

# 전력계통 해석용 소프트웨어

김재철

(송실대 공대 전기공학과)

## 1. 서론

전력 수요의 증가에 따라 전력 시스템이 갈수록 복잡해지고 있기 때문에 전력 시스템을 감시, 제어, 분석하기 위해서는 높은 전문성과 많은 경험이 필요하다. 그러나 크기가 커지고 복잡해지는 전력 시스템의 운용과 해석, 급속히 변하는 기술, 갈수록 요구되는 개개인의 생산성 증대에 대한 요구를 충족시키는 것이 갈수록 어려워지고 있다. 따라서 급속히 발전하는 컴퓨터 기술을 이용한다면 정확한 전력 시스템의 운용과 해석 및 개개인의 생산성 향상을 도모할 수 있을 것이다. 이에 따라 국내·외에서 널리 사용되는 대표적인 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 소개하고자 한다.

## 2. 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램

수많은 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램들이 개발되었지만 널리 사용되는 EMTP, PSCAD/EMTDC, PSS/E, MATLAB Power System Toolbox, CYME를 소개하겠다.

### 2.1 EMTP(Electromagnetic Transient Program)

전력 시스템은 대량의 전기에너지를 발전소로부터 수용가까지 공급하면서 발전과 소비의 평형을 도모하는 시스템이다. 이러한 시스템 내에서의 안정한 운전을 위하여 과도현상의 중요성이 일찍부터 인식되어 왔다. 전력계통은 정상상태 또는 준정상상태에서 주로 운전되고 있으나 과도상태 기간 중에 발생할 것으로 예상되는 최대의 외란에 견딜 수 있도록 설계되어야 하기 때문이다.

과도현상은 일반적으로 복수의 주파수에서 발생하므로 정상상태 분석에 사용되는 페이서(phasor)로써 분석할 수 없고 동일 물리적 요소도 문제의 성질에 따라서 다른 과도상태 모형으로 표현되므로 실제 과도현상 분석에서는 전력계통 구성요소에 대한 유일한 표현이 존재하지 않는 특성을 갖는다.

전력계통의 과도현상 분석용으로 개발된 수치계산 프로그램으로는 미국 BPA(Bonneville Power Administration)에서 개발한 EMTP(Electromagnetic Transient Program)를 가장 널리 사용하고 있다. EMTP는 1966년 H.W. Dommel 박사에 의하여 개발되었고 1973년 W.S. Meyer 박사가 개발 책임을 맡아 기능을 확장시켜 왔다. 국내에서는 1986년 EMTP에 대한 국내 이용도 제고와 관련 이론의 연구 활성화 그리고 기술 정보의 활발한 교환을 목적으로 EMTP 국내 위원회(KEC : Korea EMTP Committee)가 발족되었으며, 그 후 KEUG(Korea EMTP User Group)로 명칭을 변경하여 현재(1998년 12월) 27개 회원사에서 EMTP를 사용하고 있다.

EMTP는 초기에 전력계통의 서지 현상만을 분석하기 위하여 개발되었으나 그후 동기발전기, 싸이리스터, 제어계, 회전기 등의 모델이 추가되고 터빈발전기의 SSR(Subsynchronous Resonance)과 교류·직류 연계 계통의 해석, 고조파 해석까지 가능한 기능이 보강되어 범용성이 풍부한 프로그램이 되었다. EMTP는 단상 및 다상회로에서 정상상태는 물론 과도상태에 있어서의 전압, 전류, 전력, 에너지 등을 사용자의 선택에 따라 시간영역에서 계산할 수 있는데 이 중에서 해석 가능한 대표적인 분야를 예시하면 표 1과 같다. 보다 자세한 정보는 [http://www.keri.re.kr/~keug/index\\_k.html](http://www.keri.re.kr/~keug/index_k.html)에서 찾을 수 있다.

