

22.9 KV-Y 배전계통 유도된 전압 계산

○ 임 용 혁
한전 기술연구원 배전연구실

The lightning induced Voltage Calculation on 22.9 KV-Y distribution lines

Lim young hyuck
Power Distribution Dept. KEPCO Research Center

1. 서 론

22.9 KV-Y 배전선로에 대해서 내뢰대상으로 되는 뇌서어치는 직격뢰뿐만 아니라 유도뢰에 대한 서어지도 보호대상(7-6)으로 하여야 하는데도 22.9 KV-Y 배전선로에 대해서는 뇌의 주방전에 따른 유도뢰전압이 얼마나 발생하는지 아직까지 검토한 결과가 나와있지 않다. 따라서 본 논문에서는 22.9 KV-Y 선로에서 주방전에 따른 유도뢰 크기를 단순한 모델 즉 1상 도체와 중성선을 감안하여 검토를 실시하였다. 앞으로 본 이론을 더전개 확대하여 가공지선 및 피뢰기 설치효과를 재검토하고 그 결과를 22.9 KV-Y 배전계통 내뢰설계에 반영할 예정으로 계속 연구중에 있다.

2. 계산 이론

RUSCK 는 도체의 유도스칼라 포텐셜 V 와 도체전류 I 간의 관계식을

$$\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right) = [L] \left(\frac{\partial I}{\partial t}\right) \dots (1)$$

$$\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right) = [C] \left(\frac{V_i - V}{\partial t}\right)$$

- (L) : Inductance matrix
- (C) : 정전용량 matrix
- : 기유도 Scaler potential

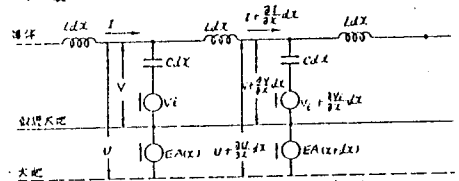
로 표시하고 도체에 발생하는 유도전압 U_u 는 유도 scaler potential V_u 에 뇌격전류에 의해서 발생하는 기유도 Vector potential A_i 의 영향을 받으므로

$$U_u = V_u + h \left(\frac{\partial A_i}{\partial t}\right) \dots (2)$$

h : 선로도체 높이

와 같이 유도뇌전압 U_u 를 계산한다.

변이점 이외의 일부분구간에서 차분방정식으로 (1)식을 풀기위해 제도와 같이 등가회로로 그릴수가 있다.



제도 : 유도뇌전압 해석 등가회로

여기에서 $V_{m,n}(t)$ 와 $I_{m,n}(t)$ 의 표현에서 m 은 도체번호, n 은 선로방향의 분할점의 번호를 표시하고 (1)식을 차분방정식으로 표시하면

$$\left[\frac{I_{n,v}(t) - I_{n,v}(t+\Delta t)}{\Delta x}\right] = [C_{n,m}] \left\{ \frac{V_{n,v}(t+\Delta t) - V_{i,n,v}(t+\Delta t)}{\Delta t} - \left[\frac{V_{n,v}(t) - V_{i,n,v}(t)}{\Delta t} \right] \right\} \dots (3)$$

이 된다.

(3)식의 좌변을 다음과 같이 치환한다.

$$[B(n)] = \left\{ \frac{V_{n,v}(t+\Delta t) - V_{i,n,v}(t+\Delta t)}{\Delta t} - \left[\frac{V_{n,v}(t) - V_{i,n,v}(t)}{\Delta t} \right] \right\} \dots (4)$$

(4)식을 (3)식에 대입하면

$$[C_{n,m}] \cdot [B(n)] = - \left[\frac{I_{n,v}(t) - I_{n,v}(t+\Delta t)}{\Delta x} \right] \dots (5)$$

(5)식에서 B(1) - B(n) 의 n 개의 방정식에서 $[B(0)]$ 를 구할 수가 있다.

