

2 Step 이상 운용 고객의 구내배전계통 지락보호시스템 구성 현황 및 문제점 검토

(A Study on Trouble and Arrangement of the Ground-Fault Protection for 2 Step Voltage
Distribution System of Premises)

임진성* · 신명호**

(Jin-Sung Im · Myoung-Ho Shin)

Abstract

Most accidents occurred in power receiving & transforming facility are ground fault. The quality of power supply is deteriorated since the ground fault is not detected promptly. This paper analyzes the problems about system-grounding type of 2 step power receiving & transforming facility, arrangement of protection relaying scheme and ground-fault protection system of ungrounded system. Then, this paper presents the arranging scheme of system-grounding type to improve power supply reliability.

Key Words : Ground Resister Current, Grounding, Power System, Ground Fault

1. 서 론

고객의 수·변전설비는 수전용량과 배전시스템에 따라 1 Step(직접강압법, 22.9[kV]/380[V]), 2 Step(2단강압법, 22.9[kV]/6.6[kV]/380[V]) 방식으로 구성되며, 1 Step 방식은 중소규모의 전기설비에 적용하고 용량이 증가되면 주로 2 Step 방식이 사용된다.

2 Step 이상으로 운용중인 고객의 배전계통 사고는 대부분 지락사고이나 보호계전기들이 정상적으로 동작되지 않아 사고가 과급되고 피해가 증가되는 경우가

많이 발생되고 있으며, 이러한 고객의 배전계통 접지 방식은 대부분 비접지방식($\Delta-\Delta$)으로 운용되고 있다.

본 논문에서는 설계 및 운용시 2 Step 이상의 구내 배전계통 접지방식 변경의 필요성과 보호계전기에 의한 지락사고 회선의 선택차단 등 접지방식과 지락보호계전시스템의 최적방안에 대해 연구하고자 한다.

2. 지락보호시스템 구성

2.1 직접접지계통의 지락보호

과전류계전기는 그림 1과 같이 변류기의 2차측에 접속되어 과부하 및 고장구간을 제거하는 것으로서 보호방식이 간단하고 가격도 저렴할 뿐 아니라 고장제거가 확실하므로 가장 널리 쓰이고 있다. 과전류계전기(51)는 각상에 설치하며 지락사고의 검출은 잔류회

* 주저자 : 한국전기안전공사
** 교신저자 : 서울과학기술대학교 전기공학과 부교수
Tel : (02)3404-3953, Fax : (02)3404-3978
E-mail : jjs88@kesco.or.kr
접수일자 : 2010년 7월 9일
1차심사 : 2010년 7월 13일
심사완료 : 2010년 8월 17일

로에서 검출한다[1].

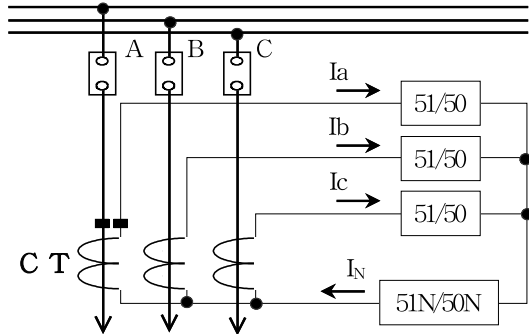
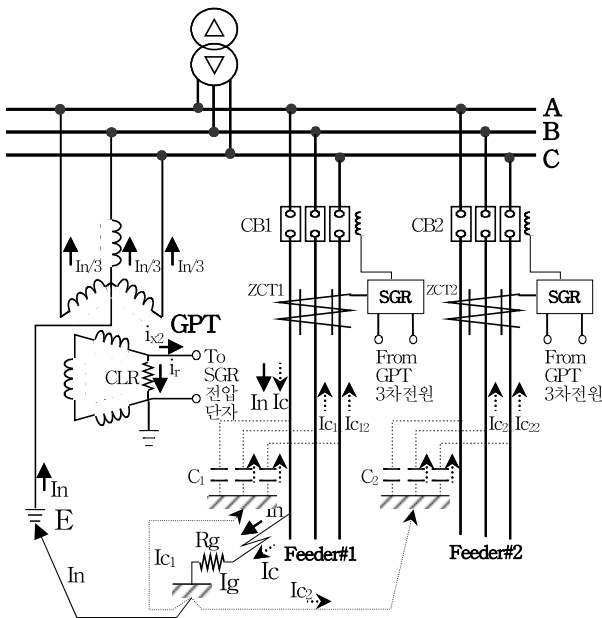


