

전력계통 off-line 해석 프로그램의 비교 분석

장길수* 조강욱 송석하
 한전 전력연구원

Comparison of Off-Line Power System Analysis Packages

Gilsoo Jang Kang Wook Cho Seok-Ha Song
 Korea Electric Power Research Institute

Abstract - This paper presents a comparison of off-line power system analysis packages in terms of the main structure, the computation algorithm, and the I/O structure of programs, which is necessary for the use of the real-time power system simulator to be developed at KEPRI. PSS/E, PSAPAC, EUROSTAG, and EMTP are investigated and a case study is performed to show the compatibility of input data between PSS/E and PSAPAC.

1. 개 요

현대의 전력계통은 전력수요의 증가와 함께 대규모화되어 가고 있으며, 새로운 기술의 여러 제어기나 보호기기들의 사용, 그리고 부하의 구조와 그 특성의 빠른 변화로 점점 복잡화되어가고 있다. 이처럼 전력계통은 항상 변화하는 환경하에서 운용되는 대규모 비선형 계통으로서 그 동작 특성은 구성하고 있는 많은 기기들의 동작 특성과 응답 시간에 영향을 받으며, 계통안에 존재하는 여러 구성 요소들간의 복잡한 상호 작용으로 인해 계통에서 발생하는 현상을 예측하거나 해석하기가 어렵다. 또한 대부분의 전력계통 안에서 생기는 사고들은 운전자가 대처하기 힘든 아주 짧은 시간에 발생하여 큰 손실을 일으키기도 한다. 그러므로, 이러한 계통에 존재하는 여러 현상들을 빠르고 정확하게 해석할 수 있는 시뮬레이터의 사용은 전력계통에서 생길 수 있는 여러 문제들에 대한 적절한 대응을 가능하게 하여 그에 따른 막대한 경제적 손실을 줄일 수 있다.

이러한 목적으로 축소된 전력계통 모형을 이용한 전력계통 시뮬레이터가 1930년대에 사용되기 시작하였으며, TNA(Transient Network Analyzer)는 AC와 DC를 포함하는 비교적 큰 전력계통의 전기 과도 현상을 연구하는데 사용되어 왔다. 점차 아날로그와 디지털화된 부분을 동시에 채용한 하이브리드형으로 발전되어 왔고, 현재는 비약적인 디지털 컴퓨터 기술의 발달로 전력계통 구성 요소들을 디지털화한 디지털 시뮬레이터가 개발되고 있다. 이 같은 시뮬레이터의 발전은 그에 사용되는 소프트웨어의 발전과 정확한 기기 모델링에 의해 가능했으며, 현재 상용화되어서 사용되는 전력계통 시뮬레이션 소프트웨어들은 빠르고 정확한 계산 알고리즘을 통해 그 계산시간을 크게 줄이고 있다.

현재 개발 중인 실시간 전력계통 시뮬레이터와의 데이터 베이스 공유 및 연계 운용을 위해 기존의 off-line 시뮬레이션 프로그램들의 구조, 특징 및 그 입출력 형태에 관한 비교 분석이 선행되어야 한다. 중점적으로 해석하는 현상, 시뮬레이션 알고리즘, 사용하는 플랫폼 등 에 따라 시뮬레이션 프로그램은 여러 종류로 나누어지며, 현재 한전에서 사용되고 있는 PTI사의 PSS/E(PSS/U)와 EPRI에서 개발된 PSAPAC, EDF의 EUROSTAG 등이 대표적인 전력계통 해석용 프로그램들이며, 또한 EMTP는 전자기 과도 현상의 해석에 널리 사용되는 시뮬레이션 프로그램이다. 이 논문의 목적은 이러한 off-line 전력계통 해석용 프로그램들의 개요, 특징에 대한 조사를 통해 실시간 시뮬레이터와의 상호 보완 운용에 대비하고, 앞으로 수행될 상세한 입출력 분석을 통한 포괄적인 데이터 베이스 구성 연구의 기

초 자료를 제공하는데 있다.

2. 상용 off-line 전력계통 해석용 프로그램

2.1 PSS/E [1][2]

PSS/E (Power System Simulator for Engineering)는 1976년 개발된 이래 전력계통의 여러 현상을 해석하고 전력계통의 동작을 최적화하는데 널리 사용되어 왔다. 그동안 이 프로그램이 사용되어 왔던 주요 분야 및 특성과 사용에 필요한 조건 등에 관해 기술하고자 한다.

