

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THIẾT BỊ TCSC ĐẾN ROLE BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH TRÊN ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

NGÔ MINH KHOA*, ĐOÀN ĐỨC TÙNG

Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Quy Nhơn

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của thiết bị bù dọc điều khiển bằng thyristor (TCSC) đến role bảo vệ khoảng cách trên đường dây truyền tải điện năng. Các dữ liệu đo lường dòng điện và điện áp tại vị trí đặt role được thu thập và tính toán giá trị tổng trở đo trong các chế độ có và không có TCSC lắp đặt trên đường dây. Sự cố ngắn mạch xảy ra tại các vị trí khác nhau trên đường dây tải điện được khảo sát để từ đó tính toán và định vị vị trí sự cố xảy ra trên đường dây nhằm mục đích đánh giá ảnh hưởng của TCSC đến role bảo vệ khoảng cách. Phần mềm mô phỏng Matlab/Simulink được sử dụng để mô hình hóa sơ đồ hệ thống điện đơn giản bao gồm một đường dây tải điện có hai nguồn cung cấp ở hai đầu, các khối nguồn, khối đường dây, khối mô hình TCSC, khối đo lường dòng điện và điện áp, khối phân tích Fourier cũng được tích hợp trên mô hình mô phỏng hệ thống điện đơn giản đó. Các kết quả mô phỏng đã cho thấy sự ảnh hưởng của TCSC đến role bảo vệ khoảng cách trong việc xác định tổng trở đo và định vị sự cố trên đường dây truyền tải điện.

Từ khóa: TCSC, bảo vệ khoảng cách, tổng trở đo, đường dây truyền tải, Matlab/ Simulink.

ABSTRACT

Impact of TCSC on Distance Protection Relay on Power Transmission Lines

This paper investigates the impact of thyristor controlled series capacitor (TCSC) on the distance relay on transmission lines. Voltage and current measurement data at the relay positions are collected and calculated for the apparent impedance measured in the modes with and without TCSC installed on the line. Short circuit faults occur at different locations on the power transmission lines surveyed in order to calculate and locate the fault occurring on the line for the purpose of evaluating the impact of TCSC on the distance relay. Matlab/Simulink software is used to model the schematic diagram of a simple power system consisting of a transmission line with two sources at the two ends, source blocks, line blocks, TCSC blocks, measurement of voltage and current blocks. Discrete Fourier blocks are also integrated on the model. The simulation results show that the impact of TCSC on the distance protection relay in determining the apparent impedance and location of the fault in the transmission line.

Keywords: TCSC, distance relay, measurement impedance, transmission line, Matlab/ Simulink.

1. Đặt vấn đề

Với xu thế chung trên thế giới về việc phát triển hệ thống điện thì những nghiên cứu và ứng dụng để khắc phục những vấn đề tồn tại trong quá trình vận hành hệ thống điện như: lắp đặt thiết

* Email: ngominhkhoa@qnu.edu.vn

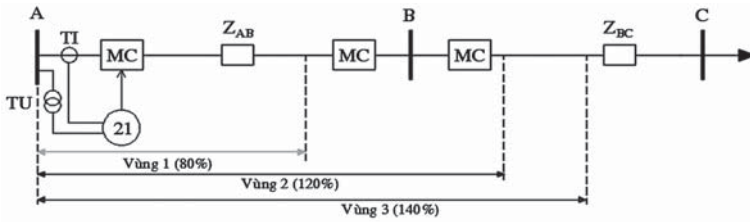
Ngày nhận bài: 8/8/2018; Ngày nhận đăng: 30/9/2018

bị truyền tải điện xoay chiều linh hoạt (FACTS) vào hệ thống để vận hành linh hoạt, điều khiển dòng công suất trên lưới truyền tải, ổn định điện áp, giảm dao động công suất và kết hợp truyền tải điện cao áp một chiều HVDC để đạt chế độ tối ưu trong truyền tải điện [1-4]. Ngoài những ứng dụng trên của thiết bị FACTS thì khi lắp đặt nó và hệ thống điện cũng có một phần ảnh hưởng đến sự hoạt động của các bảo vệ role.

