

과도 안정도 해석 프로그램을 위한 상정사고 스크리닝 모듈 개발

황정희, 김천희, 장길수, 이병준, 권세혁, 조운성*, 김태균*
고려대학교, *LS산전, **전력연구원

Development of Contingency Screening Module for Transient Stability Analysis Program

Junghee Hwang, Chonhoe Kim, Gilsoo Jang, Byungjun Lee, Saehyuk Kwon, Yoonsung Cho, Taekyun Kim
Korea University, *LS Industrial Systems, **KEPRI

Abstract - The purpose of this work is to explain techniques achieved while developing a transient stability program which is suitable to Korean power system, and to add a module for contingency screening. It concentrates on the development of Contingency Screening Module. In this thesis, a fast contingency screening algorithm SIME(Single Machin Equivalent), which is one of the Hybrid methods for the transient stability assessment is used to develop the contingency screening module. The proposed module is applied to a KEPCO system, and simulation results obtained from the program are compared to those of commercial programs.

표 1 상용프로그램 비교

	PSS/E	TSAT	EUROSTAG
CCT 계산	계산 기능 없음	EEAC, 반복법에 의해 계산	반복법 계산
Security index	계산 기능 없음	다양한 index 제공	계산 기능 없음
가변스텝	기능 없음	기능 있음	기능 있음
2회선 모의사고	가능	1회선 사고만 가능	가능

1. 서 론

과도 안정도는 급격한 계통 변화에 따른 안정성 판별을 대상으로 하기 때문에 가능한 한 수많은 계통 운용 패턴에 대해서 효율적으로 해석할 수 있어야 한다. 과도 안정도 평가를 수행하기 위해서는 해석 계통의 모든 상정사고에 대해 시간 모의를 통해 안정도 평가를 실시하여야 한다. 하지만 수많은 상정사고를 모두 고려하기 위해서는 매우 많은 시간과 노력이 필요하므로 적절한 상정사고 스크리닝 방법에 의해 각 상정사고에 대해서, 사고 후에도 사고의 과급이 심각할 것으로 생각되는 상정사고와 적절한 제어 동작에 의해 안정할 것으로 생각되는 상정사고를 분류 하여 심각한 상정사고에 대해서만 상세한 시간 모의를 수행할 필요가 있다.

2. 본 론

2.1 상용프로그램의 기능 분석

기존에 과도 안정도를 해석하는데 사용했던 대표적인 프로그램으로는 미국 PTI사의 PSS/E, 캐나다 Powertech의 TSAT(Transient Security Assessment Tool), 프랑스 EDF의 EUROSTAG, 미국 EPRI(Powertech)의 ETMSP(Extended Transient Mid-term Stability Program) 등이 있다. 미국 PTI에서 만든 PSS/E의 대표적 기능으로는 IPLAN이라는내부언어를 이용해서 PSS/E 제어기능, 2회선 모의 사고 가능한 종합적 해석 프로그램이다. 캐나다 Powertech에서 만든 TSAT의 대표적 기능으로는 CCT 계산가능,안전도지수 계산과 가변 스텝 기능이 있다.또한 안정도 한계(stability limit)계산, 사용자 편의 (GUI)환경을 갖추고 있다. 이상의 기존 상용프로그램의 기능을 서로 비교해보면 표1과 같이 정리 할 수 있다.[1]

2.2 과도 안정도 프로그램 개발

전력 계통의 안정도의 분석은 보호계전기에 의한 사고 요소의 차단에 의한 거대한 교란을 포함하여, 보통은 송전망 사고등에 대한 그들의 비선형적 동적특성 응답의 계산을 의미한다. 그림 1에서 보면 전체적인 전력 계통 표현은 다음의 독립적인 구성요소의 모델들을 포함한다.

