



고압(6.6kV)모터
의 접촉불량으
로 인한 지락 및
계통과급 현상

CASE 전력기술상담

A 공장에서 운휴중이던 고압모터를 기동시 3E Relay가 Trip 하였다.
모터 점검 결과 결함을 찾을수 없어 재투입하였다.
수분 후 수전축 차단기 및 동일변압기에서 공급되는 수개 Feeder 차단기가 Trip되
는 사고로 확산되었다.

- Home - page 개설이 약속보다 늦어진 것 사과드리며, 4월부터 Home - page **【ELEC - Consulting.co.kr】** 에서 관심있는 여러분들과 함께 토론하고 정보를 교류하
는 보다 알찬 우리들의 장으로 운영코자 하오니 많은 참여 있으시기 바랍니다.
- Home - page 구성
 - ◇ 4월의 전기상식(기술)/토론 내용에는 일산 열병합발전소의 박찬희 회원이 전류
보조계전기와 전압보조계전기의 혼합사용에 대한 질의에 대해 KOPEC의 최원
장 회원이 보내주신 내용을 소개합니다.



전 명 수 [No.45]

일렉 컨설팅 대표
☎ 02)554 · 8787
018)212 · 4848



김 정 철 [No.24156]

(재)한국철도기술공사
(주)태정시스템 고문
☎ 02)525 · 6473

- 본 사고내용을 보내주
시고 원인분석을 협의
하여 주신 A공장의 K
전기주임께 감사드리
니다.

1. 현황

가. 계전기 동작 사항

그림 1과 같은 계통에서 유힘중이던 6.6kV 1200HP 고압 Pump 모터의 베어링을 교체하고

시운전중 CB15의 3E Relay가 동작하여 CB15가 Trip하였다.

해당 모터 1200HP이 문제일 것으로 생각하고 CB출력단에서 모터회로의 절연저항을 측정 한 결과 각상과 대지간 280[MΩ], 각상간 0[MΩ], 육안 및 냄새로는 알 수 없었음

