

765kV 2회선 송전선로를 765kV 및 345kV로 병행운전시 유도현상 예측

*우정욱, *심응보, *곽주식, *전명렬, **김기일, **김태욱
*한전 전력연구원, **한국전력공사

Analysis of the electrostatic induction voltage and electromagnetic induction current on the Parallel Circuit in 765kV Double Circuit Transmission Line

*J.W.Woo, *E.B.Shim, *J.S Kwak, *M.R.Jeon, **K.I.Kim, **T.O.Kim
*KEPRI, **KEPCO

Abstract - The western route of KEPCO's 765kV transmission line has been tentatively operating as 345kV voltage before commercial operation. After finishing the test operation of 765kV substation in 2002, KEPCO decided to operate the 765kV line for commercial operation. During the applying of 765kV voltage to the transmission line, double circuit transmission line will be operated with two voltage grades of 765kV and 345kV. Because the earthing switch is installed on both end of transmission line, we had estimated the electrostatic induction voltage and electromagnetic induction current before the line energizing in order to confirm the ratings of earthing switch. The induced voltage and current is very important for the maintenance of parallel circuit. This paper describes the simulation study of electrical phenomena such as electrostatic induction voltage from the parallel line and electromagnetic induction current from the parallel circuit. The transmission line model was developed by EMTP (Electro-Magnetic Transient Program).

을 인가하여 상용운전을 할 예정이다. 변전설비의 시험 운전 종료 후 765kV의 전압을 인가하는 과정에서 765kV 2회선 송전선로는 765kV의 전압과 345kV의 전압이 공존하는 형태로 운전을 하게 된다. 여기에서 765kV 전압이 인가된 선로로부터 휴전된 선로에 유기되는 정전유도현상 및 전자유도현상과, 반대로 345kV의 전압이 인가된 상태에서 휴전된 선로측으로의 유도현상을 예측 계산함과 동시에 각각의 전압이 동시에 인가된 경우에 특이한 현상이 발생할 가능성을 검토하였다. 검토에 사용된 Tool은 전자과도현상 해석프로그램(EMTP :Electro-Magnetic Transient Program)을 이용하였다.

2. 본 론

2.1 병행회선이 345kV로 운전되는 경우 휴전된 선로의 유도현상

그림 1의 노드도에서처럼 신안성 S/S와 신서산 S/S구간의 765kV 송전선로는 휴전된 상태이고, 나머지 모든 구간이 345kV로 운전되고 있을 경우, 휴전상태의 송전선로 양단 ES가 차단된 상태에서, 병행 운전되고 있는 345 kV 송전선로로부터 유도되어 들어오는 전압을 검토하였다. 또한 휴전중인 송전선로의 양단 ES 중에서 특정한 한쪽의 ES만 투입하였을 경우와, 양쪽 ES 모두를 투입하였을 경우의 각각에 대해 정전 유도 전압과 정전 유도 전류, 전자 유도 전압, 전자 유도 전류에 대해 검토하였다.

1. 서 론

한국전력에서는 765kV 송전선로를 건설하여 345kV의 전압으로 시험운전 하고 있으며, 그 중에서 서해안 송전계통은 변전설비의 시험운전이 완료되면 765kV의 전압

가. 345kV로 가압된 T/L에서 유도되는 전압 (양단 ES 차단상태)

