

## 765 kV 송전선로의 345 kV 운전에 따른 계통 해석

우정욱, 심용보, 강연욱  
한전 전력연구원

### The analysis result of temporary operation of 765 kV transmission line as 345 kV rating

J.W.Woo, E.B.Shim, Y.W.Kang  
KEPRI (Korea Electric Power Research Institute)

**Abstract** - This paper describes the power frequency voltage and its countermeasure when a 765 kV transmission line is directly connected to a 345 kV line and operated at 345 kV voltage. The summary of this result is as follows:

The western route of 765 kV transmission line doesn't need any countermeasure to reduce the power frequency voltage at the receiving end. The eastern route of 765 kV transmission needs 100 Mvar(3 phase) capacity of shunt reactor at the receiving end to reduce the power frequency voltage.

The use of shunt reactors in the 765 kV transmission lines has unexpected problems, one of which is induction of high voltages on a de-energized circuit of two parallel lines. This paper examined the problem of resonance on two parallel transmission circuits in one routes.

## 1. 서 론

전력수요의 급증에 대처하고, 장거리·대용량의 전력을 수송하기 위하여, 한전에서는 765 kV 격상사업을 추진하고 있으며, 765 kV 송전선로를 건설중에 있다.

이 논문은 765 kV 송전선로 건설후 초기에 345 kV로 운전시 경부하 때의 수전단 전압상승범위 계산, 연가의 효과, 전압상승 억제대책에 대한 해석 결과이다.

송전선로에 대한 검토는 서해안 계통과 동해안 계통에 대하여 각각 검토하였다.

서해안 송전계통은 송전거리가 비교적 짧은 반면에, 동해안 송전계통은 163 km의 765 kV 송전선로를 포함하여 총 길이가 253 km가 되어, 경부하시의 수전단 전압상승이 문제가 된다. 또한 분로리액터를 설치시 휴전된 선로에 병행선로에서 유기되는 전압에 의해 분로리액터와 선로의 충전용량간에 병렬공진이 발생할 가능성에 대하여도 검토하였다

## 2. 본 론

### 2.1 765 kV 서해안 송전계통에 대한 검토

765 kV 서해안 송전계통의 경우에는 계통 운전조건에 따라 1998년과 2001년 경부하시의 전위상승을 검토하였다.

그림 1은 EMTP 계산에 사용된 철탑의 개념도이다. 정상상태의 운전조건이면 충분하므로 송전선로 모델은 상용주파수만을 고려하여 K.C.LEE 모델을 이용하였다. 그림 2와 3은 765 kV 서해안 송전계통의 1998년과 2001년의 345 kV 운전시 계통도이다.

