

Phân tích, thử nghiệm chức năng dao động điện của role khoảng cách kỹ thuật số

Analysis and Testing of Power Swing Function of Numerical Distance Relay

Lê Kim Hùng^{1*}, Vũ Phan Huân²

¹ Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, Số 54, Nguyễn Lương Bằng, Đà Nẵng, Việt Nam

² Công ty TNHH MTV Thử nghiệm điện Miền Trung, Đà Nẵng, Việt Nam

Đến Tòa soạn: 30-01-2018; chấp nhận đăng: 28-03-2018

Tóm tắt

Để tránh tác động nhầm do dao động điện của role bảo vệ (RLBV) khoảng cách cơ trước đây, chức năng phát hiện dao động điện (PSW) tích hợp trong RLBV khoảng cách kỹ thuật số ngày nay đã được sử dụng. Role có khả năng phân biệt được trường hợp sự cố và PSW bằng cách sử dụng hai đặc tính tứ giác để tạo ra vùng dò đối với quỹ đạo tổng trở đo lường di chuyển qua. Mục đích chính của chức năng là khóa chức năng khoảng cách tác động khi PSW ổn định và cắt khi PSW không ổn định. Bài báo phân tích giải thuật chức năng PWS, thông số chỉnh định của hãng SEL, tiến hành thử nghiệm chức năng khóa PSW của role kỹ thuật số SEL 421 bằng công cụ Distance trong phần mềm TU 3.0 dùng để điều khiển hợp bộ thí nghiệm Omicron CMC 256. Ngoài ra, bài báo xây dựng mô hình đường dây 220kV bằng phần mềm Matlab/Simulink để phân tích dao động. Kết quả thử nghiệm chỉ ra rằng, chức năng này có độ tin cậy cao và thời gian đáp ứng làm việc của role nhanh chóng.

Từ khóa: Đường dây truyền tải điện, Role bảo vệ khoảng cách, Dao động điện, Khóa khi có dao động điện, Cắt khi dao động điện.

Abstract

Avoiding mistake trip of the mechanical distance relay during power swing, the power swing function implementation in numerical distance relays are used to overcome this drawback. Now, the relay has to discriminate between the fault and the power swing conditions. It uses dual-quadrilateral characteristics that are based on the measurement of the time it takes the positive-sequence impedance to cross the two blinders. The main purpose of the function is block the power swing or trip on the out-of-step. This paper presents power swing function theory and explains setting values of SEL vendors. Also, the paper performs to test effectively power swing function on the relay protection SEL421 by Distance function in TU3.0 software of Omicron CMC256 device. In addition, we describe a 220kV power system model, explain how to analyze swing with Matlab/Simulink software. Thereby results show that benefits this function can yield of high reliability, fast time response.

Keywords: Transmission line, Distance relay, Power swing, Power swing blocking, Power swing tripping

1. Đặt vấn đề

Dao động điện (PWS) là chế độ làm việc không bình thường của hệ thống điện. PWS sẽ xuất hiện khi hệ thống xảy ra các sự cố, truyền tải công suất quá cao, hoặc trong quá trình hệ thống chuyển trạng thái làm việc (đóng cắt phụ tải, các đường dây truyền tải). Khi đó, dòng điện và điện áp đo lường trên role bảo vệ (RLBV) có biên độ và góc pha biến đổi liên tục theo chu kỳ dao động (I tăng, U giảm) và RLBV cảm nhận như có ngắn mạch trên đường dây. Do đó, RLBV dễ bị tác động nhầm, dẫn đến cắt thêm các máy phát điện và đường dây, làm trầm trọng hơn chế độ vận hành của hệ thống điện (HTĐ) và có thể dẫn đến rã lưới. Tuy nhiên, với đặc điểm cơ bản của PSW

