

과도 안정도 해석 데이터 검증 모듈 개발

심규상, 황정희, 조윤성, 권세혁, 장길수  
고려대학교 전기공학과

김태균, 추진부  
한전전력연구원

The Development of the Data Verification Module For Transient Stability Analysis

G.S. Sim, J.H. Hwang, Y.S. Cho, S.H. Kwon, G.S. Jang  
Dept. of Electrical Engineering, Korea University

T.K. Kim, J.B. Choo  
KEPRI

**Abstract** - The purpose of this paper is to explain the techniques of the data verification module achieved while developing a transient stability program which is suitable to Korean power system. It concentrates on the concrete explanation about modeling of the dynamic models and the method of the data verification. This proposed module enhances the performance of the developing program. This developing module has been tested with the KEPCO system, and the simulation results obtained from the program are compared to those of commercial programs.

GENROU타입, 여자기는 IEEE T1, 조속기는 TGOV1타입으로 구성하였다. 또한 부하모델 데이터는 100% Constant Impedance로 구성하였으며, 상정사고 데이터는 다음 표와 같다.

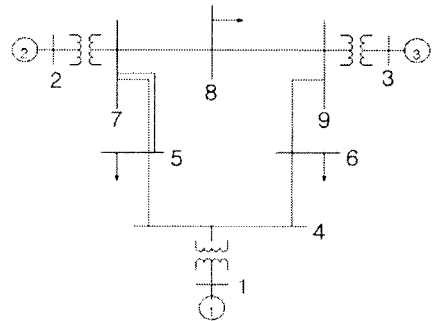


그림 1. WSCC 3기 9 모선 계통도

표 1. 3기 9모선 계통을 이용한 상정사고 데이터

상정사고구간	5 - 7 구간			
모의과정	정상	사고	트립	총 시간
시간 (SEC)	0	0.5	0.7	2.7
Swing 모선	1번 모선			
측정 위치	각 발전기			
측정 채널	상대적 위상각, 계자 전압			

1. 서 론

오늘날 같이 대규모 전력 계통 내에서 계통해석은 주관성이 아닌 객관성과 신뢰성을 전제로 수행되어야 하며 이를 뒷받침 해주기 위해서는 전력계통 해석 시 정확한 데이터를 사용하는 것뿐만 아니라 해석결과와 객관적 비교를 위하여 동일한 전력계통 해석 프로그램을 사용하는 것이 중요하다. 또한 전력계통은 그 구성요소인 발전계통, 송변전 계통이 유기적으로 결합되어 가장 중요한 목적 중의 하나인 원활한 전력공급과 높은 신뢰성을 제공할 것을 기본으로 하고 있다. 이에 따라 주어진 전력 계통 조건으로부터 현재 계통 동작의 정량화 평가뿐만 아니라 전력계통의 확장계획과 전력계통의 급변성 등을 고려하여 계통의 합리적인 운용 및 유지 보수, 제어 등을 위해서는 여러 가지 계통해석이 필수적으로 요구되고 있다. 그리고 전력 계통의 동적 특성을 모의하기 위해서는 신뢰성 있는 해석프로그램을 사용하는 것도 중요하지만 그에 못지 않게 중요한 것은 정확한 데이터를 사용하는 것이다. 데이터 파일 중 잘못이 있거나 파라미터 값들이 부정확할 때에 모의 중이나 그 결과에 문제점들이 발생할 수 있기 때문이다. 그러나, 현재 전력계통 과도안정도 해석을 위해서는 해외 상용 프로그램을 사용하고 있기 때문에 추가적인 데이터 검증이나 국내 전력시스템의 특징에 따른 데이터 검증 등을 위한 기능 추가에는 제약이 있다.

이상의 시험계통을 바탕으로 하여 다음과 같은 2가지의 경우에 대해 모의하였다. 하나는 파라미터 값에 이상이 없는 경우이며, 나머지 한 경우는 모의 시 쉽게 실수할 수 있는 경우, 즉 소수점을 뺀 파라미터가 존재하는 경우라든지, 자릿수가 맞지 않는 파라미터가 존재하는 경우이다. 모의 시 사용한 프로그램은 현재 상용프로그램으로 많이 쓰이는 PSS/E를 이용하였다.

