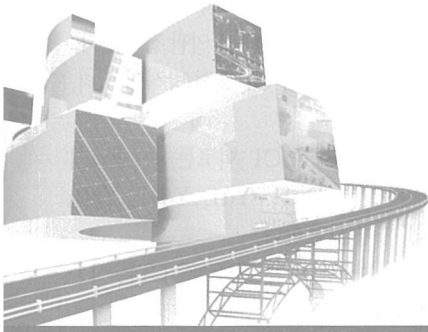




글 _ 이 용 학(No. 81870)
(주)한국코아엔지니어링 이사/기술사

발전소와 연계된 통합 S/Y 건설시 CT 결선 유의사항



1. 개요

전력계통 즉 발전에서부터 송, 변전 그리고 배전 계통에 이르기 까지 발전, 선로(모선포함), 변압기, 차단기, 단로기 등 수 많은 기기들이 고장에 노출되어 있기 때문에 언제나 고장의 위험이 상존 한다. 최근에는 765kV 초고압 송전망을 비롯하여 고전압, 대전력 전송망이 운영됨에 따라 계통 고장 시 막대한 고장 전류로 인한 기기 등의 손상은 물론 정전으로 인한 산업 현장의 피해는 물론 여타 수용의 피해 또한 무시할 수 없을 정도에 이르렀다. 따라서 전력 계통 고장 발생 시 고장 구간의 신속한 검출, 차단과 고장 범위 축소를 위해 다양한 보호 계전 방식이 채택되어 사용되고 있다.

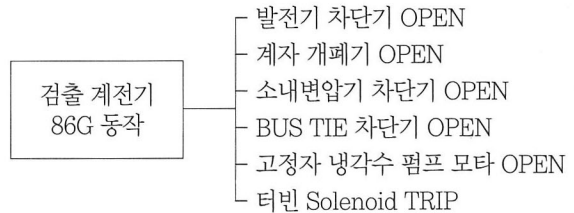
그 보호계전기에 전원을 공급하는 CT의 결선방식이 잘못 되었을 경우 오히려 보호계전기를 동작시키는 결과를 초래하는 바 현장 감리시 유의해야할 점을 사고 사례로 비추어 본다.

2. 보호계전 방식

보호계전방식에 대해서는 그 양이 방대하고 내용 또한 복잡 한바 여기서 전부를 논하는 것은 생략하고 발전소와 변전소의 보호계전 방식 개요만 간단히 소개하고자 한다.

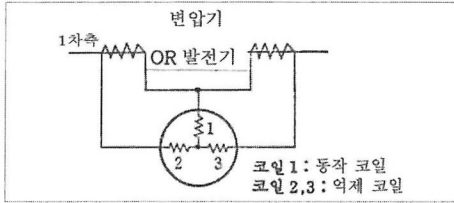
2-1 발전소의 보호계전 방식

발전기, 주변압기, 소내변압기 등의 전력기기에 사고가 발생한 경우 먼저 경보를 울리고, 사고의 규모가 커서 부득이 발전을 정지하여야 할 때는 발전기용 차단기를 트립 시키고 터빈 비상 정지 조치를 한 후 고장 구간을 신속하게 분리 하는 조치를 취하여야 한다. 검출계전기 (86G)에 의해 각종 보호동작을 동시에 시행하는 개폐 장치도를 표시하면 다음의 일례를 참조 할 수 있다.



2-1-1 내부고장에 대한 보호

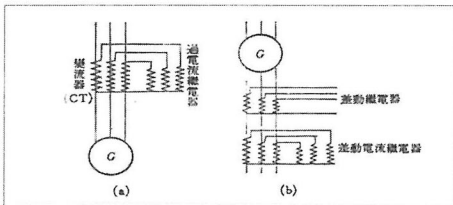
발전기 내부고장 보호방식은 발전기 전후에 정격이 같은 CT를 결선, 2차측을 차동적으로 접속 계전기를 물려주는 차동계전 방식을 사용하며 전류 차동 방식과 비율 차동 방식이 있다.



[그림 1] 비울차동 계전기

2-1-2 외부고장에 대한 보호

외부고장으로 발전기가 과부하가 되지 않도록 부하 측의 차단기를 먼저 동작 시키고 1~2초 후에 발전기의 차단기를 Trip 시키는 반한시성 계전방식을 사용한다.