그림 1. 직접접지방식의 보호계전방식
Fig. 1. Protection relaying scheme for neutral point solidly grounding system

2.2 비접지계통의 지락보호

2.3 저항접지계통의 지락보호



GPT: 접지변압기; ZCT1, ZCT2: 영상변류기; CLR: 한류저항기, Rg: 지락고장점의 지락저항; C1: Feeder#1 선로정전용량, C2: Feeder#2 선로정전용량; Ig: 지락전류, In: GPT에 흐르는 전류; Ic: 선로충전전류($I_{c1}+I_{c2}$), I_{c1} : Feeder1의 충전전류($I_{c11}+I_{c12}$), I_{c2} : Feeder2의 충전전류($I_{c21}+I_{c22}$)

그림 2. 비접지계통의 지락전류
Fig. 2. Ground current of ungrounded system

비접지계통에서 지락보호는 GPT와 ZCT를 설치하여 영상전압과 영상전류를 검출하며, 보호계전기는 선택지락계전기(SGR)을 이용하여 그림 2와 같이 지락사고 회선을 선택차단할 수 있도록 구성한다[2].

선택지락계전기는 지락사고시 영상전압과 영상전류의 적(積)으로 동작하는 방향성계전기로서 그림 2와 같이 Feeder#1에서 지락사고 발생시 ZCT1에 의해 지락사고전류를 검출하여 동작하며, 사고가 발생되지 않은 Feeder#2의 경우는 사고전류(I_{c21} , I_{c22})가 반대방향으로 나타나기 때문에 동작하지 않는다. 즉 고장전류의 위상을 가지고 사고회선을 선택하여 차단하게 된다.

저항접지계통은 지락사고 발생시 CT Y결선 잔류(영상)회로 또는 3권선 CT에 의해 영상전류를 검출하여 OCGR을 동작시킨다.

보호계전기는 단계별로 일정한 시간차를 주어 상호 보호협조하는 한시차 보호협조 방식을 적용한다.

저항접지방식은 지락사고시 비접지방식에서 나타나는 보호계전방식의 복잡과 다단계 보호 불가능 등을 해소하기 위하여 도입이 고려된다[3].

3. 2 step 이상 배전계통의 접지방식 조사

2009년 12월말을 기준으로 서울시내에서 특고압 이상으로 수전 받는 고객 중 구내배전계통을 2 Step 이상으로 구성하여 운용중인 고객을 대상으로 전화를 이용하여 계통접지방식에 대한 자료조사를 실시하여 2 Step 이상으로 구성된 고객수, 접지방식 및 사고발생여부를 조사하였다. 자료조사 결과 서울시내 전체 고객 중에서 구내배전계통이 2 Step 이상으로 구성된 고객은 417호이며, 이중 380호는 비접지계통으로 운용중이고 37호는 저항접지계통으로 운용중인 것으로 조사되었으며, 비접지계통으로 운용 중 지

락사고시 보호계전기의 오·부동작에 의해 CLR 및 GPT가 소손되는 등 피해 사례가 다수 발생된 것으로 조사되었다.

표 1. 2 Step 이상으로 운용중인 고압배전계통의 접지방식 자료조사(서울시내)

Table 1. Survey result for grounding system over 2 step premises distribution system in Seoul

고 객 [호수]	2 Step 이상 배전계통 접지방식			
	직접접지 방 식	비접지 방 식	저항접지 방 식	리액터접지 방 식
417	-	380	37	-

4. 비접지계통의 충전전류 과대에 따른 SGR, OVGR 부동작 사례

4.1 개 요

6.6[kV] 비접지계통에서 그림 3, 4와 같이 1선지락사고가 발생하였으나, 선로의 충전전류가 너무 커서 영상전압이 보호계전기의 Setting값(최소값) 35[V]보다 낮게 검출되어 계전기(SGR, OVGR)가 동작되지 않고 CLR 및 GPT가 소손되는 사고가 발생하였다.

