

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THIẾT BỊ BẢO VỆ RƠLE ĐẾN SỰ TAN RÃ HỆ THỐNG ĐIỆN LỚN

RESEARCH ON THE INFLUENCES OF PROTECTION DEVICES ON LARGE POWER SYSTEM BLACKOUT

Nguyễn Đăng Toàn

Trường Đại học Điện lực

Tóm tắt:

Các sự cố tan rã hệ thống điện là loại sự cố nguy hiểm nhất và thường có hậu quả vô cùng nghiêm trọng. Ở Việt Nam cũng đã từng xảy ra các sự cố nghiêm trọng như sự cố ngày 27/12/2006, 28/2/2008, 25/9/2009 đặc biệt là sự cố ngày 22/5/2013. Bài báo này nghiên cứu sự ảnh hưởng của các thiết bị bảo vệ đến sự cố tan rã hệ thống điện bằng phương pháp mô phỏng động bởi chương trình Powerworld. Các kết quả mô phỏng chi tiết một kịch bản tan rã hệ thống điện điển hình cho thấy sự cần thiết phải mô tả và mô phỏng chi tiết các thiết bị bảo vệ rơle trong mô phỏng hệ thống điện. Cuối cùng, bài báo đề xuất một số biện pháp nhằm ngăn chặn sự cố tan rã hệ thống điện.

Từ khóa:

Tan rã hệ thống điện, hệ thống bảo vệ, mô phỏng động, Powerworld.

Abstract:

Power system blackout is the most serious phenomenon and normally has huge consequences. It also occurred in Vietnam on 27/12/2006, 28/2/2008, 25/9/2009, especially, the event on 22/5/2013. This paper is devoted to analysis the influences of protection system on power system blackout that was based on dynamic simulation of Powerworld software. The simulation results of a typical scenario of power system blackout showed that the necessary for modeling all protection devices in power system simulation. The paper also proposed some remedial methods to prevent power system blackouts.

Key words:

Power system blackout, protection system, dynamic simulation, power world.

1. MỞ ĐẦU

Các hệ thống điện (HTĐ) đang phải đối mặt với nhiều khó khăn như: sự tăng phụ

tải, khó khăn trong việc xây dựng các nhà máy/đường dây mới, việc sử dụng nhiều các nguồn năng lượng tái tạo, trong bối cảnh bắt đầu vận hành theo cơ chế thị trường làm thay đổi khái niệm về HTĐ truyền thống, làm khó khăn hơn trong

Ngày nhận bài: 26/11/2017, ngày chấp nhận đăng: 18/12/2017, phản biện: TS. Nguyễn Đức Huy.

quản lý, vận hành, giám sát và điều khiển HTĐ. Điều này khiến cho các HTĐ có thể được vận hành gần với giới hạn về ổn định, và khá “nhạy cảm” với các sự cố có thể xảy ra. Một số sự tan rã HTĐ gần đây tại Việt Nam với những hậu quả to lớn là những ví dụ sinh động cho luận điểm này. Cụ thể: ngày 27/12/2006, hư hỏng máy cắt tại trạm 500 kV Pleiku đã làm gián đoạn HTĐ Bắc - Nam, gây mất điện trên HTĐ miền Bắc; sự cố ngày 28/2/2008: ngắn mạch trên đường dây 500 kV đoạn Pleiku - Đà Nẵng làm mất liên kết Bắc - Nam đã làm mất điện nhiều tỉnh ở miền Bắc; sự cố ngày 25/9/2009: sụp đổ điện áp trên hệ thống 500 kV làm bảo vệ điện áp thấp đã tác động cắt cả hai mạch đường dây 500 kV Hà Tĩnh - Đà Nẵng, tách đôi hệ thống 500 kV Việt Nam làm mất 1440 MW và sự cố ngày 22/5/2013 gây cắt 43 tổ máy của 15 nhà máy trong HTĐ miền Nam, làm mất điện 22 tỉnh phía Nam Việt Nam, mất 9400 MW tải. Những sự cố này đã đặt ra những yêu cầu về nghiên cứu và rút kinh nghiệm để tránh những sự cố trong tương lai.

