

지역급전원을 위한 고장복구교육시스템 GUI 및 자동 DB 시스템 개발

정광호, 윤병주, 최승일
(주)비츠로시스

송인준*, 이남호*
한국전력공사 전력연구원*

Development of the Power System Restoration and Training system GUI and Auto DB System for the System Dispatcher

Kwangho Jung Byoungju Yun, Seungil Choi
VITZROSYS

Injun Sung, Namho Lee
KEPRI

Abstract - 전력계통에 발생하는 사고 및 이상 현상에 대한 계통운영자의 빠르고 정확한 복구 조치 능력 향상을 위해서 사전에 모의 훈련을 통한 교육이 절실히 필요하고 교육시스템의 활용을 통해 광역정전 시 전력계통 운영원의 사고 조치 능력의 향상을 도모하고 이를 통해 대규모 정전으로 인한 경제적 손실과 사회적 혼란 감소하고자 고장복구 교육시스템이 필요하다. 본 논문에서는 지역급전원이 사전모의 할 수 있는 전력계통 고장복구 교육시스템의 효과적인 GUI(Graphical User Interface) 대해서 설명한다.

며, PSS/E와 같은 상용 프로그램의 경우 예정된 시나리오에 대한 모의를 수행하므로 '전력 계통 고장 복구 교육 프로그램'에서 필요한 사용자의 제어기능을 첨가하는 것이 불가능하다. 이는 최근 호평을 받고 있는 Tractebel 사의 EUROSTAG 프로그램 역시 동일하다.

새로운 프로그램을 개발하는 방법은 많은 노력과 시간이 소요될 수밖에 없으나 유연성과 확장성 측면에서의 장점은 이미 자명하다.

본 전력계통 고장 복구 교육 프로그램의 설계에 있어서 기본적인 고려사항은 다음과 같다.

1. 서 론

현재 산업발달로 인한 전력수요의 증가와 IT 산업의 혁신적인 발달로 고장으로 인한 정전 발생 시 사회생활에 미치는 영향이 커지게 되었으며 정전내용에 대한 관심도 증대되었다. 국내에서의 태풍 매미와 해외에서의 캐나다와 미국 뉴욕의 대규모 정전과 같은 동시다발적 고장에 의한 돈으로 환산이 불가능할 정도의 피해를 보더라도 현재 산업사회가 전력에 의존하고 있는 의존도가 높은 것을 볼 수 있다. 고장은 전력계통에서 피할 수 없는 일이며, 고장 발생 시 운영자는 고장점을 찾고, 고장 구간을 분리한 후 빠른 시간 내에 복구를 시켜야 한다.[1] 이러한 전력 산업의 운용환경의 급격한 변화와 산업사회의 발달과 더불어 전력 산업의 의존도가 높아져 가고 있는 시점에서 전력계통에 발생하는 문제점을 해결하고 전력 공급의 신뢰도를 높여야 한다. 전력계통에서 광역정전이나 전정전이 발생할 확률은 매우 적지만, 이러한 사고의 발생 시 필연적으로 수반되는 경제적인 손실은 가히 천문학 적이며, 그에 따른 사회적 혼란 역시 국가적 재앙의 수준임은 더 이상 언급할 필요가 없다. 다행히도 우리나라의 전력계통은 선진국과 대비하여도 손색이 없는 설비를 갖추고 있으며, 동적 안정도의 측면에서도 매우 튼튼한 구조를 갖추고 있다. 계통의 구조적인 측면에서 볼 때, 선진국의 경우 우리나라보다 상대적으로 취약하므로 광역정전의 사례가 많이 발생하였으며, 특히 스웨덴 같이 취약한 루프구조를 가진 나라에서는 상당히 빈번한 사고가 발생하였다. 이러한 선진국의 계통 운용자들은 광역정전 및 전정전에 대한 경험이 풍부하나, 국내에서는 이러한 정전의 사례가 없었으므로, 운영자의 경험이 전무한 상태라 할 수 있다. 따라서 운영자들과 운전자들에 대한 효과적인 훈련을 통해서 광역정전 및 전정전이 발생 시 이들이 신속하고 정확한 복구를 수행할 수 있으며, 이를 위해서는 광역정전 및 전정전 계통 복구는 특수한 상황을 위한 전력 계통 복구 교육시스템이 필요하다. 또한, 이러한 교육시스템으로서 공인된 상업용 계통해석 패키지를 사용할 경우 피교육자가 시뮬레이터를 통해 임의로 제어하는 것이 불가능하여 교육 효과가 현저하게 떨어지므로 프로그램을 개발하여 사용하는 것이 바람직하다.

1. 한 대의 컴퓨터(PC)에서 독립적인 수행이 가능해야 한다.
2. 교육훈련의 효과측면에서 한 스텝의 복구과정을 모의하는 시간은 최대 수 십초 이내이어야 한다.