휴전상태의 송전선로 양단 ES가 차단된 상태에서,

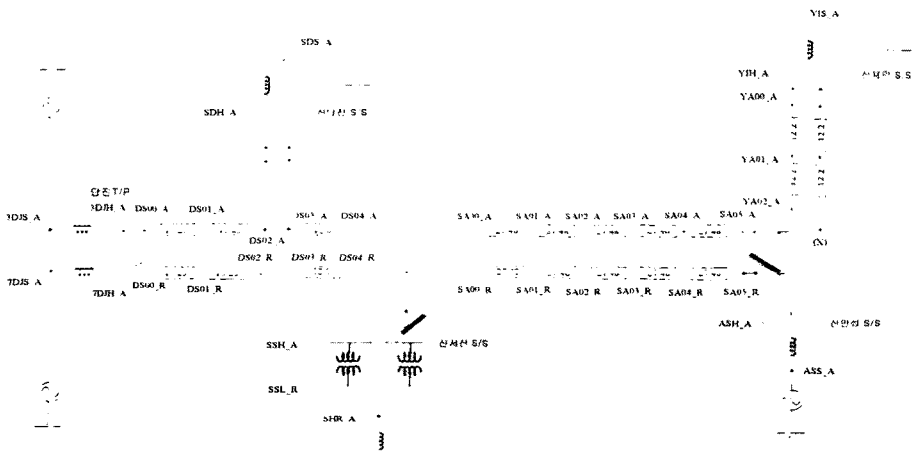


그림 1. 병행회선이 345 kV로 운전되는 경우 휴전된 선로의 유도현상 해석 노드도

345kV로 가압되어 운전중인 병행 송전선로부터 유도되어 들어오는 전압을 검토한 결과가 아래 그림과 표이다. 유도되어 휴전된 선로에 걸리는 최대전압은 rms값으로 약 13.1kV 정도이며, 과거 울정 T/L 검토시의 값인 계산값 14.9kV와 비교하면 약간 낮은 값을 보여주고 있으나 큰 차이는 없다.

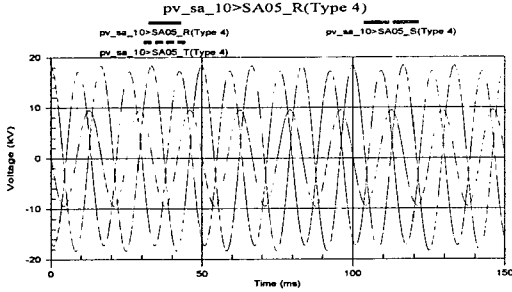


그림 2. 345kV T/L에서 유도되는 전압파형 (양단 ES 차단상태)

표 1. 병행회선에서 유도되는 전압(345kV 가압) (양단 ES 차단상태)

신안성 S/S 송전단	노드명	kV(Peak)	kV(rms)
A상 (하단)	SA05_R	15.7	11.1
B상 (중단)	SA05_S	6.6	4.6
C상 (하단)	SA05_T	18.6	13.1

표 2. 345kV 울정T/L 가압시 계산 및 실측값 비교

345kV 울정 T/L	계산값 kV(rms)	측정값 kV(rms)	전압값 kV(rms)
A상 (하단)	14.9	12.8	2.1
B상 (중단)	5.5	2.1	3.4
C상 (하단)	10.2	9.2	1.0

나. 편단 ES 투입 : 765kV 송전선로에의 정전 유도전압 및 전류 (신서산측 ES 투입)

휴전상태의 송전선로에, 병행되어 운전되고 있는 345kV 송전선로로부터 유도되어 들어오는 전압을 제거하기 위하여 신서산측의 ES만을 투입하였을 경우 발생하는 정전 유도전압 및 전류값을 계산하였다. 그 결과 정전유도전류 파형이 아래 그림이고, 정전유도 전압값이 아래 표로 정리되어 있다. 편단 ES 접지시의 최대 정전 유도전압값은 약 8.6kV 정도이며, 정전유도전류값은 약 12.2A이었다.

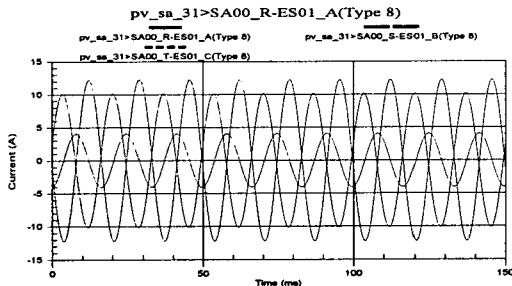


그림 3. 765kV 정전유도 전류파형 (신서산 측 ES 투입)

표 3. 765kV 정전유도 전압 (신서산 측 ES 투입)

