

시뮬레이터 사용자 인터페이스 설계

허태영, 조병학, 박신열, 손기현
한국전력공사 전력연구원

Human-System Interface Design for Simulator

Tae-Young Huh, Byung-Hak Cho, Shin-Yeol Park, Gi-Hun Son
Korea Electric Power Corporation, Korea Electric Power Research Institute

Abstract

증기터빈 및 발전기의 특성을 그대로 모사하는 PC 기반의 시뮬레이터를 개발하였으며, 사용자가 개발된 시뮬레이터의 기능들을 적절하고 편리하게 사용할 수 있도록 인간공학의 원칙을 고려하여 설계하였다. 이를 위해 시뮬레이터가 가져야 하는 기능들을 시험절차 및 운전 절차를 분석하여 도출하였으며 그 기능들을 각 사용자 인터페이스의 설계 목적에 맞도록 적절하게 배치하였다. 본 논문에서 소개하고자 하는 사용자 인터페이스는 Main Window에서 항상 감시가 가능하도록 설계된 Mimic Display, Information Tiles Display로 시뮬레이터 사용자 인터페이스의 핵심이라고 할 수 있다.

Key Words: Human-System Interface, Simulator, Mimic Display

1. 서 론

전력연구원은 10년간의 시뮬레이터 개발 경험을 바탕으로 Windows(NT) 환경의 시뮬레이터 개발 Tool 인 PowerSim을 독자적으로 개발하고 이를 이용하여 화력발전소 DCS(Distributed Control System) 검증용 시뮬레이터를 개발하였다. PowerSim은 GMB(Graphic Model Builder)를 갖춘 국내 최초의 시뮬레이터 개발 Tool로 다양한 발전소 기기 모델과 강사 조작반 기능을 갖추고 있으며, 완벽한 GUI(Graphic User Interface) 환경을 지원한다. 따라서 개발자는 발전소 P&ID(Pipe & Instrument Drawing)에 기초하여 SimDiagram을 그리고 발전소 데이터를 입력하는 것만으로 실시간 시뮬레이터를 구현할 수 있다.

본 시뮬레이터는 PowerSim을 사용하여 개발하였으며, [그림 1]에서 보는 바와 같이 디지털 제어시스템과 연계되는 I/O Module, Dynamic Turbine / Generator Model을 포함하고 있는 Simulator Module, 사용자 인터페이스를 포함한 Display Module로 구성되어 있다.

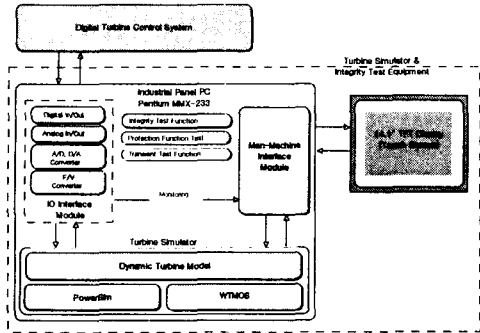


그림 1 Configuration

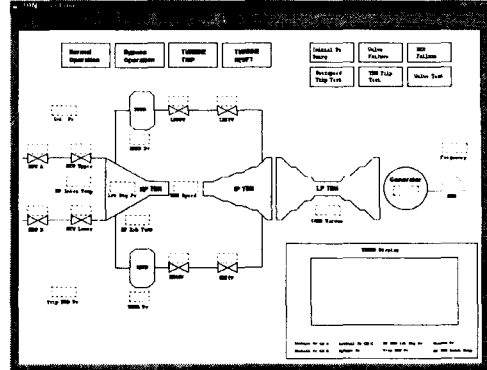


그림 2. Mimic Display

2. 사용자 인터페이스 설계 절차 및 기능

본 시뮬레이터는 Turbine, Generator만을 대상으로 하여 개발하였으며 이들 계통의 정상 운전 중 또는 기동 시에 수행되는 시험, 변수의 제어, 감시 기능들을 아래의 절차에 따라 도출하였으며, 시뮬레이터 구성요소 중 사용자 인터페이스는 시뮬레이터의 동적인 상황을 효과적으로 표시하고, 사용자가 오류(Human Error)를 일으키지 않도록 설계하였다.

- 1) 주 기능 및 하위 상세 기능 도출을 위한 운전 및 시험절차의 분석
- 2) 사용자 인터페이스 종류 결정
- 3) 해당 사용자 인터페이스에 필요한 입, 출력 변수의 확정
- 4) 표시 상세 설계
- 5) prototyping 및 운전성 확인
- 6) 시뮬레이터와 통합 및 시험

도출된 기능들은 다음과 같이 정리될 수 있다.

