

# PHÂN TÍCH HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG ROLE BẢO VỆ MÁY PHÁT CÔNG SUẤT NHỎ TRONG QUÁ TRÌNH KHỞI ĐỘNG ĐEN

TS. Nguyễn Xuân Tùng, TS. Nguyễn Đức Huy,  
TS. Nguyễn Xuân Hoàng Việt  
Viện Điện – Đại học Bách khoa Hà Nội  
ThS. Lê Việt Hùng, ThS. Ngô Thị Thanh Nga,  
ThS. Vũ Tuấn Anh, KS. Hoàng Minh Dự  
Viện Thủy điện và Năng lượng tái tạo

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả phân tích về hoạt động của hệ thống role bảo vệ cho máy phát thủy điện nhỏ trong quá trình khởi động đen; lưới điện vận hành ở trạng thái tách đảo, cô lập. Vấn đề cần quan tâm khi hệ thống vận hành cô lập là công suất ngắn mạch giảm thấp và ảnh hưởng tới độ nhạy của các role bảo vệ. Bài báo đi sâu nghiên cứu các ảnh hưởng này đối với hệ thống role bảo vệ cho máy phát và đề xuất các giải pháp cần thực hiện nhằm đảm bảo sự làm việc tin cậy của hệ thống role, cũng như đảm bảo bảo vệ tốt máy phát trong quá trình khởi động đen. Kết quả nghiên cứu được áp dụng để phân tích hệ thống role bảo vệ cho máy phát của nhà máy thủy điện nhỏ Suối Tân với nhiều kịch bản khởi động đen khác nhau.

**Từ khóa:** role bảo vệ, máy phát điện, công suất nhỏ, vận hành tách đảo, khởi động đen.

**Summary:** This paper introduces analysis results regarding the operation of protective relaying system of small generator during black start process; network is being in an islanding state. During islanding operation, the short circuit capacity of source may reduce significantly and it may lead to reduction in sensitivity of protective relay systems. The paper focuses on impact of islanding operation mode to the operation of relay protection system for small generator and proposes solutions in order to overcome those drawbacks. The results of analysis are applied to investigate the relay protection system of small generators at Suoi Tan hydro power plant with various black starting scenarios.

**Keywords:** protective relaying systems, generator, small sized generator, islanding operation, black start.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với ưu thế phân bố rộng khắp của mạng lưới thủy điện nhỏ ở khu vực nông thôn và miền núi, khi hệ thống điện bị sự cố do thiên tai, tổ máy thủy điện nhỏ có khả năng tự khôi phục khởi động lại nhanh và cung cấp nguồn điện trở lại, đóng vai trò chủ động và phát huy hiệu quả trong điều kiện khẩn cấp.

Việc vận hành mạng lưới điện độc lập phụ thuộc việc phát triển hệ thống nguồn tại địa phương và các vùng lân cận. Thậm chí khi nguồn lưới điện quốc gia bị ngắt, mạng lưới điện địa phương dựa vào thủy điện nhỏ và năng lượng tái tạo vẫn có thể vận hành độc lập, đảm bảo đời sống dân sinh và các hoạt động quan trọng khác.

Một trong các vấn đề cần chú ý khi thiết lập kịch bản khởi động đen các tổ máy thủy điện là việc cần phải xem xét lại hệ thống role bảo vệ để đảm bảo độ tin cậy của hệ thống này. Lý do cần xem xét lại là do các chức năng bảo vệ

Người phân biên: TS. Nguyễn Minh Việt  
Ngày nhận bài: 10/11/2014  
Ngày thông qua phân biên: 06/2/2015  
Ngày duyệt đăng: 05/6/2015

được sử dụng cho máy phát và các giá trị chỉnh định dựa trên dựa trên giả thiết nhà máy vận hành kết nối với hệ thống điện quốc gia. Trong chế độ nhà máy vận hành độc lập khi khởi động đen, chỉ cấp điện cho một số phụ tải lân cận (islanding operation), rất có thể các hệ thống bảo vệ này sẽ không đảm bảo hoạt động đúng như đã được thiết kế do sự thay đổi của công suất ngắn mạch, chiều dòng công suất và nhiều yếu tố khác. Do đó cần có các tính toán thay đổi giá trị cài đặt cho các bảo vệ này hoặc bổ sung thêm các chức năng bảo vệ khác nếu cần. Bài báo sẽ đi sâu nghiên cứu hệ thống rơle bảo vệ cho tổ máy thủy điện nhỏ của nhà máy thủy điện Suối Tân (1) khi vận hành ở chế độ tách đảo trong quá trình khởi động đen, đề xuất các chức năng bảo vệ cần cài đặt thêm và giá trị chỉnh định tương ứng. Mô hình nghiên cứu hoàn toàn có thể áp dụng cho các hệ thống có khả năng vận hành tách đảo tương tự khác.

