

시뮬레이터 운용시스템 및 EMS

문영환*, 최상봉**

(*한국전기연구소 전력계통 연구실장,

**한국전기연구소 전력계통 연구실 선임연구원)

1. 서 론

전력계통 시뮬레이터를 위한 컴퓨터 운용시스템은 시뮬레이터의 운용시간이 10^{-2} sec 정도로 부터 중장기 운용까지 이를것으로 예상되고 그규모가 발전기 20~50기 정도에 도달할 것으로 보아 EMS 응용 프로그램에 대한 포함여부를 신중히 검토해야만 한다. 일반적으로 전력계통 시뮬레이터의 운용을 위한 시스템의 조건은 EMS 응용 프로그램이 내장된 주전산 시스템과 시뮬레이터의 각 구성요소를 감시하고 제어하기 위한 시뮬레이터 감시 제어용 전산 시스템의 두분류로 크게 나눌 수 있다.

현재, 일본을 비롯한 대다수의 전력회사에서 설치, 운용하고 있는 전력계통 시뮬레이터의 경우, 주로 단시간의 계통 상태를 파악하는데 주안점을 두고 있어 전력계통 시뮬레이터의 운용 시스템은 EMS 응용 프로그램을 제외한 감시제어 시스템만으로 운용하고 있는 실정이다. 그러나 실제 전력계통에서의 안정성 확보와 경제성 평가까지를 시뮬레이션 하기 위해서는 전력계통 시뮬레이터에서의 EMS 응용 프로그램이 필요한 것으로 생각된다. 따라서 이와같은 점을 고려하여 본 시뮬레이터의 운용 시스템에서는 운용의 유연성을 두기 위하여 전력계통 시뮬레이터를 감시제어 시스템만으로 운용하는 경우와 EMS 응용 프로그램까지 고려한 시스템으로 분리하여 운용하고자 한다. 또한 시뮬레이터의 운용을 위한 시스템 구성에 있어서도 현재 컴

퓨터 시스템 발전속도로 보아 구성에 필요한 Operating System이나 통신 프로토콜 그리고 사용자 인터페이스들을 비표준형으로 구성할 경우, 시스템의 확장과 경제성등 어려운 점이 수반되므로 본 시뮬레이터에서는 시뮬레이터의 구성요건의 변화를 고려하여 시스템 확장이 용이한 Open 시스템으로 구성하는 것이 바람직 할것으로 생각된다.

다음은 본 연구에서 제시한 전력계통 시뮬레이터의 주전산 시스템 및 운용 시스템 그리고 감시제어용 전산 시스템에 대한 기능 사양을 제시하였다.

2. 시뮬레이터의 주전산 시스템

시뮬레이터의 주전산 시스템은 각 시뮬레이터의 구성요소에서 측정되어온 데이터로 부터 계통의 경제성과 안정성을 평가하기 위한 EMS 응용 프로그램이 내장되어 있는 많은 소프트웨어 기능을 수행해야 할 뿐 아니라 감시제어용 전산 시스템과의 데이터 전송등을 취급해야 하므로 서로 다른 업무 수행을 처리할 수 있는 분산 처리형 Workstation 급 시스템으로 구성하는 것이 바람직하다.

다음 그림 1은 주전산 시스템과 각 시뮬레이터의 구성요소별 감시 제어용 전산 시스템과의 관계를 도시하고 있다.

다음은 주전산 시스템에 필요한 하드웨어 사양과 운용 소프트웨어 사양에 대하여 기술하였다.