Các kịch bản tan rã HTĐ thường rất phức tạp, là sự ảnh hưởng của vấn đề mất ổn định, cũng như tác động tương hỗ giữa các thiết bị điều khiển và nhất là hệ thống bảo vệ role [1-5]. Do đó trong bài báo này, tác giả lựa chọn phương pháp mô phỏng động theo thời gian với sự có mặt của các mô hình chi tiết của các thiết bị động như máy phát điện (MPĐ), kích từ, điều tốc, bảo vệ quá kích thích MPĐ, bảo vệ tần số MPĐ, và bảo vệ đường dây, và role sa thải phụ tải theo điện áp thấp.

2. ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ THỐNG CÁC THIẾT BỊ BẢO VỆ

2.1. Bảo vệ quá điện áp/kém điện áp, quá tần số/ kém tần số bảo vệ MPĐ

Mô hình bảo vệ MPĐ cung cấp chức năng bảo vệ MPĐ khi có xảy ra quá điện hoặc kém điện áp, quá tần số hoặc kém tần số với hai tín hiệu cắt hoặc báo sự cố. Trong nghiên cứu này, mô hình bảo vệ GP1 (Generator Relay Model: GP1) được cung cấp bởi GE, với thông số như bảng 1.

Bảng 1. Thông số bộ bảo vệ chung MPĐ (GP1)

V_{uv}	t_{uv}	V_{ov}	t_{ov}	f_{of}	t_{of}	f_{uf}	t_{uf}
0.75	1	1.15	0.5	1.025	1	0.975	1

2.2. Role bảo vệ quá kích từ (OEL)

Khi các máy phát làm việc ở trạng thái gần kích từ giới hạn làm phát nóng trong cuộn dây kích từ. Khi dòng kích từ vượt quá giá trị làm việc lâu dài cho phép, bảo vệ quá kích từ sẽ tác động, làm giảm dòng kích từ của máy phát. Tác động này làm giảm một lượng đáng kể công suất phản kháng phát, làm điện áp càng sụt giảm mạnh. Khả năng chịu đựng quá kích từ của máy phát được quy định bởi IEEE [6, 7]. Khi OEL một máy phát tác động, gánh nặng điều khiển điện áp sẽ được chuyển sang các máy phát xung quanh, có thể dẫn đến tác động lan truyền của các bảo vệ OEL, dẫn đến điện áp hệ thống giảm dần.

2.3. Role quá dòng điện

Khi xảy ra sự cố trong HTĐ, dẫn đến quá tải đường dây và các máy biến áp còn lại, các role bảo vệ quá dòng điện và quá tải trên các đường dây này sẽ tác động. Thời gian để các role bảo vệ quá dòng và quá

tải tác động phụ thuộc vào mức độ trầm trọng của sự quá tải. Nếu dòng quá tải không quá lớn, thời gian để dẫn đến role tác động có thể kéo dài hàng chục phút. Khi nhiều phần tử đã bị cắt ra, khoảng thời gian giữa các lần role tác động sẽ dần được thu hẹp lại, nếu quá tải nhiều sẽ dẫn đến cắt liên tục các đường dây, làm trầm trọng thêm sự cố tan rã HTĐ. Trong mô phỏng thực hiện với mô hình bảo vệ quá dòng SimpleOC1, với các đường đặc tính thời gian phụ thuộc theo tiêu chuẩn IEEE C37.112-1996.

2.4. Role sa thải phụ tải

Hệ thống role sa thải phụ tải thấp áp (Under Voltage Load Shedding-UVLS) là các role sa thải phụ tải theo tín hiệu điện áp đo lường tại chỗ, lượng sa thải phụ tải phải đủ nhằm phục hồi mức điện áp tối thiểu của hệ thống và khôi phục được một phần dự trữ công suất phản kháng. Việc tính toán lượng tải sa thải là một bài toán khó, trong đó tác giả [2] đề xuất biện pháp xác định lượng sa thải theo HTĐ cụ thể, thông qua nhiều mô phỏng động và kinh nghiệm vận hành thực tế.

3. KỊCH BẢN ĐIỂN HÌNH SỰ CỐ TAN RÃ HỆ THỐNG ĐIỆN

Các sự cố tan rã HTĐ có cơ chế xảy ra chung là: HTĐ đi từ trạng thái vận hành bình thường (gần với giới hạn an ninh) đến mất ổn định và cuối cùng là chia tách thành các HTĐ riêng biệt, tách rời. Cơ chế chung có thể được tổng kết như sau:

- **Điều kiện ban đầu bất lợi:** các HTĐ đang được vận hành ở những điều kiện gần với giới hạn ổn định như: Trong HTĐ

đang bị mất một số tổ máy, một số đường dây tải điện do sự cố trong khi đó nhu cầu phụ tải lại đang rất lớn hay tăng lên do những điều kiện bất thường, trong HTĐ không có đủ công suất dự phòng, điện áp ở một số nút bị giảm thấp.

