

주상변압기 과부하 및 고장보호장치 개발에 관한연구

· 최봉일, 임창호, 김창경
신아전기공업주식회사

* 김영래, 송일근
* 한국전력기술연구원

A study for the overload and fault protective device of pole transformers

Bong Il Choi, Chang Ho Lim, Chang Kyung Kim * Kim Young Rae, Song Il Keun
Shin-A Electric Ind. Co., Ltd. * KEPCO Research Center

This paper presents the new protective device which is developed specifically for use in oil filled distribution transformers. This device is mounted inside of the transformer and connected between the secondary winding and the secondary bushings. It provides both fault and overload protection to the transformer, and visual warning of the existence of uneconomical loading conditions. It is available in thermal/magnetic operating device depending upon fault duty required.

1. 서 론

주상변압기 사고의 종류는 현재 한전의 통계에 따르면 뇌격, 과부하 및 자연열화에 의한 사고가 전체사고의 60% 이상을 차지하고 있다. 따라서 주상변압기 사고방지를 위한 적절한 보호대책의 강구가 당연하다고 하겠다.

주상변압기는 수용가의 전력공급에 직접적인 역할을 하므로 변압기 부하관리가 적절히 실시되어야 하며 과부하에 따른 내부적 열화요인으로 인한 절연파괴 대책을 적절히 수립하지 않으면 안된다. 한편 1차측 COS 및 2차측 캐치홀터에 의한 보호가 행해지고는 있으나 그 보호가 충분치 않으므로, 이러한 과부하 및 고장전류로 부터 변압기를 확실히 보호할 새로운 보호장치의 출현이 절실히 요청되므로, 이 새로운 보호장치에 대해서 소개하고자 한다.

2. 주상변압기 보호장치의 설계 개념

2-1 주상변압기의 보호 설계 개념

주상변압기의 다음과 같은 사항을 고려하여 보호장치를 설계하여야 한다.

1) 변압기의 수명을 단축시키는 과부하와 2차측 고장으로 부터 변압기를 보호하여야 한다.

2) 변압기 사고가 배전계통 사고로 파급되지 않도록 사고 변압기를 신속하게 배전계통에서 분리하여야 한다.

3) 경제수명에 영향을 미치지 않는 부하 범위에서 과부하운전을 허용하므로써 경제적 운전이 가능하여야 한다.

2-2 현 사용 변압기의 보호 현황

현재 사용되는 변압기의 보호개념은 과부하와 저압선로 이후의 사고는 변압기 저압측에 설치하는 캐치홀터로, 변압기 자체 사고는 COS의 휴즈링크로 보호하고 있다. 더우기 최근에는 저압측 캐치홀터도 부접 사고의 해결을 위하여 중용량 이상의 주상변압기에서는 생략하고 있는 실정이다. 따라서 이 경우에는 과부하마저도 COS의 휴즈링크가 보호하여야 하는 부담을 안고 있다. 그러나 휴즈링크에 의한 주상변압기 보호협조를 검토한 바에 의하면 표1과 같으며 변압기 정격전류 대비 휴즈링크 용단전류는 125%-375% 범위로서 과부하시에도 불용단 사례가 발생할 수 있어 휴즈링크에 의한 주상변압기 과부하 소손방지는 기대하기가 곤란하다. 또한 2차측 휴즈의 경우도 표2에서 보는 바와 같이 정격부하전류의 162%-191% 범위에서 휴즈가 용단되지 않는다. 따라서 1차측 휴즈 링크 및 2차측 휴즈로서는 주상변압기의 과부하 소손에 대한 완벽한 보호는 불가능 하다.

2-3 주상변압기 보호장치의 설계 개념

주상변압기 보호장치 설계 개념은 상기한 주상변압기 보호 설계 개념을 기본으로 하고 있다. 특히 보조협조 면에서 과부하와 단락사고 보호를 동시에 충족 시킬 수 있는 바이메탈과 전자기적 동작특성에 의한 보호 분담 설계 개념을

적용하였으며, 일반적인 차단기에서와 같이 정정된 부하에서 즉시 동작하여 차단되는 것이 아니라, 정정된 과부하 상태가 진행되어 변압기 절연유의 분해 또는 절연지의 절연열화를 초래하지 않는 온도까지는 과부하 운전이 가능토록 설계하였다. 또한 변압기 탱크에 부착토록 설계함으로써 보호효과의 극대화와 설비운용의 단순화를 지향하도록 하고있다. 이밖에도 과부하에 대한 보호 개념을 확대하여 과부하 발생초기에 이를 표시하는 과부하 표시기를 부착하여 부하관리에도 이용토록 하였다.

