

EMTDC용 IEEE3 여자기 모델 개발

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

The development of IEEE3 Exciter system for implementation into EMTDC

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 is used for analyzing KEPCO System in terms of stability and the EMTDC program is needed to analyze the transient characteristics of power system. The PSS/E provides various control models such as exciter, governor and PSS models, whereas there are few control models in EMTDC. In this paper, we developed an EMTDC model for IEEE3 exciter which has been applied in KEPCO system. The EMTDC model is 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 IEEE3 model with PSS/E and EMTDC simulation results for the same test system.

으로 작성되는 제어블록을 의미한다. 사용자 정의 모델은 포트란(Fortran) 언어를 기반으로 구현된다.

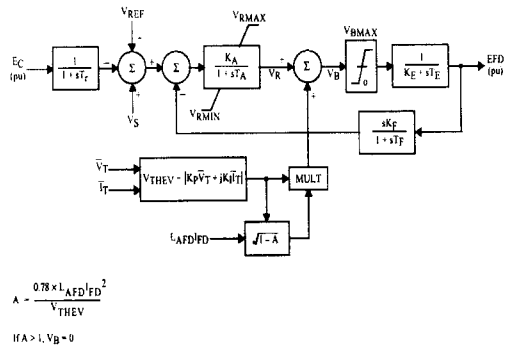


그림 1 IEEE3 여자기 기본 제어도

1. 서론

현재 한전계통 안정도 해석에 실효치 해석 프로그램인 PSS/E가 많이 이용되고 있으며 계통의 과도 특성 검토를 위해서는 EMTDC(Electro-Magnetic Transient DC)가 필요하다. 그러나 유닉스 시스템을 기반으로 하는 EMTDC에는 PSS/E와 달리 한전 계통에 적용 가능한 각종 제어기 모델이 거의 전무한 상태이다. EMTDC에서 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 한전계통을 모의하는데 많은 제약이 따른다.

EMTDC에서 기본적으로 제공하는 라이브러리 함수를 그림 2에 나타내었다. IEEE3 여자기 모델 개발의 경우 그림 2와 같은 기본 라이브러리 함수를 이용하였고 사용자 정의 모델로 구현된 제어 블록들은 새로운 라이브러리로 구축하여 이용하였다.

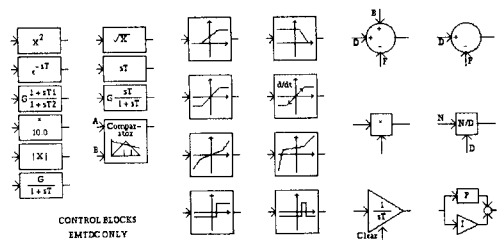


그림 2 EMTDC의 default.lib의 함수

본 논문에서는 한전계통에서 활용되고 있는 여러 제어기 모델 중 IEEE3 여자기 모델을 EMTDC용으로 개발한다. EMTDC용 IEEE3 여자기 모델의 개발은 우선 PSS/E의 기본 제어블록을 분석하고 EMTDC에서 제공하는 기본 라이브러리(default.lib)와 사용자 정의 모델(User Define Model)을 추가로 작성하여 여자기 모델을 개발하였다. 개발된 IEEE3 여자기 모델은 동일한 제어 파라미터와 시험 계통을 이용하여 PSS/E와 EMTDC 시뮬레이션 결과를 비교하여 정확성을 검증하였다.