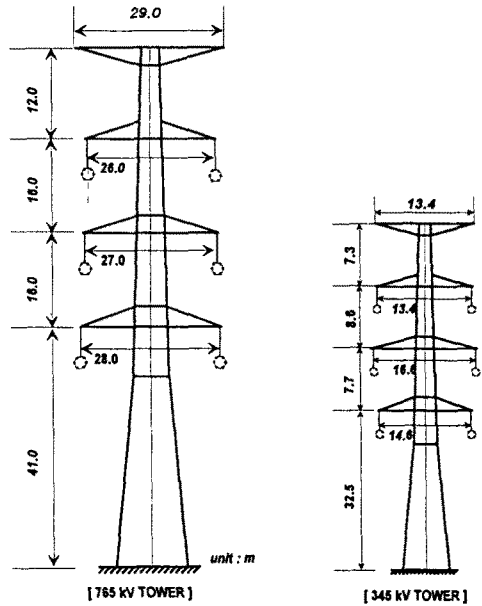


그림 1 계산에 사용된 철탑의 개요

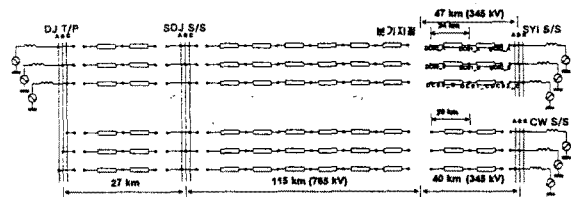


그림 2 765 kV 서해안 송전계통의 1998년 345 kV 운전시의 계통도

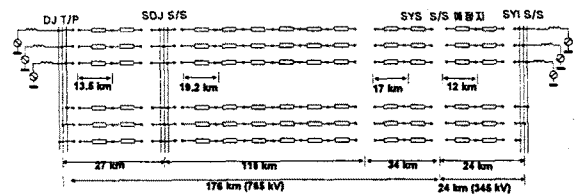


그림 3 765 kV 서해안 송전계통의 2001년 345 kV 운전시의 계통도

먼저, 1998년 서해안 계통의 경부하시에는 그림 2와 같이 765 kV 송전선로의 길이는 DJ T/P와 SDJ 변전

소간 27 km 및 SDJ 변전소와 345 kV 송전선로 연결 지점까지 115 km 등 총 142 km 이며, 345 kV 송전선로 연결지점에서 SYI 변전소간은 47 km, 연결지점에서 CW 변전소간은 40 km이다. 송전단인 SDJ 변전소의 모선전압을 1.0 p.u. 및 1.025 p.u.로 하고 수전단인 SYI 변전소와 CW 변전소에서 개방되어 있는 경우의 전압상승을 그림 4에 나타내었다.

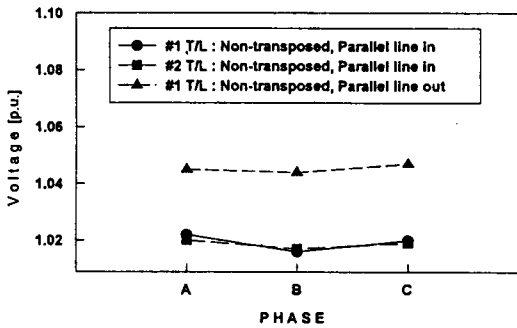


그림 4 서해안 계통 송전선의 경부하시 전압상승

송전단 전압이 1.025 p.u.이고, 선로가 연가되지 않으며 병행 회선을 차단했을 때 수전단에서 최고 1.047 p.u.로 전압이 상승되었다.

두 번째로, 그림 3과 같이 765 kV 서해안 송전계통의 2001년 345 kV 운전시에 765 kV 송전선로의 길이는 DJ T/P와 SDJ 변전소간 27 km 및 SDJ 변전소와 SAS 변전소 예정지까지의 149 km 등 총 176 km 이며, 345 kV 송전선로는 연결지점에서 SYI 변전소간 24 km로 총 공장은 200 km이다.

송전단인 SDJ 변전소의 모선전압을 1.0 p.u. 및 1.025 p.u.로 하고 수전단인 SYI 변전소에서 개방되어 있는 경우의 전압상승을 표 1에 정리하였으며 휴전된 선로에 유기되는 전압도 함께 나타내었다.

송전단 전압이 1.025 p.u.이고, 선로가 연가되지 않으며 병행 회선을 차단했을 때 수전단에서 최고 1.048 p.u.로 전압이 상승되었다.

표 1. 서해안 계통 송전선의 경부하시 전압상승

TL	상	송전단전압		수전단전압		비고
		p.u.	kV	p.u.	kV	
#1	A	1.00	345.4	1.024	353.3	연가하지않음 병행회선투입
	B	1.00	345.5	1.019	351.6	
	C	1.00	345.2	1.021	352.2	
#2	R	1.00	345.4	1.024	353.4	연가하지않음 병행회선투입
	S	1.00	345.5	1.019	351.6	
	T	1.00	345.2	1.021	352.3	
#1	A	1.024	353.3	1.046	360.5	연가하지않음 병행회선차단 (R,S,T상)
	B	1.025	353.6	1.044	360.2	
	C	1.025	353.6	1.048	361.6	
#2	R	0.029	9.9	0.030	10.4	#2 T/L 휴전중 (정전유도전 압 계산)
	S	0.042	14.5	0.040	13.8	
	T	0.088	30.4	0.091	31.4	

## 2.2 765 kV 동해안 송전계통에 대한 검토

### 2.2.1 연가효과 검토

765 kV 동해안 송전계통의 345 kV 운전시에는 그림 5와 같이 STB 변전소~SGP 변전소간 공장 162 km의 765 kV 송전선로의 양측에 UJ N/P~STB 변전소간 37 km 및 SGP~UJB간 54 km의 345 kV 송전선이 직결되어, 345 kV로 운전되는 송전선의 총 공장은 253 km가 된다. 이때, 선로의 연가에 따른 효과를 검토하였다