là các dao động đối xứng ba pha sẽ tắt dần. Vì vậy, các RLBV kỹ thuật số được thiết kế để tránh tác động nhầm khi có PWS xảy ra. Để thực hiện điều này, các RLBV được trang bị giải thuật cho phép phát hiện PWS ổn định và khóa chức năng bảo vệ khoảng cách (F21) [1-4]. Tại Việt Nam, một số sự cố điển hình gây ra PSW trên lưới 500kV gồm có [5]: Sự cố vào lúc 14h43' ngày 27/12/2006 tại TBA 500 kV Pleiku; Dao động điện trên đường dây 500 kV Pleiku - Đà Nẵng vào lúc 11h30' ngày 24/4/2008; Sự cố ngày 04/10/2012 gây nhảy đường dây Di Linh - Tân Định; Sự cố ngày 26/4/2013 trong điều kiện vận hành phải nối tắt (bypass) 2 tụ bù dọc tại Nho Quan trên đường dây Nho Quan - Hà Tĩnh và 4 tụ bù dọc tại Hà Tĩnh trên đường dây Hà Tĩnh - Nho Quan và Hà Tĩnh - Đà Nẵng; Sự cố ngày 22/05/2013 gây nhảy đường dây Di Linh - Tân Định.....

* Địa chỉ liên hệ: (+84) 914112526

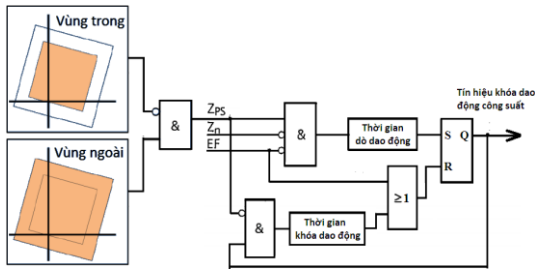
Email: lekimhung@dut.udn.vn

Nội dung chính của bài báo đi sâu vào phân tích giải thuật phát hiện PWS, giá trị chỉnh định cho RLBV của hãng SEL. Sau đó, sử dụng hợp bộ thí nghiệm CMC 256 để kiểm tra thực tế ứng dụng chức năng này trên SEL 421 và mô phỏng kiểm chứng mô hình đường dây song song 220kV có chiều dài 80km bằng phần mềm Matlab/Simulink.

2. Giải thuật phát hiện dao động điện

Hiện nay, có rất nhiều phương pháp dùng để phát hiện PWS. Vấn đề đặt ra là chúng phải phân biệt rõ hai trường hợp là ngắn mạch và PWS. Nói chung, RLBV cần đáp ứng được các tiêu chí sau đây [6]:

- *Xác định rõ vùng dò PWS:* Các hãng sản xuất RLBV thường sử dụng hai phần tử có đặc tính tứ giác để tạo ra vùng dò PSW (nằm giữa vùng trong và vùng ngoài) như hình 3. Lưu ý, vùng này phải bao trùm được vùng làm việc (khởi động) ngoài cùng (thường là vùng Z3) của RLBV. Giá trị điện trở, điện kháng của vùng ngoài nằm trong khoảng từ (135 ÷ 150)% giá trị của vùng trong.



Hình 1. Logic dò PWS

Nguyên lý làm việc của chức năng PSW được trình bày trên hình 1. Trong đó, Zps, Zn và EF lần lượt là tín hiệu đầu ra của vùng dò dao động, vùng làm việc của RLBV khoảng cách và ngưỡng dò sự cố chạm đất.

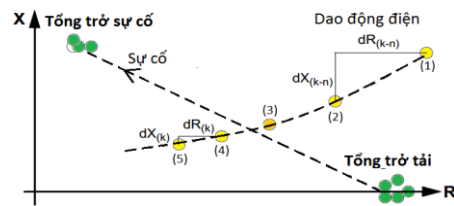
Nếu tổng trở đo nằm trong vùng dò PWS ($Z_p = 1$, $Z_n = 0$, $EF = 0$), tín hiệu khóa dao động điện sẽ xuất hiện sau thời gian dò dao động điện (nằm trong khoảng từ 30 ÷ 50ms). Tại thời điểm này, ta có hai lựa chọn: Khóa tất cả các vùng bảo vệ Z2, Z3, và Z4 ngoại trừ Z1 (cho phép cắt MC khi tổng trở đo đi vào vùng Z1) hoặc Khóa tất cả các vùng bảo vệ và cắt MC khi xảy ra PWS không ổn định [6].

