

## 수직 2회선 765kV 송전선로의 1회선 휴전작업 안전성 검토

이성두\*, 이동일\*, 곽주식\*, 전명렬\*, 권태원\*\*, 김우경\*\*  
 \*한전전력연구원, \*\*한국전력

### Analysis of the electrostatic induction effects on Parallel Circuit in 765kV test Line Analysis of electrostatic effects at 765kV test Line

S. D. Lee\*, D. I. Lee\*, J. S. Kwak\*, M. R. Jeon\*, T. W. Kweon\*\*, W. K. Kim\*\*  
 \*KEPRI, \*\*KEPCO

**Abstract** - 한국전력은 당진화력발전소로부터 신안성 변전소까지의 세계 최초로 수직배열 2회선의 765kV 송전선로를 건설하여 2002년 4월부터 1회선을 765kV로 가압하고 1회선은 345kV로 상압운전을 시작하였으며 2003년 이후 2회선을 모두 765kV 전압으로 가압 예정이다. 이러한 765kV 송전선로는 계통운영 측면에서 2회선 동시 휴전이 어려워 1회선 휴전 작업 및 향후 활성화 작업이 요구되는 중요선로이다. 765kV 1회선 휴전작업을 위해서는 765kV로 가압된 선로로부터 휴전선로의 작업자에게 발생할 수 있는 전기적 유도량에 대해 사전 검토하여 안전성을 확보하는 것이 필수적이다. 한국전력공사와 전력연구원은 1회선 휴전작업에 대한 안정성 검토를 위해 고창 실증시험선로를 이용하여 전기적 유도현상에 대한 시험을 실시하였다. 이 논문에서는 실증시험선로를 모델로한 정전유도의 계산 결과와 실측치를 각각 비교, 검토하였다.

하였다. 시험선로는 그림 1과 같은 구성으로 이루어져 있으며, 철타의 구성도는 그림 2와 같다.

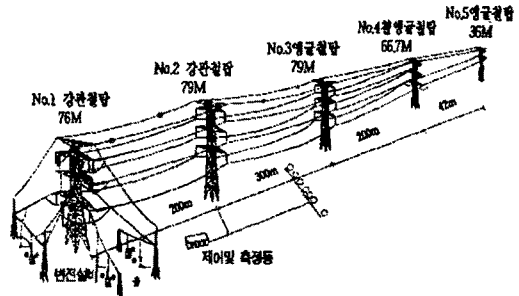


그림 1. 765kV 실증시험선로 (전복 고창)

## 1. 서 론

765kV 2회선 송전선로의 1회선 휴전작업에 대한 평가를 위해서는 가압선로로부터 휴전선로로의 전기적 유도량을 평가해야 한다. 이러한 전기적 유도는 송전선로에 흐르는 전류의 크기에 의하여 결정되는 전자유도(electromagnetic induction)와 전압의 크기에 의하여 결정되는 정전유도(electrostatic induction)로 구분된다. 이러한 유도는 송전선로의 휴전작업시 작업자의 안전을 확보하기 위해서 반드시 검토할 항목이며 본 논문에서는 부하전류를 인가할 수 없는 시험선로의 여건을 감안하여 정전유도에 의한 현상만을 시험시험하였으며, 부하전류에 의한 전자유도 현상은 실규모 선로의 조건을 고려한 계산을 통하여 검토하였으나 본 논문에서는 다루지 않고 있다.<sup>(1)</sup>

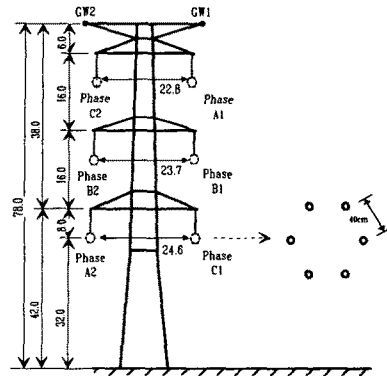


그림 2. 시험선로 철타 구조

## 2. 본 론

**2.1 765kV 실증시험선로를 이용한 정전유도 검토**  
 본 논문에서는 765kV 고창실증시험선로를 이용하여 실선로에서 작업자가 노출되는 조건을 모의하여 정전유도 현상을 계산하고 선로의 유도전압, 전류를 측정하여 비교, 분석하였다. 1회선 휴전시 작업을 수행하게될 휴전된 선로의 정전유도전압의 예측계산은 EMTP를 통하여 이루어졌다. 송전철타의 기하학적 형상과 전선선 및 가공지선의 기하학적 배치, 전선의 제원, 대지저항률등의 데이터로부터 EMTP LINE CONSTANT 선로정수 계산 모델을 이용하여 시험선로의 임피던스를 계산하고 계산된 선로정수와 시험 전원회로와 철타의 접지저항등을 실측조건과 동일하게 입력하여 유도량을 계산하였다. 가공지선은 철타를 통하여 접지되어 있어 전위가 거의 '0'이며 대지와 유사한 영향을 전력선에 주고 있어 통상의 계산에서는 생략이 가능하지만 가공지선에 의한 영향도 검토항목에 포함하였다. 유도량은 휴전선로의 양끝단을 접지 또는 비접지 상태 각각에 대하여 전압과 전류를 검토

