

제주 전력계통의 전자기과도해석 모델링 개발

최준호*, 남해곤, 남순열
전남대학교 전기공학과

Modelling development of the Electromagnetic Transient Analysis of the JeJu Power System

Joon-Ho Choi*, Hae-Kon Nam, Soon-Ryul Nam
Dept. of Electrical Engineering, Chonnam National University

Abstract - 본 논문은 제주 계통의 전자기적 과도 해석을 위해 상세한 전자기 과도해석 모델링 개발 및 절차에 관한 내용을 다루고 있다. 제주 전력계통의 모델링은 크게 제주도내의 화력발전 모델링과 육지와 연계된 해남-제주간 Bi-pole HVDC 모델링으로 구분하여 개발하였고 이를 통합하였다. 모델링의 정확성 확보를 위해 기존에 개발된 PSS/E 모델링과 비교하여 개발하였다. 사례연구로는 HVDC상세 모델과 제주 AC 전력계통을 통합한 과도해석 모델을 사용하여 부하 급변동, 사고해석 등을 사례연구를 수행하였다.

제주 계통의 전력수요 및 각 발전기 발전량은 2006년도를 기준으로 산정하였으며 이를 표1에 나타내었다. 모든 UDM 제어기 모델들은 PSCAD의 PAGE MODULE [2]로 제작하였으며 화력발전기의 PSS/E의 모델링 및 PSCAD/EMTDC의 모델링을 요약하여 표2에 나타내었다.

1. 과도해석 모델링 절차 및 개발

제주 전력계통은 육지와 연계된 HVDC와 도내의 자체 화력발전소로 구성되어 있다. 제주 전력계통의 전력수급은 경제성을 고려하여 기저부하는 화력발전소의 출력으로 감당하고 전력수요의 변동분은 HVDC가 담당하고 있다. 본 논문에서는 제주 전력계통의 정확한 해석을 위한 전자기 과도해석 모델을 수립하였고 이의 내용은 다음과 같다.

- 1) 제주 HVDC가 포함된 AC계통 PSS/E 모델링
- 2) 제주 AC계통의 PSCAD/EMTDC 모델링 및 모의
- 3) 제주 AC계통 및 HVDC 제어기 PSCAD/EMTDC 모델링 및 모의

정확한 과도해석 모델링 수립을 위해 기존에 수립된 PSS/E 다이나믹 데이터를 제주계통의 기준 파라미터로 선정하고 PSCAD/EMTDC의 세부 모델링을 실시하였다. 가장 먼저 PSS/E 조류계산을 실시하여 각종 파라미터를 점검하고 다이나믹 데이터를 분석하여 발전기 다이나믹 모델 및 파라미터를 선정한다. 조류계산을 근거로 전자기 과도해석 모델링을 실시하는데 이때 발전기 제어기 모델은 PSS/E 다이나믹 데이터를 기준으로 하였다. 조류계산 결과에서 제주계통의 각 모선의 모선전압의 크기 및 위상 차이는 매우 작기 때문에 PSS/E와 PSCAD/EMTDC의 조류계산 결과는 반드시 일치시킬 필요는 없으나 발전기의 발전량 및 각 모선의 부하량 그리고 조상기 운전량 등을 일치하도록 하였다.

과도해석 모델링 과정에서 PSS/E의 발전기 다이나믹 제어기 모델중 PSCAD/EMTDC에서 제공하지 않는 제어기 모델들은 UDM(User Define Model)을 사용하여 제작하여 모델링 하였다. 제주 AC계통이 모델링이 완료되면 HVDC 및 제어기 모델링을 실시한다. 그리고 제주 AC계통과 HVDC 모델을 통합하여 제주계통 전체를 모의한다. 이러한 전체적인 과정을 그림 1에 표시하였다 [1].