Nếu tổng trở đo di chuyển ra ngoài của vùng dò PWS, thì tín hiệu khóa sẽ giải trừ sau thời gian khóa dao động điện ($\geq 2s$ đối với đường dây trong cùng một HTĐ, $\geq 5s$ đối với đường dây liên kết giữa hai HTĐ). Trong trường hợp xuất hiện sự cố chạm đất ($EF = 1$), thì tín hiệu khóa dao động điện ngay lập tức bị giải trừ.

- *Hướng di chuyển phù hợp:* hướng di chuyển của quỹ đạo tổng trở đo trong vùng dò theo một hướng nhất định. Đối với PSW ổn định, tổng trở đo di chuyển chậm từ vùng tải vào vùng làm việc của

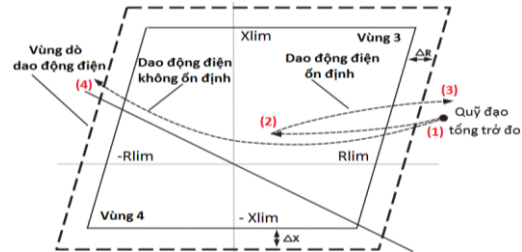
BVRL rồi quay trở ra ngoài cùng một phía, nên RLBV cần phải khóa chức năng F21. Còn đối với PSW không ổn định, tổng trở đo cũng di chuyển chậm đến vùng làm việc của BVRL, nhưng sau đó tiếp tục đi qua trục X và sang phía đối diện (trục điện trở âm) nên RLBV cần phải chủ động xuất lệnh cắt MC. Trong trường hợp này, RLBV 7SA522 kiểm tra thêm thành phần điện trở đo có bị đổi dấu hay không, còn SEL321 thì giám sát dòng TTN vượt quá giá trị đặt.

- *Tính liên tục:* giá trị tổng trở đo lường giữa hai điểm (ví dụ điểm 4, 5) trên hình 2 có quỹ đạo di chuyển phải thay đổi ít nhất một giá trị tối thiểu là $dR(k)$, $dX(k)$ và $|dR(k) - dR(k+1)| < \text{ngưỡng đặt}$ (50mΩ) [7].



Hình 2. Véc tơ tổng trở khi dao động

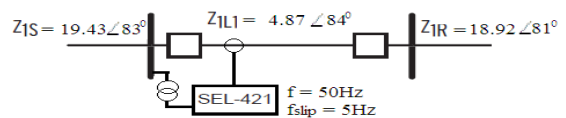
- *Tính đều đặn:* Để phát hiện PWS, RLBV Schneider P442 căn cứ vào tốc độ biến thiên của tổng trở đo 3 pha của hai điểm theo thời gian (dZ/dt) đi qua vùng dò ΔR và ΔX (hình 3) với thời gian lớn hơn 5ms (hoặc tốc độ thay đổi chậm $< 5\Omega/s$) khi dao động và có giá trị rất lớn (hoặc tốc độ thay đổi nhanh) đi trực tiếp vào vùng bảo vệ khi ngắn mạch [8], [9].



Hình 3. Đặc tính phát hiện dao động điện P442

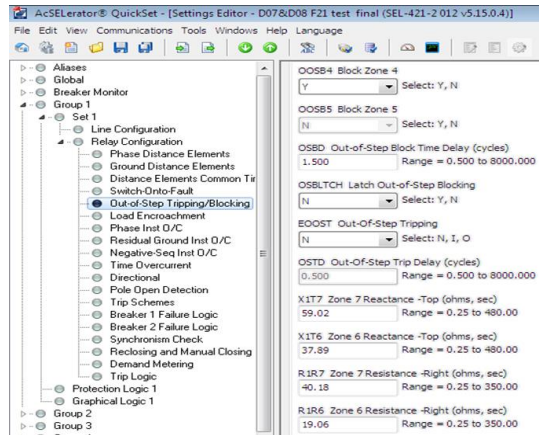
3. Kiểm định chức năng khóa dao động điện (OSB) của hãng SEL