- **Sự cố nguy kịch:** HTĐ tiếp tục chịu một hoặc một số sự cố cực kỳ nguy kịch làm mất thêm đường dây, máy phát quan trọng, gây ra quá trình quá độ trong HTĐ và gây ra sự mất cân bằng công suất giữa phát/tải.

- **Tác động của các thiết bị điều khiển sơ cấp:** sau khi có sự cố, các thiết bị điều khiển sẽ tác động để đưa các thông số của HTĐ trở về vùng làm việc đảm bảo các tiêu chuẩn an ninh. Nếu các thiết bị điều khiển không đảm bảo an ninh HTĐ, sẽ gây ra mất ổn định HTĐ như điện áp/tần số/góc roto, đồng thời làm quá tải các thiết bị còn lại, điện áp giảm thấp, mất đồng bộ giữa các máy phát điện, quá tải các đường dây.

- **Các biện pháp ngăn chặn:** Việc thiếu các biện pháp ngăn chặn kịp thời của các trung tâm điều độ hệ thống, sự tác động sai của thiết bị bảo vệ làm cho tình hình trở lên nghiêm trọng hơn. Sau thời quá độ, các thiết bị điều khiển thứ cấp như tác động của máy biến áp điều áp dưới tải, các bộ bảo vệ quá kích từ làm MPĐ các máy phát đã đạt đến giới hạn công suất phản kháng, làm giảm điện áp tại các nút đặt tụ bù.

- **Quá trình chia tách hệ thống:** Kết quả là điện áp tiếp tục giảm thấp, dẫn đến sụp đổ điện áp. Các MPĐ cũng sẽ bị cắt ra khi đạt giới hạn về công suất phản kháng hoặc quá tần số/kém tần số, làm

trầm trọng thêm sự mất cân bằng công suất phát/tải trong HTĐ. Điều này làm quá tải các hệ thống truyền tải và dẫn đến việc cắt hàng loạt các đường dây cũng các thiết bị khác, làm sụp đổ hệ thống

Do đó, việc mô phỏng động các thiết bị, đặc biệt là hệ thống bảo vệ MPĐ bảo vệ đường dây đóng vai trò quan trọng trong việc mô phỏng sự tan rã HTĐ cũng như đề xuất các biện pháp ngăn chặn tan rã HTĐ.

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG ĐỘNG

4.1. Giới thiệu hệ thống điện

Hệ thống điện của vùng Illi-42 nút [9], gồm các cấp điện áp 345/138 kV với 42 nút, 76 nhánh (bao gồm cả MBA), 55 phụ tải, 2 tụ đóng cắt, 7 tụ cố định, 14 MPĐ gồm: 1 MPĐ gió loại WT4G, hai MPĐ loại turbin khí, 11 MPĐ đồng bộ cực ẩn nhiệt điện. Về mô hình động gồm:

- MPĐ: loại nhiệt điện có mô hình GENROU và gió có mô hình WT4G.
- Kích từ gồm các loại: IEEET1 (EXAC1), WT4E, ESAC3A, EXST1_GE, ESAC2, EXST2 [6].
- Điều tốc turbin gồm các loại: TGOV1, IEEEG1, GAST_PTI, WSIEG1, HYGOV.
- Bảo vệ quá kích từ loại: OEL1.
- Bảo vệ MPĐ loại: GP1.
- Bảo vệ quá dòng điện có đặc tính thời gian phụ thuộc: SIMPEOC1 với các đường đặc tính: IEEE C37.112-1996 Standard.
- Tải động loại động cơ: MOTORWCL và tải hỗn hợp WSCC.

- Role sa thải phụ tải theo điện áp thấp khi điện áp nhỏ hơn 0,8 pu, thời gian sa thải 2 s, lượng tải sa thải từ 1-5% tùy mỗi bậc

Kịch bản: HTĐ làm việc ở chế độ bình thường, sau đó trong vòng 1 phút, hệ thống bị sự cố làm mất 3 đường dây 345 kV, dẫn đến ngắt hệ thống trang trại gió có công suất 500 MW.

