

Study on the Ground Fault Protection in 6.6KV Ungrounded Power System SGR Malfunction or Non-Tripping

金炳泰[†] · 李達雨^{*} · 全明洙^{**}
(Byung-Tae Kim · Dal-Woo Lee · Myung-Soo Jeon)

Abstract - This paper presents a study on the ground fault protection in 6.6KV ungrounded power system relay(SGR) malfunction or non-tripping. Ground test had made on 6.6KV HV(high voltage) system, Some of domestic and oversea's SGR products are different from their own specific characteristics. This study on the ground protection relay 6.6KV power supply system is focused to protect human

Key Words : OVGR, SGR, Ground Fault Test, Ungrounded System, Zero Sequence Voltage

1. 서 론

비접지 지락보호설비에 있어 통상적으로 그림 1과 같이 지락과전압계전기(OVGR)와 방향성 지락계전기(DGR)를 사용하고 있다. 인축의 감전, 전력케이블 절연과파 등 지락사고 발생시 관련 보호계전기의 오동작 또는 부동작으로 해당 사고구간의 차단기가 동작하지 않고, 보호계전기 오동작으로 정상적으로 전력을 공급중인 인접 차단기가 동작하는 사례 등이 발생되었다. [1]

이에 변압기 중성점에 적절한 저항(NGR)을 삽입하고 저항 접지한 OCGR 보호계전 방식이 요구되었다. [2] [3]

비접지 계통의 지락보호방식으로는 1회선의 경우 지락과 전압계전방식(OVGR)이 사용되고 있으며, 다회선인 경우 고장회선의 판별을 위해 모선의 영상전압과 각 회선의 영상전류를 이용한 방향지락계전방식이 사용되고, 비접지 계통 보호방법으로 네트워크 계통의 보호를 위해 방향지락계전 방식을 응용하고 전압, 전류 측정점으로부터 고장거리를 계산하는 알고리즘, 기본과 전압, 전류를 이용하여 고장의 방향을 진단하는 알고리즘, 고저항 접지계통의 고장거리계산을 위한 고장신호 해석, pulse 고장감지기를 이용하여 실제 산업계통 보호에 적용 및 고장감지에 영향을 끼치는 다양한 요소에 대한 영향을 분석 등, 선택지락과전류 계전기(SGR)에 의해 모선의 영상전압과 각 회선의 영상전류를 이용하여 고장회선이 결정되면, 모선의 선간 전압과 고장회선의 영상전류를 이용하여 고장 상을 판별하는 알고리즘과 EMTP 고장 모의를 사용하는 등의 논문이 소개되고 있다. [4] [5]

일반적인 보호설비 점검방법은 고전압 위험으로 1차측인 고압에 직접 시험하지 않고, 접지계기용변압기(GPT)와 영상변류기(ZCT)의 2차측에서 계측기로 전압과 전류를 유입하여 해당 지락보호계전기가 동작하는지 여부를 자체 확인하여 왔다.

본 논문에서는 안전진단과 1선 지락 고장시 고장 상을 확인, 인명보호를 위한 선택지락보호계전기의 오결선 수정과 Setting값 적용을 제안하였다. 그리고 현재 운용중인 비접지 계통 지락보호시스템에 인공지락시험를 통하여 SGR의 오·부동작에 관한 사례연구를 수행하였다.

2. 본 론

2.1. 이론

2.1.1 영상전압 및 영상전류 검출

6.6KV 전력계통 지락보호는 변전소, 전기실에 GPT→OVGR, ZCT→SGR등으로 보호회로를 구성하고, 보호계전기는 유도원판형 또는 디지털 보호계전기로 구성되어 있다. 고압배전 전력계통의 영상전압을 검출하기 위해 GPT(GVT)를 사용한다.

$$(가) \text{ GPT 전압사양} : \frac{6600}{\sqrt{3}} / \frac{110}{\sqrt{3}} / \frac{190}{3} [V]$$

$$(나) \text{ CLR 저항} : 25[\Omega]$$

$$(다) \text{ CLR 용량} : 1444[W] \text{ (연속정격)}$$

$$(라) \text{ ZCT 사양} : 200 / 1.5 [mA]$$

$$(마) \text{ OVGR 사양} : \text{유도원판형, 디지털형}$$

$$(바) \text{ SGR 사양} : \text{유도원판형, 디지털형}$$

SGR은 지락사고시에 영상전압과 영상전류로 동작하는 전력형 방향계전기로서 사고회선을 선택 차단한다. SGR은 사용시에 기계적 충격에 약해 오동작 가능성이 있으므로 변전소는 SGR과 OVGR을 조합해서 사용하고 있고, 전기실은 SGR만 사용하는 개소와 OVGR과 조합해서 사용중에 있다. SGR의 결선방법과 동작위상 특성은 그림 2와 같다.