2.1 Test Function

a. Overspeed Trip Test Function

Turbine 속도가 규정 속도를 넘어설 경우 이를 강제 정지시키는 발전소 보호 기능을 시험하기 위해서 발전소 기동 시에는 실제로 정지 시험을 실시하며, 정상운전 중에는 우회상태에서 알고리즘만을 시험하게 된다.

b. Turbine Trip Test Function

Condenser Vacuum, Lub Oil Pr., Lub Oil Level, Thrust Failure, Exhaust Hood Temp, Manual의 6개 입력 변수가 있으며 이들 중 하나라도 입력되면 Turbine을 정지시키는 기능

을 시험하는 것으로 과속도 시험과 마찬가지로 발전소 기동 시에는 실제로 정지 시험을 실시하며, 정상운전 중에는 우회상태에서 알고리즘만을 시험하게 된다.

c. Valve Test Function

Main Steam 및 Reheated Steam을 제어, 차단하는 기능을 가진 증기 밸브들에 대한 건전성을 시험하는 기능이다.

2.2 Transient Generation Function

과도상태 발생 기능은 정상 및 우회운전 중 제어시스템의 응답성을 확인하기 위한 것으로 Initial Pr. Swing, Valve Failure, Breaker Failure와 같은 과도상태를 포함하고 있다.

2.3 Control Function

Initial Pr. 외 6개 변수 및 각종 밸브, 차단기 등에 대한 제어가 가능하며 사용자는 제어를 위한 Setup Dialog에서 사용자로부터의 입력(Interrupt) 또는 디지털 제어시스템으로부터의 입력을 선택하여 제어할 수 있다.

2.4 Monitoring Function

감시기능을 수행하는 사용자 인터페이스는 Mimic Display, Information Tiles Display, Trend Graph Display, Status Table Display의 네 가지 종류가 있다. 전체 터빈 시스템의 운전/시험 상황을 한 눈에 확인할 수 있도록 Mimic Display와 Information Tiles Display를 Main Window에 상시 표시하며 관련 운전변수의 감시를 위해 Trend Graph, Status Table을 제공한다. 또 네 가지의 기능들끼리 긴밀한 연관관계를 가지도록 설계하였다.

3. Mimic Display

Mimic Display는 감시기능의 핵심으로 주 기기의 현재 상태 뿐 아니라 관련 변수의 현재 값 등을 사용자에게 실시간으로 제공한다. Mimic에서 표시되는 기기는 주증기 제어밸브(MCV), 주증기 차단밸브(MSV), 고압터빈(HP), 중압터빈(IP), 저압터빈(LP), 재열기(Reheater), 재열증기 제어밸브(ICV), 재열증기 차단 밸브(RSV), 발전기, 차단기(Breaker) 등이며 현재 상태와 운전 값은 주기적으로 갱신되어 표시된다. [그림 2]

3.1 사용자 인터페이스간 연계

Mimic Display에서 표시되는 운전변수와 해당 제어기능은 상호 접근이 용이하도록 설계되었으며 대응관계는 [표 1]에 나타난 바와 같이 서로 직접적인 관련이 있는 표시변수와 제어화면은 기능적으로 연결하였다. 즉 시험자가 Mimic에서 표시되고있는 운전변수 또는 기

기에 대한 제어, 추이곡선 등의 다른 형태의 인터페이스 화면으로 이동을 원할 경우 Mimic에서 직접 해당 변수를 선택하고 접근이 가능한 인터페이스들 중 원하는 화면을 선택함으로써 이동이 가능하도록 하였다.

표 1. 표시변수와 제어화면의 연관관계

	표시변수	제어화면
1	Main Steam Pr.	Main Steam Pr. Control
2	Reheat Pr.	Reheat Pr. Control
3	Turbine Speed	Turbine Speed Control
4	Valves	Valve Control
5	Generator Output	Generator Output Control
6	HP Inlet Temp.	Temp. Control
7	HP Exhaust Temp.	Temp. Control
8	IP Inlet Temp.	Temp. Control
9	Vacuum	Vacuum Control
10	Breaker	Breaker Control

3.2 기기 상태의 표시

증기밸브들의 상태 표시는 색상을 적용하였으며, 차단기의 경우 위치 코딩을 추가하였다. 제어밸브의 경우 밸브번호는 밸브 심블 아래에, 개도는 위에 표시하였으며 열림 상태는 적색, 닫힘 상태는 녹색, 동작중인 경우 녹색과 적색을 함께 사용하였다. On-Off 밸브와 Adjust 밸브의 구분은 개도의 있고 없음으로 구분이 가능하도록 하였다.

