

## 랩뷰를 이용한 실시간 전력계통 교육용 시뮬레이터 개발

(Design of Real-Time Power System Simulator for Education using LabVIEW)

이규화\* · 김일주 · 최준영 · 이승근\*\*

(Kyu-Hwa Lee · Il-Ju Kim · Joon-Young Choi · Song-Keun Lee)

### 요 약

전력계통은 첨단기술과 함께 발전하고 있다. 최근 전력계통은 새로운 기술개발, 전기설비 및 운영 방법으로 전력계통 운영이 복잡해지고 있다. 전기설비가 발전함에 따라 전력계통의 사고비율이 감소하였지만, 그에 따라 새로운 운영방법이 필요하다. 계통 운영방법이 복잡해짐에 따라 효율적으로 전력계통 운영자들을 훈련시키고 교육시키는 전력계통 시뮬레이터가 필요하게 되었다. 본 논문에서는 LabVIEW 프로그램의 TCP/IP 통신을 이용하여 실시간 전력계통 교육용 시뮬레이터를 제작하였다. 제작한 시뮬레이터는 실제 전력계통에서 일어나는 예측하지 못한 다양한 사건으로 교육자를 지도할 수 있게 제작하였다.

### Abstract

As the technology is developing, the power system is also developing. Nowadays the power system operation has been complicated because of new technology development, new electric equipments and new operation method of the power system. As the electric equipments performance developing, the fault ratio of power system has been decreased. Therefore, new operation method is needed. More complicated the power system operation method, we need more the power system simulator to train and educate the novice power system operators. In this paper, we made real-time power system simulator using LabVIEW through the TCP/IP communication. With this simulator the instructor can simulate the trainee within various unpredicted cases that real power system could happen.

Key Words : LabVIEW, Simulator, Power system, Operation technology, Real-time

## 1. 서 론

\* 주저자 : 전주대학교 전기전자공학과 석사과정  
\*\* 교신저자 : 전주대학교 전기전자정보통신공학부 부교수  
Tel : 063-220-2723, Fax : 063-220-2056  
E-mail : kuasyi@hanmail.net  
접수일자 : 2010년 5월 17일  
1차심사 : 2010년 5월 20일  
심사완료 : 2010년 6월 7일

전력계통시스템은 전국을 대상으로 전기를 공급하므로 국가의 안위, 수출경쟁 등 다양한 영향을 미치는 곳이 많아 국가에 필수 불가결한 설비이고 전국규모이기 때문에 복잡하면서 규모가 크다. 현재

우리나라에서 보유하고 있는 전력계통 시스템은 소프트웨어적인 기술로 프로그램화되어 있어 운영자들이 전력계통 시스템을 운영하기 위해서는 상당한 시간의 교육이 필요하다[1]. 현재까지는 고장 발생시의 복구조작은 주로 운영자의 전문적인 지식이나 경험적 판단에 크게 의존하여 수행되어 왔다. 따라서 운영자가 고장 상황을 잘못 판단하거나 복구조작 단계에서 잘못된 조작을 수행하게 되면, 전력공급에 막대한 지장을 초래하게 될 뿐만 아니라, 설비의 손상까지도 야기될 수 있다. 따라서 한국전력공사에서는 운영자들을 정기적으로 교육/훈련하여 전력계통에서의 고장이 발생하였을 경우, 신속하고 정확하게 대처할 수 있도록 하고 있다. 그러나 기존의 전력계통 운영자들을 위한 교육용 설비들은 노후화되고 다양한 사고들의 상황에서 현실적인 교육/훈련이 어려운 상태이다[2-3].

