

CAPE 전력기술상담

본 란은 전력 기술인 상호간의 기술교류와 현장에서의 기술적인 문제
 전을 상호연구 검토하여 해결하고자 새롭게 신설하였습니다. 현장 기술
 상의 문제해결사례 또는 문제점을 보내주시면, 본 란을 통하여 공개 토
 론이 될 수 있도록 하겠습니다.

6.6kV 비접지 계통에 1선 지락 사고가 발생하였다. 선택 지락 계전기가 동작되
 지 않고 GPT가 소손되었다. 선택 지락 계전기는 유도형을 사용했으며 개체시험
 결과 계전기에는 이상없이 정상 동작이 되었다. 원인과 대책은 무엇일까?



☞ 전 명 수 ☞

발송배전기술사
 (주)한신콘설탄트
 ☎ 02) 563 - 6761

- 피더 3: CV, cable 250mm² 1φ 3선×4km
 CV, cable 100mm² 1φ 3선×4km

3) 릴레이 특성

■ SGR

- 정격전압:190V
- 최소동작전류(최대감소): 위상각 진
 상 37도, 정격전압에서 150mA
- 최소동작전력: $V_0 \times I_{oc} \cos(\theta - \text{최대감
 도각}) = 190 \times 0.15 \cos(37 - 37) = 28.5W$

■ OVGR

- Tap: 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65V
- Setting Tap: 35V

1. 지락보호계통 및 사고전류 분포상태

1) 계통도(그림 1)

2) 기기정수

■ GPT정격

- 정격전압: $\frac{6600}{\sqrt{3}}, \frac{110}{\sqrt{3}}$
- 정격용량: 200VA×3대
- 제한저항: 25Ω
- 절연특성: 6.6kV, 1선 지락시 30분
 사용가능

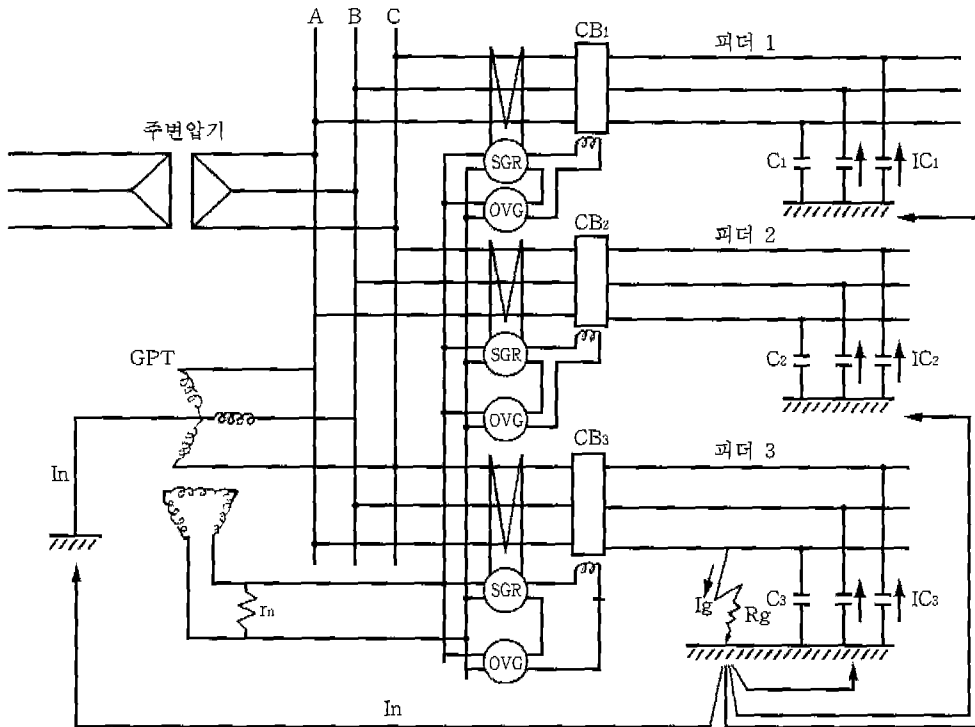
■ 선로정수

- 피더 1: CV, cable 325mm² 1φ 3선×4km
 CV, cable 150mm² 1φ 3선×4km
- 피더 2: CV, cable 325mm² 1φ 3선×4km
 CV, cable 200mm² 1φ 3선×4km

2. 원인분석

우리나라에서 과거 한국전력공사의 전력계
 통이 3.3kV, 6.6kV, 22kV 비접지 계통운영당
 시 가공선이 대부분이었고 현재는 22.9kV 다
 중접지 계통으로 변경되었으며 비접지 계통
 은 공장의 구내배전 또는 지하철 한전 일부
 설비에 사용되고 있으나 과거와는 달리 대부
 분의 배전계통이 케이블로 구성되어 있다.

