

ANSI 규격에 의한 주상 변압기의 동압력 내력시험에 관한 연구

김선구, 김원만, 나대열, 노창일, 이동준, 정흥수
한국전기연구원

The Study of the Design Tests for Current Capability according to ANSI.

Sun-Koo, Kim, Won-Man, Kim, Dae-Ryeol, La. Chang-Il, Roh, Dong-Jun, Lee, Heung-Soo, Jung KERI

Abstract - The almost pole transformers are constructed with tank, cover, clamp etc., that contains the insulation oil, core, coil, terminals, bus and the other accessories. If some fault current will be flown by some trouble or accident, interior pressure of the transformer shall be very quickly rise, and mechanical components or insulation oil from the transformer enclosure shall be propelled or dropped from the tank.

For the prevention of the above accident, recently the pole transformers should be done 'the Design Tests for Fault Current Capability' according to ANSI C57.12.20(1997) There are two tests method in this standard, Test Number I with a high current arcing fault, without internal fusible elements, shall be conducted on each enclosure with its minimum designed air space. Test Number II with an internal fusible element, shall be conducted on each enclosure diameter utilizing the internal fusible elements. KEPCO recently request to be done the 'Design Tests for Fault Current Capability' for pole transformers according to KEPCO's standard ES141-533~545, PS141-482~518 and RS141-611~628 that is same with Test Number I of ANSI C57.12.20.

1. 서 론

주상 변압기는 탱크, 뚜껑, 클램프 또는 밴드, 그리고 내부에는 Coil, Core, 절연유가 내장되어 있으며, 외부에는 접지단자, 붓싱단자, 붓싱, 방압장치 등이 취부되어 있다. 때문에 변압기는 지락이나 단락 사고가 발생하면 고장전류에 의한 탱크 내부의 압력이 순간적으로 상승하여 폭발의 위험이 있을 뿐만 아니라 절연유 또는 위에 열거한 부품들이 비산하여 주위에 피해를 끼칠 염려가 있다. 따라서 이를 사전에 예방하기 위하여 동압력 내력시험을 ANSI C57.12.20 (Design Test for fault current capability of overhead distribution transformer enclosures- 1997)의 규격에 의거 실시하고 있다. 시험의 방법에는 변압기 탱크 내부에 아크를 발생시키는 장치를 별도로 설치하여 아크에 의해서 실시하는 방법 I 과 변압기 내부 절연유 안에 Fusible Element를 설치한 후 변압기의 정격 전압을 통전시켜서 실시하는 시험 방법 II가 있다.

우리나라의 경우는 한국전력공사가 이의 시험을 요구하고 있다. 즉 한전 표준 구매시방서(ES141-533~545)의 일반형 주상변압기와 동 잠정표준 구매시방서(PS141-482~518)의 저손실형 주상변압기 그리고 동 구매시방서(RS141-611~628)의 아몰퍼스 주상변압기 등에 대하여 동압력 내력시험을 실시하도록 규정하고 있

다. 이 시험은 통상 단락강도시험과 병행하여 실시하고 있으며 피시험은 단락강도시험 용과는 별도로 새로운 제품으로 실시하도록 규정되어 있고, 시험은 방법 I에 의하여 실시하도록 되어 있다.

본고에서는 국내에서 채택하고 있는 동압력 내력시험의 규격과 동일한 ANSI C57.12.20에서 정의하고 있는 시험 방법 I의 시험장치, 시험회로도, 시험조건, 시험시의 주의 사항, 시험방법, Oscillograph와 시험결과 등을 소개하고 이 시험의 문제점 등에 대하여 논하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시험 장치

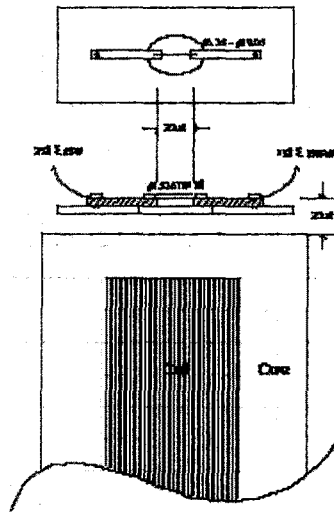


그림 1. 시험 장치

변압기의 내·외부 장착물이 모두 취부된 상태에서 Core의 Clamp 상부에 Arc 발생장치를 「그림 1」과 같이 설치한다. Arc 발생용 동봉은 Core Clamp 상부와 수평으로 25.4mm(1inch)의 간격을 두고 설치되되 동봉과 동봉 사이의 Gap은 25.4mm(1inch)가 유지되도록 한다. 이 Arc 발생봉은 총 2 회에 걸친 시험에 변형되지 않도록 견고하게 설치되어야 한다. 그리고 동봉의 Arc 발생 면은 평면을 유지토록 하여야 하며, 또한 동봉 사이는 Arc가 유지되도록 Copper Wire로 연결하여야 한다.