## II. CÁC VẤN ĐỀ PHÁT SINH VỚI HỆ THỐNG RƠLE BẢO VỆ MÁY PHÁT CÔNG SUẤT NHỎ KHI VẬN HÀNH Ở CHẾ ĐỘ TÁCH ĐẢO

### 2.1. Các bảo vệ thường đặt cho máy phát có công suất nhỏ (<5MVA)

Với các máy phát công suất nhỏ (các nguồn phân tán) thì hệ thống bảo vệ thường đơn giản để đảm bảo cân bằng về mặt chi phí đầu tư. Các bảo vệ thường được sử dụng cho các loại máy phát này bao gồm(2):

- Bảo vệ chống chạm đất 90% cuộn dây stato
- Bảo vệ quá dòng điện
- Bảo vệ chống quá tải cuộn dây stato
- Bảo vệ chống quá điện áp/thấp áp
- Bảo vệ chống luồng công suất ngược
- Bảo vệ tần số cao/thấp
- Ngoài ra có thể tùy chọn đặt thêm bảo vệ phát hiện chạm đất cuộn dây roto và bảo vệ chống thấp kích từ.

### 2.2 Bảo vệ chống chạm đất 90% cuộn dây stato (64, 59N)

Bảo vệ chống chạm đất 90% cuộn dây stato sử dụng để phát hiện các hiện tượng chạm vỏ của cuộn dây stato. Bảo vệ chống chạm đất 90% cuộn dây stato loại đơn giản có thể sử dụng phương pháp đo dòng điện/ điện áp thứ tự không(64, 59N).

Bảo vệ này thường được cài đặt với giá trị khởi động lớn hơn giá trị dòng/áp không cân bằng xuất hiện do sai số của BU, BI đo lường hoặc do mức độ mất đối xứng của điện áp trong vận hành. Vì vậy khi hoạt động tách đảo hoặc trong quá trình khởi động đen không cần chỉnh lại chức năng này.

### 2.3. Bảo vệ quá dòng điện (51)

Chức năng bảo vệ quá dòng (51) thường được trang bị như bảo vệ dự phòng cho các máy phát điện công suất cỡ lớn, cỡ vừa và là bảo vệ chính cho các máy phát công suất nhỏ.

Nguồn cấp cho kích từ thường được lấy trực tiếp từ đầu cực máy phát, với máy phát có nối lưới thì nguồn cấp cho kích từ này tương đối ổn định kể cả trong chế độ ngắn mạch gần. Tuy nhiên với máy phát hoạt động ở chế độ tách đảo thì khi xảy ra ngắn mạch gần có thể làm điện áp đầu cực giảm thấp và làm giảm công suất cấp cho hệ thống kích từ. Hệ quả của việc này là dòng điện ngắn mạch có thể tăng lên ở giai đoạn đầu tuy nhiên sau đó sẽ giảm mạnh và làm giảm độ nhạy của bảo vệ. Do bảo vệ quá dòng thường là loại có thời gian trễ nên hiện tượng này chắc chắn sẽ ảnh hưởng tới sự làm việc của bảo vệ. Do vậy chức năng này cần xem xét lại khi máy phát vận hành tách đảo.

### 2.3. Bảo vệ chống chạm đất cuộn dây roto (64R)

Cuộn kích từ của máy phát sử dụng điện một chiều (DC), do đó khi xảy ra chạm đất một điểm cuộn roto sẽ không gây nguy hiểm tức thời tới vận hành. Tuy nhiên, khi đã có điểm chạm đất thứ nhất thì cũng rất dễ xảy ra chạm

đất diêm thứ hai, và khi chạm đất diêm thứ hai xảy ra sẽ nối tắt một số vòng dây cuộn roto. Sự cố đó sẽ làm từ trường phân bố không đều, gây rung và phát nhiệt.

Bảo vệ này không bị ảnh hưởng bởi chế độ vận hành của máy phát, do đó không cần phải tính toán chỉnh định lại khi máy phát hoạt động tách đảo.