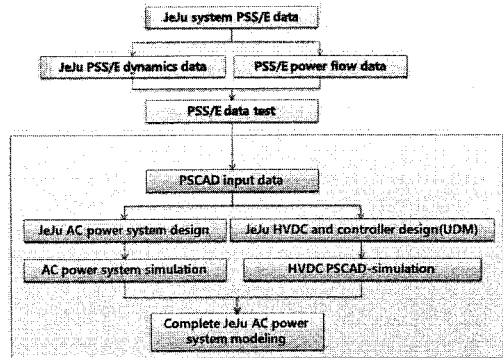


그림 1. 제주계통 PSCAD/EMTDC 모델링 과정 흐름도

표 1. 제주계통 부하 및 화력발전기 발전량

Bus Number	Bus name	Load capacity		Generating capacity		Generator capacity
		P	Q	P	Q	
120	JEJU TP					
20121	JEJUTP#1					
20122	JEJUTP#2	3.8	1.6	57	22.9	92
20123	JEJUTP#3	3.8	1.6	0	0	92
20125	JEJUGT#1	0.3	0.1	0	19.8	120
20126	JEJUGT#2	0.3	0.1	0	19.8	120
20131	Inside-JeJu	1.9	0.8	38	11.7	45
20166	Hanlim GT#1	0.4	0.2	0	0	45
20167	Hanlim GT#2	0.5	0.2	0	0	45
20168	Hanlim ST#1	0.4	0.2	0	0	45
20171	South-JeJuTP#1					
20172	South-JeJuTP#3	4.8	2	95	26.8	140
20173	South-JeJuTP#4	0	0	95	25.3	140
20176	South-JeJu DP#1	1.6	0.7	4.8	2	12.5
20176	South-JeJu DP#2			4.8	2	12.5
20178	South-JeJu DP#3	1.6	0.7	9	2.3	12.5
20178	South-JeJu DP#4			9	2.3	12.5
120	HVDC			149.2	82.5	300
TOTAL		19.3	8.2	461.80	134.90	
Number	Bus name	P(MW)		Q(Mvar)		
120	HVDC					
130	East-Jeju	75.36		29.33		
140	Shin-Jeju	91.78		44.95		
150	Hanlim	36.38		13.95		
160	Andeok	38.10		15.29		
180	Sinseo	32.20		17.07		
190	Halla	44.80		18.56		
200	Seangsung	57.37		27.63		
210	Sunae	48.76		17.31		
220	Jocheon	16.21		6.29		
TOTAL		455.26		196.38		

표 2. 화력발전기 여자기, 조속기 모델링 요약

Bus Number	Bus Name	Generator Modeling	Exciter Modeling	Exciter Modeling (PSCAD)	Governor Modeling	Governor Modeling (PSCAD)
20122	JEJU TP#2	GENROU	EXAC2	EXAC2A	IEEEG1	GOV1+TUR1
20123	JEJU TP#3	GENROU	EXAC2	EXAC2A	IEEEG1	GOV1+TUR1
20125	JEJU GT#1	GENROU	IEEEX2	AC5A	-	-
20126	JEJU GT#2	GENROU	IEEEX2	AC5A	-	-
20131	JEJU DP#1	GENSAL	EXPIC1	ST4B	DEGOV	DEGOV
20166	Hanlim GT#1	GENROU	EXPIC1	ST4B	GAST2A	GAST2A
20167	Hanlim GT#2	GENROU	EXPIC1	ST4B	GAST2A	GAST2A
20168	Hanlim ST#1	GENROU	EXPIC1	ST4B	GAST2A	GAST2A
20172	South-Jeju TP#3	GENROU	EXST1	EXST1	IEEEG1	GOV1+TUR1
20173	South-Jeju TP#4	GENROU	EXST1	EXST1	IEEEG1	GOV1+TUR1
20176	South-Jeju DP#1	GENSAL	SCRX	SCRX	TGOV1	TGOV1
20176	South-Jeju DP#2	GENSAL	SCRX	SCRX	TGOV1	TGOV1
20178	South-Jeju DP#3	GENSAL	SCRX	SCRX	TGOV1	TGOV1
20178	South-Jeju DP#4	GENSAL	SCRX	SCRX	TGOV1	TGOV1
120	HVDC	CDC4T	CPAAUT			

2. 사례연구

2.1 부하변동 사례연구

- 이벤트 시간 - 15 초, 130 모선의 부하 급감, 부하량 106.3+j41.3 (MW/Mvar)
- 이벤트 시간 - 20 초, 130 모선의 부하 급증, 부하량 106.3+j41.3 (MW/Mvar)

