

네트워크 기반 보호계전기 시뮬레이터용 저전압 계전 알고리즘 모듈 구현

김철훈, 민승기, 최동성, 강상희
명지대학교

Development of an Under-Voltage Relay Algorithm Module for a Network Based Protective Relay Simulator

Cheol-Hun Kim, Seung-Ki Min, Dong-Sung Choi, Sang-Hee Kang
Myongji University

Abstract - This paper proposed an under-voltage relay algorithm module for a network based protective relay simulator. The simulation system is based on the client-server paradigm. The relaying simulator which consists of server-side relay models and user interface provides network-based simulation environment for a variety of protective relaying algorithms. The performance of the relay algorithm was verified by comparing the results of under-voltage relay algorithm in the simulator with the results of the C language implementation.

1. 서 론

계전 알고리즘 시뮬레이션은 보호계전기의 개발과정은 물론 현장 고장발생 후 계전기 동작 사례분석 시에도 매우 중요한 사항이 된다. 계전 알고리즘 개발자는 서로 다른 계전 알고리즘의 성능을 비교하기 위한 수단이 필요하고, 이를 위해 클라이언트-서버 구조의 시뮬레이터 환경이 제안되었다[1,2].

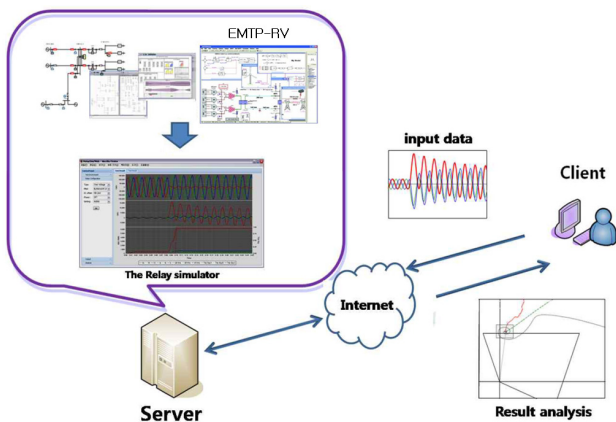
일반적으로 계전 알고리즘 성능 검토는 하드웨어 기반 테스트와 소프트웨어 기반 시뮬레이션을 사용하여 왔다. 하드웨어 기반 테스트에서는 특정 계전기에 탑재된 알고리즘 소프트웨어만 검토가 가능해 유연성이 낮은 반면, 소프트웨어 기반 시뮬레이션에서는 해당 소프트웨어 프로그램에 정의된 계전 알고리즘이 단순한 형태로 구현되어 있어 효용성이 떨어진다.

이와 같은 단점들을 극복하기 위해 네트워크 기반 보호계전 알고리즘 시뮬레이션 시스템이 제안되었다. 본 논문에서는 네트워크 기반 보호계전 알고리즘 시뮬레이션 시스템을 위한 저전압 계전 알고리즘 모듈을 구현하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구조

<그림 1>은 본 논문에서 구현된 서버의 시스템 구조를 나타내고 있다. 사용자는 일반적인 웹 브라우저를 통해 시뮬레이터에 접속하여 계전 알고리즘의 기능을 수행할 수 있다.



<그림 1> 네트워크 기반 시뮬레이션 시스템

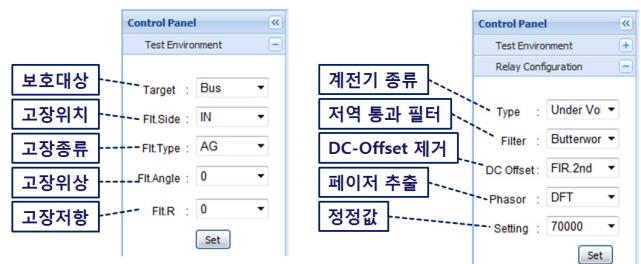
서버는 모든 개발 환경을 웹 브라우저를 통해 사용자에게 제공한다. 기본적으로 이 시스템은 개방루프 테스트용이지만 의사 페루프 테스트 방법을 통해 폐루프 테스트도 가능하다[3].

2.1.1 서버 및 사용자 인터페이스 디자인

본 시뮬레이터는 기능적으로 계전 알고리즘, 웹서비스, 데이터베이스의 기능을 포함한다. C언어를 사용하여 계전 알고리즘을 구현하고, Java를 사용하여 사용자 인터페이스와 웹 서비스를 구현하였다. 통합개발 환경은 Eclipse를 사용하여 구성하였다. 테스트 데이터 관리를 위해 MySQL을 사용하였으며, Tomcat을 사용하여 웹 서비스를 위한 서블릿 컨테이너(Servlet Container)를 구성하였다. 본 시뮬레이션 시스템은 32bit Windows OS 기반의 서버에서 구현하였다.

