

수변전설비의 안전관리

과거의 관리기법인 사후보전을 초월하여 예방보전의 요망사항이 점차 높아지고 있다. 따라서 무관심하게 설치된 수변전설비의 중요한 설비의 하나인 피뢰기, MOF, ASS 등으로 인한 사고사례와 대책을 제시하여 안전관리 업무에 기여 하고자 한다.

글 _ 한찬호 기술사 | (주)천일E&C

전기설비를 장기적으로 안전하게 유지사용 하도록 관리하는 것은 전기안전관리사의 중요한 업무이며 최근에는 건축물이 대규모화, 인텔리전트화 됨에 따라서 자동화설비 등 정보통신기기들의 사용이 급증되어 전원설비인 수변전설비에 대한 안전성과 신뢰도가 높으며 순간정전도 허용하지 않는 양질의 전원공급이 요구되고 있다. 이에 따라서 과거의 관리기법인 사후보전을 초월하여 예방보전의 요망사항이 점차 높아지고 있다.

따라서 무관심하게 설치된 수변전설비의 중요한 설비의 하나인 피뢰기, MOF, ASS 등으로 인한 사고사례와 대책을 제시하여 안전관리 업무에 기여 하고자 한다.

1. 피뢰기(LA:Lightning Arrester)의 사고사례와 대책

피뢰기는 낙뢰 또는 개폐찌지 등의 이상전압을 일정치 이하로 저감시켜 전기기기의 절연 파괴를 방지하는 한편 방전한 후 상용주파전압(상시 계통전압)에 흐르는 속류를 신속히 차단하고 계통을 정상적인 상태로 유지시키는 기능을 가진 기기로서 수변전설비의 절연협조에 매우 중요한 기기이다.

1) 사고사례

00 수용가의 가공전선로에서 지중 케이블로 인입되는 책임

분계점 2차측의 피뢰기가 폭발 하면서 구내 약전설비인 전화선 주배선반, 전화선, 러닝머신기계 내부 PCB, TV 증폭기, TV가 소손된 사고임

① 사고원인 : 외부 전주의 인입구에 설치한 피뢰기의 접지선을 구내의 접지단자로 인입하여 제3종 접지단자와 공유한 상태에서 피뢰기가 흡습열화로 인하여 동작 폭발하면서 접지극의 전위 상승으로 약전설비가 소손한 것이다.

② 피해상황

2) 사고방지대책



[그림-1] 사고 발생 전 인입전주



[그림-2] 피뢰기 폭발 수거물

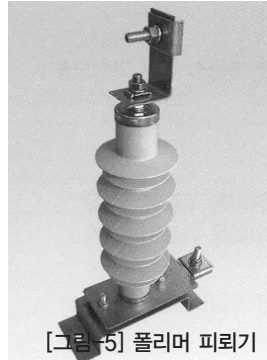


[그림-3] 피뢰기 폭발 수거물(애자)

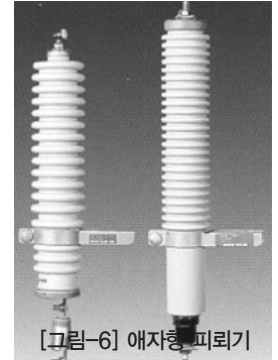


[그림-4] 번개머신기 PCB 내부 소손

① 일반수용가에서 사용되는 18KV 5KA의 기존 애자형 피뢰기에서 나타나는 고장사고 중 다수를 차지하는 흡습열화의 경우에는 정밀한 점검이 사실상 불가하므로 옥외에서 피뢰기의 폭발사고가 발생시에는 사람의 피해는 물론 전기설비의 피해파급이 우려되므로 옥외에 설치된 기존의 애자형 피뢰기를 폴리머 피뢰기로 교체하는 대책이 필요하며, 관계법규에 이를 명시 개정하여 차후 이러한 사고가 발생하지 않도록 대책수립이 필요하다.