[†] 교신저자, 正會員 : 釜山交通公社 運營本部 變電補修課長
E-mail: kimbt06@chollian.net

^{*} 正會員 : 釜山交通公社 建設本部 電氣設備工事팀 勤務

^{**} 正會員 : (株)신우디엔시/附設 일렉연구소 所長

接受日字 : 2008年 5月 13日

最終完了 : 2008年 7月 31日

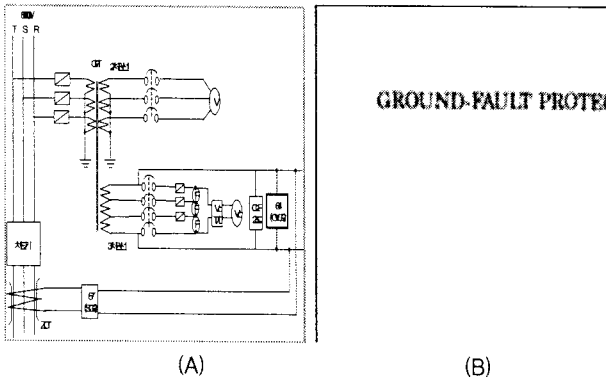


그림 1 6.6KV 비접지계통 지락보호방식 및 ANSI/IEEE 영상변류기 쉬스접지 통과 [6]
 Fig. 1 Ground fault protection method in 6.6KV ungrounded system and ANSI/IEEE common method for shield cable termination

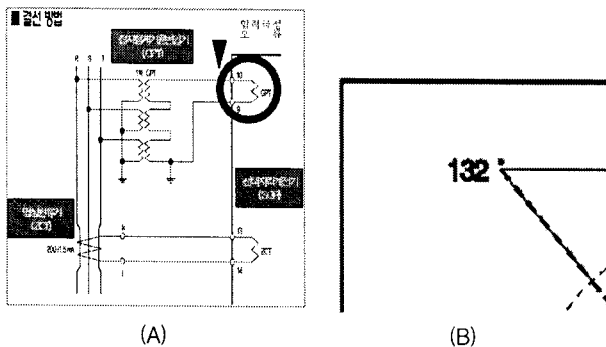


그림 2 선택지락계전기(SGR) 결선도 및 동작 위상특성
 Fig. 2 Selective ground relay sequence and Directional impedance relay R-X diagram [7]

영상변류기의 2차측 접지는 변류기와 동일하게 한곳만 배전반측에서 한다. 또 케이블 관통형을 적용할 때의 케이블 쉬스의 접지는 그림1의 (B)와 같이 접지선을 영상변류기를 통과해서 접지한다. 만일 영상변류기를 통과하지 않고 접지하면 지락사고시에 쉬스를 흐르는 전류가 도체에 흐르는 전류를 상회하게 되어 오·부동작의 원인이 된다. 디지털형 선택지락계전기 최소동작전류는 동작영상전압 4V~76V 와 동작영상전류 0.9mA~5.4mA / 0.3mA 로 셋팅이 가능하며, 동작위상각(RCA)은 0°~90°이며, 동작시간특성은 0.1~10초 /0.1step 이다. [7]

2.1.2 GPT와 ZCT에 의한 기본 동작 원리

그림 3에서 점 ③에 지락 고장이 발생하면 R상의 모든 선로가 대지 전위(0전위)로 되며, GPT 중성점을 통하여 유효분 전류 I_n 이 흐르고 S, T상에는 충전전류 I_{C1} , I_{C2} 의 전류가 흐른다.

③ 점에서 완전 지락이면 GPT를 통하여 흐르는 전류(I_n)는 최대치인 0.38A가 흐르고 이 때 Open-Delta에 유기되는 영상전압 (V_0)은 190V 까지 올라간다. 이 회로도에서 지락전류는 화살표와 같이 흐르며, 동일 변압기에서 공급하는 어느 한 분기선에서 지락 고장 발생시 해당 변압기에서 공급되는 여러 Feeder에 설치된 모든 GPT에는 동일한 영상전압이 나타난다.

