDS cao (tức là > 1pu). Đối với ví dụ này, biên độ trung bình giá trị mà tại đó tụ điện sẽ được đóng điện bằng một nửa giá trị ΔV. Giá trị này sẽ là giảm đối với phân tán của MC nhỏ hơn.

Trong thực tế, thời gian đóng MC thực (RCT) nhận được từ các công thức (6), trong đó kết quả phải luôn dương khi thí nghiệm vận hành:

$$Shift^{ms} = \frac{Shift^0 * 1000}{360^0 * f} \tag{5}$$

$$RCT = Shift^{ms} - (T_{mc} - T_{ec}) \tag{6}$$

trong đó:

- Shift^{ms}: Shift° được biểu thị bằng ms.
- T_{mc}: thời gian MC đóng cơ khí theo lý thuyết (ms).

- T_{ec} : thời gian đóng điện đo được (ms).
- f : tần số mạng tính bằng Hertz.

3. ỨNG DỤNG CHO KHÁNG ĐIỆN TẠI MỘT SỐ TBA 500kV

Việc lắp đặt thiết bị điều khiển đóng/cắt cho MC điện của các kháng điện bù ngang tại các TBA 500kV tại Hiệp Hòa, Sơn La, Hòa Bình, Pleiku trong thời gian qua đã chứng minh hiệu quả giảm thiểu quá độ, tránh đánh lửa trở lại MC khi cắt máy cắt kháng điện. Trong phần tiếp theo bài báo trình bày một số kết quả ứng dụng như sau:

3.1. Lựa chọn thông số cho CSD của MC kháng K506 Sơn La

TBA 500kV Sơn La gồm 2 MBA tự ngẫu, 6 đường dây 220kV, 7 đường dây 500kV, kháng điện K506 bù ngang đường dây đi Hiệp Hòa. Máy cắt loại: 3APFI-SF6, ba pha ba bộ truyền động, thiết bị chọn thời điểm đóng/cắt hiện tại là: PSD2-Siemens

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 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 MC loại SF6 người ta thường chọn 130° là giá trị an toàn. Một số công ty điện lực chọn mở sớm hơn ví dụ: 160° - 165° trước khi dòng điện giao cắt "0". Tiêu chuẩn Cigré 757 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: 100°) nếu MC lặp lại kém (phân tán nhiều).

Đối với kháng điện nối đất với trung tính (NGR) có tổng trở nhỏ hơn một phần ba tổng trở của kháng chính, nên với kháng điện K506 ta chọn như bảng 1.

Bảng 1. Thông số góc điện áp, thời gian theo CIGRÉ và Vizimax khi mở MC cho kháng

Mở pha A		Mở pha B		Mở pha C	
Độ	ms	Độ	ms	Độ	ms
90	5,0	90+120=210	11,7	90+60=150	8,3

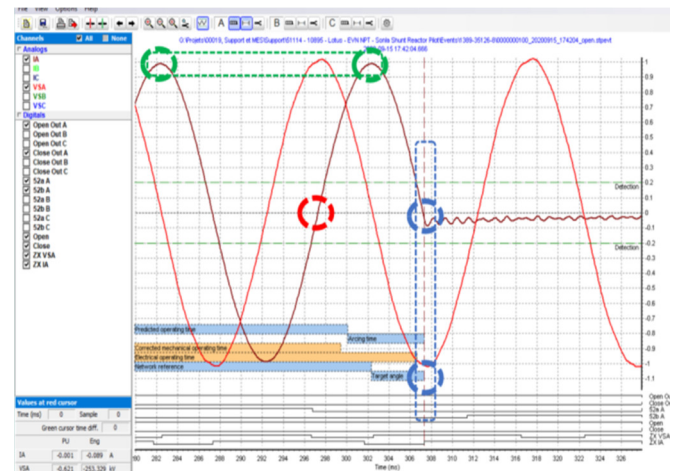
3.2. Phân tích kết quả khi mở kháng bằng Synchro-Teq

Kết quả phân tích bằng Vizimax-Tool-Suite cho thấy không có sự đánh lửa trở lại, dạng sóng được ghi lại như hình 4, 5.