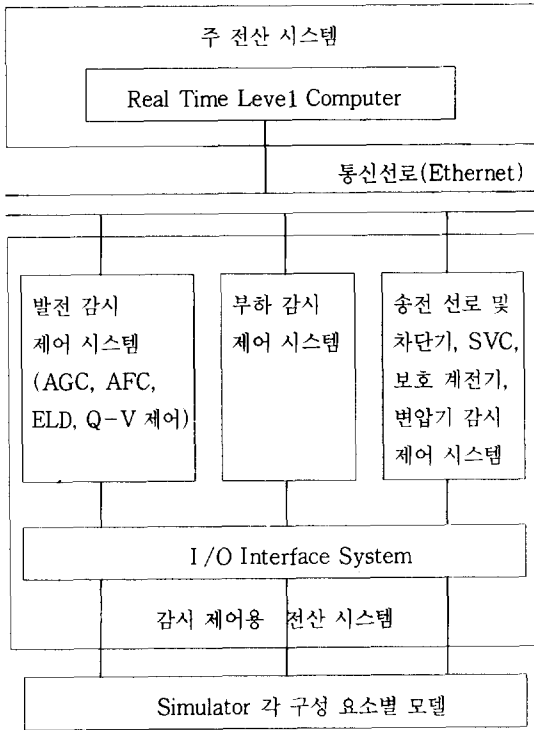


그림 1. 주전산 시스템과 감시제어용 전산 시스템과의 관계도

2.1 Hardware 사양

- 32 bit Workstation
- Ethernet Board
- Line Printer
- Magnetic Tape systems
- Interface Controller
- Communication Processor
- CRT Terminal
- Map Board

2.2 운용 Software 사양

- Topology Program
- Operating System
- Man-machine Interface
- System Data Base
- Graphic User Interface
- Application Network 및 Network 환경
- EMS 응용 프로그램(포함 가능)

2.3 EMS 응용 프로그램

전력계통 시뮬레이터에서의 EMS 응용 프로그램의 설치 및 운용에 따른 장점은 앞서 설명한바와 같이 매우 크다고 볼 수 있다. 따라서 본 KEPS 시뮬레이터의 경우, 계통의 안정성 확보와 경제적인 면을 시뮬레이션 하기 위하여 EMS 응용 프로그램은 필요한 것으로 생각된다.

한편, 본 연구에서 설치, 운용할 KEPS 시뮬레이터의 경우에 필요한 EMS 응용 프로그램은 실제통에서 사용되고 있는 모든 EMS 기능을 사용할 경우 다음과 같은 문제점을 안고 있다. 즉, 많은 소프트웨어 기능을 수행해야 하는데 따르는 계산시간의 증가와 실제통에 비하여 상대적으로 규모가 적고 운용 시간이 짧기 때문에 실제통에서와 같이 모든 프로그램을 고려할 필요는 없을 것으로 판단된다. 따라서 모든 EMS 기능중에서 전력계통 해석에 관련된 프로그램만을 선택하여 설치, 운용하는 것이 바람직하다. 이와같은 경우, KEPS 시뮬레이터에 설치, 운용할 EMS 소프트웨어 선정이 문제점으로 대두되는데 지금 현재 전세계적으로 전력계통 시뮬레이터용 EMS 응용 프로그램을 설치, 개발한 곳은 없으며 따라서 본 KEPS 시스템에 사용될 EMS 응용 프로그램은 한전에 설치, 운용되고 있는 실제통 EMS 응용 프로그램중에서 계통 해석에 관련된 프로그램을 수정, 보완하여 사용하는 것이 보다 경제적이고 합리적인 것으로 판단된다.

일반적으로 실제통에서 운용되고 있는 EMS 기능을 보면 실시간(On-line) 모드와 학습(Study) 모드로 구분하여 운용하고 있다. 실시간 모드에서는 상태추정(State Estimation), 안전도 분석(Security Analysis) 그리고 최적조류계산(Optimal Power Flow)을 통해 그결과를 발전제어(Generation Control) / SCADA 시스템과 페루프를 형성시켜 실시간(On-line)으로 전력계통을 안전하게 운전하기 위한 제어 과정을 수행한다. 반면에 학습(Study) 모드에서는 계통 운전원이 실시간과 다른 환경에서 실시간 모드의 결과로부터 필요한 최적조류계산(Optimal Power Flow)과 안전도 분석(Security Analysis) 과정을 수행한다. 실시간 모드와 학습모드의 큰 차이점은 실시간 모드는 상태추정의 결과로부터 프로그램이 시작되는 반면에 학습모드에서는 최적조류계산의 결과로부터 프로그