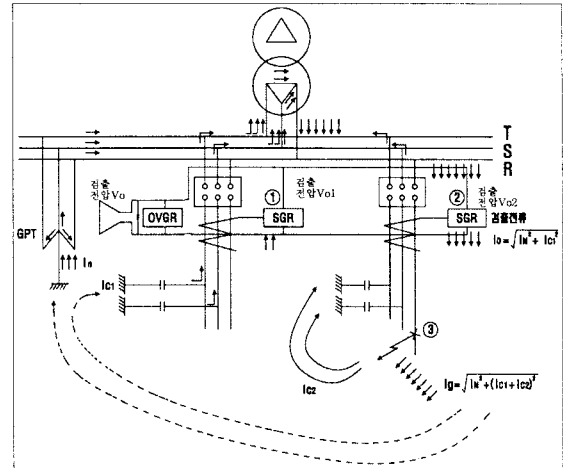


그림 3 비접지 계통에서 지락전류 흐름도
 Fig. 3 Ground-Fault currents in ungrounded system

건전 Feeder에 설치된 ZCT에는 지락 고장 회로의 영상전류 방향과 반대 방향의 영상전류가 흐르게 되므로 SGR이 동작하지 않으며, 지락고장회로는 I_n 과 타회로 충전전류의 합성 전류가 GPT 영상전압 V_0 와 근접하는 방향으로 흐르므로 SGR이 선택 차단할 수 있게 된다. 기존의 유도형 SGR에서는 GPT의 영상전압 V_0 와 ZCT의 I_n 와 위상각에 의한 전력형 이므로 부동작 범위가 크며, 최근의 디지털형의 SGR은 V_0 와 I_n 의 값을 각각 조정할 수 있으므로 동작범위가 넓고 예민하게 정정할 수 있어 유리하다.

2.1.3 SGR 오·부동작 사고사례

비접지 보호시스템의 사고사례를 자체 조사한 결과 SGR의 부동작으로 감전사고가 확대되고, 지락사고시 SGR의 오동작으로 정상 전력을 공급중인 Feeder를 차단하는 등의 대표적 사고사례가 있었다.

첫째, 인체 감전사고는 전기실 정비작업 중 분기회로 차단기 1차 측에서 직원 감전사고가 발생되었으나 관련 ○○변전소의 해당 사고회로 보호용 SGR은 동작하지 않고 정상 전력을 공급중인 다른 Feeder의 지락보호계전기가 오동작되어 전력 공급이 중단되었으며, 사고구간 차단은 Main 차단기의 OCR이 동작하여 차단기가 개방되었다. 지락사고가 단락사고로 진전되면서 과전류보호에 의하여 차단되는 현상이 발생한 사례로 추정할 수 있다. 사고개소에 실제 인공지락시험 결과 SGR의 부동작 원인이 오결선(GPT 입력극성 오류)으로 확인되었고, SGR의 GPT 입력을 제작사 사양서(카다로그)와 반대로 결선시(그림 2 참조) 정동작하는 것을 확인할 수 있다.

둘째, 쥐의 감전에 의한 지락사고로 전기실내의 차단기 2차 측에 쥐가 감전되면서 인근 전기실과 ○○전기실의 정전이 약 35분~48분간 발생하였다. 사고내용을 분석하면 SGR은 설치되어 있지 않고 OVGR만 설치된 지락 보호설비로 쥐의 감전시 지락고장점에서 가까운 곳의 OVGR이 검출 감도가 먼곳의 OVGR 보다 민감한 것을 알 수 있다.

셋째, 전력케이블 절연불량에 따른 지락사고로 변전소~전기실간 R상 케이블의 절연불량으로 지락사고가 발생되었을 때 고장구간 SGR 외 상위의 차단기의 SGR 및 정상

전력을 공급중인 다른 분기의 SGR이 동작 Trip 되었다. 사고내용을 분석하고 인공지락시험 결과 SGR측 GPT의 입력극성이 제작사 사양서(카다로그)와 반대로 결선시(그림2 참조) 정동작하는 것을 확인할 수 있다.

2.2. SGR 인공지락시험 사례연구

2.2.1 인공지락시험 환경 및 방법

인공지락시험은 실제 운용중인 지하철 22.9/6.6KV A변전소에서 전기실(A,B,C)에 전력을 공급중 각각 A변전소, B전기실의 R상에 인체저항 모델링한 저항 500 [Ω] ~ 2000 [Ω] 을 그림 4의 6.6KV 비접지 전력공급 시스템에 그림 5와 같이 지락시켰을 때 지락보호시스템의 보호능력 평가가 가능하다. 지락보호시스템은 디지털형 OVGR과 SGR을 조합한 보호방식을 사용하고 있고, 인공지락시험 조건은 다음과 같다.

