

05 한국표준형 에너지관리시스템(K-EMS) 급전원 훈련 시뮬레이터 개발 및 시험 결과

신용학, 이진호, 김병섭, 손진만 | LS산전(주)
이효상, 허성일, 윤여준 | 한국전력거래소

1. 서론

급전원 훈련 시뮬레이터(Dispatcher Training Simulator : DTS)는 기본적으로 EMS 급전원의 훈련을 위하여 개발되었으며 EMS와 동일한 운영기능, 화면을 제공하고 전력계통을 모의할 수 있는 기능을 제공한다. 이는 전력계통의 안정적인 운전을 위하여 급전원의 체계적인 훈련에 필수적이며, 계통의 정상 운영시, 사고발생시, 복구조작시 등에 대한 반복적인 훈련 기능을 제공한다. DTS를 통한 급전원 훈련은 다음과 같은 목표를 가진다.

- 전력계통의 이해 증진
- 제어 조작등에 대한 전력계통 변화 예측
- EMS Application의 기능 이해
- 정상 운전시의 전력계통 운영 절차
- 사고 발생시의 대처 방안
- 사고 발생 후 복구 절차 훈련
- 급전원의 팀워크 훈련

DTS는 급전원 훈련이외에도 여러 가지 용도로 활용될 수 있으며 상세 내역은 다음과 같다.

- 사고 후 복구 절차 분석
- 신규 EMS Application의 개발 및 시험
- 신규 EMS 도입 시험
- 전력계통 운영 및 계획 분석

● 일반인에 대한 전력계통 시연

DTS의 구성은 크게 EMS, 전력계통 Simulator, 훈련관리 기능으로 분류된다. EMS는 급전원이 사용하는 EMS와 동일하며 전력계통 Simulator는 EMS와 연계되어 실제 계통의 상황을 모의하여 EMS로 전달하는 역할을 한다. 훈련관리 기능은 모의 사고에 대한 시나리오를 작성하고 훈련시 해당 사고를 발생하는 역할을 한다.

본고에서는 한국표준형 에너지관리시스템(K-EMS)을 위해 개발된 DTS에 대해 기술하고자 한다.

2. 본론

K-EMS DTS기능에 대한 실증시험을 2010년 5

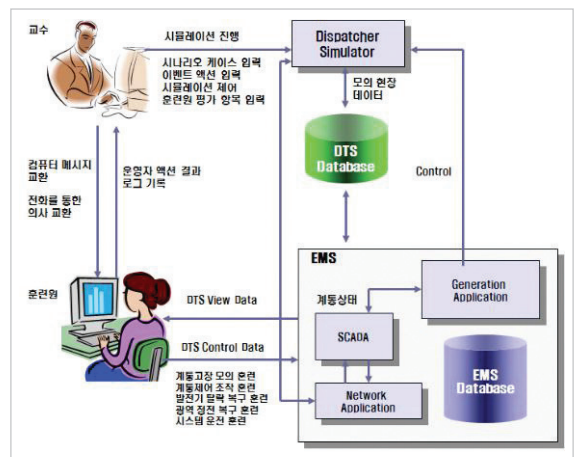


그림 1 | DTS 구성도

월부터 10월까지 5차에 걸쳐 수행하였으며 실사용자의 요구사항을 반영하여 각 시험 단계이후에 수정/보완 작업을 진행하였다. 실증시험은 한국 전력거래소 천안지사에서 수행하였으며 각 시험차수 마다 실계통 데이터베이스를 구축하여 시험하였고 K-EMS에서 취득한 실계통 데이터를 DTS 훈련 초기값으로 사용하였다.

2.1 훈련 준비 과정(Pre-Session)

급전원에 대한 훈련을 수행하기 전에 실시하는 작업으로서 훈련 진행시의 load profile 편집, 사고 이벤트 편집, 전력계통 모의 파라미터 설정 등이 있다. 각 기능에 대하여 주요 시험결과는 다음과 같다.

