



RTDS를 이용한 전력시스템 시뮬레이션 해석 분야

김재호 <대전대학교 소방방재학과 조교수>

1 서론

전기에너지의 사용량은 지속적으로 증가하고 있으며, 에너지 전송을 위한 설비의 용량 증가와 새로운 전력기기의 투입 등 계통은 점점 복잡·다양화 되고 있는 추세이다. 계통의 신·증설에 따른 주변선로와의 보호협조 문제, 신 전력기기 투입 시 정상 및 과도상태에서의 동특성 변화 등을 실증시험 및 시뮬레이션 해석을 통해 계통에 미치는 영향에 관하여 사전 검토해야 한다. 하지만 실증시험을 위해서는 주변 인프라 구축과 이를 위해 소요되는 시간과 비용, 실 선로와 동일한 시험계통 구성의 한계 등이 나타나며, 이와 같은 단점을 보완하기 위해 보다 정확한 시뮬레이션해석이 요구되어 지고 있다.

전력시스템을 해석하기 위해 PSCAD/EMTDC, RSCAD/RTDS, EMTP, PSS/E, Hypersim 등 다양한 시뮬레이션 프로그램 및 하드웨어가 사용되고 있다. PSCAD/EMTDC와 같은 소프트웨어는 전자기 과도현상(Electromagnetic Transient)을 이용한 PC 기반의 비 실시간(Non Real-time) 또는 오프라인으로 동작한다[1]. 최근에 사용되고 있는 비 실시간 소프트웨어의 모델링 능력은 전력계통을 상세하게 구현할 수 있을 뿐만 아니라 유저의 필요에 따라

수학적인 모델을 쉽게 구현할 수 있고 해석 결과의 정확도 또한 매우 뛰어나다. 하지만 전력전자 소자 기반의 전력변환기를 포함하여 시뮬레이션 해석을 수행할 경우 샘플링 타임 감소에 따른 연산량 증가로 인해 해석 시간이 길어지게 된다. 그 이유는 전자기 과도현상 시뮬레이션 소프트웨어의 경우 계통모델을 표현하는 모든 방정식이 개별 시간 간격(Time step)마다 계산되어 지기 때문이다. 그리고 보다 정확한 시뮬레이션 해석을 수행하기 위해서는 외부장치와 연계하여 기기의 동특성을 시뮬레이션 내에 구현할 수 있어야 한다. 예를 들어 외부 장치와 연계하여 Closed-loop 실시간 시뮬레이션이 가능한 RTDS(Real-Time Digital Simulator)를 이용한 보호계전기의 동특성 시험은 실제 계통을 모의 대상으로 전압과 전류가 동일하여 계전기 보호기능의 정확도를 판별할 수 있기 때문이다.

실시간 시뮬레이션이 가능한 RTDS는 Manitoba HVDC Research Center에서 1989년도에 세계 최초로 개발되었으며, 지금 현재까지 전력 산업분야의 연구와 교육 등에 광범위하게 사용되고 있다. RTDS는 실시간 연산을 수행하기 위한 고속의 프로세스로 병렬처리가 가능한 하드웨어와 전자기 과도현상을 기반으로 하는 소프트웨어(RSCAD)로 구성되어 있으

며, 일반적으로 전력계통에서 “실시간 시뮬레이션”은 모델링 되어 있는 계통의 연산을 완료하는데 소요되는 시간 간격이 50μsec 이하를 기준으로 하고 있다. RTDS의 경우 1~4μsec time step의 고속 스위칭이 필요한 FACTS(Flexible AC Transmission System) 시뮬레이션 해석 수행 또한 가능하며, 전력 시스템의 기술 고도화에 맞추어 해석과 평가 가능한 소프트웨어와 하드웨어를 업그레이드해 오고 있다.

RSCAD 소프트웨어는 전력계통 해석을 위해 요구되는 다양한 모델 컴포넌트와 사용자가 쉽게 계통을 구현하고 접근할 수 있도록 그래픽 기반으로 구성되어 있다. 그림 1은 소프트웨어 및 하드웨어로 구성되어 있는 RSCAD/RTDS와 전력 및 제어시스템 구성을 위한 다양한 모델 컴포넌트를 나타내고 있다[2].