그러나 전력계통의 근간이 되는 한국전력
 이 비접지 계통을 채택하지 않고 있으므로
 비접지 계통 보호방법에 대해 관심있는 기



<그림 1>

술자가 적고 과거 비접지 가공선로 계통보다 케이블 사용계통에는 검토될 사항이 많음에도 불구하고 심도있게 검토하여 적절한 보호방법을 선택하지 못하고 있는 듯하다.

과거 한전에서 비접지 계통에 채택하던 선택접지 계전기는 가공선에 사용하는 것이 대부분이었으므로 영상전류값만 동작치 이상이 되면 영상전압 검출에는 문제가 없고 릴레이 동작에 지장이 없었으나 최근에 사용되는 대부분의 비접지 계통은 케이블을 사용하게 되어 케이블 충전전류가 큼으로 영상전압이 너무 적게 나타나게 되므로 지락 저항의 값이 높게 되면 동작하지 않게 된다.

1) 건전상에 이상전압 발생

사고선로가 차단되지 않으면 건전상의 대지전위가 상승하게 되고 정상상태 $\frac{6.6kV}{\sqrt{3}}$

1선, 완전지락시 건전상의 대지전위는 6.6kV($\sqrt{3}$ 배)까지(영구사고지속) 과도상태

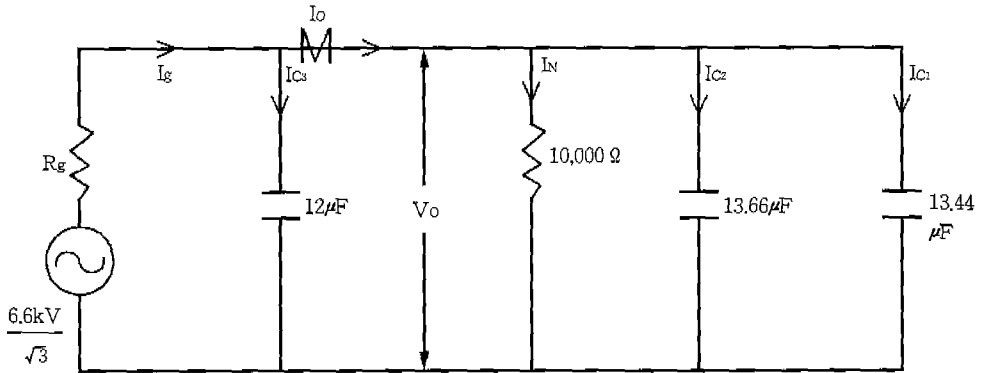
지락점 arc지락시(간헐 arc지락)는 3.5배까지 건전상의 전압이 상승한다.

2) GPT의 과부하

GPT는 정상운전상태에서는 정격전압 $\frac{6.6kV}{\sqrt{3}}$ 에 적절한 여자전류만 흐르게 되지만 1선 지락이 발생하면 유효분 영상전류가 흐르게 되며 이 영상전류의 크기는 제한저항과 지락저항 충전용량에 영향을 받게 된다. 그러나 가장 큰 직접적인 영향은 제한저항의 값에 따라 좌우되며 제한저항을 GPT의 용량에 적합하게 선정하지 못하면 과부하로 GPT가 소손되게 된다.

제한저항은 중성점의 전압 hunting과 제3고조파 전류흡수 및 릴레이의 최소동작전류 등을 고려하여 결정하게 되며 이 값에 따라 GPT의 용량이 선정된다.

3) OVGR의 부동작



<그림 2>

선로의 충전전류가 너무커서 영상전압이 셋팅값(최소값) 35V보다 낮게 나타났으므로 진동 등에 의한 오동작 방지를 위하여 SGR과 직렬로 연결된 OVGR이 동작하지 않았으며 따라서 차단기는 트립될 수 없으며 사고가 지속되면 위 1), 2)의 원인으로 GPT는 소손하게 된다.

지락저항 Rg를 1,000 Ω으로 가정할 때

3) 사고전류

$$I_g = \frac{\frac{V}{\sqrt{3}}}{R_g + \frac{1}{\frac{1}{R_r} + j\omega(C_1 + C_2 + C_3)}}$$

$$= \frac{V}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{1 + R_g \left\{ \frac{1}{R_r} + j\omega(C_1 + C_2 + C_3) \right\}}$$

4. 이론적 배경

1) 정전용량

- 피더 1

$$325\text{mm}^2 \Rightarrow 3 \times 0.61 \times 4\text{km} = 7.32[\mu\text{F}]$$

$$150\text{mm}^2 \Rightarrow 3 \times 0.51 \times 4\text{km} = 6.12[\mu\text{F}]$$

$$\frac{13.44[\mu\text{F}]}{13.44[\mu\text{F}]}$$

- 피더 2

$$325\text{mm}^2 \Rightarrow 3 \times 0.61 \times 4\text{km} = 7.32[\mu\text{F}]$$

$$200\text{mm}^2 \Rightarrow 3 \times 0.52 \times 4\text{km} = 6.24[\mu\text{F}]$$

$$\frac{13.66[\mu\text{F}]}{13.66[\mu\text{F}]}$$

- 피더 3

$$250\text{mm}^2 \Rightarrow 3 \times 0.55 \times 4\text{km} = 6.6[\mu\text{F}]$$

$$100\text{mm}^2 \Rightarrow 3 \times 0.45 \times 4\text{km} = 5.4[\mu\text{F}]$$

$$\frac{12 [\mu\text{F}]}{12 [\mu\text{F}]}$$

2) 선로의 임피던스를 무시하면 등가회로는 그림 2와 같다.

