



비접지 방식의 특징과 지락보호 협조

파워세븐 엔지니어링

대표/전기안전 기술사 이 성 우

전력계통의 사고는 3상 단락에 비해 1선 지락사고가 대부분을 차지하고 있으며 적절한 접지를 통해 대지전압의 이상상승을 억제하고 보호 계전기에 의한 지락고장 검출 고장구간을 자동선택 차단하여 전력기기의 손상과 사고파급을 방지하여야 한다.

그러나 플랜트의 경우, 계통접지방식과 지락보호 시스템에 대한 이해부족으로 상기의 목적을 제대로 만족하지 못하는 사례와 정전으로 인한 2차적인 생산피해도 많이 발생하고 있다. 따라서 본론에서는 계통접지 방식 중에서 비접지 방식의 전반적인 이해를 돕고자하며, 이를 토대로 비접지 계통의 지락보호 협조에 대하여 학습하고자 한다.

본 내용은 파워세븐엔지니어링을 검색하면 자료를 다운 받을 수 있음.

목 차 CONTENTS

Electric Engineers Technology Information

- 1. 비접지 방식의 특징
 - 1.1 계통 접지방식비교
 - 1.2 비접지 방식의 특징
- 2. 비접지 계통의 지락전류 계산
 - 2.1 저압 비접지 계통에서 정전용량만을 고려하는 경우
 - 2.2 고압 비접지 계통에서 정전용량만을 고려하는 경우
 - 2.3 GPT 1개소를 설치한 경우
- 3. 비접지 계통의 지락보호 방식
 - 3.1 고압 비접지 계통의 지락보호
 - 3.2 저압 비접지 계통의 지락보호
 - 3.3 영상전류 및 영상전압 검출원리
 - 3.4 한류저항의 용량 및 접지형 계기용 변압기 부담
- 4. 비접지 계통의 지락보호 협조
- 5. 맺음말

[그림5]는 비접지 계통에서 방향성 지락계전기를 동작시키기 위한, GPT 3차측의 영상전압 검출과 지락전류의 흐름을 개략적으로 나타낸 것이다. 즉, 비접지 계통에서 영상변류기(ZCT)가 검출하는 지락전류는 GPT 중성점으로 흐르는 유효분 전류와 케이블 정전용량에 의한 충전전류의 벡터합성을 검출하는 것이다. 따라서 방향선택 지락계전기의 동작특성을 선정하는데 중요한 요소가 된다.

예제1) 계통접지 방식의 종류를 분류하고 중성점 접지 방식의 선정에 대하여 설명하여라.

해설) 계통접지방식은 [표1] [표3]과 같이 비접지방식, 고저항 접지방식, 저저항 접지방식, 직접 접지방식이 주로 적용되며, 이 밖에도 리액턴스 접지방식, 소호리액터 접지방식 등이 있다.

[표 11] 중성점 접지방식

접지방식의 종류	중성점 접지 임피던스
비접지	$Z_n = \infty$
고저항, 저저항	접지 $Z_n = R$
직접접지	$Z_n = 0$

① 저항접지계통

저압계통은 고저항 접지방식을 고려할 수 있으나 지락보호 협조와 환경에 주의하여야 하며, 고압계통에는 케이블 충전용량을 고려하기 때문에 저저항 접지방식이 많이 적용된다.

② 비접지계통

비접지 방식에서는 임피던스가 매우 크므로 지락전류가 작게 흐른다. 계통규모에 따라 다르지만 한류저항에 의해 제한되는 유효분 지락전류와 케이블 정전용량에 의해 결정되는 충전전류의 벡터합이 되어 흐른다.

③ 직접접지계통

1선 지락고장시의 건전상 전압은 Z_0/Z_1 로 대략 정해

지므로 중성점 저항치의 결정은 계통절연의 면에서도 검토해야 한다. 1선지락 고장시 건전상 전압이 상규 대지전압의 1.3배를 넘지 않는 중성점 접지방식을 유효접지방식이라 한다. 이렇게 하면 피뢰기의 정격전압을 낮추어 변압기의 절연을 경감할 수 있다. 유효접지 조건은 고장점에서 본 회로의 정상리액턴스 X_1 에 대해 영상회로의 저항 R_0 는 $R_0 \leq X_1$, 영상리액턴스 X_0 는 $X_0 \leq 3X_1$ 의 범위가 되도록 중성점 접지의 임피던스를 선정하는 것이다. 직접접지방식에서는 대개의 경우 이 조건을 만족한다. (세부내용은 7~8월호 전력기술인 협회지 참조)

즉 1선지락 고장시 건전상의 이상전압은 접지방식에 따라 정해지는 계통의 유효접지 전류와 계통의 충전전류에 의해 좌우된다. 이상전압은 계통의 충전전류와 동등 이상의 유효접지 전류를 흐르게 하면, 억제되므로 설계에 있어서 매우 중요하다. 케이블의 충전전류는 선종, 사이즈 등에 따라 다르겠지만 개략의 기준은 3kV 케이블이면 1A/km(0.6~1.5A), 6kV 케이블이면 1.3A/km(0.9~2.0A) 정도이다.