램이 시작된다는 점이다. 본 KEPS 시뮬레이터의 EMS는 그 목적이 실제통에서의 안정성과 경제성 향상을 시뮬레이션하는데 있고 그규모가 실제통에 비하여 적으므로 실시간 모드의 환경에서 그 기능을 충분히 수행할 것으로 판단된다. 다음은 KEPS에 사용될 EMS 응용 프로그램에 대한 기능을 요약하였다.

2.3.1 실시간 계통 해석 소프트웨어

전력계통 시뮬레이터를 실시간에 운전하기 위하여 우선 주전산 시스템에 내장되어 있는 상태추정(State Estimation), 안전도 분석(Security Analysis) 그리고 최적조류계산(Optimal Power Flow)을 수행하고 그 결과를 발전 감시제어 시스템 / I/O 시스템과 페루프를 형성시켜 실시간(On-line)으로 전력계통 시뮬레이터를 안전하게 운전하기 위한 제어 과정을 수행한다. 다음 그림 2은 실시간 환경에서의 전력계통 시뮬레이터의 EMS 구성도를 도시하고 있다. 전력계통 시뮬레이터에서의 EMS 수행은 일정한 시간간격을 두고 주기적으로 행하는데 이때 수행시간은 시뮬레이터 운용원이 EMS 계산 능력을 고려하여 최적의 시간을 선정할 수 있도록 구성하여야 한다. 그림 2에서 보듯이 상태추정을 통하여 일단 계통의 상태가 파악되면 안전도 분석과 최적조류계산이 뒤따르게 된다. 최적조류계산에서 얻어진 결과로부터 자동적으로 Q-V 제어와 AGC/ELD 제어 그리고 I/O 인

터페이스 시스템과 페루프를 형성하여 시뮬레이터를 제어한다. 일반적으로 AGC/ELD 제어는 경제적으로 부하 변화에 대응하기 위하여 수초 간격으로 발전 제어를 수행하게 되고 Q-V 제어는 발전기 전압이나 변압기 탭 그리고 선트 캐패시터와 같은 무효전력제어를 수행한다.

① 상태추정(State Estimation)

계통의 상태추정은 주어진 측정군으로 부터 계통의 상태변수를 실제 상태에 가장 가깝도록 계산하기 위하여 실제 상태와의 오차를 최소화 하는 상태변수 값을 추정하는 것이다. 상태추정 프로그램은 통계기법을 이용하여 불량정보를 확인하고 상태추정해로 부터 불량정보를 제거한 후 프로그램을 재실행 한다. 또한 만약 네트워크가 가관측(Observable) 하지 않으면 Pseudo 측정치를 추가하여 상태추정을 행한다.

② 네트워크 분석

일반적으로 네트워크 분석 프로그램의 경우 시간 간격별 또는 개폐기 스위칭 변화상태에 따라 수행할 수 있어야 하며 이때 급전사령원의 요청에 따라 프로그램 수행을 초기화 또는 지연시킬 수 있어야 한다. 네트워크 분석시퀀스는 네트워크 topology, 상태추정, 모션부하예측, 상정사고선택, 상정사고분석 등의 순으로 일정시간안에 완료되어야 한다. 여기서 네트워크 topology란 시뮬레이터 각 구성요소의 연결 상태를 말하며 I/O 인터페이스 시스템으로부터 얻어진 정보로부터 계통의 상태를 파악할 수 있는지의 여부(가관측)를 결정한다.