Bảo vệ khoảng cách được xem như là một bảo vệ chính đối với các đường dây truyền tải điện [1, 2]. Khoảng cách dọc theo đường dây truyền tải tỷ lệ thuận với trở kháng (Z_L) của đường dây giữa thanh cái A và B như hình 1. Bảo vệ khoảng cách đo được khoảng cách từ vị trí đặt role đến điểm ngắn mạch bằng cách tính toán tỷ số giữa điện áp và dòng điện tại vị trí đặt role khi có ngắn mạch xảy ra. Role bảo vệ khoảng cách được cài đặt theo ba vùng bảo vệ (Z_1 , Z_2 và Z_3) để bảo vệ cho đường dây truyền tải cao áp giữa thanh cái A và B với trở kháng tổng Z_{AB} [5-8] như sau:

$$\begin{aligned} Z_1 &= R_1 + jX_1 = 0,8Z_{AB} = 0,8(R_{AB} + jX_{AB}) \\ Z_2 &= R_2 + jX_2 = R_{AB} + jX_{AB} + 0,2(R_{BC} + jX_{BC}) \\ Z_3 &= R_3 + jX_3 = R_{AB} + jX_{AB} + 0,4(R_{BC} + jX_{BC}) \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó: R_{ij} , X_{ij} là điện trở và điện kháng của đoạn đường dây từ nút i đến nút j .



Hình 1. Cài đặt các vùng bảo vệ của bảo vệ khoảng cách [6, 7]

Tuy nhiên, khi có sự tham gia của TCSC thì nó sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến tổng trở của đường dây (Z_{AB}) và dẫn đến các vùng được cài đặt mới như sau [2]:

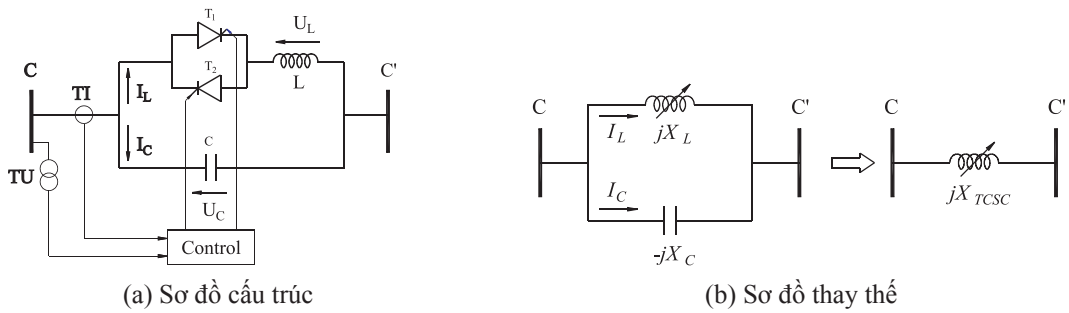
$$\begin{aligned} Z_1 &= 0,8[R_{AB} + jX_{AB} + jX_{TCSC}(\alpha)] \\ Z_2 &= R_{AB} + jX_{AB} + jX_{TCSC}(\alpha) + 0,2(R_{BC} + jX_{BC}) \\ Z_3 &= R_{AB} + jX_{AB} + jX_{TCSC}(\alpha) + 0,4(R_{BC} + jX_{BC}) \end{aligned} \quad (2)$$

Do vậy trong bài báo này, tác giả nghiên cứu về ảnh hưởng của TCSC đến role bảo vệ khoảng cách trong hệ thống điện, để xem khi có sự tham gia của TCSC vào hệ thống thì có ảnh hưởng như thế nào trong việc xác định tổng trở đo của role bảo vệ khoảng cách. Kết quả nghiên cứu của việc phân tích ảnh hưởng của TCSC đến role bảo vệ khoảng cách nhằm giúp đưa ra các giải pháp ngăn chặn các ảnh hưởng này để giúp nâng cao tính chọn lọc của role bảo vệ khoảng cách trong hệ thống điện. Việc thực hiện trên các mô hình thực nghiệm là tương đối khó khăn, do đó, tác giả đã lựa chọn cách tiếp cận bằng việc nghiên cứu mô hình hóa sơ đồ lưới điện trên phần Matlab/ Simulink để thực hiện mục tiêu nghiên cứu của bài báo này. Do đó, tác giả tiến hành xây dựng một mô hình mô phỏng của role bảo vệ khoảng cách trên Matlab/ Simulink để thu thập kết quả và phân tích sự hoạt động của role bảo vệ khoảng cách khi có TCSC.

2. Nguyên lý làm việc của TCSC

2.1. Cấu tạo của TCSC

Thiết bị TCSC là thiết bị điều khiển trở kháng nhanh của đường dây và hoạt động trong điều kiện ổn định của hệ thống điện, nó có các chức năng cơ bản bao gồm: *Giảm dao động điện áp; tăng khả năng truyền tải đường dây bằng cách bù CSPK;...* TCSC gồm một tụ điện C có giá trị không đổi mắc song song với một điện cảm L được điều khiển bằng cách thay đổi góc mở van thyristor như hình 2(a). Giá trị góc mở thay đổi giữa $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ thì TCSC có thể được mô tả như sơ đồ thay thế hình 2(b).