2.1.1 주요 적용 분야

a. 전력조류계산

- 사용자가 Newton-Raphson법 (full, decoupled, decoupled)과 Gauss-Seidel법 중에서 적절한 계산법 선택할 수 있다.
- 다단자(multi-terminal) HVDC와 SVC(Static Var Compensators)의 모델링, 여러 부분으로 나누어진 선로의 모델링 등이 포함되어 있다.
- 무효전력제어기의 동작에 관한 설명이 제공된다.
- 모선의 통합, 분리가 가능하다.
- 각 case의 구성은 대화식(interactive)으로 되어 있어 사용자가 프로그램을 제어하기 쉽고 그래픽 출력이 가능하다.
- 도면으로부터 입력자료의 수정, 스위칭 등이 가능하여 프로그램 사용할 때 효율적인 작업이 가능하다.
- IPLAN 기능을 이용함으로써 일련의 case들을 사용자가 지정한대로 자동 수행할 수 있고, 지정된 내용에 대해 그래픽과 도표 등을 사용한 보고서를 만들 수 있다. 또한 다른 용도의 프로그램에 사용하기 위해 자료의 변환도 가능하다.
- Graphics Report Generator 기능은 그래픽이나 one diagram 형태의 입출력을 가능하게 한다.

b. 다이내믹 시뮬레이션

- 프로그램을 수행하는 도중 중지 및 재수행이 가능하며, 대화형(interactive) 입력과 배치형(batch) 입력이 가능하다.
- 동기기와 전동기에 대한 파라미터(parameter)의 추정 능력이 있으며, 발전기, 여자기, 조속기, 상세한 부하모델 계전기, 그리고 HVDC 등의 모델이 광범위하게 준비되어 있다. 또한 사용자가 정의한 모델에 대해서도 실행 시간에 영향을 주지 않고 사용할 수 있다.
- 시뮬레이션 결과는 제공된 프로그램을 이용하여 그림과 도표 등으로 비교할 수 있으며, 수치의 계산이나 더 세부적인 연산도 가능하다.
- 또한 이 프로그램을 바탕으로 고유치와 주파수 응답에 관한 해석도 750개의 상태변수까지 가능하다.

c. 동가화(Equivalents) 기능

전력계통의 특정부분을 제외한 나머지를 PSS/E의 EQIV 와 EEQV 기능을 이용하여 정적 동가화함으로써 계산시간을 줄일 수 있다.

d. 스윗칭계산

이 계산의 목적은 송전선의 개방, 큰 부하의 연결 및 탈락, 발전기의 탈락, 고장 발생 등 계통에 생기는 갑작스러운 변화 후 계통의 상태를 계산하는 것이다. 이 계산은 큰 전동기의 연결로 생기는 즉각적인 전압 dip을 보여주고, 한 지역의 발전기 탈락에 따른 다른 지역으로의 전력조류의 변화를 보여주는 등 유용하게 사용된다. 이

계산은 다이나믹 시뮬레이션(t)t+과는 달리 스위칭 후, 지정된 한 순간에서의 결과(t=t+)를 보여준다. 계산의 세부사항은 전력조류계산과 유사하다.

e. 고장계산

PSS/E의 고장계산은 대칭계산법(symmetrical component method)에 바탕하며, 크게 두 가지 형태로 계산이 이루어진다. 하나는 복잡한 계통의 비평형 고장의 상세한 해석이고, 나머지 하나는 비교적 많이 발생하는 큰 계통의 지락사고에 대한 해석이다.

2.1.2 PSS/E 보조 프로그램

• IPLAN: 이 프로그램은 사용자가 FORTRAN과 유사한 언어를 이용하여 전력조류계산의 연속 실행과 여러 형태의 출력을 만들거나 다른 프로그램의 사용을 위한 자료의 변환을 가능하게 한다.

• Graphics Report Generator: 이 기능은 사용자가 그래픽과 단선도 등을 포함한 형태로 출력할 경우에 사용되며, 사용하기 편하게 필요한 그래픽 요소들을 선택하도록 되어있다.

