

EMTDC용 조속기 모델 개발 및 GSTEP을 이용한 검증

허진* 김동준* 윤재영* 문영환* 이진** 윤용범***
한국전기연구원* LG 산전** 한전전력연구원***

The development of Governor models for implementation into EMTDC and the verification of Governor models using GSTEP

J. Hur* D.J. Kim* J.Y. Yoon* Y.H. Moon* J. Lee** Y.B. Yoon***
KERI* LGIS** KEPRI***

Abstract - In general, the PSS/E program based on RMS mathematical models is used for analyzing the steady state and transient stability phenomena of full-scale large power system. Whereas, the EMTDC program unlike PSS/E, studies the specific reduced small-scale power systems as a basis of instantaneous value mathematical models and used to analyze the Electro-Magnetic transient characteristics. The PSS/E provides various control models such as exciter, governor and PSS models. But there are few control models in EMTDC. In this paper, we developed EMTDC models for governor which have been applied in KEPCO system. The EMTDC models are developed by examining PSS/E control block and using User Define Model in addition to default.lib provided by EMTDC. we verify the correctness of developed governor models with PSS/E and EMTDC simulation results using Governor Step(GSTEP) method.

1. 서론

현재 한전계통 안정도 해석에 실효치 해석 프로그램인 PSS/E가 많이 이용되고 있으나 계통의 과도 특성 검토를 위해서는 EMTDC(Electro-Magnetic Transient DC)가 필요하다. 그러나 EMTDC에는 PSS/E와 달리 한전 계통에 적용 가능한 각종 제어기 모델이 거의 전무한 상태이다. EMTDC(Unix 시스템 기반)에서 사용할 수 있는 제어기 모델은 여자기 경우 SCR19 1기 모델, 조속기 경우 HGOV19 1기 모델 그리고 PSS(Power System Stabilizer) 경우는 해당 제어기 모델이 존재하지 않는다. 그러므로 EMTDC상에서 한전 계통을 모의하는데 많은 제약이 따른다.¹⁾

본 논문에서는 PSS/E 해석시 한전계통에서 활용되고 있는 대표적인 조속기 6기(GAST, TGOV1, HGOV, IEESGO, IEEEG1, IEEEG3) 모델을 선정하여 유닉스 시스템 기반의 EMTDC용으로 개발하였다.

EMTDC용 조속기 모델은 PSS/E 모델의 블록선도를 분석하여 개발하였고 EMTDC에서 제공하는 기본 라이브러리(default.lib)와 사용자 정의 모델(User Define Model)을 구축하여 제어기 모델을 개발하였다. 개발된 조속기 모델은 모의계통을 이용하지 않고 해당 모델만의 성능을 해석할 수 있는 PSS/E의 Governor step 방법을 EMTDC에서 모의하였고 PSS/E와 EMTDC의 시뮬레이션 결과를 비교하여 개발모델의 성능을 검증하였다.

2. EMTDC용 조속기 모델 구현

EMTDC용 조속기 모델의 개발은 그림 1에 제시된 4가지 단계로 모델을 구현한다. 우선 개발하고자 하는 대상모델의 PSS/E 제어블록을 분석하고 EMTDC에서 제공하는 Default.lib의 제어블록과 사용자 정의 모델로 구현된 제어블록을 이용하여 해당 조속기 모델은 구현한다. 구현된 모델은 GSTEP 방법을 이용하여 PSS/E와 EMTDC 시뮬레이션을 결과를 비교하여 개발 모델의 정확성을 검증하는 단계로 수행된다.

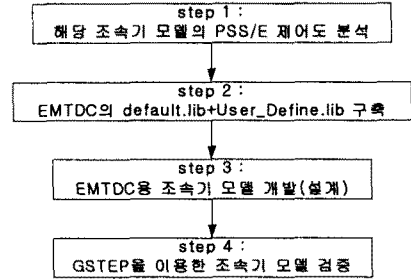


그림 1 EMTDC용 조속기 모델 개발 과정

EMTDC용 조속기 개발 모델의 선정은 PSS/E의 조속기 모델을 기준으로 한전계통 해석 시 많이 이용되는 6기 모델을 선정하였다. 선정된 모델을 표 1에 제시하였다.

