

EUROSTAG을 이용한 안정도 해석용 제어계 모델 개발
PART I - 제어계 모델 개발

김학만, 오태규, 전영환, 국경수, 김석일
 한국전기연구원, 한국전력거래소

Development of Dynamic Models of EUROSTAG for Stability Study
PART I - Development of Dynamic Models

H.M. Kim, T.K. Oh, Y.H. Chun, K.S. Kook, S.I. Kim
 KERI, KPX

Abstract - Because of the difficulty of acquiring new generation sites and right-of-way, additional units have been added to the existing generation sites and the transmission system has been developed into highly meshed configuration. The reliable operation of power systems has been restricted by this system characteristics. The enhancement of system analysis techniques and establishment of appropriate measures have been required in this situation. In addition the deregulation of electric power industry in Korea would give rise to better tools for power system analysis and control. In this paper, dynamic models were developed.

1. 서 론

최근 전원입지 확보의 어려움으로 인한 대단위 발전소의 건설과 전력수송 밀도의 증대는 특정지역의 사고 영향이 인접계통으로 파급되어 전체 계통의 안정 운용의 제약이 될 가능성이 증대되고 있다. 그리고 이에 공급 신뢰성을 증대시키기 위해서 송전 전압 격상, HVDC, FACTS, PSS 등의 전력전자 응용 제어 시스템의 도입 및 운전의 확대가 예상된다. 이와 같이 전력계통의 대응량화, 다양화 및 복잡화에 따라 계통해석기술의 고도화, 정밀화가 절실히 요구되고 있으며, 전력계통의 제반 현상에 대한 정확한 해석을 통하여 계통 운용상의 문제점 분석과 적절한 대책 수립시행으로 전력계통의 안정적 운용이 도모되어야 한다.

또한 최근 전력산업 구조개편 추진에 따라 지금까지의 독점적인 전력산업 환경에서 한국전력공사가 신뢰도 중심의 계통운용을 유지하여 왔고, 계통해석도 단일 프로그램에 의존하였으나, 앞으로 신뢰성과 경제성을 동시에 추구하여야 하는 경쟁적 전력시장에서의 계통해석 결과에 따른 비용 발생시의 책임소재에 대한 투명성과 해석 결과에 대한 검증이 필요하게 되어 계통해석 기술의 고도화와 이를 구현하기 위한 도구의 다변화가 절실히 요구된다.

현재 우리계통의 안정도 해석은 주로 PTI의 PSS/E를 이용하여 검토되고 있으며, PSS/E의 해석을 위한 동적 모델의 파라미터가 구축되어 있다. 본 논문에서는 TRACTEBEL과 EDF에서 공동 개발한 전력계통 안정도 해석 프로그램인 EUROSTAG을 이용하여 우리계통의 안정도를 해석하기 위해서 발전기의 제어계 모델을 개발하였고, 이를 검증하기 위해서 PTI의 PSS/E와 시간 모의 결과를 비교하였다.

2. EUROSTAG 제어계 개발

2.1 개발 모델

현재 우리계통에 이용되는 발전기 제어계의 PSS/E 모델을 토대로 개발한 EUROSTAG의 발전기 제어계 모델은 표 2.1~2.3과 같다. 여자기 모델 12가지, 조속기 모델 7가지, PSS 모델 3가지로 구성되어 있다.

표 2.1 여자기 모델

여자기 모델	개수	비율(%)
IEEEX1	4	1.83
IEEX2A	5	2.28
IEEET1	37	16.89
IEEET3	2	0.91
EXAC1	57	26.03
EXAC1A	4	1.83
EXAC3	2	0.91
EXPIC1	23	10.5
EXST1	28	12.79
EXST2	9	4.11
EXST3	37	16.89
SCRX	11	5.02
합 계	219	100.0

표 2.2 조속기 모델

조속기 모델	개수	비율
HYGOV	39	17.81
IEEGV1	61	27.85
IEEGV3	2	0.91
IEESGO	2	0.91
TGOV1	38	17.35
GAST	69	31.51
GAST2A	8	3.65
합 계	219	100.0

표 2.3 PSS 모델

PSS 모델	개수	비율
IEEEST	2	33.3
PSS2A	2	33.3
PTIST1	2	33.3
합 계	6	100.0

2.2 EUROSTAG 모델 개발

모델 개발 과정을 정리하면 다음과 같다.