#### 2.4. Bảo vệ chống thấp kích từ (40)

Khi máy phát làm việc ở trạng thái thấp kích từ, máy phát dễ rơi vào trạng thái bị trượt cực từ, dẫn tới dao động và có thể mất ổn định. Bảo vệ chống thấp kích từ được chỉnh định dựa theo khả năng nhận/ phát công suất phản kháng của máy phát và điều kiện vận hành ổn định.

Khi máy phát hoạt động ở chế độ tách đảo, từ trường hợp trong lưới cô lập có các tải điện dung quá lớn hoặc đường cáp dài làm tăng điện áp đầu cực máy phát và máy phát có thể phải giảm thấp kích từ, còn lại máy phát đều vận hành ở trạng thái phát công suất phản kháng cho phụ tải. Do đó chức năng bảo vệ chống thấp kích từ không cần phải chỉnh định lại.

#### 2.5. Bảo vệ chống quá kích từ

Bảo vệ chống quá kích từ thường không đặt với các máy phát nhỏ do khi hoạt động nối lưới các máy phát này đều vận hành ở chế độ phát công suất không đổi hoặc giữ hệ số công suất cosphi không đổi, điện áp là do phía hệ thống quyết định.

Tuy nhiên, khi máy phát hoạt động ở trạng thái tách đảo, máy phát phải đảm nhiệm hoàn toàn việc duy trì điện áp, thêm vào đó công suất của máy phát thường chỉ đủ cung cấp cho phụ tải, ít có dự trữ. Do đó chỉ cần biến động của phụ tải (ví dụ các động cơ lớn khởi động) làm sụt điện áp thì máy phát bắt buộc phải nâng kích từ để giữ điện áp và có thể rơi vào trạng thái quá tải mạch kích từ.

Thông thường các bộ tự động điều khiển kích từ đều có chức năng hạn chế dòng kích từ cực đại để tránh quá tải, do đó chức năng này nên được kích hoạt trong mọi chế độ vận hành.

#### 2.6 Bảo vệ chống quá điện áp (59)

Bảo vệ chống quá điện áp nhằm bảo vệ máy phát khỏi bị hư hỏng khi điện áp máy phát tăng quá cao. Nguyên nhân gây quá áp có thể do hư hỏng phần điều khiển mạch kích từ hoặc do cắt tải đột ngột.

Khi máy phát nhỏ hoạt động nối lưới, điện áp do phía hệ thống quyết định, do đó vấn đề áp quá đột ngột do cắt tải thường ít xảy ra. Tuy nhiên, nếu máy phát hoạt động tách đảo thì hiện tượng quá áp do cắt tải hoàn toàn có thể xảy ra và do vậy chức năng bảo vệ này là cần thiết. Đặc tính làm việc của bảo vệ nên chọn loại có nhiều cấp độ cắt tùy theo mức độ quá áp.

#### 2.7 Bảo vệ chống thấp điện áp (27)

Bảo vệ chống thấp điện áp thường không cần đặt đối với các máy phát nhỏ do các loại máy phát này thường vận hành ở chế độ phát công suất không đổi hoặc chế độ phát giữ hệ số công suất không đổi.

Tuy nhiên khi máy phát hoạt động tách đảo, vận hành ở chế độ điều chỉnh điện áp ổn định, nếu xảy ra thấp áp thì hệ thống kích từ bắt buộc phải tăng dòng kích từ để duy trì điện áp và có thể làm mạch kích từ bị quá tải. Bảo vệ này là cần thiết để ngăn ngừa các hiện tượng như vậy xảy ra.

Chức năng bảo vệ chống thấp áp (27) nên được chỉnh định phối hợp với chức năng bảo vệ chống quá kích từ, đảm bảo rằng chức năng chống thấp áp hoạt động trước chức năng bảo vệ chống thấp kích từ.

#### 2.8 Bảo vệ tần số cao/ tần số thấp (81O/81U)

Bảo vệ tần số cao sử dụng để chống lại hiện tượng quá tốc độ khi cắt tải lớn đột ngột hoặc khi có hư hỏng trong phần điều tốc. Vượt tốc 150% khi mất tải là hoàn toàn có thể xảy ra

với các tổ máy thủy điện nhỏ do quán tính nhỏ. Một lý do khác nữa là các tổ máy thủy điện thường hay gặp hiện tượng quá tần số do thời gian đáp ứng của toàn bộ hệ thống điều khiển (bao gồm cả hệ thống thủy lực và các cửa nhận nước) chậm.