표 1. EMTP 분석 가능 분야

뇌서지 과도전압	변전소, 모선, 송전선
개폐서지 과도전압	변전소, 차단기, 송전선
과도회복전압	차단기
교류-직류 연계 계통	변환장치
고장계산	송전선, 변전소, 모선
SSR	발전기, 여자기, 조속기, 터빈
철공진	변압기
제어회로	논리회로, 적분기, 가산기

2.2 PSCAD/EMTDC

EMTDC Program은 Electromagnetic Transient DC analysis program의 약어로 캐나다의 Manitoba HVDC Research Center에서 개발한 전력시스템 시뮬레이션 프로그램이다. 이 프로그램은 전력시스템을 시뮬레이션하기 위한 복잡한 입력 데이터를 사용자가 좀더 쉽게 접근할 수 있도록 CAD(Computer Aided Design) 환경이 함께 개발되어 PSCAD/EMTDC Program으로 불려진다. 이 프로그램은 초기에는 소프트웨어의 이름에서도 알 수 있듯이 HVDC와 관련한 DC시스템 해석용으로 개발되었으나 점차 발전하여 지금은 DC 및 AC 시스템, 사고해석, 전력전자, 제어시스템, 회전기, 송전라인 등에 이르기까지 다양한 분야를 시뮬레이션 할 수 있으며 주파수 영역에서의 분석도 가능한 소프트웨어로 발전하였다. 프로그램내의 라이브러리에는 전력계통, 전력전자, 제어시스템 등과 관련한 많은 컴포넌트들이 내장되어 있으며 이들 컴포넌트들이 CAD 환경에서 차용되므로 사용자는 좀 더 쉽게 이해하고 사용할 수 있다. 이 프로그램의 Source code는 Fortran language로 작성되었으며, 초기에는 UNIX 환경에서만 사용할 수 있었으나 현재는 Personal computer에서 사용할 수 있는 version 3.0판이 개발되어 배포되고 있으며 이러한 프로그램은 Manitoba Research Center Homepage에서 Download 받을 수 있다. 그러나 version3.0판의 경우에는 아직까지 Beta version이므로 node수의 제한이나 혹은 bug의 내재가능성 면에서도 좀더 조사되고 시험되고 있는 상황이며 가까운 장래에 이러한 문제점을 보완한 프로그램들이 차차 개발되어 배포될 것으로 보인다. 또한 이 프로그램은 많은 사용자들을 보유하고 있으며 이런 사용자들이 그룹을 형성하고 있어서 사용자 그룹(<http://www.hvdc.ca>)을 통해 다른 사용자들이 개발한 다양한 컴포넌트들을 download 받거나 여러 사용자들과 e-mail을 통해 서로의 의견을 나눌 수 있는 시스템을 갖추고 있다. 이러한 여러 가지 장점으로 인해 이 소프트웨어의 사용자 수는 점차 증가추세에 있으며 또한 소프트웨어 자체의 성능 면에서도 다양한 분야에서 점차 개발되고 발전될 것을 감안한다면 이 소프트웨어에 대한

사용을 속지함으로서 해당분야의 연구에 많은 도움을 얻을 수 있을 것으로 사려된다.

2.3 PSS/E

현재 국내에서 기능이나 신뢰도 면에서 인정을 받는 시뮬레이션 프로그램으로 널리 쓰이고 있다. PSS/E 프로그램은 계통의 운영에 있어 필수적인 조류계산, 고장계산, 스위칭 해석 등의 프로그램이 통합 환경 하에서 계산 할 수 있는 프로그램으로서 4000, 12000, 50000모선의 방대한 양의 데이터와 다양한 형태의 출력을 활용할 수 있도록 되어있다.

PSS/E에서 제공하는 주요 기능은 조류계산, 고장계산, TMLC(송전선로의 정수 계산), 스위칭 해석, 고유치 해석, 계통 축약, 과도안정도 해석 등이 있다. 이중 송전조류계산을 바탕으로 고장계산, 선형회로해석, 스위칭 해석을 담당하는 PSSLF4 부분과 과도 안정도 해석을 담당하는 PSSDS4 부분으로 나눌 수 있다. PSS/E 프로그램 중에서 특히 과도 안정도(PSSDS4)를 해석하기 위해서는 22W버전에서는 salford fortran이 필요하며 가장 최근에 발표된 버전에서는 MS- PowerStation Fortran 4.0이상이 설치되어 있어야 한다. 현재 발표된 24W 버전은 모든 환경이 윈도우 베이스로 설계되어 있다. 이 밖에 자세한 내용은 <http://www.pti-us.com>에서 찾을 수 있다.