Dựa trên cơ sở tài liệu [9] hướng dẫn tính toán thông số chỉnh định vùng trong Z6, vùng ngoài Z7 và thời gian khóa dao động điện (Out of Step Block Time Delay - OSBD) của role SEL421, chúng tôi tiến hành thực hiện cho đường dây D12 tại TBA 220kV Thanh Mỹ ở hình 4, có vùng Z4P = 31.58Ω, với giá định (EOOS = Y, EOOST = N). Sau đó, thực hiện các bước thử nghiệm cụ thể như sau:

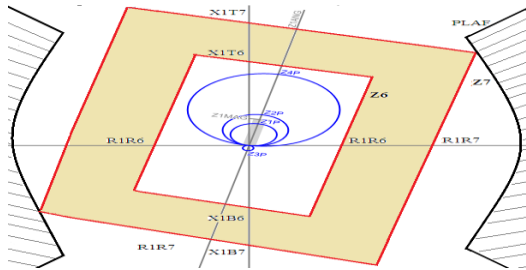


Hình 4. Đường dây D12 tại TBA 220kV Thanh Mỹ

Bước 1: Cài đặt thông số chỉnh định đã tính toán cho RLBV SEL421 (S/N: 2007134228) bằng phần mềm AcSElerator QuickSet Editor như hình 5.



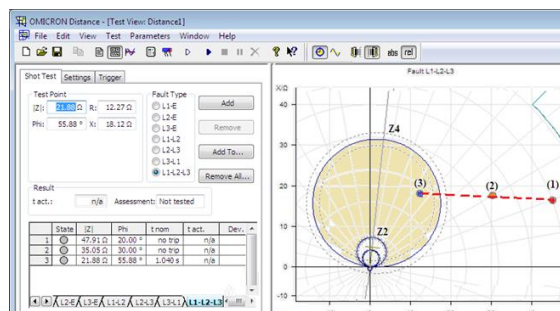
Hình 5a. Thông số chỉnh định chức năng OSB



Hình 5b. Đặc tính OSB

Bước 2: Kiểm tra tín hiệu dò PWS dựa trên quỹ đạo tổng trở đo được mô tả bằng công cụ Distance của phần mềm TU 3.0 điều khiển hợp bộ CMC256 (hình 6) để thử nghiệm chức năng khóa PSW của ngăn lộ D12 ở TBA 220kV Thạnh Mỹ.

- Phát sự cố pha - pha tại điểm (1) nằm ngoài vùng 7. Sau đó, mô phỏng sự cố pha - pha (AB, BC, AC) nằm trong vùng dò tại điểm (2) với thời gian lớn hơn OSBD = 30ms. Tín hiệu dao động sẽ xuất hiện.
- Cắt phát sự cố hoặc tạo sự cố nằm ngoài vùng Z7 và kiểm tra tín hiệu dao động sẽ tự giải trừ sau thời gian $UBOSBD = UBOSBF \times OSBD = 4 \times 0.03 = 0.12s$.
- Tạo sự cố chạm đất nằm trong vùng dò, kiểm tra tín hiệu dò dao động công suất không làm việc.



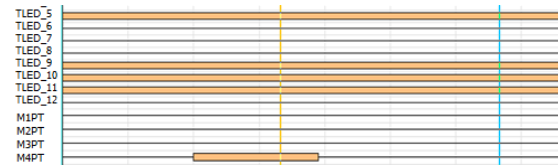
Hình 6. Modun Distance test

Bước 3: Kiểm tra tính năng khóa bảo vệ

- Sau khi có tín hiệu PWS từ bước trên, tiến hành tạo sự cố pha - pha tại vùng Z4 tại điểm (3). Kiểm tra Z4 sẽ cắt nếu chọn chức năng khóa vùng 4 (Out-of-Step Block Zone 4) OOSB4 = N và không cắt nếu là Y.
- Thực hiện tương tự cho các vùng Z1, Z2.

