

한전 765kV계통의 개폐과전압 해석

김 정 부 심 응 보 정 재 기

*이 용 한

한국전력공사 기술연구원 765kV송전기술연구팀

*한국전기연구소 송변전연구팀

Switching Overvoltage Analysis of KEPCO 765kV Transimission System

Jeong Boo Kim, Shim Eung-Bo, Jeong Jae-Kee
KEPCO Research Center.

* Lee Yong-Han
* KERI

Abstract

Among the power system overvoltages, switching overvoltages are analyzed in this paper, using EMTP(Electro-Magenetic Transient Program) and TNA(Transient Network Analyzer).

From this analysis, the switching overvoltages are used to determine the BSL(Basic Switching Withstand Level) and the clearance of the transmission tower.

Up to now the switching overvoltages were analyzed by EMTP, but in order to determine the more exact value of BSL, not only digital but also analog method is required.

1. 서 론

전력계통의 전기적 절연을 결정하는 요인으로는 송전선 이자의 오손설계의 기초가 되는 상용주파일시과전압, 뇌의 침입에 의한 뇌과전압, 계통내의 기기 개폐에 의한 개폐과전압으로 분류된다.

이 중에서 개폐과전압은 지락과전압, 부입과전압, 재부입과전압, 지락사고 차단과전압으로 분류되며 과전압 억제수단을 사용하지 않을 경우는 재부입 과전압이 가장 큰 값으로 되지만 동상 저항부입을 채용하여 과전압을 억제하고 있다.

지금까지 개폐과전압의 모의는 주로 EMTP에 의한 디지털 해석에만 의존하여 왔으나 아날로그 방식인 TNA에 의한 해석결과와 상호 비교하여 해석방법상의 오차를 줄여야 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

여기서는 한전 765kV예상계통의 개폐과전압을 EMTP와 이탈리아 전력중앙연구소보유 TNA를 이용하여 해석하고 그 결과를 상호 비교하였다. 그러나 여기에 제시된 해석 결과는 EMTP와 상호 비교를 위한 것으로 설계치로 쓰기에 부족하므로 한전의 TNA가 도입된 후 보다 상세한 연구를 수행할 예정이다.

2. 개폐과전압의 해석조건

2.1 계통모델

그림 1과 같이 765kV 예상계통을 축약하여 모의하였으며 계통 축약프로그램은 IBM용 PSS/E 및 PC용 PSS/E VERSION을 이용하여 단락임피던스법에 의해 전원등가 인덕턴스를 도출하였고 기본적인 운전조건은 2006년 예상계통을 대상으로 하였다.

2.2 송전선로모델

2.2.1 EMTP모델

송전선로모델은 765kV고장 실증시험선로의 79mm현수형 철타를 기준으로 하였으며 EMTP선로정수는 주파수독립 모델인 K.C.LEE모델로 개폐씨의 중심 주파수는 2kHz, 대지교유저항은 100 [Ω .m]를 가정하였다. B S/S와 C S/S간의 40km 선로는 40km x 1 완전연가 구간으로 가정하였으며, A S/S와 B S/S간의 150km 선로는 70km 및 80km 구간으로 분할하여 비연가 선로로 모의하였다. 보다 상세한 비교를 위하여는 TNA와 같은 π 회로가 좋으나 여기서는 EMTP에서 일반적인 분포정수선로모델을 이용하였다.

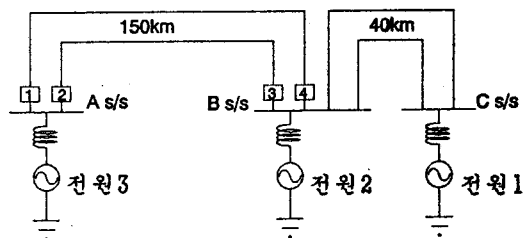


그림 1. 해석대상 모델계통

2.2.2 TNA모델

TNA송전선모델은 EMTP모델과 같은 조건에서 II등가회로를 이용하였고 B S/S와 C S/S간의 40km 선로는 완전연가 구간으로 가정하여 5km x 8구간, A S/S와 B S/S간의 150km 선로는 10km x 15 구간으로 분할하여 상호인덕턴스는 평형으로 가정하고 커패시턴스는 대지간, 상간및 회선간 불평형을 모의하였다.

2.3 피뢰기모델

EMTP와 TNA모의시 선로의 피뢰기는 생략하고 모의하였다.

2.4 분로리액터모델

EMTP와 TNA모의시 분로리액터는 생략하고 모의하였다.

2.5 전원모델

전원모델은 평형3상 이상전압원으로 모의하고 발전기와 STEP-UP 변압기는 PSS/E프로그램을 이용하여 단락임피던스법에 의해 등가인덕턴스로 등가화하였다.