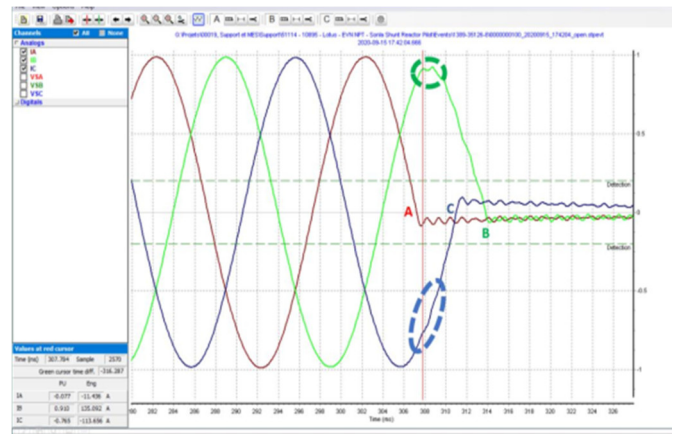
• Hình 4 cho thấy việc mở MC pha A đúng như điều khiển. Dòng điện (màu nâu) trễ sau điện áp (màu đỏ) 90°. Giá trị dòng điện không thấp hơn trong nửa chu kỳ cuối cùng (trước khi mở MC) so với dòng ở chu kỳ trước (khoanh màu xanh lục) nên không có đánh lửa trở lại

• Điểm mục tiêu bên phải của thanh có tên "góc mục tiêu". Các vòng tròn màu xanh lam bằng chứng dòng điện ngắt tại chính điểm đó. Nếu sự đánh lửa lại xảy ra, chúng ta sẽ thấy trên dạng sóng hiện tại có một nhiễu động nhỏ do lần đánh lửa đầu tiên gây ra, nửa chu kỳ trước lần đánh lửa cuối cùng (chu kỳ màu đỏ).

• Hình 5 cho thấy dòng điện giảm về 0 khi sóng dòng điện pha A (màu nâu) dự kiến đi qua "0", sau đó pha C (màu xanh lam) với 60° chậm sau pha A, cuối cùng là B (màu xanh lá cây) với 60° chậm sau pha C.



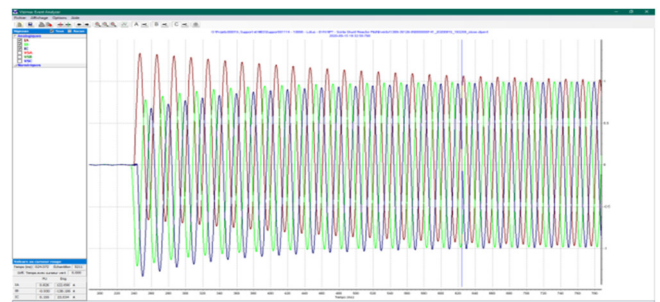
Hình 4. Dòng điện (màu nâu), điện áp pha A (màu đỏ) khi mở MC 506 bằng Synchro - Teq (pu)



Hình 5. Dòng điện pha A (nâu), B (xanh lá mạ), C (xanh nước biển) khi mở MC 506 bằng Synchro - Teq (pu)

3.3. So sánh kết quả khi đóng kháng bằng PSD2

Kết quả được so sánh với thiết bị CSD hiện tại PSD2 của Siemens hiện cho thấy sự mất đối xứng của dòng điện là không đáng kể mặc dù có điều khiển đóng MC. Giá trị dòng xung kích lớn nhất là khoảng 1,35pu. trên pha A (màu nâu) và C (xanh lam), sự không đối xứng kéo dài khoảng 20 chu kỳ. So sánh với Synchro-Ted cho thấy không xuất hiện sự đánh lửa trở lại (hình 6).



