

네트워크 기반 보호계전기 시뮬레이터용 과전류 계전 알고리즘 모듈 구현

박건호, 김동희, 고자영, 강상희
 명지대학교 전기공학과

Development of an Over-Current Relaying Algorithm Module for a Network-Based Protective Relay Simulator

Gun-Ho Park, Dong-Hee Kim, Ja-Young Ko, Sang-Hee Kang
 Department of Electrical Engineering, Myongji University

Abstract - In this paper, an over-current relay algorithm module for a network-based protective relay simulator is proposed. The proposed protective simulator is based on the client-server paradigm. The module composed of a server and user interface provides a network-based simulation environment.

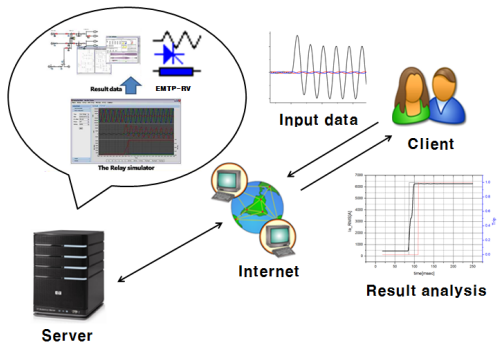
1. 서 론

계전 알고리즘 시뮬레이션은 보호계전기의 개발 과정은 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 제안 되었다.[1] 본 논문은 네트워크 기반 보호계전기 시뮬레이터용 과전류 계전 알고리즘 모듈을 구현하여 네트워크 시뮬레이터 환경에 모듈을 추가 하였고, 클라이언트 PC에서 네트워크를 이용, 서버로 접속하여 과전류 계전 알고리즘 모듈을 테스트 하였다. 테스트에 사용된 전력 시스템 모의 프로그램은 EMTP-RV를 사용하였고, 154kv-22.9kv 전력 계통을 구성, 배전선로 고장을 모의하였다.

2. 본 론

2.1 네트워크 기반 서버 기능

<그림 1>은 네트워크 기반 시뮬레이션 시스템 구조를 나타내고 있다. 네트워크 서버는 소프트웨어 시뮬레이터 기능을 한다. 서버는 모든 개발 환경을 웹 브라우저를 통해 사용자에게 제공하게 된다. 그러므로 서버는 사용자가 원하는 보호대상에 따른 다양한 보호 계전 모듈을 갖추고 있어야 한다. 본 논문은 과전류 계전 알고리즘 라이브러리를 구축 하여 네트워크 기반 과전류 계전 모듈을 구현, 기존의 네트워크 기반 서버에 추가 하였다.



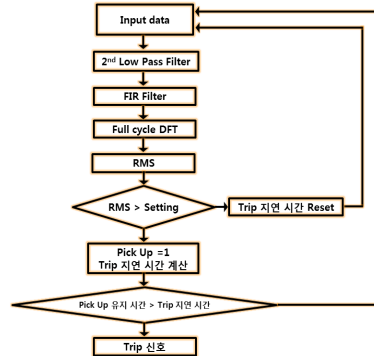
<그림 1> 네트워크 기반 시뮬레이션 시스템

2.2 과전류 계전 알고리즘 라이브러리 구축

과전류 계전 알고리즘 라이브러리는 C언어를 사용하여 과전류 계전 알고리즘을 구현하고 Java를 사용하여 사용자 인터페이스와 웹 서비스를 기존 서버 환경에 추가 하였다.

2.2.1 과전류 계전 알고리즘

C언어로 구현한 과전류 계전 알고리즘 순서도는 <그림 2>와 같다. 지역통과필터(LPF)를 통과한 입력 신호를 FIR필터에 통과시켜 DC성분을 제거 한다. FIR필터 출력신호로부터 기본파 페이저를 추정 하기위해 Discrete Fourier Transform(DFT)를 통해 실효값을 계산한다.



<그림 2> 과전류 계전 알고리즘 순서도

DFT의 실수부, 허수부에 대한 식(1),(2)는 다음과 같다.

$$I_{real} = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} i_k \cos\left(\frac{2\pi k}{N}\right) \quad (1)$$

$$I_{imaginary} = -\frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} i_k \sin\left(\frac{2\pi k}{N}\right) \quad (2)$$

위 식(1)과 식(2)를 이용하여 실효치(RMS)를 식(3)과 같이 구한다.

$$I_{RMS} = \frac{\sqrt{I_{real}^2 + I_{imaginary}^2}}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

위의 식과 같이 구한 실효치가 정정치보다 큰 경우 Pick up 되고 TC 곡선에 따른 차단지연 시간을 계산하게 된다. Pick up 유지 시간이 누적되어 계산된 차단지연 시간 이상이 되면 차단기를 개방시키기 위한 최종 차단 신호를 출력하게 된다.

