

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

LÊ VĂN NGÂN

**XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM RƠLE
BẢO VỆ TRONG TRẠM BIẾN ÁP TỰ ĐỘNG HÓA
SỬ DỤNG GIAO THỨC IEC 61850**

Chuyên ngành: Mạng và Hệ thống điện
Mã số: 60.52.50

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng – Năm 2013

Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. LÊ KIM HÙNG

Phản biện 1: TS. NGUYỄN HỮU HIẾU

Phản biện 2: TS. NGUYỄN XUÂN HOÀNG VIỆT

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 25 tháng 05 năm 2013.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin-Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Trong hệ thống điện, hệ thống bảo vệ role đóng một vai trò quan trọng, nó đóng góp một phần rất lớn trong việc đảm bảo an toàn cung cấp điện của hệ thống, của thiết bị và con người trong quá trình sản xuất, truyền tải phân phối và tiêu thụ điện năng. Công tác thí nghiệm hiệu chỉnh ngoài việc xác định các thiết bị có phù hợp với các tiêu chuẩn kỹ thuật và thiết kế hay không, còn phải đánh giá khả năng đưa các thiết bị này vào làm việc, dự báo các hư hỏng có thể xảy ra, đảm bảo cho hệ thống điện vận hành tin cậy, ổn định.

Hiện nay việc ứng dụng công nghệ điều khiển tích hợp trạm biến áp truyền tải và phân phối là xu hướng chung của thế giới nhằm giảm chi phí đầu tư, nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. IEC 61850 với giao thức truyền thông tiêu chuẩn cho phép tích hợp nhiều thiết bị điện tử thông minh IED của các nhà sản xuất khác nhau vào một hệ thống giám sát, điều khiển và quản lý trạm mà không làm thay đổi các yếu tố khác trong hệ thống.

Cùng với sự phát triển của role bảo vệ theo chuẩn IEC 61850 trên thế giới, việc thay đổi thiết kế hệ thống bảo vệ từ cấp nhị thứ bằng các tín hiệu truyền thông GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) của các tín hiệu nhị phân giữa các IED đang bắt đầu được áp dụng tại các trạm biến áp tự động hóa ở Việt Nam. Điều này đòi hỏi phương pháp thí nghiệm các role bảo vệ phải phù hợp với các đặc điểm của hệ thống.

Với yêu cầu đặt ra như vậy nên cần có sự nghiên cứu sâu sắc về role bảo vệ kỹ thuật số, trạm biến áp tự động hóa sử dụng giao thức truyền thông IEC 61850 và đưa ra phương pháp thí nghiệm đáp ứng. Đây cũng chính là lý do để chọn đề tài.

2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Hệ thống role bảo vệ, hệ thống điều khiển tự động trạm biến áp, với thực tế là trạm biến áp 220kV Đông Hà và một số trạm tự động khác ở Miền Trung.

2.2. Phạm vi nghiên cứu

- Phân tích cấu hình hệ thống trạm biến áp tự động hóa.
- Phân tích hệ thống bảo vệ trạm biến áp sử dụng giao thức IEC 61850.
- Nghiên cứu và xây dựng phương pháp thí nghiệm role bảo vệ sử dụng giao thức IEC 61850.
- Mô hình hóa các thành phần trong trạm biến áp, các loại sự cố của các phần tử trong trạm biến áp và phân tích sự làm việc của role.
- Áp dụng, đánh giá các kết quả và đưa ra nhận xét.

3. Mục tiêu và nhiệm vụ của đề tài

- Hệ thống hóa lý thuyết về role bảo vệ.
- Nghiên cứu cấu hình role theo IEC 61850 của một số các hãng thông dụng hiện nay ALSTOM, SEL, ABB, SIEMENS...
- Nghiên cứu tính năng thử nghiệm của các hãng cung cấp thiết bị thí nghiệm đáp ứng IEC 61850 hiện nay: OMICRON, ISA.
- Tìm hiểu cấu hình hệ thống, cấu hình trạm, sự trao đổi thông tin giữa các IEDs theo IEC 61850.
- Xây dựng phương pháp thí nghiệm cho một số role bảo vệ quan trọng của trạm biến áp.
- Nghiên cứu và áp dụng các chương trình mô phỏng role và các dạng sự cố để phân tích sự làm việc của role.
- Thí nghiệm, mô phỏng áp dụng cho trạm biến áp 220kV Đông Hà và đưa ra các ý kiến áp dụng cho các trạm khác.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Đề tài thuộc dạng nghiên cứu ứng dụng, mặc dù trạm biến áp với hệ thống bảo vệ điều khiển tích hợp theo tiêu chuẩn IEC 61850 đưa vào vận hành trong hệ thống điện từ nhiều năm qua nhưng ở Việt Nam vẫn chưa có nghiên cứu nào được tiến hành một cách có hệ thống để thí nghiệm đánh giá chất lượng hệ thống bảo vệ.

Với ý nghĩa thực tiễn, đề tài đã giải quyết được một khối lượng lớn công việc cho nhân viên thí nghiệm khi kiểm định chất lượng hệ thống bảo vệ trong môi trường công tác nghiêm ngặt về thời gian và tiến độ theo yêu cầu cung cấp điện liên tục.

5. Đặt tên đề tài

“Xây dựng phương pháp thí nghiệm role bảo vệ trong trạm biến áp tự động hóa sử dụng giao thức IEC 61850”

6. Bố cục luận văn

Mở đầu

Chương 1: Cấu hình và trao đổi thông tin trong TBA tự động hóa.

Chương 2: Hệ thống role bảo vệ TBA và giao thức IEC 61850.

Chương 3: Phương pháp thí nghiệm role bảo vệ trong trạm biến áp tự động hóa.

Chương 4: Mô phỏng bảo vệ role trạm biến áp

Kết luận và kiến nghị

CHƯƠNG 1

CẤU HÌNH VÀ TRAO ĐỔI THÔNG TIN

TRONG TRẠM BIẾN ÁP TỰ ĐỘNG HÓA

1.1. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TÍCH HỢP VÀ CHUẨN GIAO THỨC TRUYỀN THÔNG IEC 61850

1.1.1. Hệ thống điều khiển tích hợp

Một TBA điều khiển tích hợp đáp ứng một số chức năng chính:

- Thu thập dữ liệu từ các thiết bị IED được lắp đặt trong trạm.
- Thực hiện các chức năng điều khiển không giới hạn thời gian như điều khiển máy cắt, dao cách ly, thay đổi nấc phân áp.
- Xử lý tín hiệu cảnh báo; Xử lý dữ liệu.
- Lưu trữ cơ sở dữ liệu.
- Các chức năng khác: đồng bộ thời gian, giao diện người dùng.

