

고정밀 발전기 보호계전기의 RTDS 모델을 이용한 발전단 사고 모의

박성우 조윤성 이철균 차승태 신재경
 LS산전 전력연구소 LS산전 전력연구소 LS산전 전력연구소 KEPRI KEPRI

Fault Simulation of Generating Bus Using RTDS Model of the Precise Generator Protection Relay

Park Sung Woo, Cho Yoon Sung, Lee Chul Kyun - LS Industrial Systems Co., Ltd.
 CHa Syeng Tae, SHin Jae Kyung - KEPRI

Abstract - 본 연구에서 개발한 실시간 시뮬레이터에 적용 가능한 발전단 사고 모의를 위한 정밀 모델 개발 목적은 발전단에서 발생하는 다양한 사고 중 전기적 형태로 모의 가능한 사고를 분류하고 실시간 시뮬레이터로 모의하도록 발전기 모델 및 보호계전요소 모델을 개발하여 이를 현장 실무 교육 및 훈련에 활용하기 위한 것이다. 본 연구에서는 RTDS/RSCAD로 구현 가능한 6가지 계전 요소(거리계전, 주파수, 역전력, 과여자, 과전압, 동기탈조)에 대해 모델링하였다. 그리고 보호계전기가 효과적인 보호계전을 수행할 수 있도록 계전기 신호 처리 모듈, 거리계전기 모듈, 역전력 모듈, 과여자 모듈, 주파수 모듈, 과전압 모듈, 동기탈조 모듈을 UDC를 이용하여 개발하였다. 그리고, 각 요소의 출력에 대해서 Flex Logic을 이용하여 최종적으로 계전기의 트립을 결정하는 모듈을 개발하였다. 또한 발전단 사고에 따른 발전기 보호 과정을 모의함으로써 발전회사 발전기 운전원들이 실제적인 발전기 동특성 및 발전기 보호계전기의 동작을 이해할 수 있도록 하였다.

Estimation 기법 중에서 Discrete Fourier Transform(DFT)가 널리 사용되며, 이 기법을 통해 기본파 성분을 추출하고 고조파 성분을 제거할 수 있다. 하지만 DC offset에는 취약해 본 연구에서는 DC offset 제거 모듈을 개발하였고, DFT 기능을 추가로 개발하였다. 개발된 신호처리 모듈은 시뮬레이션의 time step을 단축시키는 효과도 있다.

2.1.2 Dynamic Test를 위한 Two-area 계통 구성

본 논문에서는 발전단 사고 보호 모의를 위하여 Static Test, Dynamic Test의 두 가지 방식으로 계통을 구성하여 모의를 진행하였다. Static Test는 제어 가능한 전원을 모델링하여 발전기 보호계전기의 기능을 시험하는데 이용하기 위한 것이다. Dynamic Test는 발전기 내부사고 및 외부사고 발생시 발전기의 과도상태 및 발전기 보호계전기의 동작 특성을 파악하기 위해 4개의 발전기를 가진 Two-area 계통을 RTDS/RSCAD 상에서 구현하여 모의를 수행하였다. Dynamic Test를 위한 모의 계통은 그림 1과 같다.

1. 서 론

발전기는 전기 및 기계적인 요소들이 복합적으로 연결되어 있기 때문에 고장 발생시 복잡한 현상을 수반하게 된다. 따라서 고장 발생시 발전기의 출력 및 주파수, 전압 및 전류 등을 모니터링하여 발전기를 효과적으로 보호하는 것이 필요하다. 발전기 보호방식은 고장 충격으로 인하여 발전기가 소손되는 것을 방지하는 요소가 대부분이며, 보호계전기 정정도 기계적인 내력을 고려하여 정정하는 것이 중요하다. 또한, 계통의 비정상 상태를 효과적으로 검출하여 실비를 보호하기 위해서는 발전소 계통의 전기 및 기계적인 특성을 이해하고 제작사별 제시하는 매뉴얼 및 정정률을 기준으로 정정해야 한다.

2. 본 론

2.1 발전단 사고 보호 모의 계통의 구성

2.1.1 발전기 보호계전기 모델

개발된 발전기 보호계전기는 효과적인 보호계전을 수행할 수 있도록 계전기 신호 처리 모듈, 거리계전기 모듈, 역전력 모듈, 과여자 모듈, 주파수 모듈, 과전압 모듈, 동기탈조 모듈로 되어 있으며 모두 UDC를 이용하여 개발하였다. 그리고 각 계전 요소의 출력에 대해서 Flex Logic을 이용하여 최종적으로 계전기의 트립 또는 알람을 결정하는 모듈을 UDC로 개발하였다.

이 중 계전기 신호 처리 모듈의 개발 내용에 대해 간략히 설명하면 다음과 같다.

