

혼합송전계통에서 고장구간에 따른 병행지선 설치효과 검토

강지원, 정재균, 박흥석, 장태인, 윤형희  
한전 전력연구원

Analysis of Earth Continuity Conductor Installation Effect According to Fault Section in Combined Transmission Systems

Ji-Won Kang, Chae-Kyun Jung, Hung-Sok Park, Tai-In Jang, Hyung-Hee Yoon  
KEPRI

**Abstract** - This paper describes the effects of earth continuity conductor for reducing the level of induced sheath overvoltage at the single point bonded section of combined transmission systems. Firstly, 3 kinds of fault section are considered, and also faulty phases and the distance between phase conductor and earth continuity conductor are changed for the various analysis.

1. 서 론

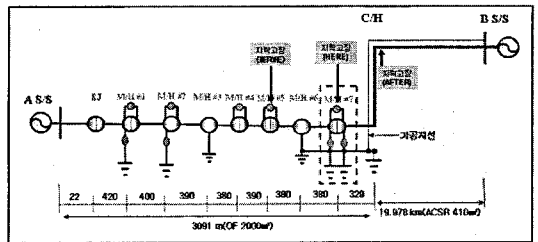
국내 지중송전계통 및 혼합송전계통에서 편단접지 개소를 포함한 제 1크로스본드 구간의 경우 과전압으로부터 시스템을 보호하기 위해 절연통보호장치(CCPU)를 교락비절지와 대지간방식으로 설치하고 있으나[1], 최근 제 1 크로스본드 구간 절연통보호장치의 소손사례가 자주 발생하고 있어 이에 대한 원인 분석 및 대책 마련이 필요한 실정이다. 또한 ANSI/IEEE Std. 575[2] 등에서는 이러한 구간에서 발생하는 시스템압을 저감하기 위해 병행지선의 사용을 권장하고 있으나, 현재 까지 국내에서는 적용되는 사례가 많지 않을 뿐 아니라, 이와 관련된 설치 규정이 명문화 되어있지 않다.

최근 국내 일부 지중송전계통의 편단접지 개소에서 절연통보호장치 소손사례 발생 및 화재 등 2차사고로 파급되는 사고가 발생됨에 따라 현재 지중송전계통에서 병행지선 설치 효과에 대한 분석이 다양하게 이루어지고 있으며, 병행지선 설치 규정 및 최적 설치방안에 대한 연구논문이 발표되고 있다[3-5]. 그러나 최근 대도시를 중심으로 꾸준히 증가하고 있는 혼합송전계통에 관한 연구는 이루어지고 있지 않다. 병행지선 설치시 혼합송전계통은 지중송전계통과 다른 특성을 보이고 있으며, 특히 지중+가공으로 이루어진 계통에서는 가공지선의 길이에 따라 병행지선의 설치효과가 영향을 받는다. 따라서 본 논문에서는 혼합송전계통에서 고장위치 및 상도체와 병행지선사이의 거리변화에 따른 영향 등을 다양하게 검토하였으며, 혼합송전계통 지중선로 구간의 편단접지 구간에서 발생하는 과도한 시스템압을 억제하기 위한 병행지선 설치효과를 자세히 분석하였다.

2. 혼합송전선로 모델계통

혼합송전선로에서 병행지선 설치방법에 따른 시스템 과전압 저감효과 분석을 위해 그림 1과 같은 실제계통 모델을 사용하였다. 모델계통은 케이블 길이가 3.091km이고, 가공선로가 19.978km인 154kV 혼합송전계통이며 지중선로 구간은 전력구식으로 표시되어 있다. 병행지선 설치 효과 검토를 위해 1선지락고장이 병행지선 설치구간을 중심으로 이전(BEFORE), 병행지선 설치구간(HERE), 병행지선 설치구간 이후인 가공선로 구간(AFTER)으로 나누어 각 A, B, C상에서 발생하는 것으로 하였다. 표 1은

병행지선으로 사용한 TFR-CV 240mm<sup>2</sup>의 특성표이다.



