

A Study on Optimal Installation Method of Earth Continuity Conductor on Underground Power Cable Systems

정 채 균[†] · 강 지 원^{*} · 윤 종 건^{**} · 김 양 상^{***}
 (Chae-Kyun Jung · Ji-Won Kang · Jong-Keon Yoon · Yang-Sang Kim)

Abstract - In a previous paper, the characteristics of ECC (earth continuity conductor) have been analysed for reducing the level of induced sheath voltage considering the dimension and position of ECC, the spacing between ECC and three phase cables, and the use of two ECC conductors at the single point bonded section of underground power cable system. From these results, the study conditions for optimal installation has been selected such as installation section, conductor size and etc. In this paper, 5 cases which are set by possible installation conditions are tested based on previous research results. Finally, the optimal installation method of ECC is selected on underground power cable systems.

Key Words : ECC, Single point bonded section, Underground power cable system

1. 서 론

일반적으로 국내 지중송전선로는 금속 시스에 크로스본딩 접지방식을 채택하고 있으며, 각각의 크로스본딩 대구간(Major section) 내에는 3구간의 소구간(Minor section)이 있다. 또한 선로 말단 부분 등에서 크로스본딩 대구간을 구성하기가 어려울 때는 시스순환전류 상승에 따른 손실을 고려해 절연통보호장치(SVL)를 이용한 편단접지 방식을 적용한다. 편단접지 방식은 정상 운전시 시스순환전류를 억제하여 시스회로손이 영이 되게 하는 방식으로 크로스본딩시 단위 연가 구간의 구성이 불가능한 경우나 발·변전소 인출용 선로와 같이 길이가 짧은 단구간 케이블에서 제한적으로 적용하는 방식이다[1].

그러나 지락고장 등의 과도현상 발생시 크로스본딩 구간에 비해 편단접지 구간에서 시스 및 접속함간의 전압이 급격히 상승하는 등 지중송전계통 운영에 미치는 영향이 크게 나타나고 있다. 최근 들어 국내 일부 지중송전계통의 편단접지 개소에서도 절연통보호장치 소손 및 이로 인한 화재 등 2차사고로 파급되는 사례가 발생됨에 따라 이를 예방하기 위한 방안으로써 병행지선 사용 여부에 대한 관심이 점차 증가하고 있으며, ANSI/IEEE Std. 575[2] 및 CIGRE WG B1.18[3]에서는 이미 편단구간에서 발생하는 시스전압을 저감하기 위한 방안으로 병행지선의 사용을 권장해왔다.

그러나 현재까지 국내에서는 병행지선 적용 사례가 많지

않을 뿐 아니라, 이와 관련된 설치 규정이 명문화 되어 있지 않다. 따라서 사전 연구[4-6]를 통해 병행지선과 상도체와의 이격거리, 병행지선 도체 직경, 2회선 병행지선의 사용 등을 고려해 국내 지중송전선로의 편단접지 구간에서 발생하는 과도한 시스전압을 억제하기 위한 병행지선 설치 효과를 분석하였으며, 이 결과를 통해 병행지선의 적정 선종 및 회선 수, 설치구간, 포설방식 등 최적 설치 방안 수립을 위한 기본 검토 조건을 정립하였다.

본 논문에서는 사전 연구[4-5]를 통해 정립된 기본 검토 조건을 바탕으로 병행지선이 설치되는 방법에 따라 5개의 케이스를 수립하였으며, 이 조건들 중 편단접지 구간에서 발생하는 시스 과전압을 가장 효율적으로 저감하는 최적 설치 방안을 제안하고자 한다.

2. 모델 계통 및 검토 조건

2.1 모델 계통

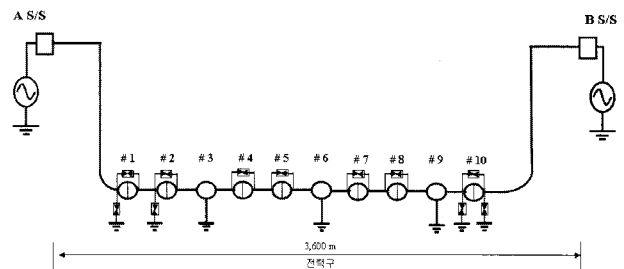


그림 1 지중송전선로 모델 계통
 Fig. 1 Model system of underground power cable

지중송전선로에서 병행지선 설치 방법에 따른 시스 과전압 억제 효과 및 최적 설치 방안 검토를 위해 그림 1과 같

* 정 회 원 : 한전 전력연구원 책임연구원 · 공박
 ** 정 회 원 : 한전 송변전건설처 송전건설팀 차장
 *** 정 회 원 : 한전 송변전운영처 송전운영팀 차장
 † 교신저자, 정회원 : 한전 전력연구원 연구원 · 공박
 E-mail : chekyun@kepri.re.kr
 접수일자 : 2009년 7월 8일
 최종완료 : 2009년 8월 5일