계통의 충전전류를 계산할 때는 각 분기회로의 합계와 장래의 증가분을 예상하여 다음 수식을 적용한다. 전력케이블의 3심 일괄 대지충전전류 I_C 는

$$I_C = 2\pi f C_o \frac{V}{\sqrt{3}} \text{ [A/km]}$$

여기서, C_o : 3심 일괄 대지정전용량 [$\mu\text{F/km}$]

V : 선간 전압 [V]

C_o : 3 C

C : 1심 대지정전용량 [$\mu\text{F/km}$] (제작사의 자료 또는 기술자료는 로 표시하고 있음)

$$C = \frac{0.02413 \times \epsilon}{\log_{10} \frac{D}{d}}$$

ϵ : 유전율

d : 도체의 외경 [mm]

D : 차폐층의 내경 [mm]

예를 들어 6.6kV 3심 일괄차폐 CV 케이블 22mm² 인 경우, 1심 대지정전용량 = 0.27 [$\mu\text{F/km}$] 이다. 따라서 3심

※ 그림 5, 표1, 표3은 10월호 협회지 참고

[표 4] 유도 전동기의 대지정전용량(6극 전동기 3상 일괄)

전압	대지정전용량(μF)					
	500kW	000kW	1500kW	2000kW	2500kW	3000kW
3.3kV	0.035	0.05	0.065	0.08	0.09	0.10
6.6kV	0.045	0.07	0.09	0.11	0.15	0.18

[표 5] 접지방식 비교(6,600V 기준)

충전전류	유효분 전류	접지방식	저항값	비고
$I_c \leq 500mA$	380mA	GPT 접지	25Ω	GPT 1대
$500mA < I_c \leq 1A$	1A	접지콘덴서	-	충전전류보상
$1A < I_c \leq 10A$	10A	NGR	380Ω	중성점 접지
$10A < I_c$	100~400A	NGR	38~10Ω	중성점 접지

일괄 대지충전전류 I_c 는

$$I_c = 2\pi f C_o \times 3.0 \times 0.27 \times 10^{-6} \times \frac{V}{\sqrt{3}} \approx 1.2[A/km] \text{ 이므로}$$

6kV 케이블일 때 개략값 1.3A/km(0.9~2.0A)의 범위에 있음을 알 수 있다. 따라서 계통접지방식을 선정할 때는 각 분기회로의 합계와 장래의 증가분을 예상하여 계산하고, 1선지락 고장시 전전상의 이상전압은 접지방식에 따라 정해지는 계통의 유효접지 전류와 계통의 충전전류에 의해 좌우되므로 계통의 충전전류 이상의 유효접지 전류가 흐르게 구성한다. 또한 고압 수용가의 경우 유도 전동기의 사용 대수가 많을 경우는 유도전동기의 대지 정전용량도 무시할 수 없으므로 [표4]를 고려하여 계산할 수 있다.

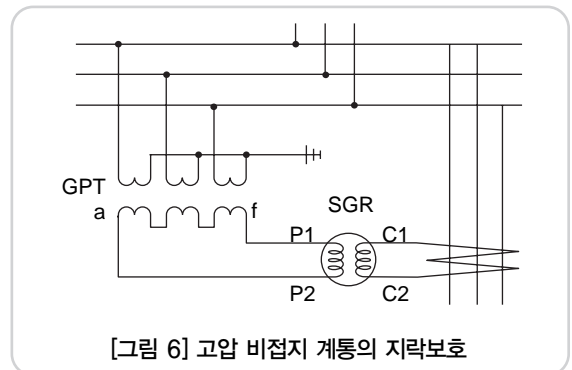
계통규모가 큰 고압계통에서는 일반적으로 저항접지방식을 적용하는 것이 다음과 같이 유리하며, [표5]는 충전전류 크기에 따른 중성점 접지방식을 비교한 것이다.

- ① 1선 지락시 안정도가 높다.
- ② 지락전류를 억제함으로써 유도장해 저감
- ③ 지락 계전기의 선택차단이 용이하다.
- ④ 비접지 계통에 비해 이상전압 측면에서 유리하다.