<그림 1> 혼합송전선로 모델 계통도

<표 1> 병행지선 도체 특성

종류	도체반경[m]	도체저항률 [Ωm]	절연체반경 [m]	유전률
TFR-CV 240mm <sup>2</sup>	0.00915	1.98e-8	0.01085	2.4

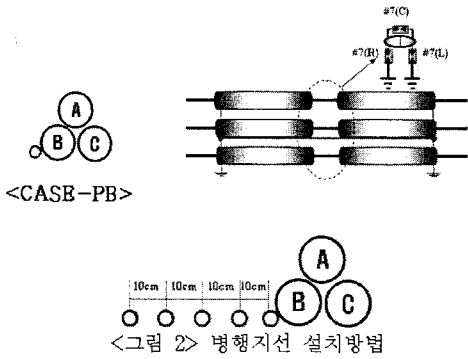
3. 병행지선 설치 조건

표 2에서는 병행지선 미설치시 편단구간인 #7 접속부에서 고장구간 및 고장상별 최대 시스템압을 나타내었다. 표에서처럼 좌우의 절연통보호장치에 비해 편단을 위해 사용한 중앙 절연통보호장치에서 높은 전압이 발생되고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 중앙 절연통보호장치 전압 위주로 병행지선 설치에 따른 저감효과를 분석하였다.

<표 2> 병행지선 미설치시 고장위치별 시스템 과전압

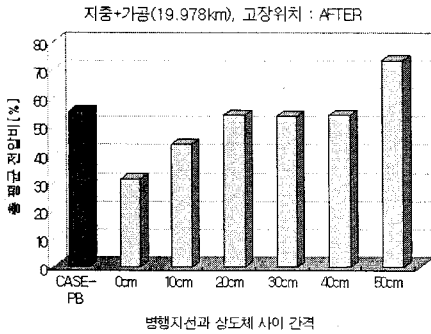
고장 위치	고장 상	M/H #7(Center)			M/H #7(Right)			M/H #7(Left)		
		A상 [kV]	B상 [kV]	C상 [kV]	A상 [kV]	B상 [kV]	C상 [kV]	A상 [kV]	B상 [kV]	C상 [kV]
AFTER	A	10.25	8.05	7.64	5.74	6.97	7.19	7.84	6.63	6.41
	B	7.84	10.23	7.86	7.11	5.94	7.09	6.75	7.84	6.76
	C	7.62	7.95	10.26	7.19	7.00	5.79	6.42	6.63	7.84
HERE	A	8.63	8.59	8.61	6.18	6.24	6.22	7.20	7.18	7.19
	B	8.61	8.41	8.61	6.24	6.23	6.24	7.22	7.25	7.22
	C	8.61	8.58	8.63	6.23	6.24	6.19	7.19	7.18	7.21
BEFORE	A	8.62	8.56	8.60	6.24	6.26	6.25	7.26	7.17	7.19
	B	8.61	8.53	8.61	6.26	6.28	6.26	7.21	7.20	7.20
	C	8.62	8.59	8.62	6.25	6.26	6.24	7.20	7.17	7.24

병행지선은 현장 적용 요건상 가장 설치가 간편한 큰 크리트 벽축의 상도체 옆에 설치하는 것(CASE-PB)으로 하였으며, 그림 2와 같이 B상 도체로부터 10cm간격으로 0 ~ 50cm사이에서 이격시켜가며 다양하게 분석하였다. 여기서, CASE-PB는 순수 지중송전계통에서 분석한 것으로 총 평균전압비는 55.29%이다.

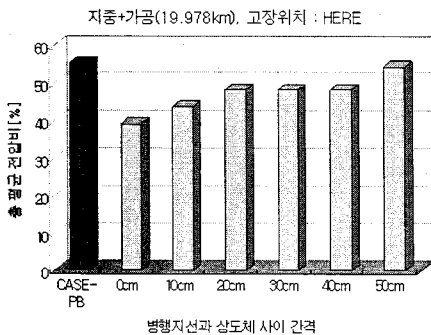


#### 4. 병행지선 설치에 따른 저감효과 분석

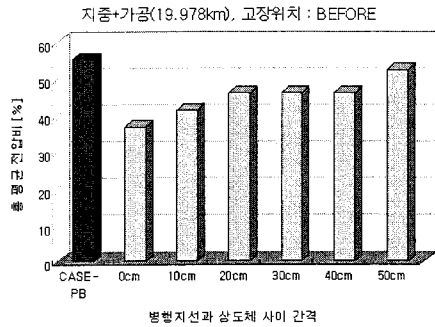
그림 3 ~ 그림 5는 고장위치와 병행지선과 상도체 사이의 이격거리에 따른 총 평균 전압비를 나타내었다. 그림에서처럼 고장이 병행지선 설치점 이후에서 발생한 경우는 이격거리 0cm ~ 50cm에서 31.23% ~ 73.45%를 보이고 있으며, 병행지선 설치점 고장의 경우는 39.17% ~ 54.33%, 병행지선 설치점 이후 고장의 경우는 36.84% ~ 52.35%를 각각 보이고 있다. 이처럼 모든 경우에서 순수 지중송전계통에서 발생한 고장시(CASE-PB) 총 평균전압비 55.29%에 비해 낮은 전압비로 그 저감효과가 좋게 나타났으며, 이격거리가 멀어질수록 저감효과는 저하되는 것으로 분석되었다. 그림 6은 고장위치에 따른 병행지선 설치시 총 평균전압비를 비교한 것이다.



