

건식 계기용 변압변류기의 신뢰성 평가에 관한 연구

김익수* · 김민규* · 허대행* · 구자열** · 공용식** · 이흥주**
한국전기연구원* · 영화산업전기(주)**

A Study on the Reliability Assessment of the Mould Type Combined Transformer

I. S. Kim* · M. K. Kim* · D. H. Huh* · J. Y. Koo** · Y. S. Kong** · H. J. Lee**
KERI* · Young-Hwa Industrial Electric Co., Ltd.**

Abstract - This paper represents the reliability assessment on the mould type combined transformer used in the distribution system by electrical tests.

For the reliability assessment, we had tested lightning impulse test, short-circuit withstand capability test, electrical accelerated life test and so on to the mould type combined transformer of Young-Hwa Industrial Electric Co., Ltd.

뇌충격 내전압 정격이 125 kV인 건식 계기용 변압변류기에 대한 뇌충격전압의 내력을 파악하기 위하여 4개의 시료에 125 kV, 130 kV, 140 kV를 인가하였고, 150 kV 정·부극성 100회까지를 인가한 결과 양호하였다. 또한 과미 절단파 170 kV 10회(정·부극성)를 인가한 결과 양호 하였다. 따라서 본 건식 계기용 변압변류기는 뇌격에 대한 특성은 우수한 것으로 사료된다.

1. 서 론

건식계기용 변압변류기는 설치의 간편성, 점유공간의 최소화, 장소간의 사용 수명, 유지 및 보수가 용이하다는 등의 장점에 있어서, 기존의 유입형계기용 변압변류기 대체용으로 국내의 중요공장 및 빌딩, 발전소 및 지하철 등에서 광범위하게 사용되고 있다. 따라서 전기 공급의 안전 및 제품의 고 신뢰성을 위하여 제품의 수명과 신뢰성 평가가 아주 중요하다.

본 논문에서는 건식 계기용 변압변류기 신뢰성을 확보할 수 있는 방안으로 뇌충격시험, 단락 및 과전류 시험, 장기과전시험 등을 수행하여 신뢰성평가를 하였다.

2. 본 론

건식계기용 변압변류기의 고장현상으로 현장에서 발생가능한 항목은 다음의 5가지를 고려할 수 있다.

- ① 뇌격의 침입에 의한 임펄스 과전압
- ② 단락 및 과전류 강도에 의한 열·기계적 특성
- ③ 주위의 온도 및 수분 등에 의한 특성
- ④ 사용회로의 구성에 따른 절공진 현상
- ⑤ 장기 과전압에 의한 열화

2.1 뇌 충격전압에 대한 내력

계기용 변압변류기의 고장요인으로서 고려되는 것은 뇌격 등의 서지에 의한 것이다. 영화산업전기(주)에서는 이에 대한 고려사항을 충분히 하여 설계하였음을 검증하기 위하여 뇌충격 내전압 특성 평가를 하였다. 적용규격에 따른 뇌충격전압의 크기 및 횟수는 아래 <표 1, 2>와 같다.

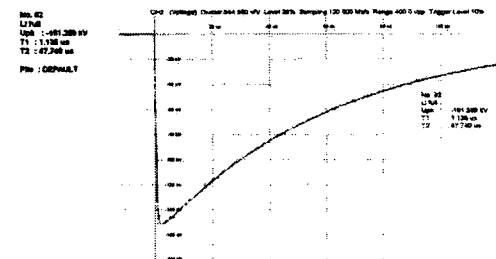
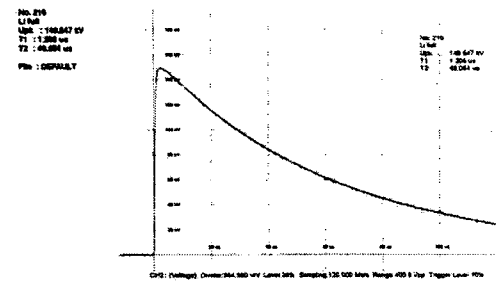
<표 1> 충격내전압(KS C 1707)

