

EMTP를 이용한 한전 765KV계통 개폐과전압 해석

심 응 보*
한국전력공사

김 정 부**
한국전력공사

전 복 현***
한국전력공사

Switching Overvoltage Analysis of KEPCO 765KV System by EMTP

SHIM, EUNGBO
KEPCO

JEONG BOO, KIM
KEPCO

JEON, BOK HYEON
KEPCO

ABSTRACT

In this paper, switching overvoltages are analyzed for future 765kv power system using EMTP(Electro-Magnetic Transient Program) and compared with TNA (Transient Network Analyzer) study results which was previously undertaken during overseas training in 1980 and 1988.

The result shows the maximum of 2.10 PU at midpoint of 310km transmission line which is higher than those of TNA study by 0.4 PU. The deviation of EMTP result from TNA is caused by limitation of nonlinear representation and also frequency dependent modeling in EMTP.

Further analysis are required to get more exact switching overvoltage factors for future KEPCO 765KV system not only by EMTP but also TNA.

1. 서 론

한전에서는 앞으로 우리나라의 장기 전력수요 예측, 전원 개발계획, 기기 국산화 개발 및 계통의 신뢰도 향상등을 고려하여 차기계통 송압전압을 1991년에 765KV로 정하였다.

계통의 절연설계에서 지지물의 공기절연거리를 정하는 기본이 되는 개폐과전압의 크기에 관한 연구는 아나로그형인 과전압분석기(TNA : Transient Network Analyzer)를 이용하는 방법과 디지털형인 전자기 과도현상해석 프로그램(EMTP : Electro-Magnetic Transient Program)을 이용하는 방법이 있는데 일반적으로 TNA가 주로 이용되고 있으며 EMTP는 보조적으로 이용되고 있다.

본 연구는 국내에 PC용으로 가장 널리 보급되어 있는 EMTP/ATP를 이용하여 우리나라 765KV 예상계통의 개폐과전압의 크기와 분포를 확률 통계적으로 분석하고, 해외 연수시 TNA를 이용하여 분석한 기존의 결과와 상호 비교한 것으로 장차 765KV 계통 확정시 보다 상세한 해석으로 계통 절연설계의 기본자료를 얻기위한 예비 연구이다.

2. 해석 조건

2.1 계통모델

그림 1과같이 765KV 송전선로 모델을 가정하여 甲과 乙 변전소간의 공장을 200KM로 하였다. A, B 전원에서 각각 345KV 2회선 선로로 甲 변전소까지 송전하고 이를 765KV로 승압하여 乙 변전소까지 송전 하는것을 가정 하였다.

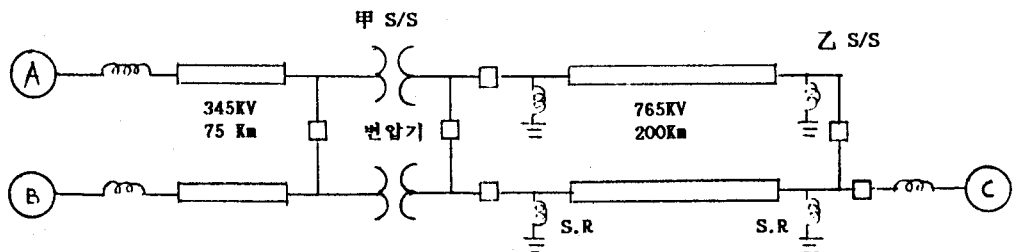


그림 1. EMTP계산을 위한 765KV 계통모델

2.2 EMTP 계산을 위한 입력 파라메타

2.2.1 송전선로 모델

이 송전선 모델은 1993년부터 765KV 전압을 인가 각종 환경장해연구를 수행하기 위하여 건설중인 실증 시험선로 철탑을 이용 하였으며, ACSR RAIL 483 X 6도체를 기준으로 하였다. EMTP 선로정수는 3상 분포정수 주파수 독립모델을 주로 이용 하였고, 주파수 의존효과를 검토하기 위하여 주파수종속 모델인 JMARTI SETUP을 이용하여 상호 비교 하였다. 개폐체의 중심 주파수는 500 HZ를 대지 고유 저항은 100 OHM을 가정하였다.