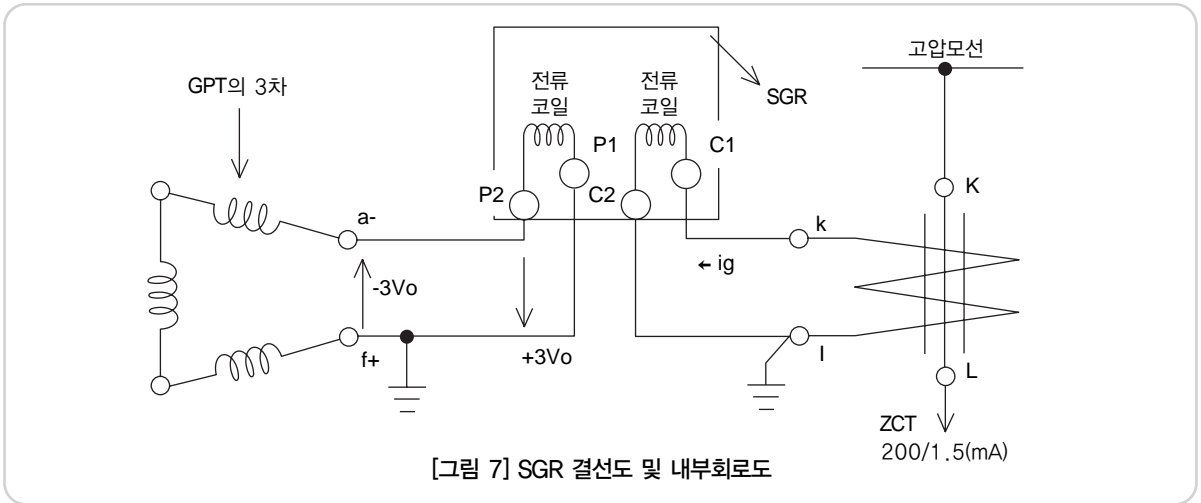
3. 비접지 계통의 지락보호방식

3.1 고압 비접지 계통의 지락보호

[그림6]과 같이 고압 비접지 계통에서는 지락 사고시 GPT를 이용하여 영상전압을 검출하고, ZCT로 영상전류(지락전류)를 검출하여 방향선택 지락계전기(SGR)를 설치하여 보호한다. 또한 분기회로와 후비보호 협조를 위해 시간지연 요소로써 지락 과전압계전기(OVGR)를 주회로에 사용한다. 계통의 케이블 충전전류가 충분하게 흐르는 경우, 고압전동기 기동반 또는 말단 분기회로에 지락계전기(GR)를 사용하면, 고속 선택차단을 시킬 수가 있고 GPT 설치개소를 최소화하여 영상전압 감도를 향상시킬 수도 있다.



[그림 6] 고압 비접지 계통의 지락보호

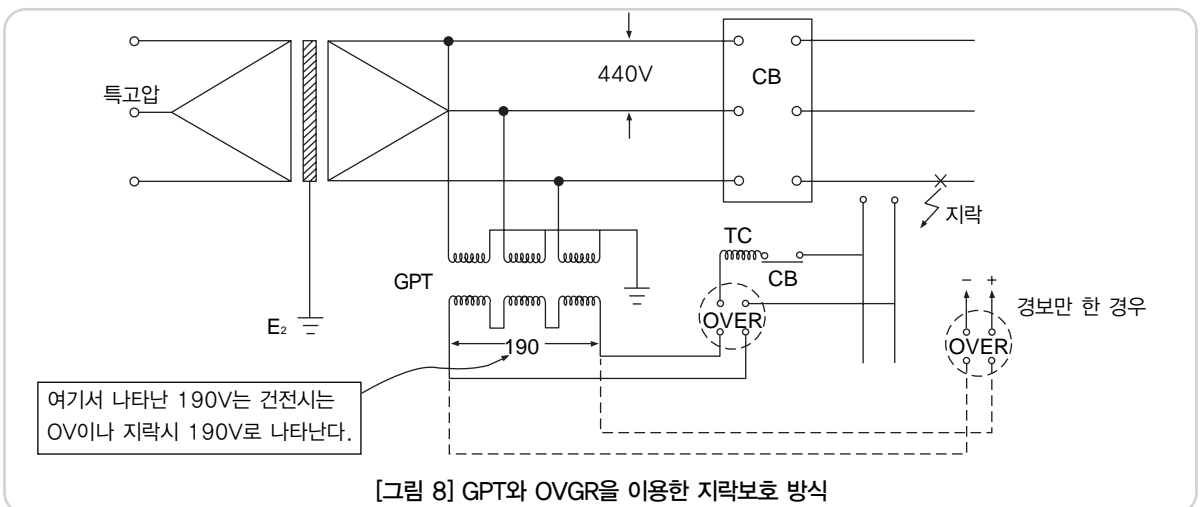


SGR은 GPT에서 영상전압과 ZCT에서 영상전류를 공급받아서 그 위상차에 의해서 동작되는 원리의 방향성 보호계전기이므로 결선이 잘못되어 극성이 바뀌면 오 동작을 하게 된다. 그러므로 반드시 [그림7]과 같이 결선 하여야만 한다.