Hình 6. Dòng, áp pha A khi mở MC 506 bằng Synchro - Teq (pu)



Hình 7. Dòng điện pha A, B, C khi mở MC 506 bằng Synchro - Teq (pu)

Tuy nhiên khi xem xét với dòng điện pha A (hình 7, với điện áp màu đỏ và dòng điện màu nâu) cho thấy rằng hồ quang điện hình thành sớm hơn 2 ms ở pha A. Có thể quan sát thấy các lỗi tương tự khi đóng các pha khác. Thật vậy, pha B và C đều đóng điện sớm hơn 1,7 ms. Các lỗi này so sánh với thời gian tiền hồ quang 2,4ms và 2ms đã được tính toán cho cùng mỗi pha. Vì PSD2 đóng ở khoảng 85% điện áp đỉnh mục tiêu, các tiền hồ quang phải ngắn hơn vài chục ms, dẫn đến sai số rờng gần như tương đương với thực tế thời gian tiền hồ quang. Nói cách khác, có vẻ như việc đóng bằng PSD2 không tính đến ảnh hưởng của RDDS khi MC bắt đầu dẫn điện.

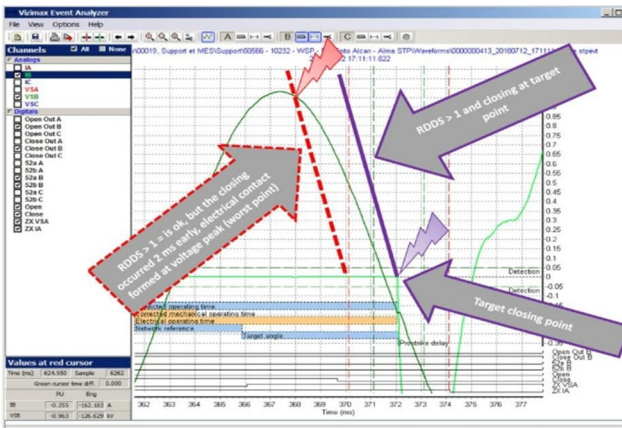
4. ỨNG DỤNG CHO TỤ ĐIỆN TẠI TBA 220kV HÀ ĐÔNG

4.1. Lựa chọn thông số khi đóng tụ

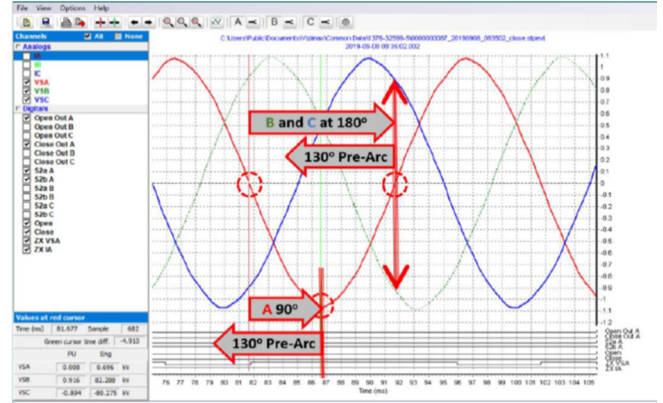
Thông số kỹ thuật của MC 102 nối vào TG C12 phía 110kV [7]: GL313-F3/4031P ba pha ba bộ truyền động, MC SF6; Thiết bị lựa chọn thời điểm đóng/cắt: RPH2-2SA0

Với loại SF6, Cigré khuyến cáo nên nhắm đến mục tiêu tại một điểm hơi trễ sau điểm đóng lý tưởng như một biện pháp phòng ngừa để không có nguy cơ đóng vào điểm xấu nhất trong trường hợp MC tác động hơi quá nhanh. Tiêu chuẩn cần đạt được khi đóng tụ:

- Dòng điện phải bắt đầu chạy trong vùng lân cận của điểm đóng lý tưởng (không sớm hơn 0,5ms và không chậm hơn 1,5ms sau)
- Hình dạng điện áp cho cả ba pha vẫn có dạng hình sin mà không có hiện tượng méo/sụt áp/quá độ tần số cao.
- Dòng khởi động không lớn hơn mức chấp nhận được.



