

22.9KV-Y 선로에서 유도선에 대한 가공지선 효과

The effect of overhead ground wire on the induced lightning in 22.9KV-Y System

김정부
임유혁*

한전기술연구원
한전기술연구원

1. 서론

배전선 뇌사고는 100Km 당 0.24건으로 일본의 0.09 - 0.15건(9계전력 : 1073 - 1982)보다 2배 높아 배전선 내뢰대책은 고신뢰도를 유지하기 위해 중요하게 되었다.

배전선로의 내뢰대책중 가공지선 설치효과를 검토(1.2.3)한것은 대부분 지극선에 대한 검토가 대부분이며, 유도선에 대한 가공지선 설치효과(4) 계산시 중성선을 포함하여 효과를 계산한적은 없었다. 특히 배전선로는 송전선로보다 절연계급이 낮아서 가공지선으로 완전차폐를 실패하여도 위험락으로 인한 사고가 발생되고 있으며, 특히 22.9KV-Y 선로에서는 뇌극전류 10.8KA (누적발생빈도율 94%) 이상에서는 차폐실패사고는 없으나 위험락에 의한 사고가 발생되고 또한 유도선에 대한 사고도 발생되고 있어 본 논문에서는 가공지선 설치로 유도선 차폐원리와 이원리를 22.9 KV-Y 선로의 내뢰대책에 대하여 주로 연구하였다.

2. 해석 전제조건

유도선에 대한 가공지선 차폐효과 계산에 다음 조건을 전제로 한다.

- (1) 가공지선, 상도체 양단은 길게 뻗어있고, 말단에서는 반사의 영향은 없는것으로 한다.
- (2) 선로는 무감쇄, 무변위로 하고, 피뢰기등차, 애자의 설비등의 선로조건 변경은 없는것으로 한다.
- (3) 가공지선의 접지점은 1개소로 하고, 유도선 써어즈 차폐계수는 이의 접지점에서 상도체의 대지전압을 고려한다.

3. 효과원리

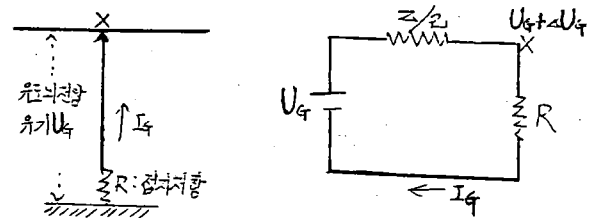
1개의 가공지선에 제1도와 같이 유도뇌전압 U_G 가 발생하였을때 X점에 접지시 접지선에 흐르는 전류는

$$I_G = \frac{U_G}{Z_G/R + R} \text{ --- (1)}$$

또한 X점에 접지시 U_G 는 $U_x + \Delta U_G$ 로 변화하므로 $\Delta U_G = -\frac{Z_G}{R} \times I_G = -\frac{Z_G U_G}{Z_G + 2R}$ --- (2)

한편 가공지선 밑에 상도체를 설치하면 가공지선과 상도체와의 상호 써어즈 임피던스에 의해서 상도체의 유도선 전압변화는

$$\Delta U_w = -\frac{I_G}{2} \times Z_{GW} = -\frac{Z_{GW} U_G}{Z_G + 2R} \text{ --- (3)}$$



① 架空地線 접지 Modeling (2) 등가회로
* ② 架空地線 原理

따라서 가공지선에 의해서 차폐된 유도선 전압 U_w 는 $U_w = U_w + \Delta U_w$

$$= U_w - Z_{GW} \frac{U_G}{Z_G + 2R} \text{ --- (4)}$$

단 U_w : 가공지선이 없을때 상도체에 유겨된 유도선 전압
차폐계수를 η 라 하면

$$\eta = \frac{U'w}{Uw} = 1 - \frac{Zw}{Z + 2R} \quad \text{--- (5)}$$

단 $Uw \approx Ug$ 임

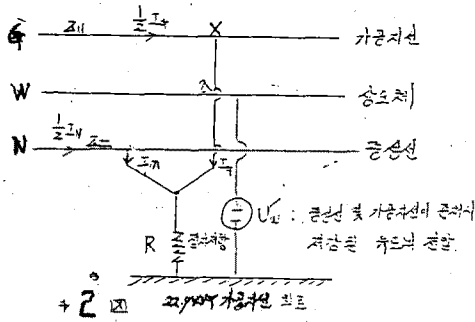
$$I_g = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 2U_g & (2R + Z_{Ng}) \\ 2U_N & (2R + Z_N) \end{vmatrix}$$

$$I_N = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} (2R + Z_g) & 2U_g \\ (2R + Z_{gN}) & 2U_N \end{vmatrix} \quad \text{--- (9)}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} (2R + Z_g) & (2R + Z_{Ng}) \\ (2R + Z_{gN}) & (2R + Z_N) \end{vmatrix}$$