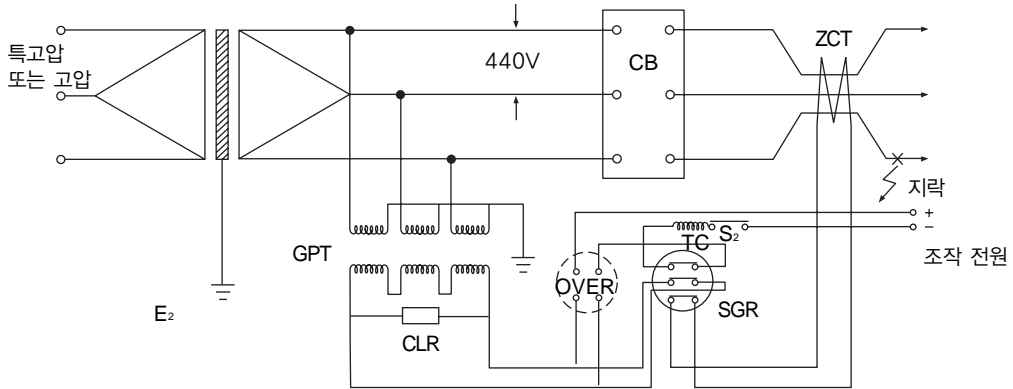
3.2 저압 비접지 계통의 지락보호

최근 전기설비의 규모가 증대함에 따라 저압계통의 용

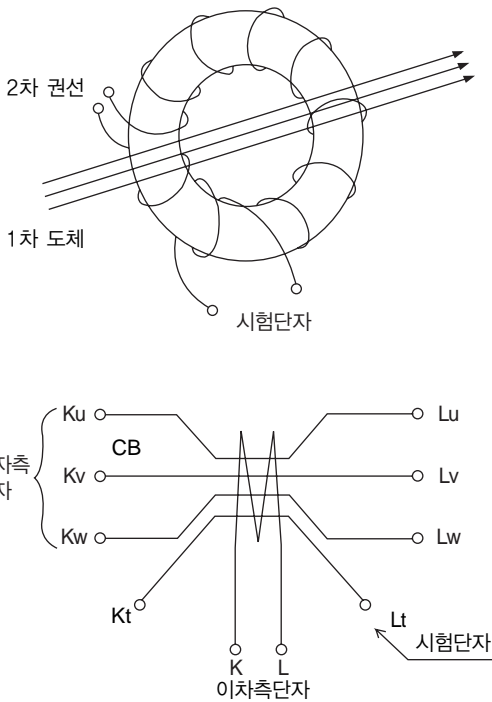
량이 계속 증가되고 이에 따라 계통사고는 고압측보다 오히려 부하측이 많이 발생하고 있으며, 저압측의 사고는 감전사고 또는 화재발생 등 큰 사고로 발전될 수 있다. 비접지 계통의 주회로에는 지락보호를 위해 [그림8]과 [그림9]와 같이 GPT를 이용한 OVGR 방식 또는 GPT와 ZCT를 이용한 OVGR+SGR(지락과전압 계전기+방향선택 지락계전기)를 직렬로 연결하여 방향성을 갖게 하는 방법 등이 있다.



여기서 나타난 190V는 건전시는 OV이나 지락시 190V로 나타난다.



[그림 9] GPT와 OVGR+SGR을 이용한 지락보호방식



[그림 10] 영상 변류기

3.3 영상전류 및 영상전압 검출원리

1) 영상 변류기

[그림10]은 비접지식에 사용하는 것으로 ZCT에 의한 영상전류 검출방식이다. 1차 도체가 관통한 원형 철심에 2차 권선을 40~60회 분포해서 권선한 것으로 1차측에 지락사고가 발생하면 지락전류가 흘러 그 2차에는 출력이 나온다.