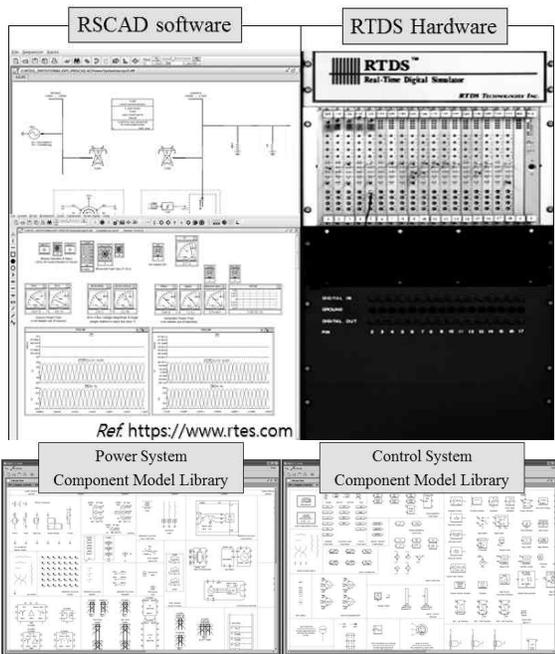


그림 1. RSCAD/RTDS 및 모델 라이브러리

2. RTDS의 주요 적용분야

RTDS는 보호협조 시스템, Smart Grid와 분산전

원, 전력전자, PHIL(Power Hardware in the Loop)등의 연구에 사용되고 있다.

2.1 보호협조 시스템 연구

그림 2에서와 같이 RSCAD/RTDS를 이용하여 계통을 모델링하고 디지털 및 아날로그 입·출력 카드를 통해 실 계통과 동일한 전압 및 전류로 보호계전기의 동특성을 시험할 수 있다. 모델링된 계통의 전압과 전류는 PT, CT, VCT와 같은 계측 모델 컴포넌트를 사용하여 D/A 컨버터를 통해 전압 및 전류 앰프로 증폭하여 신호를 전달하게 된다. 외부기기의 특성을 시뮬레이션내에 구현할 수 있는 동특성 시험은 정특성 시험과 비교하여 실 계통에서 발생할 수 있는 전압과 전류를 이용하여 Closed-Loop 시험이 가능하게 함으로써 보호기능의 정확도 판별, 실 계통 적용평가, 차단 로직의 정확도 판별, 주변선로와의 보호협조 문제 등 보다 정확한 해석 수행을 통한 계통의 안정성을 확보할 수 있다.

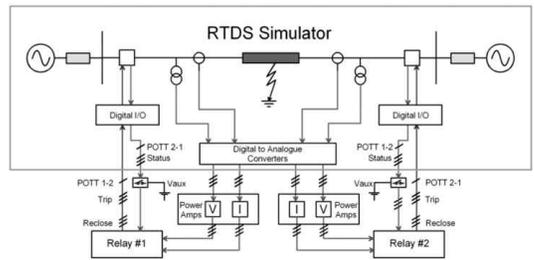


그림 2. 보호계전기 적용 시험 개념도[3]

2.2 Smart Grid 연구

전력 수요의 증가와 신재생에너지원 기술개발의 필요성이 확대되면서 수직적 전원공급 방식에서 수평적 양방향 공급방식으로 전환하기 위한 개발과 기술검토를 위한 연구에 실시간 시뮬레이션 해석 방법이 사용되어 지고 있다. 대표적 신재생에너지원으로 사용되고 있는 변환 시스템을 가진 이중여자발전기(DFIG)

및 영구자석 동기기(PMSM)를 포함한 다양한 형태의 풍력발전기와 태양광(Solar), 분산전원의 에너지 저장을 위한 축전지, 계통망에 연결되는 자동차(Vehicle to Grid), 새로운 통신 프로토콜(IEC 61850)에 대한 조사 연구 및 협조 검토, Microgrid와 분산전원 연계, 자동화 계통 시험 등을 위해 사용되어 지고 있다. 그림 3은 Smart Grid 시뮬레이션 해석을 수행하기 위한 개념도 이다[2].

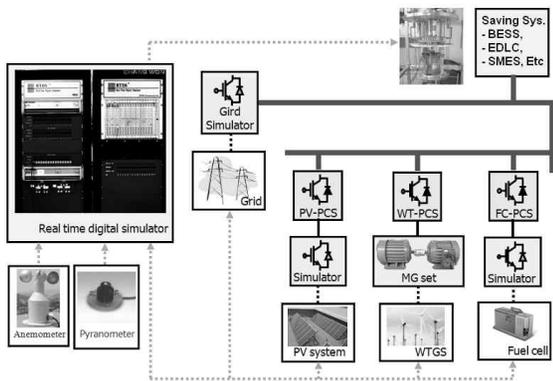


그림 3. Smart Grid 적용 시험 개념도

2.3 전력전자 분야 연구

전력시스템을 효율적으로 운영하기 위한 FACTS 기술 분야(SVC, TCSC, STATCOM, UPFC, SSSC)의 제어계통 설계와 검증 시험, 계통에 미치는 영향 검토가 이루어지고 있으며, HVDC(재래식 계통 및 VSC 기반의 제어방식) 전력 전송시스템과 전동기 운전장치(Motor Drives)를 위해 시뮬레이션이 사용되어 지고 있다.