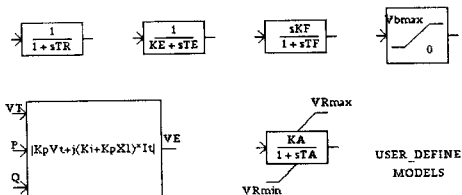


그림 3 새로 구축된 User_Define.lib 함수

2. IEEE3 여자기 모델 구현

순시치 해석 프로그램인 EMTDC를 이용하여 여자기 모델을 구현할 때 우선 PSS/E에서 제공하는 여자기 모델의 기본 제어 블록을 분석한다. PSS/E에서 제공하는 IEEE3 여자기 모델의 기본 제어 블록을 그림 1에 나타내었다. IEEE3 여자기 모델을 살펴보면 다른 제어블록들은 기본 라이브러리 함수를 이용하여 표현이 가능하지만 Phasor 형태의 입력변수 V_T, I_T를 갖는 단자전압 전송 및 횡류보상기 구현은 사용자 정의 모델을 이용해야 한다. EMTDC에서 사용자 정의 모델이란 사용자 정의 함수를 정의하고 기본 라이브러리에 추가적

사용자 정의 모델을 이용한 새로운 라이브러리를 그림 3에 나타내었다. 새로 구축된 User_Define.lib에는 여자기 파라

미터 입력시 PSS/E와 동일한 파라미터 이름을 이용할 수 있도록 개발하였고 사용자 편이를 고려해 PSS/E에서 제시된 제어블록의 모양과 동일하게 기존 제어블록 모델을 수정하여 라이브러리로 구축하였다. 기본 라이브러리와 새로 구축된 라이브러리를 이용하여 EMTDC용 IEEET3 여자기 모델을 그림 4에 나타내었다.

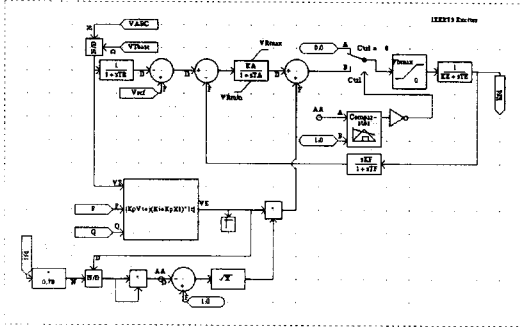


그림 4 EMTDC용 IEEET3 여자기 모델

3. 성능시험 모의계통 구현

개발된 IEEET3 여자기 모델의 정확한 응답 특성을 분석하기 위해 그림 5와 같은 여자기 개방회로 스텝시험 모의 계통을 생각한다. 여기서 V_t 는 3상 실효치(rms) 단자전압 값이고 E_f 는 여자기 출력인 계자전압을 의미한다.

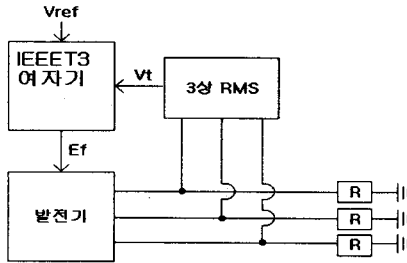


그림 5 여자기 모델 시험 계통도

여자기 모델의 시험조건은 포화가 없는 선형(Linear) 발전기를 고려하고 저항 R은 개방회로이므로 1000(ohm)이상의 큰 값으로 설정하였다. 여자기 모델 시험계통을 EMTDC로 모의된 계통을 그림 6에 나타내었다.

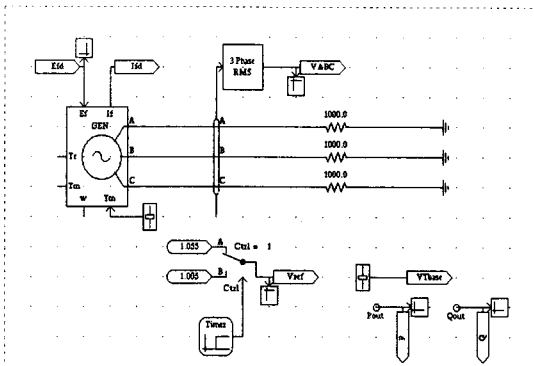


그림 6 EMTDC의 모의 시험계통

모의계통에 사용된 발전기는 EMTDC의 MAC100 모델로 발전기 제어정수를 표 1에 나타내었다.

