

154kV 수전사업장 전력계통 보호에 대한 고찰

황은용, 김영석, 이규건, 이상군, 박경주, 노도빈
한구수자원공사

The Study for the Power System Protection of a place which using electricity 154kV

Eun-Yong Hwang, yong-suk Kim, kyu-kun Lee, Sang-Gun Lee, Kyong-Ju Park, Do-Bin Roh,
kwater(한구수자원공사)

Abstract - 대용량 수도사업장 고압(6.6kV) 비접지 방식의 전력계통 사고는 3상 단락에 비해 1선 지락 사고가 대부분을 차지하고 있다. 1선 지락사고 발생 시 건전상 상전압이 $\sqrt{3}$ 배 상승하고, 공진현상 발생으로 수십배의 전압상승도 일어날 수 있으므로 운전 중인 전력기기 보호를 위해 신속한 지락점 제거가 필요하다. 그러므로 본고에서는 A,B 사업장 펌프기동반의 지락사고 발생을 분석하여 이를 토대로 비접지 계통의 지락보호협조에 대하여 학습하고자 한다.

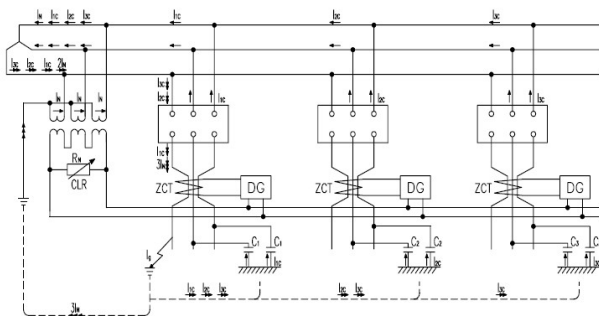
1. 서 론

2009년 대용량 A사업장 펌프모터 #11(2,000[kW]),15(2,000[kW]),17(2,000[kW]),18(900[kW])호기 가동중 #15호기 직렬리액터 절연과피 지락사고로 #11,17,18 호기가 동시에 보호계전요소 67,64 동작으로 Trip되고, 몇[ms] 후 #15호기 계전기 67동작으로 Trip 사고가 발생하였다. 또한 같은 년도에 대용량 B사업장 펌프모터 #3(3,900[kW]),5(3,900[kW]),11(3,900[kW]),13(3,900[kW])호기 펌프 가동중, #11호기 직렬리액터 절연과피 지락사고로 #11,13호기 보호계전요소 67 동작으로 Trip되어 운전 중인 펌프모터가 정지되었다. A사업장과 B사업장의 지락사고발생은 동일하였으며 보호계전요소 정정치에는 아무런 문제가 없었다.

2. 본 론

2.1 비접지계통 지락보호 특성

비접지 방식 지락사고 시 지락전류는 <그림1>과 같이 계통의 충전전류와 GPT를 통한 유효분 전류가 벡터 합성되어 흐르며 수 [A]정도에 지나지 않는다. 그러나 설비 용량이 증설되고 뱅크 용량이 커지게 되면 지락전류가 증가하여 비접지 방식으로 계통 보호가 어려워진다. 실제로 대용량 A,B,C사업장은 고압모터가 14,18,10대씩 있으며 변압기 용량은 12.5/15[MVA] × 2대, 20/25 [MVA] × 3대, 25/30 [MVA] × 3대로 구성되어 있다.



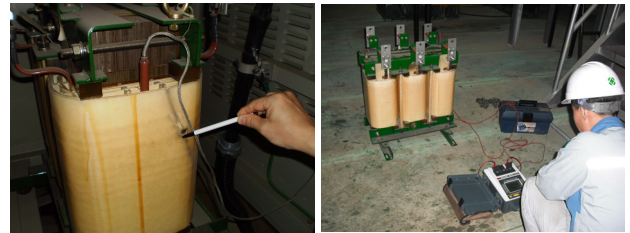
<그림 1> 지락전류 흐름도

2.2 A,B 사업장 지락사고 발생

2.2.1 지락사고 발생현황(6.6kV 사업장)

사업장	사고일시	가동호기	사고내용	비고
A 사업장	09.10.01 15:20	11,15,17,18	15호기 직렬리액터 1선지락 전호기 Trip	67G
B 사업장	09.12.22 20:24	3,5,11,13	11호기 직렬리액터 1선지락 11,13호기 Trip	67G,64

* 67G : 선택지락계전기 (Selective directional ground relay)
64 : 지락과전압계전기 (Ground overvoltage relay)



<그림 2> A 사업장 15호기 직렬리액터

▶ <그림2>와 같이 A사업장 15호기 직렬리액터 온도센서 케이블이 절연지 표면에 혼촉 되어 지락이 발생하였다.
2.2.2 A 사업장 지락전류크기