2.1.1 발전소 모델 편집

발전기명	유형	기동	정지	정전	정전복구	정전시간	정전비용	정전손실	정전이익	정전손익	정전손익률	정전손익비율
대동수력발전	수력	1.0	44.1	20.2	12.9	22.2530	32.2636	4.3	0	32.2530	0.0000	32.2530
대동수력발전	수력	1.0	46.0	20.0	12.9	22.2530	32.2636	7.7	0	32.2530	0.0000	32.2530
충주수력발전	수력	1.0	104.2	53.2	13.6	77.4073	77.4073	12.4	0	77.4073	0.0000	77.4073
충주수력발전	수력	1.0	104.2	53.2	13.6	77.4073	77.4073	12.5	0	77.4073	0.0000	77.4073
충주수력발전	수력	1.0	104.2	53.2	13.6	77.4073	77.4073	14.5	0	77.4073	0.0000	77.4073
충주수력발전	수력	1.0	104.2	53.2	13.6	77.4073	77.4073	12.5	0	77.4073	0.0000	77.4073
충주수력발전	수력	1.0	4.9	3.2	6.2	3.8626	3.8626	0.2	0	3.8626	0.0000	3.8626
충주수력발전	수력	1.0	4.9	3.2	6.2	3.8626	3.8626	0.1	0	3.8626	0.0000	3.8626

그림 2 | 발전소 모델 설정 화면

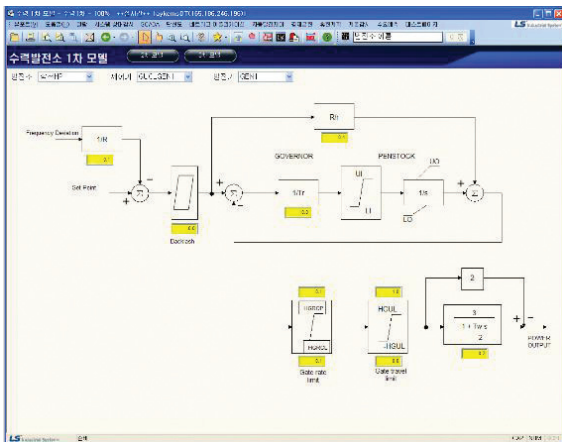


그림 3 | 수력발전소 상세 모델 편집 화면

전력계통 Simulator의 가장 핵심인 발전소 모델은 화력발전소, 수력발전소, 원자력발전소, 가스터빈발전소, 복합화력 발전소로 구분되며 모델의 정확도에 따라 1,2,3차 모델로 구성되어 있다. 전체 발전소 모델에 대하여 차수를 결정할 수 있으며 자동발전제어의 응답 특성으로 최대 제어 출력(LFC 상한), 최소 제어 출력(LFC 하한), 조속기 운전상태, 발전기 제어 모드, 발전기 기준 출력을 편집할 수 있는 화면을 아래 그림과 같이 제공하였다.

위 화면에서 각 발전소의 '상세 화면' 버튼을 클릭하면 해당 발전소 모델의 상세 파라미터를 편집할 수 있는 화면이 자동으로 pop-up된다. 발전소 모델 편집 화면은 다음 그림과 같이 Block diagram에서 직접 수정이 가능하도록 되어 있으며 DTS 운영자가 직관적으로 이해할 수 있는 형태로 개발되었다.

2.1.2 Load Profile 편집

훈련이 진행되는 동안 Load Profile(전력계통 부하)을 변화시킬 수 있는 기능을 제공한다. Load Profile은 훈련 진행시 대한민국 전체 전력계통 수요 합을 나타낸다. Load Profile은 실제 취득하여 저장된 과거 일일 전력 부하 실적을 이용할 수 있으며 DTS 운영자가 임의로 생성할 수 있다. Load Profile은 1분 단위로 편집이 가능하며 운영자의 편의를 최대한 반영하여 Load Profile값을 마우스로 조정할 수 있으며 1분 단위 Load Profile의 값을 입력할 수 있도록 하였다. 다수의 Load Profile을 저장할 수 있으며 훈련 진행시 사용할 Load Profile을 지정할 수 있도록 하였다. 다음 그림은 Load Profile 편집 화면이며 2009년 9월 23일의 실제 일일 전력 부하 실적을 DTS 훈련에 사용하기 위한 편집 과정을 나타내고 있다.