사용자가 웹 브라우저를 통해 서버에 접속하게 되면 인증과 권한부여 절차를 거쳐 시스템을 사용하게 된다. 사용자 등록과정을 거친 사용자들은 일정 그룹으로 분류되어 그에 따른 권한을 부여받는다. 그 권한에 따라 계전 기능 요소별 컴포넌트 수와 컴포넌트별 입출력 데이터, 테스트 결과 데이터의 저장기능이 제한된다. 인증과 권한부여 절차 후에 사용자 인터페이스(UI)가 표시된다.

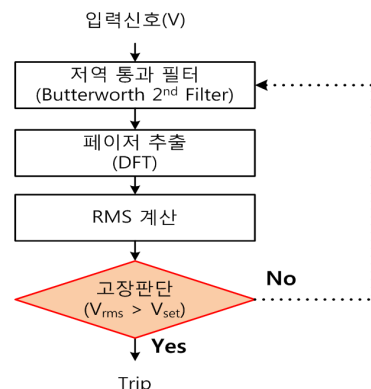
웹 브라우저를 이용한 시뮬레이터 사용자 인터페이스(UI)는 좌측 상단의 제어패널(Control Panel)과 우측의 결과표시부로 구성된다. 좌측의 제어패널은 테스트환경, 계전기구성, 출력, 분석관련 변수 입력부로 구성된다. 메뉴트리 구성은 제어패널에 Ajax 기술을 적용하여 사용자가 선택하는 요소에 따라 이후 선택할 수 있는 요소가 변경된다. <그림 2>와 같이 각 기능을 선택하여 시뮬레이션을 실행 할 수 있다.



<그림 2> 보호 대상에 따른 시뮬레이션 선택 메뉴

2.1.2 저전압 계전기 모델 라이브러리 구축

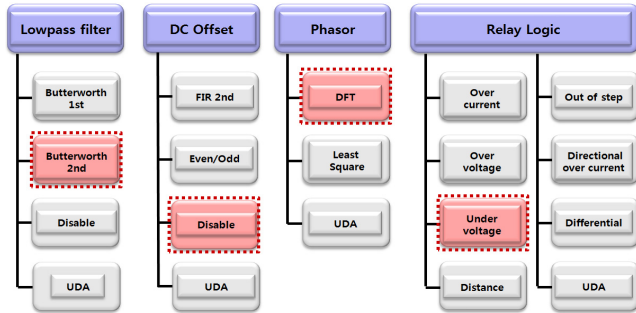
<그림 3>은 본 논문에서 사용된 저전압 계전 알고리즘의 흐름을 나타내고 있다. 저역 통과 필터를 거친 입력신호를 다운 샘플링 한 후 DFT를 이용하여 페이저를 구하고, RMS값이 정격전압의 80%이하로 저하되면 트립신호를 보낸다.



<그림 3> 저전압 계전 알고리즘 흐름도

저전압 계전 알고리즘 시뮬레이션 시스템은 실제 계전기의 일반적인 구조와 동일하게 구축 되었으며, 저전압 계전기의 각 기능 요소는 유연성을 높이기 위해 상호 독립적으로 설계 되었다.

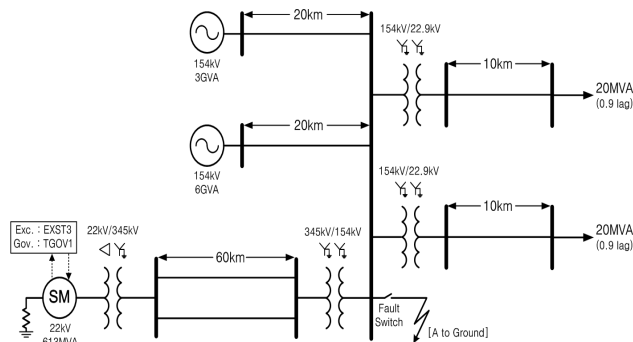
서버에 구축된 보호계전 알고리즘 모델 구성의 실행순서는 지역 통과 필터, DC-Offset 제거, 페이저 추출, 마지막으 계전기 로직 순으로 실행된다. 알고리즘 모델 구성 순서는 고정이지만, 사용자가 원하는 대로 그 구성요소를 선택하여 변경할 수 있다. 저전압 알고리즘을 위한 모듈 구성은 <그림 4>와 같다. 지역 통과 필터로는 Butterworth 2차 필터, 페이저 연산을 위해서는 DFT를 선택하였고, 저전압 계전기 이므로 DC-Offset 제거 필터는 사용하지 않았다.