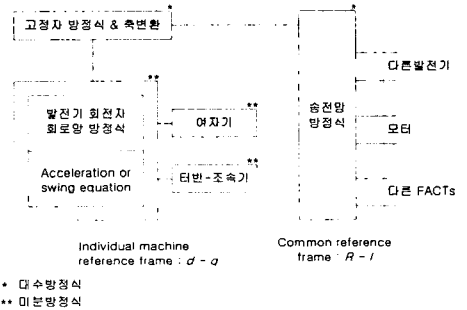


그림 1 과도안정도를 위한 전력계통 모델의 구조

이 모델 구조는 미소 신호 안정도 분석과 유사하지만 그 해석 방법은 다르다. 즉 과도 안정도 분석에 있어서 비선형적 계통 방정식들을 풀어야 한다. 게다가 사고와 네트워크 스위칭에 의한 커다란 불연속성과 계통의 변화로 생기는 제한에 의한 작은 불연속성도 이 계통 모델에 표현되어야 한다. 각각의 모델은 과도안정도 분석에 적합해야 하고, 시스템 방정식들은 수치해석적인 방법들로 적용되기 위한 적합한 형식으로 구성되어야 한다. 앞으로 개발하게 될 완성된 계통 모델은 일반적인 미분 방정식들과 커다란 sparse 대수방정식의 세트로 구성된다. 그러므로 과도 안정도 분석은 대수·미분방정식의 초기값 설정이 문제이다.

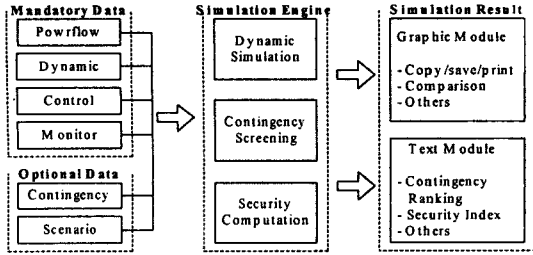


그림 5 과도안정도 평가 구조

2.5 사례연구 모의 조건

2010년 한전 계통 하계 peak계통을 대상으로 시뮬레이션을 수행하였다. 2010년 하계 peak 데이터는 292기 1850모선과 2049개의 송전선로로 이루어져 있으며 초기 총 부하량은 60,316.45MW이고, 초기 총 손실은 989.94MW이다. 계통에 대한 자세한 정보는 표2와 같다. 상정사고 스크리닝은 적절한 제어 동작에 의해 안정할 것으로 생각되는 상정사고를 분류하여 심각한 상정사고에 대해서만 상세한 시간모의를 수행하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 계통에 심각하게 영향을 미치는 345KV이상의 송전을 선정하여 N-2 루트사고를 수행하였다.

표 2 KEPCO 2010년 하계 peak계통 정보

모선수	1850
발전기 개수	292
부하 모선 수	1155
송전 라인 수	2049
부하량	60,316.45MW
발전량	61,306.39MW
총 손실	989.94MW

사례연구에 사용된 2010년 계통의 내역 및 과도안정도 평가 모의조건은 다음과 같다.

- 모의 계통 : 2010년 한전 계통 (하계 침두 부하)
- 계통 규모 : 하계 침두부하시
- 모의 프로그램 : 개발중인 과도 안정도 해석 프로그램
- 상정사고 : 일부 345kV, 765kV 2회선 단락사고(총64개)
- 부하모델 :

표 3 부하 모델

구분	정전력	정전류	정임피던스
최대부하	유효전력	0	100 %
	무효전력	0	100 %

2.5.1 모의에 쓰인 기기별 모델

모의에 쓰인 각 기기별 모델들로서 튜닝된 2010년 한전 계통으로서 발전기(292기), 여자기(292기), 조속기(292기)로서 계통의 규모는 같으나, 투입된 여자기와 조속기는 현재 개발프로그램에서 검증되지 못한 여자기와 조속기, 안정화기는 제외시키고 그 제외된 모델들은 검증 완료된 모델들로 대체하였다. 자세한 데이터는 표4로 나타나 있다.