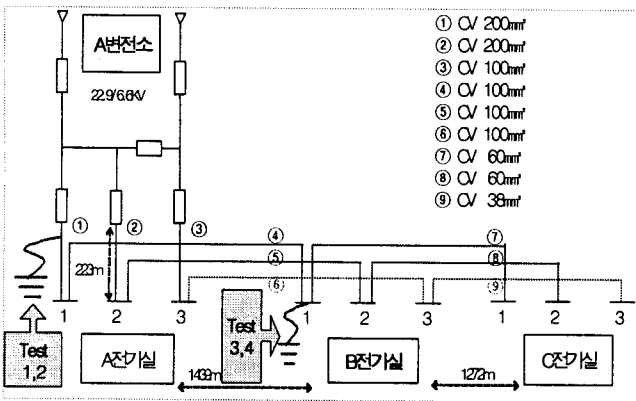


그림 4 6.6KV 비접지 전력공급 시스템
Fig. 4 6.6KV Ungrounded power supply system

표 1 인공지락시험 조건
Table 1 Condition of ground fault test

| | |
|-------|--|
| 시험 조건 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 디지털 OVGR+SGR 병렬 TRIP회로 구성 ○ A변전소 GPT 2개 설치 ○ 전기실 3개소(A~C) GPT 9개 설치 ○ Test 1, 5 : 500Ω 지락 ○ Test 2, 3, 4 : 2000Ω 지락 ※ Test 1, 3 : OVGR [30V] SGR [30V, 0.9mA, 45°, 0.1sec] Setting ※ Test 2, 4, 5 : OVGR [20V] SGR [20V, 0.9mA, 45°, 0.1sec] Setting |
| | <p>A변전소 차단기 2차측 R상에서 지락후 차단기ON - Test 1, 2, 5</p> <p>B전기실 차단기 2차측 R상에서 지락후 차단기ON - Test 3, 4</p> |

※ IEC 60479-1 "Effects of current passing through humanbody" 1984 (인체에 통과하는 전류의 영향) [8]
- 인체저항이 물에 젖은 상태는 500Ω, 인체저항이 일반 상태(물에 젖은 장소가 아닌 건조한 지점) 1725Ω

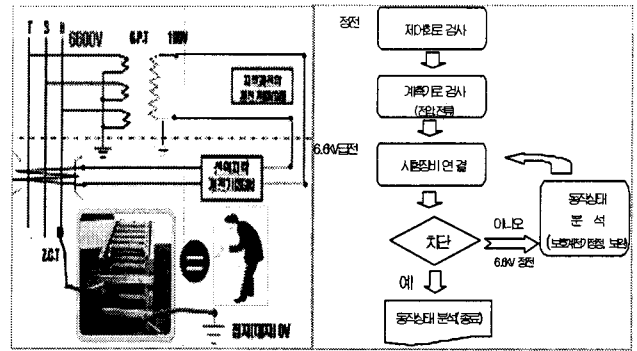


그림 5 지락시험 결선도 및 플로우 다이어그램
Fig. 5 Circuit configuration for the ground fault test and flow diagram

측정시스템은 A변전소와 B전기실에서 메모리레코더(HIOKI 8842)로 개별 측정이 가능하도록 그림 5와 같이 구성한다.

2.2.2 인공지락시험 결과분석

인공지락시험은 인체저항을 모델링한 500 [Ω] ~ 2000 [Ω] 을 그림 4, 5와 같이 실제 운용중인 지하철 6.6KV 전력계통에 시험결과 차단기의 차단시간, 지락보호계전기(OVGR, SGR)의 영상전압, 건전상의 전압상승 등의 사항을 Test 1, 2, 3, 4에서 확인할 수 있으며, SGR의 동작 값을 분석한 결과 유도원판형 SGR은 35V 이하의 영상전압 검출에 문제가 있고, 유도원판형과 디지털형 SGR의 GPT 입력극성을 제작사 사양서와 반대로 결선시 정상 동작한다.(그림 2참조) 메모리레코더(HIOKI 8842)로 측정결과 동작 분석값은 다음과 같다.