이러한 기본적인 조건과 함께 본 연구에서는 범용성의 확보에 가장 중점을 두기로 하였다. 즉, 전력계통 분야에서 통상적으로 널리 수행되고 있는 사례기반의 시스템을 구축하는 것을 지양하고, 임의의 초기 조건으로부터 운영자의 임의제어에 의하여 적절한 시간 내에 복구의 각 단계를 진행한다는 점이며, 어떤 복구단계에서 과부하 또는 과전압이 발생한다면 그 이전 상태로 복귀하여 새로운 복구조작을 시도하는 형식의 일반적인 교육시스템을 개발하고자 하는 것이다.

이러한 일반적인 교육시스템은 계통의 초기조건 설정에 관련된 데이터의 양이 매우 방대하므로 우리나라 계통해석에 널리 사용되고 있는 PSS/E 데이터를 초기조건으로 사용하는 것이 필요불가결하다는 결론을 도출하였다.

따라서 본 교육시스템은 전술한 고려사항과 사용자 임의 제어기능을 확보함과 동시에, 적정시간(계통의 크기에 따라 다르지만 한 스텝의 수행시간이 최대 수 십초 이내 정도)내에서 모의가 가능할 뿐만 아니라, 입력데이터 작성의 용이성과 지속적인 활용을 위하여 PSS/E 데이터를 초기데이터로 사용하는 운영자 편의의 GUI 기반 프로그램으로 구성되도록 설계, 개발하였다. 또한 계통 변경 시 GUI 및 DB의 수정을 용이하게 수행할 수 있도록 DB 수정 프로그램을 개발하였다.

본 프로그램의 주요 특징은 다음과 같다.

- 1) PSS/E자료를 초기치로 사용하고 운영자 임의의 제어입력에 대해 모의를 수행, 결과를 표시하며 과부하/과전압의 발생 시 직전단계로 회귀가능함.
- 2) 전력조류계산 기반의 정특성 해석을 수행.
- 3) 제어변수는 다음과 같다.
 - ① 발전기 : 유효전력, 전압
 - ② 부하 : 부하량(MVA), 변압기 탭
- 4) 정보 관련 디스플레이 정보는 다음과 같다.
 - ① 선로 과부하 상태표시 - NORMAL(적색)/ALERT(보라색)
 - ② 모선 과전압 상태표시 - NORMAL(적색)/ALERT(황색)

또한 본 프로그램을 설계할 때 사용자 측면의 활용성을 검토한 후 이를 반영하여 시스템을 구현하였다. 사용자 측면의 검토사항은 다음과 같다.

2. 본 론

2.1 전력계통 고장복구 교육시스템 설계 및 구현

전력시스템은 기본적인 동기발전기, 여자시스템, 조속기, 터빈, 개폐기, 송전선, 부하 등 여러 요소들뿐만 아니라 각종 보호계전기, 피뢰설비 및 제어 기기들로 구성된 대규모 비선형 시스템으로, 실제 전력시스템의 모든 동특성을 완벽하게 모의한다는 것은 사실상 불가능하며, 현재까지 발표된 최고 성능의 실시간 모의 장치는 전력연구원에서도 도입한 바 있는 RTDS 시스템이다. 그러나 이는 매우 고가의 장비이며 고성능이지만 규모에 있어서 광역정전이나 전정전의 발생 시 우리나라 전계통의 수급측면에서의 모의가 불가능하므로 교육용 시스템의 구축이 요구되는 바, 본 연구에서는 전국을 대상으로 154kV 이상의 선로를 포괄하는 정전복구 교육용 모의시스템을 개발하였다. 본 시스템의 주목적은 지역급전 계통운영자들의 정전대처능력 향상을 위한 교육용 시스템이지만, 임의적 제어가 가능하므로 실제 사고 시 복구조작에 대한 결과예측 및 신뢰성 검토용으로도 사용이 가능할 것으로 본다.

교육용 시스템의 구축방법은 전술한 바와 같이 개발된 상용프로그램을 이 용하는 방법과 새로운 독자적 프로그램을 개발하는 두 가지 방법이 있다.