제한저항의 1차 환산값,

$$R_v = \frac{n^2 r_n}{9} = \frac{60^2 \times 25}{9} = 10,000 \Omega$$

4) 릴레이 설치점의 영상전압

$$V_{01} = I_g \times \frac{1}{\frac{1}{R_r} + j\omega(C_1 + C_2 + C_3)}$$

$$= \frac{V}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{1 + R_g \left\{ \frac{1}{R_r} + j\omega(C_1 + C_2 + C_3) \right\}}$$

$$V_{01} = \frac{3810}{1 + 1000 \left(\frac{1}{10000} + j2 \right) \times 3.14 \times 60 \times 39.1 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{3810}{1.1 + j14.73} = \frac{3810(1.1 - j14.73)}{1.1^2 + 14.73^2}$$

$$= \frac{4191 - j56121}{218.18} = 19.2 - j257$$

$$= 257.71 \angle -85.73^\circ$$

$$V_{0\Delta} = 257.71 \times \frac{1}{60} \times 3 = 12.88\text{V}$$

여기서, $V_{0\Delta} = \text{open delta}$ 에 나타나는 전압(영상전압은 a, b, c상 동일한 위상이므로 3배 필요)

5) 릴레이 설치점의 영상전류

$$I_0 = I_N + I_{C1} + I_{C2} = \left\{ \frac{1}{R_N} + j\omega(C_1 + C_2) \right\} V_0$$

$$= \frac{257.71}{10000} + j2 \times 3.14 \times 60 \times 10^{-6} (13.44 + 13.66) \times 257.71 = 0.0258 + j2.632$$

$$= 2.633 \angle 89.44^\circ$$

6) SGR의 동작력

$$P = V_0 \times I_0 \cos(\theta - \text{최대감도각})$$

$$= 12.88 \times 2.633 \cos(89.44 - 37)$$

$$= 20.47W$$

7) 지락저항 0Ω으로 완전 지락시

$$I_N = \frac{V}{\sqrt{3} R_N} = \frac{6600}{\sqrt{3} \times 10000} = 0.381A$$

단위 GPT당 흐르는 전류

$$I_N' = \frac{0.381}{3} = 0.127A$$

8) GPT의 정격전류

$$I_P = \frac{200}{\frac{6600}{\sqrt{3}}} = 0.0524A$$

이 경우 PT의 과부하율 = $\frac{0.127}{0.0524} = 2.42\text{배}$

5. 결론 및 대책

1) 문제점

과거 가공선에는 문제가 없던 전력형 선택 지락 계전기는 충전전류가 큰 케이블 계통에는 사용하기 곤란하며 또한 오동작 방지를 위하여 기존의 OVGR과 직렬 사용은 더욱 곤란하다.

본 계통의 경우는

가. 영상전압

지락사고저항이 1,000Ω만 되어도 (실제로는 더 큰 경우가 대부분일 것임) 릴레이 감지영상전압 12.88V(최대 190V)이므로 OVGR 최소정정 35V에 못미치므로 동작하지 않는다.

나. GPT 과부하

완전 지락시는 242%의 과부하 전류가 흐른다.

다. SGR 동작력

20.47W로 SGR 최소 동작력 28.5W에 못 미치므로 동작하지 못함.

라. 위와 같은 요인으로 사고선로가 차단되지 못하면 건전상의 전압상승 및 과부하에 의해 GPT는 소손하게 된다(현재 국내의 GPT는 지락시 30분 정격으로 제작됨).

이같은 계통의 경우 지락사고를 차단하지 못하고 간헐 arc 지락이 계속될 경우 전력계통에는 무부하 충전전류의 이상전압이 Hunting하게 되므로 절연이 약한 기기의 연쇄사고와 정밀 기기의 오동작이 우려되며 결과적으로 사고가 확대되어 단락 사고로 진전된 후 과전류 계전기에 의해 차단될 때까지 지락사고는 계속될 것이다.

2) 대책

이와 같이 충전전류가 큰 케이블 계통은 초기 설계 단계이면 중성점 저항 접지 계통이 바람직할 것이며 이미 운전중인 경우는 본 검토에서 생략된, 각종 선로정수, 연결부하의 종류, 계통의 운전조건 등을 고려하여 GPT의 용량, 제한 저항값, 적정한 릴레이로 교체하고 정확한 계통 검토에 의한 릴레이 보호협조정정이 필요할 것이며 계전기는 전력형 릴레이가 아닌 영상 전압과 영상전류가 별도로 동작값을 갖는 정지형 계전기가 바람직 할 것이다.