표 1. COS -유지 탱크 용량구분

상기 변압기 (V)	변압기용량 (KVA)	변압기 절연지온도 (A)	부하 (A)	300초 온도상승 (A)	N/A(%)
12,000	10	0.8	3	7.2	375
	15	1.2	3	7.2	250
	20	1.6	3	7.2	180
	30	2.4	3	7.2	125
	50	4.0	6	14.4	150
	75	6.0	8	18.0	133
	100	7.9	12	23.4	152

표 2. 탱크용량의 유단구분

변압기용량 (KVA)	수상변압기 2차 절연지온도 (A)	부하 절연지온도 (A)	보호전류 (A)	N/A (%)
10 1φ 2W 110	90 A	150 A	165 A	183
10 1φ 3W 110/220	45 A	75 A	82.5A	183
10 1φ 3W 220/440	23 A	40 A	44 A	131
15 1φ 2W 110V	130 A	200 A	220 A	162
15 1φ 3W 110/220	60 A	100 A	110 A	162
15 1φ 3W 220/440	34 A	50 A	55 A	162

3. 주상변압기 보호장치의 동작원리 및 기능

주상변압기 보호장치는 변압기 2차측 회로에 설치하여 Economic loading point 로 설정된 과부하를 즉, 변압기 과부하 전류에 의한 권선온도상승에 따른 절연열화로부터 변압기를 보호할 뿐만 아니라 2차측 고장전류를 자동차단 하므로써 주상변압기를 보호하는 차단기이다. 이 보호장치의 동작 원리 및 기능은 다음과 같다.

3-1 열적(Bimetal) 동작원리

주상변압기 보호장치의 핵심부품인 바이메탈은 변압기 권선의 온도변화에 따라 비례적으로 정확하게 반응하는 요소이며, 바이메탈에 부하전류를 통과시키므로써 변압기 절연유 중에 잠겨있는 바이메탈의 포화온도에 따라 반응한다. 따라서 바이메탈이 미리 정정된 온도에 도달하면 경고램프의 점등을 단시점동되며, 더욱 부하가 증가하여 바이메탈의 휨량이 증가하면 주어진 T-C 특성

곡선(표3)에 따라 차단하게 된다.

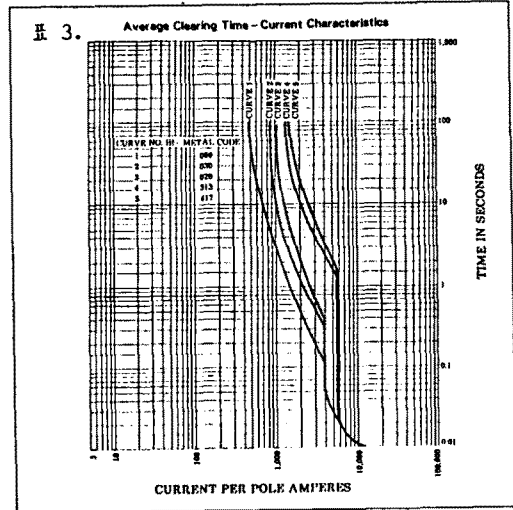
* 바이메탈의 동작이론

$$TB = To + Tb$$

TB : 바이메탈 동작온도 °C

To : 절연유 온도 °C

Tb : 부하전류에 의한 바이메탈의 온도상승분 °C



3-2 전자기적 (Magnetic Force) 동작원리

변압기 부하측 계통에서 단락 또는 지락사고시 사고전류에 의하여 발생된 전자기력이 Magnetic Plate 를 손시 끌어 당김으로서 주어진 T-C 특성곡선(표3)에 따라 차단 동작하여 변압기를 보호할 뿐만아니라 사고의 1차측 파급을 방지한다. 따라서 차단정격을 증가시킬 수 있다.

3-3 수동 동작원리

수동 동작은 보수작업이나 기타 필요에 의하여 저압측 회로를 정정하고자 할때 사용하는 동작이다. 이때 동작 방법은 변압기 외부에 위치한 보호장치의 수동 동작핸들을 사용한다. 이상과 같이 주상변압기 보호장치의 장점은 다음과 같다.

- 1) 특고압측과 멀리 떨어져 있어 안전상 유리하다.
- 2) 특고압측의 COS를 조작하는 것보다 전기적으로 안전하다.
- 3) 재 투입시 사고 부담이 작다.