표 1 모의계통에 사용된 발전기 정수

정수	정수 값	정수	정수 값
T_{do}'	5.2 sec	X_d	1.75
T_{do}''	0.011 sec	X_o	1.68
T_{do}'''	0.0530 sec	X_d'	0.285
H	3.3	X''	0.24
D	0.000	X_I	0.1

개발된 IEEET3 여자기 모델의 검증용 위해 사용된 여자기 파라미터를 표 2에 나타내었다.

표 2 모의계통에 사용된 IEEET3 여자기 정수

정수	정수 값	정수	정수 값
T_R	0.0 sec	T_A	0.150
V_{BMAX}	4.4	V_{RMAX}	1.2
T_E	0.5	V_{RMIN}	-1.2
K_P	1.19	K_E	0.000
K_I	0.0	K_F	0.04
K_A	120.0	T_F	0.5

4. PSS/E & EMTDC 시뮬레이션

IEEET3 여자기 모델의 검증은 동일한 시험계통을 이용하여 PSS/E 시뮬레이션 결과와 EMTDC 시뮬레이션 결과를 비교 분석하여 수행한다. 시험방법은 여자기 모델의 기준전압(V_{ref})을 2초 순간에 5% 스텝을 인가하여 단자전압(V_t)과 여자기의 출력인 계자전압(E_f)의 응답특성을 분석한다. PSS/E와 EMTDC를 이용하여 스텝신호를 인가한 후 단자전압과 계자전압의 응답특성을 그림 7과 8에 각각 나타내었다.

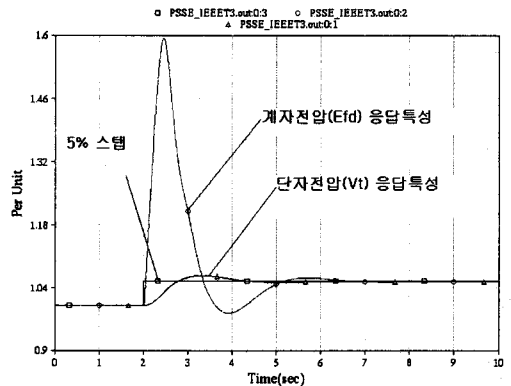


그림 7 IEEET3 모델의 PSS/E 시뮬레이션 결과

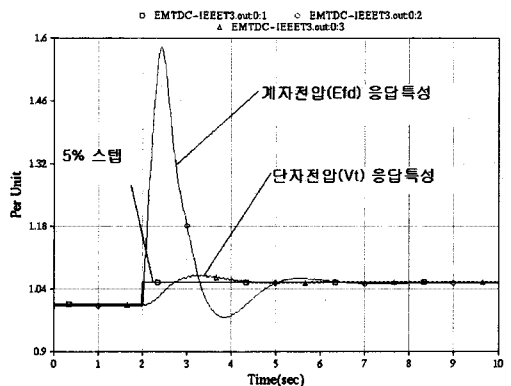


그림 8 IEEET3 모델의 EMTDC 시뮬레이션 결과

① 계자전압 비교 분석 결과

IEEE3 여자기 모델의 스텝신호 인가에 대한 계자전압의 응답특성 비교를 그림 9에 나타내었고 1.0(pu)시 그리고 1.05(pu)시 오차 비교 분석을 표 3에 제시하였다. 그림 9와 표 3에서 볼 수 있듯이 EMTDC용 IEEE3 모델의 적정성을 확인 할 수 있다.