표 1은 한국 전력 공사의 종합자동화용 디지털 과전류계전기 구매시방서에 명기된 한시 특성값 및 차단 지연시간 계산식을 나타내었다.

<표 1> TC곡선의 한시특성 및 계수 특성값

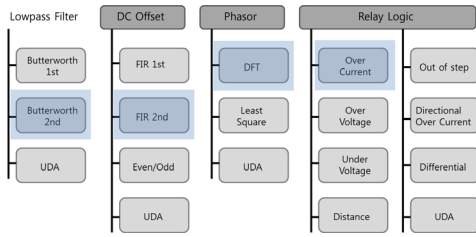
한시 특성	특성값			
	K	A	C	M
강제한시 계산식				
$t = \left[\frac{K}{\left(\frac{G}{G_b}\right)^A - 1} + C \right] \times \frac{M}{10}$	39.85	1.95	1.95	1

G: 계전기 입력 실효, G_b: 정정치(동작전류 150%) M: 동작 조정치

2.2.2 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈 구현

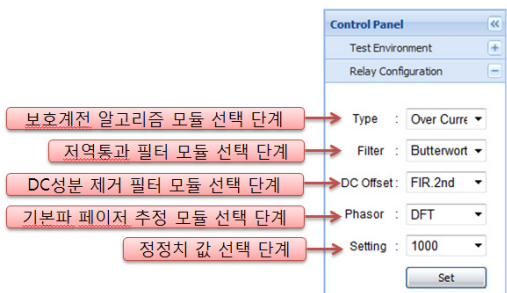
현재 개발된 보호계전 알고리즘 시뮬레이터 시스템은[3] 기능적으로 계전 알고리즘 및 웹서비스, 데이터베이스의 기능을 포함하고 있다. 본 논문에서 제안한 과전류 계전 알고리즘 모듈을 서버에 구축하기 위하여 서버의 환경에 맞는 웹서비스, 데이터베이스를 추가 하여야 한다. <그림 3>은 현재 서버에 구축되어있는 모듈을 나타낸 것이며, 그림에 표시된 부분인 지역통과 필터 선택 단계의 Butterworth 2차 모듈, DC성분 제거

필터 선택 단계의 FIR 2차 모듈, 보호계전 알고리즘 선택 단계의 과전류 계전 알고리즘 모듈 및 정정치 값 선택 모듈을 기존의 서버에 추가하였다.



〈그림 3〉 네트워크 서버의 보호 계전 모듈 구성요소

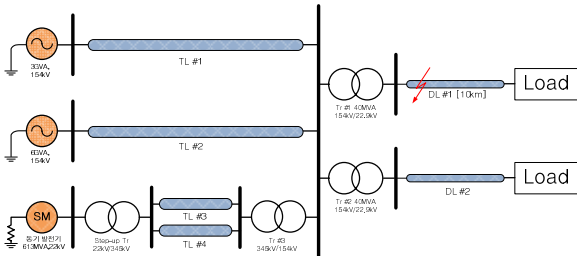
〈그림 4〉는 각 단계별 모듈을 선택할 수 있는 메뉴트리(Menu Tree) 인터페이스(UI)이다. 메뉴트리의 구성은 제어패널에 Ajax 기술을 적용하여 사용자가 선택하는 요소에 따라 이후 선택할 수 있는 요소가 변경된다. 본 논문에서 제안한 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈을 아래 그림과 같이 계전기 모듈 선택 단계에 추가 하였다.



〈그림 4〉 사용자 선택 메뉴트리 인터페이스(UI)

2.3 과전류 계전 알고리즘 모듈 시뮬레이션 테스트

과전류 계전 알고리즘 모듈 시뮬레이션 테스트를 하기 위해 〈그림 5〉와 같은 전력계통을 EMTP-RV로 구성 하였으며, 22.9[kV] 배전선로 (DL #1)고장을 모의 하였다.