Bảo vệ tần số thấp để tránh máy phát rơi vào trạng thái làm việc lâu dài với tần số thấp hơn qui định, có thể gây ra các hiện tượng cộng hưởng về mặt cơ khí (các máy phát thủy điện thường không bị ảnh hưởng về mặt cộng hưởng khi tần số thấp) hoặc làm giảm năng suất của các thiết bị máy móc.

Khi máy phát hoạt động tách đảo, các dao động tần số diễn ra trong khoảng thời gian kéo dài do các bộ điều tốc có thời gian phản ứng chậm. Do vậy, các chức năng này nên được chỉnh định với thời gian trễ dài hơn đảm bảo cho các bộ điều tốc của máy phát có đủ thời gian để tự điều chỉnh về trạng thái làm việc ổn định lâu dài, tránh cắt ngay máy phát, gây mất điện toàn bộ lưới điện đã tách đảo.

Giá trị chỉnh định cụ thể nên căn cứ theo khả năng điều chỉnh của máy phát, các kích bản đóng tải để xác định mức độ và thời gian dao động tần số lớn nhất có thể xảy ra.

Chức năng bảo vệ này nên được phối hợp chặt chẽ với chức năng sa thải phụ tải.

### III. CÁC GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC ĐỀ XUẤT

#### 3.1. Cơ sở của đề xuất

Qua phân tích có thể thấy rằng đối với máy phát nhỏ khi máy phát vận hành ở chế độ tách đảo thì cần xem xét chỉnh định lại hoặc bổ sung thêm chức năng cho các bảo vệ sau:

- Chức năng bảo vệ quá dòng: có thể không đủ độ nhạy với các sự cố ngắn mạch gần

Giải pháp được đề xuất là sử dụng chức năng bảo vệ quá dòng kết hợp với khóa hoặc hãm điện áp thấp. Ngoài ra kích hoạt thêm chức năng bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch để tăng độ nhạy của bảo vệ với các sự cố không đối xứng.

Giải pháp khác khi điều kiện kỹ thuật cho phép là sử dụng sơ đồ đấu nối theo phương thức bảo vệ so lệch đơn giản kiểu cộng từ thông.

Chi tiết của các giải pháp này sẽ được trình bày ở các mục tiếp sau.

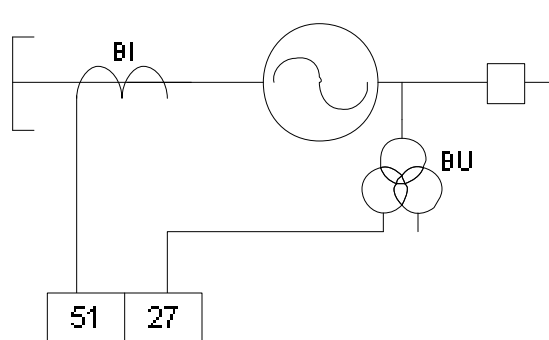
- Chức năng bảo vệ chống luồng công suất ngược (32R) không còn tác dụng, do đó không phát hiện được hiện tượng mất nguồn năng lượng sơ cấp quay tuabin (3).

- Chức năng bảo vệ theo tần số: cần được chỉnh định lại với thời gian làm việc dài hơn để phù hợp với khả năng đáp ứng của bộ điều tốc hiện có và đảm bảo phối hợp với đặc tính vận hành cho phép của tuabin.

#### 3.2. Sử dụng bảo vệ quá dòng có khóa/hãm điện áp thấp

##### 3.2.1 Bảo vệ quá dòng kết hợp với khóa điện áp thấp (51&27)

Bảo vệ quá dòng có khóa điện áp thấp (51&27) (Hình 1) cho phép chỉnh định dòng điện khởi động thấp hơn đã có role điện áp thấp (27) làm nhiệm vụ xác định trạng thái sự cố và quá tải, do dòng khởi động thấp nên bảo vệ có độ nhạy cao hơn.



Hình 1. Bảo vệ quá dòng kết hợp khóa điện áp thấp (51 & 27)

Chức năng này không yêu cầu phải có role chuyên dụng, tiếp điểm đầu ra của phần tử điện áp thấp có thể được nối tiếp với tiếp điểm đầu ra của chức năng bảo vệ quá dòng hiện có.