은 154 kV XLPE 2,000 mm²로 구성된 모델 계통을 사용하였으며, 각 접속함간 길이는 300 m, 총 선로 길이는 3.6 km 이고, J/B #7 ~ J/B #8 사이의 A, B, C상에서 각각 1선지락고장이 발생한 것으로 가정하였다. 병행지선은 J/B # 10의 편단구간에서 발생하는 시스 과전압 억제를 위해 J/B #9 ~ B S/S에 설치하였으며, 병행지선의 선종은 일반적으로 크로스본드 리드선으로 사용되는 TFR-CV 240 mm² 이다. 병행지선 설치 구간, 병행지선 선종 및 도체 굵기는 사전 연구 [4-5]를 통해 결정되었으며 병행지선 도체의 특성은 표 1과 같다.

표 1 병행지선 도체 특성
Table 1 Conductor characteristic of ECC

종류	도체반경[m]	도체저항률[Ωm]	절연체반경[m]	유전율
TFR-CV240mm ²	0.00915	1.98e-8	0.01085	2.4

2.2 검토 조건

본 논문에서는 사전연구[4-5] 결과를 바탕으로 그림 2와 같이 편단구간을 중심으로 양단의 직접접지 지점간에 병행지선을 연결하는 방식을 채택하였으며, 병행지선 선종 선정을 위해 TFR-CV 240 mm²와 500 mm²에 대한 비교 분석을 해본 결과 500 mm²의 저감효과는 240 mm²에 비해 4~5 %에 불과할 뿐 아니라, IEC 60364-5-54[7]에 명시된 접지선 굵기 산정 기준에 의해 고장전류에 따른 굵기를 계산한 결과 TFR-CV 240 mm²는 50 kA, 0.5 초까지 충분히 견디는 것으로 분석되어 병행지선 선종은 TFR-CV 240 mm²로 선정하였다. 또한 2회선의 병행지선을 사용할 경우 저감효과는 매우 좋아지나, 현장 적용성을 고려하여 1회선 병행지선을 사용하는 것으로 하였으며, 전력구식의 경우는 다양한 설치 방법들이 존재할 수 있으나, 관로식의 경우는 빈 관로 외에 특별한 설치 방법이 없어 본 논문에서는 전력구식만 검토 대상으로 하였다.

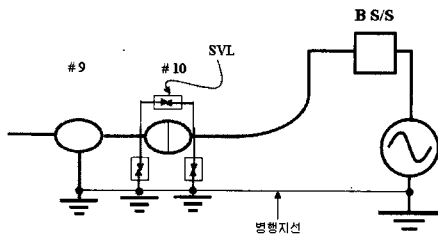


그림 2 병행지선 설치 예
Fig. 2 Example of ECC installation

3. 병행지선 설치 효과 분석

3.1 병행지선 설치에 따른 시스 과전압 검토

병행지선은 지중송전선로의 편단구간에서 발생하는 과전압을 억제하기 위해 사용하는 방법으로 3상 도체와 병렬로 설치된 병행지선에 유기되는 단위 길이 당 과전압(E_c)은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다[2-3].

$$E_c = j\omega I_b(2 \times 10^{-7}) \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{S_{1c} S_{3c}}{S_c} \right) + j \frac{\sqrt{3}}{2} \ln \left(\frac{S_{3c}}{S_{1c}} \right) \right] \quad [V/m] \quad (1)$$

여기서, I_b : B상 도체전류

S_{1c} : A상 도체와 병행지선사이의 간격

S_{2c} : B상 도체와 병행지선사이의 간격

S_{3c} : C상 도체와 병행지선사이의 간격

그리고 A상 전류와 C상 전류인 I_a 와 I_c 를 고려할 때는 식 (1)의 I_b 대신 각각 $I_a = a \cdot I_b$, $I_c = a^2 \cdot I_b$ 로 나타낼 수 있으며, 여기서 a 는 $-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ 이다.

