

시뮬레이터 연계용 교육, 훈련 Mimic Board 시스템 개발

차승태*, 김태균*, 최준호*, 김창근*, 이철균**
*한전 전력연구원, ** LS산전

Development of a Simulation Training Simulator using KEPS

S.T Cha*, T.K Kim*, J.H Choi*, C.K Kim*, C.K Lee**
* KEPRI, ** LSIS

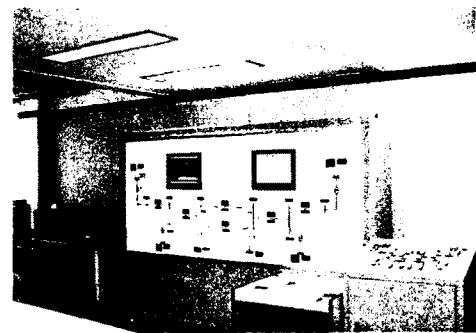
Abstract - A new type of simulation training system for power system operation is presented in this paper. It is based on transmission mimic board, double screen PC, mimic control panel, and real-time digital simulator, KEPS. The operating simulation includes the simulations of the control panel interface and the simulator. The mimic board displays transmission network summary information using a software view of the hardware based mimic board. The symbols, numbers and colors layout exactly match those of the KEPS draft case to provide operators a familiar and effective starting point. This paper describes the development of an innovative training system, utilizing the benefits of 3 dimension visualization s/w and communication-control s/w to create the appropriate operational environment and allow simulation of various power system operations without the restrictions of other training methods. Experiences gained in developing concepts and meeting considerable s/w challenges are outlined, and the potential of the simulator for future operations training discussed.

2.1.1 교육, 훈련 Mimic Board 시스템 구성

본 교육, 훈련시스템은 3차원 컴퓨터 그래픽 기법, Mimic Board, 제어패널 및 시뮬레이터와 통신기능의 조합을 기반으로 설계, 제작하였으며, Mimic Board 하드웨어 구성은 Mimic Board Display(Mosaic Panel), Mimic Board 제어 패널 및 Mimic Board 제어/KEPS 통신용 PC 등으로 구성된다. 또한, 사용된 훈련용 모의계통은 Kundur문헌의 12장에 나온 Two-Area로 이루어진 4기 110선의 검증된 계통을 적용하였으며, 발전기 출력, 단자전압조정, 변압기 탭 조정, 부하량 조정, Shunt Capacitor 투입/제거, 차단기 조작 등이 가능하고 변압기 내부사고, 선로 순간/영구 사고, 모선사고 등의 인가가 가능하도록 구성하였다.

1. 서 론

우리나라 전력계통은 매년 9.4%이상의 부하가 지속적으로 증가하는 대규모 계통으로써, 최근 전력산업의 구조가 경쟁적으로 변화함에 따라 설비 투자비의 절감과 설비 이용률 향상을 통해 전력산업의 경쟁력을 확보할 필요성이 대두되고 있다. 또한, 이로 인한 계통설비의 복잡화 및 계통운용 해석에 있어서의 난이도 증가는 필연적이며 전력계통에서 발생하는 여러 현상에 대한 이해에 있어 많은 어려움을 초래하고 있다. 따라서, 이러한 전력산업 및 전력계통 구조의 변화에 능동적으로 대응하여 전력계통의 안정화를 도모하기 위해서는 고도의 능력을 보유한 우수인력 양성이 절대적으로 필요하다. 이는 전력계통에서 발생하는 사고 및 이상현상에 대한 계통운용자의 빠르고 정확한 능력의 향상을 의미하며, 이를 위해서는 사전에 모의훈련을 통한 교육이 절실히 필요하다. 본 논문에서는 산·학·연 계통중사자를 대상으로 하는 실시간 시뮬레이터 연계용 교육, 훈련 Mimic Board 시스템의 설계, 구성 및 주요 특징을 제시하고 있으며, 3차원 컴퓨터 그래픽 기법, Mimic Board, 제어패널 및 시뮬레이터와 통신기능의 조합을 기반으로 하였다. 본 교육, 훈련시스템을 이용하여 전력계통에서 일어날 수 있는 여러 현상들을 모의한 결과를 효과적으로 피교육자에게 전달할 수 있는 현실감 높은 교육환경을 구축하였다.