표 2 인공지락시험 결과분석
Table 2 Result of ground fault test

| Test 명 | 시험 장소 | 동작 값 분석결과 | | | 비 고 |
|--------|-------|-----------|----------------|----------------|---|
| | | 차단 시간 (초) | 영상 전압 (Vo) | 건전상 평균전압 (V) | |
| Test1 | A 변전소 | 0.133 | 79.6 → (2765V) | 91.9 → (5534V) | 완전지락시 - 건전상 전위상승 $\frac{6600}{\sqrt{3}} \times \sqrt{3} = 6600[V]$ - 영상전압 190(Vo)→6600[V] |
| Test2 | B 전기실 | 0.135 | 28 → (972) | 74 → (4455) | 30Vo Setting시 부동작 → 20Vo 변경후 정상동작 |
| Test3 | | 트립 없음 | 25 → (868) | 70.7 → (4256) | 30Vo Setting시 부동작 |
| Test4 | A 변전소 | 0.137 | 25 → (868) | 70.7 → (4256) | 20Vo Setting시 정상동작 |
| Test5 | A 변전소 | 오동작 트립 | 179 | - | 지락시험 구간 외 정상급전 선로 오동작 TRIP시험 - 20mA 초과시 극성이 없어짐 ※ 타 Maker |

2.2.2.1 Test 1 사례

A 변전소 6.6KV R상에 인체저항 모델링한 500 [Ω] 인공지락 시험시 해당 사고구간을 133ms로 보호 차단하였다.

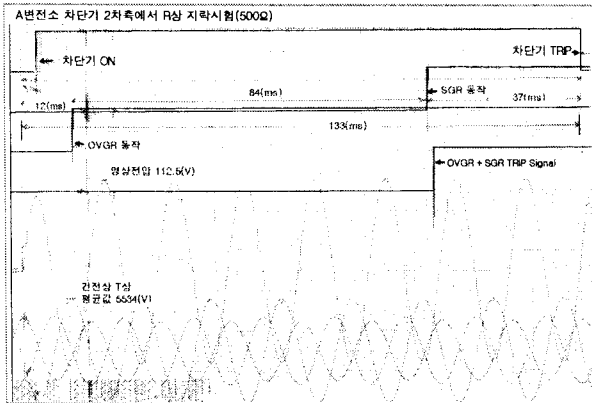


그림 6 TEST1 500 [Ω] 지락시험 측정
Fig. 6 Test1 500 [Ω] Ground fault test measurement in A substation

그림 6과 같이 GPT 3차에 영상전압 112.5(V)가 검출되어, OVGR은 12ms후에 동작, SGR은 84ms후에 동작, 37ms후에 차단기가 Trip 된다. 이때, R상 지락시에는 T상의 건전상 전압이 상승하였는데 분석해 보면 GPT 2차측 선간전압의 파형 V_t 가 91.9(V)로 즉 1차측 전압은 5534(V)임을 확인할 수 있다.

2.2.2.2 Test 2 사례

A 변전소 6.6KV R상에 인체저항 모델링한 2000 [Ω] 인공지락시험시 SGR의 Setting 값을 영상전압 30V로 하였을 때에는 부동작하여 20V로 변경하여 시행한 결과 해당 사고구간을 135ms로 보호 차단하였다.

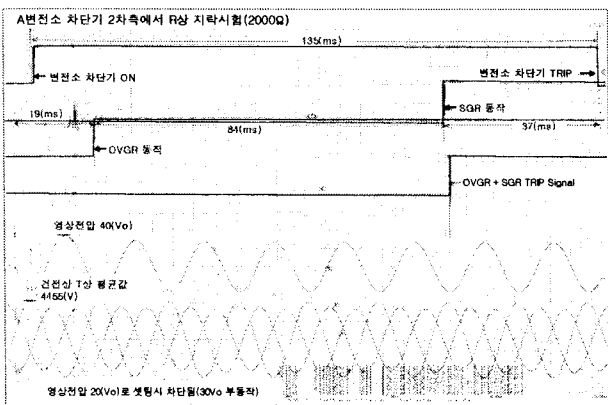


그림 7 TEST2 2000 [Ω] 지락시험 측정
Fig. 7 Test2 2000 [Ω] Ground fault test measurement in A substation

그림 7과 같이 GPT 3차에 영상전압 40(V)가 검출되어, OVGR가 15ms후에 동작, SGR은 84ms 후에 동작, 37ms후에 차단기가 Trip 되었다. 이때, R상 지락시에는 T상의 건전상 전압이 상승하였는데 분석해 보면 GPT 2차측 선간전압의 파형 V_t 가 74(V)로 즉 1차측 전압은 4455(V)임을 확인할 수 있다.