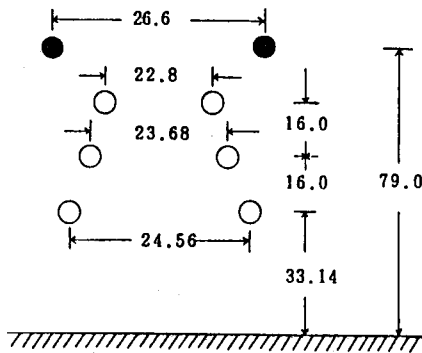


그림2. 765KV 송전선로의 도체배치

2.2.2 피뢰기 모델

피뢰기 모델은 미국 AEP社의 전형적인 피뢰기 특성을 가상 비선형 저항으로 모의한 TYPE 99를 이용 하였다 (참고문헌 3, 4)

2.2.3 변압기 모델

전압 765KV/345KV/34.5KV 1 BANK 용량 1,500 MVA 인 미국 AEP社의 단권변압기를 이용 하였으며 전류와 자속 특성은 참고문헌 3과 4를 이용하였다.

2.2.4 SHUNT REACTOR 모델

765KV 송전선의 정상 Capacitance를 선로 양단에서 보상 하기위해 345 MVAR 분포 리액터를 가상 비선형 리액터로 모의 하였으며 그 전류 및 자속 특성은 참고문헌 3과 4를 이용하였다.

2.2.5 전원모델

전원은 평형3상 이상전압원으로 하고 발전기와 STEP-UP 변압기는 등가 상호결합 R-L 회로로 모의하였다.

3. 각 파라메타의 영향분석

그림 1의 계통조건을 모의하여 보통 1회, 통계계산이 필요한 경우는 100회 또는 200회 계산을 하였다.

3.1 차단기의 투입과 재투입

차단기는 부부하선로 송전선과 각상 공히 1.0 PU로 충전 되어있는 선로 재투입시를 비교하였다.

재투입의 경우가 1.663 PU로서 부부하 충전시 1.644 PU 보다 약간 높게 나타났다.

3.2 1회선과 2회선 운전시

1 회선 운전시가 1.634 PU, 2 회선 운전시가 1.604 PU로 1회선 운전시가 약간 높게 나타났다.

3.3 전원여의한 영향

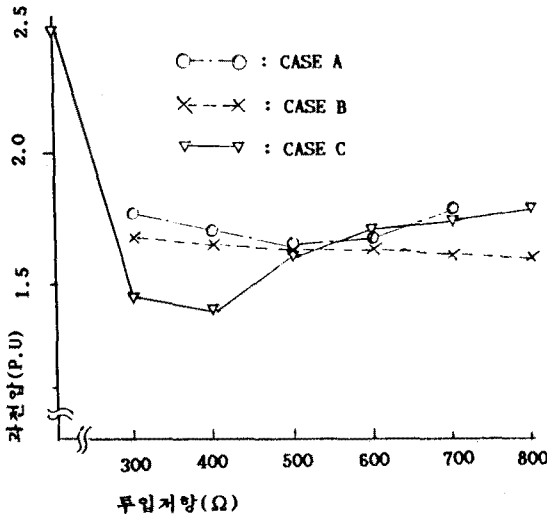
전원 A, B, C 를 모두 운전시는 1.604 PU, 전원 A 만 있을 경우는 1.653 PU 로 단독전원의 경우가 높게된다.