2.1.3 시뮬레이션 범위

PSS/E를 통해 시뮬레이션 할 수 있는 최대 크기의 전력 계통을 표 1에 나타내었다.

표 1: 시뮬레이션 가능 범위

전력조류계산		다이나믹 시뮬레이션	
모선	50000	모선	50000
부하	100000	기기	12000
발전기 모선	10000	선로	100000
발전기	12000	변압기	20000
선로	100000	상태변수	100000
변압기	20000	상수	200000

2.2 PSS/U

PSS/U 프로그램은 배전계통이나, 소도시 전력계통, 공장 전력계통과 같은 소규모 계통의 해석에 사용되는 시뮬레이션 프로그램으로서 현재까지의 제어 방법을 유지하면서 프로그램을 통해 최적의 제어 조건을 찾아낼 수 있도록 고안되었다. PSS/U 프로그램의 주 프로그램은 PSSUT로서 조류계산, 전압강하, 고장계산, 차단기의 작동, 전동기의 기동, 보호계전기의 협조문제 등을 계산하는 것으로 구성되어 있다. 또한 보조 프로그램으로서 각 상의 회로를 독립적으로 해석하는 PSSUI이 있다.

고조파 해석에서는 정상(positive sequence) 회로를 이용하여 Total Harmonic Distortion, Telephone Infil Factor, Harmonic Power Flow, 그리고 Harmonic Spectrum 해석을 한다.

2.3 PSAPAC(Power System Analysis Package)(3

전력계통의 전반적인 해석을 위해 Powertech Labs Inc.에서 개발된 프로그램들로서 전력조류계산을 위한 IPFLOW (Interactive Power Flow), 동적 시뮬레이션을 위한 ETMSP (Extended Transient/Mid-term Stability Program), 미소신호안정도 해석을 위한 SSSP(Small Signal Stability Program), 계통 축약을 위한 DYNRED(Dynamic Reduction Program), 그리고 전압안정도 해석을 위한 VSTAB(Voltage Stability Program) 등으로 구성되어 있다.

2.3.1 IPFLOW

IPFLOW는 전력계통의 ac 정적 네트워크 모델(static network model)을 이용하여 각 선로의 전력 조류와 각 드에서의 전압 등을 계산하고 이를 바탕으로 계통의 정적 특성(static behavior)을 알 수 있다. 이 계산의 결과 ETMSP, SSSP, VSTAB 등 다른 프로그램의 정상상태(steady state) 초기치로 이용된다. IPFLOW Version 4 dc 계통, 여러 FACTS 제어기를 포함한 12000 노드도의 대규모 계통에 사용될 수 있으며, 여러 종류의 전력조류계산 프로그램의 데이터 포맷 (IEEE, EPRI, BPA, PE and PTI format)과 호환이 가능하다. IPFLOW는 다음의 가지 계산 알고리즘을 가지고 있으며, 상세한 결과 보고서와 네트워크의 변화에 따른 모선 전압과 선로에서의 조류 변화 등에 관한 정보도 제공한다.

- fast decoupled
- full Newton Raphson
- automatic solution (fast decoupled + Newton Rap)
- localized solution
- dc power flow

2.3.2 ETMSP

전력계통의 동특성 해석을 위한 ETMSP는 위에 언급된 전력조류계산 결과를 초기조건으로 하고 계통의 다이나믹 모델 데이터, 출력 지정 데이터 그리고 스위칭 데이터 등을 그 입력으로 한다. IPFLOW와 마찬가지로 여러 다양한 포맷(PTI, BPA, IEEE 등)의 입력 데이터를 수용하며, 출력 처리 프로그램인 Output Analysis Program (OAP)를 이용하여 시뮬레이션 결과를 문서와 그래프 형식으로 출력할 수 있다. 시뮬레이션 동안에 생긴 경고나 여러 메시지는 별도의 파일에 기록되며, 동시에 안정도 체크가 이루어진다. 지정된 다이나믹 기기들의 데이터를 출력하거나 프로 만드는 기능을 갖고 있다.