- a) classical 모델에서 동특성 비교(constand EFD, constant Pm)
 - 회전자 위상각 비교
- b) 여자기 비교(constant Pm)
 - 단자 전압 비교
- c) 조속기를 포함한 발전기 동특성 비교
 - 회전자 위상각 비교

모델 개발과 검토에 이용한 테스트 1기 무한대 모션 계통은 그림 2.1과 같다.

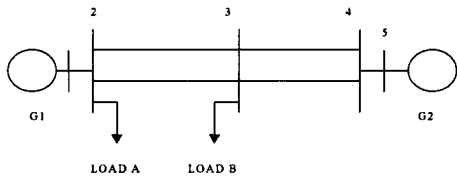
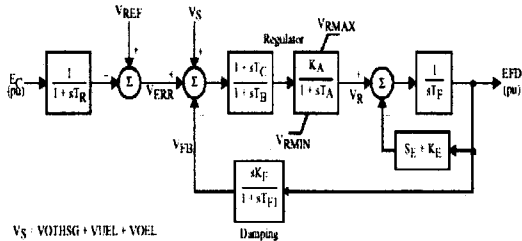


그림 2.1 테스트 1기 무한대 모션 계통

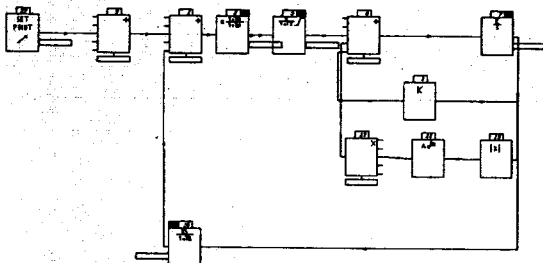
부하량과 선로 정수와 전압 레벨은 대상 발전기에 맞게 변동하였다. 그리고 검토 시나리오는 다음과 같다.

- a) 0 초 : 모션 2 인근에 3상 고장
- b) 0.1 초 : 모션 2 인근의 3상고장 제거 및 선로 2-3(1ckt) 개방

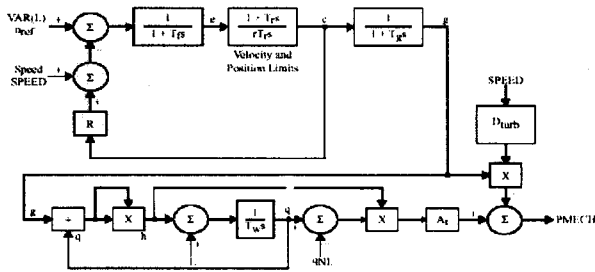
그림 2.2~2.4는 개발한 여자기, 조속기, PSS의 한 예를 블록다이어그램으로 나타낸 것이다. PSS/E의 모델은 일반적인 블록다이어그램의 형태로 나타낸 것이며 EUROSTAG의 모델은 프로그램에서 제공하는 macroblock을 이용하여 나타낸 것이다.