3.4 차단기 투입저항 크기에의한 영향

차단기 투입저항의 크기를 변화시켜 과전압을 분석한 결과 선로에 피뢰기나 본트리액터에 의한 영향이 없을때는 투입저항이 400 OHM에서 과전압이 최소로 된후 점차 증가하며, 피뢰기등이 설치되어 있는 경우는 전압 저감 효과가 나타나 과전압 배수는 보다 완만하게 증가한다. 저항투입 실패시의 수전단 최고 전압은 2.5 PU까지 올라가게된다. (그림 3)

3.5 차단기 투입저항의 투입시간에 의한 영향

차단기의 투입 위상에 따라 과전압 배수가 달라지므로 200회의 통계계산을 하였다. 표 1 과같이 각각 10, 12, 14 ms 에서 분석하고 전압은 송전단, 선로중간, 수전단의 평균 전압을 표시하였다. 이때 12 ms의 경우에 과전압의 크기가 가장 작게되었다.



CASE A: 제페로, 200Km, 저항투입시간 12mS, SR 있음, LA 없음
CASE B: 투입, 310Km, 저항투입시간 12mS, SR 있음, LA 있음
CASE C: 투입, 310Km, 저항투입시간 12mS, SR 없음, LA 없음

그림 3. 투입저항 변화에 따른 과전압 배수

표 1. 차단기 투입저항의 투입 시간에 의한 영향

투입시간 (mS)	과전압 평균치 (P.U)			비 고
	송전단	선로중간	수전단	
10	1.6195	1.6768	1.6313	선로길이 200Km
12	1.6215	1.6750	1.6315	
14	1.6250	1.6753	1.6342	피뢰기 및 리액터 있음

3.6 LINE CONSTANTS 계산시 입력 DATA의 영향

3.6.1 기체과전압 중심주파수 입력에 의한 영향

기체과전압의 중심주파수를 350HZ, 500HZ, 750HZ로 가정하여 계산한 결과 가공송전선로 100 - 300 Km 구간에서는 큰 변동이 없으므로 500 HZ를 표준으로 하였다.

3.6.2 대지 고유저항값 변화에 의한 영향

대지 고유저항을 100 OHM 부터 500 OHM 까지 변화시켜 계산한 결과 과전압 배수에는 큰 영향을 미치지 않으므로 표준값을 100 OHM으로 하였다.

3.6.3 연가 및 비연가 모델에 의한 영향

완전 연가선로를 가정한 계산 결과보다 3상 비연가선로로 계산시 약 0.8 PU정도 높은 값이 얻어졌다. 765KV선로는 연가에 의한 경제성이 적고 지지물 제작이 어려우므로 비연가 선로로 모의 하는 것으로 하였다.

4. 최종해석

위의 3.1 - 3.6의 사항을 고려하여 계통 설계에 참고할 수 있는 과전압을 구하기 위하여 다음과 같이 가정하였다.

단독전원, 345KV 2회선 75Km, 765KV 1회선 310Km 운전, 차단기 투입저항 450 OHM, 차단기 투입저항 선 투입시간 12 mS로 하였으며 EMTP 계산을 위한 단선도는 그림 4와 같다. 이 회로는 1980년 및 1988년 Westinghouse사의 TNA로 분석시의 단선도와 동일한 조건이다.

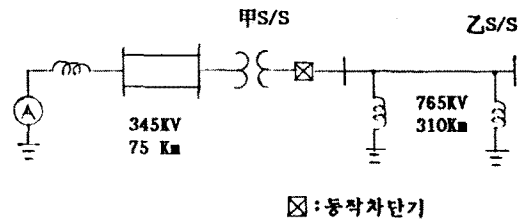


그림 4. 765KV 계통 과전압 해석 조건

표 2는 EMTP (주파수 독립모델)와 TNA에 의한 계산결과를 비교한 것으로 TNA에 비해 EMTP의 결과가 0.2 - 0.4 PU 정도 높게 나타났다.