4. 22.9 KV-Y 배전선에서 가공지선 설치효과 해석

22.9 KV-Y 에서는 중성선이 있고 이위에 가공지선을 포함한 가공지선효과를 계산하기 위해 도식적으로 그려보면 제2도와 같다.



또한 유도뇌전압은 선로의 지상고에 비례하므로 중성선, 상도체, 가공지선의 지상고를 각각 h_N , h_w , h_g 라고 하면

$$\frac{U_g}{U_w} = \frac{h_g}{h_w}, \quad \frac{U_N}{U_w} = \frac{h_N}{h_w} \quad \text{--- (10)}$$

또한 차폐계수를 η 라고 하면

$$\eta = \frac{U'w}{Uw} \quad \text{--- (11)}$$

따라서 22.9 KV-Y 선로에서 중성선을 포함한 가공지선 차폐효과를 표시하는 차폐계수를 구하면

$$\eta = 1 - \frac{1}{\Delta} \frac{1}{h_w} \left[Z_{gw} \begin{vmatrix} h_g & (2R + Z_{Ng}) \\ h_N & (2R + Z_N) \end{vmatrix} + Z_{Nw} \begin{vmatrix} (2R + Z) & h_g \\ (2R + Z) & h_N \end{vmatrix} \right] \quad \text{--- (12)}$$

x점에서 가공지선과 중성선을 R (접지저항)를 통해서 접지하였을 때 가공지선 및 중성선에서 유도뇌전압 변화는 각각

$$\begin{cases} \Delta U_g = -Z_{gw} \frac{1}{2} I_g \\ \Delta U_N = -Z_{Nw} \frac{1}{2} I_N \end{cases} \quad \text{--- (6)}$$

Z_{gw} : 가공지선과 상도체와의 상호색어지 임피던스

Z_{Nw} : 중성선과 상도체와의 상호색어지 임피던스 또한 중성선과 가공지선이 존재하지 않을 때 상도체에 발생된 유도뇌전압 $U'w$ 는

$$U'w = Uw - \frac{1}{2} Z_{gw} I_g - \frac{1}{2} Z_{Nw} I_N \quad \text{--- (7)}$$

(7)식에서 I_g 와 I_N 를 구하면 중성선을 포함한 가공지선 효과를 구할 수가 있다.

제2도에서 접지하지 않았을 때 가공지선과 중성선에서 발생하는 유도뇌전압을 각각 U_g , U_N 이라고 하면 다음과 같이 유도할 수가 있다.

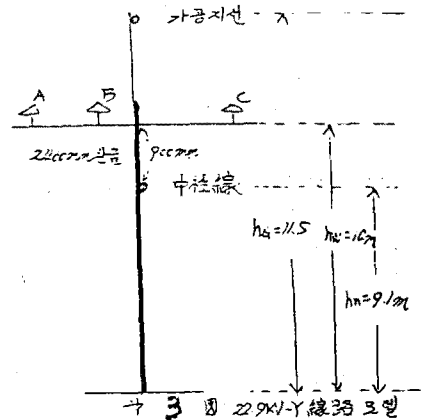
$$\begin{cases} V_g - \frac{1}{2} Z_g I_g - \frac{1}{2} Z_{Ng} I_N = (I_g + I_N) R \\ U_N - \frac{1}{2} Z_{gN} I_g - \frac{1}{2} Z_N I_N = (I_g + I_N) R \end{cases} \quad \text{--- (8)}$$

이식에서 I_g 와 I_N 를 구하면

5. 22.9 KV-Y선로 계산 모델

22.9 KV-Y 선로에 가공지선 설치효과 계산 선로의 모델은 제3도와 같다 선종은

- 상도체 : ACSR 95[□]
- 가공지선 : ACSR 32[□]
- 중성선 : ACSR 58[□]