Hình 2. Sơ đồ cấu tạo của TCSC

Khi thay đổi góc mở của thyristor ta có thể thay đổi được dòng điện chạy qua tụ điện, từ đó thay đổi được dung kháng của thiết bị TCSC và được xác định theo công thức sau:

$$X_{TCSC}(\alpha) = -X_C [1 - A + B] \quad (3)$$

Trong đó:
$$A = \frac{K^2}{K^2 - 1} \left(\frac{\delta + \sin(\delta)}{\pi} \right) \quad (4)$$

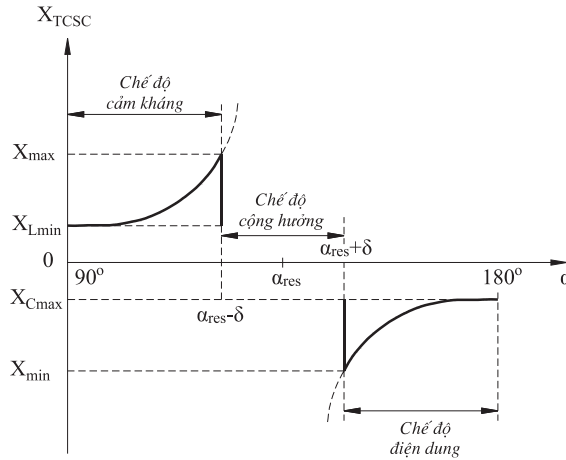
$$B = \frac{4K^2}{K^2 - 1} \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \left[\frac{K \tan \left(\frac{K\delta}{2} \right) - \tan \left(\frac{\delta}{2} \right)}{\pi} \right] \quad (5)$$

$$\delta = 2(\pi - \alpha) \quad (6)$$

$$K = \frac{\lambda}{2\pi f}; \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (8)$$

Góc dẫn δ là một phần của chu kỳ trong đó mỗi van thyristor đang ở trạng thái dẫn và góc mở α là thời gian thể hiện bằng phép đo góc điện (từ lúc điện áp tụ là 0 đi qua đến lúc bắt đầu của dòng dẫn đi qua van thyristor). Đường đặc tính của X_{TCSC} là một hàm của góc mở α được chia thành 3 vùng khác nhau là *cảm kháng, dung kháng và cộng hưởng* được thể hiện ở hình 3. TCSC có 3 chế độ làm việc [7] bao gồm: *Chế độ thyristor khóa, chế độ capacitor nối tắt và chế độ vernier*.



Hình 3. Đường cong đặc tính của TCSC

2.2. Cách tính chọn thông số của TCSC

Các thông số của TCSC được lựa chọn phụ thuộc theo hệ số bù k , ví dụ: $k = 0,75$ thì ta có thể xác định các thông số của TCSC như sau:

$$X_C = 0,75X_{AB} \quad (9)$$

Trong đó: X_{AB} là điện kháng của cả đường dây AB được bảo vệ.

Giá trị điện dung của TCSC là:

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} \quad (10)$$

Giá trị của điện kháng TCR phụ thuộc vào yêu cầu của phạm vi hoạt động của TCSC. Bình thường X_L/X_C cho mục đích thực tế nên nằm trong khoảng từ $0,1 \div 0,3$. Do đó ta chọn $X_L/X_C = 0,25$. Từ đó ta xác định được điện cảm của TCSC là:

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \quad (11)$$

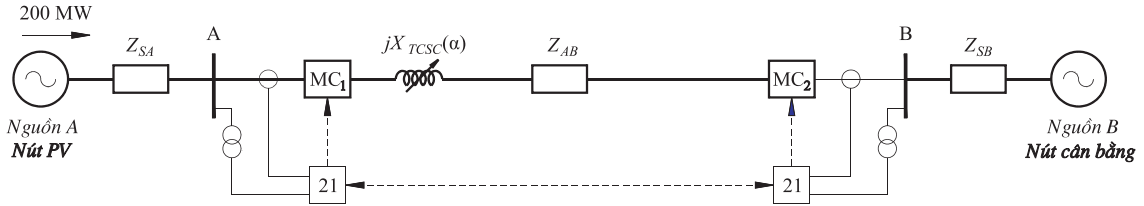
Trong đó: f là tần số của dòng điện.