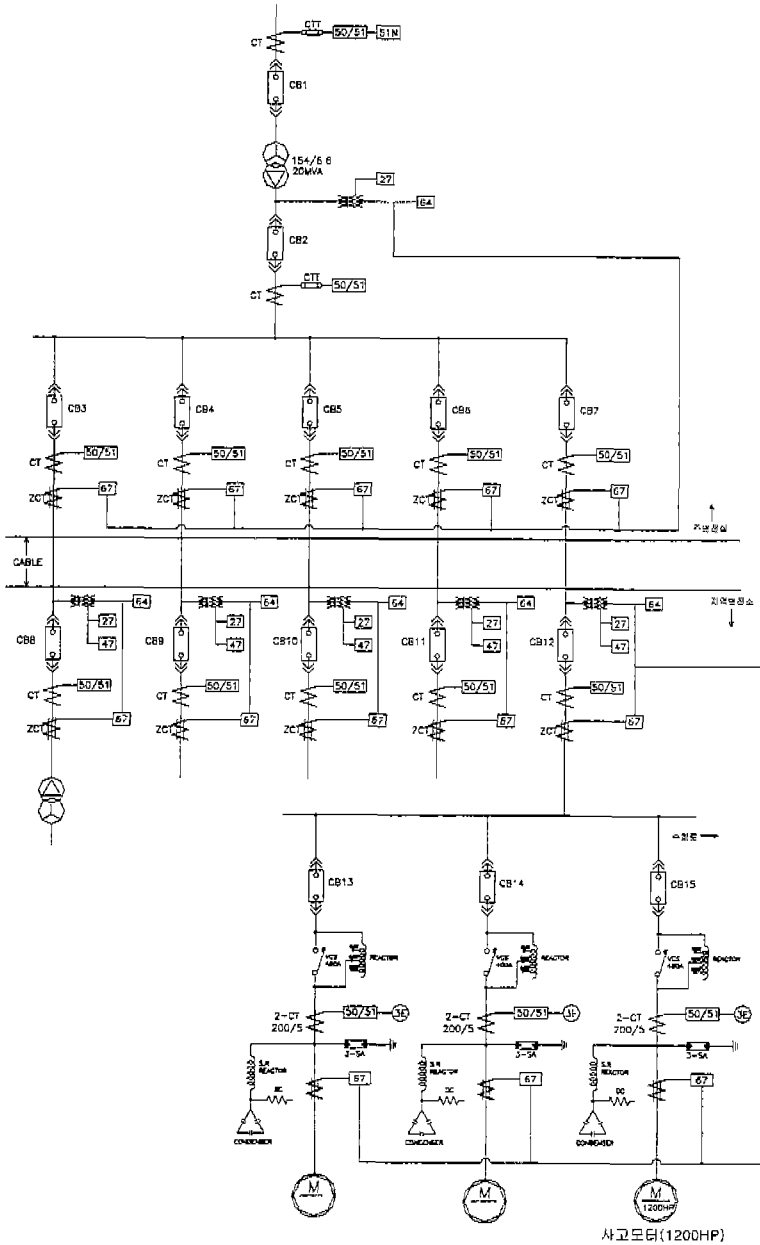


그림 1



계전기 오동작 또는 사고원인이 자연제거된 것으로 판단하고 재가동한 결과 수초후 기동상태가 완료되고 전류가 정상시보다 약간 증가(75→80A)되었으나 별다른 이상현상은 없었음. 그후 약 1분 뒤 해당모터 CB15의 SGR(67)이 동작되고 동시에 다음과 같은 Feederd의 계전기가 동작되어 각 해당 CB가 Trip되었다. CB12의 47, 64, 27 계전기 동작

- CB7 67 동작
- CB9 64 동작
- CB10 64 동작
- CB11 64 동작

나. 해당 모터 정밀 점검 결과

- 모터의 Terminal Box open 검사 결과
- R-T상 정상 S상 단선(arc)
- 각 상과 대지간 절연저항 6,000MΩ
- 각 상간 권선저항 R-S : 1.4Ω
- S-T : 1.4Ω
- T-R : 1.4Ω

다. VCS, 기동리액터, 콘덴서 등은 이상이 없었음

2. 원인 분석

가. 유휴중이던 Motor를 시운전 시점에 모터 Terminal Box내의 S상 Terminal 압착부분(가는 연선)에서 습기 또는 진동으로 부식 이완되어 접촉불량상태로 되고 R, S, T상의 전류가 불평형되어 3E Relay가 Trip된 것으로 추정되며

나. 5000V 메가로 상간의 저항을 측정할 경우 터미널의 접촉부위가 과열 탄화되어 접촉저항이 건전상보다 수[Ω] 또는 수백[mΩ] 정도로 차이가 있을 때에도 구분할 수 없이 0[Ω]으로 동일하며 절연저항을 280[MΩ]으로 양호한 상태이므로 이상없는 것으로 판단하고 재송전하게 된 것임

다. 재송전하여 기동시간(4~5sec)이 지나 정상 속도에 도달한 후 전류값이 약간 증가(75 → 80A)된 것은 S상단자가 접촉불량으로 저항이 증가되어 S상의 전류가 감소되고 R, T상의 전류는 약간 증가(역상전류)된 것으로 추정되며 S상 Terminal은 과열되고 Arc가 발생되어 Arc에 의해 지락상태가 지속되었고 종래에는 모터의 S상 Lead선이 용단된 것이며 Arc는 Lead선이 용단된 후에도 CB15의 SGR이 동작될 수 있는 조건의 지락저항값까지 Lead선과 단지함 사이에 Arc가 지속된 후 SGR에 의해 CB15가 Trip된 후 중단되었을 것임

라. CB7과 CB12는 고장모터회로 CB15와 직렬관계이므로 영상전류 및 역상 전류가 동일하게 흐르므로 67과 47이 동작하게 되고

마. 영상전압은 고장모터 공급용 변압기(Y-△ 154/6.6kV 20MVA)에서 공급되는 모든회로의 GPT에서는 동일하게 감지되므로 영상전압에 의해 동작되는 계전기인 OVGR은 CB 9, 10, 11, 12 가 모두 동일하게 동작된 것이다.

