



비접지 방식의 특징과 지락보호 협조

파워세븐 엔지니어링

대표/전기안전 기술사 이 성 우

목 차 CONTENTS

Electric Engineers Technology Information

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 본문에서는 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

- 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
 - 4.1 고압 계통의 지락보호 협조
 - 4.2 지락 과전압 계전기(OVGR) 정정계산 예
 - 4.3 저압 계통의 지락보호 협조
- 5. 맺음말

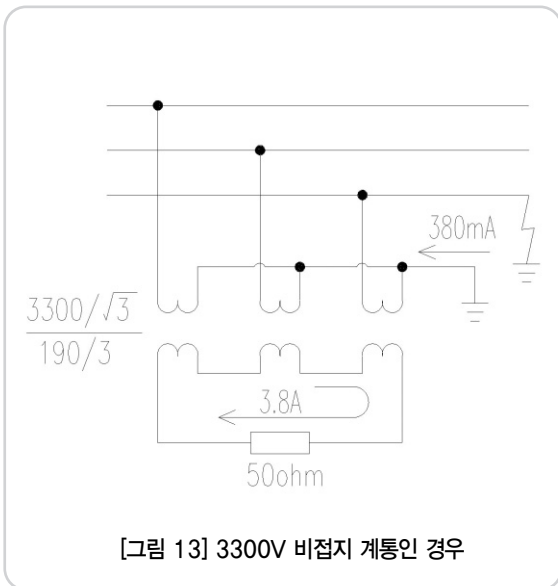
이 식에 의하여 한류저항을 1차측으로 환산할 때 1선 완전지락 사고의 지락 전류는 [표6]과 같이 380[mA]정도가 되도록 얻을 수 있다.

[표 6] 한류저항과 지락전류의 크기

계통전압	한류저항[Ω]	1차 환산 값[Ω]1선	지락전류[mA]
220V	750	334	380
440V	380	668	380
3300V	50	5,000	380
6600V	25	10,000	380

2) 접지형 계기용 변압기(GPT) 부담

GPT는 정상운전상태에서는 적절한 여자전류만 흐르게 되지만 [그림13]과 같이 1선 지락사고가 발생하면 1차측에는 유효분 영상전류 380mA가 흐르며, 3차측에는 $(0.38/3) \times 30 = 3.8A$ 가 흐른다. 따라서, 1선 지락 사고시 GPT에는 $3.8A \times 190V = 722VA$ 부담이 가중되므로 적절한 단시간 정격의 용량을 선정하여야 한다.



[그림 13] 3300V 비접지 계통인 경우

또한 1선 지락 사고시 한류저항(CLR)에 걸리는 전력은 $(3.8A)2 \times 50\Omega = 722W$ 이나, 작은 용량이 설치되어 있을 때 고장점이 지속되는 경우 소손될 우려가 있다. [표7]은 계통전압별 GPT의 부담을 계산하여 나타낸 것이므로 계산 값 이상의 적절한 용량을 선정하는 것이 바람직하다.

[표 7] 계통전압별 GPT의 부담

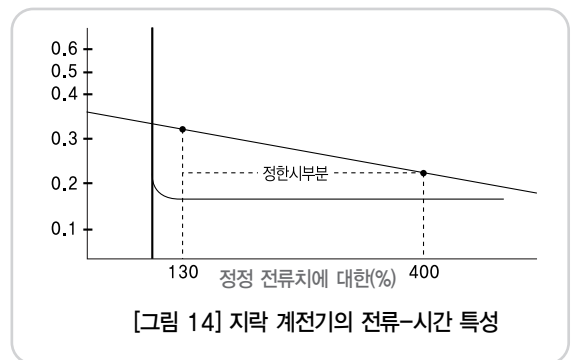
계통전압	GPT 권수비	GPT 3차 전류[A]	GPT[VA]
220V	2	0.25	47.5
440V	4	0.5	95
3300V	30	3.8	722
6600V	60	7.6	1444

4. 비접지 계통의 지락 보호협조

4.1 고압 계통의 지락보호 협조

① 지락 보호계전기(GR)

비접지 계통에서 지락 계전기의 감도 전류치는 일반적으로 200(mA)정도가 적당하게 사용되고 있다. 동작 시한은 “정격 감도 전류치의 130%에서 0.1 ~ 0.3초, 400%에서 0.1 ~ 0.2초” 정도인데 [그림14]에서 볼 수 있는 것처럼 반시한 부분은 미미함으로 거의 정한시 특성으로 생각해도 좋다.



[그림 14] 지락 계전기의 전류-시간 특성

여기서 0.1 ~ 0.3초라고 하는 시간은 주 변전소의 지락 보호 계전기의 동작시간과의 협조를 고려하여 결정한 것이다. 즉, 비접지 계통의 지락사고시 주 회로는 시간 지연 요소에 의해 0.5초 이상에서 차단될 수 있다. 분기회로의 경우 일반적으로 고압 차단기의 동작 시간은 5 ~ 8Cycle 정도이기 때문에 8Cycle로 해도 0.14초와 지락 계전기의 동작시간을 0.2초로 하여 합계 0.34초이며, 또는 지락 계전기의 동작시간을 0.3초로 하더라도 0.44초로 충분한 협조를 얻을 수 있다.

