

RTDS를 이용한 변전소 시뮬레이터 개발에 관한 연구

이덕수, 안복신
P&C Tech.

임성일, 이승재, 장성철
명지대학교 차세대전력기술연구센터

Development of a Substation Simulator
using Real Time Digital Simulator

D.S. Lee, B.S. Ahn,
P&C Tech.

S.I. Lim, S.C. Chang, S.J. Lee
Myongji Univ. Next-Generation Power Technology Center

Abstract - This paper proposes a real-time simulator that can simulate dynamic changes of a substation for intelligent SCADA system. The simulator consists of RTDS, voltage and current amplifier, IED, and RTU. The simulator is verified by system implementation and event simulation of a substation.

부분으로 구성되며, RTDS를 이용하여 실시간으로 계통의 상황 변화를 모의할 수 있도록 하였다.

1. 서 론

전력계통 보호 및 제어 시스템은 계통에 발생한 고장으로부터 건전한 계통을 분리하고, 그 피해를 최소화하기 위한 매우 중요한 개념으로, 적절한 계통 보호제어를 위해서는 각종 보호설비가 적절히 조정되어 있어야 하나, 전력계통은 운영조건이 수시로 바뀌는 특성을 가지고 있어, 최적의 상태로 운영하는 것은 현재의 기술로는 불가능하다. 또한 산업 사회의 발달로 양질의 전기를 정전 없이 공급하기 위한 많은 노력이 이루어지고 있으며, 산업 발달로 인하여 전자기술적 장에 민감한 장비들의 보급이 확대됨에 따라 전기품질에 대한 관심이 높아지고 있다. 부가적으로 전력산업의 구조개편으로 하나의 조직체 안에서 공유되던 다양한 정보가 서로 다른 조직체간에서 전달되어야 한다. 개방성과 보안성을 갖는 지능형 스카다 시스템 개발을 위하여 모션, 뱅크 그리고 변전소 연계 배전선로 등의 고장 및 이상상태 등을 모의할 수 있는 변전소 시뮬레이터 개발이 필요하다.

최근 RTDS(Real Time Digital Simulator)를 이용한 많은 연구가 진행되고 있으며 전력계통 해석 및 현장 모의시험 그리고 계통에 사용되는 장치들의 모델을 개발하는 연구가 진행되고 있다[1-2]. 본 논문에서는 전력계통 해석용 실시간 시뮬레이터인 RTDS를 이용하여 변전소의 다양한 상태를 모의하고, 각 부분의 전압, 전류를 보호계전기 및 IED(Intelligent Electronic Device)에 입력하여 보호시스템을 동작할 수 있도록 구성하여, 보호제어 장치의 응답을 피드백 하여 선로를 차단하고 모션을 절제 하는 등의 시뮬레이션 모듈 그리고 RTU(Remote Terminal Unit)를 통하여 변전소 각 부분의 아날로그 및 디지털 데이터를 데이터베이스 서버에 전송하는 실시간 변전소 시뮬레이터를 제안한다. 또한 시스템 구축 및 다양한 변전소 이벤트 모의를 통하여 지능형 스카다 시스템 지원 효과 및 그 효율성을 검증하였다.

2. 변전소 시뮬레이터의 구성

2.1 전체 시스템 구성도

그림 1은 변전소 시뮬레이터의 전체 시스템 구성을 나타낸다. 크게 전력계통의 다양한 상황을 시뮬레이션 하는 부분, 보호 및 제어 시스템 부분, 그리고 아날로그, 디지털 스카다 측정 포인트 데이터 취득하고 통신을 통하여 데이터베이스 서버에 전송하여 저장하는 세 개의

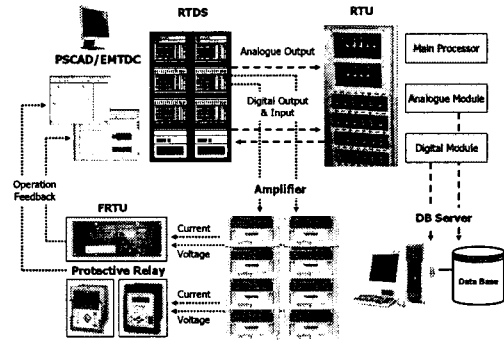


그림 1 전체시스템 구성도

2.2 하드웨어 구성

2.2.1 RTDS

표준 154[kV] 변전소의 정상운전 상태 및 이상상태를 실시간으로 모의하기 위한 시스템으로 Draft 모듈을 이용하여 변전소 및 보호 시스템을 모델링 하고 아날로그 및 디지털 입출력 하드웨어를 이용하여 스카다 시스템에 필요한 정보를 출력한다.