Hình 8. Lựa chọn góc đóng trên sóng điện áp khi kết hợp độ trễ và RDDS



Hình 9. Lựa chọn góc mở MC trên sóng điện áp theo CIGRÉ

Lựa chọn thời điểm đóng theo CIGRÉ [8] và bằng Synchro-Teq (Vizimax) khi áp dụng độ trễ (8°) như bảng 2.

Bảng 2. Thông số góc, thời gian theo CIGRÉ và Vizimax khi đóng MC cho tụ

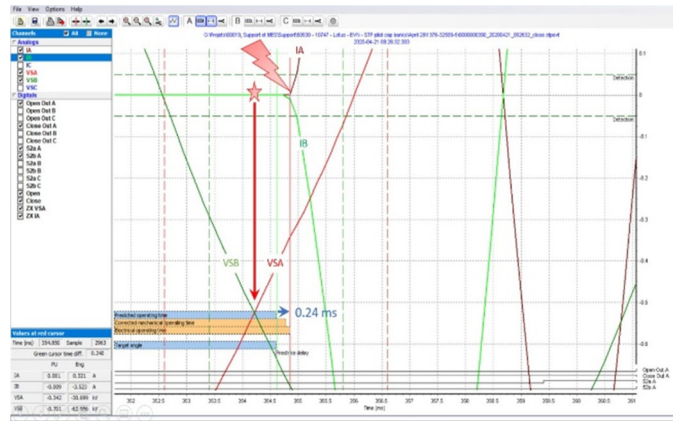
Đóng pha A		Đóng pha B		Đóng pha C		Thứ tự pha
Độ	ms	độ	ms	độ	ms	
158	8,7	158	8,7	248	13,7	A+B,C

4.2. Phân tích kết quả khi đóng tụ

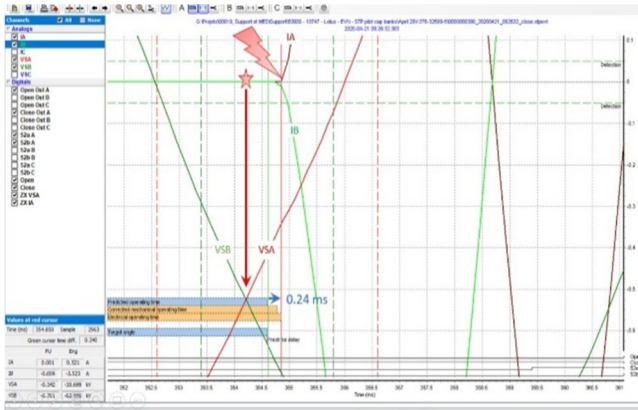
Khi thí nghiệm MC, quan sát thấy sự phân tán cơ học không lớn hơn 1ms, nhưng RDDS không xác định được. Ba độ trễ an toàn khác nhau đã được thử đối với việc đóng MC (lần lượt là 0°, 8° và 16°), đã chứng minh rằng biên độ an toàn 8° sẽ cung cấp biên độ an toàn đủ hợp lý, không có tác động đáng kể đến hiệu suất của giảm thiểu tác hại của dòng xung kích.

Kết quả phân tích bằng phần mềm Vizimax-Tool-Suite cho thấy sự thành công của việc giảm thiểu dòng xung kích tụ phụ thuộc vào sự kết hợp giữa sự làm việc hiệu quả của CSD, MC (sự phân tán cơ học ít, với giá trị RDDS cao) và hệ thống nguồn (đáp ứng của bộ tụ điện, công suất ngắn mạch HTĐ...). Tại Hà Đông, giá trị ngưỡng báo động dòng điện được đặt là 2,7pu được coi là "chấp nhận được" khi thử nghiệm với các mức tải khác nhau, đã quan sát được dòng khởi động khi đóng bằng Synchro-Teq vẫn ở dưới 2,3 pu.