1.1.2. Sự hình thành chuẩn giao thức truyền thông IEC 61850

IEC 61850 dựa trên yêu cầu và cơ hội về sự phát triển giao thức truyền thông tiêu chuẩn để cho phép khả năng tương tác của các thiết bị điện tử thông minh từ các nhà sản xuất khác nhau. IEC 61850 làm cho việc sử dụng các tiêu chuẩn hiện có và các nguyên tắc thông tin liên lạc được chấp nhận một cách phổ biến, cho phép tự do trao đổi thông tin giữa các thiết bị điện tử thông minh. Tuy nhiên, giao thức truyền thông theo tiêu chuẩn IEC 61850 không phải là tiêu chuẩn hóa các chức năng tham gia vào hoạt động của TBA. IEC 61850 xác định tất cả các chức năng được biết đến trong một hệ thống tự động hóa TBA và chia chúng thành các chức năng phụ trợ hay còn gọi là các nút logic. Một nút logic là một chức năng phụ nằm trong một nút vật lý, trao đổi dữ liệu với các thực thể logic riêng biệt khác. IEC 61850 tách riêng các ứng dụng thiết kế độc lập để chúng có thể giao tiếp bằng cách sử dụng các giao thức truyền thông khác nhau, cung cấp một giao diện trung lập giữa các đối tượng ứng dụng và dịch vụ ứng dụng liên quan, cho phép trao đổi tương thích của dữ liệu giữa các thành phần của một hệ thống tự động hóa của TBA.

1.2. CẤU HÌNH TRẠM BIẾN ÁP TỰ ĐỘNG HÓA

1.2.1. Một số khái niệm theo IEC 61850

- GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event): sự kiện hướng đối tượng trạm chung. Khi xảy ra bất kỳ sự chuyển đổi trạng

thái của các thiết bị, các IED sẽ truyền một thông báo dạng nhị phân tốc độ cao GOOSE lên mạng truyền thông.

- LN (Logical Node): nút logic. Phần nhỏ nhất của chức năng trao đổi dữ liệu. Một LN miêu tả chức năng trong một thiết bị vật lý.
- LD (Logical Device): một LD tập hợp từ nhiều LN.
- PD (Physical Device): tương đương một IED.

1.2.2. Cấu hình trạm biến áp tự động hóa

Các thiết bị thứ cấp của trạm được sắp xếp theo ba mức: mức trạm, mức ngăn lộ và mức quá trình. Giao diện người máy (HMI) và thiết bị truyền thông (ComU) thuộc về mức trạm, kết nối với các thiết bị mức ngăn lộ thông qua mạng trạm. Các thiết bị mức ngăn lộ (IEDs) truyền thông với các thiết bị đo lường và thiết bị chấp hành ở mức quá trình thông qua mạng quá trình. Cơ chế trao đổi thông tin giữa các IED được thực hiện dưới dạng tin nhắn GOOSE.

Xây dựng cấu hình phần mềm cho các ứng dụng tự động hoá trạm được thực hiện bằng ngôn ngữ cấu hình trạm (Substation Configuration Language - SCL). Việc sử dụng ngôn ngữ SCL với mô hình dữ liệu đối tượng của IEC 61850 cho phép sử dụng nhiều công cụ khác nhau của nhiều nhà sản xuất để biên dịch và hiểu các thông tin được chứa đựng trong bất kỳ IED. SCL files có 04 loại: SSD files, SCD files, ICD files, CID files. Việc xây dựng mô hình dữ liệu bằng ngôn ngữ SCL là một khâu quan trọng trong quá trình thiết kế tự động hoá trạm trên nền tảng của giao thức IEC 61850.

1.3. TRUYỀN THÔNG TRONG TRẠM BIẾN ÁP TỰ ĐỘNG HÓA VÀ MÔ HÌNH GOOSE

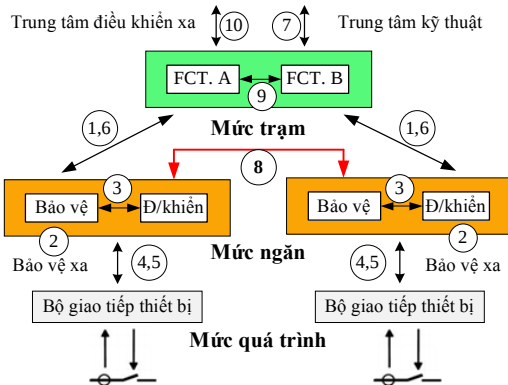
1.3.1 Truyền thông trong trạm biến áp tự động hóa

Truyền thông Client/ Server là một trong những cách phổ biến nhất được sử dụng. Hầu hết các IED trong TBA hoạt động như là các

Server trong quá trình giao tiếp với các thiết bị hoặc các ứng dụng ở mức ngăn hoặc mức trạm. Các thiết bị mức ngăn có thể hoạt động như là một Client (khi tương tác với các IED mức thiết bị) hoặc là một Server (khi tương tác với các chức năng ở mức trạm).

Truyền thông ngang hàng (Peer-to-peer) là kiểu truyền thông đặc trưng cho các hệ thống dựa trên chuẩn IEC 61850, mô tả khả năng ghép đôi bất kỳ của các IED được nối vào hệ thống mạng của TBA để quản lý việc trao đổi thông tin khi cần thiết. Truyền thông ngang hàng được sử dụng để thực hiện các chức năng bảo vệ, điều khiển, giám sát và ghi sự cố. Việc trao đổi dữ liệu không chỉ giữa các phần tử chức năng, mà còn giữa các mức khác nhau của hệ thống phân cấp chức năng TBA.

IEC 61850 tập trung chủ yếu vào giao diện 8 trên hình 1.6 sử dụng kiểu truyền thông ngang hàng tốc độ cao. Logic giao diện IF8 được xác định là sự trao đổi dữ liệu trực tiếp giữa các ngăn lộ.



Hình 1.6: Các Logic giao diện

IEC 61850 xác định 3 cấp hoạt động cho các ứng dụng: P1-ứng dụng điển hình cho các TBA cấp phân phối. P2- ứng dụng điển hình cho cấp truyền tải. P3-cấp truyền tải với yêu cầu cao. IEC 61850 cũng yêu cầu thời gian truyền tín hiệu cho các cấp. Đối với tín hiệu kiểu 1A (tín hiệu CẮT), ở cấp P1, tổng thời gian truyền phải theo qui tắc nửa chu kỳ, nghĩa là 10 ms. Cho cấp P2/3, tổng thời gian

truyền phải nhỏ hơn một phần tư chu kỳ, vì vậy 3 ms được xác định.