또한, 전력계통 운영의 경제성과 신뢰성 확보 측면 즉 신재생 에너지, 분산배전, 스마트 그리드 등 새로운 기능의 제어, 보호 기기들이 계속적으로 설치, 운전되고 있어 이의 효율적 운영기술은 새로운 과제로 부각되고 있다. 전력계통 운영에서의 경쟁시장 도입으로 인하여 기존의 계통운영 체제에 많은 변화가 예상되고 있어 이에 대한 기술 확립이 시급한 실정이다. 하지만 새로운 성능의 제어, 보호기기를 도입하여 전력계통에 설치, 운영하고자 할 때 실제전력계통을 대상으로 운영교육을 할 수가 없기 때문에 이에 대한 대체 수단으로 전력계통 교육용 시뮬레이터라는 설비를 필요로 하고 있다[4-5].

본 논문에서는 지금까지 전력계통 운영자를 위해 제작된 전력계통 교육용 시뮬레이터에 대한 특성 및 문제점에 대해 검토했으며, 전력계통 운영자들이 현장에서 빨리 적응하고 현장 대처능력을 기를 수 있도록 LabVIEW를 이용하여 실시간 전력계통 교육용 시뮬레이터를 연구 제작하였다.

## 2. 전력계통 교육용 시뮬레이터의 기술현황

총래의 전력계통 교육용 시뮬레이터는 계통운전

상황 등이 미리 정해져있는 상태에서 고장발생에 대한 시나리오 데이터를 미리 만들어 저장해 필요할 때마다 데이터를 불러오는 형태로 전력계통 교육용 시뮬레이터를 이용하였다. 이러한 형태의 교육 시스템은 기존에 만들어진 시나리오에 의존하기 때문에 금방 익숙해질 수 있지만 실제 상황에서의 현장대처 능력을 키우고자 하는 목적에서 벗어나고 있다[3].

### 2.1 154[kV] 전력계통 교육용 시뮬레이터

154[kV] 전력계통 교육용 시뮬레이터는 원격소장치, 전력계통반, 전기회로해석 PC, Emulator PC, Fault Trigger, 훈련용 콘솔, 교육용 콘솔로 전제 7개의 장치로 구성되어 있다. 154[kV] 전력계통 교육용 시뮬레이터는 감시 및 제어 시스템에 교육용 기능을 추가시킨 대표적인 사례이다. 하지만 사고에 대한 시나리오가 적다는 단점이 있다[6].

### 2.2 765[kV] 전력계통 교육용 시뮬레이터

현재 765[kV] 변전소에 구현된 감시 및 제어 시스템과 전력계통 교육용 시뮬레이터 장치는 계통상황에 따라 계측 값들이 스스로 판정되어 변할 수 있는 알고리즘을 포함하고 있는 국내 최초의 시스템이며, 감시반 및 교육용 모두 모선의 전력공급을 색으로 표현하는 사선, 활선 표시가 가능한 시스템이다[7].

전체시스템은 MPU(Main Processing Unit), OPC(Operaing Console), CCU(Communications Control Unit), DIU(Database Interface Unit), 강사 조작반, 모의제어반, 기록장치, 랜 등으로 구성된다.

계통 상태에 따라 계측 값들이 스스로 판정되어 변할 수 있는 프로그램인 부하 계산 프로그램을 적용한 것은 획기적인 변화이지만 변전소 내부에 설치되어 있어 교육효과가 내부인원에만 한정되며, 하나의 변전소만 시뮬레이션된다는 단점이 있다.

### 3. 전력계통 교육용 시뮬레이터

본 논문에서 제시하고자하는 전력계통 교육용 시뮬레이터는 운영자 컴퓨터(Server PC)와 교육용 컴퓨터(Client PC)의 구조로 구성되어 있으며 운영자 컴퓨터는 교육용 컴퓨터의 진행 상태를 모니터링 해준다. 교육용 컴퓨터는 운영자 컴퓨터로부터 실시간으로 계통 상황을 지시 받아 계통의 비정상적인 동작 시 복구하는 역할을 하며 복구된 계통상황은 운영자 컴퓨터에 실시간으로 모니터링된다. 운영자 컴퓨터와 교육용 컴퓨터간에 실시간으로 모니터링이 가능하도록 하기 위해 LabVIEW의 TCP/IP 통신함수를 이용하여 제작하였다.