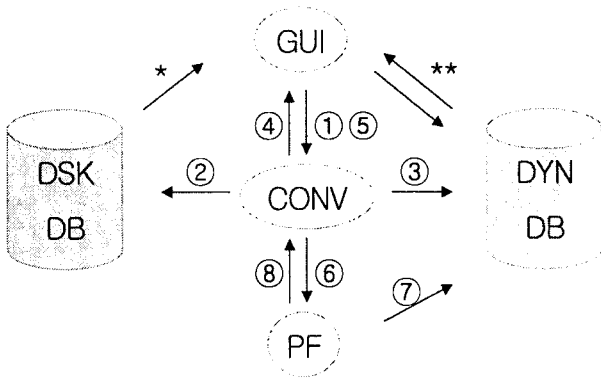
상용 프로그램은 사용이 편한 사용자 인터페이스 등을 갖추고 있으므로 사용하기에 용이한 장점이 있으나 우리의 목적에 맞는 시스템을 구성하기 위해서는 유연성과 확장성의 제약이 매우 크며, 범용의 교육목적 보다는 주어진 시나리오를 분석하는데 있어서는 매우 강력한, 또한 거의 유일한 방법이다. 그러나 유연성의 측면에서 상용 프로그램을 자신의 용도에 적합하게 수정하여 사용하기 위해서는 핵심구조를 변경해야 하는 문제가 발생하

- 1) 휴전 시 계통 간략 검토에 활용
 - 조류계산
 - 과전류 검사
 - 과전압 검사
 - 휴전 계획 검토에 적합하도록 발전기 및 부하의 입력력 편의 기능 부여
 - 모선분리 검토가 가능하도록 GUI 구성(2중 모선 구현)
- 2) 관내 송전계통 속지 및 특성파악에 활용
 - SCADA의 GUI와 똑같이 GUI를 구현
 - 계통 특성을 잘 알 수 있는 기능 부여(과전압 한계, 과전류 한계, 발전기의 무효전력 한계, 조류방향 등 표시)
- 3) 시송전선로 변경 및 재선정에 활용
 - 시송전선로 계통도 GUI 구현
 - 시송전선로 변경 시 GUI 변경이 용이하도록 DB관리 프로그램 개발
- 4) 전력계통 복구절차 검토에 활용

- 계통복구 절차를 검토할 수 있도록 조작내용 기록 기능 부여
- 5) 전력계통 모의고장 복구 화면에 활용
 - 모의고장 복구화면 결과를 보고할 수 있는 리포트 기능 부여
 - GUI상의 화면결과를 보고할 수 있는 프린트 기능 부여
- 6) 전력계통 교육에 활용

2.2 고장복구 교육시스템 소프트웨어 설계

그림 1.에서와 같이 소프트웨어 프로세스는 크게 그래픽 운영환경 제공하는 GUI 프로세스와 초기 PSS/E 데이터 변환 및 관리를 담당하는 CONV 프로세스, 조류계산을 시뮬레이션하는 PF 프로세스로 구성된다. 각 프로세스간은 메시지 큐를 사용하여 정보를 교환하고 데이터베이스는 상호 공유하게 된다. 시스템의 데이터베이스는 크게 파일 형태로 관리되는 DSK DB와 빠른 접근 및 갱신을 위해 메모리에 올려 관리되는 DYN DB로 구성한다. 여기에서는 이들 프로세스간에서 공통으로 사용하는 라이브러리와 데이터베이스 상세 내역을 설명하고, 각 프로세스 소프트웨어 별로 상세 설계 및 내용을 설명한다.



〈그림 1〉 교육시스템 소프트웨어 처리 구성

2.2.1 라이브러리 소프트웨어

각 프로세스 소프트웨어에서 공통으로 사용할 라이브러리는 크게 메시지 큐와 데이터베이스 관리 소프트웨어로 구성된다. 다음은 소프트웨어 구성 프로세스간 정보 교환 및 데이터베이스 접근 절차를 보여주는 그림으로서 각 시점에서의 라이브러리는 다음과 같다.

■ 데이터베이스 접근 라이브러리

- ② ③ ⑦ * ** : DB read, write
- BusDynStSm.get(), BusDynStSm.set()
- LineDynStSm.get(), LineDynStSm.set()
- YbusDynStSm.get(), YbusDynStSm.set()

■ 메시지 큐 라이브러리

- ① ④ ⑤ ⑥ ⑧ : send, receive message
- GUIqueue.get(), GUIqueue.add()
- CONVqueue.get(), CONVqueue.add()
- PFqueue.get(), PFqueue.add()

2.2.2 데이터베이스

시스템의 데이터베이스는 크게 파일 형태로 관리되는 DSK DB와 빠른 접근 및 갱신을 위해 메모리에 올려 관리되는 DYN DB로 구성된다. DSK DB는 초기에 PSS/E 데이터로부터 교육용시스템 필요한 부분을 추출한 것으로 크게 BUS와 LINE에 대한 DB로 구성된다. DYN DB는 각 프로세스 운영중에 필요한 것으로서 BUS, LINE 및 YBUS DB로 구성된다. 다음에 각 DB에 대한 상세 필드 구성을 나타낸다.