[그림 2] 외부고장 보호

2-1-3 탈조보호

발전기가 탈조상태가 된다는 것은

- ① 지나친 과부하
- ② 급격한 부하 변동
- ③ 고장 발생 시 과도안정도의 한계를 초과
- ④ 동기화력(同期化力)의 감소 등에 사용하는 탈조 계전 방식이 있다.

2-2 변압기의 보호계전방식

변압기의 내부고장 보호용으로 가장 많이 사용되는 것은 비울차동 계전방식이다. 변압기는 1, 2차측 즉 저, 고압측이 있어 어느 한쪽의 여자 전류에 의해 계전기의 동작부에는 평상시에도 여자전류가 흐르고 있다. 또한 1, 2차 CT의 정격이 다르기 때문에 단락고장전류에 의한 CT 포화에 따른 변류비 오차가 발생 동작코일에 전류가 흐르는 수가 있어 이를 제어 하기 위해 비울차동계전 방식을 채택, 계전기 억제코일에 흐르는 전류의 일정 값(30~35%) 이상의 전류가 동작 코일에 흘렀을 때만 동작하는 비울 차동계전 방식을 사용 한다.

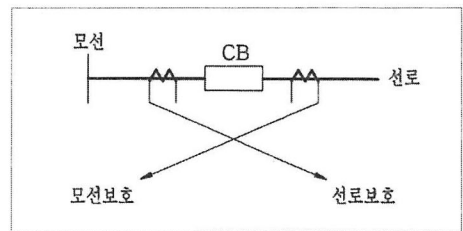
3. 변류기(Current Transformer: 이하 CT라 함) 회로의 표준 결선 방식

CT는 각종 계전기 및 계측용 기기에 전류를 제공해 주는 기기로서 한전 변전설계기준(DS-2402)에 따르면 송·배전용

변전소에 설치, 사용되는 각종 CT(전기요금거래용 MOF 제외)의 결선 방식에 대해서는 다음과 같이 정의하고 있다.

3-1 일반사항

- ① CT의 극성은 감극성으로 한다
- ② CT 회로 결선 표시 방법(생략)
- ③ CT의 2차측(3차권선이 있는 경우 3차권선 포함)은 반드시 접지하고 접지는 첫 번째 배전반과의 연결부분에서 예비단자를 사용하여 한 장소에서만 실시한다.
- ④ CT 1차측 접속은 +(H1)측을 차단기에 접속한다. 단, 중성점에 설치되는 단독 CT는 접지측을 +(H1)에 접속한다.
- ⑤ 보호계전기용 CT는 무 보호구간이 없도록 중첩하여 설치한다.



[그림 3] CT 보호구간

3-2 3상 교류회로의 CT 접속 방법

- ① V 접속 ② Y 접속
- ③ Δ 접속 : 전력측정 회로에는 일반적으로 사용치 않으며 전력용 변압기 보호 회로에 사용한다.
- ④ 영상- 3차권선 접속(2차권선 Y: 3차권선 Δ)
- ⑤ ZCT 접속 ⑥ 교차 접속
- ⑦ CT 결선시 접속 방법에 관계없이 CT 2차(또는 3차 포함)가 개방되는 경우가 발생되도록 해서는 안 된다.
- ⑧ 보조 변류기는 가능한 사용 억제

3-2 CT 결선 방식 일반 사항

- ① 송·배전선로용 CT 회로
 - 1) 765kV 및 345kV, 송전선로용 결선 방식이 있다.
 - 2) CT는 Y 결선하고 송·배전선로(인출)측을 일괄 접속한다.
 - 3) 154kV 및 22.9kV-y 선로 보호용 CT 결선 방식이 있다.
- ② 변압기 보호용 CT 회로
 - 1) 765kV, 345kV 변압기 보호용 CT 회로는 주 변압기 결선 방식에 따라 Dy1, Dy11, Yd1, Yd11, Yy0, Dd0, 방식 중 택1 하여 사용한다.
 - 2) 변압기 보호용 CT는 차단기의 BUSHING CT를 사용 하되 가급적 변압기 BUSHING CT는 사용하지 않는다.