CB12의 UVR은 SGR에 의해 정전되므로 무전압에서 동작한 것임

바. 3E 계전기 동작

모터보호용 3E계전기(Omron-SE Type)는 과부하 결상 반상(反相) 요소가 있으며 초기 시운전시 S상 접촉불량에 의해 불평형전류가 흘렀을 것이며, 결상요소에는 불평형률(역상분/정상분 × 100)이 30 ± 10% 이상이면 동작되므로 결상요소에 의하여 Trip된 것으로 추정된다.

R, S, T상 중 어느 한 상이 접촉불량 또는 단선되거나 3상전압이 불평형되면 역상전류가 증가되게 되고 1선이 단선될 경우 가장 큰 역상전류(선전류의 57.7%)가 흐르게 된다. 상세한 내용은 본 협회지 '97년 11월호 전력기술상담란을 참고하시기 바랍니다.

3. 대책

가. 목적에 적합한 측정장비의 사용 및 사고의 분석

가공선로에서는 계통고장시 60~70%가 자연 복구되는 것이 통계자료이나 Cable이나 모터 Panel 등의 경우는 계전기가 불량인 경우를 제외하고는 대개의 경우 계전기가 동작하면 원인이 있으므로 동작 원인을 정확히 분석하고내용을 조치한 후 가압할 필요가 있으며 측정장비는 그 장비의 목적에 맞도록 사용하여야 한다.

예

절연저항(MΩ)은 저압 :500V 메가, 6.6kV 계통은 5000V 메가로 측정하고, 권선저항은 테스터로 측정하여야 한다.

나. 계전기는 계통에 적합한 Type을 사용하고 Alarm 과 Trip을 적정하게 사용하여야 한다.

이 경우는 동일변압기에서 Branch되는 수개의 Feeder에 설치된 모든 GPT에는 영상전압이 동일하게 나타나므로 Feeder에 있는 OVGR (영상전압요소)은 Alarm Only 이거나 SGR의 Supervision 요소만 사용하여야 하며 주변압기 2차 CB2(Main)의 OVGR은 각 Feeder의 SGR이 동작되어 모든 CB가 Trip되어도 영상전압이 계속 검출될 경우 주변압기 1차와 2차측 CB를 적절하게 시간 조정하여 Trip 시켜서 변압기나 Main Bus 등의 지락 고장을 보호 할 수 있도록 하여야 한다.

4. 관련 기술

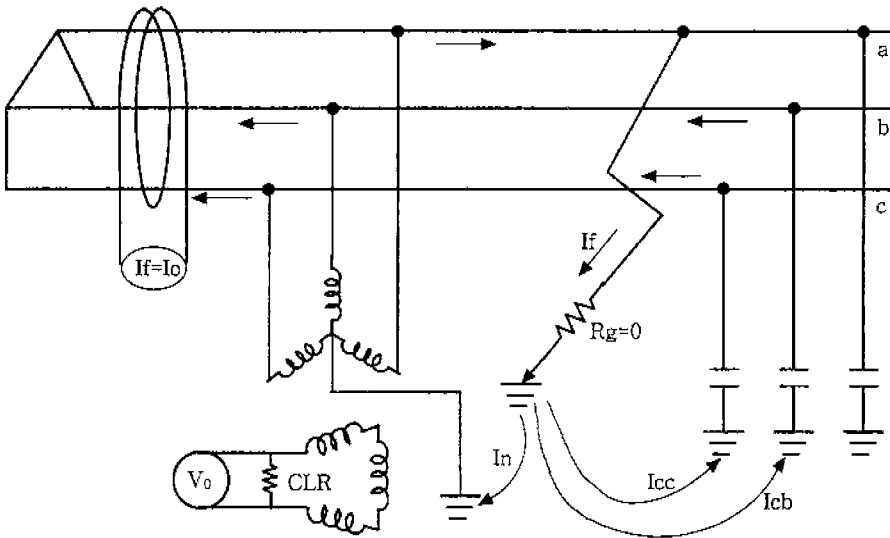


그림 2 고장전류 분포도



비접지계통의 영상전압, 영상전류 검출방법 및 관련 Vector도와 각각의 변압기 결선 방식별로 고장전류가 변압기를 통과할 경우의 변화상태를 소개한다.