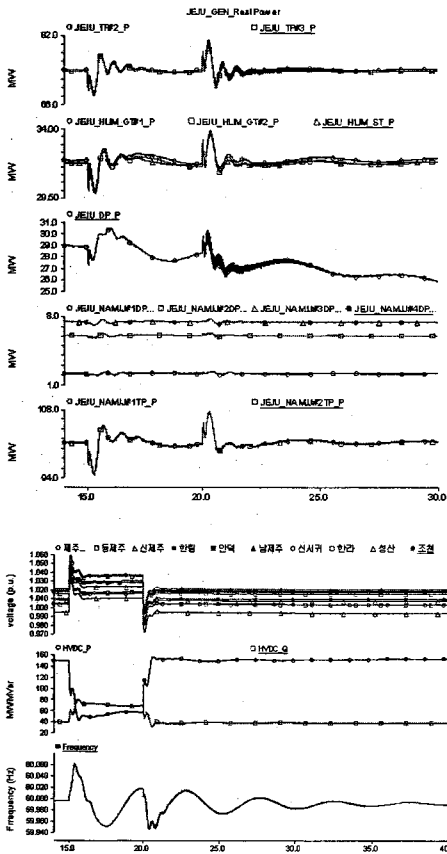


그림 2. 부하 급변시 발전기 유효전력, 모선전압, HVDC 유효/무효전력, 주파수 변동

2.2 사고해석 사례연구

2.2.1 사고모의 사례연구 I

- 이벤트 시간 - 15 초, 사고 종류 및 기간: 120모선, 0.1초 일선지락사고

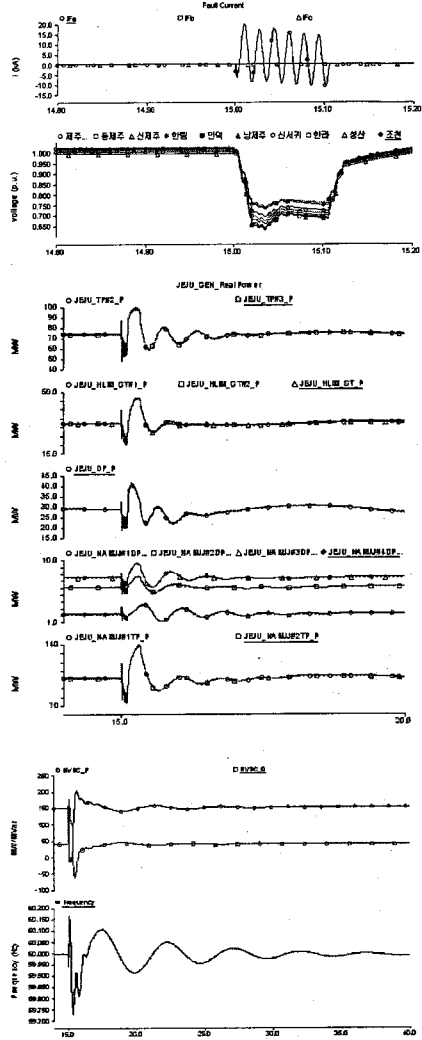
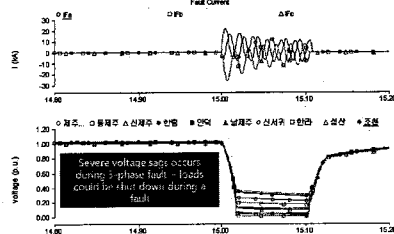


그림 3. 120 모선 일선지락사고시 사고전류, 모선전압, 발전기 유효전력, 모선전압, HVDC 유효/무효전력, 주파수 변동

2.2.2 사고모의 사례연구 II

- 이벤트 시간 - 15 초, 사고 종류 및 기간: 120모선, 0.1초 삼상단락사고



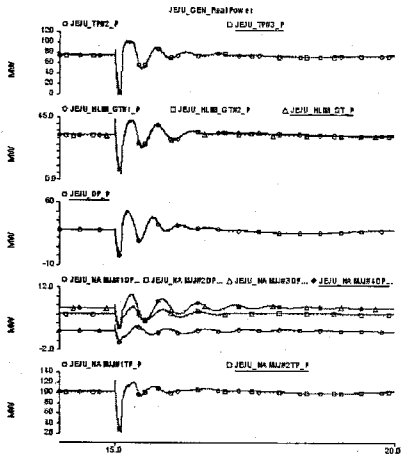


그림 4. 120 모션 삼상사고시 사고전류, 모선전압, 발전기 유효전력, 모선전압, HVDC 유/무효전력, 주파수 변동

2.2.3 사고모의 사례연구 III

사례연구 III은 사고 발생후 HVDC 두 개 선로중 하나의 선로가 탈락하는 것을 모의하였다.