② 방향선택 지락보호 계전기

지락 계전기 Type으로 방향을 선택할 수 있는 SGR 또는 DGR을 사용하는 경우 동작치 정정은 표준규격 (ESB-155-390)에 따르고, 합격품일 때는 별도의 동작치 정정을 요하지 않으나, 최고 감도로 하기 위하여 다음 사항을 확인한다.

- a. 최대 감도 위상각은 진상 30°~45° 범위에어야 한다
- b. 영상전압은 190V, 영상 1차 전류는 150mA 이하에서 동작하여야 한다.
- c. 한시 조정장치가 고정되어 있어 한시 정정은 하지 않는다.

③ 지락과전압 보호계전기

최근 사용되고 있는 디지털 Type은 문제가 없으나, 유도원판형의 SGR 또는 DGR은 한시 조정을 하지 않는 대신 계통에 따라 지락 과전압계전기(OVGR)를 사용하여 시간지연이 가능하다. 이때 OVGR의 동작치 정정은 1선 완전 지락 사고시 계전기의 전압단자에 인가되는 최대 영상전압의 30% 정도에서 동작하도록 정정하고,

후비보호가 가능하도록 한다.

4.2 지락과전압 계전기[OVGR] 정정계산 예

정지형 또는 디지털 계전기가 사용되기 이전에는 일반적으로 비접지 계통에서는 [그림15]와 [그림16]과 같은 동작특성을 갖는 지락계전기를 많이 사용하여왔다. 그러나 유도원판형의 방향선택 지락 계전기는 주회로와 분기회로 간에 한시 협조를 위해서 영상전압으로 동작하는 지락 과전압 계전기를 Trip회로에 직렬로 연결하여 “전위보호 장치 동작시간 +0.4~0.5초”로 협조시킨다.

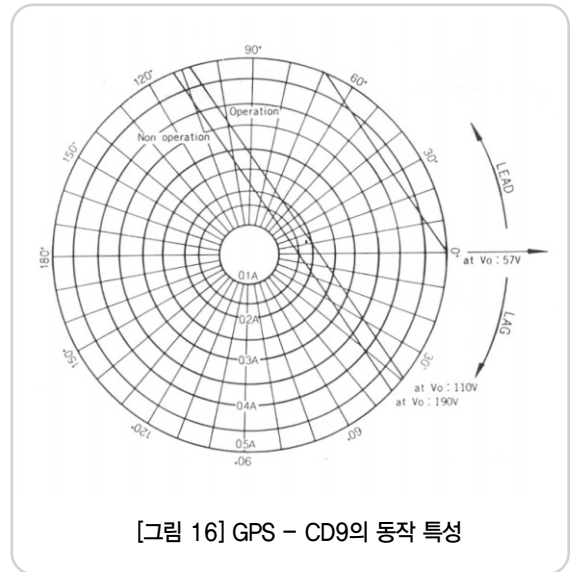
사례1) 지락과전압 계전기(OVGR) 정정 예

- 1) GPT : $\frac{3.3}{\sqrt{3}} \text{ kV} / \frac{110}{\sqrt{3}} / \text{V} \frac{190}{\sqrt{3}} / \text{V}$
- 2) RELAY
 - TYPE : GVG - CD9
 - RANGE : TAP : 35 ~ 65A (35, 40, 45, 50, 55, 60, 65), LEVER ; 0.5 ~ 10
- 3) CALCULATION
 - 한시 TAP
 - @ 완전 지락사고시 계전기에 인가되는 최대 영상 전압의 30%정도에 선정
 - @ 최대 영상전압 × 30% = 190 × 0.3 = 57V
 - TAP=55V**
 - 한시 LEVER
 - @ 완전 지락 사고시 0.5초 정도에 동작하도록 선정
 - LEVER= 3**
 - @ 경보용(alarm)으로 사용

4) 정정표

P/L명	GPT비	Relay		현재 Set		변경 Setting	
		종류	Type	Tap	Lever	Tap	Lever
-	-	OVGR	GVG-CD9	-	-	55	3

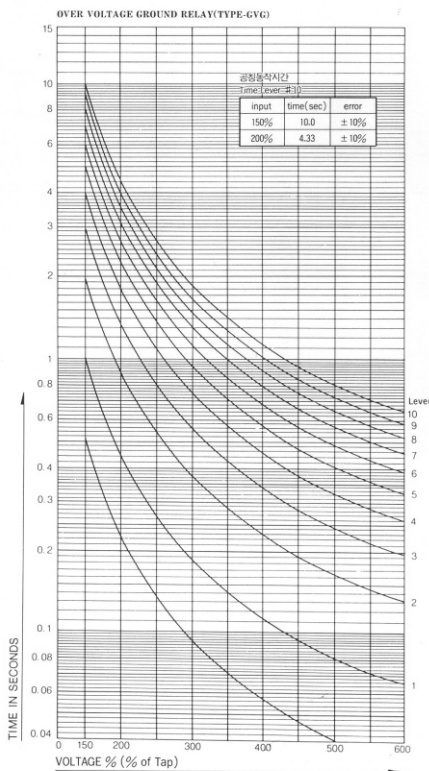
- 주) 1. 영상전압 선정 : Main 변전실은 55V, Local 변전실은 35V정도가 바람직함
- 2. LEVER 선정방법 : 190/한시 Tap = ()배수 또는 ()%에서 동작시간을 고려하여 Lever 선정
- 3. 주회로에 사용하는 OVGR은 경보용(alarm)과 시간 지연요소로 사용