4.2.1. Kết quả đóng thiết bị Synchro-Teq tháng 21/4/2020



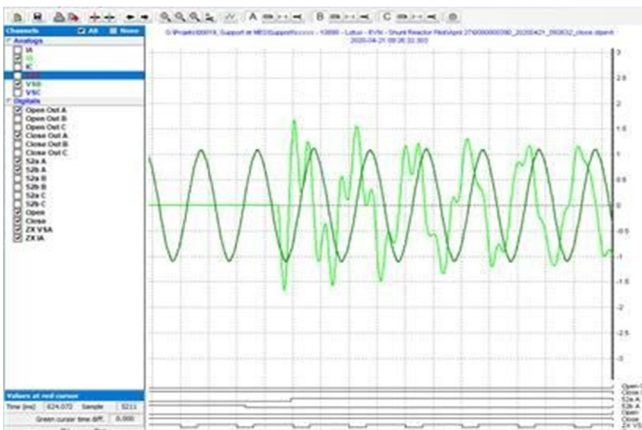
Hình 10. Điện áp pha A (đỏ), B (xanh) đóng đồng thời (sự kiện ngày 21/4/2020)



Hình 11. Khi đóng pha C (xanh lá mạ) (sự kiện ngày 21/4/2020)



Sau thời gian thử nghiệm 6 tháng, với các điều kiện bên ngoài khác nhau như tải, nhiệt độ thì tất cả các lần đóng điện xảy ra thực tế tại vị trí hình  so với dự kiến hình : trễ không quá 0,24ms khi đóng A & B (hình 10) và đúng thời gian dự kiến khi đóng C (hình 11).

Sai số 0,24ms khi đóng đồng thời pha A và B nằm trong phạm vi phân tán tự nhiên của MC và đã không gây ra bất kỳ dòng xung kích nguy hiểm nào. Giá trị dòng xung kích không quá 2 (pu) như hình 12.

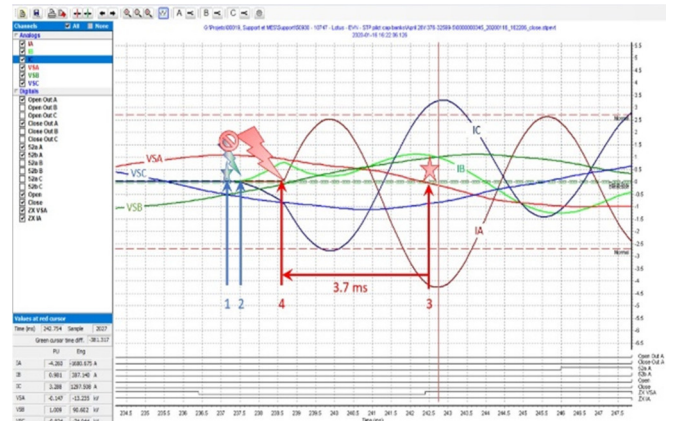


Hình 12. Dòng pha B (pu) khi đóng bằng Synchro-Teq

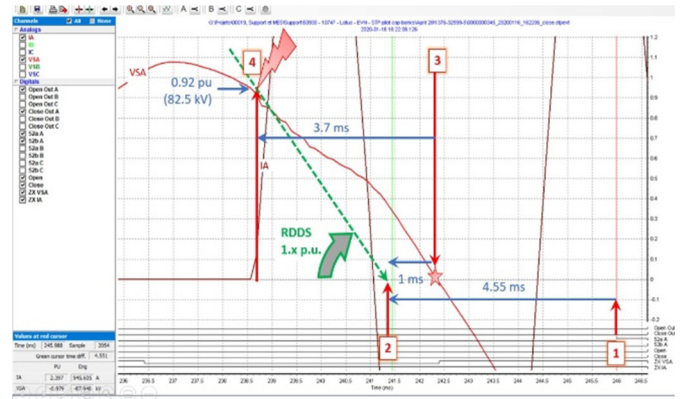
4.2.2. So sánh với thiết bị điều khiển hiện tại (Trường hợp nguy hiểm khi đóng sớm)

Sự kiện ngày 16/1/2020, khi đóng bằng RPH2. Pha B và C phải được đóng tại điểm 1 (biểu tượng hình ) như hình 13 - tại đó mức điện áp của chúng bằng nhau, thực tế thì chúng đã đóng tại điểm 2 (hình ) - chậm sau một chút: Điều này là chấp nhận được (hình 13).