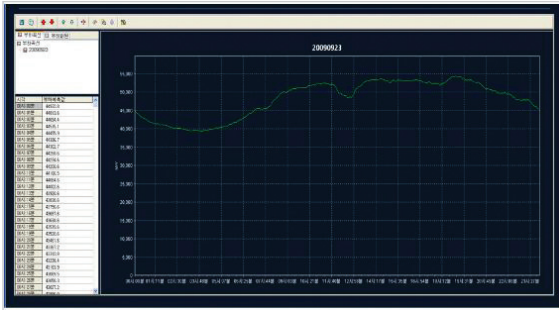


그림 4 | Load Profile 편집 화면

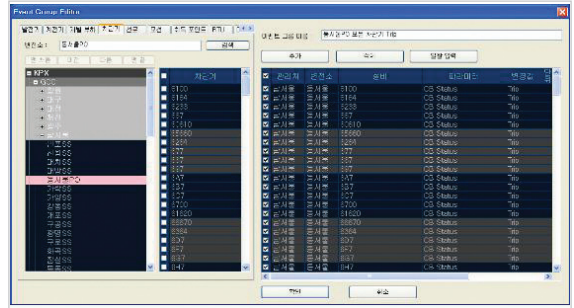


그림 5 | 이벤트 그룹 편집 화면

2.1.3 시나리오 편집

훈련이 진행되는 동안 발생하는 이벤트들을 편집하는 화면을 제공한다. 주요 발생 가능한 이벤트는 다음과 같다.

이벤트 발생 조건은 다음과 같다.

다수의 이벤트를 하나의 이벤트로 설정하는 그룹 이벤트 기능을 제공한다. 그룹 이벤트 다수를 하나의 시나리오로 지정하여 훈련시 사용할 수 있도록 한다.

이벤트 종류	설명
차단기 이벤트	차단기 개방, 투입
발전기 이벤트	발전기 탈락, 발전기 출력 변화
선로 이벤트	선로 양단의 차단기 개방
모선 이벤트	모선에 연결된 모든 차단기 개방
계전기 이벤트	계전기에 연결된 차단기 개방
부하 이벤트	계통수요의 전력소비량(MW) 변화

다음 표는 실제 전력계통에서 발생 가능한 시나리오

이벤트 발생 조건	설명
시간의존 이벤트	훈련 시작 후 지정한 시간에 발생하는 이벤트
조건 이벤트	전력계통의 특정 조건을 만족할 때 발생하는 이벤트(예: 특정 모선의 전압이 기준치 이하일때 차단기 개방 이벤트 발생 등)
요청 이벤트	DTS 기관이 특정 이벤트 발생

시나리오	이벤트 그룹 내용
수도권 전압붕괴 시나리오	1. 신서산 신안성 #1 선로 사고 이벤트 2. 신서산 신안성 #2 선로 사고 이벤트

를 이벤트 그룹으로 구현한 사례를 나타낸다.

예를 들어 동서울 변전소의 모든 차단기를 개방하는 이벤트 그룹 편집 화면은 아래 그림과 같다.

2.2 훈련 과정(Session)

훈련 준비 과정(Pre-Session)에서 훈련을 수행할 환경을 설정한 후 훈련을 수행하는 과정으로서 현재 한국 전력거래소에서 급전원을 대상으로 하여 훈련을 실시하는 시나리오와 동일한 시나리오로 KEMS DTS에서 실증시험을 수행하였다. 수행한 훈련 시나리오는 다음 표와 같다.

실증시험 시나리오	상세 내역
주파수 응동 모의 시나리오	1. 울진 원자력 2호기 탈락 2. 인천제철 부하 탈락
기상사고 모의 시나리오	1. 아산 변전소와 보령화력 발전소간 송전선로 #2 탈락 2. 청양변전소와 보령화력 발전소간 송전선로 #1 탈락
SPS 모의 시나리오	1. 신고성 변전소와 안정 변전소 간 송전선로 #1, #2 탈락 2. 안정변전소 버스바 전압 145kV 이하시 거제변전소, 아주 변전소, 안정 변전소 부하함 31MW로 감소
전압붕괴 시나리오	1. 신서산 변전소와 신안성 변전소간 송전선로 #1, #2 탈락 2. 서인천복합 발전소와 신평주 변전소간 송전선로 탈락
광역정전 복구 시나리오	1. 전체 차단기 개방 2. 양양발전소, 영동화력 발전소, 동해변전소, 울진원자력 발전소 황색차단기 투입
RTU통신실패 시나리오	아산변전소 RTU 고장

2.2.1 주파수 응동 시나리오 결과

정상상태에서 울진 원자력 2호기는 911MW를 출력하고 있었으며 이벤트 발생시 울진 원자력 2호기가 탈락하여 계통 주파수가 60Hz에서 59.87Hz가