#### 3.1 전력계통 교육용 시뮬레이터의 기본동작 및 구성

기존의 전력계통 교육용 시뮬레이터의 경우 시나리오를 직접 작성하여 데이터를 불러와서 작동하는 방식을 사용하여 왔다. 하지만 이는 제한되어있는 시나리오의 형태에서 반복적인 학습이라는 문제를 초래한다. 이에 본 논문에서 제작한 전력계통 교육용 시뮬레이터는 운영자 컴퓨터에서 계통의 비정상적인 상황을 만들어 줄 수 있어 운영자 컴퓨터와 교육용 컴퓨터에 실시간으로 데이터를 주고받도록 함으로써 운영자의 컴퓨터에서는 실시간으로 계통상황을 지시할 수 있으며 교육용 컴퓨터에서는 실시간으로 계통의 상황의 감시 및 비정상적인 계통의 상황에서 계통을 복구를 할 수 있다. 이런 상황을 운영자 컴퓨터에서 항상 모니터링함으로써 교육용 컴퓨터에서 상황 대처능력을 판단 및 지도할 수 있다. 그림 1은 본 논문에서 제작한 전력계통 교육용 시뮬레이터의 기본동작 구성 그림이다. 운영자와 교육용 컴퓨터의 전력계통 교육용 시뮬레이터 프로그램은 LabVIEW로 작성된 프로그램을 사용하며 컴퓨터 간에는 실시간으로 데이터통신을 할 수 있도록 LabVIEW의 TCP/IP 통신함수를 이용하여 실시

간으로 양방향간에 데이터 전송을 할 수 있도록 하였다.

본 논문에서 제시한 전력계통 교육용 시뮬레이터는 PSERC(Power Systems Engineering Research Center)에서 개발한 전력조류계산 프로그램인 “Matpower”를 기초로 제시한 전력계통 교육용 시뮬레이터에 맞게 LabVIEW를 이용하여 제작하였으며, 모선계통도의 데이터는 IEEE의 30모선 데이터를 이용하여 프로그램 테스트를 진행하였다[8].

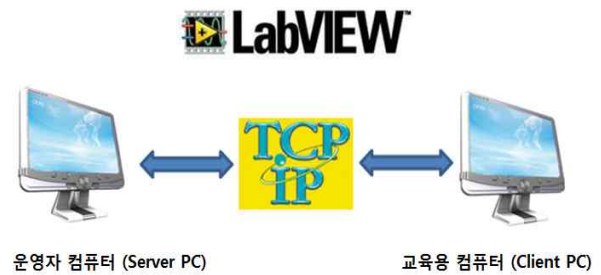


그림 1. 시뮬레이터의 구성  
Fig. 1. Composition of simulator

#### 3.2 전력계통 교육용 시뮬레이터의 통신

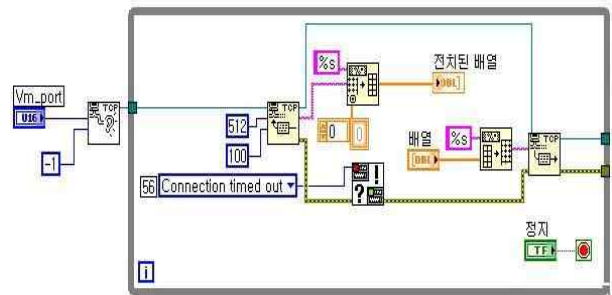


그림 2. TCP/IP통신 프로그램  
Fig. 2. TCP/IP communications program

본 논문에서 제시하고자 하는 전력계통 교육용 시뮬레이터는 LabVIEW를 이용하여 제작되었다. LabVIEW는 Text 기반 프로그램 언어와는 달리 diagram을 만드는 식으로 프로그램을 작성하도록 되어 있어서 종래의 Text 기반의 언어들에 비하여 그래픽화되어 있어 데이터 수집 및 제어 시스템을 구성할

때 높은 생산성을 산출할 수 있도록 도와준다. 본 논문의 전력계통 교육용 시뮬레이터 통신은 LabVIEW의 TCP/IP통신을 이용한다. TCP/IP통신의 구조는 Server와 Client로 구성된다. 그림 2는 TCP/IP 프로그램의 통신부분이다.