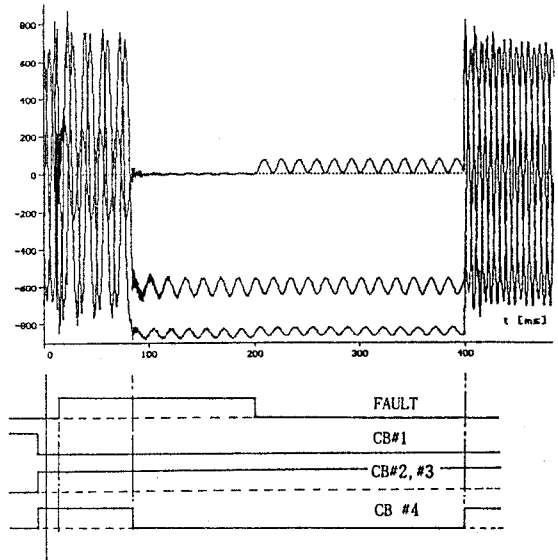


그림 3. 재투입과전압 해석파형에

3. 개폐과전압의 해석결과

3.1 투입과전압의 해석

투입과전압은 A변전소에서 150km구간을 가압하는 것을 가정하였으며 투입저항 미사용시와 투입저항값을 300[Ω]에서 600[Ω]까지 변화시켜 해석하였다. EMTP와 TNA해석 결과간의 오차는 100회 계산을 기준으로 ±2-5%정도로 나타났다.

3.2 재투입과전압의 해석

재투입과전압의 해석은 병행 1회선이 운전되고 있는 것을 가정하였으며 고장의 발생및 제거, 재투입의 시퀀스는 그림 3과 같다. 고장 스위치는 TNA에서는 3상중 임으로 1상의 고장을 발생 시켰으나 EMTP에서는 정해진 1상의 고장만을 대상으로 하였다. 해석결과는 100회 계산시 최대값 기준으로 5-8% EMTP에 의한 결과가 높게 나타났다. 투입저항 사용시 투입저항값 변화에 따른 과전압의 크기와 EMTP에 의한 출력파형을 그림 2 및 그림 3에 나타내었다.

3.3 지락과전압의 해석

고장 발생지점은 A변전소, B변전소및 송전선의 중간(A 변전소에서 70km지점)에서 발생시를 가정하였고 지락의 종류는 1선 완전지락을 고장시의 지락위상은 균일분포토하여 50회 통계계산으로 처리하였다. EMTP선로모델은 정상배열과 역상배열을 K.C.LEE로 모의하였고 정상배열시 TNA와 EMTP의 주파수의존 모델과 주파수독립 모델을 이용한 해석 결과를 표 1에 상호 비교하여 정리하였다.

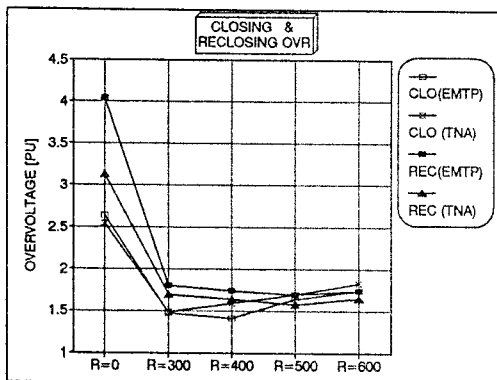


그림 2. 투입 및 재투입과전압의 해석결과

표 1. 1선지락과전압의 모델간 비교

	Mean	S.D	E _{max}	비교	
TNA 정상배열	1.267	0.246	1.65		
E 정상배열	K.C.LEE	1.760	0.071	1.88	+13.9%
	K.C.LEE	1.753	0.050	1.84	+11.5%
P 역상배열	JMARTI	1.308	0.055	1.71	+3.60%

주 1) 전압은 50회계산 최대전압발생점 기준
 2) TNA와 EMTP는 지락위상분포및 최대과전압발생 위치 상이함
 3) 비교란은 최대값기준 TNA대비임.