### 2.1.1 정전유도 전압, 전류 측정

765kV로 가압된 선로주변의 전계는 휴전으로 인해 절연되어 있는 도체에 전하를 생성하게 된다. 이러한 전하에 의해 발생된 전압은 가압된 선로의 전압 크기와 시스템의 구조에 따라 달라지게 되며, 가압된 선로와 휴전선로 사이의 평행한 선로 길이와는 무관하게 된다. 이것은 표 1에서 알 수 있듯이 765kV 실증시험선로와 신서산-신안성 선로의 정전유도값이 유사하게 나타남을 확인함으로써 알 수 있다.

표 1. 정전유도 전압 비교

선로명	765kV 시험선로	765kV 신서산-신안성 송전선로
전압[V]	33,177	32,000

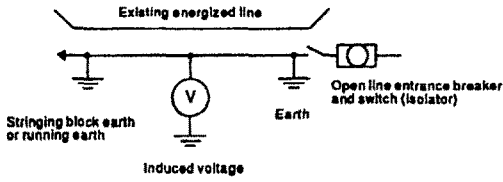


그림 3. 평행도체의 정전 유도 전압

765kV 1회선 휴전작업을 위해서 1회선을 휴전시키면 휴전된 선로에는 그림 3과 같이 충전전류가 두 선로 사이의 공극(air gap)을 통해 흐르게 된다. 이 전류는 휴전선로의 접지를 통해 일시적으로 흐르게 된다. 전류크기는 가압된 선로와 휴전선로간의 평행한 선로길이에 비례하게 된다. 표 2는 765kV 실증시험선로에서의 정전 유도 전류값과 765kV 신서산-신안성 송전선로의 정전 유도 전류값을 나타내고 있다. 표에서도 알 수 있듯이 정전유도 전류값은 선로의 길이에 따라 큰 차이를 나타낼 수 있다.

표 2. 정전유도 전류 비교

선로명	765kV 시험선로	765kV 신서산-신안성 송전선로
전류[A]	0.466	18.7

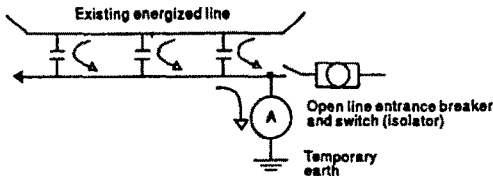


그림 4. 평행도체의 정전 유도 전류

실증시험선로를 이용한 측정, 각각 가공지선을 설치한 경우에 대하여 정전유도 전압, 전류를 측정하였다. 또한 휴전된 선로의 경우, 선로끝단을 비접지한 경우, 한쪽 끝단을 접지한 경우, 양단을 모두 접지한 경우에 대하여 검토하였다. 가공지선을 연결한 경우, 양단 비접지시의 유도전압값이 계산값과 실측치가 근사한 값을 나타내었고, 유도전류의 경우도 편단접지시에 근사치를 나타내었다. 반면에 편단접지시의 유도전압과 양단접지시의 유도전류값의 계산값과 실측값은 측정 전일 우천으로 인하여 대지의 저항률에 변화등으로 추정되는 영향에 의한 오차를 보였다.

표 3. 가공지선 연결

	최대유도전압[V]		최대유도전류[mA]	
	계산값 300Ωm	실측값	계산값 300Ωm	실측값
양단 비접지 (Floating)	33,177	33,250	-	-
편단접지	0.338	2.7	95.0	99.5
양단접지	-	-	159.7	466

## 2.2 휴전선로에서의 인체 유도 전압 측정

1회선 휴전작업시에 기본적으로 도전복을 착용하는 것을 감안하여 그림 6과 같이 인체와 유사한 마네킹 모델에 도전복을 착용시키고 휴전된 선로위에서의 도전복에 유도되는 전압 및 전류를 측정하였다. 그림 5와 같이 마네킹이 위치된 선로를 접지한 경우와 비접지한 경우에 대하여 유도 전압 및 전류를 측정하였다. 측정결과와는 표 6과 같다. 3상을 모두 접지한 경우, 도전복에 발생하는 정전유도전압은 1,736[V]였으며, 접지를 통해 흐르는 전류는 1.2[mA] 이었다.