2.4 CYME

이 프로그램은 캐나다 CYME사에서 개발하였고 표 2처럼 9개의 패키지로 구성되었다. (9개의 이름이 각각 달라 편의상 CYME라 표기)

표 2. CYME 패키지 구성

PSAF-FLOW	Power Flow
PSAF-FAULT	Short Circuit
PSAF-LINE	One-Line Diagram
CYMDIST	Distribution Primary Analysis
CYMTCC	Protective Device Coordination
CYMGRO	Substation Grounding
CYMHARMO	Harmonic Analysis
CYMSTAB	Transient Stability
CYMCYP	Cable Ampacity Calculation

여기서는 지면 관계상 PSAF와 CYMDIST만 소개하겠다. PSAF 프로그램으로 작성된 송전계통은 Load flow(조류계산), Motor starting(전동기 운전시 분석), Short circuit(고장전류 계산)를 원하는 위치에서 원하는 값들을 분석할 수 있고, 또한 그 값들을 계통 화면에서 visual하게 직접 볼 수 있다.

## 소프트웨어 리뷰

CYMDIST 프로그램은 배전 계통을 설계 및 시뮬레이션 할 때 사용된다. 이 프로그램은 평형 또는 불평형 배전 네트워크에서 전압 강하, 조류 계산, 고장전류 등을 분석할 수 있고, 변화를 화면상으로 visual하게 출력하여 그 값을 볼 수 있다. 최적 캐패시터 위치와 최적 개폐기 위치 모듈은 배전 계통에서 전력 손실을 최소화하는 위치를 찾아 계통을 재구성할 수 있다. 또한 모터 기동시 각 노드에서의 전압, 전류 파형 및 각각의 값을 볼 수 있다.

9개의 모듈로 구성된 이 프로그램은 전력계통의 송·배전 시스템 분석 및 설계에 있어서 실적으로 많은 도움을 주고 있다. 자세한 내용은 <http://www.cyme.com>에서 찾을 수 있다.

### 2.5 Power System Blockset with Mat lab

Power System Blockset은 전력시스템 모델을 구성하고 시뮬레이션을 쉽게 할 수 있는 디자인 도구를 제공하는 것으로서 Matlab 5.2에 새롭게 추가된 기능이다. 전력 시스템은 전기회로, 전동기와 발전기 같은 전기-기계적 장치를 포함하고 있으며 이런 분야를 연구하는 엔지니어들은 그러한 복잡한 전력 시스템의 특성을 연구하거나 분석하고자 할 경우 많은 어려움에 부딪히게 된다. 그리고 전력 시스템은 효율이나 동작을 개선시키기 위해 전력용 반도체 소자나 제어 시스템을 포함하고 있다. 또한 이러한 시스템은 비선형이므로 시뮬레이션 프로그램을 이용하는 것이 많은 도움이 된다.

Power System Blockset은 복잡한 전력 시스템을 시뮬레이션하고 분석하는데 있어 Matlab의 Simulink 환경을 사용하며 모델을 쉽게 구성할 수 있게 해준다. 또한 포함된 라이브러리는 변압기, 선로, 기계, 전력용 반도체 소자와 같은 전형적인 전력 설비 모델을 포함하고 있어 전력 시스템 구성을 쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라 회로 분석에 있어 기계, 열, 제어 시스템, 그리고 다른 분야들과의 상호작용을 분석할 수 있도록 도와준다. 자세한 내용은 <http://www.mathworks.com>에서 찾을 수 있다.

## 3. 결 론

전력 시스템의 광범위한 발달로 인한 급격한 환경 변화에 적응하여 다양한 소비자층에게 보다 양질의 전력을 공급하기 위해서는 시스템을 운영하고 분석하는 시뮬레이션 프로그램이 절실히 필요하다. 전력회사, 연구원, 학생들의 환경과 관심 분야가 조금씩 다르겠지만 앞서 소개한 시뮬레이션 프로그램을 비롯하여 많은 프로그램을 접하고 숙지하여 해당 연구 분야에서 많은 도움이 되기를 바라며 다시 한번 관련 사이트를 아래에 적었다.

EMTP	<a href="http://www.keri.re.kr/~keug/index_k.html">http://www.keri.re.kr/~keug/index_k.html</a>
PSCAD/EMTDC	<a href="http://www.hvdc.ca">http://www.hvdc.ca</a>
PSS/E	<a href="http://www.pti-us.com">http://www.pti-us.com</a>
CYME	<a href="http://www.cyme.com">http://www.cyme.com</a>
Matlab	<a href="http://www.mathworks.com/">http://www.mathworks.com/</a>

## 저 자 소개



### 김재철 (金載哲)

1955년 7월 22일생, 1979년 송실대 전기공학과 졸업, 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸(석사), 1987년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(공학박), 1988년~현재 송실대 공대 전기공학과 교수.