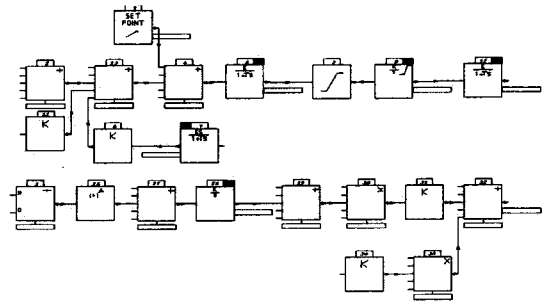
(a) PSS/E



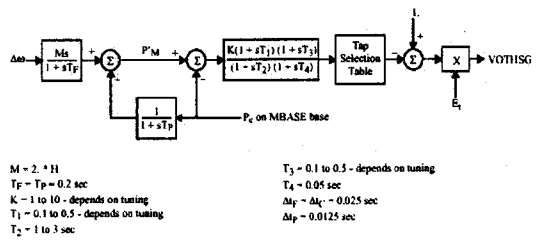
(b) EUROSTAG
그림 2.2 IEEEX1 모델



(a) PSS/E



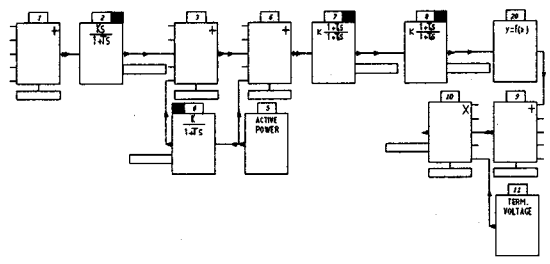
(b) EUROSTAG
그림 2.3 HYGOV 모델



$M = 2 \cdot H$
 $T_F = T_P = 0.2 \text{ sec}$
 $K = 1 \text{ to } 10 - \text{ depends on tuning}$
 $T_1 = 0.1 \text{ to } 0.5 - \text{ depends on tuning}$
 $T_2 = 1 \text{ to } 3 \text{ sec}$

$T_3 = 0.1 \text{ to } 0.5 - \text{ depends on tuning}$
 $T_4 = 0.05 \text{ sec}$
 $\Delta p = \Delta k_c = -0.025 \text{ sec}$
 $\Delta p = 0.0125 \text{ sec}$

(a) PSS/E

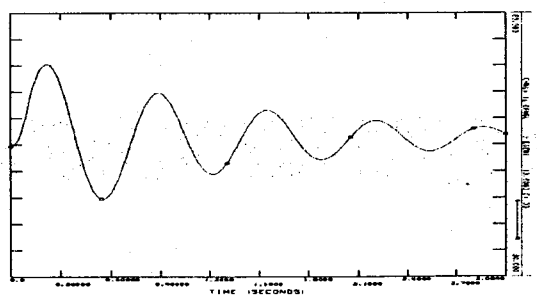


(b) EUROSTAG
그림 2.4 PTIST1 모델

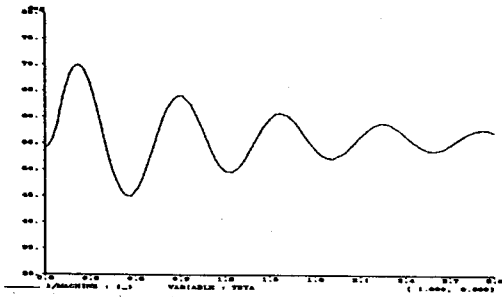
2.3 모델 성능 검토

개발한 EUROSTAG의 각 모델을 모두 PSS/E를 이용한 시간 모의 결과와 비교하였다. 본 논문에서는 EXAC1, GAST 모델로 표현되는 일산 1호기에 대한 비교 결과를 기술하였다.

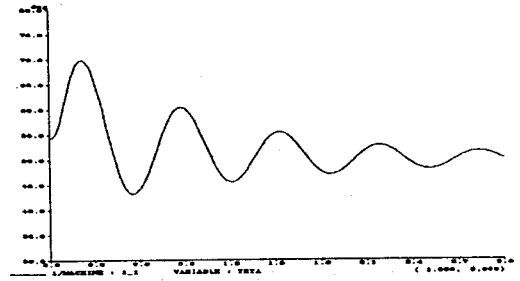
일산 1호기의 PSS/E의 동기기 모델은 GENROU로 contant EFD, contant Pm하에서 PSS/E와 EUROSTAG의 모의 결과의 회전자의 위상각을 그림 2.5에 나타내었다.