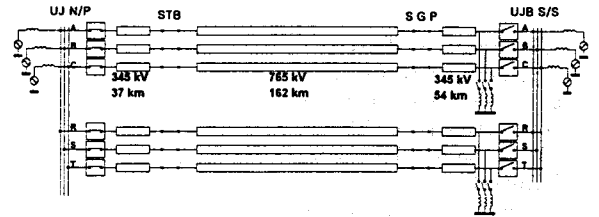


그림 5 765kV 동해안계통 비연가시 선로 구성도

그림 5와 같이 비연가시에 송전단인 울진 N/P의 모선전압을 1.0 p.u.로 조정하고 수전단인 UJB 변전소측 송전선을 개방하였을 때의 무부하 전압상승에 의해 수전단 전압은 1.058 p.u.로 최고운전전압 1.05 p.u.를 초과하였다.

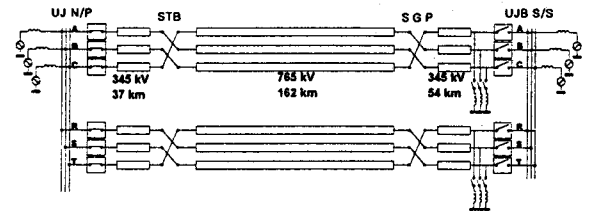


그림 6 765kV 동해안계통 연가(A,B,C-B,C,A)

한편 그림 5에서 그림 6과 같이 345 kV 송전선로와 765 kV 송전선로 접속점인 STB와 SGP에서 송전단쪽의 A,B,C상을 수전단쪽의 B,C,A상에 각각 연가시켰을 때를 검토한 결과, 비연가시보다 오히려 높은 전압인 1.069 p.u.가 발생하여 연가의 효과가 없음을 알 수 있었다.

이는 6도체로 구성된 765 kV 송전선로의 단위길이당 정전용량이 크고 선로공장도 전체 길이의 64 %를 점유하고 있기 때문이다.

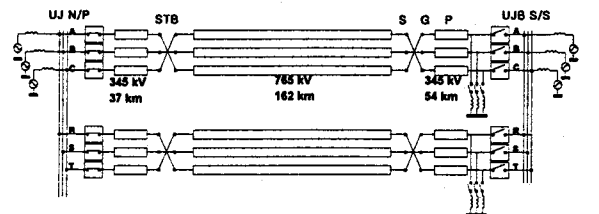


그림 7 765kV 동해안계통 연가(A,C-C,A)

그리고, 그림 4에서 그림 7과 같이 STB와 SGP에서 송전단쪽의 상단상과 하단상인 A,C상만을 수전단쪽의 C,A상에 각각 연가시켰을 때를 검토한 결과, 비연가시와 유사한 전압인 1.058 p.u.가 발생하여 연가의 효과가 없음을 알 수 있었다.

### 2.2.2 분로리액터의 운전시의 전위상승

그림 4에서 분로리액터가 송전선로의 수전단인 UJB에 설치된 경우의 전위상승을 검토하였다. 분로리액터의 용량은 현재 개발되어 있는 용량 100 Mvar 용량을 이용하였다. EMTF 계산에 필요한 인덕턴스로 환산하면 1상당 용량은 아래와 같이 된다.

$$Z = \frac{(V_{L-L})^2}{MVA_{3\phi}} = \frac{345^2}{100} = 1190[\Omega]$$

한편 765 kV 송전선을 345 kV로 운전시 선로의 충전용량을 계산하여 보면 단위길이당의 충전용량 P는 다음과 같이 되고,

$$P = \omega CV^2 = 5.22 \times 10^{-6} \times (345 \times 10^3)^2 = 0.6[\text{Mvar/km/3상}]$$

3상 100 Mvar 용량의 분로리액터를 250 km 구간의 송전선로 편단에 설치하면 보상율은 66 %가 된다.

검토 결과, 분로리액터가 UJB 변전소측의 송전선에만 설치된 경우, UJB 변전소측에 최고 1.058 p.u.의 수전전압이 나타났다.

수전단측의 모선 전압이 1.03 p.u.까지 상승하는 경우에도, 수전단의 전압은 송전단보다 약간 낮아져 1.023 p.u.로 억제된다. 이 경우 강행송전방향은 항상 UN N/P측에서 UJB 변전소측으로 하여야 한다.