표 1 EMTDC용 개발 대상 조속기 모델

PSS/E 조속기 모델	EMTDC 조속기 모델	비고
HGOV	개발 필요	수력기 모델
GAST	개발 필요	가스 터빈 모델
TGOV1	개발 필요	화력기 조속기/터빈 모델
IEEEG1	개발 필요	화력기 조속기/터빈 모델
IEEEG3	개발 필요	화력기 조속기/터빈 모델
IEESGO	개발 필요	화력기 조속기/터빈 모델

2.1 조속기 모델의 PSS/E 제어도 분석

EMTDC용 조속기 모델의 개발은 PSS/E 제어블록의 분석을 통해 이루어진다. 그러나 단순히 제어블록의 분석만으로 조속기 모델에 대한 이해에는 한계가 있다. 그러므로 조속기 제어블록 분석과 더불어 PTI사에서 제공하는 해당 조속기 모델의 소스코드 분석도 병행하여 수행되어야 한다. 개발 대상 조속기 모델의 PSS/E 제어블록을 그림 2~7에 나타내었다.

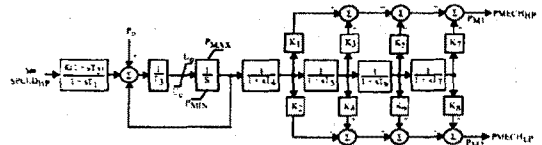


그림 2 PSS/E의 IEEEG1 조속기 모델

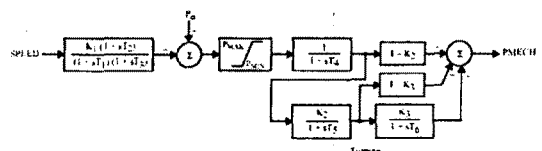


그림 3 PSS/E의 IEESGO 조속기 모델

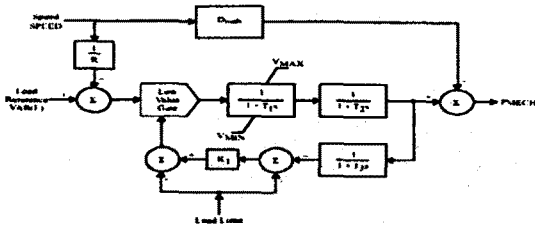


그림 4 PSS/E의 GAST 조속기 모델

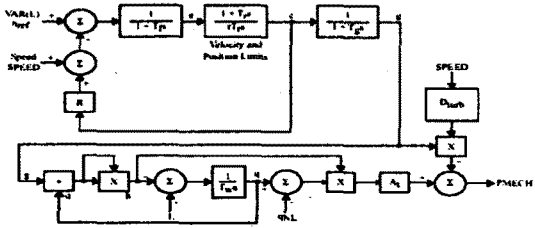


그림 5 PSS/E의 HYG0V 조속기 모델

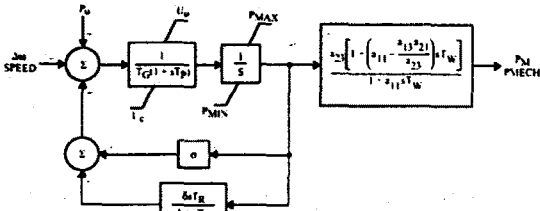


그림 6 PSS/E의 IEEEG3 조속기 모델

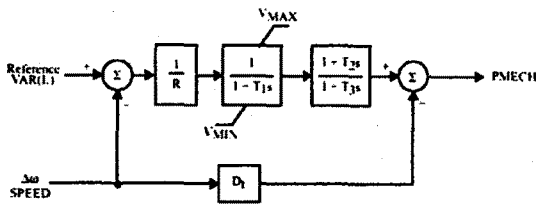


그림 7 PSS/E의 TGOV1 조속기 모델

2.2 EMTDC용 조속기 모델 구현

해당 조속기 모델의 PSS/E 제어블록의 분석 후 EMTDC용 조속기 모델의 제어블록을 구성한다. 제어블록을 구성할 때 기본적으로 제공되는 라이브러리 (default.lib) 이외에 사용자 정의 모델을 이용하여 라이브러리를 추가적으로 작성한다. 사용자 정의 모델을 이용한 새로운 라이브러리를 그림 8에 나타내었다. 새로 구축된 User_Define.lib에는 조속기 파라미터 입력시 PSS/E와 동일한 파라미터 이름을 이용할 수 있도록 개발하였고 PSS/E에 익숙한 사용자를 위해 PSS/E에서 제시된 제어블록의 모양과 동일하게 기존 제어블록 모델을 수정하여 라이브러리로 구축하였다.