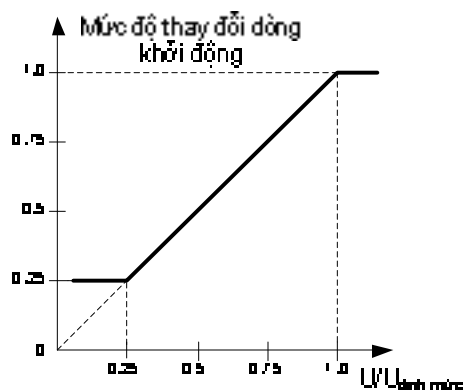
Phương thức này phù hợp với máy phát của thủy điện Suối Tân (1) do role bảo vệ được sử dụng tại đây là loại bảo vệ quá dòng đơn giản. Tuy nhiên cần chú ý để thay đổi phương thức đấu nối của role giám sát mạch cắt (74) để tránh báo nhầm.

Các giá trị chỉnh định (theo khuyến cáo của Siemens (2)):

- Dòng điện khởi động  $1,4 \cdot I_{\text{định mức của máy phát}}$
- Điện áp khởi động của role điện áp thấp:  $0,8 \cdot U_{\text{định mức}}$

### 3.2.2 Bảo vệ quá dòng với hãm điện áp thấp (51V)

Bảo vệ quá dòng có hãm theo điện áp thấp (51V) hoạt động dựa theo nguyên lý: dòng điện khởi động tự động thay đổi theo điện áp đầu cực máy phát. Khi điện áp giảm thấp, dòng điện khởi động sẽ tự hạ thấp đảm bảo cho bảo vệ quá dòng có đủ độ nhạy. Đặc tính làm việc của một role quá dòng có hãm điện áp thông dụng được trình bày trên Hình 2.



Hình 2. Bảo vệ quá dòng với hãm điện áp thấp (51V)

Chức năng bảo vệ này có ưu điểm là thích nghi tốt với mọi trạng thái vận hành của máy phát, tuy nhiên cần role chuyên dụng do đó khó có khả năng áp dụng đối với máy phát của nhà máy thủy điện Suối Tân.

### 3.3. Sử dụng bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch (46)

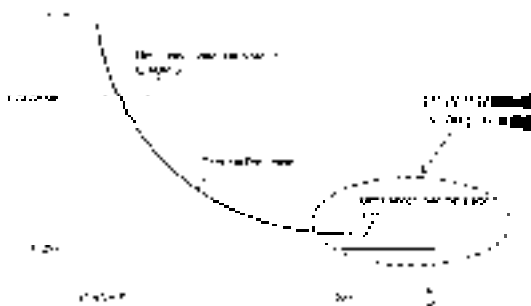
Bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch có hiệu quả đặc biệt đối với các máy phát hoạt động tách đảo như trường hợp tổ máy của nhà máy thủy điện

Suối Tân. Do đó có thể xem xét kích hoạt chức năng này do các lý do sau

- Chức năng bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch được trang bị sẵn trong các role quá dòng
- Dòng điện ngắn mạch với sự cố không đối xứng có thể thấp (thậm chí nhỏ hơn dòng tải lớn nhất) và các role quá dòng pha thông thường không đủ độ nhạy để phát hiện.
- Trong lưới điện nhỏ cô lập, khả năng xảy ra hiện tượng vận hành với tải không cân bằng là dễ xảy ra, tải không cân bằng sẽ gây ảnh hưởng trực tiếp tới máy phát (gây phát nóng hơn bình thường rung động trong quá trình vận hành).

Như vậy chức năng bảo vệ theo dòng thứ tự nghịch nên đặt với đặc tính thời gian phụ thuộc (Hình 3), nếu mức độ mất cân bằng nhỏ ứng với trạng thái vận hành bình thường hoặc quá tải thì thời gian cắt kéo dài, nếu mức độ mất cân bằng lớn ứng với trường hợp sự cố không đối xứng thì ngược lại thời gian cắt phải ngắn.

Dòng khởi động: thường đặt lớn hơn mức độ không đối xứng của dòng điện trong quá trình vận hành. Dải cài đặt có thể dao động từ  $(0,1 \div 0,3) \cdot I_{\text{định mức của BI}}$ . Tuy nhiên, với máy phát vận hành tách đảo thì mức độ không đối xứng có thể lớn nên có thể chọn giá trị cài đặt là  $0,3 \cdot I_{\text{định mức của BI}}$ .