본 논문에서는 한국 계통에 특화된 과도안정도 해석 프로그램에 포함되는 데이터 검증 모듈 개발을 설명하고, 개발 과정에서 얻은 다양한 정보를 공유하고자 한다. 특히 다이나믹 모델의 모델링에 대한 구체적인 설명과 데이터 검증 방법을 구체적으로 제시하고자 한다.

모의 결과(그림 2)를 보면 두 경우의 결과는 판이하게 다르게 나올 수 있다. 이렇게 모의 해석 시 누구나 쉽게 할 수 있는 실수이지만, 쉽게 찾기 힘든 경우에 대한 대비책을 위해서라도 데이터 검증 모듈은 필요하다.

2. 본 론

2.1.2 데이터 검증 모듈의 개요

2.1 데이터 검증 모듈

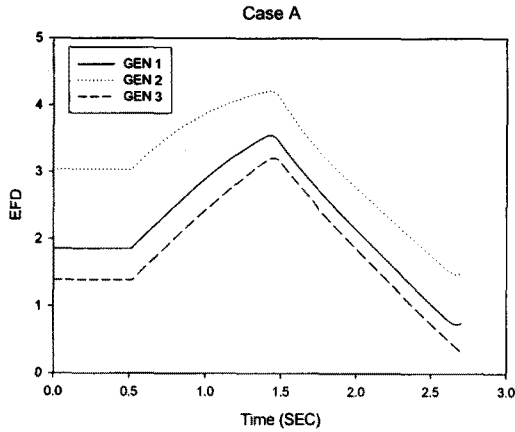
2.1.1 데이터 검증 모듈의 필요성

데이터 검증 모듈의 필요성에 대해 살펴보기 위하여 다음과 같은 시험계통을 정한다.

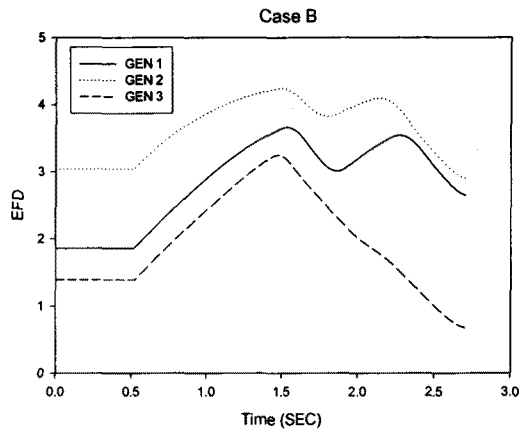
시험계통인 3기 9모선은 3개의 발전기와 3개의 여자기 그리고 3개의 조속기로 구성되어 있으며, 발전기의 경우

보통 발전기, 여자시스템 그리고 다른 기기에 쓰이는 데이터들은 많은 경우에 있어서 신뢰할 수 없기 때문에, 데이터 용지에 기입되어 있는 데이터의 값들에 대해 주의깊이 점검할 필요가 있다.

데이터 검증에 대해 가장 일반적인 방법은 기존의 데이터베이스에 기록되어 있는 파라미터 값들과 비교를 하는 것이다. 이 방법은 부정확한 파라미터 값들이 존재하는



(a) 파라미터 값에 이상이 없을 때 (정상시)



(b) 파라미터 값에 이상이 있을 때 (비정상시)

그림 2. 데이터 값에 따른 모의 결과값

경우, 소수점이 잘못 기입되어 있는 경우, (+)와 (-) 부호가 잘못 입력된 경우 그런 파라미터 값들을 찾아내는 데 크나큰 역할을 한다.

개발 프로그램 중 PRC(Parameter Range Checking)의 서브루틴은 파라미터간의 타당치 않은 관계, 실진법 자릿수 등의 잘못이 있는 데이터에 대해 점검한다. 즉 PRC 서브루틴은 실제 사용되는 모델에 대한 파라미터 값들이 그 모델의 표준값의 범위에 있는지에 대해서만 점검을 한다. 그리고 이 PRC는 각 모델에 대해 검증할 수 있다.