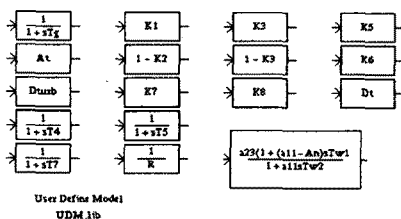


그림 8 EMTDC의 User_Define.lib

기본 라이브러리와 새로 구축된 라이브러리를 이용하여 EMTDC용 조속기 6기 모델을 그림 9~14에 나타내었다.

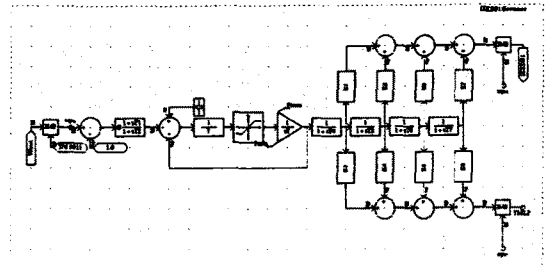


그림 9 EMTDC용 IEEEG1 조속기 모델

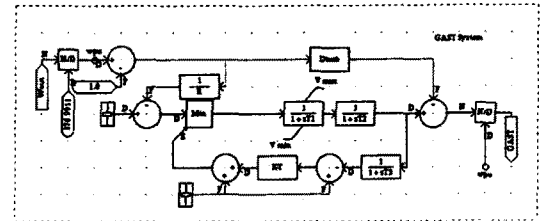


그림 10 EMTDC용 GAST 조속기 모델

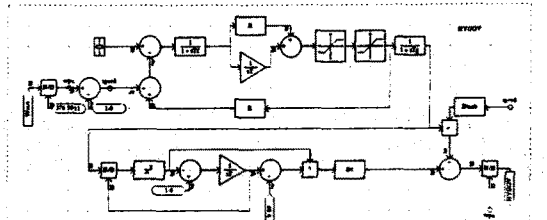


그림 11 EMTDC용 HYG0V 조속기 모델

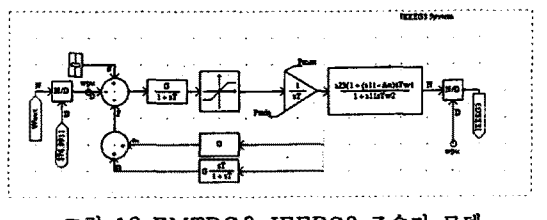


그림 12 EMTDC용 IEEEG3 조속기 모델

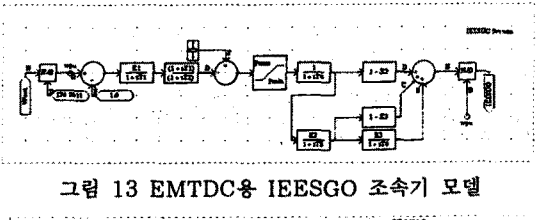


그림 13 EMTDC용 IESGO 조속기 모델

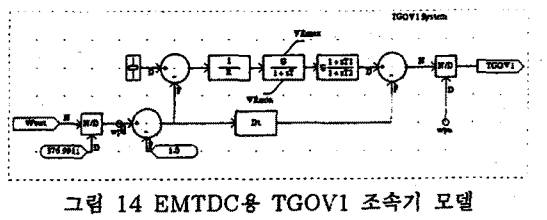


그림 14 EMTDC용 TGOV1 조속기 모델

2.3 Governor Step(GSTEP)을 이용한 검증

개발된 조속기 모델의 검증은 PSS/E의 조속기 시험에 많이 이용되는 GSTEP 방법을 이용하였다. GSTEP

방법은 시험계통을 이용하지 않고 조속기 모델 자체만의 시험을 의미한다. 그러므로 다른 계통기기(발전기, 여자기)의 영향을 고려하지 않고 조속기만의 특성을 분석할 수 있다. GSTEP의 개념도를 그림 15에 나타내었다. 그림 15에서 볼 수 있듯이 Pe(Electrical Power)에 일정한 스텝을 인가하여 Pm(Mechanical Power)와 $\Delta\omega$ 의 변화를 통해 조속기의 동작특성을 분석한다.