③ 안전도 해석(Security Analysis)

· 상정사고 선택(Contingency Selection)

상정사고 선택프로그램은 상정사고 분석(Contingency Analysis) 프로그램을 지원하기 위해 사용된다. 이 프로그램은 DC 해를 사용하여 일련의 상정사고의 셋트를 풀고 심각도에 따라 순위를 결정한다. 상정사고 선택 프로그램을 주기적으로 수행할 때 이 프로그램은 급전지령원이 미리 지정한 상정사고를 수행하고 가장 중요한 상정사고의 순위를 결정한다. 이때 순위는 DC 조류계산 기법을 사용하여 결정한다.

· 상정사고 분석(Contingency Analysis)

이 프로그램은 네트워크의 안전도를 평가하기 위하여 주기적으로 일련의 상정사고를 스캔한다. 각

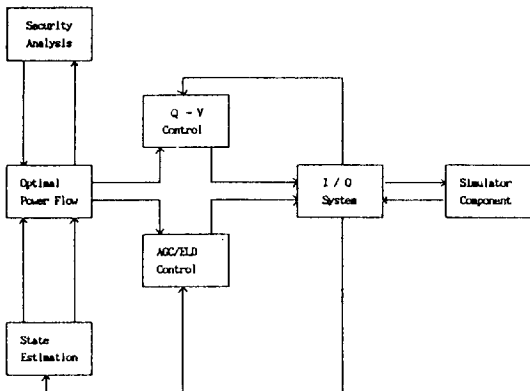


그림 2. 전력계통 시뮬레이터의 EMS 구성도

프로그램의 수행은 가관측 네트워크에서 심각한 과부하나 topology 가 변화할때 수행하며 프로그램 수행동안에 선택된 상정사고 리스트를 스캔하고 각 기기의 고장여부를 계산한다. 상정사고 분석 프로그램의 해가 얻어진후 각 기기 고장의 심각성에 따라 순서가 결정된다.

- 안전도 제약을 고려한 경제급전

이 프로그램은 설비의 과부하를 줄이기 위하여 교정제어를 실시한다. 즉 몇몇 발전기를 지정하여 발전한도를 제시하고 부하차단도 실시한다.

- 전압제어(Voltage Control)

상태추정 해의 결과로 부터 모션 전압을 한도내로 유지하면서 유효전력 손실을 최소화 하기 위해 요구되는 제어변수를 결정한다.

- Network Sensitivity(NS)

Jacobian Matrix 를 이용하여 상태추정해의 결과로부터 발전기와 부하 손실 감도 계수를 계산한다.

- Penalty Factor Calculation(PFC)

On-line 발전제어에 사용될 Penalty Factor 들을 손실 감도 계수로 부터 직접 구한다.

④ 최적조류 계산(Optimal Power Flow)

- 전압제어를 고려한 조류계산
- Feasibility 계산
- 연료비용 최소화
- 유효전력 최소화

3. 감시제어 시스템

전력계통 시뮬레이터는 시뮬레이터를 운용하고 감시하기 위한 감시제어 시스템으로서의 제어용 전산 시스템을 설치하여야 한다. 이 전산 시스템은 시뮬레이터 각 구성요소에서 측정되어온 데이터를 주전산 시스템으로 전송하는 기능과 주전산 시스템으로 부터의 제어 신호를 시뮬레이터의 각부에 지시하는 기능을 수행하여야 한다. 만약 시뮬레이터의 운용에 있어 EMS 응용 프로그램을 포함하지 않은 경우에는 주전산 시스템을 분리하여 발전 감시 제어 시스템의 AGC, AFC, ELD 소프트웨어로서 전계 전력계통 시뮬레이터를 운용할 수 있도록 구성하여야 한다. 또한 감시제어 시스템은 발전기, 송전선, 부하, 변압기, 차단기등의 각 시뮬레이터 구성요소를 연결하여 계통구성을 모의하고 각 구성요소

로 부터 데이터 통신이 가능하도록 프로세서 입,출력 장치(PI/O)를 포함한 I/O Interface 시스템이 필요하다. 이와같이 각 시뮬레이터의 구성요소에 설치, 운용될 감시제어 시스템은 그기능 수행상 Workstation 급이면 충분하다고 판단되며 다음은 각 부의 감시제어용 Workstation의 하드웨어 사양과 수행해야 할 운용 소프트웨어 사양에 대한 기능을 요약하였다.