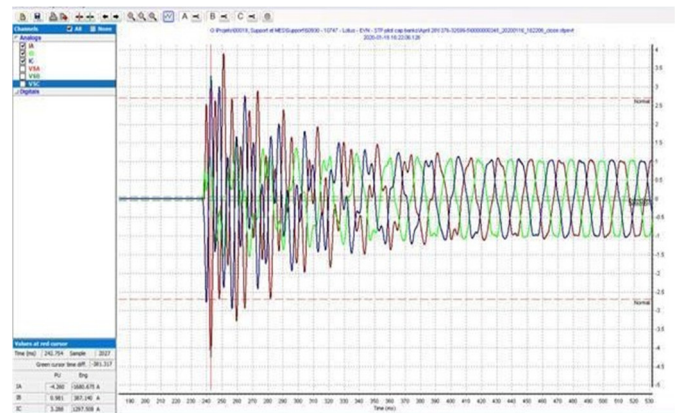
Pha A (I_A - màu nâu) không được đóng sớm hơn tại điểm 3 (giao với "0" của sóng điện áp VS_A - màu đỏ), nhưng thực tế đóng tại điểm 4 - sớm hơn rất nhiều và rất gần với điện áp cực đại (0,92pu như hình 14). Nó không những dẫn đến dòng xung kích lớn 4,3pu. trên pha A (hình 15), mà gây ra dòng điện thay đổi lớn trong I_B và I_C , đồng thời gây ra sự sụt áp trong HTĐ (hình 16). Như vậy, sau thời gian vận hành, thời gian của MC đã bị phân tán và có những ảnh hưởng bên ngoài và bên trong, thiết bị cũ đã hoạt động không hiệu quả.



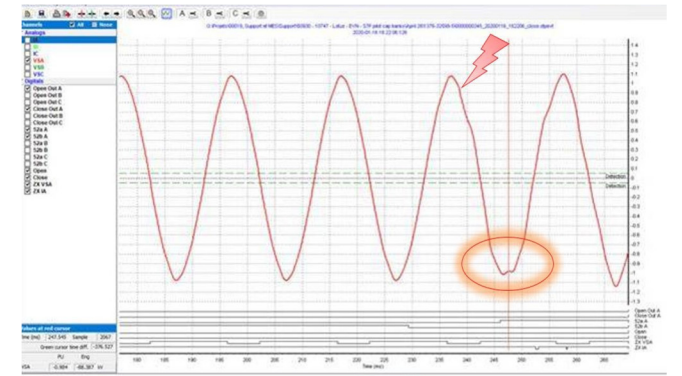
Hình 13. Thứ tự đóng điện các pha bằng RPH2 (sự kiện ngày 16/1/2020)



Hình 14. Chi tiết dòng pha A khi đóng sớm hơn (sự kiện ngày 16/1/2020)



Hình 15. Dòng điện các pha (giá trị lớn nhất đạt 4,3pu trên pha A)