송전선 구간	노드명	kV(Peak)	kV(rms)
신서산측 (ES 투입지점)	SA00_R	0.05	0.04
	SA00_S	0.02	0.01
	SA00_T	0.06	0.04
선로중간점	SA03_R	5.18	3.66
	SA03_S	1.80	1.27
	SA03_T	1.43	1.01
신안성측 (ES 차단지점)	SA05_R	8.62	6.09
	SA05_S	3.04	2.15
	SA05_T	2.40	1.70

다. 765kV 송전선로 전자유도 전압 및 전류 (양단 ES 투입)

반면 위의 경우와는 달리 양단의 ES를 모두 투입하여 유도되는 정전유도전압을 모두 제거한다면, 전자유도에 의해 발생하는 전자유도전압과 전류의 계산결과가 아래 그림과 표에 정리되어 있다. 최대 전자유도전압값은 약 0.69kV 정도이며, 전자유도전류값은 약 138A이었다.

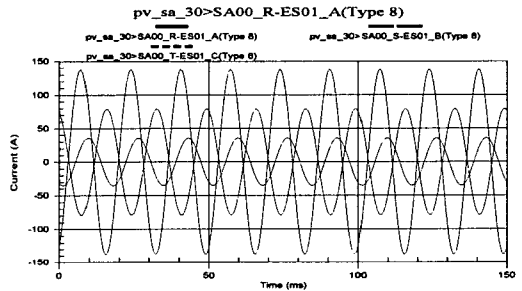


그림 4. 양단 ES 투입시 765kV 전자유도 전류파형

표 4. 양단 ES 투입시 765kV 전자유도 전압

송전선 구간	노드명	kV(Peak)	kV(rms)
신서산측 (ES 투입지점)	SA00_R	0.69	0.48
	SA00_S	0.18	0.12
	SA00_T	0.39	0.28
선로중간점	SA03_R	0.02	0.02
	SA03_S	0.07	0.05
	SA03_T	0.14	0.10
신안성측 (ES 투입지점)	SA05_R	0.67	0.47
	SA05_S	0.16	0.11
	SA05_T	0.38	0.27

2.2 병행회선이 765kV로 운전되는 경우 휴전된 선로의 유도현상

신안성-신서산 구간의 765kV 선로 1회선을 가압하고 345kV로 운전중이던 한 선로를 휴전한 상태에서, 또한 양단 ES를 모두 투입하지 않은 경우 순수하게 765kV T/L에서 유도되는 전압을 검토하였다. 또, 휴전되는 선로의 ES를 편단 또는 양단에서 투입하였을 경우 생기는 정전유도전압, 전자유도전압, 전자유도전류에 대해 각각 검토하였다. 그 결과에 대해 마지막으로 765/345kV 병행운전 전후의 결과를 전압과 전류 각각에 대해 비교하였다.

가. 765kV T/L에서 유도되는 전압 (양단 ES 차단)
 765kV T/L에서 유도되어, 휴전중인 345kV 선로 양단 ES가 차단되어 있는 상태에서 선로에 걸리는 전압에 대해 검토하였다. 그 결과 파형이 그림 5로 최대값으로 약 32kV 정도가 걸리는 것을 알 수 있다.

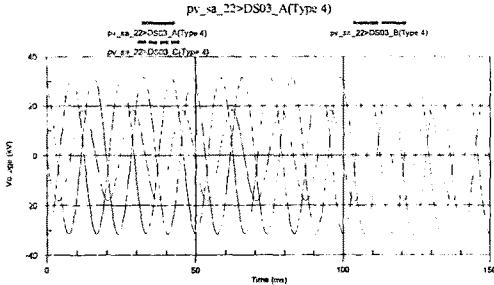


그림 5. 345kV T/L 휴전시 ES에 걸리는 전압 (양단 ES 차단)

나. 345kV 편단 ES 투입 : 정전유도전압, 전류
 반면, 휴전되어 있는 선로의 ES를 편단에 투입하였을 경우 생기는 정전유도전압에 대해 검토하였다. 그 결과 최대 10.2kV 정도 정전유도전압이 발생하였다. 운전되는 선로에의 평균전류는 890Arms이었으며, 휴전된 선로에 유도되어 흐르는 전류값은 각 상별로 18.7Arms, 8.8Arms, 17.8Arms이었다.