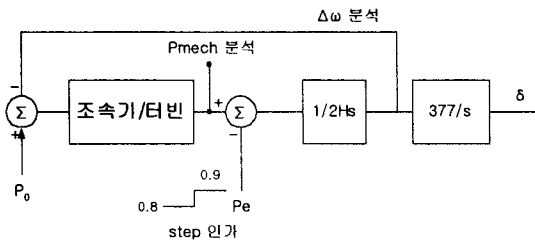


그림 15 Governor Step(GSTEP) 개념도

PSS/E와 달리 EMTDC에서는 조속기 모델만의 자체적인 초기화 과정이 존재하지 않으므로 EMTDC상에서 GSTEP을 모의할 경우 일정한 값($Pe=0.8$)의 수렴과정 이후에 스텝을 인가하여 조속기의 동작을 분석한다. 예를 들어 IEEE11 모델의 경우 GSTEP 방법을 생각하면 그림 16에서 볼 수 있듯이 스텝을 인가하기 전에 Pe값이 0.8에 수렴할 때까지의 DelW값을 정한다. 초기화 과정에서 IEEE11 조속기의 Pe값이 0.8(pu)에 수렴했을 경우 DelW값은 0.0404(pu) 값이다. 즉 DelW 값이 0.0404(pu)에 수렴했을 때 Pe값의 스텝을 0.8(pu)에서 0.9(pu) 스텝을 인가하여 Pm과 $\Delta\omega$ 값의 응답특성을 통해 PSS/E와 EMTDC 모의 결과를 비교하여 성능을 검증한다.

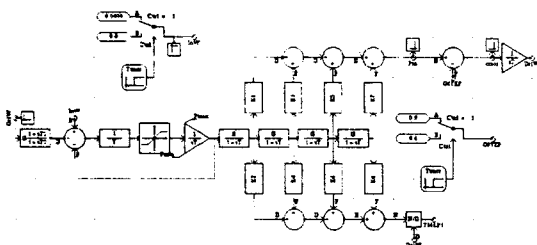


그림 17 IEEE11 조속기 모델의 GSTEP 시험

3. PSS/E & EMTDC 시뮬레이션

제어블록으로 구성된 EMTDC용 조속기 모델의 검증을 위해 GSTEP 방법을 이용하여 EMTDC와 PSS/E 시뮬레이션을 통해 개발된 모델의 검증을 수행한다.

① EMTDC용 IEEE11 조속기 모델

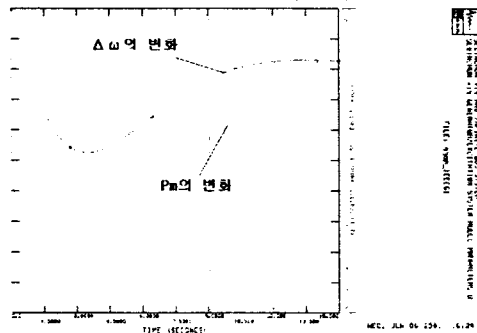


그림 17 IEEE11 모델의 PSS/E GSTEP 결과

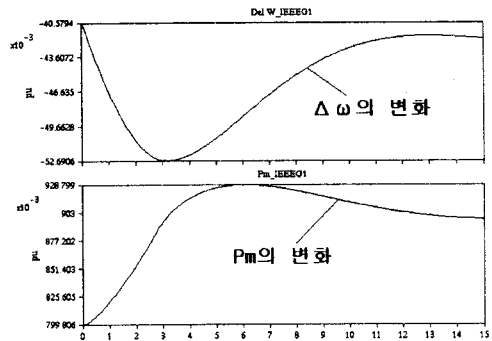


그림 18 IEEE11 모델의 EMTDC GSTEP 결과

그림 18과 19는 IEEE11 모델의 GSTEP 시험 시 Pm과 $\Delta\omega$ 의 응답특성을 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 동일한 응답 특성을 확인할 수 있다. 나머지 5기 모델의 시험 결과를 그림 19~28에 나타내었다.