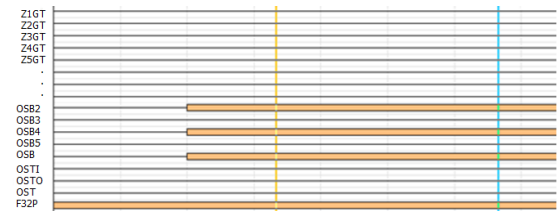
Bước 4: Kiểm tra bản ghi sự cố

Trường hợp 1: OOSB4 chọn là N, chức năng F21 làm việc bình thường.



Hình 7. Kết quả thử nghiệm RLBV với chức năng M4PT tác động khi không có tín hiệu khóa dao động điện

Trường hợp 2: OOSB4 là Y, RLBV khóa khi PWS ổn định và PWS không ổn định đến hết 0.1s.



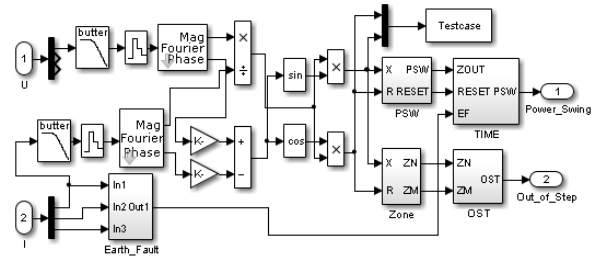
Hình 8. Kết quả thử nghiệm RLBV không tác động khi xuất hiện tín hiệu khóa dao động điện vùng 4 (Block Zone 4 during out-of-step condition - OSB4)

Tín hiệu khóa F21 khi PWS sẽ bị giải trừ nếu:

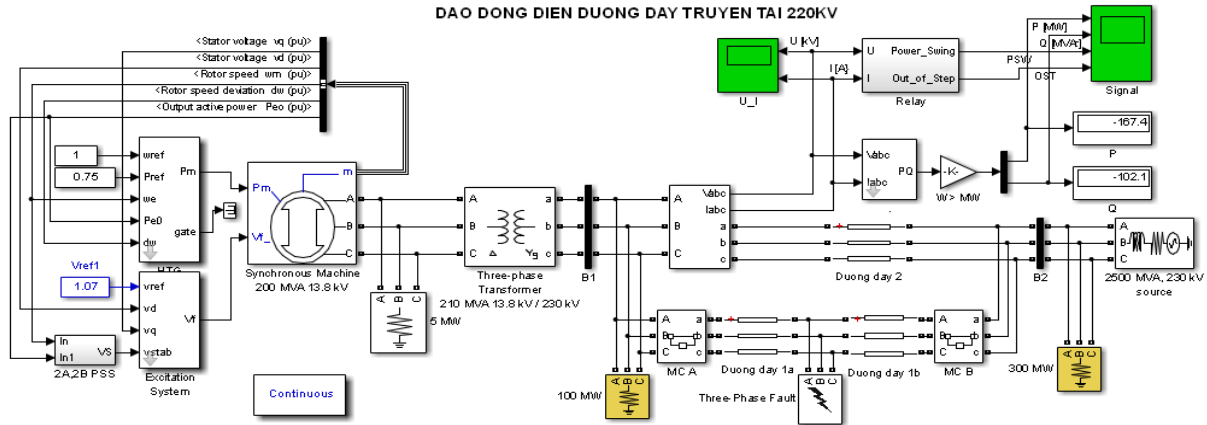
- Khi tổng trở đo nằm ngoài Z7.
- Dòng điện TTN 50QUB của phần tử hướng TTN 67QUBF hoặc 67QUBR (67Q1T của vùng 1) khởi tạo.
- Nếu tổng trở đo nằm giữa hai đường thẳng vùng dò sự cố ba pha với thời gian $UBOSBD = 4$.