3.1 Hardware 사양

3.1.1. 주 사양

- 32 bit Workstation
- CRT Computer Terminal
- Line Printer
- Magnetic Tape Systems
- Interface Controller

3.1.2 I/ O Interface System

- 입·출력 장치를 위한 Processor
- Real Time Operating System
- Network Configuration System
- Operation Console
- Cursor Controller
- Control Panel
- Display Generation Equipment
- Data Logger
- Dynamic System Map Diagram
- Pen Recorder
- Three Dimensional Geographical Map-boards

3.1.3 Communication Equipment

- Communication Processor
- Sensor Data channel
- Data Linker

3.2 운용 Software 사양

- Operating System
- Data Acquisition and Control
- Man-Machine Interface
- System Data Base

다음은 시뮬레이터의 각각의 감시제어 시스템에

서 수행해야할 소프트웨어 사양에 대한 기능을 요약하였다.

3.3 발전 시스템 감시제어 Workstation

- 발전기 Parameter set-up
- 발전 시스템 계산시간의 동기
- AGC, AFC, ELD Q-V 제어 구현
- AGC 시스템
 - AGC 필터링과 샘플링
 - AGC의 주기능
 - AGC의 관측
- 경제급전 제어(ELD) 시스템

3.4 부하 감시제어 Workstation

- 다양한 부하 모듈의 switching
- 부하 모델 구성 비율의 제어
- 부하 모델 Parameter 제어

3.5 송전선로, 차단기, 보호계전기, 기타 감시 제어 Workstation

- 송전선로 모듈 제어

- 송전선로 모델 Parameter set-up
- 송전선로 사고모의

또한 각 시뮬레이터 각 구성요소별 Workstation에서는 데이터 전송 기능을 포함하여 시뮬레이터의 운전 조작등 공통으로 수행해야할 다음과 같은 기능들이 필요하다.

- 시뮬레이터와 각 구성요소별 감시제어 Workstation 간의 데이터 집수를 행하기 위한 프로세서 입출력 장치용 (PI/O) 입, 출력 처리 프로그램 (Data Acquisition)
- Man-Machine Interface CRT용의 입출력 처리 프로그램을 위한 기본 입·출력 처리 프로그램
- 상태감시 프로그램

3.6 프로세서 입·출력 장치용(PI/O) 입·출력 처리 프로그램(Data Acquisition)

다음 그림 3은 기본 입·출력 처리 프로그램과 감시 제어 Workstation 간의 구성관계를 도시하고 있다. 시뮬레이터와 감시 제어 시스템의 데이터 교