### 3.3 전력계통 교육용 시뮬레이터의 GUI

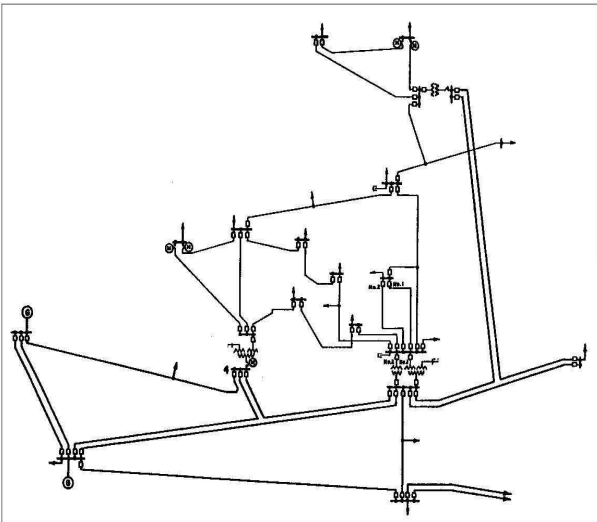


그림 3. 전력계통도  
Fig. 3. Power Schematic

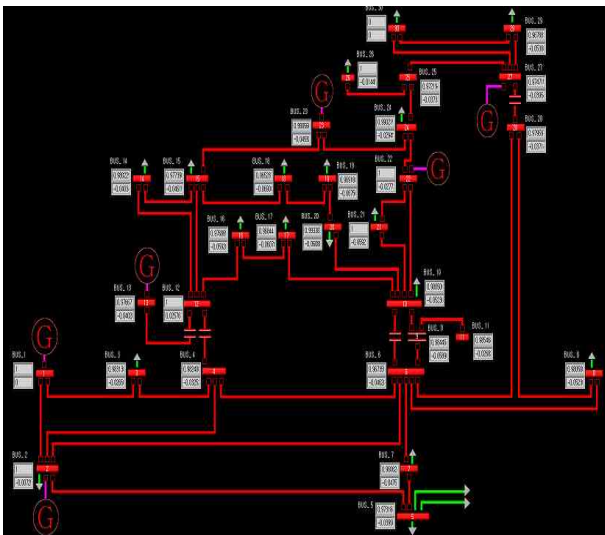


그림 4. 시뮬레이터의 GUI 패널  
Fig. 4. GUI panel of simulator

그림 3은 “IEEE Common Data Format” 중 30모선 데이터를 이용하여 그려진 전력계통도이다. 발전기, 모선, branch, 서킷브레이커, 변압기 등으로 구성되어 있다.

그림 4는 전력계통 교육용 시뮬레이터의 GUI 패널이다. 그림 3의 IEEE 30모선 전력계통도를 바탕으로 계통도와 동일한 구성요소로 LabVIEW를 이용하여 작성하였다[9].