2) 영상전압의 검출

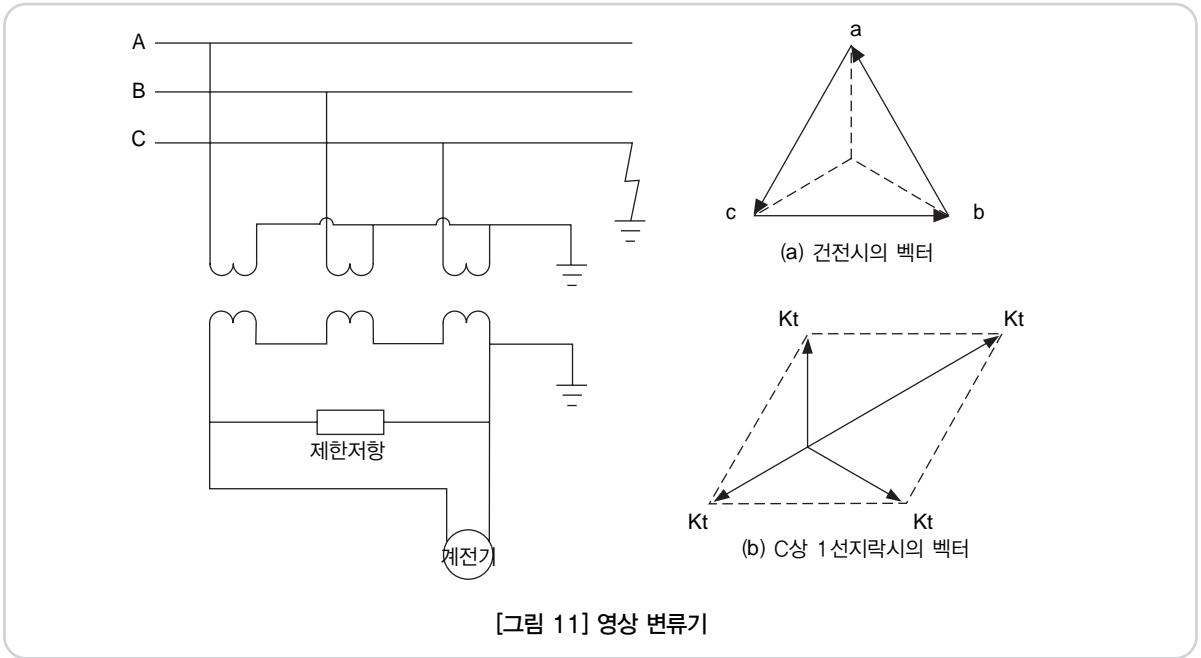
[그림11]은 영상전압 V_0 를 검출하는 방법이며 접지형 계기용 변압기 또는 단상 계기용 변압기 3대를 사용한다.

[그림11]처럼 GPT 3차 권선에 지락 계전기를 설치하고 벡터도와 같이 건전시의 개방단에는 전압이 나타나지 않지만 1선 완전 지락시는 개방단에 190V의 영상전압을 얻는다.

3.4 한류저항의 용량 및 접지형 계기용 변압기 부담

1) 한류저항의 용량

비접지 계통의 GPT 3차에 설치하는 한류저항(CLR)



의 크기는 [표6]과 같이 사용전압에 따라 다르게 사용되고 있다.

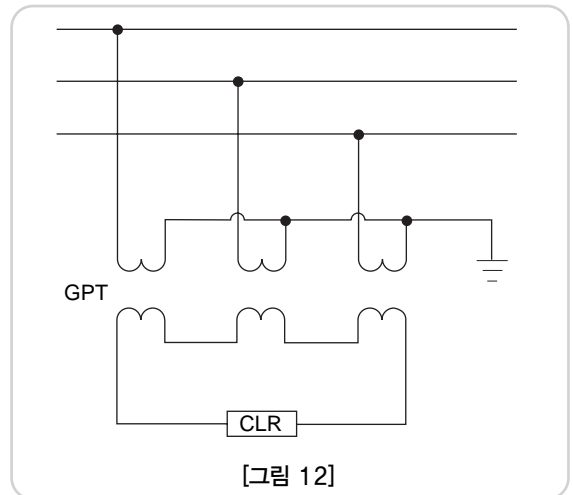
한류저항은 비접지 계통에서

- ① 지락전류의 제한
- ② 계전기에 유효전류 공급
- ③ 3고조파 억제 및 계통 안정화

를 위하여 [그림12]와 같이 설치하며, 이를 1차로 환산하면 아래와 같다.

$$\text{수식} \therefore R = \frac{n^2 \cdot r}{9} \text{ 에서}$$

(R: 한류저항 r을 1차로 환산한 값, n: GPT 권수비, r : 한류저항 크기)



다음호에 계속 ➡