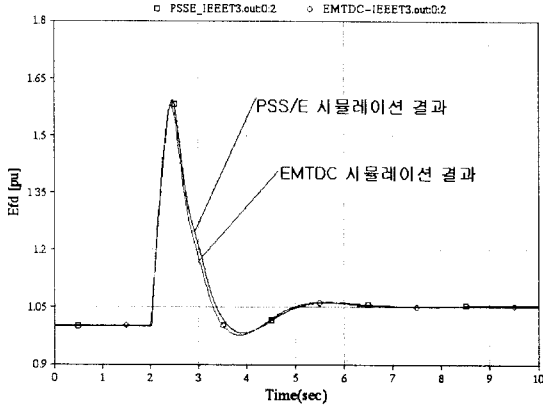


그림 9 IEEE3 모델의 계자전압(Efd) 결과 비교

표 3 계자전압(Efd) 오차 분석

	PSS/E 결과	EMTDC 결과	오차(%)
1.0[pu]시	0.9999	1.0013	0.140
1.05[pu]시	1.0529	1.0512	0.161

② 단자전압 비교 분석 결과

IEEE3 여자기 모델의 스텝신호 인가에 대한 단자전압의 응답특성 비교를 그림 10에 나타내었고 1.0(pu)시 그리고 1.05(pu)시 오차 비교 분석을 표 4에 제시하였다. 그림 10과 표 4에서 볼 수 있듯이 EMTDC용 IEEE3 모델의 적정성을 확인 할 수 있다.

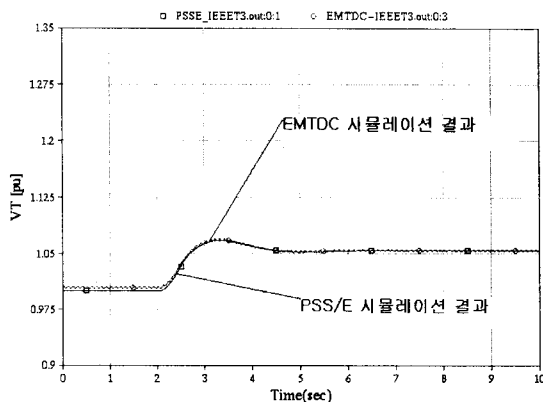


그림 10 IEEE3 모델의 단자전압(Vt) 결과 비교

표 4 단자전압(Vt) 오차 분석

	PSS/E 결과	EMTDC 결과	오차(%)
1.0[pu]시	1.0	1.0013	0.13
1.05[pu]시	1.0528	1.0512	0.15

5. 결 론

본 논문에서는 PSS/E 시뮬레이션시 한전계통에 이용되고 있는 IEEE3 여자기 모델을 EMTDC에서 모의 가능하도록 제어기 모델을 개발하였다. EMTDC용 IEEE3 모델은 PSS/E 프로그램에서의 동작특성과 비교하여 적정성을 확인하였고 IEEE3 여자기 모델 개발을 통해 EMTDC용 제어기 모델 개발에 대한 방법론을 제시하였다.

현재 한전계통의 PSS/E에 주로 사용되는 여자기, 조속기 그리고 PSS 모델을 표 5에 제시하였다. 표 5에서 볼 수 있듯이 PSS/E 제어기 모델과 비교하여 유닉스 시스템을 기반으로 하는 EMTDC 모델은 거의 전무한 상태이다. 앞으로 본 연구에서 제시된 EMTDC 제어기 모델 개발 방법을 바탕으로 지속적인 모델 개발을 진행할 예정이다.

표 5 한전계통에 주로 사용되는 제어기 모델

제어기	PSS/E 모델	제어기	PSS/E 모델
여 자 기	EXAC1	조 속 기	HYGOV
	EXAC1A		GAST
	EXAC3		TGOV1
	EXST1		IEEEG1
	EXST2		IEEEG3
	EXST3	IEESGO	
	IEEE1	P	IEE2ST
	IEEE3	S	PTIST1
	IEEX1	S	PSS2A
	IEEX2		
EXPIC1			
IEEX2A			
SCRX			

[참 고 문 헌]

- [1] 허진, 김동준, 김태균, 신정훈, "전력계통 안정화장치(PSS)의 성능향상을 위한 입력신호 영향분석", 대한전기학회 추계학술발표회 논문집, pp. 144-146, 1999
- [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
- [5] "Exciter 구성 및 설명", 한국전력 하동화력 전기부, 1997