1.3.2 Mô hình GOOSE

Truyền thông ngang hàng tốc độ cao trong các hệ thống bảo vệ và điều khiển trên cơ sở IEC 61850 sử dụng một phương pháp riêng biệt, mô hình GOOSE. Với quan điểm về mô hình sự kiện trạm chung GSE không dựa trên các lệnh, mà dựa trên việc truyền chỉ thị tạo ra khi có sự kiện cụ thể của TBA xuất hiện, mô hình GOOSE được thiết kế để hỗ trợ tin cậy truyền thông tốc độ cao giữa các thiết bị khác nhau hoặc các ứng dụng khác nhau và cho phép thay thế việc trao đổi tín hiệu giữa các thiết bị thông qua dây cáp cứng bằng việc trao đổi các tin nhắn truyền thông trong việc hoàn thiện các chức năng của hệ thống bảo vệ, tự động và điều khiển. Tin nhắn GOOSE hỗ trợ việc trao đổi các kiểu dữ liệu được tổ chức trong một Data Set với một giới hạn rộng. Để đảm bảo chắc chắn việc cung cấp các thông tin cần thiết khi sử dụng tin nhắn GOOSE thay cho dây dẫn cứng cho các ứng dụng bảo vệ và điều khiển, GOOSE sử dụng cơ chế lặp lại. Khi phát ra một tin nhắn GOOSE mới, cơ chế lặp lại đảm bảo chắc chắn rằng tin nhắn được gửi đi với một khoảng thời gian thay đổi giữa các lần lặp của tin nhắn cho đến khi một sự kiện thay đổi mới xuất hiện. Phương pháp này đảm bảo khi mất một tin nhắn đơn sẽ không ảnh hưởng đến tính năng của hệ thống, đồng thời cho phép bất kỳ thiết bị mới nào đều có thể thông báo về trạng thái của nó cho toàn bộ các thiết bị nhận cũng như bất kỳ thiết bị mới nào đều có thể tìm hiểu trạng thái của tất cả các thiết bị xuất.

1.4. KẾT LUẬN

Trạm biến áp tự động hóa sử dụng giao thức IEC 61850 với các hệ thống tiện ích cho phép các thiết bị điện tử thông minh khác nhau có khả năng tương tác với nhau. IEC 61850 cung cấp một giao diện

trung lập nhằm trao đổi dữ liệu tương thích giữa các thành phần của một hệ thống tự động hóa trạm biến áp trên cơ sở các nút logic. Ngôn ngữ cấu hình trạm với mô hình đối tượng dữ liệu của IEC 61850 cho phép sử dụng nhiều công cụ khác nhau của các nhà sản xuất để biên dịch và hiểu thông tin chứa đựng trong các IED.

Truyền thông ngang hàng tốc độ cao GOOSE trong các hệ thống bảo vệ và điều khiển trên cơ sở IEC 61850 cho phép thay thế việc trao đổi tín hiệu giữa các thiết bị bằng các tin nhắn truyền thông. Mô hình GOOSE cho phép phát triển nhiều ứng dụng truyền thông và hiện đại của hệ thống bảo vệ, tự động và điều khiển, đạt được lợi ích đáng kể so với hệ thống sử dụng dây nhị thức bằng cáp thông thường.

CHƯƠNG 2

HỆ THỐNG ROLE BẢO VỆ TRẠM BIẾN ÁP VÀ GIAO THỨC IEC 61850

2.1. TỔNG QUAN ROLE KỸ THUẬT SỐ

2.1.1. Cấu trúc phần cứng

2.1.2. Giới thiệu các phần mềm role thông dụng hiện nay

2.2. VÀI NÉT VỀ CÁC BẢO VỆ CHÍNH TRONG TRẠM BIẾN ÁP

2.2.1. Bảo vệ so lệch dọc đường dây

Bảo vệ so lệch dọc đường dây dựa trên nguyên tắc so sánh dòng. Để thay thế việc đấu nối mạch dòng điện nhị thức giữa bảo vệ hai đầu người ta sử dụng các đường truyền thông tin như cáp quang và các bộ giao diện. Mỗi role tại một đầu sẽ đo lường dòng điện tại chỗ và gửi thông tin về độ lớn và góc pha của dòng điện đến role phía đối diện qua các bộ giao diện dữ liệu bảo vệ và đường thông tin.

Các nguyên nhân gây xuất hiện dòng không cân bằng trong điều kiện làm việc bình thường: dòng dung đường dây, lỗi biến dòng điện,

sai số tính toán, các thành phần hài, chất lượng đường truyền ... Để tránh các ảnh hưởng gây ra tác động nhầm, các role so lệch đường dây hiện nay đều sử dụng các đặc tính hãm.

2.2.2. Bảo vệ khoảng cách

Bảo vệ khoảng cách còn gọi là bảo vệ tổng trở, là loại bảo vệ tác động khi tổng trở tính toán Z tại role nhỏ hơn giá trị chỉnh định trước (tổng trở khởi động). So với bảo vệ quá dòng, bảo vệ khoảng cách có thời gian tác động bé khi nhận biết điểm sự cố gần điểm đặt role. Do đó, về mặt ổn định của hệ thống hoặc về khả năng của bảo vệ để ngăn chặn sự hư hỏng lan tràn, thì bảo vệ khoảng cách là hệ thống bảo vệ thỏa mãn nhất. Hiện nay các role khoảng cách kỹ thuật số thông thường sử dụng hai dạng đặc tính cơ bản: đặc tính hình tròn - Mho và đặc tính đa giác – Quad.

2.2.3. Bảo vệ so lệch máy biến áp

Bảo vệ so lệch MBA dựa trên nguyên tắc so sánh dòng. Các nguyên nhân gây ra hiện tượng lệch dòng so lệch trong quá trình vận hành bình thường như tổ đấu dây MBA, tỷ số biến dòng điện khác nhau ... đều được xử lý bằng các giá trị cài đặt phù hợp đối với role kỹ thuật số. Ngoài ra, role kỹ thuật số còn có chức năng hãm sóng hài để ngăn ngừa sự mất cân bằng dòng điện gây ra tác động nhầm. Để tránh tình trạng dòng so lệch tăng cao gây ra do sai số biến dòng điện khi dòng nhất thứ lớn, đặc biệt là khi ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ, các role bảo vệ so lệch máy biến áp hiện nay đều sử dụng đặc tính phân cực.

2.2.4. Bảo vệ so lệch thanh cái

Hệ thống bảo vệ thanh cái dựa trên nguyên lý tập trung tổng các dòng điện đưa vào role so lệch thanh cái. Dòng điện so lệch được xác định $I_{diff}(t) = i_1 + i_2 + \dots + i_n$. Nguyên lý này đơn giản nhưng đòi hỏi

tất cả các biến dòng phải đồng nhất vì dễ bị ảnh hưởng bởi sự bão hòa biến dòng khi dòng sự cố ngoài lớn. Các role bảo vệ thanh cái tổng trở thấp với các đầu vào hãm đã giảm đáng kể tác động của sự bão hòa biến dòng và cho phép sử dụng các biến dòng có tỉ số khác nhau. Tuy nhiên, giá thành cao đã hạn chế ứng dụng của chúng.