또한 1선지락 고장시 발생하는 시스의 일반적인 각 상의 단위길이 당 과전압은 식 (2) ~ 식 (4)와 같이 나타낼 수 있으며, 본 논문에서 병행지선 설치를 위해 고려하고 있는 전력구식 정삼각 배열의 경우 B상 전압(E_{sb})은 " $S_{12} = S_{23} = S_{13} = S$ "이므로 식 (5)와 같이 표현되고, A상 전압(E_{sa})와 C상 전압(E_{sc})는 각각 $E_{sa} = a \cdot E_{sb}$, $E_{sc} = a^2 \cdot E_{sb}$ 이다[2-3].

$$E_{sa} = j\omega I_b(2 \times 10^{-7}) \left[-\frac{1}{2} \ln \left(\frac{2S_{12}^2}{d S_{13}} \right) + j \frac{\sqrt{3}}{2} \ln \left(\frac{2S_{13}}{d} \right) \right] \quad [V/m] \quad (2)$$

$$E_{sb} = j\omega I_b(2 \times 10^{-7}) \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{4S_{12} S_{23}}{d^2} \right) + j \frac{\sqrt{3}}{2} \ln \left(\frac{S_{23}}{S_{12}} \right) \right] \quad [V/m] \quad (3)$$

$$E_{sc} = j\omega I_b(2 \times 10^{-7}) \left[-\frac{1}{2} \ln \left(\frac{2S_{23}^2}{d S_{13}} \right) - j \frac{\sqrt{3}}{2} \ln \left(\frac{2S_{13}}{d} \right) \right] \quad [V/m] \quad (4)$$

여기서, I_b : B상 도체전류

S_{12} : A상 도체와 B상 도체 사이의 간격

S_{23} : B상 도체와 C상 도체사이의 간격

S_{13} : A상 도체와 C상 도체 사이의 간격

d : 시스의 기하학적 평균 반경

$$E_{sb} = j\omega I_b(2 \times 10^{-7}) \ln \left(\frac{2S}{d} \right) \quad [V/m] \quad (5)$$

그림 3과 그림 4에서는 병행지선 설치여부에 따른 편단구간의 절연통보호장치(SVL)에 유기되는 과전압을 도식화하여 나타내었다. 그림 3에서처럼 병행지선 미설치시 절연통 보호장치에 유기되는 과전압은 전력구식의 정삼각배열인 경우 식 (5)의 시스과전압(E_s)과 대지전압(V_e)의 합성전압($E_s + V_e$)이 유기되어 과전압 크기에 따라 절연통 보호장치가 소손되는 등의 고장이 발생할 가능성이 많은 반면, 그림 4와 같이 동일 계통에 병행지선을 포설하면 고장 발생시 고장전류는 보통접속함(NJ)에서 급속시스와 병행지선으로 분배되며, 편단구간의 절연통보호장치에는 시스 과전압에서 식 (1)과 같은 병행지선에 의한 과전압이 차감된 ' $V = E_s - E_c$ '가 발생하여, 병행지선 미설치시에 비해 절연통보호장치에 유기되는 전압은 급격히 저감된다.

또한 1선지락고장 발생시 고장전류가 모두 병행지선을 통해 귀로한다고 가정할 경우 병행지선에 의한 시스과전압은 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다[2-3]. 식 (6)에서처럼 시스전압은 병행지선과 상도체와의 이격거리(S) 및 병행지선 도체의 GMR(r_g)에 영향을 받으며, 이격거리가 가까울수록 또한 GMR이 굵을수록 시스전압이 저감됨을 알 수 있다.

$$E = j\omega I_{ag}(2 \cdot 10^{-7}) \log_e \left[\left(\frac{S}{d} \right)^2 \frac{d}{r_g} \right] \quad [V/m] \quad (6)$$