[그림-5] 폴리머 피뢰기



[그림-6] 애자형 피뢰기

- ② 인입전주의 피뢰기를 단독으로 옥외에 접지공사를 실시한다.
- ③ 제3종 접지는 단독으로 하여 제1종접지, 제2종접지와 공용하지 않는다.
- ④ 기존의 피뢰기는 disconnecter 미부착 된 것은 설치하여 피뢰기 소손시 대지로부터 자동 분리하도록 한다.
- ⑤ 저압측의 중요한 약전설비는 SPD(Surge Protective Device)를 설치하여 접지한다.

3) 피뢰기 외관 이상시 조치사항

① 피뢰기의 장착이 불완전할 때

- 고장발생요인 : 피뢰기의 지지가 불완전 하면 피뢰기 구조상 및 특성에도 영향을 미치고 고장이 발생하는 경우도 있음
- 조치 : 피뢰기 장착볼트를 고정 지지물 공구로 조인다

② 피뢰기의 선로측 및 접지측 단자의조임이 불완전한 경우

- 고장발생요인 : 각 단자의 고정이 불완전하면 풍압, 적설등으로 전선이 분리되거나 또한 썩지가 가해졌을 때 전선이 용단하는 경우가 있음
- 조치 : 피뢰기 각 단자를 고정 지지물 공구로 조인다

③ 자기애관에 균열이 있는 경우

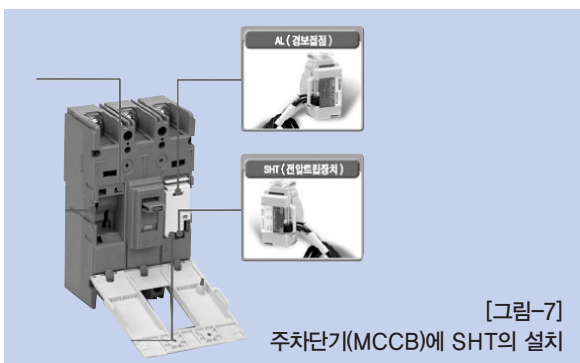
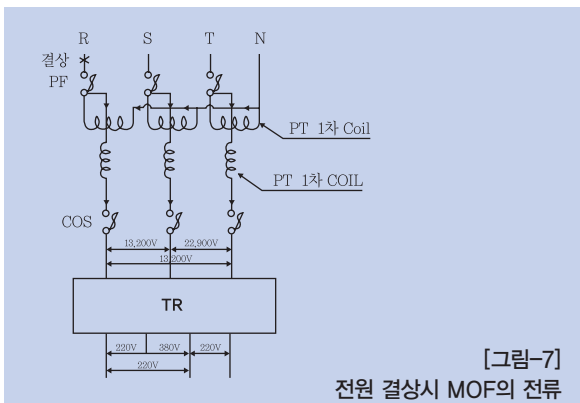
- 고장발생요인 : 관내부에 외부의 습기가 침입하여 절연저하가 생겨 사고로 연계된다.
- 조치 : 시멘트 부분이나 기밀부분, 기타 자기 표면에 균열이 있으면 피뢰기를 철거한다.

④ 선로측 및 접지측 단자부 및 기밀 금속부에 변색되거나 구멍이 발생한 경우



- **고장발생요인** : 피뢰기의 성능 이상인 써지로 동작하거나 어떠한 원인으로 피뢰기가 절연저하 한것이며 계통의 정전 사고로 급변할 우려가 있다.
 - **조치** : 기밀 금속부에 구멍이 있는 경우는 철거한다.
이상하게 변색되는 경우는 피뢰기 누설전류 측정기를 사용하여 누설전류를 측정하여 이상발생시 교체한다.
- ⑤ 자기외관 표면이 오손된 경우
- **고장발생요인** : 애관 표면이 오손 되면 피뢰기의 방전특성이 저하하고 극단의 경우에는 피뢰기가 파괴된다.
애관표면을 Flashover하는 원인이 된다
 - **조치** : 외관표면을 청소하며 특히 염분 및 진해 등이 많은 장소에 설치된 피뢰기는 정기적으로 청소하거나 또는 교체사용 한다.