2.3. MỘT SỐ ỨNG DỤNG GIAO THỨC IEC 61850 TRONG CÁC BẢO VỆ HIỆN NAY

2.3.1. Tác động của IEC 61850 đến hệ thống bảo vệ thanh cái

a. Bảo vệ so lệch thanh cái kiểu phân tán

IEC 61850 cho phép thực hiện các bảo vệ so lệch thanh cái kiểu phân tán bằng cách sử dụng các giá trị tương tự đã được lấy mẫu thông qua các mạng truyền thông trạm. Bộ trộn tín hiệu có nhiệm vụ biến đổi các tín hiệu tương tự từ các cảm biến thành các giá trị lấy mẫu có thể truyền được qua cáp quang đến đơn vị trung tâm để thực hiện chức năng tính toán dòng so lệch. Cấu trúc hệ thống bảo vệ so lệch thanh cái kiểu phân tán bao gồm bốn loại thiết bị: Đơn vị trung tâm; Bộ trộn tín hiệu; Khối giao diện mạng và thiết bị đồng bộ.

Các lợi ích: giảm chi phí; Giảm đáng kể sự bão hòa mạch từ biến dòng do loại bỏ điện trở các đầu nối; Nâng cao tính linh hoạt của hệ thống bảo vệ so lệch thanh cái.

b. Bảo vệ thanh cái bằng cách so sánh hướng trên cơ sở IEC 61850: Ứng dụng này dựa trên GOOSE. Khi xảy ra sự cố ở một thiết bị được bảo vệ nào đó, từng role bảo vệ đường dây, máy biến áp nối với hệ thống bảo vệ thanh cái sẽ gửi một tin nhắn GOOSE chỉ rằng đã phát hiện sự cố với hướng xác định nào đó. Trong trường hợp một hay nhiều role xác định sự cố hướng thuận và các role còn lại xác định hướng nghịch, đơn vị trung tâm sẽ thực hiện việc so sánh hướng và xác định đó là sự cố ngoài thanh cái và ngược lại.

Các lợi ích: bảo vệ thanh cái sử dụng chính các IED bảo vệ các ngăn lộ; Dễ dàng đáp ứng khi có sự thay đổi cấu hình trạm; Không cần sự chính xác về đồng bộ thời gian.

2.3.2. Thực hiện các sơ đồ bảo vệ truyền cắt với IEC 61850

a. Sơ đồ bảo vệ so sánh hướng

b. Thực hiện các sơ đồ gia tốc

Với sơ đồ gia tốc bảo vệ truyền thống, các tin nhắn GOOSE sẽ thay thế dây nhị thứ nối cứng từ role bảo vệ đến thiết bị truyền thông. Xét các sơ đồ cho phép/ khóa, các tin nhắn GOOSE sau đây sẽ được dùng:

- Trạng thái MC được gọi bởi IED điều khiển đến IED bảo vệ.
- Nhận tín hiệu cho phép/khóa từ phía đối diện được gọi đi bởi IED truyền thông. IED bảo vệ dùng tin nhắn này để quyết định khi có sự cố trong vùng bảo vệ.
- IED bảo vệ gọi tin nhắn sự thay đổi trạng thái của bộ phận định hướng đến IED truyền thông để gọi tín hiệu cho phép/ khóa đến phía đối diện.
- IED bảo vệ gọi kết quả thực hiện sơ đồ đến IED điều khiển để tác động cắt máy cắt.

Với sơ đồ dùng truyền thông trực tiếp, sử dụng các tin nhắn GOOSE để trao đổi thông tin hướng trực tiếp giữa các role bảo vệ.

c. So sánh hiệu quả thực hiện bằng dây nối cứng và GOOSE

Khi so sánh hai giải pháp, ta nhận thấy các sơ đồ dựa trên GOOSE sẽ nhanh hơn khi dùng dây nối cứng. Đồng thời việc lặp lại liên tục các bức điện GOOSE bởi thiết bị bảo vệ và thiết bị truyền thông nâng cao tính tin cậy trong thông báo trạng thái.

2.4. KẾT LUẬN

Role bảo vệ đóng một vai trò quan trọng trong việc đảm bảo hệ

thống điện vận hành an toàn và tin cậy. Sự phát triển của truyền thông tốc độ cao cùng với tiện ích của IEC 61850 đã đem đến một thay đổi đáng kể trong thiết kế role và hệ thống bảo vệ. Những nội dung nghiên cứu trong chương 2 của luận văn về role kỹ thuật số, nguyên lý làm việc của các bảo vệ chính trong trạm biến áp, các ứng dụng của IEC 61850 trong các role bảo vệ hiện nay làm cơ sở cho việc tiến hành thí nghiệm, đánh giá chất lượng role bảo vệ, đảm bảo hệ thống bảo vệ làm việc tin cậy, ổn định.

CHƯƠNG 3

PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM ROLE BẢO VỆ TRONG TRẠM BIẾN ÁP TỰ ĐỘNG HÓA

3.1. XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM ROLE BẢO VỆ

3.1.1. Các thành phần của hệ thống thí nghiệm IEC 61850

Một hệ thống thí nghiệm được thiết kế cho các IED hoặc các ứng dụng phân tán dựa trên IEC 61850 có nhiều thành phần cần thiết cho việc thí nghiệm các chức năng riêng lẻ cũng như toàn bộ ứng dụng. Hệ thống bao gồm các thành phần sau:

- Công cụ cấu hình thí nghiệm.
- Công cụ mô phỏng.
- Bộ mô phỏng trộn tín hiệu ảo.
- Bộ mô phỏng IED ảo.
- Công cụ đánh giá thử nghiệm.
- Công cụ báo cáo.

3.1.2. Yêu cầu đối với thiết bị thí nghiệm

Với các thí nghiệm role bảo vệ trong các trạm biến áp tự động hóa sử dụng giao thức IEC 61850, thiết bị thí nghiệm được nối vào role qua mạng cáp quang. Giá trị của dòng điện và điện áp sự cố gửi đến role theo cơ cấu giá trị lấy mẫu SV. Các giá trị trạng thái gửi đến role qua cơ chế GOOSE. Thiết bị thí nghiệm nhận tín hiệu cắt từ role qua đường mạng. Vì vậy thiết bị thí nghiệm cần đáp ứng yêu cầu:

- Có hỗ trợ về xuất ra các giá trị lấy mẫu theo IEC 61850.
- Có thể xuất ra và nhận vào tin nhắn GOOSE theo IEC 61850.
- Có chức năng truy xuất dữ liệu của role. Thiết bị thí nghiệm có thể truy cập vào role trong quá trình thí nghiệm.
- Có chế độ kiểm tra mô hình dữ liệu IEC 61850.