(4) 식에서

$$V_{n,v}(t+\Delta t) = B(n) \Delta t + V_{i,n,v}(t+\Delta t) + V_{n,v}(t) + V_{i,n,v}(t) \dots (6)$$

이리고

$$\left[\frac{V_{n,v}(t+\Delta t) - V_{n,v}(t)}{\Delta t}\right] = [L_{n,m}] \left[\frac{I_{n,v}(t+\Delta t) - I_{n,v}(t)}{\Delta t}\right] \dots (7)$$

(7) 식에서

$$[BB(n)] = \left[\frac{I_{k,v}(t+\Delta t) - I_{k,v}(t)}{\Delta t} \right]$$

로 치환해서 (7)식에 대입하면

$$[L_{n,n}] \cdot [BB(n)] = - \left[\frac{V_{n,v}(t+\Delta t) - V_{n,v}(t)}{\Delta t} \right] \quad \text{----- (9)}$$

(9)식은 BB(1) ~ BB(m)의 n개의 미지수인 방정식으로서 해를 얻을 수가 있다. 여기서

(8)식은

$$I_{k,v}(t+\Delta t) = BB(n) \cdot \Delta t + I_{k,v}(t) \quad \text{--- (10)}$$

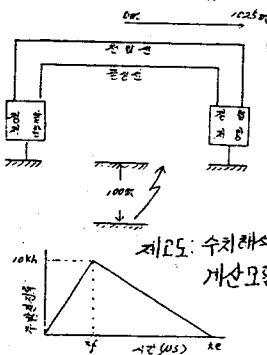
단 $k=1 \sim m$

3. 22.9 KV-Y선로의 유도된 계산

22.9KV-Y계통에는 중성선이 설치되어 있고 이 중성선은 다중접지되어 있으나 여기서는 계산을 간단히 하기 위해 선로도중의 외 접지의 개소(변이점)는 무시한 것으로 가정하였으며, 수치해석상의 계산조건은 다음과 같다.

- 선로장 l : 2050(m)
- 선로지상고 h : 10(m)
- 선로도체 : ACSR 95²
- 중성선도체 : ACSR 32²
- 주방전전류 I : 10KA
- 파동장 λ_f : 1μs ~ 3μs
- 파형 시간 λ_f : 78μs
- 진행속도 V_r : 0.3 × 10⁸ (m/sec)
- 뇌극 점과 선로와의 거리 b : 100(m)

계산모델은 전압선 1선과 중성선 1선으로 하여 제 2도와 같이 계산하였다.

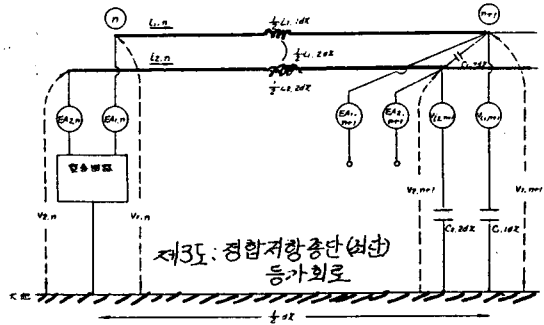


그러나 22.9 KV-Y 배전계통은 다중접지계통으로 현재 운전중인 배전계통의 중성선 접지는 매 300m 이하마다 접지됨으로

이 접지점을 고려시에는 변이점으로 취급 계산하여야 하나 본 논문에서는 접지되지 않는 지점으로 부터 100m 거리에서 대지에 낙뢰시 전압선에 유도된 파생하는 것으로 가정하였다.

유도된 전압은 선로의 지상고에 비례(3.5)

하기 때문에 전압선을 1선만을 고려해도 큰 차가 없기 때문이다. 그러나 임의의 선로구간에서는 제 2도와 같이 정합저항 (선로 써어즈 임피던스)으로 정합된 것으로 고려할 수가 있으므로 배전선로는 결과때문에 유도된 현상을 해석할 때에는 임의의 선로장을 선택하여 이때에 반사가 발생하지 않도록 조건을 고려해야 한다. 따라서 제 2도의 좌단을 제 3도와 같이 등가회로로 취급할 수가 있다.



제 3도는 반사가 생기지 않는 종단회로로 표시되기 때문에 다음식을 유도할 수가 있다.

$$V_{v,n}(t) = V_{v,n+1}(t) + \frac{m}{\Delta t} \frac{L_{v,n}}{2} \cdot \Delta x \cdot \frac{di_{v,n}(t)}{dt} \quad \text{--- (11)}$$

단 $v=1 \sim m$

특히 말단에서는 반사가 생기지 않는 조건이므로 $V_{v,m}(t) = \frac{m}{\Delta t} Z_{v,u} \cdot i - \lambda_{u,m}(t)$ --- (12)

(12)식을 (11)식에 대입하여서

$i_{v,n}(t+\Delta t)$ 구해서 (12)식에 대입하면 $V_{v,n}(t+\Delta t)$ 를 구할 수가 있다.