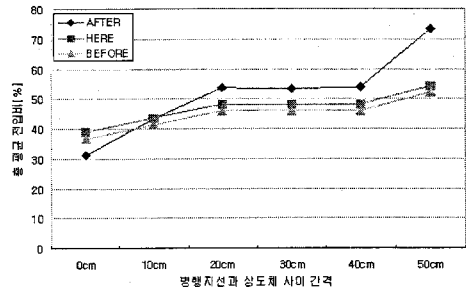
<그림 3> 병행지선 설치시 총 평균 전압비 비교(AFTER)



<그림 4> 병행지선 설치시 총 평균 전압비 비교(HERE)



<그림 5> 병행지선 설치시 총 평균 전압비 비교(BEFORE)



<그림 6> 고장위치에 따른 병행지선 설치시 총 평균 전압비 비교

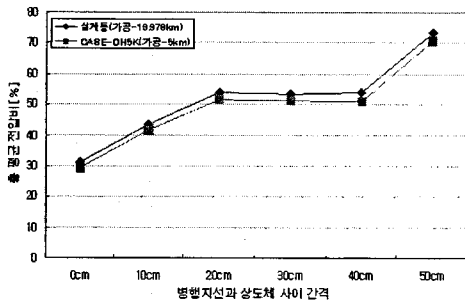
#### 5. 혼합송전계통 가공구간 길이 변화에 따른 분석

4절에서처럼, 혼합송전선로는 병행지선과 가공지선이 공동접지되는 영향으로 순수 지중송전선로에 비해 병행지선 설치효과가 우수한 것으로 검토되었다. 따라서 본 논문에서는 보다 자세한 비교분석을 위해 지중+가공으로 구성된 혼합송전선로에서 가공선로 구간 길이 변화에 따른 병행지선 저감효과를 비교하고자 한다. 표 3에서는 가공선로 거리 변화에 따른 검토 케이스를 나타내었다. 참고로 기준 모델인 그림 1 모델계통의 가공선로 구간은 19.978km 이다.

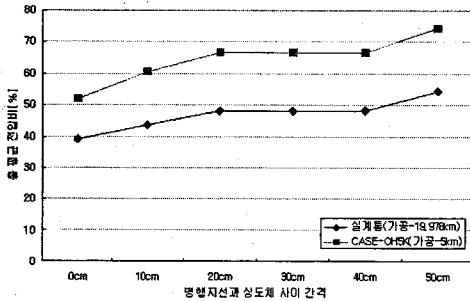
<표 3> 가공선로 구간 길이 변화에 따른 검토 케이스

CASE	실 명
CASE-OH5K	지중(3.091) + 가공(5km)
CASE-OH10K	지중(3.091) + 가공(10km)
CASE-OH30K	지중(3.091) + 가공(30km)

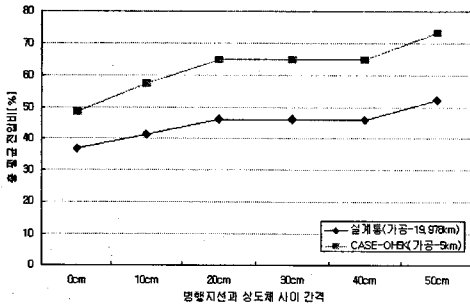
그림 7에서는 위에서 검토한 실제 조건인 가공선로 19.978km인 경우와 비교하여 나타내었다. 그림에서처럼 가공구간이 5km인 CASE-OH5K를 실제통과 비교할 때 전압비는 약 2 ~ 3%정도 차이에 불과함을 알 수 있으며, 병행지선과 상도체 사이 간격 변화에 따른 특징은 유사하게 나타났다. 그러나 그림 8과 그림 9에서처럼 고장이 병행지선 설치점이나 병행지선 설치점 이전에서 발생한 경우는 실제 조건에 비해 약 15% ~ 20% 정도 저하됨을 알 수 있다. 즉 고장이 병행지선 설치점 이후에서 발생한 경우는 가공선로 구간 길이에 따른 영향이 미미하나, 병행지선 설치점이나 이전에서 발생한 고장의 경우는 가공선로 구간이 짧을수록 저감효과가 저하되고 있다.