4. 사고 사례로 본 현장 감리시 CT 결선 유의사항

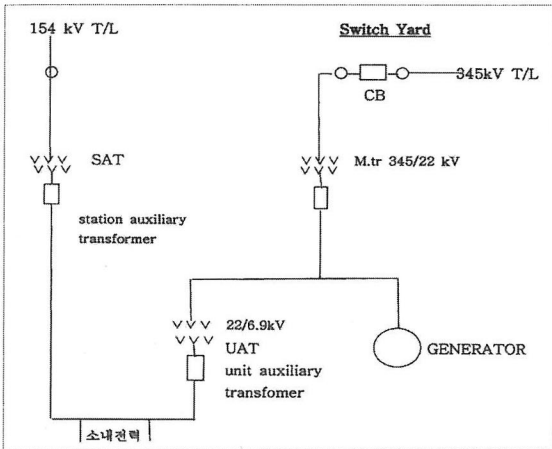
원자력 발전소 구내 통합 S/Y 건설공사 현장 감리업무 수행 중 발생한 사고를 살펴본다. 다만 본 내용은 발전소가 중요 시설로서 사고 내용이나 원인을 정확하게 공개하지 않아 현장에서 확인 된 몇 가지 내용을 근거로 작성하였으므로 사실 내용과 다를 수 있음을 참고 하여야 한다.

4-1 사고개요

① 발생일시

2013년 0월 0일 오후 4시34분경 출력 00만 kW급 발전기를 가압중 60%출력 상태에서 주변압기 보호용 비율차동계전기가 동작하여 발전을 긴급 정지하는 사건이 발생

② 발전소 계통도[그림 4]



[그림 4] 발전소 간계통도

③ 사건 발생원인

발전소내 변압기 보호용 비율차동 계전기(87T)에 공급되는 CT의 결선이 Δ 결선이여야 하나 Y 결선으로 확인됨으로서 위상차에 의한 내부순환 전류가 발생 차동계전기의 동작코일에 전류가 흘러 계전기가 동작한 것으로 추정

④ 현장 상황

- 본 사건과 관련된 S/Y의 GIS 설비는 2012년 9월 중순경 설치완료 되어 해당 발전기에서 공급되는 345kV 선로를 기존 S/Y에서 임시 가공선로(1경간)로 공급하고 있었다.
- 임시 준공된 S/Y에는 발전소와 한전 S/Y간 연계반 제어 PNL이 별도 설치되어 있어 쌍방 자산 경계점은 연계PNL 1,2차측 이다.

- 약 7개월이 경과한 후 임시 가공선로를 철거 한 후 발전소 주 변압기에서 전력케이블을 설치 GIS에 연결 공급선로를 구성하고 발전기를 가압 중 이었다.

4-2 사고 원인분석 및 대책

- ① S/Y의 차단기 설치시 CT의 결선방식은 전원과 부하측이 T/L 이므로 선로 보호계전에 사용되는 CT 결선으로 Y결선 방식이 적합하게 설치되어 있었다.
- ② 발전기 예방정비 기간 종료 후 발전기를 선로에 병입하는 과정에서 가압전 주발전기 차단기 조작시험, 역가압 시험, 연동시험을 정상적으로 시행하였다.
- ③ 주변압기의 계전기용 CT는 S/Y GIS 1차측과 연동되게 설치하게 됨에 따라 기존 T/L 보호용 Y결선에서 Δ 결선으로 바꾸어 주었어야함에도 미처 확인하지 못한 원인으로 추정 된다.
- ④ 비율차동계전기는 그 억제코일에 흐르는 전류의 차 30~35% 정도가 동작 코일에 흘렀을 때 동작하므로 발전기가 저출력일 때는 동작하지 않고 일정 출력이상이 되어서 부하 전류가 증가하였을 때 동작한 것으로 보인다.
- ⑤ 발전소와 변전소간 연계반(PNL) 운영시는 명확한 자산 한계점을 설정, 주 보호계전기 운영 측에서 반드시 CT 결선을 확인 하여야 한다.

5. 결론

모든 사건에는 반드시 원인이 있으며 그 시작은 작은 실수 하나일지라도 대형 정전 고장이나 안전사고로 이어지는 경우가 필연적이다. 본 사례는

- 발전기 가압전 모든 시험을 절차대로 시행하였음에도 T/L 보호용 계전기 CT를 주변압기 보호용 CT로 사용한 점과
- S/Y 건설과정에서 발생한 일차 가압 후 약 7개월 후 재 가동이라는 시차로 인해 그 사실을 관계자 누구도 생각하지 못한 사고로 특히 계전기 소스 변동이 있을 때는 주 보호계전기 운영부서에서 반드시 CT의 결선을 확인하여야 한다는 교훈을 남겨 주었다. ❖

참고문헌

1. 송배전공학(대학교재)
2. 전검핸드북(일본서원)
3. 변전소 변류기 회로의 표준 결선방식(한전:DS2401)