호기	전동기		CV 케이블(125mm ²)		정전 용량	지락 전류
	용량(kW)	대지정전용량(μF)	길이(km/상)	정전용량(μF)		
11호기	2000	0.11	0.235	0.49	0.152	$j0.66(A)$
15호기	2000	0.11	0.237		0.153	$j0.66(A)$
17호기	2000	0.11	0.179		0.125	$j0.54(A)$
18호기	900	0.07	0.169		0.106	$j0.45(A)$

▶ 총 무효분 영상전류(Ic)

$$I_c = I_{c11} + I_{c15} + I_{c17} + I_{c18} = j0.66 + j0.66 + j0.54 + j0.45 = j2.31[A]$$

▶ GPT로 흐르는 유효분 영상전류(In)

$$R = \frac{n^2 \times r}{9} = \frac{60^2 \times 25}{9} = 10,000[\Omega], n : GPT권수, r : CLR저항$$

$$I_n = (6600/\sqrt{3})/10,000 = 380[mA], 380 \times 2(GPT 2대) = 0.76[A]$$

▶ 사고호기(15호기) 지락전류

$$\text{지락전류} = \text{유효분 영상전류}(I_n) + \text{무효분 영상전류}(I_c) = 0.76 + j2.31[A]$$

$$I_g = \sqrt{0.76^2 + 2.31^2} \angle \text{Atan} \frac{2.31}{0.76} = 2.42 \angle 71.7$$

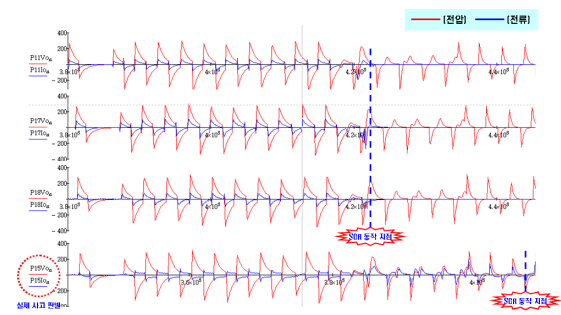
2.3 67G 계전기 동작 분석

2.3.1 사고호기 동작분석

15호기(사고호기)는 동작분석 결과 지락전류 값이 허용치를 초과하여 ZCT 포화로 위상이 180° 변화하여 사고초기에 부동작하였고, 정상호기(11,17,18호기) 67G 계전기 동작으로 계통분리되고 몇[ms] 후 15호기(사고호기) 67G 동작으로 계통분리 되었다.

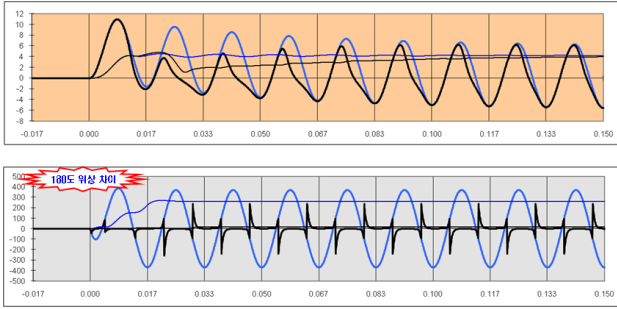
2.3.2 가동호기 동작분석

가동(11,17,18)호기는 실제 사고는 발생하지 않았으나 큰 지락전류 유입으로 ZCT 포화로 67G 계전기가 동작 하였다.



<그림 3> 파형분석

2.3.2 지락전류 증대로 인한 디지털계전기내 ZCT 포화정도
 디지털 보호계전기내 ZCT에 인가되는 전류크기가 클수록 포
 화정도는 <그림4>와 같이 커지며 포화가 심할 경우 전류의 위
 상이 인가되는 신호와 180° 위상차이가 발생한다.



<그림 4> ZCT 포화

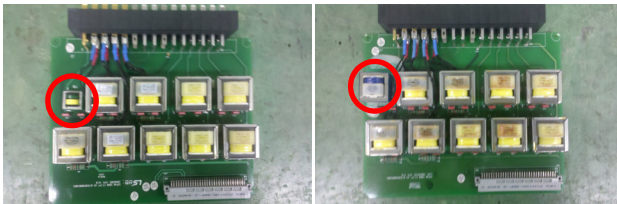
2.4 계전기 부동작에 대한 조치사항

2.4.1 디지털 보호계전기내 ZCT 용량 증대

보호계전기내 ZCT용량을 증대시켜 포화현상을 차단하여 계
 전기 오동작을 방지하였다.