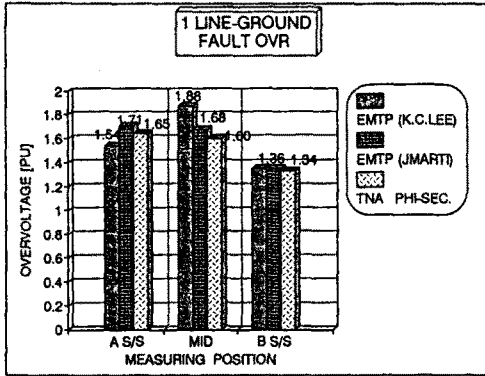


그림 4. 지락과전압의 해석결과 비교

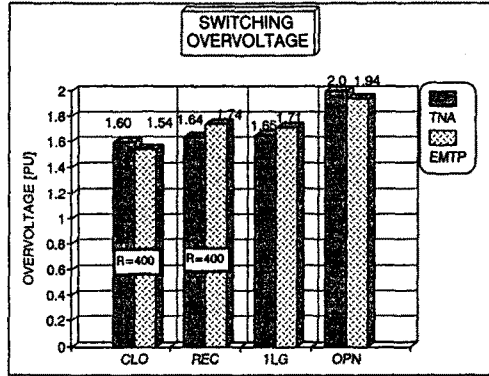


그림 6. 개폐과전압의 해석결과 비교

3.4 차단과전압의 해석

고장의 종류는 1선지락, 2선지락, 3선지락을 3상차단하는 것을 가정하였으며 차단신호는 고장발생후 4사이클에 발생시킨후 각상별로 전류영점에서 차단되도록 하였다. 고장위치는 모의회수를 줄이기 위하여 B변전소의 송전선로 인출점으로 한정하고 고장은 완전지락을 대상으로 하였다.

해석결과는 3선지락-3선차단시 TNA모의가 2.0[PU] EMTP결과가 1.94[PU]로 나타났다. EMTP해석결과의 최대과전압은 3LG-3L0, 2LG-3L0, 1LG-3L0순으로 높게 나타났으며 TNA에서는 1선지락 차단시와 2선지락차단시는 같은 크기로 3선지락차단시가 가장 높게 나타났다.

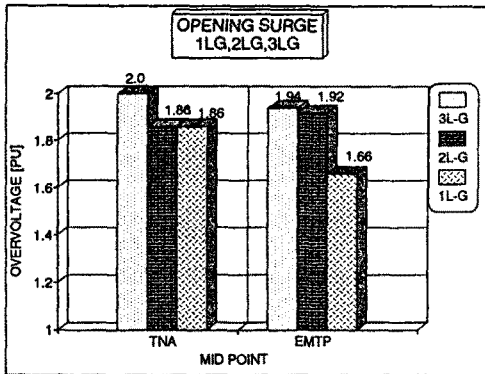


그림 5. 차단과전압 해석결과의 비교

4. 해석결과의 정리

선로 투입모의시는 비교적 두 모의방법간의 차이가 적었으며 재투입시는 EMTP결과가 다소 높게 나타났다. 지락씨의 해석결과는 EMTP의 주파수의존모델과 TNA모의간의 차이는 적으나 EMTP의 주파수독립모델과는 상당한 차이를 보이고 있으며 고장차단 모의시 3상지락-3상차단시는 차이가 적으나 1선지락-3선차단시의 해석결과는 다소 큰 차이를 보이고 있다. 그림 6에 각종 개폐과전압의 해석결과를 정리하였다.

5. 결 론

이상의 해석결과를 보면

- 최대값을 기준으로 EMTP와 TNA모델의 해석결과의 차이는 대략 3-5%정도로 나타났으며

- 지락씨지를 EMTP에 의해 모의할 경우에 송전선로의 모델은 주파수의존 효과를 고려한 모델을 사용하는 것이 바람직하다.

- 투입 및 재투입 해석의 경우 투입은 EMTP의 해석결과가 약간 낮게 재투입 해석시는 EMTP의 결과가 약간 높게 나타났는데 이는 고장스위치의 상이 및 재투입시퀀스가 다름으로 인하여 발생한 것으로 분석된다.

- 차단씨지 해석결과는 3선지락-3선차단시가 2.0[PU]이하로, 2선지락-3선차단의 경우와 1선지락-3선차단시에는 1.9[PU] 이하로 예상되나 지폐로방안이 결정되면 추가모의가 필요할 것이며 다상재폐로를 도입한다면 발생과전압은 더욱 낮아질 것으로 예상된다.

이상으로 한전 765kV 예상계통의 개폐과전압을 EMTP 및 TNA로 해석하여 그 결과를 상호 비교하였다. 그러나 TNA 해석시 시간상의 제약으로 인하여 양자간의 충분한 비교가 되지 못하였으므로 추후 TNA가 설치되면 송전선로 모델은 물론 변압기, 피뢰기, 분포리액터등에 대한 상호 비교를 수행할 예정이다.

6. 참고문헌

- 1) 日本電力中央研究所, "UHV送電系統の絶縁" 昭和 57年
- 2) HYDRO-QUEBEC, "INSULATION CO-ORDINATION" 1993.
- 3) 한국전력, "765kV계통 절연협조 연구(중간보고서)" 1994. 3.
- 4) ATP, "ATP EMTP Rule Book" 1992.