3. Nghiên cứu ảnh hưởng TCSC đến role bảo vệ khoảng cách

3.1. Mô tả đối tượng nghiên cứu

Giả sử xét hệ thống điện đơn giản như hình 4 gồm có 2 nguồn phát, đường dây 500 kV có hai nguồn cung cấp ở 2 đầu đường dây, nó được bảo vệ bằng 2 role bảo vệ khoảng cách đặt ở 2 đầu của nó và bộ bù dọc TCSC được đặt ở đầu đường dây. Các thông số của các phần tử trong sơ đồ được thể hiện như trong bảng 1. Ở chế độ xác lập ban đầu nguồn A được giả định như là nguồn PV đang phát công suất 200 MW về phía nguồn B và giữ vai trò là nút điều khiển điện áp, còn nguồn B giữ vai trò là nút cân bằng có điện áp và góc pha tham chiếu. Đường dây có chiều dài 200 km được khảo sát sẽ xảy ra sự cố ngắn mạch tại các vị trí khác nhau để nghiên cứu sự ảnh hưởng của các thông số của TCSC đến việc xác định tổng trở đo và vị trí sự cố của role bảo vệ khoảng cách ở đầu A. Tín hiệu dòng điện và điện áp đo được từ các TI, TU sẽ đưa về role bảo vệ khoảng cách

và từ thông số dòng điện và điện áp đó sẽ tính ra được tổng trở đo cũng như vị trí ngắn mạch tính từ vị trí đặt bảo vệ đến điểm ngắn mạch.



Hình 4. Sơ đồ hệ thống điện đơn giản

Các thông số của TCSC trên đường dây này phụ thuộc vào hệ số bù k , bài báo này giả sử hệ số bù của TCSC là $k = 0,75$; theo phần lựa chọn tính toán các thông số ta đã chọn tỷ số $X_L/X_C = 0,25$ từ đó ta tính được giá trị điện kháng X_{TCSC} theo góc mở α như sau:

$$X_C = 0,75 \cdot X_{AB} = 0,75 \cdot 58,67 = 44 \text{ (}\Omega\text{)}; C = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 44} = 0,723 \cdot 10^{-6} \text{ (F)}$$

$$X_L = 0,25 \cdot X_C = 0,25 \cdot 44 = 11 \text{ (}\Omega\text{)}; L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{11}{2\pi \cdot 50} = 0,035 \text{ (H)}$$

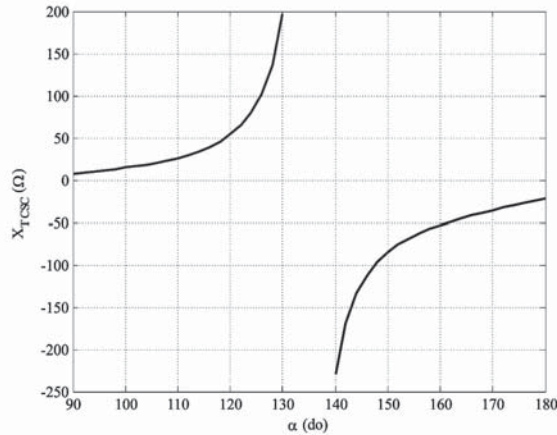
$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0,035 \cdot 0,723 \cdot 10^{-6}}} = 628,32; K = \frac{\lambda}{\omega} = \frac{628,32}{2\pi \cdot 50} = 2$$

Bảng 1. Thông số của hệ thống điện đơn giản

Stt	Phần tử	Thông số
1	Nguồn A	Điện áp: $U = 500 \text{ (kV)}$ Công suất ngắn mạch: $S_N = 8000 \text{ (MVA)}$ Tỷ số: $X/R = 10$ Nút PV: $P = 200 \text{ MW}$
2	Nguồn B	Điện áp: $U = 500 \text{ (kV)}$ Công suất ngắn mạch: $S_N = 10000 \text{ (MVA)}$ Tỷ số: $X/R = 10$ Nút cân bằng
3	Đường dây	Chiều dài: $L = 200 \text{ (km)}$ Tổng trở thứ tự không và thứ tự thuận: $z_0 = 0,3864 + j1,2963 \text{ (}\Omega/\text{km)}$ $z_1 = 0,01273 + j0,32798 \text{ (}\Omega/\text{km)}$