RTU와의 연계를 위한 아날로그 및 디지털 신호의 입출력 스펙은 표 1과 같다.

표 1 아날로그 및 디지털 입출력 스펙

신호 레벨	Analogue	Digital	High Voltage Digital
입력레벨	-10 ~ +10 Volts	5 Volts	250 Volts
출력레벨	-10 ~ +10 Volts	5 Volts	250 Volts

2.2.2 RTU

154[kV] 변전소의 각 배전선로, CB에 흐르는 전류, 각 모션의 전압, 차단기의 개별점접, 보호 시스템의 종합점접 출력을 측정하여 데이터베이스 서버에 데이터를 전송하고 제어신호를 전송하는 RTU는 다음과 같은 3가지 처리부로 구성되며 각각의 처리부는 다음과 같다.

- 주 처리부 : RTU 전체의 시스템을 관리하며 디지털 및 아날로그 처리부로부터 운전 중인 RTDS의 데이터를 데이터베이스 서버에 전송한다.

- 디지털 입출력 처리부 : RTDS의 디지털 입력과 출력을 처리한다. 디지털 출력부는 디지털 입력부의 입력점접 상태를 기록하고 디지털 출력을 통하여 제어명령을 수행한다.

- 아날로그 입출력 처리부 : RTDS를 이용한 각 모

선, 선로, CB에 흐르는 전류 및 전압 출력을 입력 받아 전압, 전류, 유효전력, 무효전력, 주파수, 역률 등 다양한 전기량을 생성하고 주 처리부로 전송한다.

2.2.3 지능형 보호기기

보호제어 시스템으로는 변전소의 뱅크와 모선을 보호하는 보호계전기, 배전선로를 보호하는 FRTU, 그리고 고장 및 이상상태의 전압 정보를 기록하고 분석하는 Fault Record로 구성된다.

- 보호계전기 : 순시 및 한시 동작 기능, Metering 기능, 고장데이터 및 이벤트 저장 및 표시기능을 갖는 과전류 계전기와 저전압 계전기를 대상으로 하였으며 RTDS의 출력 전압, 전류를 입력받아 동작하며 그 결과를 RTDS로 입력하여 실 계통에서 동작하는 것과 같은 시스템을 구현한다.

- FRTU : 선로에 고장 발생시 고장을 감지하여 리클로우저 및 자동화 개폐기를 개방하며, 다양한 전기량 측정 및 상태 모니터링 기능 수행한다.

- Fault Record : 모의 계통의 고장 발생시 중요 개소의 전압, 전류를 기록하여 고장 상황을 분석하고 정상상태의 전력 품질을 분석하는 등의 계통 상태 해석을 위해서 사용된다.

2.3 통신 프로토콜

현재 사용되고 있는 자동화 프로토콜에는 ELCOM (노르웨이), VDEW (독일), IEC870-5-101 (유럽), DNP3.0 (캐나다), UCA2.0 (미국) 등이 있으며 최근 국제적으로 UCA2.0과 IEC61850을 많이 사용하는 추세이다. DNP3.0은 네트워크를 통한 분산 및 지능적인 프로토콜로서 지능형 Slave 단말 장치의 사용이 가능하며, Unsolicited Response의 도입으로 Polling의 중요성이 감소되어 통신 트래픽을 방지함으로써 저속 네트워크에 적용 가능하며, 스카다 이벤트 정보를 강조하는 통신 규약이다.

변전소 시뮬레이터를 위하여 RTU 및 IED와 데이터 베이스 서버간의 통신 프로토콜로는 위와 같은 장점이 있어서 DNP3.0을 사용한다.

2.4 RTDS를 이용한 154[kV] 변전소 시뮬레이션

그림 2는 154[kV] 변전소의 단선도를 나타낸다.