4. Mô phỏng hệ thống điện bằng Matlab/Simulink

Bài báo sử dụng phần mềm Matlab/Simulink để mô phỏng hệ thống đường dây truyền tải song song 220kV, có chiều dài 80km ($r_1 = 0.0345\Omega/km$, $r_0 = 0.1796\Omega/km$, $x_1 = 0.001H/km$, $x_0 = 0.0036H/km$), MFĐ 200MW, phụ tải 400MW cho trên hình 9.



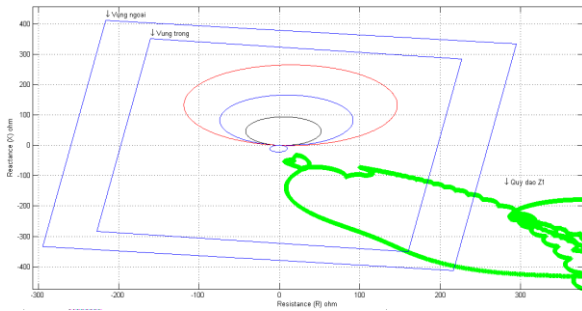
Hình 9a. Modun role dao động công suất



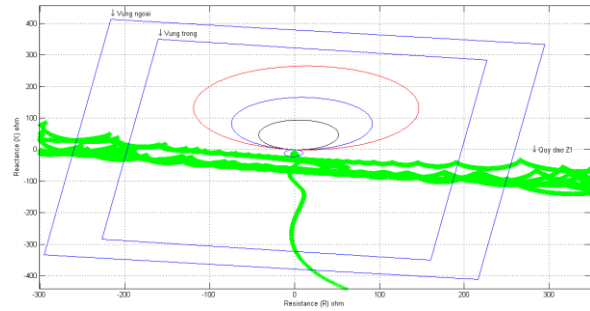
Hình 9b. Mô hình đường dây song song 220kV

Trường hợp 1: mô phỏng dao động ổn định khi có sự cố ở thời điểm $t = 6s$ trên đường dây 2 tại 60km (tính từ thanh cái B1), $R_F = 10\Omega$. MC cắt cô lập đường dây 2 tại $t = 6.12s$ và làm công suất P, Q truyền tải trên đường dây 1 bị dao động mạnh. Sau đó MC đường dây 2 đóng lập lại tại $t = 7s$ và dao động giảm dần theo thời gian. Kết quả là quỹ đạo tổng trở đi vào và đi ra vùng dò bên phía tay phải nên RLBV trên đường dây 1 nhận thấy PSW ổn định xuất tín hiệu PSW tại $t = 6.5s$ (xem hình 10, 12).