2. 계기용 변성함(MOF: Metering Out Fit)의 사고원인 인과 대책



1) 22.9 KV-Y 3φ4W 다중접지 수전설비의 결상 사고시 문제점

: 위 [그림7]에서와 같이 수전선로에서 1상이 결상이 되면 MOF의 PT1차에서 CT1차 회로를 통하여 불평형의 전압이 인가되고 변압기 2차부하의 연결 상태에 따라서 MOF의 과열과 부하의 손상 및 장기간 방치시에는 MOF의 과열로 인한 소손사고로 발전될 수 있다.

2) 간이수전설비의 결상 사고시 MOF 과열방지 및 부하의 손상방지 대책

- ① 결상보호기능이 있는 EOCR의 A접점을 이용하여 ASS의 트립회로에 연결하고 ASS를 Trip하여 전원공급을 차단한다.
- ② ASS가 없는 수전설비의 경우에는 결상보호기능이 있는 EOCR의 A접점을 이용하여 [그림8]과 같이 주차단기(MCCB)에 SHT(전압트립 부속장치)를 설치하여 결상 보호계전기와 연결한다.

3. ASS(자동고장구분 개폐기 : Automatic Section Switch)차단으로 인한 감전사고 원인과 대책

우리나라의 배전방식은 3상 4선식 다중접지 방식이다. 이 방식은 지락사고시 중성선에 흐르는 지락전류가 단락전류보다 클 수 있는 문제가 생긴다. 이와 같은 지락사고를 변전소의 차단기와 배전선로에 설치된 RECLOSER와 협조하여 고장구간을 신속, 정확하게 차단하여 고장의 확대를 방지하고 피해를 최소화시키기 위하여 ASS를 변전계통에서는 부하용량 4000[kVA](단, 특수부하는 2000[kVA]) 이하의 분기점 또는 300[kVA] 초과 1000[kVA]이하의 약식 수전설비의 인입개폐기로 주로 사용하고 있다.

1) 사고사례

00수용가에서 변압기를 수리하기 위하여 변압기 제작업체인 00회사의 직원이 전기안전관리자와 함께 작업을 진행하고자 전기안전관리사가 수전용 인입개폐기인 ASS를 개방하고 ON, OFF 표시만 믿고 변압기 제작업체 직원을 H 주상에 올라가 작업하도록 하였으며 작업중에 감전되어 추락함으로써, 피해자가 목척추손상 등으로 하반신마비 등의 상해를 입고 재판이 진행중인 사고이다.

2) 사고원인

안전장구의 미착용과 통전상태의 미확인 등 안전수칙을 준수하지 않은 사고로서 ASS의 불량에 주된 사고인

3) 사고방지 대책

ASS를 개방 하였다 하여도 3상이 동시 개방을 확인할 수 없으며, 개방 하였다 하더라도 정전유도에 의한 사고가 많이 발생하고 있으므로 안전장구를 착용하고 통전상태를 확인 등 안전수칙을 이행 하였다면 사고는 방지할 수 있었을 것이다. 참고적으로 ASS의 관리방법을 살펴보면 다음과 같다.

① ASS의 관리

- 정격전압 정격전류에서는 200회 까지 개폐가 가능하다.
- 정격전류 이하일 경우는 다음과 같다.

부하전류가 90[A]일 때

$$: \text{개폐허용회수} = 200 \times \left(\frac{200}{90}\right)^2 = 987.65 \approx 1000$$

부하전류가 100[A]일 때

$$: \text{개폐허용회수} = 200 \times \left(\frac{200}{100}\right)^2 = 800$$

부하전류가 200[A]일 때

$$: \text{개폐허용회수} = 200 \times \left(\frac{200}{200}\right)^2 = 200$$

900[A]일 때 개폐허용회수는 3회 정도이다.