3-4 과부하 신호동 동작원리

표시등의 동작조건은 보호장치의 열적 동작요소인 바이메탈에 의하여 동작되므로 단시간 과부하에는 동작하지 않는다. 즉 과부하에 의해서 경고등이 점등되면 부하가

다시 감소되거나 또는 더욱 증가하여 보호장치가 트립 되더라도 점동된 상태가 계속되며 수동으로 reset할 때까지는 점동상태가 지속된다. 신호등의 전원은 변압기 코아에 1/2턴-2턴의 보조권선을 감아 5V 정도의 전원을 공급 받는다.

3-5 주상변압기 보호장치의 기능

상기와 같이 과부하 및 고장전류로 부터 동작하여 주상변압기를 보호하는 역할을 할뿐만 아니라 과부하 상태가 지속되어 변압기 수명에 영향을 줄지라도 정전이 어려운 수용가를 위해서는 변압기 교체시까지 과부하 트립 온도를 160°C 까지 상향조정할 수 있는 비상 조작 핸들이 있다. 또한 변압기의 경제적인 부하관리와 빈번한 정전에 따른 수용가 불만을 해소하기 위하여 과부하 상태를 미리 알려주는 신호등이 외부 조작핸들 주위에 설치되어 있다. 이 표시등의 기능은 다음과 같다.

1) 변압기가 과부하 운전 상태임을 알려준다.
(과부하 표시기능)

2) 변압기의 현 용량에 대한 경제적 교체 시기를 알려준다.(변압기 부하관리 기능)
즉 점동상태는 과부하 이력이 존재 했다는 상황을 알려 주므로 현장 조사후 변압기의 교체등을 검토한다.

4. 주상변압기 보호장치의 구성

주상변압기 보호장치는 정격전압인가 상태에서 정격 차단전류를 10회 이상 차단 할 수 있도록 설계되며 정격 전류의 개폐는 1000회 이상 가능하도록 설계되었다. 과부하 또는 고장전류 차단에 수반하는 전기적 기계적 스트레스를 최소화 하도록 동작 기구가 설계되며, 단상 3선식 선로에서 부하불평형에 의한 불평형 과부하 발생시에는 과부하측에 의하여 동작되도록 설계된다. 그 부분별 구성은 다음과 같다.

4-1 바이메탈 요소부의 구성

고정밀도 바이메탈의 온도 특성변화를 최소화하기 위하여 Electron Beam 용접방식을 채용 하므로써 동작 특성을 균일하게 하며, 바이메탈의 동작길이를 최소화 하므로써 변압기 철손 및 동손에 비하여 손실을 극소화 하였다.

4-2 전자기적(Magnetic Force) Trip요소부 구성

전자력에 의한 손시 Trip 요소를 추가하면 단락 또는 지락등의 고장시 손시차단 하므로써 변압기는 보호할 수 있다.

4-3 접점부 구성

투입상태에서 저항을 극소화하고 통전용량을 증가 시키기 위하여 주접점외에 보조접점을 추가하므로 전기적 저항이 대폭 감소되며 차단시에는 보조접점이 떨어져 Arc의 차단은 주접점에서 이루어 진다.

4-4 수동 조작 핸들의 구성

소형 경량의 비철계통 주물로 설계, 제작되며 누유를 방지할 수 있도록 특수패킹 처리한 구조이며 비상조작 핸들도 포함된 일체형의 구조이다.

4-5 주상변압기 보호장치의 취부구조

변압기 탱크의 벽면에 브라켓트를 설치하여 수직으로 설치하도록 하며 변압기 코아 상단부에 수평으로 설치할 수도 있는 구조이다.

5. 결 론

이 장치는 주상변압기의 사고를 근본적으로 해소 할 수 있는 보호장치로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1) 과부하 및 고장전류에 의한 사고로부터 주상변압기를 거의 완전히 보호되도록 하고 있다.

2) 부하관리의 측면에서 급격한 부하 상승지역의 적용에 유리하다.

이상의 결과로 주상변압기 소손사고 방지를 위하여 이 보호장치의 개발 및 적용은 시급하다 하겠으며 향후 제조기술의 향상을 기하고 주요 부품의 국산화에 적극적으로 추진 하겠습니다.

참 고 문 헌

1. 한전자재규격 "자기진단형 일단접지 주상변압기" 배전처, 배전 계획부
2. 한전기술연구원 "주상변압기 절연파괴 감소대책연구" KRC-89A-104
3. ABB "The CSP Distribution Transformer" Technical Product Literature 44-805, April, 1991.
4. D.J. Ristuccia "Application of Internal Secondary Circuit Breakers to Distribution Transformers" April, 1991.
5. Robert J. Russell "Electron Beam Welding for Dual Metal strip" "Welding Journal, Jan, 22, 1980.
6. Tatsuyoshi Aisaka "Bimetal and Method for Manufacturing the Same" Jun, 10, 1980.