2.2.2.3 Test 3 사례

B 전기실 6.6KV R상에 인체저항 모델링한 2000 [Ω] 인공지락시험 결과 SGR의 Setting 값을 영상전압 30V로 하였을 때에는 부동작하여 해당 사고구간을 보호 차단하지 못하였다.

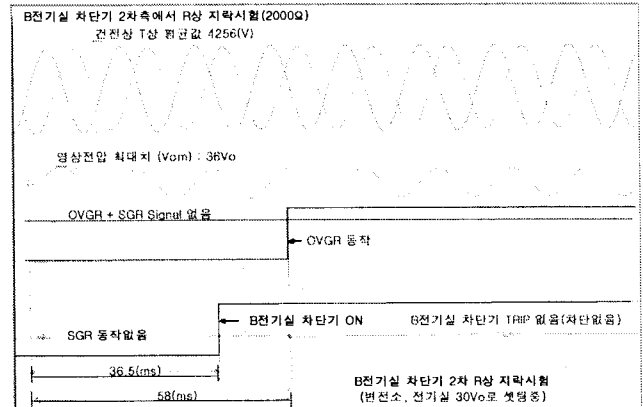


그림 8 TEST3 2000 [Ω] 지락시험 측정
Fig. 8 Test3 2000 [Ω] Ground fault test measurement in B electricity room

그림 8과 같이 GPT 3차에 영상전압 36(V)가 검출되어, OVGR가 12ms후에 동작하였으나, SGR은 영상전압 검출을 하지 않아 해당 사고구간을 차단하지 못하였다.

이때, R상 지락시에는 T상의 건전상 전압이 상승하였는데 분석해 보면 GPT 2차측 선간전압의 파형 V_t 가 70.7(V)로 즉 1차측 전압은 4256(V)임을 확인할 수 있다.

2.2.2.4 Test 4 사례

B 전기실 6.6KV R상에 인체저항 모델링한 2000 [Ω] 인공지락시험시 SGR의 Setting 값을 영상전압 30V로 하였을 때에는 부동작하여 20V로 변경후 시행한 결과 해당 사고구간을 137ms로 보호 차단하였다.

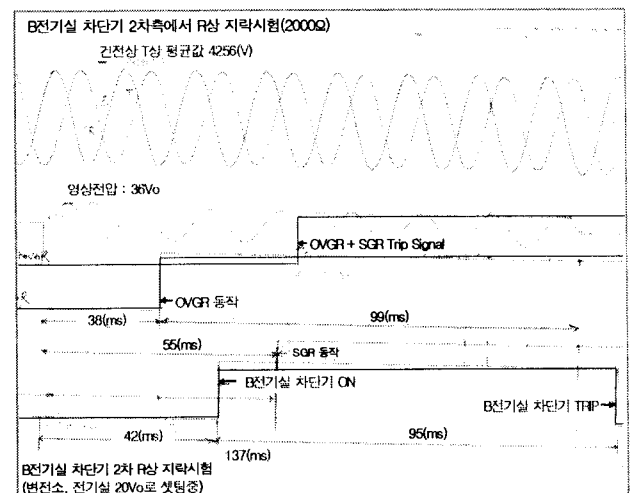


그림 9 TEST 4 2000 [Ω] 지락시험 측정
Fig. 9 Test4 2000 [Ω] Ground fault test measurement in B electricity room

그림 9와 같이 B전기실 차단기 ON후 GPT 3차에 영상전압 36(V)가 검출되어, OVGR가 4ms 전에 동작, 차단기 ON 후 SGR은 13ms 후에 동작, 95ms후에 해당 사고구간을 차단기가 Trip 하였다. 이때, R상 지락시에는 T상의 건전상 전압이 상승하였는데 분석해 보면 GPT 2차측 선간전압의 파형 V_t 가 70.7(V)로 즉 1차측 전압은 4256(V)임을 확인할 수 있다.

2.2.2.5 Test 5 사례

A 변전소 6.6KV R상에 인체저항 모델링한 500 [Ω] 인공지락시험시 SGR의 Setting 값을 20V로 시행한 결과, Test 분기회로 외에 그림 10과 같이 정상 전력공급중인 계통의 SGR내에 Fault 파형을 분석하면 ZCT 2차 전류기준 20mA 초과 검출시 위상판별 오류로 오동작 차단하는 사례가 발생되었다.