(a) 발전기 회전자 위상각(PSS/E)

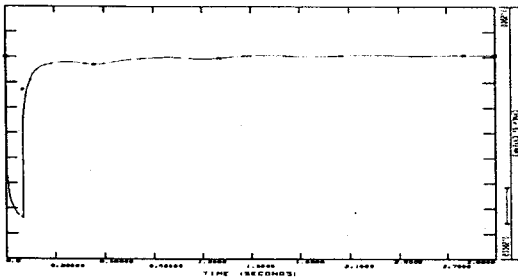


(b) 발전기 회전자 위상각(EUROSTAG)
그림 2.5 발전기 회전자 위상각 비교

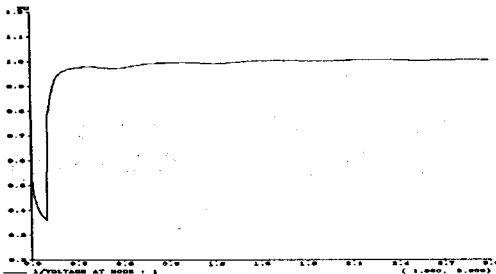


(b) 발전기의 회전자 위상각 (EUROSTAG)
그림 2.7 발전기의 회전자 위상각 비교

그림 2.6은 여자기 모델인 EXAC1과 constant Pm 모델을 적용하여 모의한 것으로 각각 PSS/E와 EUROSTAG의 모의 결과의 단자 전압을 나타낸 것이다.

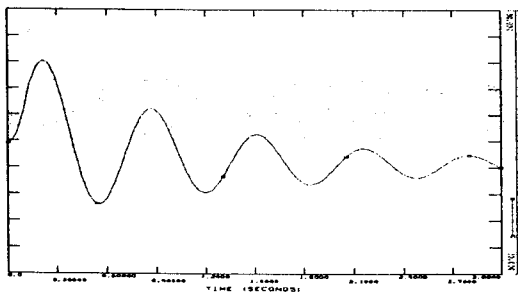


(a) 발전기의 단자 전압 (PSS/E)



(b) 발전기의 단자 전압 (EUROSTAG)
그림 2.6 발전기 단자 전압 비교

그림 2.7은 여자기 모델인 EXAC1과 조속기 모델인 GAST를 적용하여 모의한 것으로 각각 PSS/E와 EUROSTAG의 모의 결과의 회전자 위상각의 결과를 나타낸 것이다.



(a) 발전기의 회전자 위상각 (PSS/E)

2.5 ~ 2.7에서 확인할 수 있듯이 개발한 EUROSTAG 여자기, 조속기 및 PSS 모델을 이용한 1기 무한대 모선 계통에서 EUROSTAG의 모의 결과와 PSS/E의 모의 결과는 상당히 유사한 결과를 보였으며, 개발한 전체 모델에 대해서도 유사한 결과를 보였다.

3. 결 론

본 연구를 통해서 개발된 EUROSTAG 동적 모델은 다음과 같다.

○ 여자기 모델

- IEEEEX1, IEEX2A, IEEEET1, IEEEET3, EXAC1, EXAC1A, EXAC3, EXPIC1, EXST1, EXST2, EXST3, SCRX

○ 조속기 모델

- HYGOV, IEEEG1, IEEEG2, IEEEEGO, TGOV1, GAST, GAST2A

○ PSS 모델

- IEEEEST, PSS2A, PTIST1

그리고 PSS/E와 1기 무한대 모선 계통에서 성능을 비교 하였으며, 비교 결과 상당히 유사한 결과를 보였다.

[참 고 문 헌]

- [1] EUROSTAG User's Manual Release 3.2, TRACTEBEL-EDF, May 1994.
- [2] EUROSTAG Tutorial, TRACTEBEL-EDF, May 1994.
- [3] Power Technologies Inc., PSS/E 24 Power System Simulator Program Operation Manual & Application Guide, Dec. 1995.
- [4] P. Kundur, Power System Stability and Control, McGraw-Hill Inc., 1994.