[그림 16] GPS - CD9의 동작 특성

계전기의 위상특성은 [그림16]에서 전압과 전류가 동상일 때는 0° 선상을 따라가면 정격전압 190V에서 위상특성 곡선이 150mA 원주상에 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 150mA 이상이 흐르면 계전기는 동작한다. 또한 전류가 90° 앞선 정격전압 190V일 때는 250mA 원주상에 있으므로 250mA 이상 흐르면 계전기는 동작한다. [그림16]에서 전류가 120° 이상 앞서거나 50° 이상 뒤질 경우에는 아무리 큰 전류가 흘러도 계전기는 동작하지 않으며 계전기의 단자 중에 전압 요소와 전류 요소 중에서 한 쪽의 배선이 바뀌어 극성이 틀리게 되어도 계전기는 동작하지 않는다.

즉, 방향선택 지락 계전기(SGR)의 동작치는 정격전압 190V, 영상 1차 전류 150mA에서 동작하여야 하며 최대 감도 위상각은 진상 30°~45° 범위이어야 한다. 이때 최소 동작 전력은 $V_o \times I_o \cos(\theta - \text{최대 감도각}) = 190 \times 0.15 \cdot \cos(37^\circ - 37^\circ) = 28.5[W]$ 이다. 만일 190V이하의 전압 E에 대하여는 $\frac{190V \times 150mA}{E}$ [mA]이하에 동작하여야 한다.



[그림 15] GVG-[지락과전압 계전기]의 동작 특성

4.3 저압계통의 지락보호 협조

3.2에서 살펴본 바와 같이 저압계통에서 비접지 방식을 채용하는 것은 조업상 정전을 피하기 위해 공장에서 채용한다. 특히 석유화학 공장 등에서는 지락전류가 원인이 되어 폭발성 가스에 인화하여 큰 2차 재해를 유발하는 수가 있으므로 지락전류를 되도록 작게 억제하기 위해 이 방식을 많이 채용하고 있다. 특히 300[V]를 넘는 Δ 결선의 변압기는 1단자의 접지가 되지 아니하므로 비접지로 하여야 한다.

그러나 현행 기술기준은 주회로의 지락차단장치에 대하여는 규정하고 있으나, 분기회로와 부하 말단회로에는 적용 기준이 마련되어 있지 않으므로 분기회로 또는 말단회로 지락사고시 저압 주회로가 차단되는 경우가 빈번하게 발생하고 있어서 전기안전관리 실무자들을 곤란스럽게 하고 있다. 해당 수용가에서는 제품생산 피해를 최소화하기 위해, 지락차단장치 동작요소 등을 제거하여 사용하는 경우가 많다. 대단히 위험한 경우에 해당되므로, 주회로에서는 경보장치 등의 활용과 말단회로에는 지락차단장치(중감도의 누전차단기 또는 EOCGR) 등을 추가하여 선택차단이 가능하도록 고려하여야 한다. 특히 설계사무소의 기술사 또는 정부산하기관에서는 이에 대한 기술적인 검토와 기술지도가 절실히 요구되고 있다.

5. 맺음말

전력계통사고시 사고지점을 선택차단하고, 후비보호를 담당하는 보호계전기는 정전범위의 최소화와 파급사고를 방지하는데 있어서 매우 중요한 역할을 하고 있다. 최근의 보호계전기 기술은 아날로그 시대를 지나서, 정지형,

디지털, 수치연산식으로 발전하고 있으나, 보호계전기 특성을 잘못 선정하거나, 보호협조를 고려하지 않으면 쓸모 없는 물건에 불과하며, 고/저압의 전력계통 지락사고로 인한 파급사고는 플랜트 등의 생산성에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다.

특히, 계통접지 방식 중에서도 비접지 방식의 지락보호 시스템의 협조가 어렵고, 유지관리측면에서도 고장요인이 많이 발생하고 있으며 다음과 같은 기술적인 문제점과 사례가 빈번하게 발생하고 있다.

- ① 지락 사고시 동시다발 차단기 트립
- ② 접지형 계기용 변압기와 한류저항의 과열 및 소손
- ③ 접지형 계기용 변압기 1차측 퓨즈용단
- ④ 저압 주회로 차단기 트립으로 보호기능 제거
- ⑤ 주회로와 분기회로의 지락보호 협조 미흡

이러한 측면을 고려해볼 때 “비접지 방식의 특징과 지락보호 협조” 기술사항을 충분히 이해하고, 전기안전관리업무에 활용되기를 바라며, 관련규정의 미흡한 부분은 제·개정 보완될 수 있기를 기대해 본다.