	보증 범위			비 고
	2차(mA)	1차 환산(A)	배수	
ZCT 변경 전 Data	9	1.2	6배	6배
ZCT 변경 후 Data	225	30	150배	150배

※제품보증전류(KEMC 1120규격):최소 9[mA]의 1000%에서 오
 차가 없이 정상적으로 동작할 것



<그림 5> 디지털 계전기내 ZCT

3. 결 론

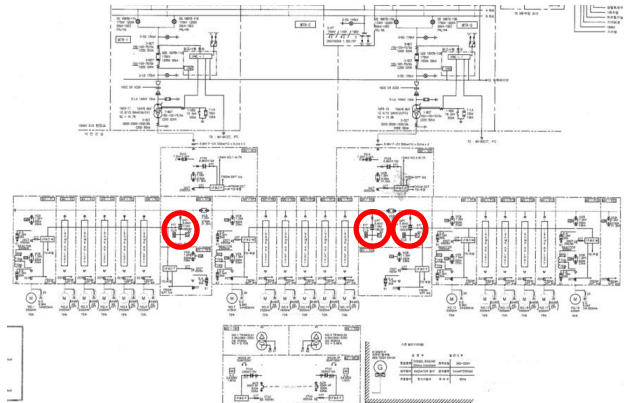
대용량 수도사업장 고압(6.6kV) 계통의 보호는 비접지 방식
 을 적용하고 있다. 비접지방식은 GPT와 ZCT를 조합하여 SGR
 (선택 지락계전기)로 지락보호를 하고 지락사고 시 수 [A] 정도
 의 적은 전류가 흐르므로 계통에 미치는 영향이 적다. 또한 지
 락사고 시 사고 부하만 Trip 시키고, 나머지 부하는 Trip 시키
 지 않는 것이 가장 큰 장점이다. 그러나 위 사고사례에서 모든
 대용량 수도사업장 고압(6.6kV) 비접지계통의 지락사고 발생
 은 사고 부하부터 정상 부하까지 Trip을 발생시키고 있다. 이것
 은 지락전류의 크기가 비접지 계통에서 보호 할 수 있는 범위를
 넘어선 것으로 추정 된다.

3.1 지락전류 크기 증대 원인에 따른 보호방식 재검토

비접지 계통에서의 지락전류는 GPT에서 최대고장전류가
 380[mA]를 넘지 않도록 CLR값을 선정하여 전류를 제한하고 있
 다. 그러나 A,B,C사업장 전력 계통은 <그림5>에서 보듯 계통 운
 영상을 고려하여 GPT 개소가 증가되었고 뱅크 용량이 커지며
 서 충전전류 Ic값이 증가되어 계통의 지락전류가 커지게 되었다.
 (I_g=I_o+I_c, I_c>>i_o) 그러므로 6.6[kV] 수도사업장에 빈번하게 지
 락사고가 발생하면, 계통의 전반적인 보호방식을 직접접지로 변
 경하는 것을 고려해야 한다. 실제로 계통이 증가하고 뱅크 용량
 이 커지면 지락전류가 증가하여 비접지방식으로는 계통보호가
 어려워진다.

직접접지방식은 변압기의 중성점을 대지에 직접접지하기 때문
 에 1선 지락 사고 시의 건전상 전압상승이 가장 적으므로 전력
 기기의 절연을 현저히 줄일 수 있다. 또한 지락전류 검출이 용이
 하여 지락사고 시 보호계전기가 신속하게 동작을 한다. 그러나
 지락전류가 크기 때문에 설비사고 발생 빈도가 많고 통신선의
 유도전압이 높아 통신 장애를 일으킬 수 있다. 이 때문에 직접접
 지 계통은 충분한 절연설계가 필요하다. 그리고 계통에 지락 사

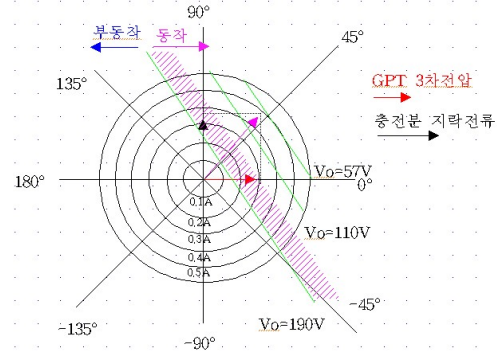
고가 발생하면 선로에 유입되는 지락 사고 전류의 지속시간을
 최대 단시간으로 하기 위하여 고속도 선택차단이 가능한 보호
 계전기 및 차단기를 설치하는 대책이 필요하다.



<그림 6> A 사업장 GPT 설치개소

3.2 선택지락계전기 보호범위 정정검토

비접지 계통에서의 지락전류는 <그림6>과 같이 최대감도 위
 상 전상 30°~ 45°, 정격전압 190[V], 정격영상 1차 전류
 150[ImA] 이하에서 동작한다. 그러나 위 사례에서 모든 A,B사업
 장의 지락전류는 2.42[A] < 71.7° 이므로 최대감도 위상을 60°~
 75°로 수정하면 지락전류 검출이 용이할 것으로 판단된다.



<그림 7> 선택지락계전기 위상특성

결론적으로, 본 고에서는 대용량 수도사업장 고압(6.6[kV]) 계
 통의 지락사고 발생 시 문제점을 연구하여 사고 발생 잠재 가능
 성을 낮추고, 대형 설비사고로 과급 될 수 있는 사항을 미연에
 차단하고자 한다.