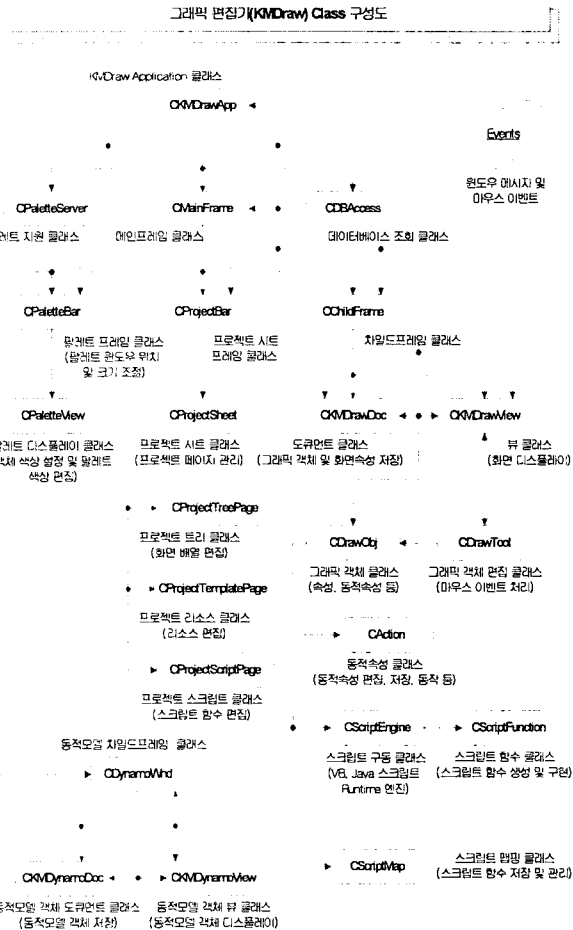
2.2.3 GUI 소프트웨어 설계

고장복구 교육시스템의 GUI 소프트웨어는 향후 계통변경시 적용 가능한 구조로서 크게 그래픽편집기 소프트웨어 모듈(KMDraw)과 운영자 인터페이스(MMI) 소프트웨어 모듈(KMView) 및 두 모듈에서 공통으로 사용하는 패닝(panning)과 줌(zoom) 그리고 이미지(image) 소프트웨어 모듈로 구성한다. 이들 소프트웨어는 현대의 PC에서 운영되도록 하며 MS Visual C++를 사용하여 개발한다.

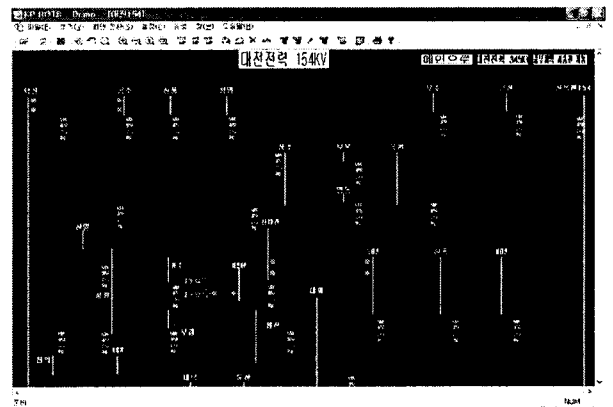
■ Project 구성

- ▶ KMDraw : 그래픽 편집기 Application 프로젝트로서 8bit/16bit color 지원
- ▶ KMView : MMI Application 프로젝트
- ▶ Panning : 화면 Panning을 위한 DLL로서 KMDraw 및 KMView에서 공용
- ▶ Zoom : 화면 확대/축소를 위한 DLL로서 KMDraw 및 KMView에서 공용
- ▶ Image : 일반 그래픽 파일(wmf, bmp, pex, gif, jpg) 처리용 DLL로서 KMDraw 및 KMView에서 공용

다음은 GUI 개발의 상세설계 내역으로서 각 소프트웨어 모듈의 클래스(class) 구성 및 기능이다.



〈그림 2〉 그래픽편집기 클래스 구성도



〈그림 3〉 교육시스템 GUI 예

3. 결 론

본 연구에서 개발한 교육시스템은 계통 운영자들의 정전대처능력 향상을 위한 모의 교육 프로그램으로 개발하였다. 우리나라의 계통구조와 설비는 선진국과 비교하여도 매우 우수한 수준이므로 실제적인 정전사고의 확률은 매우 적지만, 상대적으로 운영자들이 비상시 대처능력을 발휘할 기회는 점점 감소하고 있다. 따라서 본 연구에서 개발된 교육시스템을 통해 운영자들의 대처능력이 향상되기를 바란다.

[참고 문헌]

- [1] Chao-Ming Huang, Multiobjective Service Restoration of Distribution Systems Using Fuzzy Cause-Effect Networks. IEEE Trans. on PWRs, Vol.18, No. 2, pp. 867-874, MAY. 2003