Từ các thông số của mô hình hệ thống điện như trên ta tính toán được giá trị điện kháng X_{TCSC} theo các giá trị góc mở α khác nhau và xây dựng được đặc tính dung kháng của TCSC như trong hình 5. Trên hình 5, đường đặc tính màu đỏ nằm ở góc phần tư phía trên bên trái là giá trị điện kháng TCSC làm việc ở chế độ cảm kháng ứng với góc mở α từ 90° đến 130° , ở chế độ này TCSC là điện kháng có tính cảm nên điện kháng $X_{TCSC} > 0$. Còn đường đặc tính màu xanh nằm ở

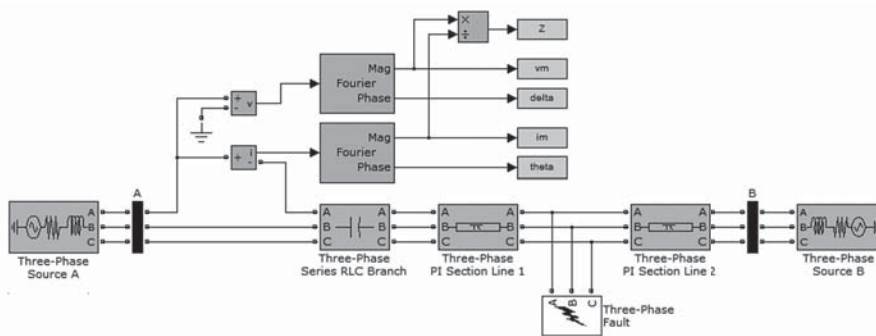
góc phần tư phía dưới bên phải là giá trị điện kháng TCSC làm việc ở chế độ dung kháng ứng với góc mở α từ 140° đến 180° , ở chế độ này TCSC là điện kháng có tính dung nên $X_{TCSC} < 0$, tương ứng với chế độ bù dọc. Rõ ràng phạm vi góc mở của thyristor từ 130° đến 140° tương ứng với chế độ cộng hưởng của TCSC. Như vậy kết quả đặc tính này giúp ta có thể lựa chọn được góc mở α phù hợp cho các chế độ vận hành của TCSC mong muốn.



Hình 5. Đặc tính dung kháng của TCSC theo góc mở thyristor

3.2. Xây dựng mô hình mô phỏng trên Matlab/ Simulink

Để thuận tiện cho việc kiểm tra cũng như phân tích ảnh hưởng của TCSC khi có ngắn mạch xảy ra, tác giả đã xây dựng một mô hình mô phỏng hoạt động của role bảo vệ khoảng cách trên phần mềm Matlab/Simulink như trong hình 6. Tín hiệu điện áp, dòng điện pha A sau khi qua các khối phân tích Fourier rồi rạc sẽ là các giá trị biên độ và góc pha của điện áp và dòng điện pha A. Từ đó sẽ xác định được tổng trở đo tại vị trí đặt role ở đầu đường dây. Tất cả những thông số trên được lưu vào workspace của Matlab sau mỗi lần mô phỏng sự cố ngắn mạch xảy ra trên đường dây. Từ kết quả đó, tổng trở đo được tại mỗi vị trí đặt role sẽ được tính toán và để so sánh giữa hai trường hợp có và không có đặt TCSC trên đường dây.

