

# ○○제강공장 50 MVA 변압기사고



金炳曉  
((주)로알검정·전무)

모든 사고에는 원인과 결과가 있다. 보험자, 피보험자 모두가 원인보다 결과에 관심을 집중할 수 밖에 없는 것이 현 실정이다. 큰 문제가 발생하는 이재사고는 불충분한 원인규명에서 비롯되는 경우가 많다. 철저한 원인의 분석은 손해사정의 공정을 위하여 필수적이며 이는 전문 기술의 활용을 통하여 이루어질 수 있다.

## 1. 사고발생

변압기의 OCB가 이유없이 동작되어 일단 변압기에 투입되어 있던 負荷를 차단하고, 외관점검을 하였으나 이상을 발견하지 못하였다. 약20분 경과후 電源을 재투입할것을 결정하고 변압기를 쳐다보면서 Switch를 넣는 순간 변압기에서 이상음이 발생함과 동시에 放圧弃이 파손되면서 그곳을 통하여 불꽃이 튀어나오고 OCB가 작동되었다.

## 2. 부보현황 및 손상상태

가. 보험종류 : 신체손해배상 특약부 화재보험

나. 부보내역 :

보험목적물	보험금액
건 물	₩11,831,708,000
기 계	₩35,557,758,000
계	₩47,389,466,000

다. 이재물건 명세

명칭 및 사양	수량	금 액
154KV 수전설비	1 식	₩149,000,000 (감정가액)
● 변압기 154KV/24KV 40/50MVA×1 식		
● OCB(23KV, 2,000A, 1,000MVA)×1 식		
● OCB(23KV, 1,200A, 1,000MVA)×1 식		
● 외 18점		

라. 손상상태

- Tap changer : Shield Ring(Al, 10φ)중 일부가 용융, 절단되고 검게 그을었음.
- 捲線 : T狀 상부의 1/2차 Coil의 절연물이 燒損되고 상, 중, 하부 Coil이 심하게 변형 및 흐트러짐.
- 상부 COVER : Tap changer T狀側 상부 Cover의 안쪽이 그을었음.
- 放圧弃 : 파손(파손압력 0.7kg/cm<sup>2</sup>)

## 3. 피보험자 및 보험자측의 주장

상기 변압기 사고에 대하여 보험자측은 폭발 또는 화재가 아닌 단순한 전기적 사고이므로 F.O.C 약관에 의거 보험금지급이 면책임을 주장하는데 반하여 피보험자측에서는 변압기 사고시,

가. 放圧弃이 파손되면서 불꽃이 튀어나왔다는 점

나. Coil의 절연물이 燒損되었다는 점  
 다. 상부 Cover가 화염에 그을었다는 점  
 라. 放圧弁이 폭발에 의하여 파손되었다는 점  
 등을 들어, 본사고는 폭발과 화재로 인한 것이므로 보험  
 금을 지급하여 줄 것을 주장하였다.

#### 4. 검정회사의 조사결과

(주)로얄검정은 보험자로부터 본사고에 대한 이재조사를 의뢰받아 사고변압기의 사고원인과 사고상황을 현장에서 조사하였다.

##### 가. 사고원인

아래의 원인중 하나 이상의 원인으로 변압기내 Coil의 절연 열화 현상이 발생하며 이 상태가 지속되면 短絡(Short Circuit)이 발생한다.