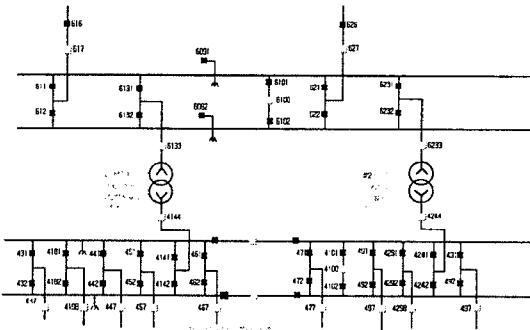


그림 2 154[kV] 변전소 단선도

RTDS를 이용한 변전소 모의를 위하여 그림 2와 같은 두개의 뱅크로 구성된 표준 154[kV] 변전소를 기반으로 하였다. 모의 계통은 8.5% 임피던스를 갖는 45/60[MVA] 2뱅크, 2중모선(2차는 섹션 CB로 분리), 연계 배전계통의 부하는 #1 뱅크에 35[MAV], #2 뱅크에 40[MAV]로 구성하였다.

위와 같은 모델 계통의 시뮬레이션 종류로는 변전소의 연계 배전선로 고장, 변전소를 구성하고 있는 변압기 및 모선의 고장, 그리고 전력품질을 측정할 수 있는 다양한

전자기적인 현상들이다.

- 배전 선로 고장 : 배전계통에 설치되는 FRTU (KDN-GA 및 KDN RA 제어함) 및 OCR(XR-216F, D2K-OG50, GD311-ABK01)등의 보호계전기를 모의하기 위한 것이다. 단락 고장 및 지락 고장을 모의하여 보호반의 재폐로 및 다양한 이벤트 기록을 확인 분석한다.

- 모선 고장 : 모선 고장시 건전 계통으로부터 고장 모선을 분리하고 정전 D/L을 다른 모선으로 절체하여 정전구간을 복구하는 과정을 모의하기 위한 것이다.

- 뱅크 고장 : 변압기 고장시 1,2차측 차단기를 개방하고 정전 모선을 다른 모선으로 절체하여 정전구간을 복구하는 과정을 모의하기 위한 것이다.

- 전력 품질 모의 : IEEE Std. 1159에서 정의하고 있는 전자기적 현상 중에서 표 2와 같은 모의 항목을 선정하였으며 배전 선로에서 전력품질 현상을 모의하였다.

표 2 전력 품질 모의항목

Categories			
Short duration variations	Interruption	Sag	Swell
Long duration variations	Interruption sustained	Under-voltages	Over-voltages
Voltage imbalance			
Waveform distortion		Harmonics	

3. 사례연구

다음의 그림 3은 154[kV] 변전소의 다양한 현상 및 보호제어시스템을 전력계통 해석용 실시간 시뮬레이터 (RTDS)로 모의하기 위하여 GUI 환경인 RTDS/PSCAD에서 구성한 드래프트(draft)화면이다.

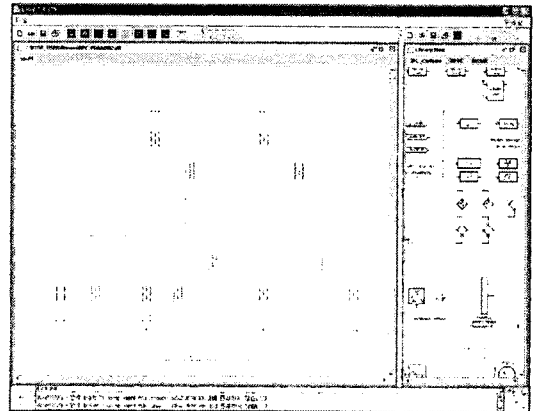


그림 3 모의 드래프트 화면 (RTDS/PSCAD)

그림 3에서 뱅크 고장시 차단기를 개방하고 모선을 구분하는 Section CB를 투입하여 정전된 모선을 복구하기 위한 일련의 과정을 모의하기 위하여 모의시퀀스를 구성하였고, 2차측 모선에 흐르는 전류와 전압의 아날로그 신호를 출력하고, 그리고 변압기 보호용 차단기, Section CB의 디지털 신호를 출력하고 외부에서 제어할 수 있도록 입력부로 구성하였다.