표 4 모의에 쓰인 기기별 모델

Case	발전기	여자기	조속기
Case	GENRO1+GENSAL	IEEET1, EXST2 EXAC1, EXST2	TGOV1

2.5.2 모의 결과

표 5 모의 평가 결과 비교

Case No	사고위치 (모선번호)	사고위치 (모선명)	사고위치 (모선번호)	사고위치 (모선명)	Assessment					
					TRIAS	개발 모듈	TRIAS(CT) sec	PSS/E (Actual CT) sec	개발 모듈(CT) sec	개발 모듈(Actual CT) sec
1	4010	신안성7	6030	신서산7	DD	DD	-	-	-	-
2	6800	청양3	6850	보령TP#	DD	DD	-	-	-	-
3	8010	북경남7	9010	고리7	DD	DD	-	-	-	-
4	9150	고리NP#	9800	신용산3	DD	DD	-	-	-	-
5	6450	신김제3	6500	군산3	DD	DD	-	-	-	-
6	7150	영광NP#	7600	신광주3	D	DD	0.1035	0.1083	-	-
7	3250	영흥3	3600	신시흥3	PD	DD	0.1605	0.1667	-	-
8	3251	영흥3S	3650	신시흥#2	PD	DD	0.1588	0.1667	-	-
9	7900	광양3	10400	하동TP3	PD	DD	0.1572	0.1583	-	-
10	10150	삼천포TP	10700	신마산3	PD	PD	0.153	0.158	0.174	0.157
11	10150	삼천포TP	10800	신김해3	PD	PD	0.162	0.167	0.182	0.166
12	7150	영광NP#	7151	영광NP2	H	DD	0.194	0.2	-	-
13	10150	삼천포TP	10250	신고성3	H	H	0.172	0.175	0.188	0.174
14	1020	신가평7	4010	신안성7	FSS	FSS	-	-	-	-
15	1020	신가평7	5010	신태백7	FSS	FSS	-	-	-	-
16	1200	신가평3	1500	의정부3	FSS	FSS	-	-	-	-

2010년 한전 계통에 대한 상정사고 스크리닝 결과값은 표5와 같은 결과를 얻을 수 있다. 각 사고 Case별로 평가결과를 살펴보면 개발 모듈이 상용프로그램과 결과값이 비슷하게 흐름을 따라 가는 것을 알 수 있다. 현재 개발 중인 과도 안정도 해석 프로그램의 오차가 약 1~2Cycle 정도 발생한다. 하지만 결과의 유사성으로 보면 알 수 있듯이 더욱 집중 연구된다면 정확한 결과값을 얻을 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 한국 계통에 특화된 과도안정도 해석 프로그램 개발에 필요한 과정을 나타내었다. 또한 개발 중인 전력계통 과도안정도 해석프로그램을 위한 상정사고 스크리닝 모듈을 개발 하여 본 프로그램에 포함시켰다. 개발된 모듈은 2010년 한전 실계통에 적용하여, 동일한 조건으로 현재의 상용프로그램인 PSS/E와 비교·검증을 하였다. 수치적분방법의 차이점·초기값의 차이점, 개발 해석 프로그램의 모델링에서의 문제점과 계통 특성 반영에서의 문제점으로 상용프로그램과 차이는 있지만, 그 크기는 크지않고, 기존의 상용프로그램의 수준까지 도달하기 위해서 많은 시간과 노력이 더 필요할 것이다. 모의 결과의 유사성에 비추어 불매 모델링 및 부하모델 부분이 더욱 집중 연구 개발된다면 개발 프로그램의 성능은 한 단계 진보 할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] 김동주, 조윤성, 장길수, 이병준, 권세혁 "과도 안정도 해석 프로그램을 위한 최적 시 적분 알고리즘 선정방안", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 p.122~124, 2003
- [2] 심규상, 조윤성, 장길수, 이병준, 권세혁. "다이나믹 모델의 과도 안정도 해석 프로그램 통합", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, p239 ~ 241, 2004
- [3] 이종석, 양정대, 이병준, 권세혁, 남해근, 추진부, 이경국, 윤상현, 박병철, "온라인 과도안정도 관정을 위한 상정사고 고속 스크리닝 알고리즘 개발", 대한전기학회 논문지, 제 50권, 제 5호, pp.225-233, 2001년 6월
- [4] "전력계통 종합해석 패키지 개발" 기초전력공학 공동 연구소