Phần mềm mô phỏng sử dụng là chương trình Powerworld 19.

4.2. Mô phỏng chế độ làm việc xác lập

4.2.1. Xác lập trước sự cố

Ở chế độ xác lập bình thường: chỉ có 2 nút điện áp dưới ngưỡng 0,95 (pu) là nút số 5 và 24, MPĐ ở nút 42 đạt giới hạn ở mức thấp về công suất phản kháng (39 MVar trong dải từ 39-800 MVar), các tổ MPĐ ở nút 18, 19, 22 đạt giới hạn ở mức cao về công suất phản kháng, MPĐ số 22 vừa đạt giới hạn về P và Q. Chỉ có một đường dây từ nút 20-Illini345 đến nút 22-Prairie345 đang mang tải 100%, 7 đường dây mang tải từ 80-89%, 7 đường dây mang tải từ 70-79%. Mặc dù vậy HTĐ vẫn làm việc bình thường.

4.2.2. Xác lập sau sự cố

Ở đây chỉ mô phỏng khi mà đã mất ba đường dây 345 kV: 22-21, 3-22, 4-22 và nhà máy điện gió G22. Hầu hết các MPĐ đều đạt giới hạn về công suất phản kháng, ngoại trừ MPĐ ở nút 1, 35, 42).

Các nút có điện áp thấp hơn -10% khi sự cố được tổng hợp trong bảng 3.

Mặc dù vậy, bài toán trào lưu công suất vẫn hội tụ, chứng tỏ, nếu không có thiết bị

điều khiển và bảo vệ thì, hệ thống vẫn làm việc được, không có sự sụp đổ nào.

Bảng 2. Các đường dây bị quá tải sau sự cố

Từ nút	Đến nút	Mức quá tải %	Giới hạn truyền tải (MVA)
35	42	111.5	170
24	10	117.2	525
9	21	129	750
12	14	141	350
30	25	136	225

Bảng 3. Các nút có điện áp thấp sau sự cố

Nút số	Điện áp định mức (kV)	Điện áp (pu)	Điện áp (kV)
27	138	0.86715	119.667
31	138	0.86808	119.795
28	138	0.86888	119.905
24	138	0.86907	119.932
34	138	0.87185	120.316
32	138	0.87242	120.394
16	138	0.87394	120.604
29	138	0.88004	121.446
5	138	0.88071	121.538
11	138	0.88956	122.759
8	345	0.88957	306.902
20	345	0.89890	310.122

4.3. MÔ PHÒNG KHI CÓ SỰ CỐ

Kịch bản: HTĐ làm việc bình thường đến 10s, sau đó đường dây 22-21 ngắn mạch 3 pha ở giữa đường dây, 0.05 s sau, máy cắt hai đầu đường dây mở ra. Đến 25 s, các máy phát điện tại nút số 22 dừng làm mất 500 MW. Đến 40 s thì xảy ra sự cố ngắn mạch 3 pha tại đường dây 3-22, 0.05s sau, máy cắt mở hai đầu đường dây 3-22. Đến

55 s thì xảy ra sự cố ngắn mạch 3 pha tại đường dây 4-22, 0.05 s sau, máy cắt mở hai đầu đường dây 3-22.

4.3.1. Khi không có bảo vệ quá dòng điện và bảo vệ MPĐ

Các đáp ứng về tần số, điện áp một số nút như trên hình 1,4. Từ hình vẽ 1, nhận thấy: tần số hệ thống biến động khi có sự cố, giá trị thấp nhất đạt dưới 49.6 Hz, sau đó khôi phục ở giá trị lớn hơn 49.65 Hz, hệ thống ổn định tần số. Từ hình 4, nhận thấy: điện áp của các nút HTĐ biến động khi có sự cố, nhưng sau đó ổn định trở lại ở giá trị lớn hơn 0.85 pu.

4.3.2. Khi có bảo vệ quá dòng điện và bảo vệ MPĐ

Các đáp ứng về tần số, điện áp, công suất phản kháng của MPĐ như trên hình 2, 5, 6.