표 2. 주파수독립 EMTP모델과 TNA 결과비교

비교구분	비교지점	TNA	EMTP	비 고
최대치	송전단	1.63	1.80	f = 500 HZ K.C.LEE모델
	선로중간	1.70	2.10	
	수전단	1.69	1.85	

이 원인을 분석하기 위하여 EMTF의 송전선 모델중 주파수의존 모델인 JMARTI 모델을 이용 중심주파수를 500 HZ 및 5000 HZ 에서 계산하여 주파수독립 모델과 비교 하였다. 결과는 상호간에 거의 차이가 없으나 주파수의존 모델이 약간 높게 나타났다.

표 3. EMTF의 주파수독립 모델과 주파수의존 모델 비교

비 교 구 분	A 相	B 相	C 相
주파수독립 500 HZ	1.821	1.737	1.675
주파수의존 500 HZ	1.825	1.774	1.680
주파수의존 5000 HZ	1.825	1.769	1.674

주: 100회 계산 수전단전압 평균치 기준임.

표 4. 대기간 과전압 통계계산 출력 예

Y. SUMMARY	SUMMARY	SUMMARY	SUMMARY	SUMMARY
distribution of peak overvoltages among all outputs for the maximum of the peaks at all output voltages				
in per unit	physical units	in physical units	Frequency	(density)
1.7500000	0.10930850E+07			0
1.8000000	0.11243160E+07			8
1.8500000	0.11555470E+07			92
The following table follows:				
	Grouped data		Ungrouped	
	Mean = 1.82100000E+00			1.807
	Variance = 1.85858586E-04			2.958
	Standard deviation = 1.36329962E-02			5.438

5. 해석결과

EMTP/ATP에 의한 계산 결과를 요약하여 정리하면

- 차단기의 투입저항은 400 - 500 OHM이 적당하며 투입 시간은 주점점 투입시간의 12 ms 전에 투입함.
- 선로의 송,수전단에 분포 리액터를 설치하여 선로 충전용량을 보상 하고 피뢰기를 설치하여 운전하면 개폐과전압을 1.80 PU - 2.1 PU로 억제 할 수 있음을 알 수 있다. 또 같은 조건에서 송전선로를 200 Km로 가정하여 계산하면 개폐과전압은 1.65 PU - 1.80 PU로 억제 가능하다.

6. 결론

본 연구에서는 한전 765KV 계통의 개폐과전압을 EMTF를 이용하여 계산하고 기존의 TNA 분석결과와 비교 하였다.

여기서 EMTF에 의한 결과가 TNA 결과보다 높은 원인은

- TNA는 변압기 철심의 포화현상, 분포리액터의 비선형 특성 및 주파수의존 효과등이 실제 현상에 근접함에 비해
- EMTF는 이러한 현상에 대한 모의 방법의 불완전성 및 정확한 입력 자료를 얻기 어려운 점이 가장 큰 문제이다. 따라서 앞으로 계통계획이 확정되어 실선로 건설에 앞서 더 연구되어야 할 사항으로는
- 정확한 계통을 TNA와 EMTF로 모의하여 개폐과전압을 비교 분석연구
- 육의송격전압 발생장치를 이용 지지물의 공기절연거리 실증연구
- 오손설계 자료를 얻기위한 상용주파 일시과전압의 분석이 필요하다.

참고 문헌

1. 전력계통 과도해석 프로그램의 이론 및 활용에 관한 연구(I II III). 한전기술연구원. 1991년 1월
2. Electric-Magnetic Transient Program Application Guide. EPRI . 1986년
3. 공무국외여행 귀국보고서(초고압 송변전 절연설계기법) 한전기술연구원 . 1988년 12월
4. EMTF Workshop(P 171 - p 186). 한전기술연구원 1987년 12월
5. 초고압 송전에 관한 연구(v). 한전기술연구원 1989년 9월
6. UHV 송전 특별 위원회 중간보고서(P 86 - P 95) 일본 전력중앙연구소 UHV송전 특별위원회. 1982년 5월