최근 Digital Relay가 사용됨에 따라 Phasor

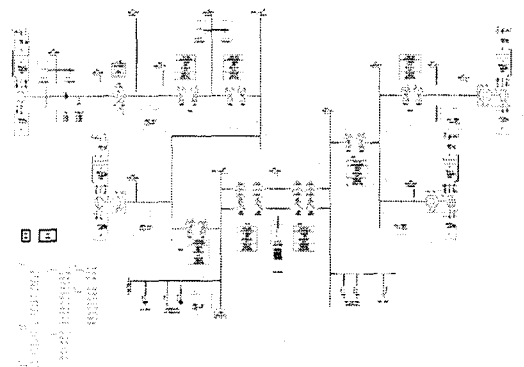


그림 1 Dynamic Test를 위한 Two-area 계통의 구성

2.1.3 발전기 보호 모의 시나리오

발전단 사고 보호 모의는 다음과 같이 외부사고와 내부사고로 나누어 6개의 계전요소에 대하여 개별 또는 통합적으로 모의가 진행하였다.

- 발전기 외부사고
 - 발전단 인근에서의 선로 사고(21)
 - 발전기 탈락 및 부하변동으로 인한 비정상 주파수 현상(81)
 - 발전단 인근 지락사고로 인한 지락과전압 현상(59)
 - 2회선 운전시 1회선 고장으로 인한 동기탈조현상(68)

- 발전기 내부사고
 - 조속기 이상으로 인한 발전기 모터링 현상(32)
 - 여자기 이상으로 인한 과여자 현상(24)

2.2 발전단 사고 보호 모의 결과

발전단 사고 보호 모의 결과 중 발전단 인근 선로사고와 비정상 주파수 현상에 대해 살펴보도록 하겠다.

2.2.1 발전단 인근 선로사고 모의

발전단 인근 선로사고 모의는 그림 2와 같이 1번 발전기에 연결된 선로의 50% 지점에서 5.0[sec]의 지속시간을 갖는 AB 단락사고가 발생한 경우이다.

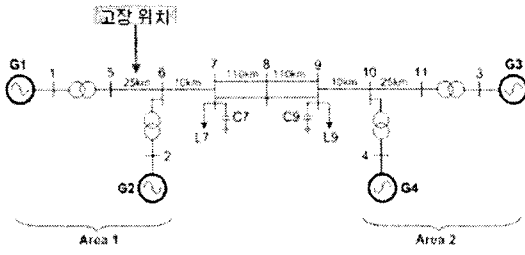
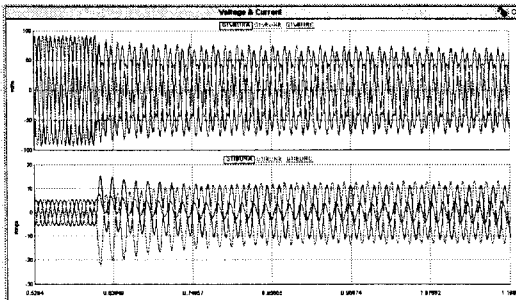
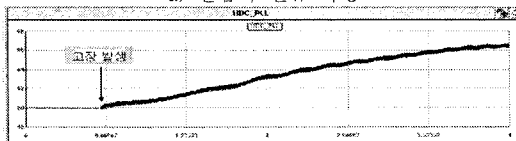


그림 2 발전단 인근 선로사고 모의 계통

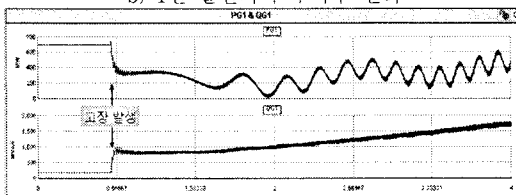
발전단 인근에서 선로사고가 발생했을 때 발전기의 과도현상 및 보호계전기의 동작특성을 그림 3을 통해 확인할 수 있다. 발전단 인근 선로사고가 발생하면 그림 3.b)에서와 같이 주파수가 상승하여 과주파수 요소(810)에 의해 ALARM 신호가 생성되고, 그림 3.d)와 같이 AB 단락 거리계전 요소가 2.511[sec]의 시지연을 가지고 동작하여 최종적으로 그림 3.e), f)의 결과를 얻게 된다. 이 결과를 토대로 발전단 인근 사고시 발전기의 응답특성과 보호계전기 동작의 신뢰성을 확인할 수 있다.