4.2 지락고장점 저항에 따른 영상전압

그림 3의 등가회로는 그림 4와 같으며, 지락고장 전류 및 영상전압은 다음의 식과 같다.

① GPT정격

- 정격전압 : $\frac{6600}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}} / \frac{190}{3}, 200[\text{VA}] \times 3\text{대}$
- 제한저항 : $25[\Omega] \quad R_n = \frac{n^2 r}{9} = \frac{60^2 \times 25}{9} = 10,000[\Omega]$

② 선로정수

- Feeder#1 : CV 325[mm²] 1C×4[km], 150[mm²] 1C×4[km]

- Feeder#2 : CV 325[mm²] 1C×4[km], 200[mm²] 1C×4[km]

- Feeder#3 : CV 250[mm²] 1C×4[km], 100[mm²] 1C×4[km]

③ 정전용량

- Feeder#1 : $13.44[\mu\text{F}](325[\text{mm}^2]) : 3 \times 0.61 \times 4[\text{km}] = 7.32[\mu\text{F}], 150[\text{mm}^2] : 3 \times 0.51 \times 4[\text{km}] = 6.12[\mu\text{F}]$

- Feeder#2 : $13.66[\mu\text{F}](325[\text{mm}^2]) : 3 \times 0.61 \times 4[\text{km}] = 7.32[\mu\text{F}], 200[\text{mm}^2] : 3 \times 0.52 \times 4[\text{km}] = 6.24[\mu\text{F}]$

- Feeder#3 : $12[\mu\text{F}](250[\text{mm}^2]) : 3 \times 0.55 \times 4[\text{km}] = 6.6[\mu\text{F}], 100[\text{mm}^2] : 3 \times 0.45 \times 4[\text{km}] = 5.4[\mu\text{F}]$

$$Z_0 = \frac{R_n}{1 + j3\omega R_n (C_1 + C_2 + C_3)} \quad (1)$$

$$Z_{00} = R_g + \frac{R_n}{1 + j3\omega R_n (C_1 + C_2 + C_3)} = \frac{R_g [1 + j3\omega R_n (C_1 + C_2 + C_3)] + R_n}{1 + j3\omega R_n (C_1 + C_2 + C_3)} \quad (2)$$

$$I_g = \frac{E_a}{Z_{00}} = \frac{E}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\frac{R_g [1 + j3\omega R_n (C_1 + C_2 + C_3)] + R_n}{1 + j3\omega R_n (C_1 + C_2 + C_3)}} \quad (3)$$

$$V_0 = Z_0 \times I_g = \frac{\frac{E}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(1 + \frac{R_g}{R_n})^2 + (3\omega R_n (C_1 + C_2 + C_3))^2}} \quad (4)$$

위 식에 의하면

- 고장점저항 R_g가 클수록 GPT 3차 영상전압은 작다.
- 정전용량 C가 클수록 GPT 3차 영상전압은 작다.
- 계통의 접지저항 R_n(CLR을 1차로 환산한 값)가 작을수록(계통의 GPT 개수가 많을수록) 지락사고시 GPT 3차 영상전압은 작다.