Từ hình 2: Nhận thấy, tần số hệ thống biến động khi có sự cố, và bị chia tách khi có sự tăng cao tần số ở giá trị 51.4 Hz ($=2.8\% > 2\%$). Các bảo vệ MPĐ đã tác động cắt khi có sự sai lệch tần số lớn hơn ngưỡng bảo vệ. Từ hình 5: nhận thấy điện áp đã bị sụp đổ ở 89 s. Từ hình 6: các MPĐ bị quá giới hạn về công suất phản kháng, và bảo vệ OEL đã tác động cắt MPĐ, dẫn đến thiếu hụt công suất tác dụng và phản kháng và dẫn đến sự tan rã HTĐ. Quá trình tác động của hệ thống điều khiển và thiết bị bảo vệ rơle được ghi lại như trong hình 7. Các bảo vệ quá dòng đã cắt các đường dây quá tải: 30-25, 12-14, 8-19, 9-21.

4.3.3. Khi hệ thống sa thải phụ tải

Nguyên lý chọn lượng tải và ngưỡng xa

thải được chọn theo [6,7]. Các đáp ứng về tần số, điện áp của HTĐ được vẽ như trên hình 3, 8. Sau khi trải qua quá trình quá độ khi sự cố, nhờ có hệ thống role sa thải phụ tải thì hệ thống ổn định và không bị tan rã. Mặc dù vậy, giá trị ngưỡng tác động thời gian tác động cần được tính toán kỹ lưỡng hơn để giảm sự dao động trong quá trình sự cố.

5. ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP NGĂN CHẶN TAN RÃ HỆ THỐNG ĐIỆN

Hệ thống điều khiển và bảo vệ đóng vai trò quan trọng trong việc vận hành HTĐ. Trong khi hệ thống điều khiển đóng vai trò duy trì lại sự cân giữa các “lực” trong HTĐ đối với những kích động nhỏ, thay đổi liên tục, mức độ chưa đến mức phá vỡ cân bằng giữa các “lực” trong HTĐ, thì hệ thống bảo vệ role được dùng để nhanh chóng loại bỏ các kích động, sự cố lớn. Thường được áp dụng khi có sự mất cân bằng lớn giữa các “lực” trong HTĐ [8].

Các kết quả nghiên cứu ở trên cũng cho thấy, việc mô phỏng chế độ xác lập hoặc mô phỏng động mà không kể đến thiết bị bảo vệ là chưa đủ để hiểu rõ được hiện tượng động và phức tạp như sự cố tan rã HTĐ. Do đó tác giả kiến nghị các biện pháp ngăn chặn sự cố tan rã HTĐ:

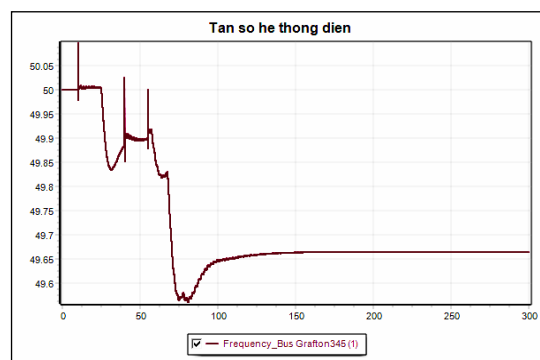
- Các thiết bị giám sát, điều khiển, bảo vệ role nên được kiểm tra thường xuyên. Nâng cao khả năng ghi nhớ, và thiết lập sự đồng bộ hóa về thời gian.
- Cần phân tích mô phỏng động các loại ổn định như tần số, góc roto, điện áp với sự có mặt của các loại role bằng các công cụ tính toán HTĐ mạnh, chính xác.

▪ Việc mô phỏng HTĐ cần được thực hiện liên tục khi có thay đổi cấu trúc lưới điện, và phải sử dụng cả role sa thải phụ tải theo tần số và điện áp.

▪ Các bài học kinh nghiệm từ những sai lầm trong quá khứ phải được nghiên cứu lại, kết hợp vào các kịch bản mới cũng như sử dụng những kinh nghiệm đã đúc kết được để giúp phát triển công nghệ mới và cải tiến cho các hệ thống điều khiển, giám sát và bảo vệ nhất là áp dụng các khái niệm mới như đo lường, giám sát, bảo vệ trên diện rộng (WAMS).