4. Information Tiles Display

현재의 운전상태 즉, 운전변수들의 현재 값, 기기의 상태 등에 대한 정보는 Mimic Display를 통해 파악할 수 있도록 하고 현재의 운전모드, 정지 및 Reset 여부, 진행되고 있는 시험의 정보 등을 Tile로 제공하여 운전정보 및 시험정보를 한 번에 확인할 수 있도록 설계하였다. Operation Information Tile에서 제공되는 운전정보는 다음과 같으며, 미리 정의된 조건이 만족될 경우 Tile의 Message가 표시되도록 하였다. 따라서, 정상운전 중일 경우 Operation Information Tile에는 “Normal Operation” Tile만 표시된다.[그림 3]

a. 운전 모드 (Normal / Bypass Operation)

b. 정지 여부 (Turbine Trip / Reset)

다음은 Normal Operation Tile을 보여주기 위해 정의한 입력 요소들로 다음 조건들이 만족되어야 표시된다.

- Generator output 100 %
- Circuit Breaker Close
- Turbine Speed 3600 rpm
- MCVs Opening more than 60 %
- MSVs, ICVs & RSVs Opening 100 %
- Reheat Pr. more than 100 Kg/cm²
- Turbine Trip HDR Pr. more than 80 Kg/cm²

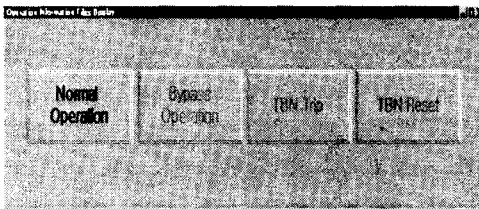


그림 3. Operation Information Tiles

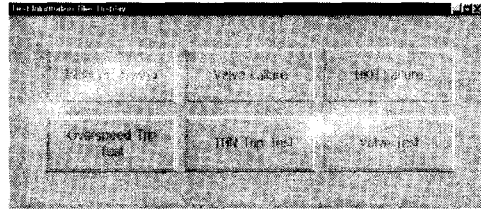


그림 4. Test Information Tiles

Test Information Tile에서 제공되는 시험정보는 다음과 같다. [그림 4]

- Initial Pr. Swing
- Valve Failure
- Breaker Failure
- Overspeed Trip Test
- Turbine Trip Test
- Valve Test

5. Trend Graph Display

일반적으로 압력, 수위 등의 표시는 단순히 숫자(현재 값)로만 표시할 경우보다는 과거의 이력(기록)과 함께 그 변화상태를 보여줄 경우 운전상태를 정확하게 판단할 수 있고 예측도 가능하게 된다. 따라서 감시되어야 하는 운전변수들 중 Initial Pressure, HP Turbine Inlet Temp., HP Turbine 1st Stage Pr., HP Turbine Exhaust Temp. 등의 변수들은 Trend Graph로 표시 가능하도록 하였으며 한 화면에 4개의 변수를 수용할 수 있도록 설계하였다.

6. Status Table Display

Status Table의 경우 동일 또는 유사한 기능을 하는 기기들에 대해 각종 운전 값들을 비교하여 보여줄 수 있는 표시형태로 특히 밸브들에 대한 표시에서는 제어기 Demand, Feedback, Error 등을 하나의 테이블에 모두 표시하여 줌으로써 상호 비교가 가능한 형태이다. [그림 5]

	Name	Status	Error

그림 5. Typical Status Table Display

7. 결 론

시뮬레이터 사용자의 편의성 및 효율성을 향상시키기 위해 사용자 인터페이스를 체계적으로 설계하여 적용하였으며 향후 기력 및 원자력 발전소에서 사용하고 있는 각종 터빈 구동 기기에 대한 시험 장비로 확장 시 사용자 인터페이스 및 입출력 모듈의 일부 수정만으로도 그 기능을 완벽하게 수행할 수 있을 것으로 판단되며 시뮬레이터 분야에서 사용자 인터페이스 설계 및 개발과 관련된 기술 개발에도 파급효과가 클 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 이용관 외 9명, “발전소 운전원 훈련용 모의제어반 국산화 개발 적용 [최종 보고서]”, KEPRI Technical Report (1998)
2. 조병학 외 5명, “Windows 환경의 발전소 실시간 시뮬레이터 개발 톨 소개”, 시뮬레이션 학회 1998 추계학술 발표회 논문집 (1998)