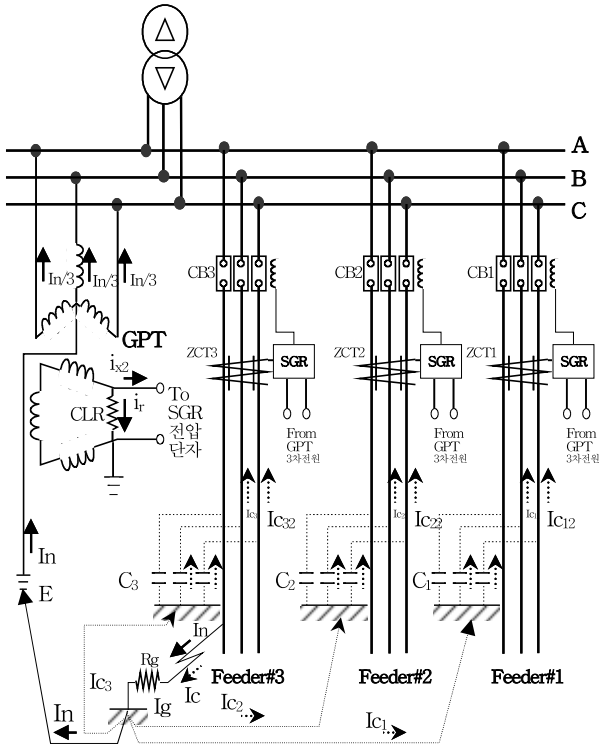


그림 3. 비접지회로 지락전류 계통도
Fig. 3. Ground current diagram of ungrounded circuit

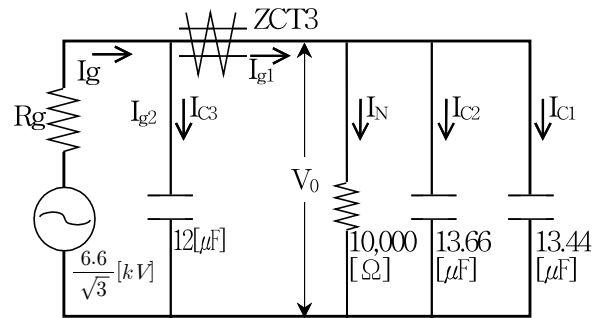


그림 4. 그림 3의 회로를 1차로 환산한 등가회로
Fig. 4. Converted Fig. 3 to equivalent circuit

4.3 검토결과

선택지락계전기는 배전선로의 충전전류가 큰 케이블 다량 포설 계통에는 적용하기 곤란하고 지락사고 검출감도가 저하되며, 지락사고시 고장점 저항에 따른 영상전압 및 지락전류, 위상차를 계산한 결과는 표 2와 같이 지락고장점 저항이 100[Ω]인 경우 영상전압

은 35.13[V], 1,000[Ω]인 경우 4.21[V]로서 OVGR의 최소정정치(유도형의 경우) 35[V]보다 낮게 검출되어 보호계전기는 동작하지 않는다.

표 2. 지락고장점 저항에 따른 영상전압 및 지락전류
Table 2. Zero-phase voltage & ground current at point of ground fault resistance

지락고장점 저항[Ω]	정전용량 [μF]	영상전압 [V]	지락전류 [A]	위상차 [θ°]
0	39.1	190.52	168.53	89.84
100	39.1	35.13	31.08	89.81
1,000	39.1	4.21	3.73	89.81

5. 대책 제안

5.1 저항접지방식 검토

저항접지방식은 지락사고시 변압기의 중성점을 통하여 돌아오는 지락사고전류를 제한하는 것인데 그림 5에서 지락사고전류(I_R)가 총 충전전류와 같거나 조금 크게 흐르도록 제한한다[4].

$$R \leq \frac{X_{co}}{3}, I_R \geq 3I_{co} \quad (5)$$

신설시에는 변압기 2차측이 Y결선인 변압기를 설치해야 하며, 기존에 설치된 변압기(Δ-Δ)의 경우에는 그림 6과 같이 중성점 접지용 변압기(G-TR)를 설치하여 지락전류를 제한한다.