- 이벤트 시간 - 15 초, 사고 종류 및 기간: 130모선, 0.1초 삼상단락사고, HVDC #1 pole 15.2초에 탈락

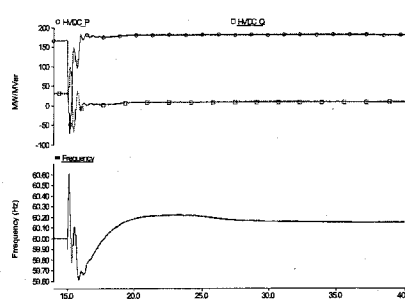
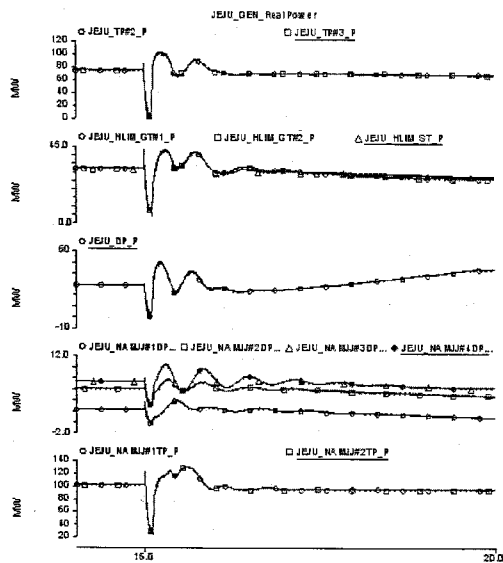


그림 5. 130모션 삼상사고후 HVDC 1개 선로 탈락후 발전기 유효전력, 모선전압, HVDC 유/무효전력, 주파수 변동

2.2.4 사고모의 사례연구 IV

- 이벤트 시간 - 15 초, 사고 종류 및 기간: 130모선, 0.1초 삼상단락사고, 부하탈락 130모선: 106.3+j41.4 (MW/Mvar), 140모선: 129.4+j63.4(MW/Mvar)

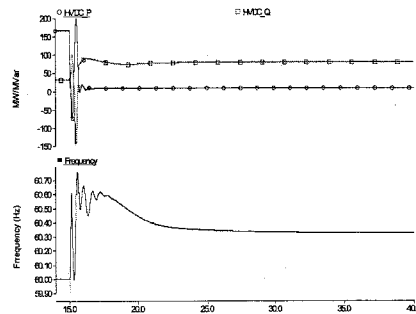


그림 6. 130 모션 삼상사고후 부하탈락시 HVDC 유/무효전력, 주파수 변동

3. 결 론

본 논문에서는 제주 전력계통의 과도해석 모델을 PSCAD/EMTDC 프로그램을 사용하여 수립하였다. 해남-제주간 Bi-pole HVDC, 제주 화력발전소, 및 송전선로의 과도해석 모델을 기존에 수립된 PSS/E의 데이터와 비교 및 검증하여 수립하였다. 그러나 HVDC 리액터 및 필터의 다이내믹 모델은 현재 모델에는 포함되지 않았고 제어기 모델의 파라미터에 대한 검증 및 보완이 향후 보다 정확한 제주 계통 해석을 위해 이루어져야 할 것이다. 향후 연구에서의 보완사항 및 추가 연구사항은 다음과 같다.

- HVDC 모델링 - HVDC 제어기의 게인 및 시정수, 리액터 및 필터 제어기 모델 및 이의 시정수
- 화력발전소 모델링 - 여자기와 조속기 모델링 및 파라미터
- 부하 모델링 - 과도해석 및 안정도 해석을 위한 부하 모델링 필요, 순간전압 강하와 관련된 부하 탈락 모델링
- 풍력발전단지 모델링 - DFIG(Doubly Fed Induction Generator)형태의 풍력발전기 과도해석 모델링

[참 고 문 헌]

- 대용량 분산전원 계통 연계기술센터 1차년도 보고서, 산업자원부, 2008. 4
- PSCAD/EMTDC User Manual