② EMTDC용 HYGOV 조속기 모델

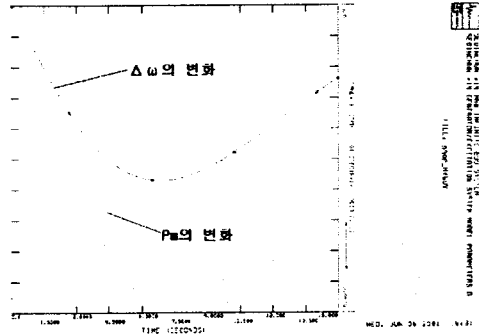


그림 19 HYGOV 모델의 PSS/E GSTEP 결과

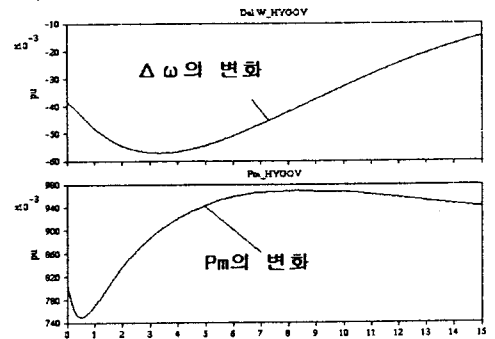


그림 20 HYGOV 모델의 EMTDC GSTEP 결과

③ EMTDC용 IEESGO 조속기 모델

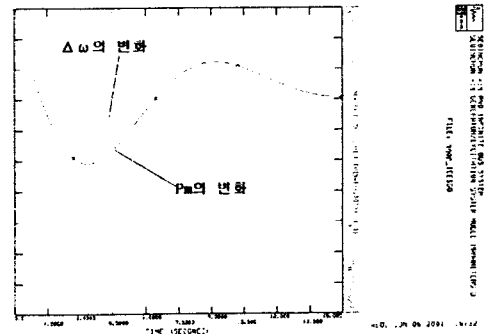


그림 21 IEESGO 모델의 PSS/E GSTEP 결과

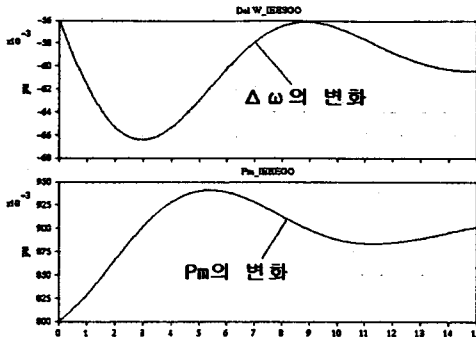


그림 22 IESGO 모델의 EMTDC GSTEP 결과

④ EMTDC용 GAST 조속기 모델

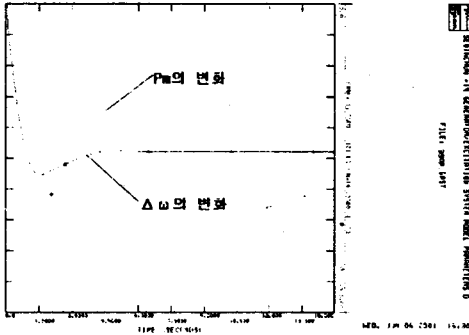


그림 23 GAST 모델의 PSS/E GSTEP 결과

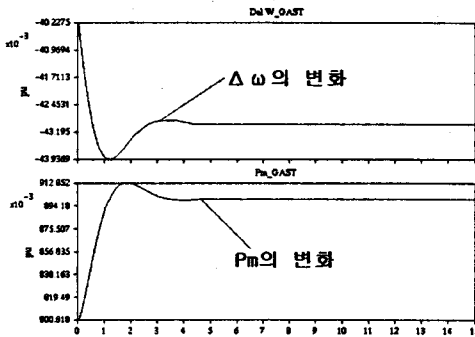


그림 24 GAST 모델의 EMTDC GSTEP 결과

⑤ EMTDC용 TGOV1 조속기 모델

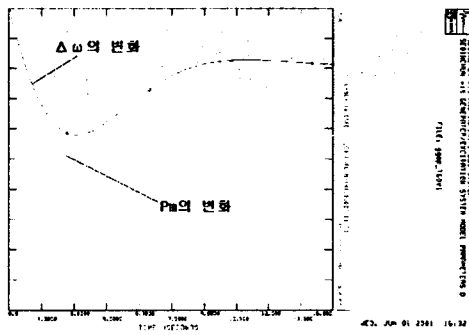


그림 25 TGOV1 모델의 PSS/E GSTEP 결과

PSS/E의 GSTEP시험을 EMTDC에서 모의할 경우 초기 값의 수렴과정 때문에 $\Delta\omega$ 값의 초기화 값이 다소 차이가 있지만 초기 값을 일정하게 설정해 주면 Pm과

$\Delta\omega$ 의 동일한 응답 특성을 확인할 수 있다.

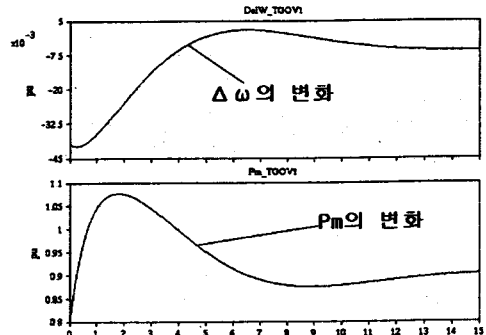


그림 26 TGOV1 모델의 EMTDC GSTEP 결과