### 2.1.3 데이터 검증 모듈의 결과

다음 그림 3에서 볼 수 있는 데이터는 발전기, 여자기, 조속기 등의 동역학 모델에 관한 정보를 담고 있는 전력계통해석 시 필요한 데이터이다.

그림 3. 모의에 필요한 데이터

위의 그림 3을 보면 파라미터에 이상(소수점 자리 혹은 그 값에 이상이 있는 경우)이 있음을 알 수 있다. 이 경우와 같이 이상이 있는 파라미터들은 타당한 결과물을 얻기 위해서 조정되어야 하나, 대부분의 전력계통에 있어서 현지 근무자들이 재조정할 수 있어서 그 값에 있어 많은 변동이 있다. 해서 여기에서는 표준값의 범위에서 벗어나는 파라미터 값들에 대해서는 모의 진행시 정지하지 않고, 단지 경고문만 띄우도록 해놓았다. 다음 그림은 PRC 서브루틴의 결과물이다.

그림 4. PRC 서브루틴의 결과물

## 2.2 전력계통 동역학 모델링

동역학 모델은 수많은 블록 다이어그램으로 이루어져 있다. 해서 이 동역학 모델을 프로그램으로 코딩(coding)하기 위해서는 이 블록 다이어그램을 분해해야 한다. 그 이유는 블록 다이어그램 안에 미분연산자 s가 있기 때문에 수치적분이 필요하기 때문이다. 그리고 수치적분방법에는 여러 가지가 있으나, 여기서는 RK-4차 방법을 이용하였다.

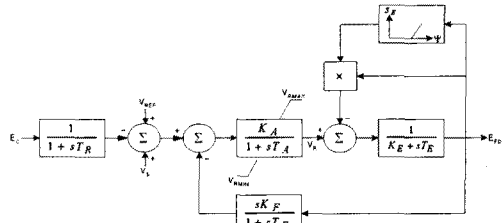


그림 5. IEEE1의 블록 다이어그램

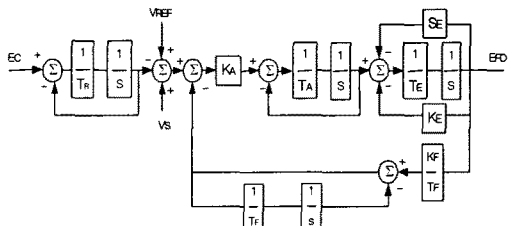
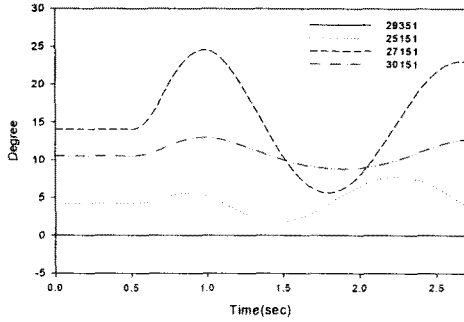
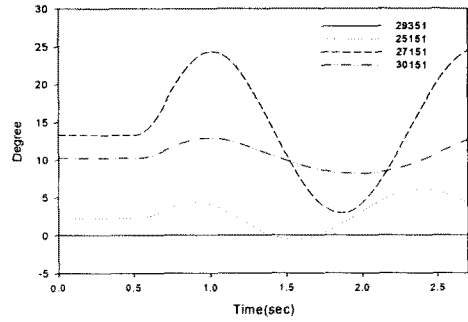