Hình 3. Bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch với đặc tính thời gian phụ thuộc

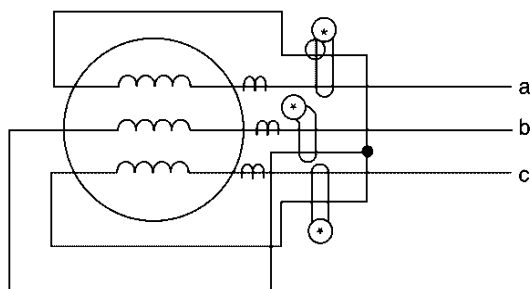
### 3.4. Sử dụng bảo vệ so lệch theo nguyên lý tổng từ thông đơn giản

Với các máy phát nhỏ, khi tiết diện dây quấn cuộn stato nhỏ, có thể xem xét phương án đặt bảo vệ so lệch theo nguyên lý tổng từ thông (Hình 4). Phương án này khá phù hợp với nhà máy thủy điện Suối Tân khi xem xét các yếu tố sau:

- Bảo vệ so lệch sẽ có độ nhạy cao hơn với các sự cố so với bảo vệ quá dòng thông thường.
- Do chỉ sử dụng một BI cho mỗi pha nên loại trừ được dòng cân bằng sinh ra do sai số của BI dẫn tới bảo vệ có độ nhạy cao. Phương án này còn có thể bảo vệ được cả sự cố chạm đất nếu dòng chạm đất đủ lớn.
- Thời gian làm việc có thể đặt xấp xỉ 0 giây, không cần phối hợp với các bảo vệ khác.
- Không yêu cầu lắp đặt thêm role, chỉ cần sử dụng chức năng bảo vệ quá dòng có sẵn, do vậy không cần đầu tư thêm về mặt role.

Tuy nhiên khi sử dụng phương án bảo vệ này cũng có một số vấn đề cần quan tâm:

- Cần có BI với đường kính lõi từ đủ lớn để dây quấn có thể lồng 2 lần qua lõi từ.
- Không có khả năng làm bảo vệ dự phòng cho máy biến áp đầu cực. Tuy nhiên máy biến áp đầu cực đã được bảo vệ bằng bảo vệ so lệch và bảo vệ quá dòng dự phòng nên không cần bảo vệ dự phòng từ phía máy phát.



Hình 4. Bảo vệ so lệch theo nguyên lý cộng từ thông sử dụng bảo vệ quá dòng

Về phần cài đặt chỉnh định: Dòng khởi động của chức năng bảo vệ so lệch theo kiểu cộng

từ thông có thể đặt thấp do không bị ảnh hưởng bởi sai số của các BI. Để nâng cao độ nhạy của bảo vệ có thể đặt giá trị này ở mức  $0,2 \cdot I_{\text{định mức BI}}$ . Thời gian làm việc của bảo vệ đặt khoảng 50ms để tránh tác động nhầm do các dao động quá độ.

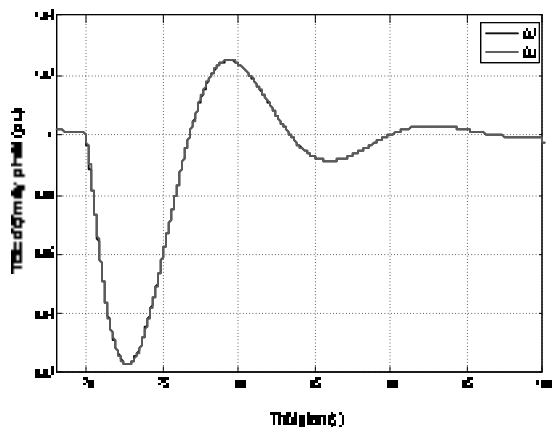
### 3.5. Chức năng bảo vệ theo tần số

Với các máy phát vận hành ở chế độ tách đảo thì chức năng bảo vệ chống luồng công suất ngược không còn tác dụng, do đó sẽ không phát hiện được hiện tượng mất nguồn năng lượng sơ cấp. Do đó bảo vệ theo tần số thấp là cần thiết trong các trường hợp này, bảo vệ theo tần số thấp sẽ phát hiện hiện tượng tần số giảm quá thấp do mất năng lượng sơ cấp vào tuabin. Sự cần thiết của chức năng bảo vệ tần số cao đã được diễn giải ở các phần trên.

Giá trị chỉnh định cho chức năng bảo vệ theo tần số khi vận hành tách đảo không bị ràng buộc bởi điều kiện vận hành ổn định như khi kết nối lưới, nên có thể dựa theo các ngưỡng làm việc/thời gian cho phép của tuabin. Điều này có thể dẫn tới tần số nằm ở ngưỡng cao/thấp trong một thời gian dài hơn, với mức độ thay đổi cho phép lớn hơn so với khi hoạt động nối lưới. Tuy nhiên do nhà máy thủy điện Suối Tân cung cấp chỉ cho các phụ tải dân sinh (không phải phụ tải công nghiệp) nên vấn đề này cũng không gây ảnh hưởng nhiều tới tải.