여기서, S : 병행지선과 상도체와의 이격거리
 d : 시스의 기하학적 평균 반경
 r_g : 병행지선 도체의 기하학적 평균 반경

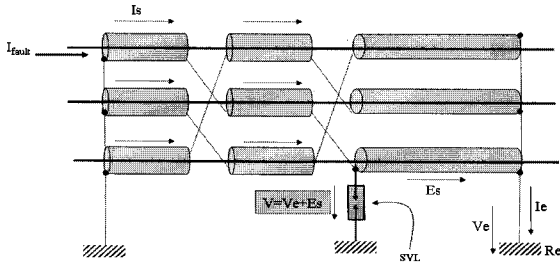


그림 3 병행지선 미설치시 절연통보호장치 과전압
 Fig. 3 SVL overvoltage in case of no ECC

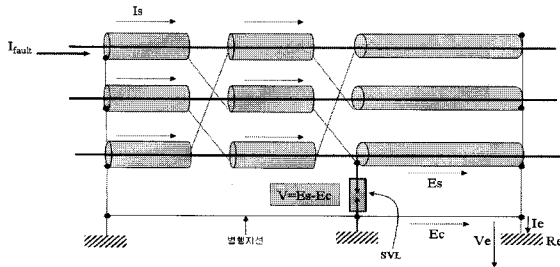


그림 4 병행지선 설치시 절연통보호장치 과전압
 Fig. 4 SVL overvoltage in case of installation of ECC

3.2 병행지선 설치에 따른 저감효과 분석

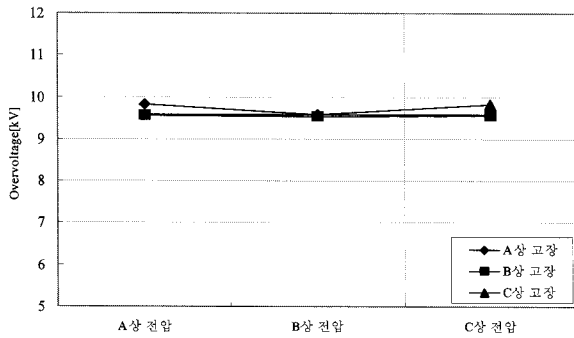


그림 5 병행지선 미설치시 절연통보호장치 과전압
 Fig. 5 SVL overvoltage in case of no ECC

본 논문에서는 2절에서 언급한 검토조건과 병행지선 설치 방법에 따라 크게 5개의 케이스와 세부적으로 9개의 케이스를 설정하였으며, 각 케이스에서 모델계통의 편단구간인 J/B #10 절연통보호장치에 유기되는 과전압을 비교 분석함으로써 최적 설치 방안을 수립하고자 한다. 본 논문에서 검토한 케이스는 표 2에 나타내었으며, 병행지선 설치에 따른 모든 저감효과 분석은 EMTP/ATP 시뮬레이션에 의해 수행되었다.

병행지선 설치 효과 분석에 앞서 그림 5에서는 병행지선 미설치시 각 상에서 1선지락고장이 발생할 경우 J/B #10의 편단구간 절연통보호장치에 발생하는 과전압을 나타내었다.

그림 5에서처럼 병행지선 미설치시 편단구간의 과전압은 최대 9.8 kV이다.

표 2 검토 케이스

Table 2 Study cases

Case	설	명
Case 1	Case 1(A)	A상 도체 측면에 병행지선 설치
	Case 1(B)	B상 도체 측면에 병행지선 설치
	Case 1(C)	C상 도체 측면에 병행지선 설치
Case 2	Case 2(AB)	A상 도체 측면과 B상 도체 측면에 교차하여 병행지선 설치
	Case 2(AC)	A상 도체 측면과 C상 도체 측면에 교차하여 병행지선 설치
Case 3	각 A상, B상, C상 도체 측면에 교차하여 병행지선 설치	
Case 4	Case 4(AB)	A상 도체와 B상 도체 사이에 병행지선 설치
	Case 4(AC)	A상 도체와 C상 도체 사이에 병행지선 설치
Case 5	A상, B상 도체 사이와 A상, C상 도체 사이에 교차하여 병행지선 설치	

3.2.1 Case 1

Case 1은 그림 6에서 보는 것처럼 정삼각 배열의 전력구식에서 병행지선이 각 상도체 측면에 포설된 경우로 병행지선이 포설되는 위치에 따라 Case 1(A), Case 1(B), Case 1(C)로 구분하였다. 그림 6에서는 대표적으로 Case 1(B)의 포설형태를 나타내었다.

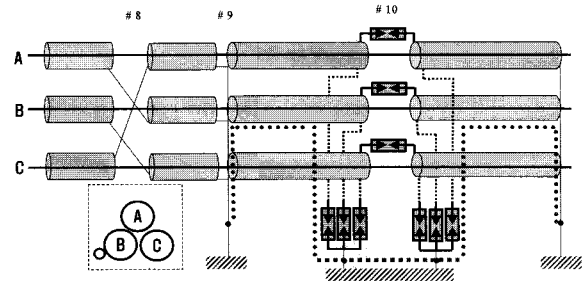


그림 6 Case 1(B)의 병행지선 설치 방법
 Fig. 6 ECC installation method of Case 1(B)

표 3은 Case 1에서 각각 A, B, C상에서 1선지락고장 발생시 병행지선 설치에 따른 J/B #10(편단구간) SVL 과전압 저감율을 나타내었다. 표에서처럼, Case 1(A)의 총 평균 저감율은 45.05 % 이며, 병행지선이 설치되어 있는 A상에서 1선지락고장 발생시 평균 저감율은 56.11 %이나, B상 고장은 38.96 %, C상 고장은 40.09 %로 A상 고장에 비해 효과가 저하된다. 또한 Case 1(B)의 경우 총 평균 저감율은 44.71 % 이며, 이 경우에도 병행지선이 설치되어 있는 B상 지락 고장시 평균 저감율이 54.89 %이나, A상이나 C상 고장의 경우는 저감율이 저하되었다. 이의 경향은 Case 1(C)에서도 동일하며, Case 1(C)의 총 평균 저감율은 44.72 %로 Case 1(A)나 Case 1(B)와 매우 유사하게 나타나 Case 1의 전체 평균 저감율은 44.83 %로 분석되었다.