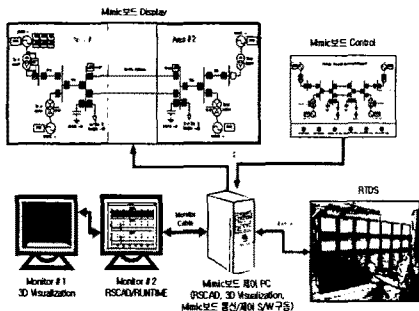


<그림 2> 교육, 훈련 Mimic Board 시스템

2. 본 론

2.1 교육, 훈련 Mimic Board 시스템 개요

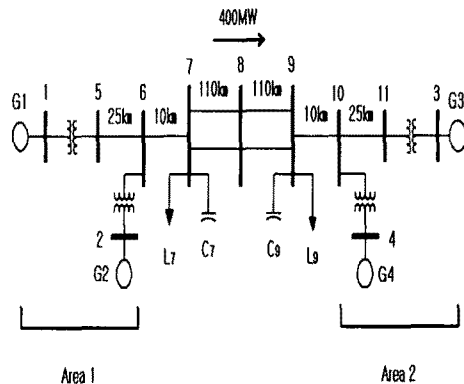
교육, 훈련 Mimic Board 시스템은 아래의 그림1과 같이 실시간 시뮬레이터(KEPS)와 연계된 Mimic Board로 구성하여 계통 모의 훈련을 실시함으로써 피교육자들에게 보다 현실감을 갖춘 입체적인 교육 및 훈련이 가능하게 한다.



<그림 1> 교육, 훈련용 Mimic Board 시스템 구조도

2.2 Two-Area 시스템 적용

아래의 그림 3은 Mimic Board용 계통 모델인 Two-Area 시스템을 나타낸다. 4기 110선 규모로 발전기#1 출력은 702MW, 발전기#2 출력은 702MW, 발전기#3 출력은 722MW 및 발전기#4 출력은 702MW이며, 좌측(Area 1)지역에서 우측(Area 2)지역으로 약 400MW 유효전력을 Tie 송전선로를 통하여 전송하고 있다.

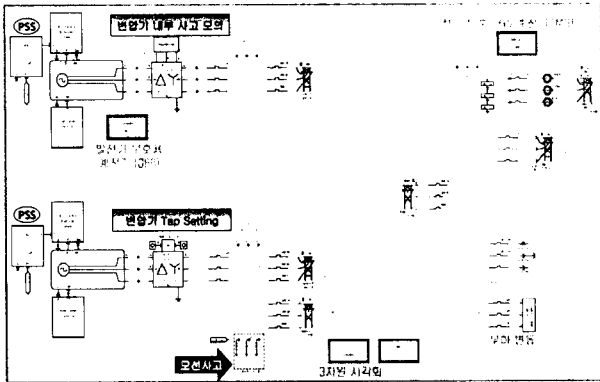


<그림 3> Mimic Board용 계통 모델

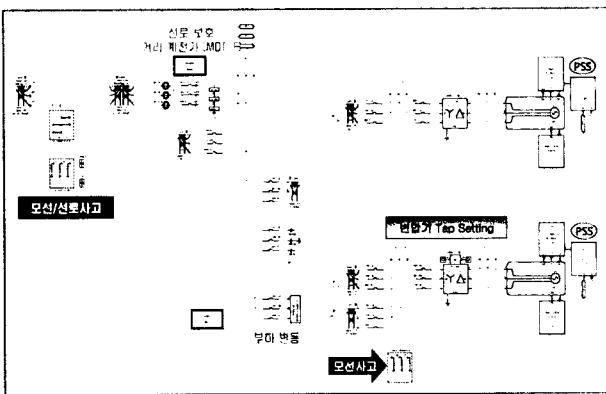
상기 그림3에서 볼 수 있듯이 Mimic Board용 계통에서는 4개의 발전기가 포함되어 있는데, 이는 발전단 사고 모의용으로 계전기 동작 및 계통 운동 훈련을 할 수 있도록 거리계전, 역전력, 과여자, 과전압, 주파수 및 동기탈조계전 요소 등 6개의 실시간 계통해석용 모델급으로 개발되었다. 그리고, 변압기 및 Tie 송전선로에 대해서도 전류차동 및 거리계전기 모델을 적용하여 변압기 내부사고 및 선로 사고 시 계전기 동작과 이로 인한 계통의 운동 특성을 훈련할 수 있도록 하였다.