Chức năng bảo vệ theo tần số còn quyết định tới độ lớn của các nhóm tải được đóng vào khi vận hành cô lập và trong quá trình khôi phục cấp điện, do đó nên được kiểm tra thông qua mô phỏng

Kết quả mô phỏng với các bước đóng tải khác nhau và trong trường hợp tần số xuống thấp nhất, hệ thống vẫn có khả năng hồi phục về định mức được thể hiện trong Hình 5.



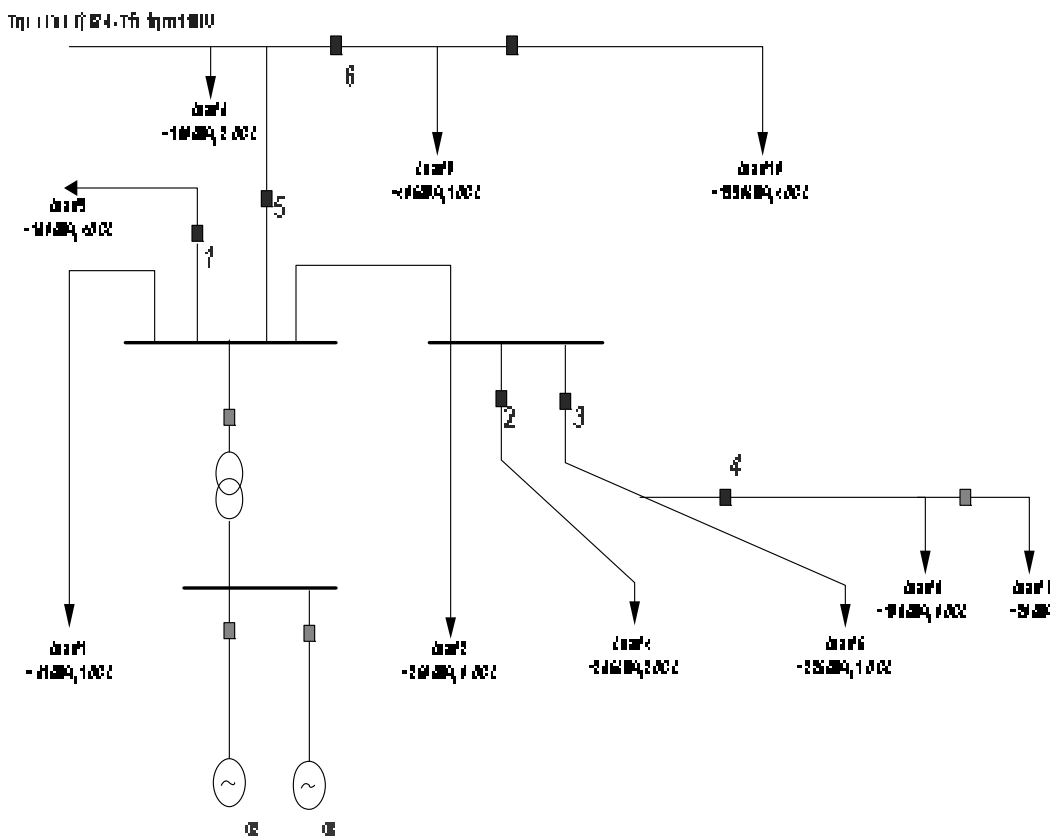
Hình 5. Đáp ứng tần số trong trường hợp cực đoan nhất

Qua mô phỏng có thể thấy rằng đáp ứng tần số của hệ thống là chấp nhận được, mức độ dao động tần số không thấp hơn 46Hz và mức này duy trì chỉ trong khoảng dưới 5 giây.

So sánh kết quả này với các thông số vận hành cho phép của tuabin thủy điện có thể thấy rằng cài đặt rơle tần số theo thông số vận hành cho phép của tuabin hoàn toàn đảm bảo để máy phát vận hành ổn định trong quá trình khôi phục lại tải.

Thông số mô phỏng của máy phát nhà máy thủy điện Suối Tân ứng với kịch bản đóng tải gây sụt giảm tần số lớn nhất:

- Sơ đồ kết lưới



Hình 6. Sơ đồ kết lưới trong trường hợp gây sụt giảm tần số lớn nhất khi đóng tải

Số lượng máy phát

Chỉ có 02 máy phát vận hành, gồm tổ máy G2 (1000kW) và G3 (500kW) (tổ máy G1 có thông số tương tự với G2).