2.3.3 DYNRED

규모가 큰 전력계통의 시뮬레이션은 많은 시간과 비용을 요하기 때문에 이러한 계통의 연구에는 관심 영역에서 떨어진 부분을 등가화하여 나타내는 것이 바람직하다. 이러한 목적으로 큰 계통의 축소된 모델을 제공하기 위한 프로그램이 DYNRED이다. 이 프로그램은 크게 3 단계로 구성되어 있는데, 그 첫 번째는 linear simulation, weak dynamic links, two time scale, 그리고 사용자에 의한 방법 등의 4가지 방법을 이용하여 유사성(coherency)이 있는 발전기들을 찾아내는 것이고, 두 번째는 이러한 발전기들을 가중치가 있는 최소 자승법(weighted least squares method)을 적용하여 통합시키는 것, 세 번째는 네트워킹을 축약시키는 것이다. 이 프로그램은 PTI형식과 PSAPAC형식의 데이터를 그 입력으로 할 수가 있고, 출력은 ETMSP나 SSSP 등에서 사용될 수가 있다.

2.3.4 SSSP

SSSP는 두 개의 프로그램, MASS(Multi-Area Small Signal Stability Program)과 PEALS(Program for Eigenvalue Analysis of Large Systems)으로 구성되어 있다. MASS는 대규모 전력계통의 상태 행렬을 구성하고 QR 알고리즘으로 그 고유치와 고유 벡터를 계산하는 프로그램이다. PEALS는 MASS와 같은 다이나믹 모델을 사용하지만, MASS와 달리 상태 행렬을 구성하지 않고 AESOPS나 수정된 Arnold법으로 고유치와 고유 벡터를 계산하는 프로그램이다. 또한 다이나믹 모델의 상태 변수 갯수에 대한 제한이 없기 때문에 MASS보다 더 큰 계통에 대한 계산을 행할 수 있다.

2.4 EUROSTAG (5)

EUROSTAG는 프랑스의 EDF와 TRACTEBEL에 의 개발된 전력계통의 동특성 해석 프로그램으로 전기 기계적 과도 현상부터 증강기 현상까지 전 범위를 해석하는데 이용된다. 과도 안정도, 전압 붕괴, 제어계통의 해석 등에 사용되고 있으며, HP, Digital, Sun 등의 Workstati Windows를 사용하는 PC에서 사용할 수 있다.

2.4.1 전력계통의 모델링

- 네트워킹은 정상(positive sequence) 형태나 완전한 비평형 형태로 모델링되며, 부하는 전압과 주파수의 함수로 된 비선형방정식이나 마크로 블록(macroblocs)을 이용한 다이나믹 모델로 표현된다.
- 동기기는 Park's 이론에 따라 모델링되며, 자화 현상의 포화, 동기기의 기계적 동작 등도 포함된다.
- 변압기의 탭 위치가 명확하게 표현되며 또한 포화현상까지 모델링된다.
- 다이나믹 부하, SVC, FACTS, HVDC 라인 등의 수확 모델이 macrolanguage를 이용하여 구현된다.
- 유도 전동기는 상세 모델과 회전자의 과도 현상을 무시한 단순 모델 두 가지로 모델링되었으며, 기계 저항 토크도 macrolanguage를 사용하여 정확하게 모델링할 수 있다.
- 마크로 블록 라이브러리는 PSS, 다양한 종류의 여자기 조속기, 보일러, SVC, HVDC 계통 등의 모델링을 포함하고 있으며, 마크로 블록을 이용하여 사용자가 직접 모델을 만들 수도 있다.

2.4.2 프로그램 구성

- 전력조류계산모듈: 뉴턴-랩슨법에 의한 전력조류계산을 바탕으로 하며 IEEE 포맷의 데이터를 입력으로 할 수 있다.
- 온라인 대화형 동적 시뮬레이션 모듈: 네트워크에 의한 대수방정식과 발전기 및 제어계통에 의한 미분방정식을 predictor-corrector 방법에 의해 풀어나간다. 이 프로그램의 장점으로서 사용자는 적절한 계산단위시간에 대해 생각할 필요가 없이 단지 정확도를 입력하면 자동적으로 그 정확도와 비교해 가면서 계산단위시간이 조정된다. 또한 수치적 불안정점을 효과적으로 처리하는 알고리즘을 채용하고 있다.
- 고유치 계산 모듈: 중급 규모의 계통에 대한 고유치 해석을 행하며 새로 추가될 제어기의 안정도를 조사할 때 사용되고, 선형계통출력(linearized system export) 능은 시뮬레이션 동안에 수치적으로 구성된 비선형 수학적 모델의 자료비만 행렬을 출력함으로써 다른 선형 계통 해석 기구를 이용하여 추가의 상세한 해석을 가능하게 한다.
- 자동 고장 제거 시간 계산 모듈: 이분법(dichotomic procedure)으로 계통의 안정/불안정 상태를 자동적으로 감지하여 고장 제거 시간을 구한다.