### 2.2.3 분로리액터 운전시 선로병렬공진현상 검토

분로리액터를 설치하면 휴전된 선로에 병행선로에서 유기되는 전압에 의해 분로리액터와 선로의 충전용량간에 병렬공진이 발생할 가능성이 있다. 345 kV 송전선로는 3상 재폐로와 단상재폐로가 모두 가능하므로 이에 대하여도 검토하였다.

분로리액터가 UJB 변전소측에만 설치되고 2회선 6상 중에서 A상 선로의 양단이 차단된 경우, A상에는 표 2와 같이 약 1.2 p.u.의 공진성과전압이 발생하여 단상재폐로는 적용이 불가능함을 알 수 있다.

표 2 분로리액터 운전시 병렬공진과전압(A상만 차단)

TL	기준상	송전단전압		수전단전압		비고
		p.u.	kV	p.u.	kV	
#1	A	1.18	407.1	1.206	416.1	A상만 차단 B, C상 운전중
#2	R	1.01	348.4	1.01	348.4	3상 운전중

표 3 분로리액터 운전시 병렬공진과전압(3상 차단시)

TL	기준상	송전단전압		수전단전압		비고
		p.u.	kV	p.u.	kV	
#1	A	0.57	196.7	0.53	182.9	3상 차단됨
#2	A,B,C	1.01	348.4	1.01	348.4	3상 운전중

3상재폐로 적용시 UJB 변전소측에 분로리액터가 설치되고 #1 송전선은 3상이 모두 차단된 상태를 검토한 결과, 이 경우 휴전된 선로에 유기되는 전압은 약 0.53 p.u.(표 3)로 분로리액터가 설치되지 않은 경우의 0.13 p.u.(표 4)보다 높게 나타났다. 따라서 분로리액터가

설치된 송전선로는 분로리액터를 분리시킬 수 있는 개폐장치를 구비하여, 선로 휴전작업시에는 휴전된 선로의 양단에 투입되어 있는 분로리액터를 먼저 분리한 후 작업을 하여야 할 것으로 판단된다.

표 4 병행선로에 유기되는 전압(3상 차단시)

TL	기준상	송전단전압		수전단전압		비고
		p.u.	kV	p.u.	kV	
#1	A	0.12	41.4	0.13	44.8	3상 차단됨
#2	A,B,C	1.01	348.4	1.01	348.4	3상 운전중

### 3. 결 론

765 kV 송전선로 건설후 345 kV로 운전시는 기존의 345 kV 송전선로와 765 kV 송전선로를 연결하여 운전하게 되어 송전선로 공장이 길어지게 되므로 경부하시의 수전단 전압상승이 문제가 된다.

송전선로의 무부하시 전압상승에 대한 검토결과를 요약하면 다음과 같다.

- 서해안 송전선로는 별도의 대책없이도 운전전압을 정격치 이내로 운전할 수 있다.
- 동해안 선로는 수전단인 UJB 변전소측 송전선로에 분로리액터를 설치하여야 하며, 그 용량은 최선당 100 Mvar(3상 용량)이 소요된다.

### (참 고 문 헌)

- [1] EMTF Rule Book, ATP Salford Version, I, II, 1987
- [2] M. Harry Hesse, D.D. Wilson, "Near resonant coupling on EHV circuits : II -Methods of analysis" IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. 1 Pas-87, No2, February 1968
- [3] A. Norton Chaston, "EHV AC Parallel Transmission Line Calculations with Application to the New Resonance Problem" IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. Pas-88, No5, May 1969
- [4] E. E. Colapret, W. E. Rcid, "Effects of Fault and Shunt Reactor Parameters on Parallel Resonance" IEEE Transaction n Power Apparatus and Systems, Vol. Pas-100, No2, February 1981
- [5] UHV 送電系統の絶縁(絶縁部會報告書), 電力中央研究所, 1982
- [6] UHV送電特別委員會系統部會報告書(UHV交流送電系統の特性), 電力中央研究所, 1982
- [7] UHV送電特別委員會中間報告書(UHV交流送電に關する研究), 電力中央研究所, 1982
- [8] 765 kV급 분로리액터 공진현상 검토 보고서, 전력연구원, TM.96ES21.E97.920, 1997
- [9] 765 kV 중설계용의 과전압해석 연구(중간보고서), 전력연구원, 1997. 12