표 5. 345kV 편단 ES 투입시 구간별 정전유도전압

송전선 구간	노드명	kV(peak)	kV(rms)
신당진축 (ES 투입지점)	DS03_R	0.13	0.09
	DS03_S	0.06	0.04
	DS03_T	0.13	0.09
선로중간점	SA03_R	1.02	0.72
	SA03_S	3.40	2.40
	SA03_T	7.04	4.98
신용인축 (ES 차단지점)	YA00_R	0.63	0.45
	YA00_S	4.75	3.36
	YA00_T	10.22	7.23

다. 345kV 양단 ES 투입 : 전자유도 전압 및 전류
 반면, 휴전되어 있는 선로의 ES를 양단에 투입하였을 경우 생기는 전자유도전압 및 전류에 대한 결과, 최대 0.57kV 및 120A가 발생하였다.

표 6. 345kV 양단 ES 투입시 구간별 전자유도전압

송전선 구간	노드명	kV(peak)	kV(rms)
신당진축 (ES 투입지점)	DS03_R	0.27	0.19
	DS03_S	0.10	0.07
	DS03_T	0.55	0.39
선로중간점	SA03_R	0.54	0.38
	SA03_S	1.02	0.72
	SA03_T	1.57	1.11
신용인축 (ES 차단지점)	YA00_R	0.20	0.14
	YA00_S	0.13	0.10
	YA00_T	0.54	0.38

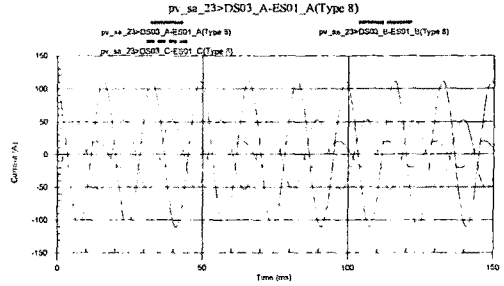


그림 6. 345kV 송전선 휴전시 ES에 흐르는 전자유도전류 (양단 ES 투입)

라. 765/345kV 병행운전 전후 비교 (전압&전류)
 765kV 송전선로 루프 전후의 결과를 전압과 전류 각각에 대해 비교하였다. 그 결과 345kV 측의 전압과 전류 값은 거의 변동이 없었다.

표 7. 765kV 루프 전후 345kV 전압 비교

노드명	운전전압 [kV_peak]		비 고
	765kV 운전전	765kV 운전후	
DS03_A	343.34	343.42	신당진축
DS03_B	344.04	343.76	
DS03_C	344.80	345.45	
YA00_A	344.15	343.98	신용인축
YA00_B	343.69	343.36	
YA00_C	340.94	341.61	

표 8. 765kV 루프 전후 345kV 전류 비교

노드명	전류 [A_peak]		비 고
	765kV 운전전	765kV 운전후	
DS03_A	1,577	1,590	신당진축
DS03_B	1,578	1,579	
DS03_C	1,448	1,523	

3. 결 론

345kV 전압으로 시험 운전중인 서해안축 765kV 송전선로가 변전설비의 시험운전이 완료 후, 765kV의 전압으로 인가시, 765kV의 전압을 인가하는 과정에서 765kV와 345kV의 전압이 공존하는 형태로 운전을 하게 된다. 여기에서 765kV 전압이 인가된 선로로부터 휴전된 선로에 유기되는 정전유도현상 및 전자유도현상과, 반대로 345kV의 전압이 인가된 상태에서 휴전된 선로측으로의 유도현상을 예측 계산하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] A. R. Hileman, "Insulation Coordination", ABB Power Systems Inc., 1991
- [2] EMTP Rule Book, ATP Salford Version, I, II, 1987
- [3] Hermann W. Dommel, "EMTP Theory book", 1986,
- [4] EPRI, "Transmission Line Reference Book 345 kV and Above", 2nd Edition, 1982
- [5] 일본전력중앙연구소, "187kV~1,100kV 교류송전선의 전기적 설계 핸드북"
- [6] 전력연구원, "765kV 계통 절연협조 연구", 최종보고서, 1995, pp 104~105