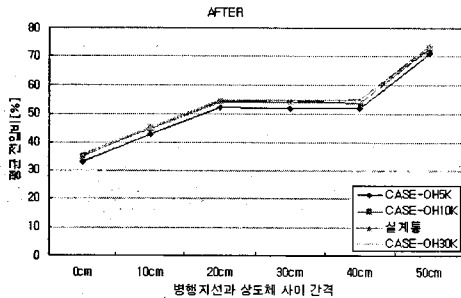
<그림 7> 가공선로 구간변화에 따른 총 평균전압비 비교(AFTER)



<그림 8> 가공선로 구간변화에 따른 총 평균전압비 비교(HERE)



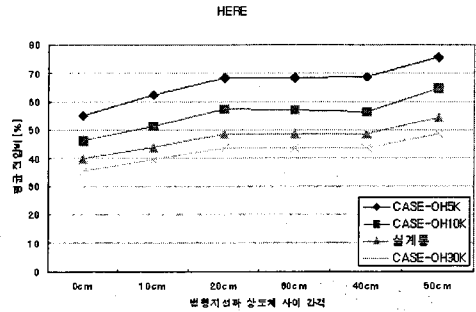
<그림 9> 가공선로 구간변화에 따른 총 평균전압비 비교(BEFORE)



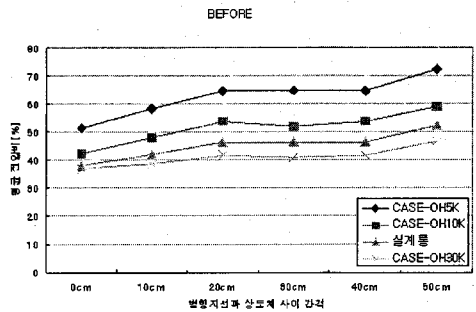
<그림 10> 가공선로 길이 변화에 따른 평균 전압비 비교(AFTER)

다음으로 가공구간 길이가 10km와 30km인 경우 A상에서 지락고장 발생시 병행지선 설치에 따른 저감효과를 분석하였다. 그림 10은 지락고장이 병행지선 설치점 이후에서 발생한 경우로 가공구간을 5km ~ 30km까지 변화해도 저감효과의 차이는 크게 나타나지 않았다. 그러나 병행지선 설치점이나 이전에서 발생한 그림 11과 그림 12의 결과는 가공구간의 길이가 길어질수록 저감

효과가 좋아짐을 알 수 있다. 이는 병행지선의 접지점과 가공지선이 케이블 헤드 부분에서 공통접지가 되기 때문으로 사료된다.



<그림 11> 가공선로 길이 변화에 따른 평균 전압비 비교(HERE)



<그림 12> 가공선로 길이 변화에 따른 평균 전압비 비교(BEFORE)

## 6. 결 론

본 논문에서는 혼합송전선로에서 가공선로 구간의 길이 및 병행지선과 상도체 사이의 이격거리, 고장발생 위치를 고려하여 병행지선 저감효과를 분석하였으며 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 병행지선은 상도체에 인접해서 설치할수록 유리함
- 2) 병행지선 설치에 따른 저감효과는 지중송전계통에 비해 혼합송전계통에서 우수하게 나타남
- 3) 지중+가공으로 이루어진 혼합송전선로에 고장이 병행지선 설치점 이후에서 발생할 경우는 가공선로 구간 길이에 따라 영향이 없으나, 고장이 병행지선 설치점이나 설치점 이전에서 발생한 경우는 가공선로 구간의 길이가 길수록 병행지선에 의한 저감효과는 좋아짐

## [참 고 문 헌]

- [1] KEPRI, "A Study on the Establishment of Grounding Technology for the Underground Power Transmission System, 1998
- [2] IEEE, "IEEE Guide for the Application of Sheath Bonding Methods for Single-conductor Cables and Calculation of induced Voltage and Current in Cable Sheaths, ANSI/IEEE Std. 575-1998
- [3] CIGRE WG B1.18, "Special Bonding of High Voltage Power Cables, Oct. 2005
- [4] CIGRE WG B1.18, "Special Bonding of High Voltage Power Cables, Oct. 2005
- [5] J.W.Kang, C.K.Jung, K.K.Choi, H.H.Yoon, T.I.Jang, "A Study on Transient Analysis by Installation of Earth Continuity Conductor on Underground Power Cable System, 2008 ICCE Proceeding, 2008. 7
- [6] 강지원, 정재근, 윤형희, "지중송전계통 병행지선 설치방안 검토", 대한전기학회 학제학술대회 논문집, 2008. 7