가. 비접지계통의 영상전압, 전류

비접지계통에 나타나는 영상전압(GPT 2차측 Open Delta Side)은 공급하는 주변압기에 연결된 모든 Feeder의 GPT는 동일하게 나타나며 그 크기는 아래와 같다.

이 경우는 지락저항 R_g 값에 따라 V_0 값의 크기가 달라지며 R_g 값이 0이면 $V_0 = \sqrt{3} V$ (V 는 상전압)가 된다.

V 는 상전압이며 그림 3에서 알 수 있는 바와 같이 정상시는 GPT 의 각상에는 상전압 (V_a, V_b, V_c)이 각각 검출되고 Open Delta측에 검출되는 $V_0 = V_a + V_b + V_c = 0 [V]$ 가 나타나지만 현상이 완전지락되면 지락난상의 대지전위는 0($V_a = 0$)으로 되고 나머지 2

개상은 상전압에서 선간전압($V_b \rightarrow V_b', V_c \rightarrow V_c'$)으로 상승되며 GPT에 나타나는 영상전압 V_0 는 상전압의 3배가 나타난다.

나. 변압기 결선에 따른 부하측(Tr 2차) 고장전류가 변압기 1차측에 미치는 영향

변압기 2차측의 2상단락 또는 1선지락시에도 그림 4와 같은 결선방식에서는 지락계전기(OCGR)는 동작하지 않으며 과전류계전기(OCR)는 후비보호로 동작하게 된다. 참고로 그림 4와 같은 전류분포상황을 소개한다.

따라서 154/22.9kV 직접접지계통에서 1선지락 고장이 발생하면 지락전류는 상당히 큰(3상단락보다 큰 값일 경우도 있다)값이 흐르게 되지만 22.9kV측 OCGR이 부동작되어도 1차측의 OCGR은 동작되지 않으며 OCR이 2차측 고장전류의 0.58 PU 이상이면 후비보호로 2개상이 동작하게 된다.