## 4. 전력계통 교육용 시뮬레이터 테스트

### 4.1 전력계통 교육용 시뮬레이터의 훈련코스구성

본 논문에서 소개한 전력계통 교육용 시뮬레이터는 운영자 컴퓨터와 교육용 컴퓨터가 상호간 TCP/IP통신으로 연결되어 있어 운영자 컴퓨터에서는 별도의 시나리오를 불러올 필요 없이 운영자가 실시간으로 사고를 낼 수 있는 구조로 되어 있다. 운영자의 컴퓨터에서 계통의 선로에 사고를 냈다고 가정하면 교육용 컴퓨터에서도 바로 선로의 사고를 감지할 수 있다. 교육용 컴퓨터에서는 선로의 사고에 대처하게 되고 사고대처의 진행상황은 운영자의 컴퓨터에서 실시간으로 볼 수 있다. 교육용 컴퓨터에서 대처하고 있는 상황에서도 운영자의 컴퓨터에서는 예측하지 못한 또 다른 사고를 낼 수 있기 때문에 현장감 있고 빠른 대처의 능력을 키울 수 있다. 이처럼 본 논문에서 제시한 전력계통 교육용 시뮬레이터는 별도의 시나리오 없이도 사고를 낼 수 있다는 장점을 가진다. 이는 기존의 시나리오상의 훈련에서 부각되었던 예측 가능한 사고에서 벗어나 현실감 있게 훈련할 수 있다는 점에서 전력계통 운영자들이 현장에서 빨리 적응하고 현장 대처능력을 기를 수 있을 것으로 기대된다.

### 4.2 전력계통 교육용 시뮬레이터의 테스트

그림 5는 본 논문에서 제시한 전력계통 교육용

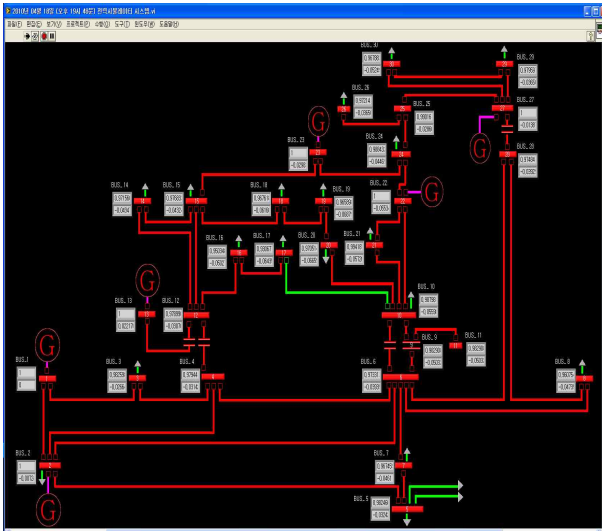


그림 5. 선로 차단  
Fig. 5. Branch accident

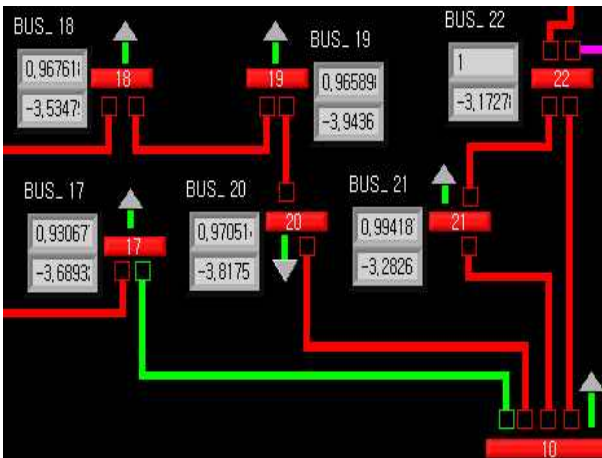


그림 6. 선로차단시 모션 데이터  
Fig. 6. At the accident bus data

시뮬레이터를 테스트하기 위해 선로가 차단된 상황을 나타낸 그림이다. 10번 버스에서 17번 버스 사이의 선로가 차단된 상황의 화면이다. 최초 운영자의 컴퓨터에서 선로를 차단시키면 실시간으로 통신이 이루어지고 있기 때문에 교육용 컴퓨터에도 같은 화면으로 나오게 된다. 제작한 전력계통 교육용 시뮬레이터에서는 사고가 났다는 것을 표시하기 위해서 선로가 정상적인 동작의 상태에서는 적색으로

표시되도록 하였으며 선로의 상태가 사고가 났을 경우에는 녹색으로 표시되도록 하였다. 그림 5에서도 선로를 차단하였을 때 녹색으로 변한 것을 볼 수 있다.