정격 1차 전압		시험 전압	
		전파 (kV)	절단파 (kV)
22.9 √3	A	150	170
	B	125	-

<표 2> IEC 60044-3 충격내전압 시험

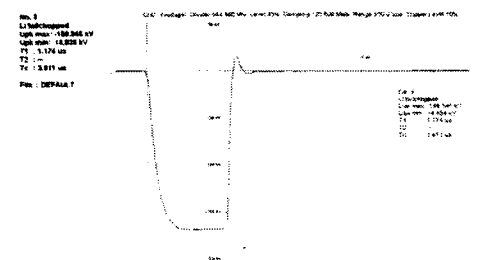
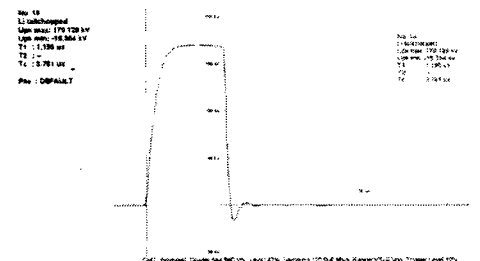
Highest voltage for equipment U _m (r.m.s.)	Rated power-frequency withstand voltage (r.m.s.)	Rated lightning impulse withstand voltage(peak)	인가회수	비고
24 kV	50 kV	95 kV 125 kV	정·부극성 15회	special test로 절단파(chopped)시험을 포함하는 경우 전파 1회 절단파 2회 전파 14회 (단, 절단파는 부극성 파형이며, 크기는 125 kV × 115 % = 143.75 kV ≒ 144 kV 임)

Open HV01-Lightning impulse waves : 150kV



<그림 1> 150 kV 정·부극성 15회 인가결과 : 양호 (시료 4개)

Open HV01-Lightning impulse waves : 170kV



<그림 2> 170 kV Tail-chopped 결과 : 양호 (시료 4개)

2.2 단락전류 및 과전류에 의한 열기계적 스트레스

2.2.1 과전류강도 시험

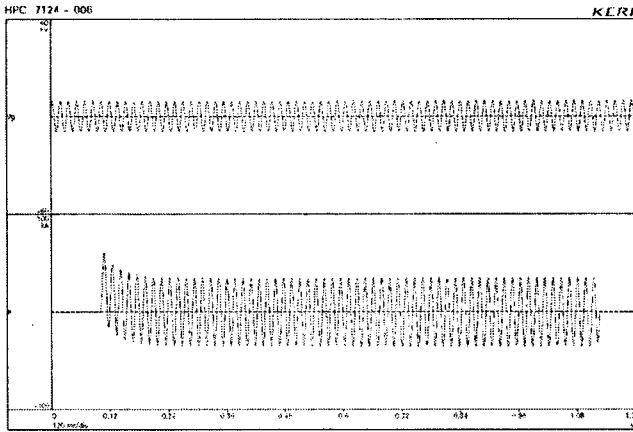
변압변류기의 열기계적 평가시험항목인 과전류강도 시험은 적용규격에 따라 아래 <표 3>과 같이 약간의 차이가 있다.

<표 3> 과전류강도 시험 적용규격

적용규격	시험조건
KSC 1707	정격전류 600 A의 40배(24 kA)를 1초
IEC 60044-3	25 kA 1초

본 영화산업전기(주)의 계기용 변압변류기는 국내규격 및 국제규격을 만족하도록 25 kA, 1초를 적용하여 시험을 하여 이상이 없었다.

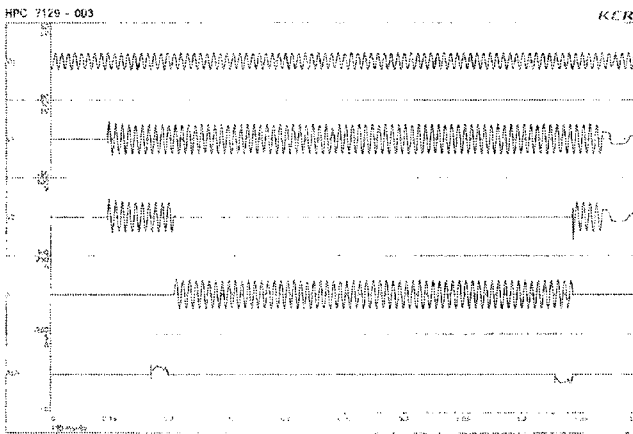
규격에는 1회만 시험하도록 규정되어 있으나 본 연구에서는 3회 연속 인가하여 열기계적 평가를 시행하여 이상이 없음을 확인 하였다.



<그림 3> 과전류강도 시험 3회

2.2.2 단락시험

국내규격에는 계기용 변압변류기의 2차측 단락시험을 모의한 단락 시험은 언급되어 있지 않으나, IEC 60044-3에 의해 2차측 단락 1초간 시험을 시행한 결과 이상이 없었다.



<그림 4> 단락시험 결과

2.3 내습, 냉열 특성

계기용 변압변류기의 고장요인으로 고려되는 것의 하나인 주위의 습도 및 온도변화에 따른 절연특성을 평가하는 것으로 냉열 시험용 챔버를 사용하여 특성평가를 한 결과 <표 4>와 같이 양호한 특성을 나타내었다.