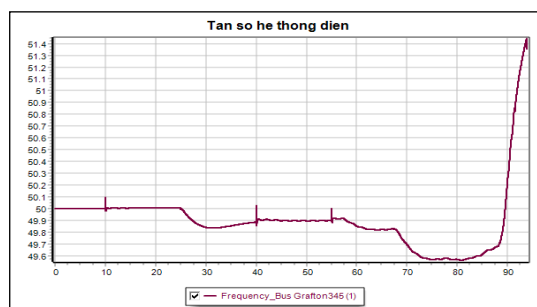
6. KẾT LUẬN

Bài báo này đã nghiên cứu và phân tích một kịch bản tan rã HTĐ lớn. HTĐ Illi-42 nút được dùng để mô phỏng sự cố tan rã HTĐ. Các kết quả cho thấy nếu chỉ nghiên cứu ở chế độ xác lập, hoặc mô phỏng động mà bỏ qua ảnh hưởng của các thiết bị bảo vệ thì có thể HTĐ sẽ không bị sụp đổ. Khi mô phỏng động có đủ hệ thống bảo vệ role gồm cả bảo vệ role cho MPĐ và đường dây thì đã mô tả chi tiết được quá trình diễn biến các sự kiện, và dẫn đến sụp đổ HTĐ.



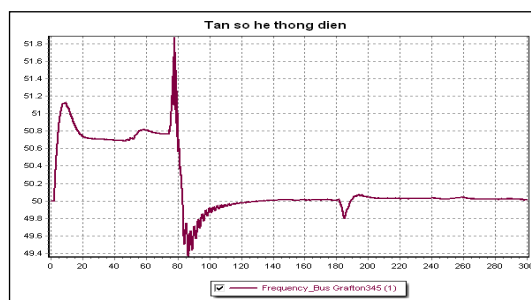
Hình 1. Tần số HTĐ khi chưa có bảo vệ role đường dây và bảo vệ MPĐ

Việc sử dụng các rơle sa thải phụ tải có tác dụng ngăn chặn tan rã HTĐ, nhưng việc lựa chọn các thông số cần được nghiên cứu chi tiết, cụ thể cho từng hệ thống, với nhiều kịch bản khác nhau.



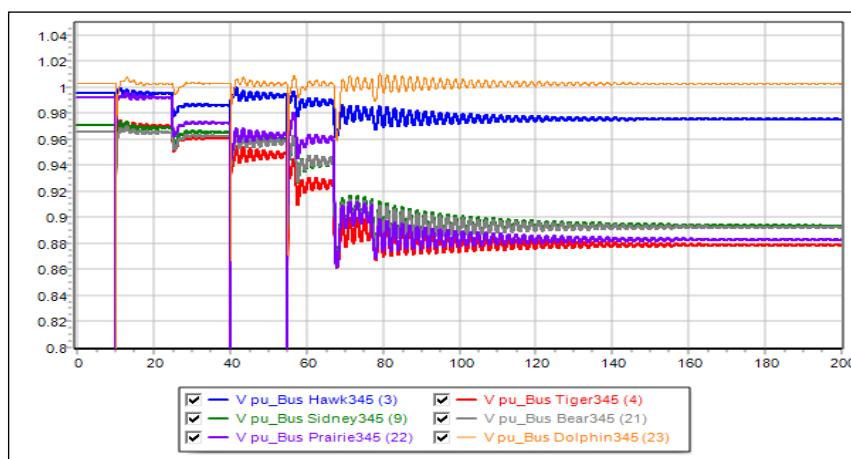
Hình 2. Tần số HTĐ khi có bảo vệ rơle đường dây và MPĐ

tác giả đề xuất các biện pháp ngăn chặn sự cố tan rã HTĐ, điều này sẽ giúp cho các kỹ sư thiết kế, vận hành hiểu được cơ chế xảy ra, từ đó đề xuất một số biện pháp mang tính định hướng chiến lược phát triển, và ngăn chặn nguy cơ tan rã HTĐ trong tương lai.