- Các tham số của máy phát, bộ điều tốc, kích từ được sử dụng dựa trên số liệu thu thập và các số liệu điển hình của mô hình thiết bị. Cụ thể như sau

- Máy phát 1MW:  $P_{dm} = 1MW$ ,  $U_{dm} = 6.3$  kV,  $H = 2(s)$ ;  $X_d = 1.014$ ;  $X_d' = 0.314$ ;  $X_d'' = 0.28$ ;  $T_{do}' = 6.55$ ;  $T_{do}'' = 0.039$ ;  $X_q = 0.77$ ;  $X_q' = 0.375$ ;  $T_{qo}'' = 0.071$ ;  $R = 0.005176$ ;  $\cos\varphi = 0.9$ ;

- Máy phát 500kW:  $P_{dm} = 500kW$ ,  $U_{dm} = 6.3$  kV,  $H = 2(s)$ ;  $X_d = 1.014$ ;  $X_d' = 0.314$ ;  $X_d'' = 0.28$ ;  $T_{do}' = 6.55$ ;  $T_{do}'' = 0.039$ ;  $X_q = 0.77$ ;  $X_q' = 0.375$ ;  $T_{qo}'' = 0.071$ ;  $R = 0.005176$ ;  $\cos\varphi = 0.9$ ;

- Bộ điều tốc các máy phát được mô hình hóa bằng bộ điều tốc PID (mô hình Gov2 của phần mềm PSCAD). Máy phát G3 được chọn làm tổ máy điều tần, máy phát 1 và 2 tham gia điều tần cấp I với độ dốc bằng 4%.

- Hệ thống kích từ của cả 3 máy phát dựa trên mô hình AC4A.

#### 4. KẾT LUẬN

Các tổ máy thủy điện nhỏ có khả năng linh động cao trong quá trình khởi động đen, khôi phục cấp điện sau sự cố lớn đối với hệ thống do thiên tai hoặc các yếu tố bất thường khác gây ra. Tuy nhiên quá trình khởi động đen đồng nghĩa với việc tổ máy sẽ vận hành ở chế độ tách đảo và sẽ làm ảnh hưởng đến sự làm việc của hệ thống bảo vệ rơle sẵn có của các máy phát này. Mức độ ảnh hưởng thể hiện trên nhiều mặt như giảm độ nhạy của các bảo vệ quá dòng, vô hiệu hóa chức năng bảo vệ chống luồng công suất ngược, dao động tần số và điện áp sẽ lớn hơn so với khi vận hành kết nối lưới.

Dựa vào các phân tích trên và thực tế là các tổ

máy nhỏ như ở nhà máy thủy điện Suối Tân chỉ được trang bị các bảo vệ đơn giản như bảo vệ quá dòng làm bảo vệ chính, bài báo đã đề xuất giải pháp để nâng cao hiệu quả của hệ thống bảo vệ rơle hiện có. Các giải pháp này cho phép tận dụng các rơle sẵn có, giảm chi phí đầu tư và có thể thực hiện được ngay. Ngoài giải pháp về mặt chức năng bảo vệ, bài báo còn đề xuất các giá trị chỉnh định khuyến cáo cho các chức năng này. Các phân tích trong bài báo dựa trên cơ sở của nhà máy thủy điện Suối Tân trong trường hợp vận hành tách đảo với nhiều kịch bản khác nhau, tuy nhiên hoàn toàn có thể áp dụng cho các nhà máy khác với cấu hình tương tự.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] **Nhà thầu cung cấp.** Tài liệu tham khảo về hệ thống rơle bảo vệ tại nhà máy thủy điện Suối Tân.
- [2] **Siemens.** Protection of a Medium-Size d Generator up to 5 MW. [Online] [http://www.energy.siemens.com/ecc\\_pool/SIPROTEC\\_Applications/ea8d53e9-920c-46b7-af5d-f8e52a919329/Apl\\_21\\_Medium\\_sized\\_Generator\\_Protection\\_en.pdf](http://www.energy.siemens.com/ecc_pool/SIPROTEC_Applications/ea8d53e9-920c-46b7-af5d-f8e52a919329/Apl_21_Medium_sized_Generator_Protection_en.pdf).
- [3] **J. Lewis Blackburn, Thomas J. Domin.** *Protective relay principle and application*. s.l. : CRC Press, 2006