즉

$$V_{v,n}(t) = V_{v,n+1}(t) + \left[\frac{L_{v,n}}{2} \cdot \Delta x \right] \cdot BB(n) \quad \text{--- (13)}$$

에서 B(n)를 구해서

$$i_{v,n}(t+\Delta t) = B(n) \cdot \Delta t + i_{v,n}(t) \quad \text{--- (14)}$$

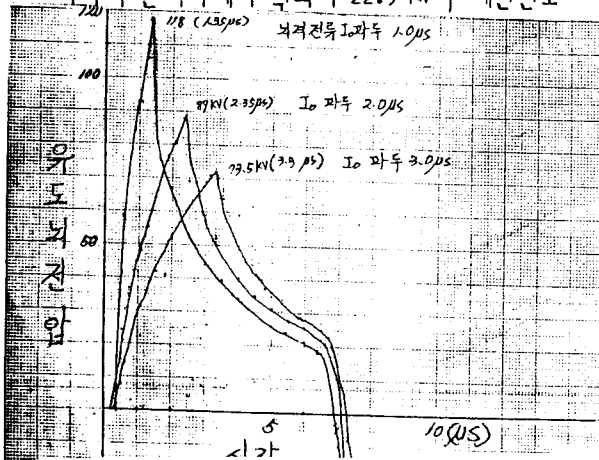
이므로 유도스칼라 포텐셜 $V_{v,n}(t+\Delta t)$ 는

$$V_{v,n}(t+\Delta t) = [Z_{v,n}] \cdot i - i_{v,n}(t+\Delta t) \quad \text{--- (15)}$$

이와 같은 방법으로도 좌단을 구할 수가 있다.

지금까지 전개된 공식을 전자계산기로 계산한 결과 제 4도와 같이 뇌격전류의 파도가 1.0 μ s 시에 118 kV(1.35 μ s)와 같이 급준한 유도뇌격 발생하며 2.0 μ s 시 89kV(2.35 μ s) 및 3.0 μ s 시에는 73.5 kV(3.35 μ s)인 유도 뇌전압이 발생하고 있으며 뇌격전류가 15-20kA(파두장 2.0 μ s 로 가정시)로 50m 정도에서 낙뢰시에는 15 kA 시 192 kV(2.15 μ s) 20kA 시 250 kV(2.15 μ s) 발생하는 것으로 된다.

따라서 근거리에서 낙뢰시 22.5 kV- γ 배전선로



제4도 유도뇌 전압계산치

4. 결 론

본 논문에서는 기유도 스퀘어 포텐셜 V_A 와 기유도 벡터포텐셜 A_A 계산은 기 발표된 논문(7)에서 인용 계산하였고 특히 22.5 kV- γ 배전 계통은 중성선이 300 Ω 마다 접지되어 있어 본 계산을 기초로 하여서 중성선의 접지 계소(변이점)을 고려한 유도뇌 계산방식의 연구가 필요(현재 연구중에 있음)하다. 그러나 뇌격전류의 파두시간이 급준한 경우 이에 따른 유도뇌전압의 파두시간도 급준한 것을 알수가 있었다. 이는 22.5 kV- γ 배전 계통의 뇌사고(조사지역, 경지, 충남, 전북지역)를 조사 결과(3.5) 뇌사고중 70% 이상이 주상변압기로서 근거리에서 뇌격시는 이와같은 파형의 유도전압에 견딜수 있는 보호대책과 본 논문을 더욱 확대시키면 가공지선과 피뢰기설치 효과를 검토할 수 있는 계기가 될 것으로 사료 된다.

참 고 문 헌

1. 공무해의 귀국보고서 : 배전선 내뢰대책과 이상전압 추정 : 1985년 임용혁
2. 22.5 kV- γ 선로에서 유도뇌에 대한 가공지선 효과 : 학계학술회의 논문집 1985. 134 - 136 김정부, 임용혁
3. IKL 도 작성 및 배전선 내뢰설계 1차 중간보고 1985. 6. 임용혁
4. 연구발표회 초록집 1985. 10. 10 : IKL 도 작성 및 배전선 내뢰설계' 임용혁, 오광현
5. IKL 도 작성 및 배전선 내뢰설계 (2차 보고) 1986. 5. 임용혁
6. 1986년 학계학술논문 : 22.5 kV- γ 배전선로에서 피뢰기 설치효과 김정부, 임용혁
7. 마도체계 유도뇌 현상 해석 프로그램 개발 : 1984. 4. 전력중앙 회계류 요꼬야마