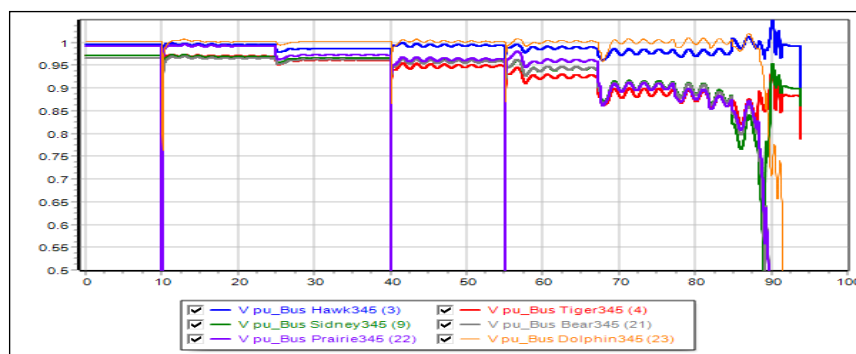


Hình 3. Công suất phản kháng một số MPĐ không có bảo vệ rơle đường dây và MPĐ

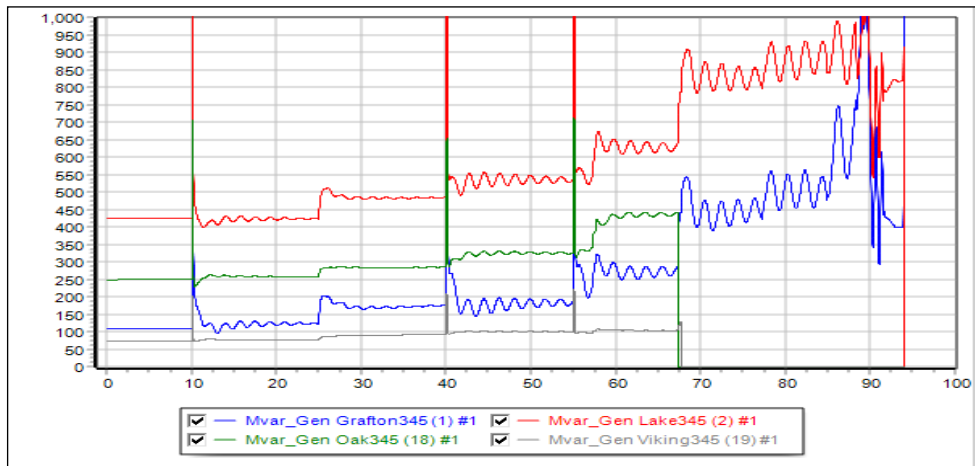
Dựa trên kết quả mô phỏng chi tiết này,



Hình 4. Điện áp một số nút trong HTĐ khi không có bảo vệ rơle đường dây và MPĐ



Hình 5. Điện áp một số nút trong HTĐ khi có bảo vệ rơle đường dây và MPĐ



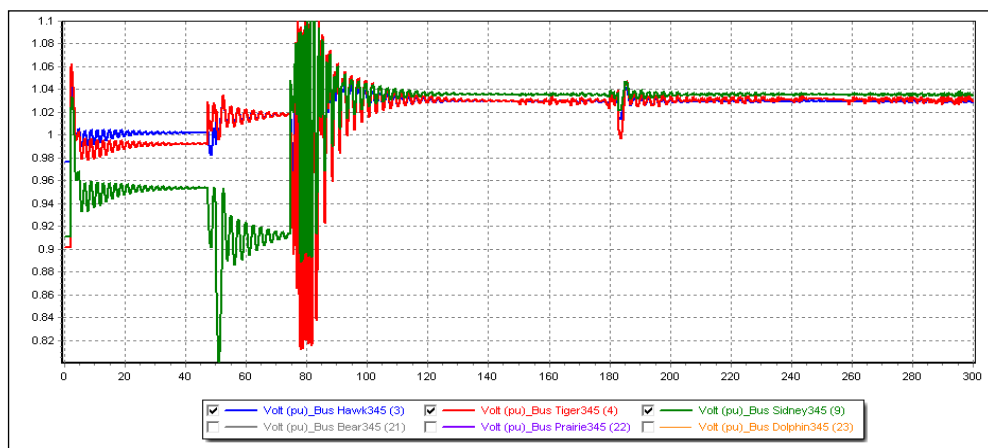
Hình 6. Công suất phản kháng một số MPD không có bảo vệ rơle đường dây và MPD