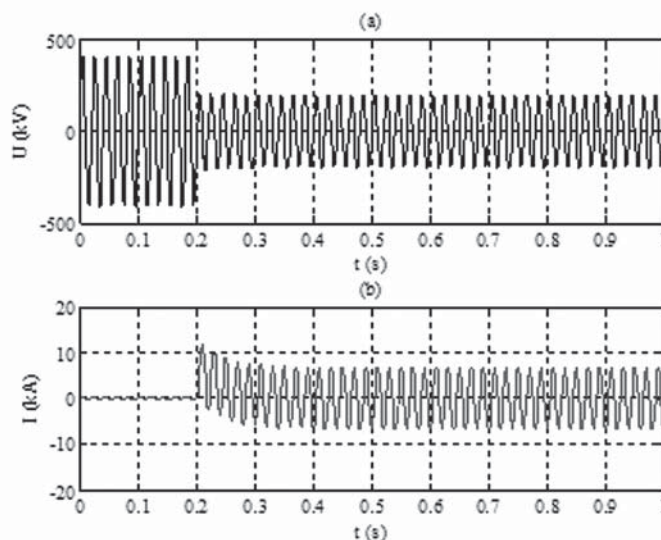


Hình 6. Mô hình mô phỏng hệ thống khi có TCSC trên Simulink

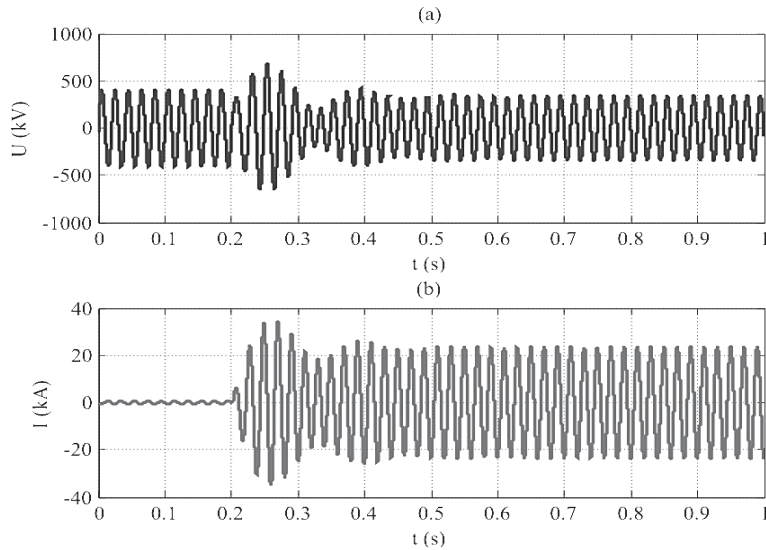
Trong hình 6, khối *Three-phase source A* and *Three-phase source B* là các khối nguồn 3 pha ở hai đầu đường dây truyền tải tại thanh cái A và B. Đường dây truyền tải ba pha được mô hình dưới dạng sơ đồ hình π được chia thành hai đoạn *Three-Phase PI Section Line 1* và *Three-Phase*

PI Section Line 2. Khối *Three-Phase Series RLC Branch* mô tả cho thiết bị TCSC mà trong đó giá trị dung kháng có thể điều chỉnh được theo góc mở α . Các dạng ngắn mạch được giả lập bằng khối *Three-Phase Fault* nối vào điểm giữa hai đoạn đường dây. Điện áp và dòng điện tại thanh cái A được đo lường bởi khối đo áp và dòng. Sau đó tín hiệu điện áp và dòng điện tại thanh cái A sẽ được đưa qua khối Fourier để thực hiện việc xử lý tín hiệu và tính toán điện áp và dòng điện ở tần số cơ bản đưa đến các khối biên độ điện áp vm , góc pha điện áp $delta$, biên độ dòng điện im và góc pha dòng điện $theta$. Tổng trở được tính bằng thương số giữa biên độ điện áp và biên độ dòng điện, sau đó đưa giá trị đó đến khối Z.

Giả sử ngắn mạch ba pha trực tiếp bắt đầu tại thời điểm 0,2 s xảy ra tại vị trí chính giữa đường dây trong trường hợp có và không có TCSC đặt nối tiếp vào đường dây, tín hiệu dạng sóng điện áp và dòng điện pha A ở vị trí role đầu đường dây được thu thập để phân tích tính toán tổng trở đo tại vị trí role đó. Các đồ thị dạng sóng điện áp, dòng điện pha A được thể hiện như trong hình 7 và hình 8. Ở chế độ xác lập trước sự cố ứng với khoảng thời gian từ 0 đến 0,2 s thì điện áp và dòng điện pha A đều bình thường. Nhưng khi tại thời điểm $t = 0,2$ s bắt đầu xảy ra ngắn mạch thì điện áp và dòng điện bắt đầu thay đổi như trong hình 7 (đối với trường hợp không có TCSC) và hình 8 (đối với trường hợp có TCSC với hệ số bù $k = 0,75$ và góc mở $\alpha = 180^\circ$). Rõ ràng kết quả mô phỏng trên hình 7 và hình 8 cho thấy rằng vì có TCSC mắc nối tiếp vào đường dây nên đã làm ảnh hưởng đến điện áp và dòng điện đo được bởi role, cụ thể điện áp và dòng điện dao động nhiều hơn trong khoảng thời gian quá độ, biên độ dòng điện ngắn mạch cũng tăng lên so với trường hợp không có TCSC. Chính vì điều này sẽ làm ảnh hưởng đến tổng trở quá độ đo được bởi role và ảnh hưởng đến khả năng xác định vị trí sự cố của role sẽ được nghiên cứu trong các nội dung tiếp sau.