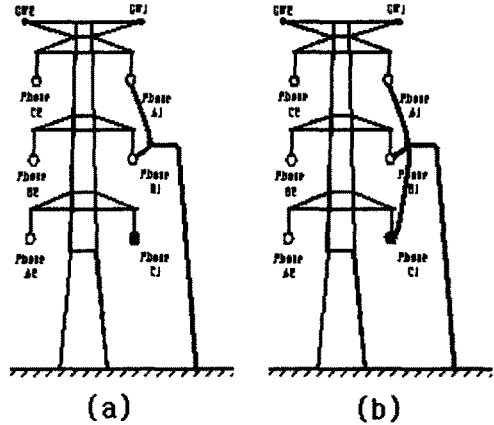


그림 5. 마네킹의 도전복으로부터 측정된 전압, 전류

표 4. 마네킹의 도전복으로부터 측정된 전압, 전류

	상전압[V]	상전류[mA]
3상 접지시	1,736	1.2
2상 접지시	5,023	1.6



그림 6. 마네킹 사진

## 2.3 휴전선로에서 전계 측정

휴전선로 도체에 유기되는 정전유도 전압과 전류에 대한 검토를 앞절에서 하였다. 가압된 선로로부터 발생된 전계가 휴전선로 부근의 작업환경에 영향을 미치기 때문에 휴전된 송전선로의 전계를 실측하였다. 측정결과와는 표 5와 같다.

구를 통하여 보다 면밀한 작업자의 안전성 및 송전설비의 신뢰성을 확보하는 기초자료로 활용될 것이다.

표 5. 휴전선로에서의 전계 실측값

전계 (kV/m)	상단	중단	하단
실측값	8.72	3.62	4.76

측정은 그림 7과 같이 휴전선로의 상단, 중단, 하단상에 대하여 선로 경간 중앙에서 이루어졌다. 최대값은 상단상에서 8.72[kV/m]로 측정되었다. 이는 국제비전리방사선보호위원회 및 정통부에서 고시한 전자파 인체보호기준의 작업자 기준인 8.33[kV/m] 보다 다소 높은 값이나, 일반적으로 보고된 도전복 착용에 의한 전계 저감 효과인 1/20 이하로 낮아질 것으로 예상되며 본 시험에서 작업자의 작업성 평가를 위한 스페이서 댐퍼 교체 시시공 시행 결과 도전복을 착용한 작업자가 정전유도를 감지하지 못하였음을 실증적으로 확인하였다.

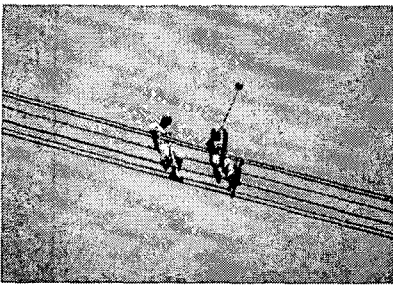


그림 7. 휴전된 선로위의 전계 측정

[참 고 문 헌]

- (1) Transmission Line Reference Book, 345kV and above
- (2) 우정욱 외 5명, "765kV 2회선 송전선로를 765kV 및 345kV로 병행운전시 유도현상 예측", '02년 대한전기학회 하계학술대회논문집 pp.169-171, 2002
- (3) IEC publication 1328 "Live working-Installation of transmission line conductors and earthwires-Stringing equipment and accessory items"

3. 결 론

본 논문은 765kV 송전선로의 1회선 휴전 작업시 작업자 안전성 및 작업성을 평가하기 위해서 765kV로 가압된 선로로부터 휴전선로의 작업자에게 발생될 수 있는 전기적 유도량에 대해 사전검토를 실시하였다. 765kV 시험선로를 이용한 전기적 유도량 실측을 위해서 765kV 실증시험선로를 이용하였으며, 부하전류가 없는 시험선로의 특성 때문에 정전유도량만을 계산하였다. 실증시험선로에서 측정된 값과 신서산-신안선 선로에서의 계산값과의 비교를 통해서 정전 유도 전압은 송전선로의 길이에 관계없이 가압선로의 전압값과 선로구조에 의해 결정됨을 확인할 수 있었으며, 시험선로와 상용선로 모두 비슷한 값을 나타내었다. 반면에 정전 유도 전류는 가압선로와 휴전선로간의 평행한 선로 길이에 따라 발생되는 크기가 달라짐을 확인할 수 있었다. 측정결과, 비접지시의 정전 유도 전압은 계산결과와 동일하게 실측시에도 3만 Volt 이상이 되므로 반드시 접지 시공을 시행하며, 접지시에도 유도전압에 의한 아크의 발생이 예상되므로 접지용구의 적절한 설계 및 적용이 요구됨을 확인하였다. 또한 접지 상태의 휴전작업 수행시에도 휴전선로위에서의 전계 측정결과 최대 8.7kV/m의 공간전계에 작업자가 노출되므로 인체 전하 방전시 작업자가 놀라서 추락 등 2차적 재해요인이 될 수 있으므로 도전복, 도전화, 도전양말 착용 등의 대책 수립이 필요하며 본 실증시험에 적용하여 스페이서 댐퍼 교체 시시공 결과 도전복을 착용한 작업자 유도현상을 감지할 수 없음을 확인하였다. 본 실증시험은 세계에서 처음으로 765kV급 송전선로의 편측 휴전작업의 적용성을 실규모로 시험한 사례이며 향후 국내의 765kV 활선공법연