3.1.3. Xây dựng phương pháp thí nghiệm role bảo vệ

Trên cơ sở các yêu cầu của hệ thống thí nghiệm IEC 61850, ta có thể xây dựng trình tự thực hiện như sau (hình 3.3):

a. Thí nghiệm ban đầu

b. Cấu hình role

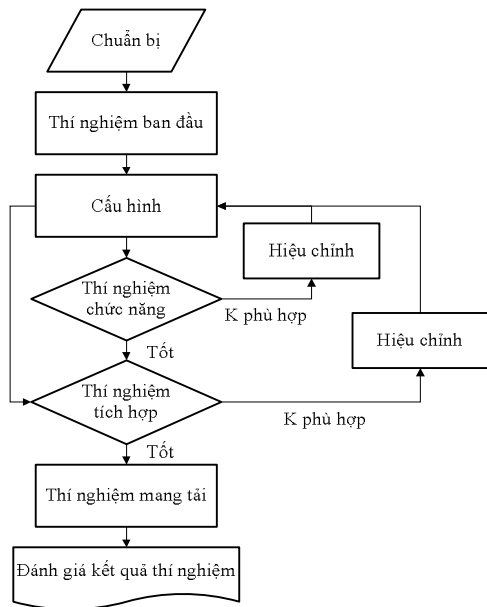
Bước rất quan trọng trong quá trình thí nghiệm tích hợp hệ thống cũng như thí nghiệm các chức năng bảo vệ của từng role. Thủ tục cấu hình bao gồm:

- Cài đặt địa chỉ IP.
- Cấu hình chức năng.
- Cấu hình In/Out.
- Cài đặt giá trị bảo vệ.
- Tạo các biến truyền

thông:

- Chuẩn bị file cấu hình .ICD
- Cấu hình IED
- Xuất file .CID và tải vào role

Cấu hình role được thực hiện bằng phần mềm chuyên dụng của từng nhà sản xuất.



Hình 3.3: Lưu đồ thí nghiệm role

c. Thí nghiệm chức năng bảo vệ

- *Cấu hình thiết bị thí nghiệm*
 - Cài đặt xuất tin nhắn GOOSE từ hợp bộ thí nghiệm.
 - Cài đặt nhận tin nhắn GOOSE cho hợp bộ thí nghiệm.
- *Phương pháp thí nghiệm chức năng bảo vệ khoảng cách*
 - Xây dựng đặc tính tổng trở bảo vệ của role.
 - Cấu hình các đầu vào/ đầu ra GOOSE.
 - Kiểm tra chức năng bảo vệ: giá trị tổng trở, thời gian tác động.

Đánh giá sai số, kết luận.

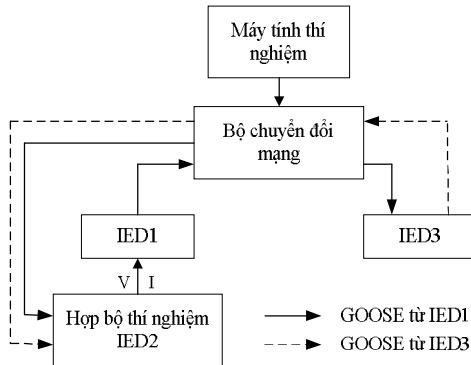
- *Phương pháp thí nghiệm chức năng bảo vệ so lệch MBA*
- *Phương pháp thí nghiệm chức năng bảo vệ so lệch thanh cái*

d. Thí nghiệm tích hợp

Để đánh giá hệ thống bảo vệ trong TBA tự động hóa, bước thí nghiệm này là cần thiết. Trình tự thí nghiệm như sau (hình 3.18):

Bước 1: Cấu hình tin nhắn GOOSE cho role gửi (ví dụ IED1) đến role nhận (IED3) và đến đầu vào 1 của hợp bộ thí nghiệm (IED2). Cấu hình tín hiệu đã nhận được ở IED3 từ IED1 đến đầu vào 2 của IED2 để dùng phát hợp bộ.

Bước 2: Dùng hợp bộ thí nghiệm bơm dòng



Hình 3.18: Sơ đồ thí nghiệm tích hợp

điện, điện áp vào IED1 để tạo tín hiệu bảo vệ cần kiểm tra. Từ các tín hiệu đầu vào hợp bộ xác định tín hiệu truyền đảm bảo.

Bước 3: Đánh giá thời gian truyền. Thời gian truyền phải đạt yêu cầu

theo quy định trong IEC 61850. Trong đó tín hiệu kiểu 1A đối với hoạt động cấp P1 yêu cầu 10ms, hoạt động cấp P2/3 yêu cầu 3ms.

e. Thí nghiệm mang tải

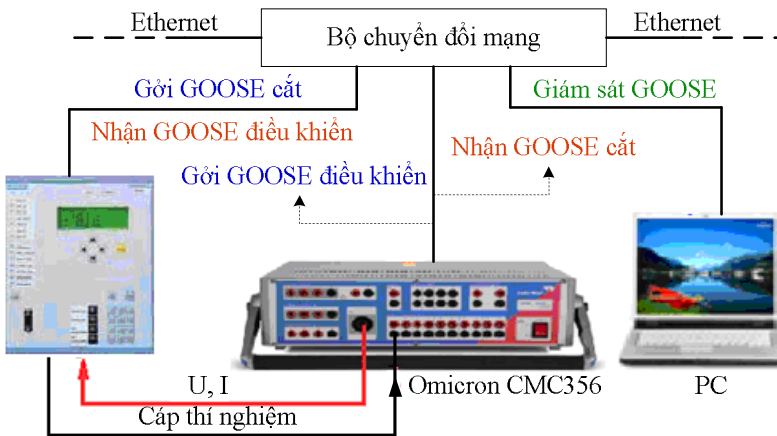
Mục đích của việc kiểm tra thiết bị bảo vệ khi mang tải lần đầu nhằm đánh giá tính đúng đắn của hệ thống mạch dòng điện, mạch điện áp đưa vào role phù hợp với các chức năng bảo vệ và các giá trị chỉnh định đã được cài đặt trên role, nhằm đảm bảo hệ thống bảo vệ role hoạt động an toàn và tin cậy.