<그림 4> 저전압 계전 모듈 구성

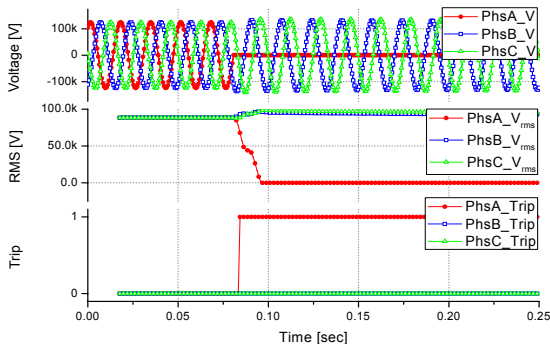
2.2 네트워크 기반 시뮬레이터용 저전압 알고리즘 테스트

시뮬레이터를 이용한 저전압 계전 알고리즘 테스트를 위해 <그림 5>와 같은 계통을 EMTP-RV로 구성하였다. 입력파형은 주기당 512샘플링을 하였고, 5주기 후 154kV 모선에서 고장저항 0[Ω]인 A상 지락 고장을 모의하였다. 구현한 모듈의 성능 검증을 위해 C언어를 이용한 저전압 계전 알고리즘의 결과와 네트워크 기반 저전압 계전 알고리즘의 결과를 비교하였다.



<그림 5> 네트워크 기반 시뮬레이션 시스템에 사용된 전력 계통도

2.2.1 C언어로 구현된 알고리즘 테스트

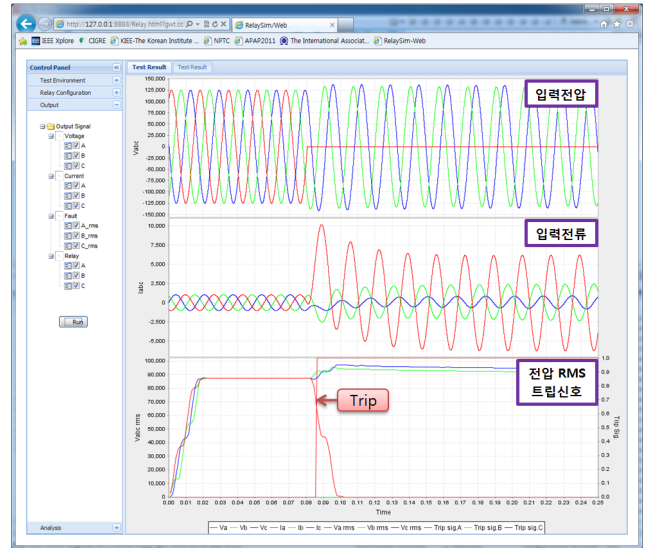


<그림 6> C언어로 구현된 저전압 계전 알고리즘 테스트 결과

<그림 6>은 C언어로 구현된 저전압 계전 알고리즘의 테스트 결과를 입력신호, RMS, 트립신호 순으로 나타내고 있다. 고장발생 시간인 5주기 후에 A상 전압의 RMS값이 정정상압의 80% 이하로 저하되어 트립신호가 발생했다.

2.2.2 네트워크 기반 보호계전기 시뮬레이터를 이용한 테스트

<그림 7>은 네트워크 기반 보호계전기 시뮬레이터를 이용한 저전압 계전 알고리즘 테스트 결과를 입력신호, RMS, 트립신호 순으로 나타내고 있다. C언어로 구현된 저전압 알고리즘 테스트 결과와 동일하게 고장발생 시간인 5주기 후에 A상 전압의 RMS값이 정정상압의 80% 이하로 저하되어 트립신호가 발생했다.



<그림 7> 네트워크 기반 보호계전기 시뮬레이터를 이용한 저전압 계전 알고리즘 테스트 결과

<그림 5>의 모델 계통에서 모의한 여러 고장데이터를 이용하여 검증한 결과 C언어로 구현된 저전압 알고리즘 테스트 결과와 네트워크 기반 보호계전기 시뮬레이터용 저전압 알고리즘 모듈이 일치하였다. 이와 같이 네트워크 기반 저전압 알고리즘 모듈이 올바르게 구현되었음을 확인하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 네트워크 기반으로 구현한 보호계전기 시뮬레이터용 저전압 계전 알고리즘 모듈을 제안하였다. 본 시스템 서버는 모든 개발 환경을 웹 브라우저를 통해 사용자에게 제공한다.

본 모듈을 사용하여 보호계전 알고리즘 개발자나 현장 보호관련 엔지니어들이 복잡한 절차를 거치지 않고 웹에서 간편하고 정확하게 저전압 계전 알고리즘을 테스트 할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(2011-0000151)이며, 본 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았다.

[참 고 문 헌]

- [1] P.G.McLaren, G.Benmouyal, S.Chano, A.Girgis, C.Henville, M.Kezunovic, L.Kojovic, R.Martila, M.Meisinger, G.Michel, M.S.Sachdev, V.Skendzic, T.S.Sidhu, D.Tziouvaras, "Software models" for relays," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 16, No. 2, pp.238-245, April 2001.
- [2] T. S. Sidhu, M. T. Selvy, A. Das, "A Client-server paradigm for protection studies", IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, Vol. 1, pp.303-308, Sept 2003.
- [3] T. S. Sidhu, M. T. Selvy. "A New concept for enhanced simulation of power systems", IPST International Conference on Power Systems Transients, June 2005