2.4.3 시뮬레이션 범위

EUROSTAG Standard Version은 다음에 나타난 크기의 전력계통을 시뮬레이션 할 수 있다.

- 상태 변수 8000개
- 2000개의 모선
- 4000개의 선로
- 제어기 1000기
- 3000개의 마크로 블록
- 발전기 500기
- 유도 전동기 500기
- 1000기의 다이내믹 인젝터

2.5 EMTP(Electromagnetic Transients Program)

EMTP는 다상의 전력계통에서 전자기, 전기 기계, 그리고 제어 계통의 과도 현상을 해석하는 프로그램으로 1960년대 후반 BPA사의 Dr. Hermann Dommel에 의해 개발된 후 많은 기능들이 추가되고 있다. 현재 다양한 형태로 이 프로그램이 사용되고 있으며, 이 절은 DCG(Development Coordination Group)/EPRI의 EMTP 96를 바탕으로 구성되었다.

2.5.1 주요 활용 범위

- 스윗칭 써지 연구
- 낙뢰 써지 연구
- 절연 협조(coordination)
- 축 비틀림 스트레스 연구
- HVDC 제어 및 전기 과도 현상 연구
- SVC 제어, 과전압 그리고 고조파에 대한 연구
- 불평형 계통의 정상 상태 해석

2.5.2 프로그램의 기능

- 대부분의 구성 요소들은 상 미분 방정식으로 모델링되며 implicit trapezoidal법으로 이산화시켜 대수 방정식으로 변환한다. 이 변환된 대수 방정식은 정해진 계산 단위시간마다 최선의 sparsity 기법을 이용하여 계산된다. Trapezoidal법에 존재하는 수치 진동현상은 CD(Critical Damping Adjustment) 과정을 통해 제거된
- 선형 요소들에 대한 미분 방정식의 초기값은 자동적으로 계산되며 정상 상태에서 비선형 저항은 무시되지만 고조파 왜곡 현상을 해석하기 위해 비선형 리액턴스는 선형화되거나 완전하게 모델링될 수 있다.
- HVDC나 SVC 등을 시뮬레이션하기 위해서 TACS(Transient Analysis of Control Systems)가 사용. EMTP 96는 계전기와 CVT 모델 등을 포함한 광범위한 기기 모델을 가지고 있다.
- FDNE(Frequency Dependent Network Equivalent)를 이용하여 부분 계통을 광역 주파수 범위에서 사용될 수 있는 간단한 단단자 등가 형태로 줄일 수 있다.
- 변압기의 내부 표현에 사용되는 대규모 상호 결합이 있는 RLC 회로가 별도의 가정없이 구현될 수 있다.

- HFT(High Frequency Transformer) 모델을 사용하여 변압기에서 측정된 자료가 주파수의 의존 변압기 모델을 만드는데 사용될 수 있다.
- 가공 선로와 지중 케이블의 정수 계산 그리고 그 외의 복잡한 모델을 구성하기 위한 다양한 보조 프로그램이 있다.
- 프로그램의 출력은 선로 전류, 전압 등의 변수들의 시간에 대한 함수이며, 보조 프로그램인 EMTPOUT을 사용하여 출력할 수 있다.

2.5.3 프로그램의 입력과 출력

기본 입력력 형식은 편집기에 의해 정확하게 열을 지켜 작성된 ASCII 파일이며, 그 형식은 EMTP Rule Book을 따라야 한다. 현재 Graphical User Interface(GUI)를 위한 EMTPView가 개발 중에 있으며, 이를 통해 그림을 통한 입력과 자유로운 형식(free format)의 입력이 가능하게 된다. 준비된 입력 파일을 이용하여 시뮬레이션이 끝난 후 시뮬레이션의 결과를 담은 문서 파일 형태와 도면 형태의 출력이 만들어진다.