Case 1의 분석결과를 요약하면, 각 케이스별 총 평균 저감율은 유사하게 나타났으나, 병행지선이 설치된 상에서 발생 고장의 경우 그 외 고장에서 전체 평균 대비 약 7~8 %의 편차가 발생하였으며, 56.11 %의 최대 평균 저감율과

38.79 %의 최소 평균 저감율간 편차는 17.32 %로 고장 상에 따라 저감율 차가 크게 나타난다.

표 3 Case 1 분석 결과

Table 3 Analysis results of Case 1

Case 1	Fault	과전압 저감율(%)			평균 [%]	Case 1 총 평균[%]
		A상 SVL	B상 SVL	C상 SVL		
Case 1(A)	1선지락고장(A상)	54.12	57.62	56.58	56.11	45.05
	1선지락고장(B상)	50.95	25.05	40.88	38.96	
	1선지락고장(C상)	52.25	41.23	26.78	40.09	
Case 1(B)	1선지락고장(A상)	26.56	51.46	40.61	39.54	44.71
	1선지락고장(B상)	55.76	52.41	56.49	54.89	
	1선지락고장(C상)	40.44	51.46	27.19	39.70	
Case 1(C)	1선지락고장(A상)	26.56	41.44	51.57	39.86	44.72
	1선지락고장(B상)	39.86	25.05	51.46	38.79	
	1선지락고장(C상)	55.91	56.99	53.67	55.52	

* 측정위치 : J/B #10(편단구간) SVL

3.2.2 Case 2

Case 2는 정삼각 배열의 전력구식에서 병행지선이 A상 도체 측면과 B상 도체 측면에 교차하여 설치되는 경우(Case 2(AB))와 A상 도체와 C상 도체 측면에 교차하여 설치되는 경우(Case 2(AC))로 그림 7에서는 대표적으로 Case 2(AC)의 포설형태를 나타내었다.

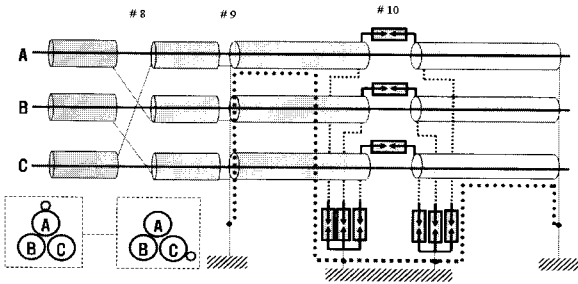


그림 7 Case 2(AC)의 병행지선 설치 방법
Fig. 7 ECC installation method of Case 2(AC)

표 4 Case 2 분석 결과

Table 4 Analysis results of Case 2

Case 2	Fault	과전압 저감율(%)			평균 [%]	Case 2 총 평균[%]
		A상 SVL	B상 SVL	C상 SVL		
Case 2(AB)	1선지락고장(A상)	39.58	53.76	48.12	47.15	44.58
	1선지락고장(B상)	53.98	38.57	48.22	46.92	
	1선지락고장(C상)	46.08	45.93	26.96	39.67	
Case 2(AC)	1선지락고장(A상)	39.78	48.75	53.65	47.39	44.51
	1선지락고장(B상)	45.72	24.95	45.61	38.76	
	1선지락고장(C상)	54.13	48.78	39.21	47.37	

* 측정위치 : J/B #10(편단구간) SVL

표 4는 Case 2에서 각각 A, B, C상에서 1선지락고장 발생시 병행지선 설치에 따른 J/B #10(편단구간) SVL 과전압 저감율을 나타내었다. 표에서처럼, Case 2(AB)와 Case 2(AC)의 총 평균 저감율은 각각 44.58 %와 44.51 %로 매우

유사하게 나타났으며 Case 2의 총 평균 저감율은 44.54 %로 Case 1과 비교해서도 큰 차이가 없다. 단, Case 2는 각각 A와 B상 또는 A와 C상 사이에 병행지선이 설치되므로, Case 2(AB)는 C상 지락고장, Case 2(AC)는 B상 지락고장의 경우처럼 병행지선이 설치되어 있는 않은 한 상의 고장의 경우만 저감율이 저하된다. 즉, Case 2(AB), C상 지락고장의 경우 평균 저감율은 39.67 %이고, Case 2(AC), B상 지락고장의 경우 평균 저감율은 38.76%로 총 평균 저감율에 비해 저하되며, 각각의 경우 C상 SVL에는 26.96 %, B상 SVL에는 24.95 %의 저감율에 불과하다.