무부하 일 때 개폐허용회수는 1100회 정도이다

이와 같이 ASS는 부하의 상태에 따라서 개폐회수가 제한적이므로 개폐회수를 점검하여 ASS를 교체 또는 보수 사용하여야 한다.

② 상(Phase) 최소동작 전류의 정정

Phase 최소동작전류는 최대부하전류의 2~3배로 한다.

$$\text{최소동작전류는} = \frac{\text{계약용량[KW]}}{22.9[\text{KV}] \times \sqrt{3}} \times (2\sim 3)\text{배}$$

③ 지락(Ground) 최소동작 전류의 정정

지락전류의 정정TAP은 상(Phase) 최소동작 전류의 TAP의 50[%]로 설정한다.

4) 이와 같은 사고의 발생으로 피해자의 고통은 물론이고 법적인 소송으로 인하여 관련회사와 전기안전관리자의 정신적인 충격과 경제적인 손실이 문제가 아닐 수 없다. 따라서 안전수칙의 준수와 수변전설비의 안전관리가 매우 중요하다.

4. 3상4선식 배전회로의 차단기, 개폐기의 중성선 단자

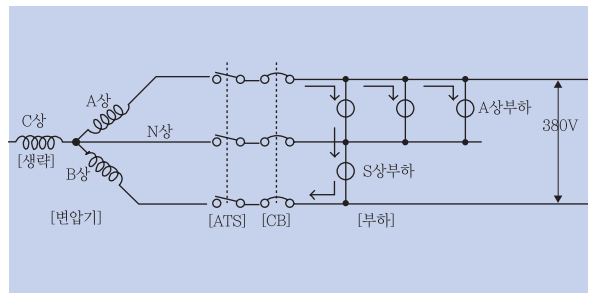
로 인한 부하설비사고와 대책

1) 사고사례

00아파트에서 전력회사의 배전계통에 사고로 인하여 정전 되어 비상발전기를 가동하여 사용한 후에 컴퓨터, 엘리베이터 제어반 등이 소손된 사고이다.

2) 사고원인

ATS 중성선의 접촉단자가 순간적으로 지연 투입되어 발생한 사고로서 중성선이 개방된 상태로 되어서 380V선간에 220V부하가 직렬로 연결된 회로에 임피던스가 큰 부하측의 부하가 소손된 사고이다. 아래 그림의 회로와 같이 R상 부하는 임피던스가 적은 1[Ω]이라고 가정하고 S상 부하는 임피던스가 큰 18[Ω]이라고 가정하면 직렬회로에는 20[A]의 전류가 흐르고 S상 부하에는 360[V]가 인가되어 부하는 소손할 것이다. 또한 불평형의 전압에 민감한 전자장비들은 입력 임피던스가 큰 비선형의 부하특성이 있어서 소손의 우려가 더욱 크다.



3) 사고방지 대책

이와 같은 사고를 방지하기 위하여 KS C IEC 60364 및 내선규정 5210-5 (3.중성선의 차단 및 재폐로)에서는 다음과 같이 규정하고 있다.

- 중성선을 차단할 필요가 있는 경우는 상전선이 차단되기 전에 중성선을 차단하지 않도록 시설할 것.
- 회로를 재폐로 할 경우는 중성선은 상전선과 동시 또는 그 이전에 재폐로 하도록 시설할 것.

- ① ACB, ATS 등의 차단기 및 개폐기는 N상이 먼저 투입되고 개방시는 늦게 개방되는 타입의 사용
- ② ACB, ATS 등의 접촉단자의 정기점검
- ③ 중성선의 접촉단자 정기점검
- ④ 비상발전기는 운전상태 에서 ATS 절체를 피한다.
- ⑤ ATS의 절체 후에 MCCB를 투입한다.