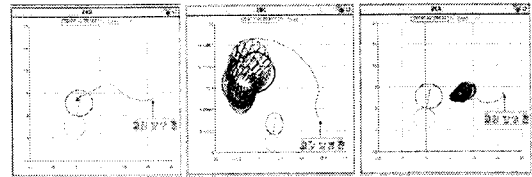
a) 전압과 전류 파형



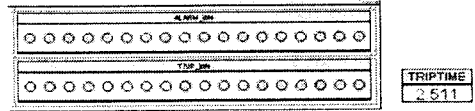
b) 1번 발전기의 주파수 변화



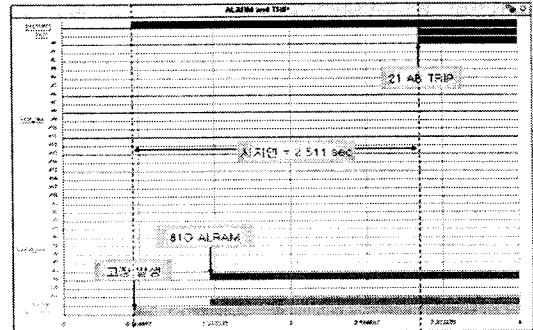
c) 유효전력과 무효전력의 변화



d) AB, BC, CA 거리계전요소의 동작



e) 발전기 보호계전기의 출력 및 시지연



f) 발전기 보호계전기의 세부적인 동작 확인
그림 3 발전단 인근 선로사고 모의 결과

2.2.2 비정상 주파수 현상 모의

비정상 주파수 현상 모의는 모든 발전기가 정상 운전시 인근 발전기(1번 발전기)의 탈락시 할당되는 부하의 증가로 인하여 저주파수 현상이 발생하는 경우에 대해 수행하였다. 모의를 위한 계통은 그림 4와 같이 2번 발전단에 계전기를 설치하여 구성하였다.

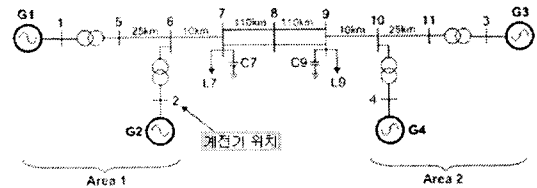
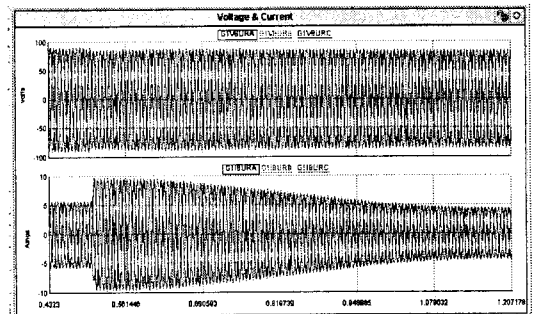
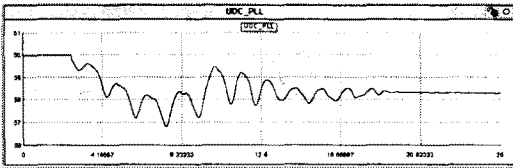


그림 4 비정상 주파수 현상 모의 계통

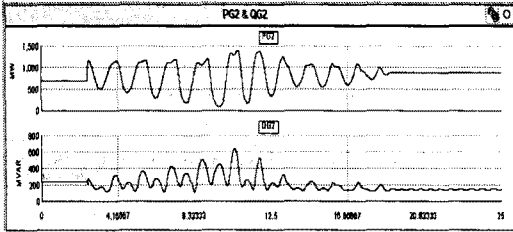
1번 발전기가 탈락했을 때 2번 발전기의 응답 특성과 보호계전기의 동작특성을 그림 5를 통해 확인할 수 있다.



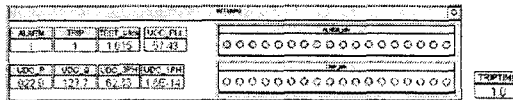
a) 전압과 전류 파형



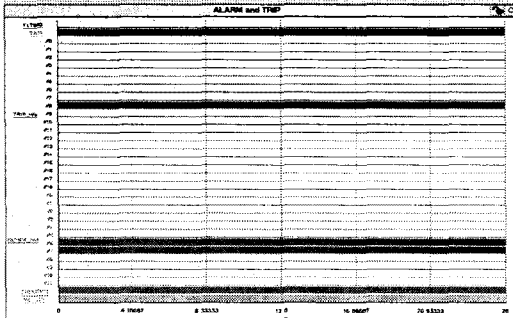
b) 1번 발전기의 주파수 변화



c) 유효전력과 무효전력의 변화



d) 발전기 보호계전기의 출력 및 시지연



e) 발전기 보호계전기의 세부적인 동작 확인
그림 5 비정상 주파수 현상 모의 결과

주파수는 그림 5.b)와 같이 감소하고 발전기 2의 출력은 그림 5.c)와 같이 증가하여 결과적으로 저주파수 계전요소인 81U에 그림 5.d), e)와 같이 의해 두 개의 ALARM 신호와 한 개의 TRIP신호가 생성된다. 이 결과를 토대로 발전단 인근 사고시 발전기의 응답특성과 보호계전기 동작의 신뢰성을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 6개의 계전요소(거리계전, 주파수, 역전력, 과여자, 과전압, 동기탈조)와 DC offset 기능을 가진 신호처리 모듈로 구성되어 있으며 발전기 보호계전기를 RTDS UDC를 이용하여 구현하였다. 이를 이용한 발전단 사고보호 모의를 위해 Two-area 계통을 구성하여 발전단 내부사고와 외부사고시 발전기의 응답특성을 관찰하고 보호계전기 동작의 신뢰성을 검증하였다. 따라서 본 연구 결과는 현장 실무 교육 및 발전회사 발전기 운전원들이 발전단에서의 파도현상과 보호계전기의 동작을 이해하는데 도움이 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] GE Multilin, "G60 Generator Management Relay - UR S series Instruction Manual", Ver. 4.6x, 2005
- [2] Gerhard Ziegler, "Numerical Distance Protection - Principles and application", 1999