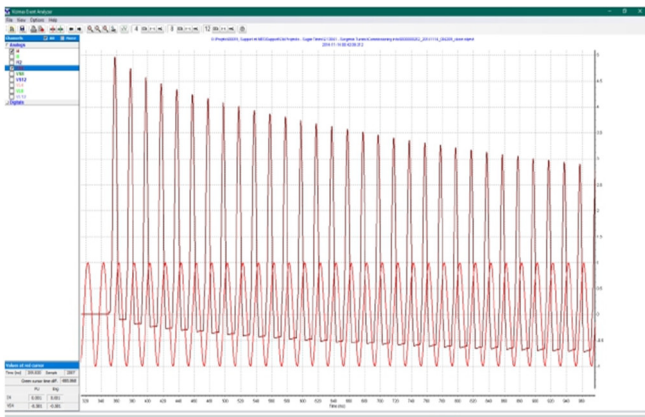
Hình 16. Sự sụt áp của pha A (pu)

Các ứng dụng CSD điều khiển MC tự bù ngang tại các thanh góp phía 110kV của các TBA 500kV Thường Tín, các TBA 220kV: Trục Ninh, Phủ Lý, Tuyên Quang, Vĩnh Yên, Bắc Ninh, Thái Thụy, Yên Bái, Hà Đông (lắp đặt chính thức sau dự án thử nghiệm) cũng cho thấy việc ứng dụng thiết bị SynchroTeq đã không gây dòng xung kích khi đóng điện cho tụ, giảm thiểu quá trình quá độ khi đóng MC.

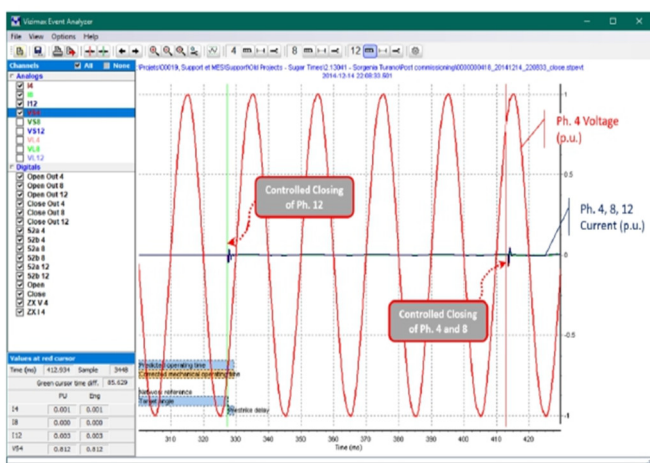
5. TRIỂN VỌNG CHO CÁC CHO MÁY BIẾN ÁP

Trong thời gian sắp tới, một dự án thử nghiệm cho việc lắp đặt thiết bị điều khiển đóng MC cho MBA để giảm thiểu dòng xung kích do từ dư sẽ được thực hiện tại nhà máy thủy điện Sơn La. Kết quả chi tiết sẽ được thảo luận chi tiết sau, tuy nhiên một số kết quả thực hiện tại các nhà máy điện tại Italia đã cho thấy việc giảm thiểu dòng xung kích của MBA, qua đó tăng thời gian vận hành, tuổi thọ của MBA [11].

Thông tin: MBA có công suất 400kV, 330MVA, tổ nối dây Y/Δ-11, kết quả khi không điều khiển dòng pha A rất lớn, đạt 5pu (hình 17), khi có điều khiển gần như loại bỏ hoàn toàn dòng xung kích (hình 18).



Hình 17. Dòng điện các pha A khi không điều khiển (giá trị lớn nhất 5 p.u. trên pha A) [11]



Hình 16. Dòng điện các pha A khi có điều khiển [11]

Những kết quả này cũng sẽ được áp dụng đối với các nhà máy điện gió, mặt trời tại Việt Nam, khi tần suất đóng cắt các MBA là lớn, do sự thay đổi công suất của các nguồn năng lượng tái tạo.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích các yếu tố cần thiết phải xem xét khi áp dụng phương pháp đóng vào sóng để điều khiển mở/đóng các máy cắt cho kháng điện/tụ điện bù ngang.