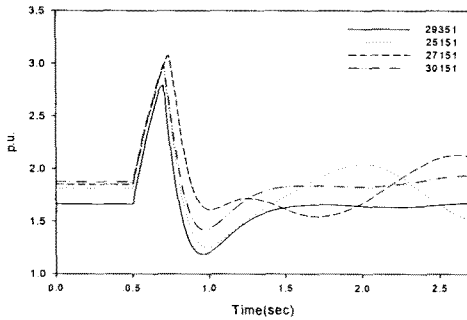
그림 6. 프로그램 코딩을 위한 IEEE1의 블록다이어그램



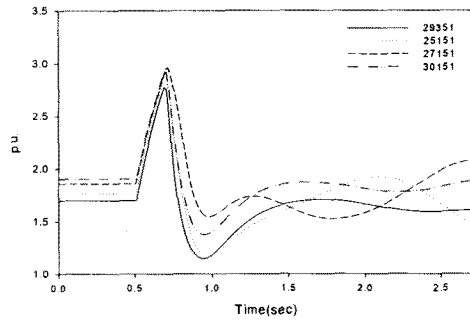
(a) PSS/E의 모의 결과 (상대적 위상각)



(b) 개발 프로그램의 모의 결과 (상대적 위상각)



(c) PSS/E의 모의 결과 (계차전압)



(d) 개발 프로그램의 모의 결과 (계차전압)

그림 7. 상용 프로그램과 개발 프로그램의 모의 결과 비교

여기서 사용한 모델링의 방법은 다음과 같다.

블록 다이어그램을  $\frac{1}{s}$ 이 존재하는 모양으로 분해한 뒤, 그 앞의 값을 수치적분하는 것이다.

그림5와 6은 여자기 모델중 IEEE-T1에 대한 블록다이어그램과 이를 코딩하기 위한 블록다이어그램이다. 다른 다이나믹 모델도 이와 같은 방법으로 분해가능하다.

### 2.3 사례연구

위와 같은 방법으로 각 다이나믹 모델에 대해 모델링을 한 뒤, 데이터 검증 모듈을 사용하여 기존 상용프로그램인 PSS/E의 모의 결과와 비교·검증을 하였다. 모의에 사용된 데이터는 2010년 한전 실계통 데이터이며, 상정사고 데이터는 다음과 같다.

표 2. 2010년 한전 실계통을 이용한 상정사고

상정사고구간	6600 ~ 6801			
모의과정	정 상	사 고	사고제거	총모의시간
시간 (sec)	0.0	0.5	0.7	2.7
측정 위치	25151, 27151, 29351, 30151			
측정 채널	상대적 위상각, 계차 전압			

이상의 데이터를 이용한 모의결과는 그림 7과 같다. 기존 상용프로그램의 결과 값과 어느 정도 차이는 있지만 거의 비슷함을 볼 수 있다. 이의 이유는 수치적분의 차이점, 모델링의 차이점, 계통 특성 반영에서의 문제점 등으로 생각된다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 과도안정도 해석을 위한 데이터 검증 모듈의 개발과 다이나믹 모델링에 대해서 설명하였다. 그리고 동일한 조건으로 개발 프로그램과 상용프로그램인 PSS/E를 이용해서 모의하고, 그 결과를 비교·검증하였다.

이상의 결과로 미루어 보아 모의 대상이 대규모 계통이 된다면 데이터 검증 모듈의 실용성은 더 높아질 것이며, 현재 개발 중인 과도안정도 해석 프로그램에 데이터 검증 모듈을 추가시킴으로써 해서 더 정확하고, 신뢰성있는 프로그램이 될 것으로 사료된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 심규상, 조윤성, 장길수, 이병준, 권세혁, "다이나믹 모델의 과도 안정도 해석 프로그램 통합", 대한전기학회 학제학술대회 논문집, p239 ~ 241, 2004
- [2] P.Kundur, "Power system stability and control", McGraw-Hill inc, 1994
- [3] J. Machowski, J.W. Bialek, J.R. Bumby, "Power system dynamics and stability", John Wildy & Son, 1997
- [4] P.W. Sauer, M.A. Pai, "Power system dynamics and stability, Prentice-Hall, 1998
- [5] H. Saadat, "Power system analysis, McGraw-Hill inc, 1999
- [6] PSS/E Operation Manual, Power Technologies, Inc., 1995
- [7] PSS/E Application Manual, Power Technologies, Inc., 1995
- [8] "A Study on the Dynamic Operational Characteristics of KEPCO Power System" Energy System Research Center, University of Texas at Arlington, 한국 전력공사 전력연구원 1989. 7