3.2.3 Case 3

Case 3은 그림 8과 같이 각 A상, B상, C상 도체 측면에 교차하여 병행지선을 설치하는 경우이며, Case 3의 분석 결과는 표 5에 나타내었다.

그림 8에서처럼, Case 3는 병행지선이 모든 상에서 일정하게 교차되는 방식으로 표 5의 분석결과에서와 같이 총 평균 저감율이 52.74 %로 Case 1이나 Case 2에 비해 높게 나타났다. 모든 상의 고장에서도 큰 편차 없이 저감율이 안정적으로 분포하고 있다. 따라서 ANSI/IEEE Std. 575[2]에 서는 Case 3의 방식을 권장하고 있다.

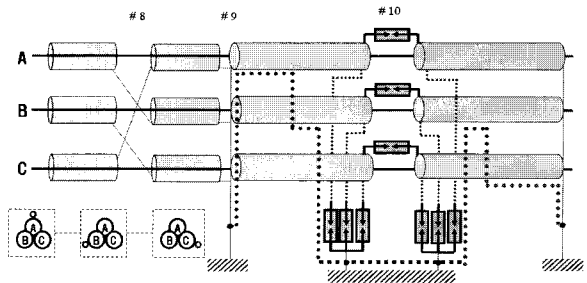


그림 8 Case 3의 병행지선 설치 방법
Fig. 8 ECC installation method of Case 3

표 5 Case 3 분석 결과

Table 5 Analysis results of Case 3

Case 3	Fault	과전압 저감율(%)			평균 [%]	Case 3 총 평균[%]
		A상 SVL	B상 SVL	C상 SVL		
Case 3	1선지락고장(A상)	46.39	60.23	54.49	53.70	52.74
	1선지락고장(B상)	60.99	50.31	57.11	56.14	
	1선지락고장(C상)	52.98	54.91	37.27	48.39	

* 측정위치 : J/B #10(편단구간) SVL

3.2.4 Case 4

Case 4는 병행지선이 A상 도체와 B상 도체 사이에 설치되는 경우(Case 4(AB))와 A상 도체와 C상 도체 사이에 설치되는 경우(Case 4(AC))로 그림 9에서는 대표적으로 Case 4(AB)의 포설형태를 나타내었다.

표 6은 Case 4에서 각각 A, B, C상에서 1선지락고장 발생시 병행지선 설치에 따른 J/B #10(편단구간) SVL 과전압 저감율을 나타내었다. 표에서처럼, Case 4의 총 평균 저감율은 56.44 %로 앞에서 언급된 케이스들에 비해 저감율이 개선되는 것으로 나타났다. 아울러, 각 Case 4(AB)와 Case

4(AC)에서 병행지선이 설치되지 않은 C상 고장과 B상 고장에서 평균 저감율이 47.83 %와 46.88 %로 Case 1이나 Case 2의 총 평균 저감율 보다는 높게 나타났으나 각각의 경우 최대 평균 저감율과 비교하면 13.78 %와 14.38 %의 고장 상에 따른 저감율 편차가 나타나는 것으로 분석되었다.

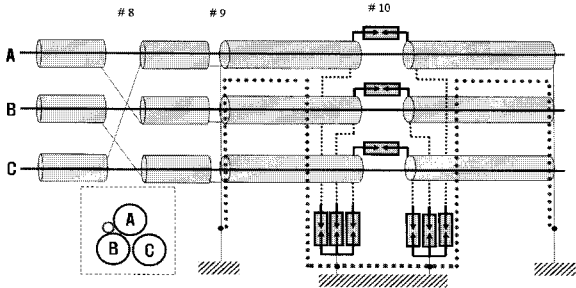


그림 9 Case 4(AB)의 병행지선 설치 방법
Fig. 9 ECC installation method of Case 4(AB)

표 6 Case 4 분석 결과

Table 6 Analysis results of Case 4

Case 4	Fault	과전압 저감율(%)			평균 [%]	Case 4 총 평균[%]
		A상 SVL	B상 SVL	C상 SVL		
Case 4(AB)	1선지락고장(A상)	53.51	68.68	62.63	61.61	56.44
	1선지락고장(B상)	68.31	52.52	58.89	59.91	
	1선지락고장(C상)	54.45	55.22	33.81	47.83	
Case 4(AC)	1선지락고장(A상)	53.82	60.54	69.00	61.12	
	1선지락고장(B상)	54.29	32.18	54.18	46.88	
	1선지락고장(C상)	69.07	60.54	54.18	61.26	

※ 측정위치 : J/B #10(편단구간) SVL

3.2.5 Case 5

마지막으로 Case 5는 그림 10과 같이 A상, B상 도체 사이와 A상, C상 도체 사이에 교차하여 병행지선을 설치하는 방법이다.