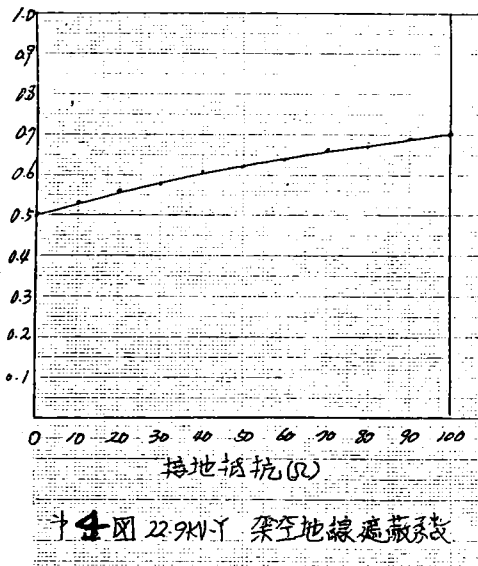
이를 기준으로 하여 계산된 색어지 임피던스는 제1표와 같다.

제1표 써어즈 임피던스 (5)

항 목	계산치(Ω)
가공지선 써어즈 임피던스 Z_G	520
상도체 써어즈 임피던스 Z_W	479
가공지선과 상도체 상호 임피던스 Z_{GW}	146
중성선과 상도체 상호 임피던스 Z_{NW}	153
중성선 임피던스 Z_N	447
중성선과 가공지선 상호 임피던스 Z_{NG}	128

6. 가공지선 설치효과 계산

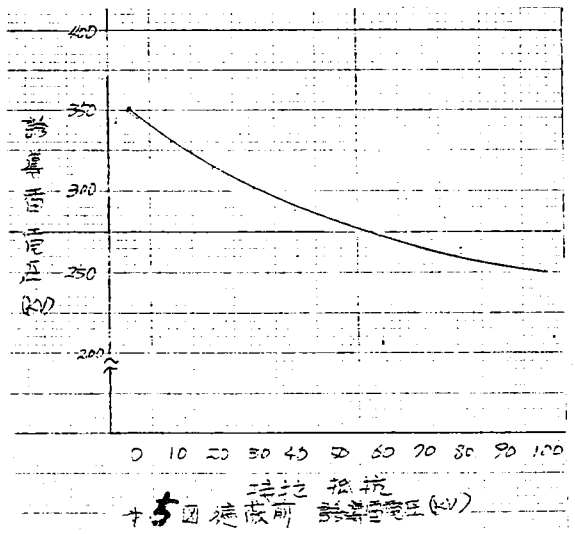
식(12)에서 과상수를 대입하여 접지저항 R를 매개변수로 한 가공지선 차폐계수는 제4도와 같이 22.9 KV-Y 선로에 가공지선을 설치하면 접지저항 100Ω 시 31%, 10Ω 시 47%의 효과로 접지저항이 낮을수록 유도선에 대한 차폐효과는 높아진다.



7. 차폐전 유도선 전압 계산

가공지선을 설치하기 전에 상도체에 나타나는 유도선 전압을 가공지선 설치하여 투고된 애자 중 권심락전압 175KV 이하로 억제시 유도선 전압크기를 식(12)에서 계산하면 제4도와 같이 접지저항이 100Ω 시 250KV, 10Ω 시 330KV 의 유도선 전압을 175KV로 억제한다. 따라서 접지저항이 낮으면 큰 유도선 전압에서도 선로 애자는 심락을 방지할 수가 있다. 또한 애자중 권심락이 높으면 높아지는 만큼 유도선에 대한 애자심락사고를 방지할

을 알 수가 있다.



8. 결론

본 논문은 현 22.9 KV-Y 선로에 가공지선 설치 효과를 계산할 수 있는 알고리즘을 제시하였고, 가공지선 차폐효과를 높이기 위해서는 접지저항을 낮게 하는 방안과 애자의 중권심락 전압을 높이면 배전선 내뢰특성을 향상시킴을 제시하였다. 그러나 본 논문은 1개의 접지방식만 검토하였으나 실제용은 접지 개소가 수 개이상 접지되어 있으므로 이를 감안한 연구가 계속되어야 할 것이다.

- 참고 문헌 -

1. Investigation and Evaluation of Lightning Protective Methods for Distribution circuits Part 1.: Model study and analysis IEEE PAS Aug 1969.
2. Part II : Application and Evaluation IEEE PAS Aug 1969.
3. A method of estimating lightning Performance of distribution lines AIEE Aug 1954.
4. Calculation of lightning-induced voltages on overhead multiconductor systems JAN 84. 100 - 107 : YOKOYAMA.
5. 배전선 내뢰설계 가이드북 전력중언 No 175030, 1976 (일본)