3.2. CẤU HÌNH VÀ THÍ NGHIỆM CÁC ROLE BẢO VỆ TRẠM 220KV ĐÔNG HÀ

3.2.1. Giới thiệu trạm biến áp 220kV Đông Hà

3.2.2. Thí nghiệm role bảo vệ so lệch máy biến áp 7UT613

Sơ đồ thí nghiệm: sử dụng chung cho thí nghiệm các loại role



Hình 3.19: Sơ đồ thí nghiệm

a. Cấu hình các biến GOOSE cho role và hợp bộ

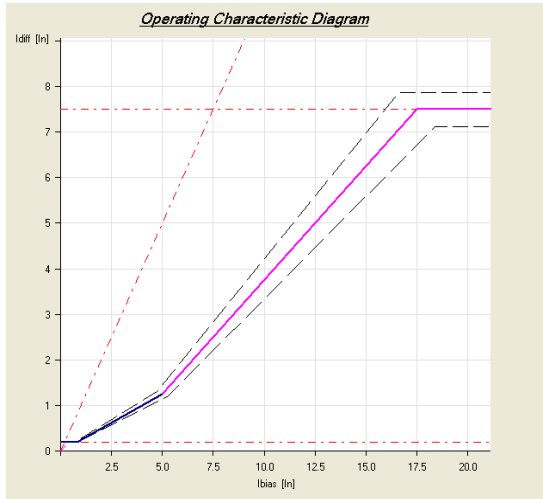
Các biến cần cấu hình cho chức năng bảo vệ so lệch:

- PROT/PDIF1/Op/General: Bảo vệ so lệch ngưỡng cấp 1.

- PROT/PDIF2/Op/General: Bảo vệ so lệch ngưỡng cấp 2.
- PROT/PDIF3/Op/General: Bảo vệ REF.

b. Thí nghiệm chức năng bảo vệ so lệch:

- Thí nghiệm ngưỡng thấp I-DIFF>: Tăng dần dòng 3 pha đối xứng vào lần lượt các cuộn 220kV, 110kV, 22kV đến khi xuất hiện tín hiệu GOOSE, lưu lại giá trị tác động. Đặt giá trị dòng bơm khoảng 1,2 lần giá trị tác động, phát xung dòng vào role, role tác động và tín hiệu GOOSE xuất hiện dừng hợp bộ, ghi lại thời gian tác động.



Hình 3.21: Đặc tính làm việc

- Thí nghiệm ngưỡng cao I-DIFF>>: Phát xung dòng vào role, nếu role chưa tác động thì tăng thêm dòng và thử lại đến khi tác động và ngược lại với bước nhảy dòng điện điều chỉnh phù hợp.

- Thí nghiệm xác định đặc tính: Đặt trước hai dòng 3 pha đối xứng ngược nhau 180° vào hai cuộn 220kV và 110kV của role với các giá trị đã tính toán. Phát xung dòng vào role. Nếu role không tác động, giữ nguyên dòng I_{220} và giảm dòng I_{110} đến khi role tác động. Nếu role tác động, giữ nguyên dòng I_{220} và tăng dòng I_{110} đến khi role trở về.

c. Thí nghiệm các chức năng khác

d. Thí nghiệm mang tải

e. Kết luận: Từ số liệu thí nghiệm, đánh giá kết quả với sai số cho phép, kết luận role đạt yêu cầu kỹ thuật.

3.2.3. Thí nghiệm role bảo vệ khoảng cách đường dây 7SA522

3.2.4. Thí nghiệm role bảo vệ so lệch thanh cái SEL487B

3.2.5. Nhận xét

3.3. SO SÁNH VỚI THÍ NGHIỆM TRUYỀN THÔNG

Ưu điểm của role bảo vệ sử dụng giao thức IEC 61850 so với bảo vệ sử dụng dây dẫn cứng là thời gian tác động. Số liệu thí nghiệm của tác giả cũng cho kết quả thời gian tín hiệu GOOSE nhanh hơn 4,7ms so với dây dẫn cứng. Tuy nhiên lưu ý rằng thời gian này tùy thuộc vào cấu hình của hệ thống cũng như thuật toán sử dụng của role các hãng.

Thí nghiệm role bảo vệ trong TBA tự động hóa đòi hỏi người thí nghiệm phải tinh thông về hệ thống bảo vệ, nắm vững role bảo vệ của các hãng và sự bổ sung các thủ tục thí nghiệm cần thiết cho đối tượng thí nghiệm. Một vài chi tiết của cấu hình GOOSE có thể bị bỏ sót do những sự khác nhau trong cấu hình của role các hãng. Ngoài ra thí nghiệm trong hệ thống IEC 61850 yêu cầu phải có các thiết bị thí nghiệm thế hệ mới. Một vấn đề cần lưu ý liên quan đến tính an toàn của hệ thống truyền thông khi kết nối máy tính thí nghiệm vào hệ thống mạng của trạm. Máy tính có thể bị nhiễm virus và có thể tạo ra lưu lượng GOOSE trên mạng.

3.4. KẾT LUẬN

Role bảo vệ trong trạm biến áp tự động hóa sử dụng giao thức IEC 61850 với kiểu truyền thông ngang hàng đòi hỏi phải có phương pháp và công cụ phù hợp để thí nghiệm. Trên cơ sở đó, tác giả đã xây dựng phương pháp thí nghiệm role đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn IEC 61850, phù hợp với quan điểm thiết kế và vận hành của

ngành điện Việt Nam. Phương pháp thí nghiệm dựa trên cơ sở tài liệu hướng dẫn về hệ thống tự động và rơle bảo vệ của các hãng sản xuất lớn, sử dụng nhiều trong hệ thống điện Việt Nam. Trình tự thí nghiệm chi tiết của các rơle bảo vệ chính TBA 220kV Đông Hà được trình bày trong luận văn đã minh họa cụ thể và trực quan hơn cho phương pháp thí nghiệm đã xây dựng, từ đó giúp cho các nhân viên thí nghiệm thuận tiện trong công tác đánh giá chất lượng rơle và hệ thống bảo vệ.

CHƯƠNG 4

MÔ PHỎNG RƠLE BẢO VỆ TRẠM BIẾN ÁP

4.1. XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH MÔ PHỎNG RƠLE SỐ VỚI SIMULINK/ SIMPOWERSYSTEM

4.1.1. Xây dựng mô hình bảo vệ đường dây, máy biến áp và thanh cái

Từ sơ đồ nguyên lý bảo vệ trạm Đông Hà, tác giả sử dụng các phần tử trong thư viện Simpowersystem và thư viện Simulink để xây dựng mô hình mô phỏng rơle số bảo vệ khoảng cách, so lệch máy biến áp và so lệch thanh cái. Trong đó các phần tử được sử dụng để thay thế trong mô hình mô phỏng gồm có: máy phát điện đồng bộ, máy biến áp, máy cắt ba pha, biến dòng điện, biến điện áp, tải ba pha và một số thiết bị phụ khác.

4.1.2. Mô phỏng rơle bảo vệ khoảng cách

a. Xây dựng khối nguyên lý làm việc

Sử dụng các khối tính toán trong thư viện Simulink để thiết kế các mạch tính toán của khối bảo vệ khoảng cách. Khối chức năng F21 bao gồm các khối:

- Khối tính toán tổng trở Z từ các đầu vào U, I .
- Khối tính toán R, X , đo lường thông số và Trip.