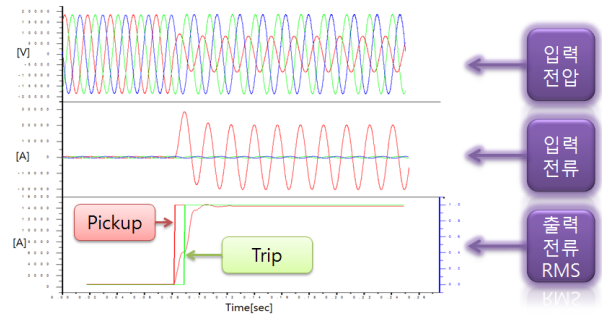
〈그림 5〉 배전계통 고장 모의 계통도〉

고장모의 시 투입 전압 위상각은 0도, 고장 저항 0[Ω], 선로의 10% 지점에 a상 지락 고장 모의를 하였다.

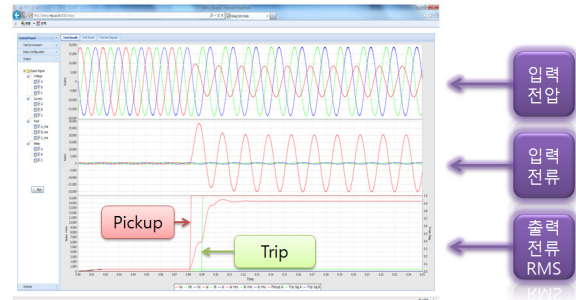
2.3.1 과전류 계전 알고리즘 모듈 시뮬레이션 테스트 결과

서버에 추가한 과전류 계전 알고리즘 모듈 시뮬레이션 테스트 결과를 검증하기위해 동일한 입력 데이터를 이용, C언어로 구현한 과전류 계전 알고리즘과 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈 시뮬레이션 결과인 전류의 실효값과 Pick-up, 차단동작 시간을 비교하였다. C언어는 Visual c++ 프로그램을 사용하였고, 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈 웹브라우저를 이용하여 서버로 접속, 시뮬레이션을 수행 하였다. 정확한 과전류 계전 알고리즘을 비교하기 위해 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈 테스트 시 각 단계별 모듈을 C언어로 구성한 저역통과필터(LPF) 및 DC성분 제거 필터(FIR), DFT를 동일한 조건이 되도록 선택 하였다.

〈그림 6〉과 〈그림 7〉은 각각 C언어로 구현한 과전류 계전 알고리즘 결과와 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈 시뮬레이션 결과 그래프이다. 두 그림모두 첫 번째 파형은 입력 전압, 두 번째 파형은 입력 전류, 세 번째 파형은 출력 전류의 실효값 및 Pick, 차단동작 시간을 나타내고 있다.



〈그림 6〉 C언어로 구현한 과전류 계전 알고리즘 결과 그래프



〈그림 7〉 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈 결과 그래프

두 그림의 세 번째 그래프에서 고장 이후 출력 전류 정상상태의 실효값이 일치하고, Pick up 및 차단동작 시간도 일치함을 확인할 수 있다. 이러한 값으로부터 C언어로 구현한 과전류 계전 알고리즘이 서버의 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈로 정확하게 구현되었음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문은 네트워크 기반 시뮬레이터용 과전류 계전 알고리즘 모듈 구현을 제안하였다. 구현한 모듈을 검증하기위해 C언어로 구현한 과전류 계전 알고리즘과 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈 시뮬레이션 결과를 비교함으로써, 제안한 네트워크 기반 과전류 계전 알고리즘 모듈이 서버에 올바르게 구축되었음을 확인 하였다.

보호계전 알고리즘 개발자나 현장 보호관련 엔지니어들이 손쉽게 웹브라우저를 통하여 과전류 계전 알고리즘 요소를 보다 쉽고 빠르게 테스트할 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] T. S. Sidhu, M. T. Selvy, A. Das, "A Client-server para digm for protection studies", IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, volume 1, pp303-308, Sept 2003
- [2] T.S. Sidhu, M. T. Selvy. "A New concept for enhancedsimulation of power systems", IPST International Conferenc e on Power Systems Transients, June 2005
- [3] 유성록, 오세승, 강상희, 박건호, "네트워크 기반 보호 계전 알고리즘 시뮬레이션 시스템 개발" 대한전기학회 전력기술부문회, 전력계통 보호 및 자동화 연구회 2011년도 춘계학술대회 논문집, pp.64-65, 2011.4