Việc thí nghiệm đưa vào vận hành thiết bị Synchro-Teq đã được thực hiện theo tiêu chuẩn, đã lựa chọn các thông số theo tiêu chuẩn của Cigré và những kinh nghiệm thực tế của Vizimax đối với các dự án trên thế giới. Thiết bị được áp dụng tại một số TBA 500kV đối với kháng điện và một số TBA 220kV đã chứng minh thành công của thiết bị điều khiển đóng cắt:

- Khi mở MC của kháng điện đã không gây ra hiện tượng đánh lửa trở lại.
- Khi đóng điện cho tụ điện: Giảm thiểu dòng điện khởi động khi đóng điện ở mức chấp nhận được và loại bỏ quá độ điện áp cao tần trong khi đóng;
- Thiết bị có khả năng khi nhớ 2000 sự kiện, cho phép giám sát sự làm việc của các MC trong quá trình vận hành, giúp cho các kỹ sư phân tích các tình huống xảy ra đối với thiết bị, góp phần quản lý, nâng cao tuổi thọ thiết bị.

Qua các ứng dụng cho thấy cần tính toán lại thông số đặt của thiết bị CSD hiện tại, hoặc thay thế bằng các thiết bị CSD hiện đại hơn như Synchro-Teq do chúng có khả năng ghi nhận, giám sát sự vận hành phân tích các sự kiện, đồng thời sau một thời gian dài vận hành, khi thông số của MC thay đổi với nhiệt độ, áp suất, điều kiện vận hành khác nhau thì thiết bị hiện có đã làm việc không hiệu quả, gây ra dòng khởi động lớn, dao động điện áp và quá độ trong HTĐ.

Các nghiên cứu tiếp theo sẽ tập trung vào việc điều khiển đóng/cắt cho MC của các MBA trong HTĐ để giảm thiểu dòng xung kích do từ dư, để có thể ứng dụng rộng rãi hơn trong HTĐ Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin gửi lời cảm ơn đến đại diện công ty Vizimax, Công ty Lotus, Công ty truyền tải điện 1, cán bộ kỹ thuật các TBA 220kV, 500kV đã giúp đỡ tác giả thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. CIGRÉ Working Group A3.06, 2012. *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, 2004. *Factory and field verification tests of controlled switching system.* (CIGRÉ session #A3-114, 2004).

[3]. S. De Carufel, A. Mercier, P. Taillefer, 2013. *CSD Contributions to Equipment Upgrading and Uprating.* CIGRE Auckland Conference.

[4]. S. De Carufel, A. Mercier, P. Taillefer, 2013. *Optimal Commissioning of Controlled Switching Systems.* CIGRE Brisbane - COLLOQUIUM Brisbane Australia.

[5]. S. De Carufel, A. Mercier, P. Taillefer 2014. *Innovative monitoring using controlled switching devices*. CIGRÉ Belgium Conference.

[6]. Ramón Cano-González, Pierre Taillefer, Gabriel Alvarez-Cordero, 2014. *R&D and innovation Project: using a controlled switching device for a power transformer application in Red Eléctrica de España*. CIGRÉ Toronto Canada Conference.

[7]. Ho so thiet ke mach bao ve may cat tu dien 102 - Tram 220kV Ha Dong. ENTEC 2015.

[8]. CIGRÉ 757, 2019. *Guidelines and best practices for the commissioning and operation of controlled switching projects*.

[9]. Y. Fushimi, T. Kobayashi, E. Haginomori, A. Kobayashi, K. Suzuki, 1998. *Re-ignition free controlled switching of EHV high-power shunt reactor*. CIGRÉ session #13-106.

[10]. Tan Phat T, Ngoc Dieu V., 2019. *Effects of transient recovery voltage and degradation solutions when opening shunt reactor at 500 kV O Mon substation*. Sci. Tech. Dev. J. Eng. Tech., 2(2):86-96.

[11]. <https://www.vizimax.com/support/download?id=296cal>

[12]. P. Taillefer, 2015. *White paper: Fast switching of capacitor banks using a SynchroTeq CSD*. Cigré A3.35 WG member on Controlled Switching.

AUTHOR INFORMATION

Nguyen Dang Toan

Electric Power University