2.2.1 시뮬레이터용 모의 계통 구성

실시간 시뮬레이터(KEPS)로 구현된 Mimic Board용 모의 계통은 RPC카드를 사용하는 2개의 서브시스템으로 구성되었으며, 아래의 그림 4, 5는 RSCAD/Draft 상의 모의 계통을 나타낸다.



〈그림 4〉 KEPS 모의 계통(서브시스템 1)



〈그림 5〉 KEPS 모의 계통(서브시스템 2)

2.2.2 교육, 훈련 시나리오

교육, 훈련 Mimic Board 시스템을 사용한 훈련 시나리오는 크게 발전제어, 전압제어, 동특성 모의 및 경제급전 모의 훈련 등 4개 시나리오로 이루어지며 각 시나리오의 구체적인 구성은 아래와 같다.

① 발전기 출력 제어

4기 11모션 규모로 발전기#1 출력은 702MW, 발전기#2 출력은 702MW, 발전기#3 출력은 722MW 및 발전기#4 출력은 702MW이며, 좌측 (Area 1) 지역에서 우측(Area 2)지역으로 약 382MW 유효전력을 Tie 송전선로를 통하여 전송하고 있다. 아래의 훈련 시나리오에 따라 경부하시 계통주파수를 유지하기 위해 발전기 #1 및 발전기 #3의 출력을 감소시킨다.

〈표 1〉 발전기 출력제어 훈련 시나리오

순서	훈련 시나리오	조작 결과 (MW)	계통 주파수 (Hz)	Tie T/L 조류 (B72 > B73)	
				T/L#1	T/L#2
1	시나리오 1번 모의 계통기동	초기 기동	59.99	191.0	191.0
2	B72 부하가 최저치로 감소 (계통의 약간 경부하, 주파수 증가)	965.9 -> 461.6	60.44	293.9 -158.6	293.9 -158.6
3	B72 부하가 최저치로 감소 (계통의 약간 경부하, 주파수 증가)	1711 -> 1350	60.73	196.9 -51.8	196.9 -51.8
4	G1 발전기의 출력 감소 (계통 주파수 조정)	479.8 -> 149.7	60.33	89.9 4.6	89.9 4.6
5	G3 발전기의 출력 감소 (계통 주파수 조정)	618.2 -> 274.4	59.99	197.0 51.4	197.0 -51.4

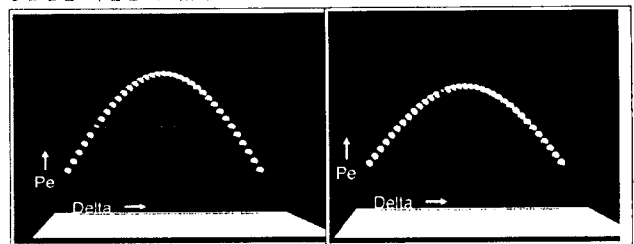
② 송전선로 영구사고

상기 ①번 시나리오를 종료한 후 모션72와 모션73사이의 Tie 송전선로에 영구고장을 발생하여 거리계전기(21) 동작함께 Tie 송전선로#2에 과부하를 발생하는 현상을 모의한다.