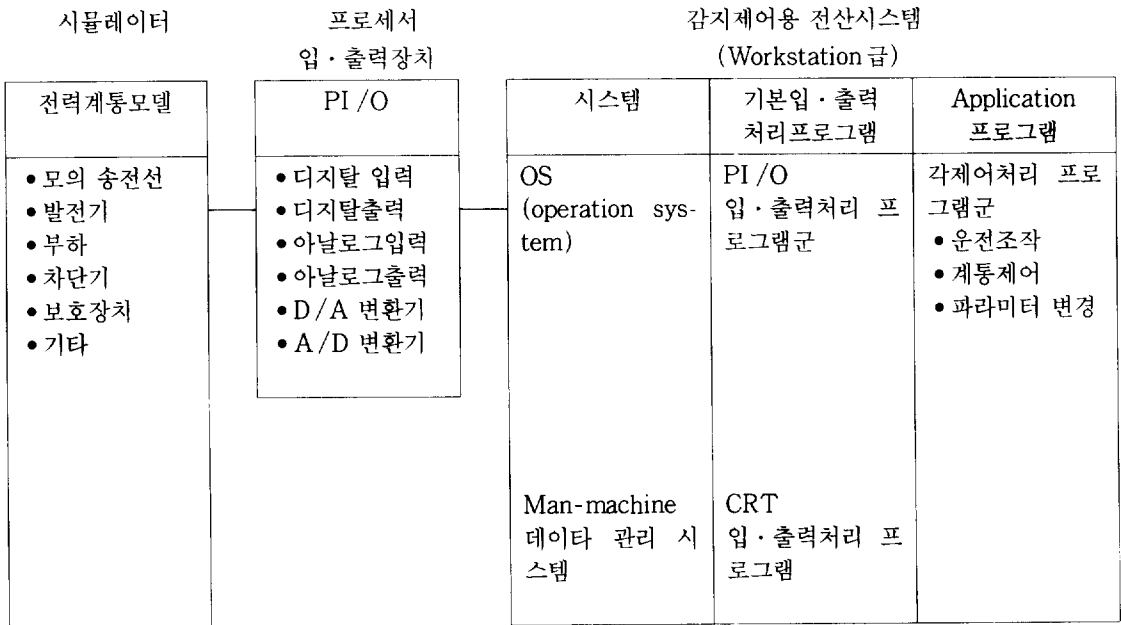


그림 3. 감시제어시스템의 구성과 기본 입출력 프로그램의 관계도

환을 행할 목적의 입·출력 처리 프로그램의 기능은 전력계통 시뮬레이터의 측정 포인트로 부터 Analog, Status, 그리고 Pulse Accumulation의 3가지 타입의 데이터를 다음에 명기한 5가지 항목에 대하여 Scanning을 실시하여야 한다.

- Scanning의 초기/갱신
- Status와 Alarm의 Scanning
- Analog Scanning
- Pulse Accumulator Scanning
- Status타당성을 위한 Scanning

Scanning 주파수와 Scanning된 데이터는 데이터 베이스 컴파일러를 통하여 데이터 베이스에 저장 되어야 하고 측정된 아날로그량은 Scan요청이 있을때마다 디지털 값으로 변환되어 입력되며 Device Status나 Alarm같은 디지털 데이터도 유사한 방법으로 Scan되어 Memory에 저장되어야 한다. 또한 제어용 Workstation에서 제어신호를 시뮬레이터 각부에 전송하기 위한 D/A Converter도 필요하다.

다음표1은 PI/O입·출력 처리 프로그램에서 사용되는 디지털 입력(DI), 디지털 출력(DO), 아날로그 입력(AI), 아날로그 출력(AO)에 대한 프로그램 내용과 그처리 과정을 요약하였다.

3.7 Man-Machine Interface를 위한 프로세서 디스플레이용(CRT)의 입·출력 처리 프로그램

각종 전력계통 시뮬레이터의 상태를 표시하기 위하여 Data Acquisition시스템에 의해 얻어진 데이터량은 사용자가 편리하게 이용할 수 있도록 Man-Machine Interface시스템으로 구성되어야 한다. 따라서 전체 Man-Machine Interface시스템은 다음과 같은 기능을 구비하고 있어야 한다.

• Operation Consoles

정상운전 상태에서 Operation Console이 담당해야할 사항은 다음과 같다.

- Supervision and Control
- Generation Control
- Security Analysis
- CRT Display Formats

사용자에게 편리하게 이용될 수 있도록 다양한 Display 형태를 가지고 있어야 한다. 일반적으로 Display 형태는 크게 Tabular 형태와 Graphic 형태로 구분된다.

• Console Inputs

Man-Machine Interface를 통한 Console입력은 다음의 3가지 방법으로 입력되어야 한다.