- *Khối tính toán khoảng cách:* Đây là khối quan trọng trong khối chức năng F21 để xác định vị trí điểm làm việc trên đặc tính và đưa ra các lệnh cắt hoặc không khi so sánh với các giá trị chỉnh định được cài đặt. Ở đây tác giả chỉ sử dụng các phần tử trong Simulink để thực hiện mục tiêu trên. Tính toán so sánh giá trị R, X để xác định điểm sự cố bằng cách chia vùng khoảng cách thành 4 phần

- (1): $0^\circ \leq \Phi \leq 90^\circ; 0 \leq RA \leq R; 0 \leq XA \leq X$.
- (2): $90^\circ \leq \Phi \leq 105^\circ; -X \cdot \tan(15^\circ) \leq RA < 0; 0 \leq XA \leq X$.
- (3): $-15^\circ \leq \Phi < 0^\circ; 0 \leq RA \leq R; -R \cdot \tan(15^\circ) \leq XA < 0$.
- (4): $0^\circ \leq \Phi \leq 90^\circ; R < RA \leq R + X / \tan(\Phi L); 0 \leq XA \leq X$.

b. Phân tích sự làm việc của role ở các dạng sự cố

- Điểm ngắn mạch 3 pha trên đường dây 274. Đây là điểm ngắn mạch trong vùng bảo vệ, role xác định tổng trở sự cố 3 pha với $R=3,35\Omega$; $X=8,83\Omega$ và xuất lệnh TRIP các máy cắt 273, 274. Dòng sự cố lúc này sẽ đi từ đường dây 271 (nguồn) qua các máy cắt và biến dòng 273, 274 đến điểm sự cố, role xác định hướng thuận.

- Điểm ngắn mạch 3 pha trên thanh cái C21. Role xác định tổng trở sự cố với $R= -6\Omega$; $X= 0\Omega$. Dòng sự cố qua role lúc này đi từ nguồn (đường dây 274) đến điểm ngắn mạch. Đây là điểm ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ, role không tác động.

4.1.3. Mô phỏng role bảo vệ so lệch MBA

Từ sơ đồ phương thức bảo vệ so lệch MBA và nguyên tắc tính toán của role 7UT613, tác giả sử dụng các khối tính toán trong thư viện Simulink kết hợp với M-file bằng các khối S-Function để thiết kế các mạch tính toán của khối bảo vệ so lệch.

a. Xây dựng khối nguyên lý làm việc

- *Bộ cài đặt thông số bảo vệ role:* Các biến của các thông số cài đặt sẽ được sử dụng trong các chương trình chức năng gồm công

suất, điện áp các phía, tổ đầu dây MBA; tỷ số biến dòng; Idiff1; Slope1; BasePT2; Slope2; Idiff2.

- *Khởi hạn chế dòng thứ tự không*: Khởi này sẽ thực hiện nhiệm vụ hạn chế dòng thứ tự không khi cuộn dây phía cao của MBA được nối đất ($z_1=1$) để loại trừ ảnh hưởng của dòng thứ tự không đến sự làm việc của role.

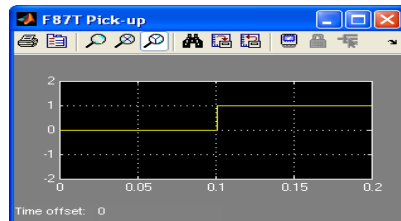
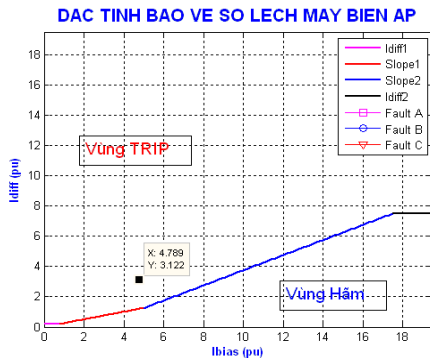
- *Khởi bù tổ đầu dây MBA*: thực hiện nhiệm vụ bù sai lệch dòng điện gây ra do tổ đầu dây MBA.

- *Khởi xử lý mạch dòng 3 pha 3 phía MBA*

- *Khởi tính toán giá trị dòng so lệch và dòng hãm*: Trên cơ sở đặc tính phân cực role 7UT613 ta xây dựng đặc tính bằng chương trình S-Function4=M-file : F87T_Calc. M-file này làm nhiệm vụ tính toán để role phát hiện sự cố trong hay ngoài vùng bảo vệ. Trên cơ sở tính toán các giá trị dòng so lệch và dòng hãm, so sánh với giá trị chỉnh định, khởi này xác định điểm sự cố, pha sự cố và xuất ra các đầu ra. Ngoài ra quỹ đạo làm việc của bảo vệ cũng được xác định qua các Scope 87T-Pha A, 87T-Pha B và 87T-Pha C.

b. Phân tích sự làm việc của role ở các chế độ

- *Chế độ làm việc bình thường*: Chọn công suất qua MBA 125MW, $I_{220} = 326A$, $I_{110} = 652A$, $I_{22} = 0A$. Kết quả



Hình 4.14b: Sự cố trong MBA

chương trình xác định điểm làm việc của role trên đặc tính với $I_{diff} = 0$; $I_{bias} = 2$.

- *Sự cố ngoài vùng bảo vệ*: Kết quả chương trình xác định điểm làm việc của role trên đặc tính với $I_{diff} = 0$; $I_{bias} = 5,66$ ứng với điểm sự cố phía thanh cái 110kV Flt-C12. Role không xuất lệnh cắt.

- *Sự cố trong vùng bảo vệ*: Kết quả chương trình xác định điểm làm việc trên đặc tính với $I_{diff} = 3,12$; $I_{bias} = 4,8$ ứng với điểm sự cố phía 22kV Flt-S3. Đây là điểm ngắn mạch trong vùng bảo vệ, role xuất lệnh TRIP các máy cắt 272, 273, 132 và 432 (hình 4.14b).

4.1.4. Mô phỏng role bảo vệ so lệch thanh cái

a. Xây dựng khối nguyên lý làm việc

Sử dụng các khối tính toán trong thư viện Simulink để thiết kế các mạch tính toán của khối bảo vệ so lệch thanh cái.

- *Khối xử lý mạch dòng điện và tính toán giá trị so lệch*: Sử dụng các khối chức năng của Simulink để phân tích dòng điện, sau đó dùng các hàm toán tổng hợp để xác định giá trị I_d và I_b với $I_d = |I_1 + I_2 + I_3 + I_4|$; $I_b = |I_1| + |I_2| + |I_3| + |I_4|$.