⑥ EMTDC용 IEEEG3 조속기 모델

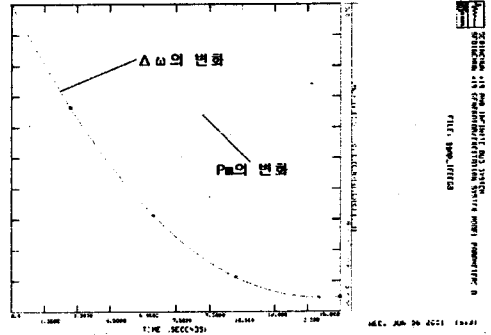


그림 27 IEEEG3 모델의 PSS/E GSTEP 결과

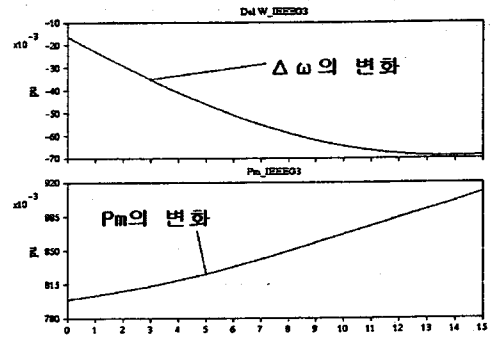


그림 28 IEEEG3 모델의 EMTDC GSTEP 결과

4. 결론

본 논문에서는 PSS/E를 이용하여 한전계통 모의 시 대표적으로 많이 이용되는 조속기 6기 모델을 EMTDC에서 모의가 가능하도록 조속기 모델을 개발하였다. 개발된 EMTDC용 조속기 모델은 GSTEP 방법을 이용하여 PSS/E 시뮬레이션과 비교 검증을 통하여 모델의 적정성을 확인하였다. 또한 PSS/E의 GSTEP 방법을 EMTDC에서 모의 가능하도록 구성하여 향후 계속적인 조속기 모델 개발에 유용하게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

[참고 문헌]

- (1) 허진, 김동준, 윤재영, 문영환, 이진, 윤용범 "EMTDC용 IEEET3 여자기 모델 개발", 대한전기학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 123-125, 2001
- (2) "PSCAD/EMTDC User's manual", Manitoba HVDC Research Center, 1988
- (3) "PSCAD/EMTDC Installation & Administration Manual", Manitoba HVDC Research Center, 1988
- (4) "PSS/E-26 Program Application Guide", Power Technologies, Inc. 1999