2861.5	57.2300 Gen '18' '3'	TXGenericGen	Gen Overexcitation Relay OEL1 action: Open (TripMW=200)	Relay Trip
2878.8	57.5750 Gen '18' '2'	TXGenericGen	Gen Overexcitation Relay OEL1 action: Open (TripMW=77.11)	Relay Trip
3361.8	67.2350 Gen '18' '1'	TXGenericGen	Gen Overexcitation Relay OEL1 action: Open (TripMW=400)	Relay Trip
3379.2	67.5850 Gen '19' '3'	TXGenericGen	Gen Overexcitation Relay OEL1 action: Open (TripMW=177)	Relay Trip
3380.7	67.6150 Gen '19' '1'	TXGenericGen	Gen Overexcitation Relay OEL1 action: Open (TripMW=178)	Relay Trip
3862.0	77.2400 Gen '19' '2'	TXGenericGen	Gen Overexcitation Relay OEL1 action: Open (TripMW=162)	Relay Trip
4086.5	81.7300 Branch '30' '25' '1'	TXLine	Line Relay SIMPLEOC1 action: Open	Relay Trip
4238.5	84.7700 Branch '12' '14' '1'	TXLine	Line Relay SIMPLEOC1 action: Open	Relay Trip
4414.8	88.2950 Branch '8' '18' '1'	TXLine	Line Relay SIMPLEOC1 action: Open	Relay Trip
4461.3	89.2250 Branch '9' '21' '1'	TXLine	Line Relay SIMPLEOC1 action: Open	Relay Trip

4468.3	89.3650 Gen '18' '1'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Under Voltage) action: OpenNot In-service	Error
4468.3	89.3650 Gen '18' '2'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Under Voltage) action: OpenNot In-service	Error
4468.3	89.3650 Gen '18' '3'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Under Voltage) action: OpenNot In-service	Error
4482.3	89.6450 Gen '22' '1'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Under Voltage) action: OpenNot In-service	Error
4497.0	89.9400 Gen '19' '1'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Under Voltage) action: OpenNot In-service	Error
4497.0	89.9400 Gen '19' '2'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Under Voltage) action: OpenNot In-service	Error
4497.0	89.9400 Gen '19' '3'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Under Voltage) action: OpenNot In-service	Error

4572.8	91.4550 Gen '23' '1'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Under Voltage) action: Open (TripMW=505)	Relay Trip
4572.8	91.4550 Gen '23' '2'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Under Voltage) action: Open (TripMW=505)	Relay Trip
4691.5	93.8300 Gen '35' '1'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Over Frequency) action: Open (TripMW= 1100)	Relay Trip
4691.8	93.8350 Gen '2' '1'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Over Frequency) action: Open (TripMW= 1520)	Relay Trip
4691.8	93.8350 Gen '2' '2'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Over Frequency) action: Open (TripMW= 1520)	Relay Trip
4692.3	93.8450 Gen '1' '1'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Over Frequency) action: Open (TripMW= 2265)	Relay Trip
4692.3	93.8450 Gen '42' '1'	TXGenericGen	Gen Relay GP1 (Over Frequency) action: Open (TripMW= 1650)	Relay Trip
4692.3	93.8450 Bus '1'	Bus	Topology Processing Open	Info

Hình 7. Sự tác động của hệ thống bảo vệ rơle



Hình 8. Điện áp một số nút khi có rơle sa thải theo điện áp thấp

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Prabha Kundur, *Power System Stability and Control*. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [2] Carson. W. Taylor, *Power System Voltage Stability*. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [3] T.V. Cutsem, "Voltage Instability: Phenomena, Countermeasures, and Analysis Methods," *Proceeding of the IEEE*, vol. 88, February 2000.
- [4] C.W. Taylor, "Concepts of Undervoltage Load Shedding for Voltage Stability," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 7, no 2, pp. 480-488, April 1992.
- [5] T.V. Cutsem, "An Approach to Corrective Control of Voltage Instability Using Simulation and Sensitivities," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 10, no 2, pp. 616-622, May 1995.
- [6] IEEE Std 421.5™-2005, "IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies", 2005.
- [7] IEEE Std C37.102-1995, "IEEE Guide for AC Generator Protection", 1995.
- [8] Dang-Toan Nguyen "Contributions à l'analyse et à la prévention des blackouts de réseaux électriques" PhD thesis - France 2008.
- [9] Illinois Center for a Smarter Electric Grid (ICSEG), <http://icseg.itl.illinois.edu/illini-42-tornado/>

Giới thiệu tác giả:



Tác giả **Nguyễn Đăng Toàn** tốt nghiệp 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 năm 2008 tại Grenoble - INP - Pháp. TS Nguyễn Đăng Toàn hiện đang công tác tại Khoa Kỹ thuật điện - Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: ổn định hệ thống điện, HVDC/FACTS, năng lượng mới.