표 1. PI/O 입·출력 처리 프로그램 일람표

입·출력 종별	프로그램 내용	처리 내용
디지털 입력	디지털입력처리 기능	PI/O에 의해 디지털입력 데이터를 인입한다.
	디지털상태변환검출 처리 기능	디지털 입력처리기능 프로그램을 기동하여 상태변화를 검출하고 변화한 디지털 데이터에 대응한다.
디지털 출력	디지털데이터 출력 서브루틴	파라미터에 지정된 디지털출력 데이터를 출력데이터블에 격납하여 디지털 출력처리 기능을 기동한다.
	디지털출력처리 기능	디지털데이터 출력서브루틴에 의해 PI/O에 대한 디지털 출력을 행한다.
아날로그 입력	아날로그입력처리기능	PI/O에 의해 각 주기별로 아날로그 데이터를 인입한다.
아날로그 출력	아날로그데이터 출력 서브루틴	파라미터에 지정된 아날로그출력 데이터를 아날로그출력 테이블에 격납한다.
	아날로그데이터 출력 처리 서브루틴	일정한 주기로 아날로그 출력요구에 의해 PI/O를 통하여 아날로그데이터를 출력한다.

- CRT 디스플레이에서 함수 선택을 위한 Cursor Control
- 데이터 입력을 위한 CRT Keyboard
- 함수나 Display 요청을 위한 Pushbutton
- Alarm

Alarm은 가장 Critical한 Man-Machine 통신 문제중의 하나이다. Alarm의 기능은 하찮은 Alarm의 수를 최소로 줄이면서 동시에 적절하고 명쾌한 방법으로 계통 시뮬레이터의 비정상 상태를 표시하도록 구성하여야 한다. 또한 Alarm은 각 형태와 계층별로 다음과 같이 구분하여야 한다.

- Generation
- Transmission
- Security
- Maintenance
- System Display Board

System Display Board는 중앙제어실에서 제어할 수 있어야 하며 다음과 같은 주요 기능을 수행하여야 한다.

- Transmission system display

송전선로는 주요 송전선로의 조류 방향과 시스템 상태를 사용자에게 전달할 수 있도록 구성하여야 한다.

- Strip-chart recorders

Display 보드의 일부는 Strip-chart recorder 기능을 가지고 있어야 한다. 이와같은 Recorder의 기능은 시뮬레이터의 주요 변수를 저장할 수 있어야 한다.

- Time and Frequency standard

이기능은 Automatic Generation Control (AGC)을 위하여 시간과 주파수에 대한 정보를 기록하고 표시할 수 있는 장치를 가지고 있어야 한다.

3.8 상태감시 프로그램

전력계통 시뮬레이터에 대한 실험중 관련 상태량을 감시하는 것은 계통이상의 발견과 상태량을 파악한다는 견지에서 필요한 수순이며 또한 각 실험 케이스별로 현상을 조속히 그래프화하여 발생한 현상을 파악하는 것도 이상현상의 발견과 실험을 효율적으로 진행시키기 위하여 필요한 부분이다. 따라서 이와같은 요구를 만족시키기 위하여 다음 사항이 온라인 상태감시 제어 시스템에 추가되어야

한다.

- 정상시 발생하는 상태량을 표시하여 상태량의 감시 및 파악을 행하는 기능(정상시 계측)
- 상태량을 연속적으로 기록하여 그 기록된 량을 그래프로 표시하는 기능 (Trend Graph)

다음은 정상계측시 계측 프로그램과 Trend Graph 프로그램에 필요한 기능을 요약하였다.

- 정상시 계측 프로그램

정상시 계측 프로그램의 기능은 PI/O 입·출력 프로그램에 의하여 입력된 데이터를 모두 CRT에 표시하는 프로그램으로서 표시후의 데이터를 갱신하는 기능도 보유하고 있어야 한다.

- Trend Graph 프로그램

Trend Graph 프로그램은 PI/O 입·출력 처리 프로그램에 의해 입력된 데이터를 일정시간 기록하여 Graph로서 CRT상에 표시하는 프로그램으로서 프로그램의 기능은 다음의 3가지 기능을 보유하고 있어야 한다.