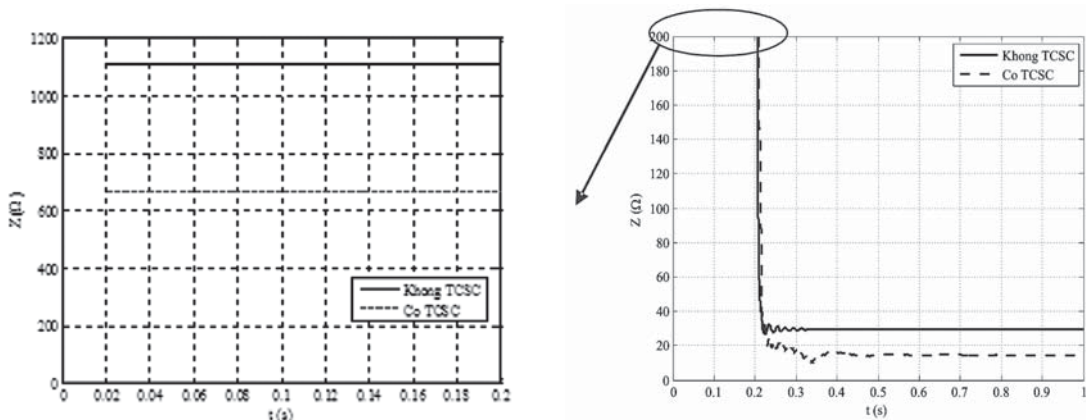


Hình 7. Điện áp và dòng điện pha A ngắn mạch ba pha giữa đường dây khi không có TCSC



Hình 8. Điện áp và dòng điện pha A ngắn mạch ba pha giữa đường dây khi có TCSC

Từ kết quả của hai trường hợp có và không có TCSC đã được mô phỏng và trình bày ở trên, kết quả tổng trở đo được tại vị trí đặt rơle được thu thập và phân tích. Hình 9 thể hiện tổng trở đo được tại vị trí đặt rơle khi không có và có TCSC (ứng với hệ số bù $k = 0,75$ và góc mở $\alpha = 180^\circ$). Hình 9 cho thấy rằng trong giai đoạn từ 0 đến 0,2 s là chế độ xác lập trước sự cố nên tổng trở đo được phụ thuộc vào thông số chế độ xác lập trước sự cố, tức là phụ thuộc vào điện áp nguồn và công suất tải truyền trên đường dây (giả định 200 MW được truyền từ nguồn A đến nguồn B). Tổng trở này có giá trị khá lớn nên được zoom trong phạm vi từ 0 đến 0,2 s như phần bên trái của hình 9. Bắt đầu tại thời điểm 0,2 s ngắn mạch xảy ra nên tổng trở đo được tại rơle diễn ra quá trình quá độ và giảm mạnh đáng kể như phần bên phải của hình 9. Qua đó cho thấy TCSC không những làm ảnh hưởng đến tổng trở đo trong giai đoạn quá độ mà còn làm thay đổi trong giai đoạn xác lập sau sự cố. Điều này sẽ ảnh hưởng đáng kể đến quá trình làm việc của rơle bảo vệ khoảng cách trên đường dây.



Hình 9. Tổng trở đo khi ngắn mạch ba pha giữa đường dây

Trong các kết quả sau đây, tác giả lần lượt khảo sát sự cố ngắn mạch 3 pha trực tiếp xảy ra tại các vị trí khác nhau trên đường dây chẳng hạn như ở vị trí 0, 20, 40, 60 km,... tính từ vị trí đặt role đến điểm ngắn mạch. Khi đó, các kết quả dòng điện và điện áp được tính toán dưới dạng biên độ và góc pha thông qua các biến đổi Fourier rời rạc và giá trị tổng trở đo tại vị trí đặt role được thể hiện trong các bảng 2. Kết quả mô phỏng trong bảng 2 cũng đã cho thấy các thông số TCSC chẳng hạn như hệ số bù và góc mở thyristor của TCSC đã ảnh hưởng đến role bảo vệ khoảng cách. Bảng 2 là kết quả tính toán các giá trị điện áp, dòng điện và tổng trở khi xảy ra ngắn mạch 3 pha trên đường dây trong hai trường hợp có và không có TCSC. Tuy nhiên giá trị góc mở α của TCSC được giả sử ở một giá trị cố định để khảo sát sự thay đổi của tổng trở đo được của role. Từ kết quả cho thấy tổng trở đo của role khi có TCSC bị thay đổi rõ rệt, do đó chúng ta cần đưa ra những giải pháp nhằm ngăn chặn ảnh hưởng này để nâng cao tính chọn lọc của role bảo vệ khoảng cách.