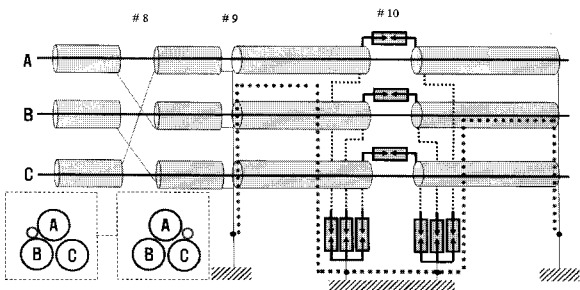


그림 10 Case 5의 병행지선 설치 방법
Fig. 10 ECC installation method of Case 5

표 7은 Case 5에서 각각 A, B, C상에서 1선지락고장 발생시 J/B #10(편단구간) SVL 과전압 저감율을 나타낸 것으로 총 평균 저감율이 60.7 %를 보였다. Case 5의 총 평균 저감율은 앞에서 언급한 Case 1 ~ Case 4와 비교할 때 가장 좋은 저감율이며, 고장 상에 따른 저감율 편차도 1.08 %에 불과해 모든 상의 고장에서 거의 동일한 저감율로 가장 안정적인 효과를 보이는 것으로 분석되었다.

표 7 Case 5 분석 결과

Table 7 Analysis results of Case 5

Case 5	Fault	과전압 저감율(%)			평균 [%]	Case 5 총 평균[%]
		A상 SVL	B상 SVL	C상 SVL		
Case 5	1선지락고장(A상)	53.62	68.58	59.92	60.71	60.7
	1선지락고장(B상)	68.31	52.73	59.41	60.15	
	1선지락고장(C상)	69.07	60.54	54.07	61.23	

※ 측정위치 : J/B #10(편단구간) SVL

이처럼 본 논문에서는 지중송전계통에 병행지선 최적설치 방안 연구를 위해 5개의 케이스를 검토하였으며, 그림 11에서는 각 케이스별 총 평균 저감율을 나타내었다. 그림에서처럼 총 평균저감율은 Case 2 - Case 1 - Case 3 - Case 4 - Case 5 순으로 나타나 Case 5가 다른 방식에 비해 평균 저감율이 가장 우수한 것을 알 수 있다. 또한 그림 12의 최대 최소 저감율 비교에서도 Case 5는 고장 상에 따른 최대 저감율과 최소 저감율의 차이가 거의 없어 고장조건에 관계없이 안정적인 저감효과를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 본 논문에서는 위 검토 결과를 바탕으로 지중송전선로 병행지선 최적 설치 방안으로써 A상, B상 도체 사이와 A상, C상 도체 사이에 교차하여 병행지선을 설치하는 Case 5의 방안을 최종적으로 제안하였으며, 이는 전 세계적으로 처음 제안되는 방식이다.

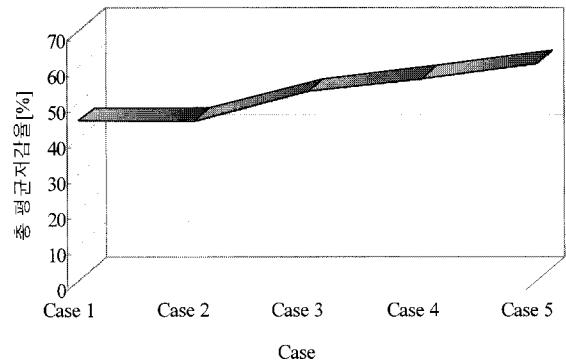


그림 11 Case별 총 평균 저감율

Fig. 11 Total average reduction rate according to cases

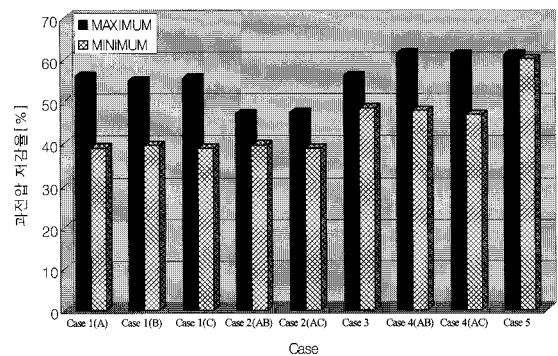


그림 12 Case별 최대 최소 저감율 비교

Fig. 12 Comparison of maximum reduction rate and minimum reduction rate according to cases