RTDS의 효율성과 유연성을 바탕으로 VSC 기반 HVDC 장비의 control에 대한 공장 시스템시험(FST: Factory System Test)을 수행하기 위하여 실시간 시뮬레이터를 사용하고 있다. 또한 전력회사 계통으로부터 약 200km 이상 떨어져 있는 해상 정유시설에 전력을 공급하는 Project에 시범적으로 사

용되었다[2]. 그림 4는 RSCAD에서 제공되는 Library 중 하나인 Modular Multilevel Converters (MMC)의 모델이다. MMC 시스템의 개별 sub module의 스위치를 제어함으로써, 다단계의 AC 파형을 생성할 수 있다.

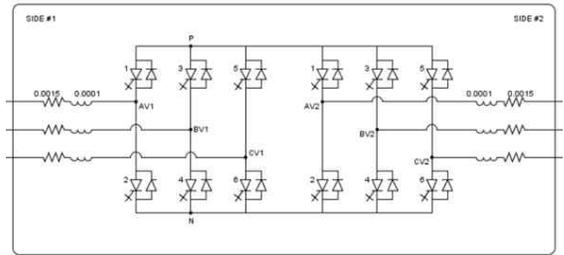


그림 4. Modular Multilevel Converters 모델[3]

2.4 Power Hardware in the Loop 분야 연구

RTDS를 이용한 실시간 시뮬레이션은 과거 제어 또는 보호 장치와 hardware in the loop 시뮬레이션 시험에 초점을 맞추어 진행되어 왔으나 근래에는 그림 5에서와 같이 실제의 대 전력 장비까지 시험장치 구성의 일부를 포함시키는 단계로 까지 확대 하여 시험을 진행하고 있다.

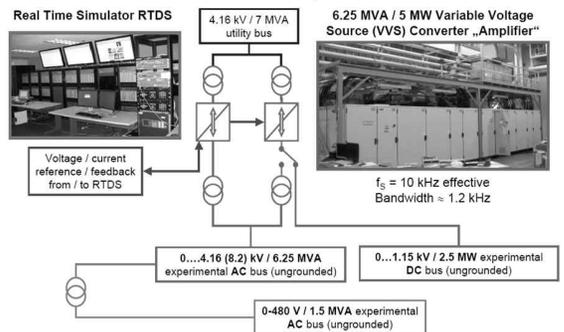


그림 5. 5MW PHIL 시험설비 개념도(Center for Advanced Power Systems at Florida State University)

기술해설

그림 6은 전력계통에 신규로 적용되는 초전도 전력 케이블의 보호협조 알고리즘 개발을 위한 RTDS와 FPGA를 이용한 실시간 시뮬레이션 구성도이다. 초전도 전력케이블의 전자기적 과도변화를 RSCAD를 이용하여 모델링하고 FPGA 기반의 하드웨어를 사용하여 다양한 고장조건에 대응하기 위한 알고리즘 개발을 위한 신 전력기기의 적용을 위한 연구 개발에 사용되고 있다[4].

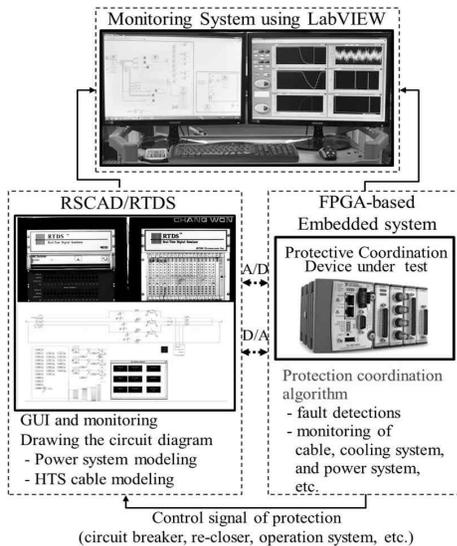


그림 6. FPGA를 이용한 전력시스템 고장해석 알고리즘 개념도

3. 맺음말

전력수요 증가와 전력 계통이 점점 복잡해짐에 따라 안정적 전력공급을 위한 신뢰도 향상과 신 전력기기 투입시 정상 및 과도상태에서 계통에 미치는 영향 검토를 통해 안정성을 확보하기 위한 방안으로 기기의 동특성을 반영할 수 있는 실시간 시뮬레이터를 이용한 보다 정확한 해석 기술이 요구되어 지고 있다. 향후 실시간 시뮬레이터를 활용한 다양한 분야에서의 연구와 시험에 적용함으로써 전력공급의 신뢰도와 품

질을 향상하는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] <https://hvdc.ca/pscad/>
- [2] RTDS 홈페이지 소개, 박인권, 전력전자학회지, 2011.
- [3] <https://www.rtds.com>
- [4] Development of real time protective coordination algorithm for HTS power cable, Jae-ho Kim, 2015.

◇ 저자 소개 ◇



김재호(金載浩)

1976년 11월 17일생. 2010년 창원대학교 전기공학과 졸업(박사). 2009년 ~2012년 Center for Advanced Power Systems(CAPS) at Florida State Univ. 박사 후 연구원. 2012년 ~현재 대전대학교 소방방재학과 조교수.

Tel : (042)280-2593

E-mail : jkim@dju.ac.kr