<표 4> 습도 및 온도변화에 따른 특성 평가

평가 항목	평가 방법	평가 결과	판정
내습 시험	온도 : 40 ℃, 습도 : 90 % 에서 48 시간 유지	2 000 MΩ 이상	부합
냉열 시험	저온 : 0 ℃, 고온 : 90 ℃ 에서 각 2시간씩 3회 반복	부분방전 10 pC 이하	부합

2.4 철공진의 억제 방안

계기용 변압기의 고장장원으로 될 수 있는 철공진에 대해 억제방안을 제안함으로써 필요한 경우 적용토록 한다.

2.4.1 계기용변압기 2차 측에 제동 리액터(Damping reactor) 설치

1) 초기 납품 시 회로 조건을 고려하여 제작사에서 회로 조건을 검토하여 공진현상 발생 가능성이 있는 회로에 대해서는 제동 리액터를 설치 납품하여 철공진 현상을 방지하고 있다.

2) 제동 리액터는 정상상태에서는 매우 높은 임피던스를 가지는데, 철공진이 발생하면 계기용 변압변류기 철심이 포화되기 전에 먼저 포화상태로 되어 직렬 저항이 2차측 부담으로 작용하도록 하여 철공진을 제동시킨다.

2.4.2 상시 계기용변압기 2차 측에 고정 부담을 접속하는 방법

관련 논문에서 의하면 최소한 변압기 정격의 5 % ~ 10 %가 되는 저항부하를 변압기 2차 측에 설치하여 철공진 현상을 방지하며, 회로 조건에 따라 변화된 저항 값이 요구된다.

2.4.3 계기용변압기의 자속밀도 저감

계기용변압기의 자속밀도를 조절하여 회로에서 발생될 수 있는 회로정수를 변경하여 철공진 현상을 방지할 수 있으나 계기용변압기의 철심 및 탭크용적이 커져 불리하다.

2.4.4 대지 정전용량을 조절하기 위하여 별도의 C를 접속

L-C공진에 의한 현상을 피하기 위하여 대지정전용량을 크게 하는가 적게 하여 철공진현상을 방지 할 수 있으나, 대지간 추가적인 커패시터 설치는 또 다른 사고요인과 경제적 측면에서 불리하다.

2.5 장기 수명시험

RS C 0135(배전급 전식계기용 변압변류기) 신뢰성 평가기준에 의거 10개 시료에 대한 장기 수명시험결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 장기 수명시험 결과

판정기준	평가방법	평가결과	기준 부합 여부
<ul style="list-style-type: none"> 과전기간동안 내부 절연물에 절연파괴가 발생하지 않을 것 가속 시험 전의 비오차에 비오차 기준치의 $\pm \frac{1}{2}$ 범위 내 	<ul style="list-style-type: none"> 전식계기용 변압변류기의 수명 평가를 위한 가속 시험 시험 전압 : 대지간 정격전압의 1.4배 가속계수: $1.4^{12} = 56.69$ 시험기간: 121일 전압 역승 법칙 적용 $\alpha = \frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{-\frac{1}{n}}$ <p> V_1 : 시험 전압 V_2 : 운전 전압 T_1 : 시험 기간 T_2 : 기대 수명 </p>	121일간 시험중 파괴방전은 없었으며, 또한 가속 시험 전의 비오차에 비오차 기준치의 $\pm \frac{1}{2}$ 범위 내	부합

3. 결 론

24 kV 배전급 전식계기용 변압변류기에 대해 현장에서 발생가능한 고장사항을 모의한 시험 결과 전식 계기용변압기는 뇌격에 대한 특성이 우수하였으며, 과전류 강도시험에서 국내규격 및 국제규격을 만족하는 25 kA, 1초를 적용하여 3회 시험을 한 결과 이상이 없었고, 단락시험의 경우 IEC 60044-3에 의해 2차측 단락 1초간 시험을 시행한 결과 이상이 없었다. 또한 냉열챔버를 이용한 내습, 냉열특성에도 양호 하였으며, 1.4배의 전압가속으로 121일간의 장기 수명시험 후 비오차 및 위상각 시험, 합성오차, 전압특성, 전류특성, 상호 간섭 시험에서도 신뢰성기준을 충분히 만족하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] KSC 1707, "계기용 변성기", 1982.
- [2] IEC 60044-3, "Instrument transformers Part 3 : Combined transformers", 2002.
- [3] JEC 1201, "計器用變成器, 電氣書院", 1996
- [4] "초고압급 SF6 Gas Voltage transformer 개발"의 철공진특성 및 성능평가 연구" 산업자원부, 2000. 10 (위탁기관 : 한국전기연구소)
- [5] RS C 0135, "배전급 전식계기용 변압변류기", 산업자원부 기술표준원. 2007