4. 결 론

본 논문에서는 지중송전계통 병행지선 최적 설치방안을 위해 5개의 케이스를 설정하였으며, 각 케이스별 과전압 저감을 분석을 통해 최적 설치 방안을 제안하였다. 본 논문의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) Case 1의 총 평균 저감율은 44.83 %이나, 병행지선이 설치되는 상에 따라 총 평균 대비 7 ~ 8 %의 편차를 보였으며, 최대 평균 저감율과 최소 평균 저감율간 편차는 17.32 %로 고장조건에 따라 차이가 크게 나타났으며, Case 2에서도 병행지선이 설치되어 있지 않는 상에서 고장이 발생할 경우 저감율은 총 평균 저감율에 비해 저하된다.

2) Case 3는 병행지선이 모든 상에서 일정하게 교차되는 방식으로 총 평균 저감율이 Case 1과 Case 2에 비해 높게 나타났고, 비교적 고장 상에 따른 편차도 적었으나, Case 5에 비하면 최대 최소간 저감율 격차가 크고, 총 평균 저감율도 저하되는 것으로 분석되었다.

3) Case 4의 총 평균 저감율은 56.44 %로 Case 1 ~ Case 3에 비해 높게 나타났으나, Case 4(AB)와 Case 5(AC)각각의 고장조건에 따라 최대 최소간 평균 저감율 편차는 13.78 %와 14.38 %로 편차가 크게 나타났다.

4) Case 5는 총 평균 저감율이 60.7 %로 Case 1 ~ Case 4에 비해 가장 높았으며, 고장 조건에 따른 저감율 편차도 1.08 %로 매우 미미해 가장 안정적인 효과를 보이는 것으로 분석되었다.

이 처럼 본 논문의 분석결과, Case 5가 평균 저감율 측면이나 최대 최소간 저감율 편차 면에서 매우 우수한 특성을 보여 지중송전선로 병행지선 최적 설치 방안으로써 처음 제안하게 되었으며, 이는 고장조건에 관계없이 안정적인 저감효과를 보이므로 향후 편단 구간에서 발생하는 과전압 억제 등 안정적인 계통운영에 크게 기여할 것으로 기대 된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전력공사 송변전건설처, "지중송전 케이블 시스템", 2002. 12
- [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] J. W. Kang, C. K. Jung, K. K. Choi, T. I. Jang, H. H. Yoon, "A Study on Transient Analysis by Installation of Earth Continuity Conductor on Underground Power Cable Systems, 2008 ICEE Conference, July 2008
- [5] C. K. Jung, J. W. Kang, "Characteristics of Parallel Ground Continuity Conductor for Single Point Bonded Power Cable System", Submitting to IJEEPS (International Journal of Emerging Electric Power

Systems)

- [6] 강지원, 정채균, 윤형희, 윤종건, 김두진, 김재승, "지중송전계통 병행지선 설치 방안 검토", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2008. 7
- [7] IEC 60364-5-54, "Electrical installations of buildings - Part 5-54 : Selection and erection of electrical equipment - Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors", June 2002

저 자 소 개

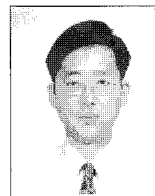


정 채 균 (鄭 彩 均)

1973년 7월 14일 생. 1999년 원광대 공대 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 2006년~2007년 독일 University of Siegen, Post-doc 연구원. 2007~현재 한전 전력연구원 송배전연구소 연구원.

Tel : (042)865-5927

E-mail : chekyun@kepri.re.kr



강 지 원 (姜 地 原)

1965년 1월 6일생. 1987년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 기전공학과 졸업(공박). 1993년 ~ 현재 한전 전력연구원 송배전연구소 책임연구원.

Tel : (042)865-5920

E-mail : jwkang@kepri.re.kr



윤 종 건 (尹 鍾 建)

1966년 6월 23일생, 1992년 부산대 공대 전기공학과 졸업, 1993 ~ 현재 한전 송변전건설처 송전건설팀 지중건설 담당 차장

Tel : (02)3456-5141

E-mail : yjk4991@kepeco.co.kr



김 양 상 (金 良 相)

1966년 7월 25일생, 1992년 중앙대 공대 전기공학과 졸업, 1992년 한전입사, 현재 한전 송변전운영처 송전운영팀 차장

Tel : (02)3456-4721

E-mail : yskim@kepeco.co.kr