EMTP에 필요한 데이터는 전력조류계산, 동적 시뮬레이션 등과는 달리 자세한 것이 요구되는데, 이것은 EMTP에서는 다상, 비선형 요소, 그리고 상세 모델에 대한 시뮬레이션이 수행되기 때문이다. 또한 짧은 시간에 생기는 고주파수의 과도 현상을 정확하게 해석하기 위해서 여러 보조 프로그램들이 시뮬레이션에 필요한 송전선로, 케이블, 변압기, 그리고 그 외의 여러 비선형 기기들에 대한 입력 데이터를 제공한다.

3. 사례 연구

이 장에서는 시험 계통에 대해 앞에서 설명한 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 그 해석을 행함으로써 적용 과정과 그 결과의 비교를 통해 각 프로그램의 차이를 알아보고자 한다. 또한 데이터의 변환을 통해 각 프로그램을 수행하여 얼마나 정확하게 데이터가 호환되었는지도 알아보고자 한다. PSS/E와 PSAPAC의 IPFLOW와 ETMSP를 이용한 시뮬레이션의 과정 및 결과의 비교가 수행되었다.

각 프로그램의 비교 연구가 시험 계통에 대한 시뮬레이션을 통해 이루어졌고 시험 계통은 PSS/E에서 제공된 6기 2모선 계통(1)으로서 그림 1에 시험 계통의 주요부분을 나타내었다.

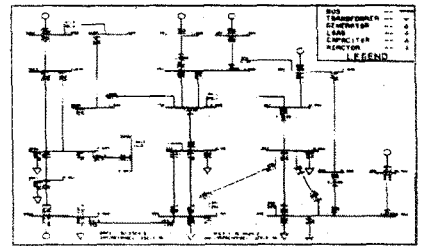


그림 1: 시험 계통

3.1 전력조류계산의 비교

PSS/E와 PSAPAC의 IPFLOW를 사용한 전력조류계산의 결과 중에서 선로조류에 관한 것이 표 2에 비교되었다. 결과는 거의 일치하며, PTI형식의 조류계산 데이터가 PSAPAC에서 완벽하게 호환됨을 알 수 있다.

표 2: 전력조류계산 결과의 비교

모선 번호	유효전력(MW)		무효전력(MVAR)	
	PSS/E	IPFLOW	PSS/E	IPFLOW
151-152	465.0	465.0	-148.8	-148.8
152-153	675.7	675.7	285.0	284.9
152-3004	148.6	148.6	-155.8	-155.8
153-3006	66.7	66.7	-46.4	-46.4
154-205	-397.2	-397.2	-262.6	-262.7
3005-3007	231.4	231.4	116.7	116.7

3.2 동적 시뮬레이션의 비교

전력조류계산 결과와 PTI 형식의 다이내믹 데이터를 이용하여 동적 시뮬레이션을 행하였다. 그 결과는 그림 2와 3에 나타나있으며, 두 프로그램의 결과가 큰 차이를 보임을 알 수 있다.

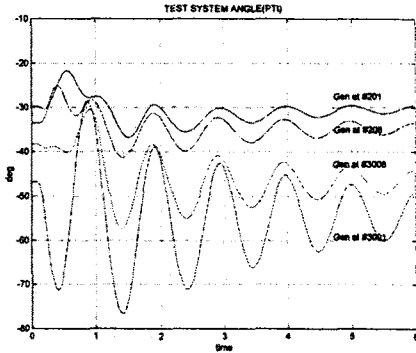


그림 2: 동적 시뮬레이션 결과(PSS/E)

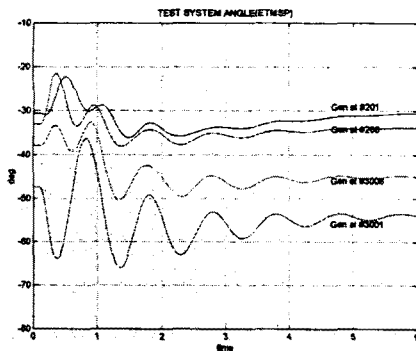


그림 3: 동적 시뮬레이션 결과(ETMSP)

이 차이는 입력 파일(부하와 발전기가 변환된 형태)과 계통을 구성하고 있는 여러 다이내믹 데이터의 변환 과정에서 생긴 것이며, 시험 계통에 포함된 조속기의 변환이 정확하게 이뤄지지 않은데 기인한다. 시험 계통에서 PSS/E의 TGOV1 모델은 ETMSP의 IEEE형 모델로 등가화되었고, HYG0V 모델은 그러한 등가 모델을 찾지 못해 ETMSP에서 표현되지 못했다. 이러한 사실은 시험 계통에서 조속기가 표현되지 않은 상태로 시뮬레이션을 수행한 결과(표 3과 그림 4와 5)로 증명된다.