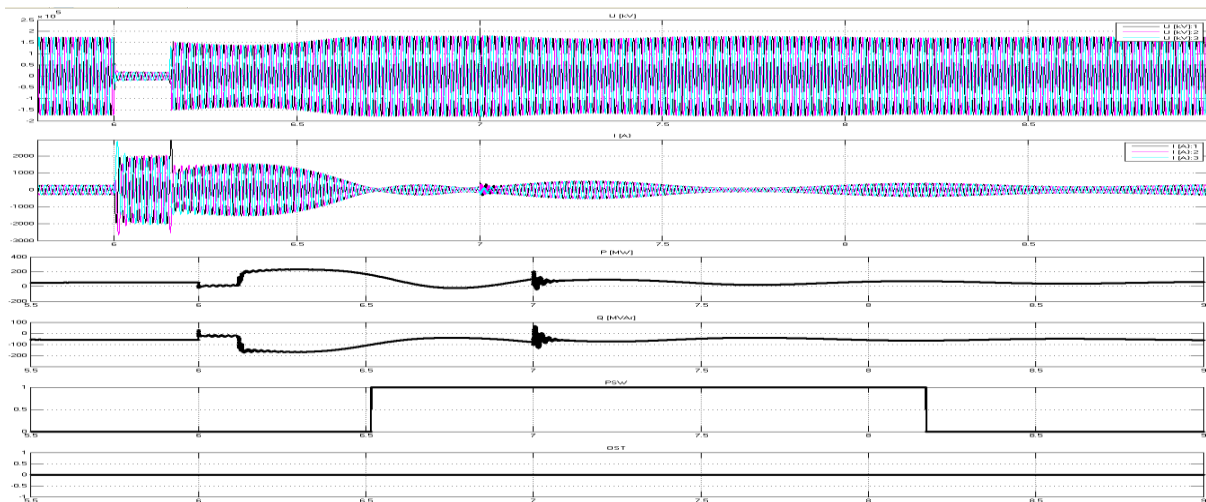
Trường hợp 2: mô phỏng dao động không ổn định khi có sự cố ở thời điểm $t = 6s$ trên đường dây 2 tại 20km (tính từ thanh cái B1), $R_F = 1\Omega$. MC cắt cô lập đường dây 2 tại $t = 6.2s$ và làm công suất P, Q truyền tải trên đường dây 1 bị dao động mạnh. Mặc dù MC đường dây 2 đóng lập lại tại $t = 7s$ nhưng quỹ đạo tổng trở đi từ bên phải vào vùng trong, sang bên trái và đi ra vùng ngoài. Cho nên, RLBV trên đường dây 1 nhận thấy PSW không ổn định nên xuất tín hiệu OST tại $t = 7.2s$ (xem hình 11, 13).



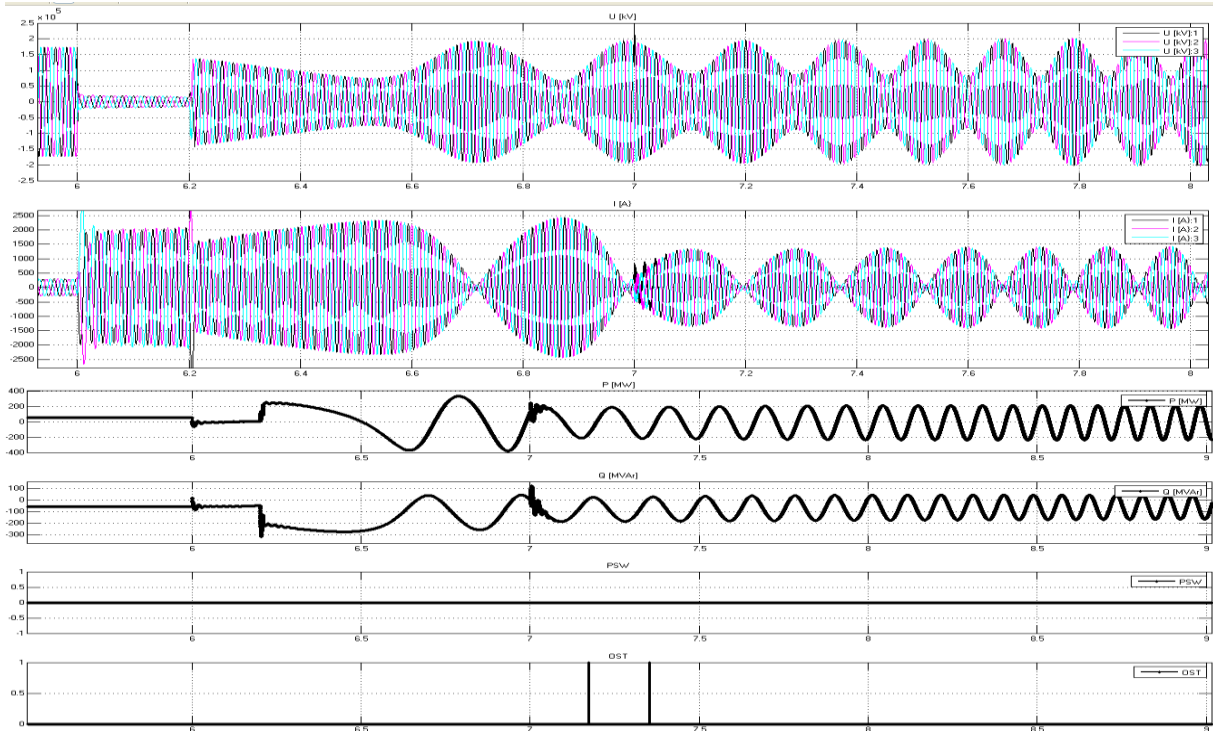
Hình 10. Quỹ đạo tổng trở Z1 khi dao động ổn định