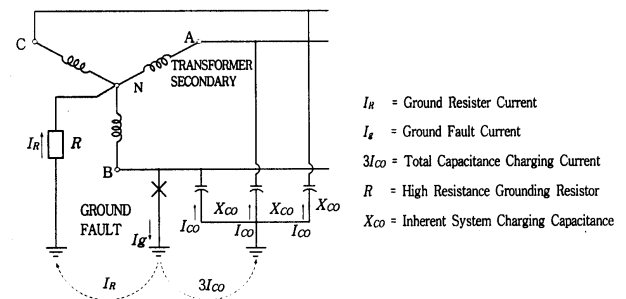


그림 5. 저항접지 계통의 지락사고 전류
Fig. 5. Ground fault current of resistance grounded system

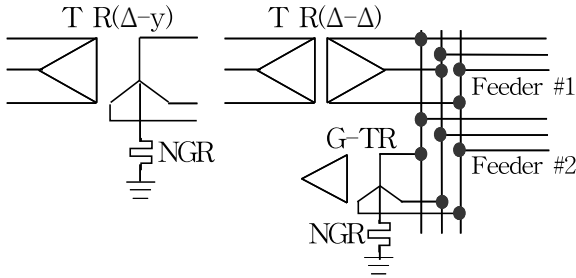


그림 6. 저항접지 계통
Fig. 6. Resistance grounded system

5.2 한시차 보호방식 검토

저항접지방식을 적용하여 최대 지락전류를 100[A] 내외로 제한시키고 그림 7과 같이 한시차 보호방식을 적용하여 F에서 지락사고 발생시 51N#3 (GOCR)가 주 보호를 51N#2는 후비보호를 할 수 있도록 보호협조(Relay Coordination)를 구성해야 한다[5].

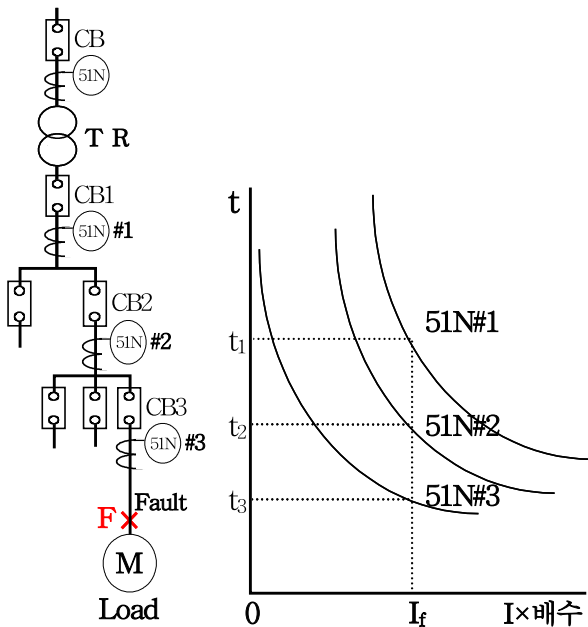


그림 7. 한시차 보호방식 계통도
Fig. 7. Protection system for time-delay

6. 결 론

본 논문에서는 2 Step 이상으로 운용중인 고객의 배전계통 접지방식과 지락사고에 대하여 자료조사를 실시하였으며, 대부분의 고객은 비접지방식을 적용하여 운용함으로써 지락보호계전기의 오·부동작이 많이 발생된 것으로 조사되었다.

이러한 지락보호계전기의 오·부동작 문제를 해결하기 위해서는 본 논문에서 제안한 계통접지방식을 저항접지로 변경할 필요가 있으며, 지락보호계전기는 한시차 보호방식을 구성하여 2차적인 사고의 확대를 방지하고 지락사고 회선을 선택 차단할 수 있도록 지락보호시스템을 구성하여야 한다.

References

- [1] 신대승, “보호계전시스템 기술”, pp.239-246, 2007.
- [2] 의제, “전기설비 기술계산 핸드북”, pp.1193-136, 1999.
- [3] 송길영, “최신 송·배전공학”, pp.207-239, 2010.
- [4] “22[kV] 지중배전계통의 저항접지방식 전환검토”, 한국전력공사, pp.127-137, 1984.
- [5] IEEE Std 141-1993, IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants, pp.185-391, 1993.

◇ 저자소개 ◇



임진성(任珍成)

1962년 7월 20일생. 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 2010년 8월 서울산업대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 ~ 현재 한국전기안전공사 근무.



신명호(申明昊)

1967년 11월 27일생. 1989년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1991~1996년 삼성종합기술원 근무(선임연구원). 2002년 8월~현재 서울과학기술대학교 전기공학과 부교수.