표 3: 동적 시뮬레이션의 차이 분석

모선 번호	최대값		최대값의 시간		최대값에서의 차이(%)
	PSS/E	ETMSP	PSS/E	ETMSP	
201	-27.47	-29.04	1.07	1.08	5.71
206	-22.50	-22.8E	0.35	0.34	1.69
3001	-42.62	-43.71	0.95	0.95	2.57
300E	-35.07	-34.94	0.98	0.97	0.37

4. 결 론

전력계통의 다양한 현상을 해석하는데 사용되는 off-line 해석용 프로그램들에 대한 조사를 통해 다음의 결론을 얻었다.

- 각 프로그램에서 사용하는 계산 알고리즘은 큰 차이를 보이지 않으며, 데이터 입출력의 편리성에서는 PSS/E가.

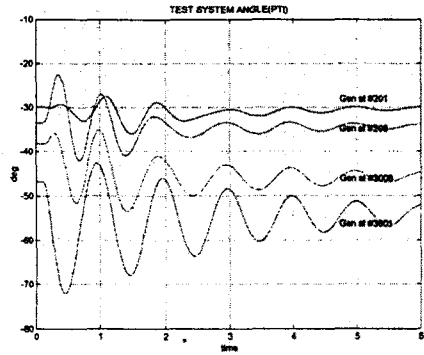


그림 4: 동적 시뮬레이션 결과(PSS/E)

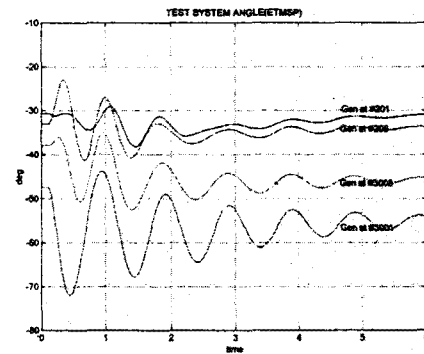


그림 5: 동적 시뮬레이션 결과(ETMSP)

데이터의 타 프로그램과의 호환성에서는 PSAPAC이 강점을 가지고 있다.

- 각 프로그램들은 고유한 형태의 입출력 형식을 가지고 있지만, 형식 변환 프로그램에 의해 다른 형식의 데이터를 사용할 수 있다.
- PSS/E와 IPFLOW간의 전력조류계산을 위한 입력 파일이 거의 완벽하게 호환이 됨을 알 수 있었다.
- PSS/E와 ETMSP간의 다이내믹 데이터 호환은 IEEE형식으로 지정된 제어기 모델을 제외하고는 근사화되거나 무시되기 때문에 정확한 해석을 어렵게 한다.
- 사용자 정의 모델의 사용과 제어기기의 모델링에 있어서 이러한 호환성의 문제가 발생하며, 공통적으로 존재하는 형태의 모델링을 사용할 경우 이러한 문제는 해결될 수 있다.

이 연구를 바탕으로 실시간 시뮬레이터용 포괄적 데이터 베이스 구성을 위한 각 프로그램 데이터 구조의 상세한 연구가 요구된다.

(참 고 문 헌)

- [1] PSS/E Application Manual, Power Technologies, Inc., 1995.
- [2] PSS/E Operation Manual, Power Technologies, Inc., 1995.
- [3] Interactive Power Flow Version 4.1, User's Manual, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA 94304, 1996.
- [4] ETMSP Version 3.1, User's Manual, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA 94304, 1994.
- [5] EUROSTAG Release Notes V3.1, Tractebel-EDF, 1997.
- [6] EMTF Rule Book 1, Vol. 1 & II, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA 94304, 1994.
- [7] Kundur, P., *Power System Stability and Control*, New York: McGraw-Hill Inc.
- [8] Stevenson, W., *Elements of Power System Analysis*, New York: McGraw-Hill Inc.