Bảng 2. Kết quả điện áp, dòng điện và tổng trở đo tại role khi xảy ra ngắn mạch trên đường dây

Vị trí (km)	Không có TCSC					Có TCSC				
	U_A (V)	δ_A (độ)	I_A (A)	φ_A (độ)	Z_{do} (Ω)	U_A (V)	δ_A (độ)	I_A (A)	φ_A (độ)	Z_{do} (Ω)
0	12.63	-90.92	9208.90	-92.04	0.00	969496.18	-21.53	22034.63	68.47	44.00
20	45575.03	-5.05	7759.73	-92.55	5.87	1438626.69	-33.54	37727.65	56.08	38.13
40	78778.94	-5.41	6703.46	-92.92	11.75	2473250.74	-81.36	76661.50	7.73	32.26
60	104065.17	-5.69	5898.80	-93.20	17.64	1222946.04	-147.50	46350.58	-59.16	26.38
80	123979.44	-5.92	5264.92	-93.42	23.55	513305.36	-163.83	25041.56	-76.69	20.50
100	140082.20	-6.10	4752.27	-93.60	29.48	244525.52	-167.93	16742.78	-82.97	14.60
120	153383.15	-6.25	4328.74	-93.74	35.43	109308.56	-165.90	12506.50	-86.10	8.74
140	164564.47	-6.37	3972.65	-93.87	41.42	31631.58	-143.32	9953.19	-87.99	3.18
160	174103.58	-6.48	3668.83	-93.97	47.45	32996.43	-30.52	8250.23	-89.22	4.00
180	182344.67	-6.58	3406.32	-94.05	53.53	68796.30	-14.02	7035.58	-90.10	9.78
200	189542.08	-6.66	3177.03	-94.13	59.66	96993.43	-10.30	6125.29	-90.76	15.83

4. Kết luận

Từ cơ sở lý thuyết của thiết bị TCSC và role bảo vệ khoảng cách trong hệ thống điện, bài báo đã nghiên cứu sự ảnh hưởng của TCSC đến role bảo vệ khoảng cách. Các nghiên cứu này được thực hiện trên việc xây dựng mô hình mô phỏng bằng phần mềm Matlab/Simulink để mô hình hóa sơ đồ hệ thống điện đơn giản gồm một đường dây có hai nguồn cung cấp ở hai đầu. Các giả định ngắn mạch được thiết lập trên đường dây ở các vị trí khác nhau nhằm đánh giá sự ảnh hưởng đó của TCSC đến role bảo vệ khoảng cách. Các kết quả mô phỏng cho thấy được ảnh hưởng của TCSC đến bảo vệ khoảng cách rằng khi có đặt TCSC thì tổng trở đo được tại vị trí đặt role bị ảnh hưởng trong khoảng thời gian quá độ cũng như trong khoảng thời gian xác lập sau sự cố. Điều này gây khó khăn trong việc định vị sự cố khi có ngắn mạch xảy ra, làm chậm quá trình

khắc phục sự cố trên đường dây. Kết quả nghiên cứu của bài báo sẽ là phần tham khảo để tìm kiếm giải pháp nâng cao tính chọn lọc của role bảo vệ khoảng cách trên đường dây truyền tải điện năng trong điều kiện có lắp đặt thiết bị TCSC.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Đình Long, *Bảo vệ các hệ thống điện*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, (2007).
2. Nguyễn Hoàng Việt, *Bảo vệ role và tự động hóa trong hệ thống điện*, Nxb Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, (2011).
3. S. Sajedi, F. Khalifeh, Z. Khalifeh, T. karimi, *Application of wavelet transform for identification of fault location on transmission lines*, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 5, No. 12, pp. 1428 - 1432, (2011).
4. Amir TABATABAEI, Mohammad-Reza MOSAVI, Abdolreza RAHMATI, *Fault location techniques in power system based on traveling wave using wavelet analysis and GPS timing*, Electrical Review, pp. 347 - 350, (2012).
5. A. Kazemi, S. Jamali and H. Shateri, *Measured impedance by distance relay in presence of SVC on transmission line*, International Review of Electrical Engineering, Vol. 5, pp. 2214 - 2219, (2006).
6. Ngô Minh Khoa, Nguyễn Hữu Hiếu, and Đinh Thanh Việt, *A study of SVC's impact simulation and analysis for distance protection relay on transmission lines*, International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 7, No. 4, pp. 1686 - 1695, (2017).
7. S. Meikandasivam, R. K. Nema, and S. K. Jain, *Selection of TCSC parameters: Capacitor and inductor*, 2010 India International Conference on Power Electronics, New Delhi, India, January 28 - 30, (2011).