그림 4는 정상상태의 모선 1차측, 변압기 1·2차측, 모선 2차측 전압과 모선 1차측, 변압기에 흐르는 전류를 나타낸다.

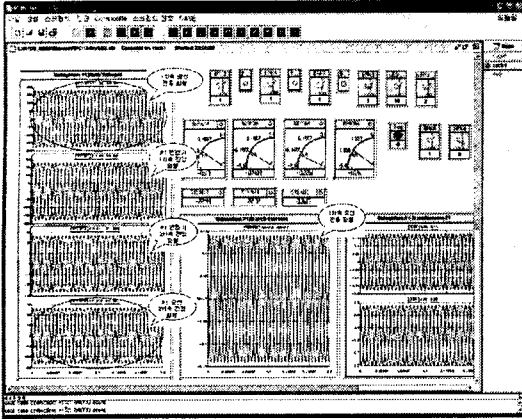


그림 4 정상상태의 런 타임 화면 (RTDS/PSCAD)

그림 5는 변압기 고장시 1·2차측 차단기를 개방한 후 실행 화면이다. 2차측 모션 전압이 0이 되었고 1차측 모선에 흐르는 전류도 #1뱅크에 연결된 부하만큼 탈락된 것을 알 수 있다.

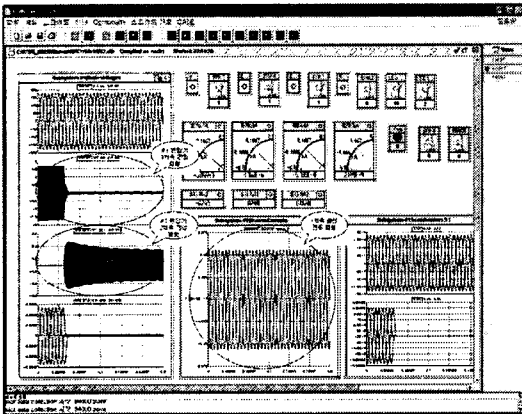


그림 5 변압기 1·2차측 CB 차단 후 런 타임 화면

그림 6은 #1뱅크에 연결된 정전선로를 복구하기 위하여 #2 모션으로 모션 절제 후 실행화면이다. #1뱅크에 연결된 2차측 모션 전압이 정상상태로 복구되었으며 모션 1차측 전류도 고장전과 같음을 알 수 있다.

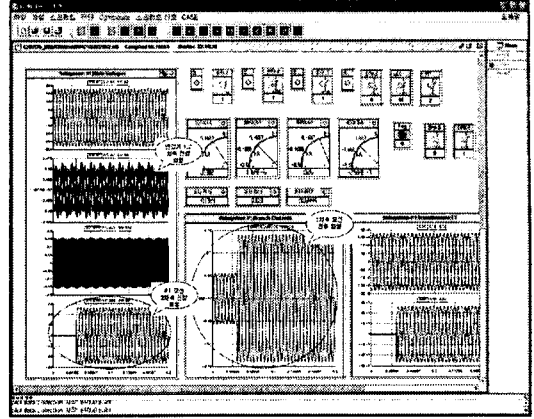


그림 6 모션 절제 후 런타임 화면

4. 결 론

본 논문에서는 RTDS를 이용한 154[kV] 변전소 시뮬레이터 개발에 관한 하드웨어의 구성 및 통신 프로토콜 그리고 활용방안을 제시하였다. 또한 시스템 개발 및 다양한 사례연구를 통하여 지능형 스카다 시스템 개발 지원을 위한 효용성을 검증하였다.

향후 연구계획으로는 1차 송전 계통의 보호 배전반 그리고 모션 및 변압기 보호 시스템을 RTDS/PSCAD 모듈로 구성하여 실 계통과 같은 환경을 구현하는 것이다.

[감사의 글]

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이주훈 외6, "RTDS를 이용한 초전도 한류기 모델 개발", 2002년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, A 권, pp.216-219, 2002
- [2] 성낙권, 박민원, 유인근, "RTDS를 이용한 Active Filter System Simulation 방법", 2003년도 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, pp.39-42, 2003
- [3] 이상호 역, "보호계전 시스템", 도서출판 세화, 1994
- [4] "Real-Time Digital Simulator Power System Components User's Manual", RTDS Technologies Inc. 1997.