그림 6은 선로차단시의 모션 데이터 값을 나타낸 그림이고 표 1은 Matpower에서 같은 상황일 때 계산된 데이터 값이다. 본 논문에서 제작한 전력계통 교육용 시뮬레이터의 결과 값과 Matpower의 계산 값이 동일하다는 것을 볼 수 있다.

표 1. Matpower의 사고발생 데이터  
Table 1. At the accident data of Matpower

Bus #	Voltage		Generation		Load	
	mag (pu)	ang (deg)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
17	0.931	-3.687	-	-	9.00	5.80
18	0.968	-3.533	-	-	3.20	0.90
19	0.966	-3.942	-	-	9.50	3.40
20	0.971	-3.816	-	-	2.20	0.70
21	0.994	-3.281	-	-	17.50	11.20
22	1.000	-3.171	21.59	33.04	-	-

#### 4. 결 론

본 논문에서는 현재까지 구현된 전력계통 교육용 시뮬레이터에 대하여 검토하여 시뮬레이터에 대한 장단점을 분석하였으며 이를 바탕으로 LabVIEW를 이용하여 전력계통 교육용 시뮬레이터를 제작하여 전력계통 운영자들이 현장에서 빨리 적응하고 현장 대처능력을 기를 수 있도록 하였다. 또한, 신재생 에너지, 분산배전, 스마트 그리드 등 새로운 기능의 운영기술을 요하는 전력계통 운영 시스템의 교육체계로서도 자리잡을 수 있을 것이라 기대한다.

## References

- [1] 여상민, 정용준, 이제희, 김철환, “변전소 교육용 시뮬레이터를 위한 고장발생기 개발”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2006. pp. 171-172.
- [2] 황인준, 김건중, 전동훈, 박현신, 신만철, 오성균, “조류계산을 위한 사용자 정의 모델 지향형 그래픽 시뮬레이터 개발”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 306-308, 2004.
- [3] 백승도, 김승규, 이제희, 이상철, “변전소 전력계통 SIMULATOR 개발에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 67-69, 2004.
- [4] 백승도, 김승규, 이제희, 이상철, “변전소 전력계통 교육용 SIMULATOR 개발에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 67-69, 2004.
- [5] 윤용범, 추진부, “한전의 전력계통 시뮬레이터 개발 및 해석센터 구축”, 전기학회지 제49권 3호, pp. 17-20.
- [6] Larry Dale Swift, “An Enhanced power Digital system Simulator for Education and Training”, Doctorate's Thesis, University of Texas at Arlington, December 1998.
- [7] 김인수, “765(kV) 교육용 시뮬레이터 구현에 관한 연구”, 성균관대학교 석사논문, 2000.
- [8] 황인준, 김건중, 김규왕, 신만철, 오성균, “그래픽 인터페이스를 통한 조류계산 구현 I”, 대한전기학회 추계학술대회 전력기술부분 논문집, pp. 220-222, 2004.
- [9] 박신열, 이명수, 유현주, 홍진혁, “발전소 운전원 훈련용 시뮬레이터에서의 Vibration Monitoring System 개발, 전력전자학술대회 논문집, pp. 241-244, 2004.

## ◆ 저자소개 ◆



**이규화(李圭和)**

1983년 12월 13일. 2008년 전주대학교 공과대학 전기전자정보통신공학부 졸업. 현재 전주대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정.



**김일주(金日柱)**

1984년 11월 18일생. 2008년 전주대학교 공과대학 전기전자정보통신공학부 졸업. 현재 전주대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정.



**최준영(崔峻榮)**

1963년 7월 9일생. 1986년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1988년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 전주대학교 전기전자정보통신공학부 부교수. 2004년 8월~2005년 7월 아리조나 주립대 방문연구원.



**이승근(李松根)**

1962년 8월 29일생. 1988년 Universidade de SaoPaulo 전기공학과 졸업. 1991년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1994년 일본 북해도대학연구원. 현재 전주대학교 공과대학 전기전자정보통신공학부 부교수.