〈표 2〉 발전기 출력제어 훈련 시나리오

순서	훈련 시나리오	조작 결과 (MW)	계통 주파수 (Hz)	Tie T/L 조류 (B72 > B73)	
				T/L#1	T/L#2
6	B73 부하 증가 (Area2 부하증가, 주파수감소)	1352 -> 1657	59.73	277.5 -125.2	277.5 -125.2
7	G1 발전기의 출력 증가 (계통 주파수 조정)	328.8 -> 447.8	59.93	310.4 -194.9	310.4 -194.9
8	G3 발전기의 출력 증가 (계통 주파수 조정)	288.0 -> 364.5	59.99	294.9 -155.9	294.9 -155.9
9	G1 발전기의 출력 감소 (Tie T/L 조류 조정 : 200MW×2)	434.5 -> 311.2	59.79	258.8 -100.8	258.8 -100.8
10	G3 발전기의 출력 증가 (Tie T/L 조류 조정 : 200MW×2)	420.8 -> 632.2	59.99	198.7 -44.1	198.7 -44.1
11	Tie T/L#1 영구 고장 발생 (선로보호 동작 T/L#1 탈락)	Tie T/L #1탈락	60.08	0.0	357.7 -284.8

상기 훈련코스에서 나타난 결과와 같이 선로 영구고장 발생이후 고장전 Tie 송전선로#1에 의해 전송되던 190MW 전력이 Tie 송전선로#2 통하여 공급됨을 확인할 수 있다.



〈그림 6〉 고장발생전/후 Tie 송전선로의 전력-상차각 곡선

상기 그림6에서 볼 수 있듯이 사용자는 계통 상태의 변화에 따라 계통 운전점이 변화하는 모습을 직접 확인할 가능하며, 외란으로 인한 계통 동요현상을 시각적으로 확인할 수 있는 장점이 있다.

③ 전력계통안정화장치(PSS) 적용

KEPS로 변환된 모의계통의 전력계통안정화장치의 적용 효과와 계통 운전조건에 따른 과도안정도 분석을 위하여 모션 71 및 74모션에 각각 단상지락(0.1초) 및 3상단락(0.2초) 동안 인가시킨 후, Tie 송전선로를 영구개방하는 시나리오를 적용하였다.

〈표 3〉 전력계통안정화장치(PSS) 훈련 시나리오

순서	훈련 시나리오	비고
1	B71 모션 고장 발생 (단상지락 사고 0.1초)	고장 인가, 진동 발생 약 120초간 지속된 후 안정화
2	B74 모션 고장 발생 (3상지락 사고 0.2초)	고장 인가, 진동 지속 불안정한 상태 유지
3	계통 내의 PSS 투입 (PSS On 경우의 동특성 분석)	PSS ON 후, 안정된 상태 유지

3. 결 론

본 교육, 훈련 Mimic Board 시스템은 실시간 시뮬레이터(KEPS)와 연계, 구성하여 계통 모의훈련을 실시함으로써 훈련자들에게 보다 현실감을 갖춘 입체적인 교육 및 훈련과정을 제공하는 목적으로 개발되었다. 또한, 사용된 훈련용 모의계통은 Kundur 문헌의 12장에 나온 Two-Area로 이루어진 4기 11모션의 검증된 계통을 적용하였으며, 현재는 발전기 출력 제어, 전압제어 훈련코스를 비롯하여 변압기 탭 조정, 부하량 조정, Shunt Capacitor 투입/제거, 차단기 조작 등이 가능하고 변압기 내부사고, 선로 순간/영구 사고, 모션사고 등의 인가가 가능하도록 구성, 완료하였다. 앞으로도 동특성 모의 훈련 시나리오를 지속적으로 개발해 나아갈 계획이며, 계통의 동특성에 대한 부분의 교육 효과를 제고하기 위하여 3-D 시각화 프로그램도 보완할 예정이다.

〈참 고 문 헌〉

- [1] 차승태, 김태근, 신정훈, 이철균, 최준호, 남수철, "Development of a Training Simulator for Power System Operation", WMSCI, Vol.IX, 101-106, July 2006
- [2] Thomas J. Overbye, A.P. Meliopoulos, "Visualization of Power System s and Components", PSERC Final Report, p 1-83, Nov 2005
- [3] R.P. Wierckx, J.B. Choo, "Modelling of HVDC system controls using the real-time digital simulator", IERE Workshop, p51-56, Sep 1999