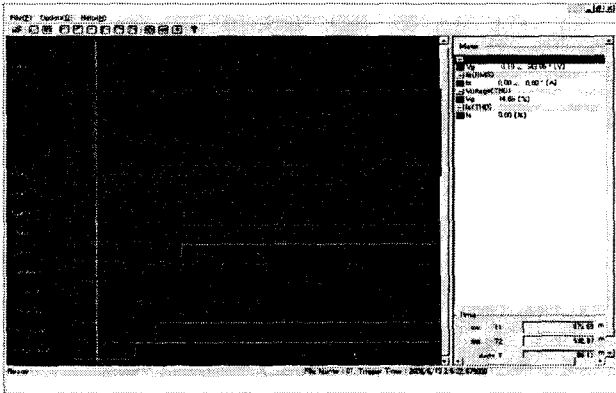


그림 10 500 [Ω] 지락시험 측정
Fig. 10 500 [Ω] Ground fault test measurement in A substation

이상과 같이 변전소와 전기실에서 시행한 Test 1, 2, 3, 4의 사례를 살펴보면 1선 R상 지락 고장시 T상이 전위상승됨을 확인하였고, 인명보호를 위한 SGR의 오결선 수정 [그림2의 (A) 참조] 과 Setting값 20V 적용이 필요함에 따라 유도형에서 디지털형 적용이 유리함을 확인할 수 있다.

그리고, Test 5의 오동작 사례를 분석한 후 450mA까지 정밀한 위상 판별이 되고(1차 환산 60A), 450mA~1000mA(1차 환산 133A)와 250V 이상 검출시 까지 위상 동작영역과 부동작 영역을 판별하도록 보완조치 할 수 있었다.

2.2.3 운용중인 지락보호시스템 사례연구

지하철 변전소 24개소, 전기실 106개소 SGR의 GPT의 입력극성이 제작사 사양서(카다로그)와 반대로 결선하면 정동작하는 것을 확인하였으며 (그림 2-A 참조), 변전소는 80%가 오동작하였고, 전기실은 87.5%가 오동작하였다.

표 3 운용중인 지락보호시스템 사례연구 설비현황
Table 3 Research of ground fault protective system in operating power supply system

| 구분 | 설비현황 | | | | 보호방식 | | | 비고 |
|-----|------|-----|------|-----|------------|-----|----------|--------|
| | GPT | ZCT | OVGR | SGR | OVGR | SGR | OVGR+SGR | |
| 변전소 | 32 | 53 | 32 | 53 | | | 53 | 유도원판형 |
| | 13 | 23 | 13 | 23 | | | 21 | 디지털 |
| | | | | | | | 2 | 디지털집합형 |
| 전기실 | - | - | - | - | 변전소에서 보호차단 | | | 설치없음 |
| | 52 | 105 | 52 | 105 | 12 | 49 | 56 | 유도원판형 |
| | 58 | 58 | 58 | 58 | | | 54 | 디지털집합형 |
| 계 | 155 | 239 | 155 | 239 | 12 | 49 | 186 | |

이는 기존 운용구간은 약 75%의 오류가 있는 반면, 신설 구간은 100%의 오류가 발생된 사례로 현재 생산되고 있는

SGR의 보완이 시급하다 할 수 있다. 뿐만 아니라 유도원판형 SGR가 설치된 개소에는 그림 8에서 확인한 바와 같은 SGR가 부동작하는 결과가 나타났으며 디지털형 교체가 시급하다 할 수 있다. 6.6KV 계통에서 시험 장소별 고압케이블 배선의 차이점은 있지만, 인체 저항을 모델링한 저항 500 [Ω] ~ 2000 [Ω] 인공지락시험 결과 SGR에 나타난 평균 영상 전압 분포도는 다음과 같다.