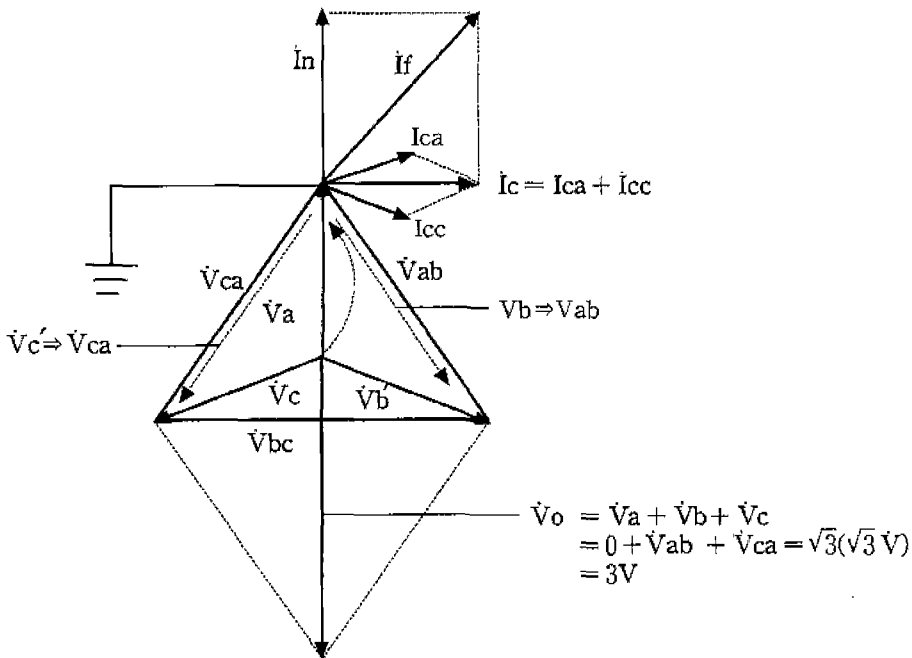
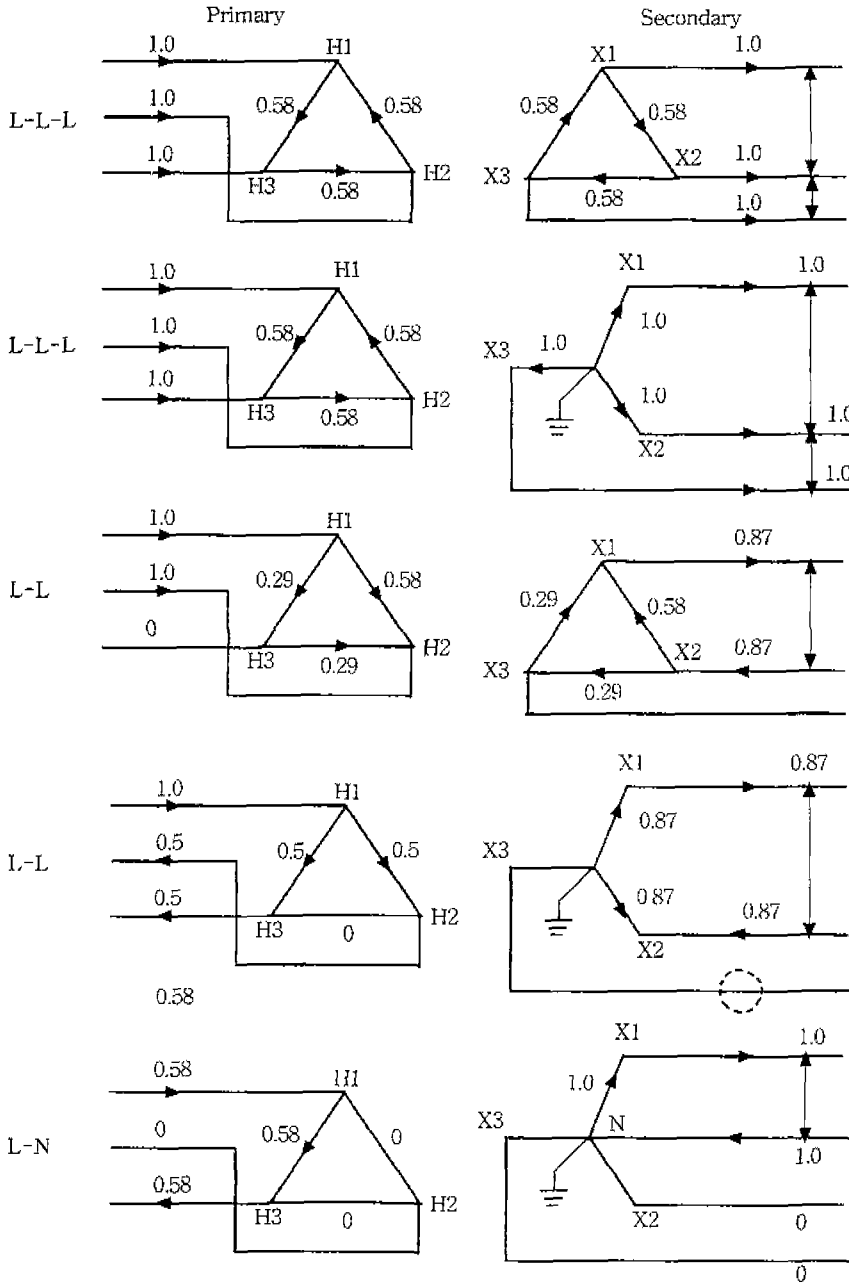


그림 3 비접지계의 영상전압, 전류 크기(완전접지시)

ANSI/IEEE C37.91



$$\text{3Phase fault current} = \frac{3 \text{ Phase Full Load Current}}{\text{Transformer Per Unit Impedance}} = 1.0 \text{ PU}$$

그림 4 고장종류별 전류분포