- 데이터 수집 기능
- 데이터 전송 기능
- 데이터 표시 기능

데이터 수집 기능은 일정 주기로 기동하여 Trend 데이터 수집요구 데이터를 받아들여 주기억장치의 버퍼 영역에 저장한다. 이때 데이터 수집 정지 요청이 있거나 정해진 시간이 경과한 데이터는 그 수집을 정지한다. 데이터 전송기능은 버퍼 영역이 채워졌을때 기동하여 주기억장치상의 데이터를 디스플레이상의 데이터 영역으로 전송한다. 또한 그래프 표시 기능은 데이터 수집 정지후, 표시요구가 발생할때 기동하여 여러개의 그래프를 동시에 표시할 수 있도록 구성하여야 한다.

4. 결 론

전력계통 시뮬레이터의 운용시스템 및 EMS은 시뮬레이터를 효율적으로 관리하고 운용하기 위한 측면에서 매우 중요하다고 볼 수 있다. 이와같은 전력계통 시뮬레이터를 운용하기 위한 주전산기 용량이나 계산 능력은 전력계통 시뮬레이터의 규모와 각구성요소의 세부사항에 따라 변동할 수 있으므로 매우 유동적이라고 볼 수 있으나 근래의 Workstation 시스템의 발전 속도를 보아 지금 현재 선

정된 시뮬레이터와 비교하여 다소의 규모의 변동을 고려하더라도 제시된 전체적인 운용 시스템 형태에는 큰 변화가 없을 것으로 생각된다. 다만, 시뮬레이터의 운용에 있어 전력계통에서의 안정성 확보와 경제성 평가까지를 시뮬레이션 하기 위해서는 전력계통 시뮬레이터에서의 EMS 응용 프로그램이 필요한 것으로 생각된다. 그러나 본 KEPS 시뮬레이터에서는 시뮬레이터 운용의 유연성을 두기 위하여 시뮬레이터의 운용시스템을 EMS 응용 프로그램을 사용하는 경우와 발전 감시제어 시스템만으로 운영하는 이원 체제 시스템으로 구성하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] 한국전기연구소, “전력시스템 시뮬레이터에 관한 조사연구” 연구보고서, 1991

[2] 일본 전력중앙연구소, “교류, 직류 전력계통 시뮬레이터의 개발”, 1985.

[3] 일본 전력중앙연구소, “교류 모의 송전선 설비에 대하여 기초연구용 계통 시뮬레이터의 사양에 관한 조사연구”, 1959.

[4] T. Machida, et al. “Development of an AC-DC Power System Simulator”, CIGRE SC14, Meeting Sep, 1984, Paris

[5] L. Snider, “The Development system Simulator complex at IREQ”, Congress paper, 7th Copimera, Oct, 1977, Santiago, Chili.

[6] A. Domijan Jr., “Overall Conceptual Development, Planning and Design Aspects of an Electric Power System Laboratory with an Energy Management System Control Center”, Ph.D. Dissertation, The University of Texas at Arlington, 1986.

[7] D. L. Becker et al, “The Pacific Gas and Electric Company Energy Management

System Overview—Unique Features”, IFAC Symposium, Seoul, 1989.

[8] Y.Kim et al, “Implementation of Advanced Power Application Software to KEPCO’s Energy Management System,” IFAC Symposium, Seoul, 1989.

[9] R. Podmore, “Criteria For Evaluating Open Energy Management Systems”, IEEE Trans on PAS Vol. 8, No2, May, 1993.

[10] R. G. Wasley, W.O.Stadlin, “Network Applications in Energy Management Systems”, IEEE, 1991.

[11] T. A. Green, A. Bose, “Open Systems Benefit Energy Control Centers”, IEEE Computer Applications in Power, 1992.



문영환(文英煥)

1956년 5월 13일생, 1979년 서울대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 미국 Univ. of Texas (Arlington) 전기공학과 졸업(박사) 현재 한국 전기연구소 전력계통연구실장



최상봉(崔商鳳)

1958년 2월 12일생, 1981년 아주대 공대 전자공학과 졸업. 1987년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 동 대학원 전기공학과 박사 과정 수료. 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 한국전기 연구소 선임연구원.