Hình 11. Quỹ đạo tổng trở Z1 khi dao động không ổn định



Hình 12. Dạng sóng dòng điện, điện áp, P, Q và tín hiệu PSW, OST trên RLBV khi dao động ổn định



Hình 13. Dạng sóng dòng điện, điện áp, P, Q và tín hiệu PSW, OST trên RLBV khi dao động không ổn định

5. Kết luận

Tại Việt Nam, tất cả các RLBV kỹ thuật số có tích hợp chức năng khóa PWS sử dụng phổ biến trên đường dây truyền tải điện. Tuy nhiên, chức năng này chưa được phân tích đầy đủ trong thực tế vận hành. Bên cạnh đó, với tính chất phức tạp của sự cố, chế độ làm việc của hệ thống điện diện rộng nên việc phân tích và đánh giá tính năng làm việc của chức năng khóa PWS cho từng chủng loại rơle là rất cần thiết.

Kết quả đã trình bày trong bài báo sẽ giúp cho các cán bộ quản lý vận hành, nhà nghiên cứu, và thiết kế hệ thống điện Việt Nam có thể:

- Nắm bắt được những vấn đề chính nhằm chỉnh định đúng đắn thông số cho RLBV.
- Sử dụng hợp bộ thí nghiệm CMC 256 nhằm kiểm tra, thử nghiệm chức năng này trên rơle số để phân biệt hiện tượng dao động công suất và sự cố, đồng thời so sánh kết quả đầu ra RLBV với tiêu chuẩn kỹ thuật của nhà chế tạo được chính xác.
- Tìm hiểu, xác định đúng các nguyên nhân gây ra mất điện trên diện rộng trong các trường hợp dao động điện ổn định và không ổn định dựa trên phần mềm Matlab/Simulink.

Tài liệu tham khảo

- [1] Gustav Steynberg, Distance protection power swing, Siemens, TLQ2, February 2003.
- [2] Nguyễn Đức Huy, Lê Minh Khánh, Nguyễn Xuân Tùng, Nguyễn Xuân Hoàng Việt, Dao động công suất trong hệ thống điện, Tạp chí Điện & Đời sống, ISSN: 0686 – 3883, số 162 – 10/2012.
- [3] Nguyễn Hồng Thái, Vũ Văn Tâm, Role số lý thuyết và ứng dụng, NXB Giáo dục (2003).
- [4] PGS. TS Lê Kim Hùng, Bảo vệ các phần tử chính trong hệ thống điện, NXB Đà Nẵng (2004).
- [5] Nguyễn Đức Ninh, Tăng cường độ ổn định, tin cậy của lưới điện 500 kV sau các sự cố mất điện diện rộng và sự cần thiết phải trang bị hệ thống bảo vệ chống mất điện diện rộng, Hội nghị Khoa học công nghệ điện lực toàn quốc 2014.
- [6] Anucha Semjan, Testing a Relay's Power Swing Impedance Characteristic with Advance Distance Module, Omicron, ANS_1001 0_ENU, Nov 24, 2010.
- [7] Michael Claus, Siprotec 4 Distance Protection 7SA522 and 7SA6, Siemens EV S V13 Nürnberg H, 2013.
- [8] MiCOM, Technical Manual. Numerical Distance Protection Relays P442, 2011.
- [9] SEL, SEL421 Relay Protection and Automation System Instruction Manual, Applications Handbook, 2013.