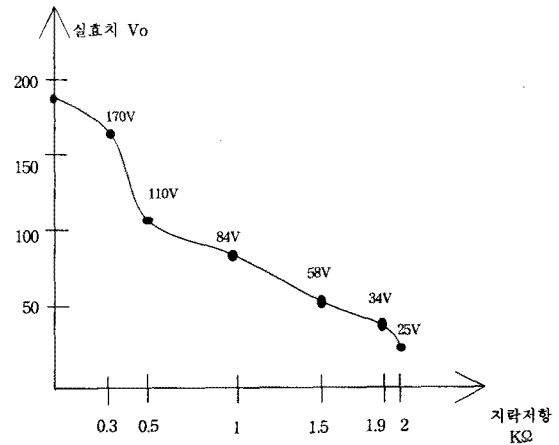


그림 11 영상전압 분포도
Fig. 11 Zero sequence voltage distribution

3. 결 론

지락보호시스템이 감전사고, 전기설비 및 전력케이블 절연 불량 등의 경우 신속하게 사고구간을 보호 차단하도록 하기 위해 인체저항 모델링한 저항을 인공지락시험하여 지락보호계전기 전기가 사고구간을 보호하는가에 대해 고찰하였다.

(1) Test 1, 2, 3, 4의 인공지락시험을 통해 유도원판형 지락보호계전기는 영상전압 검출에 문제점이 있어 디지털형 지락보호계전기 교체와 Setting값 정정으로 사고구간을 차단함을 확인하였고, 그림 2의 선택지락계전기(SGR)의 GPT 입력극성 오류를 제작사에서는 보완이 필요하다는 것을 시험을 통해 확인하였다.

(2) Test 5에서는 디지털 SGR의 20mA 이상에서 위상판별 오류로 오동작하는 것을 확인하여 제작사에서는 보완조치 할 수 있었다.

(3) 운용중인 지락보호시스템의 자체 안전진단 결과 인체 저항 모델링한 저항 0 [Ω] ~ 2000 [Ω] 인공지락시험을 통해 SGR의 오결선 보완조치, 디지털형 교체 필요성을 증명하였다.

본 논문의 인체저항을 모델링한 인공지락시험으로 지락 보호시스템 문제점을 해결함과 아울러 사고를 최소화하고, 시험결과에 따른 지락보호계전기 Setting값 정정으로 감전 사고 보호에 기여할 것이다.

본 연구의 그림2 제작사 카다로그와 사고사례는 전혀 무관하며, 이해를 돕기 위한 참고자료입니다.

참 고 문 헌

- [1] 유상봉 외 7, “보호계전 시스템의 실무활용기술”, 기다리, pp.468-475, 2002년.
- [2] 김정철, “자가용 전기설비의 모든 것”, 1998년 10월, 기다리, pp.75-82, 85-91.
- [3] 김정철, “전기철도의 급전시스템과 보호”, 기다리, pp. 350-351, 2004년 6월,
- [4] 최인선, 최면송, 임성일, 이승재, “비접지 배전 계통에서 지락사고시 고장구간 분리 및 복구를 위한 새로운 알고리즘”, Trans. KIEE, Vol. 53A, No.10. pp. 550-555. Oct 2004.
- [5] 이덕수, 임성일, 최면송, 이승재, “비접지 배전선로의 고장상 판별 알고리즘 개발”, Trans. KIEE, Vol. 52A, No.2. pp. 114-120. FEB 2003.
- [6] ANSI / IEEE std 242-1986, Recommended Practice for Protection and coordination of Industrial and Commercial Power System, pp.293
- [7] LS산전, 카다로그 『디지털 계전기기·계측기기』, pp. M2 10-15, 2005년 6월
- [8] IEC-60479-1 "Effects of current passing through humanbody" 1984
- [9] 한국전기안전공사 전기안전기술교육원, “전기재해 예방”, pp.95, 2005년.

저 자 소 개



김 병 태 (金炳泰)

1959년 1월 3일생. 1980년 조선이공대 전기과 졸업. 現 부산교통공사 운영본부 변전보수팀장 근무
Tel : 055-370-0551
Fax : 055-370-0549
E-mail : btkim@subway.busan.kr



이 달 우 (李達雨)

1971년 1월 20일생. 1993년 경남대학교 전기공학과 졸업. 現 부산교통공사 건설본부 전기설비공사팀 근무
Tel : 051-640-7453
Fax : 051-640-7464
E-mail : dalw@subway.busan.kr



전 명 수 (全明洙)

1945년 2월 26일생. 서울산업대학교 철도전문대학원 철도전기·신호공학과 석사 졸업. 서울산업대학교 전기공학과 겸임교수, 발송배전기술사, (주)신우디엔시/부설 일렉연구소 소장
Tel : 02-554-8787
Fax : 02-3434-8875
E-mail : msjeon@elec-consulting.co.kr