- *Khối xác định điểm làm việc và lệnh cắt*: Trên cơ sở đặc tính làm việc của role so lệch SEL487B ta xây dựng mô hình xác định vị trí của điểm làm việc trong đặc tính role. Điểm làm việc được xác định là nằm trong vùng cắt của đặc tính khi thỏa mãn 2 điều kiện: $I_d \geq O87P$ và $I_b \leq I_d/Slope$.

b. Phân tích sự làm việc của role ở các chế độ

- *Chế độ làm việc bình thường*: Chọn chế độ truyền công suất từ MBA AT2 đến đường dây 178 với công suất truyền là 125MW, tương ứng $I = 656A$. Máy cắt 172 và 174 cắt. Kết quả chương trình xác định điểm làm việc của role trên đặc tính với $I_{diff} = 0$; $I_{bias} = 1,1$.

- *Sự cố trong vùng bảo vệ*: Điểm ngắn mạch trên thanh cái C12.

Kết quả chương trình xác định điểm làm việc của role trên đặc tính với $I_{diff} = 2,65$; $I_{bias} = 3,74$. Đây là điểm ngắn mạch trong vùng bảo vệ, role xuất lệnh TRIP các máy cắt 132, 172, 174 và 178.

- *Sự cố ngoài vùng bảo vệ*: Điểm ngắn mạch trên đường dây 178. Kết quả chương trình xác định điểm làm việc của role trên đặc tính với $I_{diff} = 0$; $I_{bias} = 3,21$. Đây là điểm ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ, role không tác động.

4.2. KẾT LUẬN

Trong chương này, dựa vào logic làm việc thực tế của role và sử dụng công cụ Matlab/Simulink tác giả đã xây dựng được mô hình mô phỏng nguyên lý làm việc của role khoảng cách, so lệch máy biến áp và so lệch thanh cái. Mô hình role có cấu tạo đầu vào, đầu ra, đặc tính bảo vệ và logic làm việc giống với role thực tế, các thông số cài đặt cũng bám sát chức năng của role thật tạo sự tiện lợi trong sử dụng. Với việc mô phỏng role, mô phỏng sơ đồ bảo vệ máy biến áp, đường dây, thanh cái trạm biến áp, ta có thể kiểm tra thông số cài đặt, phân tích và nghiên cứu sự làm việc của role ở trạng thái vận hành bình thường cũng như các dạng sự cố trong hệ thống điện.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua những nghiên cứu đã trình bày trong luận văn có thể rút ra kết luận như sau:

1. Ngôn ngữ cấu hình trạm tự động hóa với mô hình dữ liệu đối tượng của IEC 61850 cho phép sử dụng nhiều công cụ khác nhau của nhiều nhà sản xuất để biên dịch và hiểu các thông tin được chứa đựng trong bất kỳ IED. Trên cơ sở công nghệ truyền thông hiện đại và cách tiếp cận mới về mô hình đối tượng giám sát điều khiển cũng như cách thức trao đổi dữ liệu của các đối tượng đó, tiêu chuẩn IEC

61850 tạo ra khả năng tích hợp cao cho các hệ thống tự động hoá trạm biến áp, tạo thuận lợi trong quá trình trao đổi dữ liệu giữa nhiều chủng loại IED, giảm tối đa các dây dẫn tín hiệu, tăng khả năng tương tác giữa các thiết bị, hệ thống sẽ trở nên linh hoạt và tin cậy hơn.

2. Trong các hệ thống bảo vệ và điều khiển trên cơ sở IEC 61850, mô hình GOOSE được thiết kế để hỗ trợ tin cậy truyền thông tốc độ cao giữa các thiết bị khác nhau hoặc các ứng dụng khác nhau và cho phép thay thế việc trao đổi tín hiệu giữa các thiết bị thông qua dây cáp cứng bằng việc trao đổi các tin nhắn truyền thông trong việc hoàn thiện các chức năng của hệ thống bảo vệ, tự động và điều khiển. Qua nghiên cứu đã thể hiện tin nhắn GOOSE cùng với tiện ích của IEC 61850 đã đem đến một sự thay đổi đáng kể trong thiết kế role và hệ thống bảo vệ trong hệ thống điện.

3. Role bảo vệ trong trạm biến áp tự động hóa sử dụng giao thức IEC 61850 với kiểu truyền thông ngang hàng đòi hỏi phải có phương pháp và công cụ phù hợp để thí nghiệm. Trên cơ sở đó, tác giả đã xây dựng phương pháp thí nghiệm role đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn IEC 61850 và phù hợp với quan điểm thiết kế và vận hành của ngành điện Việt Nam. Nội dung luận văn đã nghiên cứu chi tiết phương pháp cấu hình role IEC 61850, phương pháp thí nghiệm các chức năng bảo vệ chính trong trạm biến áp, phương pháp thí nghiệm tích hợp hệ thống, trình tự và kết quả thí nghiệm các role bảo vệ chính tại trạm biến áp 220kV Đông Hà. Kết quả nghiên cứu của luận văn làm cơ sở giúp cho các nhân viên thí nghiệm thuận tiện trong công tác đánh giá chất lượng role và hệ thống bảo vệ.

4. Với cách thức xây dựng mô hình mô phỏng logic làm việc của role bằng Matlab/Simulink để xem xét sự làm việc của nó đối với

các dạng sự cố là giải pháp tốt để nghiên cứu, phân tích đánh giá sự làm việc của role trong hệ thống bảo vệ. Luận văn đã xây dựng mô hình role có cấu tạo đầu vào, đầu ra, đặc tính bảo vệ và logic làm việc giống với role thật, các thông số cài đặt bám sát chức năng của role tạo sự tiện lợi trong sử dụng. Kết quả mô phỏng role trong luận văn phù hợp với thực tế tại trạm 220kV Đông Hà, hỗ trợ đánh giá sự làm việc của role trong hệ thống bảo vệ ở các chế độ vận hành và sự cố. Với phương pháp mô phỏng role số như vậy ta có thể dễ dàng mở rộng mô hình mô phỏng cho nhiều chủng loại role khác nhau với các đối tượng bảo vệ khác nhau.

5. Hướng phát triển của đề tài: Để phương pháp thí nghiệm role bảo vệ trong trạm biến áp tự động hóa sử dụng giao thức IEC 61850 đầy đủ yêu cầu phải thực hiện kiểm tra tín hiệu tương tự theo nguyên tắc giá trị lấy mẫu và tín hiệu nhị phân bằng tín hiệu GOOSE. Với thời gian cho phép, nội dung luận văn chỉ thực hiện với tín hiệu GOOSE do hiện nay trên hệ thống điện Việt Nam chưa sử dụng thiết bị với giá trị lấy mẫu của tín hiệu tương tự. Trong tương lai khi các thiết bị nhất thứ thông minh được sử dụng, nội dung này cùng với chế độ kiểm tra mô hình dữ liệu IEC 61850 cần được bổ sung để hoàn thiện phương pháp thí nghiệm role bảo vệ sử dụng giao thức IEC 61850.