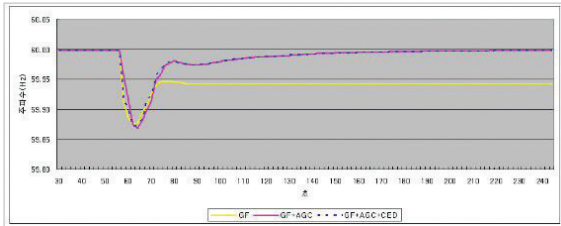


그림 6 | 주파수 변동 시나리오 결과

감소하였다. 자동발전제어(AGC) 기능을 수행하지 않고 발전기의 조속기만 동작 시킨 경우에는 계통 주파수가 59.95Hz 근처로 수렴하였으나 자동발전제어(AGC) 기능을 수행한 경우에는 계통 주파수가 60Hz로 수렴하는 것을 알 수 있었다. 다음 그림에서 결과를 나타내고 있다.

2.2.2 광역정전 복구 시나리오 결과

광역정전 복구 시나리오는 전체 전력계통이 붕괴되어 대한민국 전체가 정전이 발생한 경우에 EMS 급전원의 복구능력을 증진하기 위한 훈련 시나리오로서 DTS 훈련기능에서 핵심적인 기능으로 할 수 있다. KEMS DTS에서는 광역정전을 발생시키고 복구에 대한 모의 훈련이 가능한 지에 대한 실증시험을 실시하였다. 전체 전력계통의 차단기를 개방하여 광역정전을 발생시키면 다음 그림과 같이 단선도에서 황색차단기를 제외한 차단기는 개방되고 발전기 출력, 모선전압, 송전선로 조류가 0이 된다.

양양 양수 발전소의 3414 차단기를 투입하고 양양 양수 발전기 4호기를 기동하여 전력을 공급하게 되면 그림8과 같이 양양 양수 발전소 단선도에서 발전소 출력이 증가하고 모선전압, 동해 변전소로의 송전선로의 조류가 흘러가는 것을 알 수 있다. 주파수를 60Hz로 유지하기 위하여 발전소 출력을 조정할 수 있으며 영동중부 광역 정전에서 복구 조작을 모의할 수 있는 기능을 시험하였다.

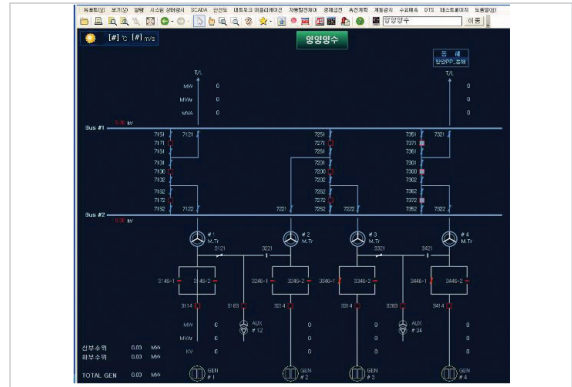


그림 7 | 광역정전시 양양 양수 발전소 단선도

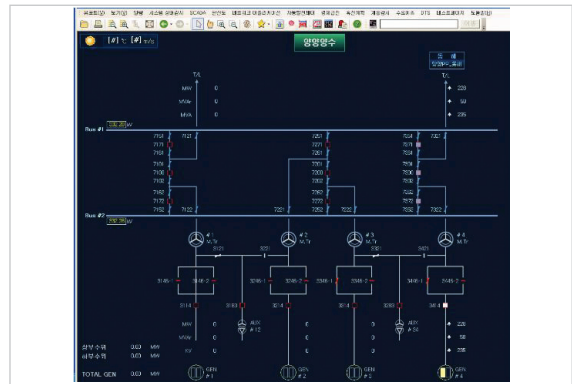


그림 8 | 광역정전 복구시 양양 양수 발전소 단선도

3. 결론

EMS 운영자를 훈련하기 위한 기능 개발을 완료하였으며 EMS 운영자 및 DTS 교관 입회하여 K-EMS DTS에 대한 기능 시험을 완료하였다. K-EMS DTS 개발 완료는 한국 전력거래소의 EMS 운영자의 계통 운영 능력 향상 뿐 아니라 국내에서 개발된 EMS Application의 실계통 환경에서의 시험도 K-EMS DTS에서 가능하여 국내 전력계통 연구기관에 많은 도움이 될 것으로 판단된다. 이를 위하여 향후 한국 전력거래소의 차기 DTS에 설치뿐 아니라 K-EMS DTS를 국내 학계 및 연구계에 보급하여 전력계통 연구에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.