##### 층간 단락이 발생할 수 있는 요인

1. 절연유 열화 : 층간단락, 선간단락 발생 가능
2. 설계 및 제작

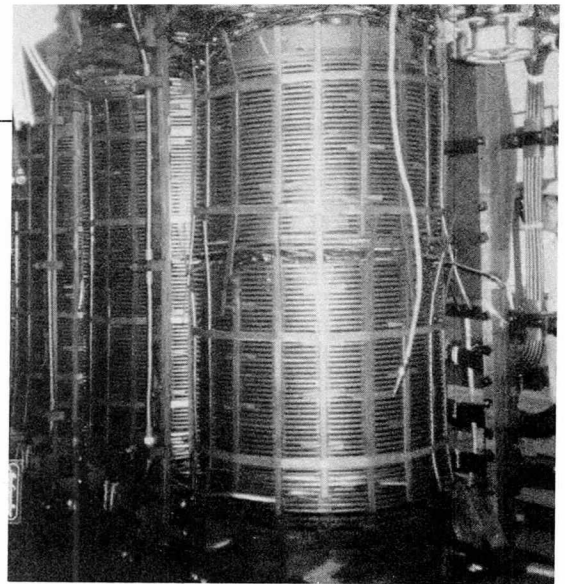
과정의 실수 : 취약부분, 이물질등의 개입으로 층간 단락 발생 가능

##### 3. 보호기기(B-H Relay)

OCR, OCB, DFR 등의 불량 : 층간단락 발생 가능

##### 나. 변압기의 단락(Short Circuit)발생과정 및 상황

상기 사고 원인에 의하여 변압기 권선에 기계적 熱的 충격이 생긴다. 이때 기계적 충격은 권선에 不平衡過電流(Asymmetrical peak Current)에 의한 것으로 권선에 전류가 흐를 때 주위에 누설자속(leakage Flux)이 생기게 되며 이때 Coil에는 방사선방향(Radial) 및 축방향(Axial)으로 충격을 받게되며 전자는 외부권선을 끊어놓고, 내부권선은 변형시키는 작용을 하게되나, 후자는 Coil을 서로 영키게 하는 작용을 하게된다. 따라서 Coil을 감을때 이와같은 기계적 충격에 견딜 수 있도록 보강을 하며 Tapping에 의하여 발생하는 권선간의 電流變換不均衡을 고려하지 않은 경우 항상 사고발생의 소지가 있게된다. 또한 절연불량은 계속하여 異狀電流를 흐르게 하며 이때 권선에 생긴 상승된 온도로 열충격을 일으키게 된다. 본 사고변압기와 같이 銅線의 권선인 경우는 대체로 250°C 이상으로 온도가 상승하면 위험한 상태에 놓이게 된다. 변압기에는 누설임피던스(Leakage Impedance)가 생기는데 이는 일종의 권선에 생기는 전기저항으로 이 값이 적을수록 過電流時 발열이 적게 된다. 이와같이 전류와 누설임피던스의 관계를 균형평균값(Symmetrical r. m. s. Value)이라 한다.



▲ 그림설명 : ① 변압기 상부의 Coil이 심하게 흠어져  
 ② 변압기 중앙부 Coil의 일부가 변형됨.  
 ③ 변압기 하부 Press Ring이 변형됨.

또한 단락전류가 흐르는 기간은 대개 2~3초를 초과하면 변압기에 이상이 생기게 되므로 거의 순간적으로 OCB등이 작동하게 된다.

이와같이 권선의 熱的衝擊은 균형평균값과 단락전류의 흐르는 시간에 따라 결정된다.

이상과 같은 변압기의 단락조건과 본 사고의 상황을 비교 하면 다음과 같다.

##### 다. 변압기 손상 원인

손상부위	상 태	원 인
1. 권선	T狀 상부의 1/2 차 Coil의 절연물이 파손되고, 상, 중, 하부의 Coil이 심하게 변형, 흐트러짐. RΣ S狀은 상, 하부의 Coil이 변형되고 흐트러짐. 또한 T狀의 하부 및 RΣ S狀의 상부 press Ring이 심하게 변형됨.	燒損부분이 없고, 권선이 서로 영키어 있어 asymmetrical peak current에 의하여 주로 Axial Force가 작용된 것으로 판단됨.
2. Tap Changer	Shield Ring중 일부가 용융 절단되고 가까운 상부 Cover의 안쪽이 검게 그을었음.	권선변형에 따라 단락전류가 흘러 발생한 종속 사고로서 용융시 발생한 Arc로 상부 Cover 안쪽이 검게 그을은 것으로 판단됨.
3. 放圧弁	작동되었음. (이곳을 통하여 불꽃이 튀어 나왔음)	변압기 유의 유출은 없었으며 밀폐된 변압기 내부에서 Tap changer의 Arc발생시 0.7kg/cm <sup>2</sup> 이상의 압력이 생겨 放圧弁이 작동됨과 동시에 Arc불꽃이 외부로 튀어 나온 것으로 판단됨.