각각의 재료의 규격은 다음과 같다.

가. Arc 발생용 동봉 : $\phi 6.35 \sim \phi 19.05\text{mm}$

(1/4~3/4inch)

나. Bridge Copper Wire : $\phi 1.5367\text{mm}$ 미만
(0.0605inch 미만)

2.2 시험 회로도

시험 회로도 「그림 2」와 같이 Arc 발생용 동봉의 한 쪽은 고압 인입단자(1차 측)에 연결하고 다른 한편은 2차 측 접지에 체결한다. 이 때 시험 전압은 7.2kV의 고압이므로 충분한 이격거리를 유지토록 한다.

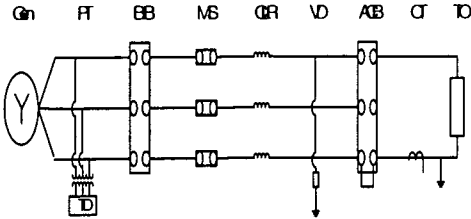


그림2. 동압력내력시험 회로도

Gen	.....	S.C Generator
PT	.....	Potential Transformer
BB	.....	Back up Breaker
MS	.....	Making Switch
CLR	.....	Air-Cored Reactor
HVTR	.....	High Voltage Transformer
AMS	.....	Auxiliary Making Switch
ACB	.....	Auxiliary Circuit Breaker
VD	.....	Voltage Divider
CT	.....	Current Transformer
TO	.....	Apparatus Under Test

2.3 피시품의 설치

이 때 피시품은 전주 상에 조립된 조건과 동일하게 설치하여야 시험 후 전주로부터 변압기의 이탈 정도를 파악할 수 있으나 현실적으로 시험장에서 동일한 조건으로 설치하기가 불가능하므로 통상 「그림 3」과 같이 설치한다.

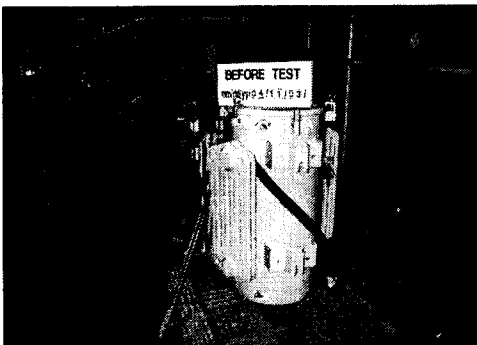


그림3. 피시품의 설치 장면

2.4 시험 조건

시험의 조건은 다음과 같다.

- 1) 시험 전압 : 7.2kV
- 2) 시험 전류 : 8kArms
- 3) 시험 시간 : 1/2~1cycle
- 4) 시험 회수 : 2회(동일한 조건)

2.5 시험 시 주의 사항

동압력 내력시험은 변압기 내부에 Arc를 유기하는 Copper Wire(Fuse)가 설치되어 통전이 되면 Fuse가 용단되므로 모든 시험 조건을 규격에 적합하도록 사전에 충분히 조정하여야 하고, 또한 시험 중에 피시품의 폭발 위험이 우려되므로 2.6 항 시험방법의 순서대로 세심한 주의를 기울여 시험을 실시하여야 한다.

2.6 시험 방법

- 1) 피시품을 연결하지 않은 상태에서 전압과 전류가 2.4 항의 조건을 만족시키는지 먼저 확인한다. 이 때의 전류는 대칭 이어야 한다.
- 2) 시험 시간을 규격에 적합토록($\approx 8.4 \sim 16.7\text{ms}$) 조정한다.
- 3) 피시품을 설치하고 Arc 발생 장치가 2.1 항과 같이 시험 규격을 만족시키는 지 확인한다. 특히 Arc 발생장치가 견고하게 취부하여 두 번에 걸친 반복 시험에 이상이 없도록 하여야 한다.
- 3) Arc 유기용 Copper Wire의 취부하고 Oil을 충유한 후 절연유의 Level을 확인하고 Cover를 닫는다. 이는 시험 중의 절연유의 분출 혹은 누유에 의한 양의 확인을 위함이다.
- 4) 피시품을 「그림 2」 회로도와 같이 적합하도록 선한다.
- 5) 첫 번째 시험을 실시한다.
- 6) 피시품의 외부를 확인하고 이상이 없으면 Cover를 연 후 Oil Level 등 내부 상태를 확인 한다. 이상이 없으면 절연유를 적당량 빼낸 후 Arc 유기용 Copper Wire를 교체 한다. 이 때 Arc 발생장치가 시험 조건을 만족시키는 지 다시 확인한다.
- 7) 절연유를 실제 사용 양만큼 보충시키고 Level을 확인한다.
- 8) 동일한 조건과 방법으로 두 번째의 시험을 반복 실시한다.

2.7 Oscillograph

아래 「그림 4」와 「그림 5」는 시험 방법 I에 의하

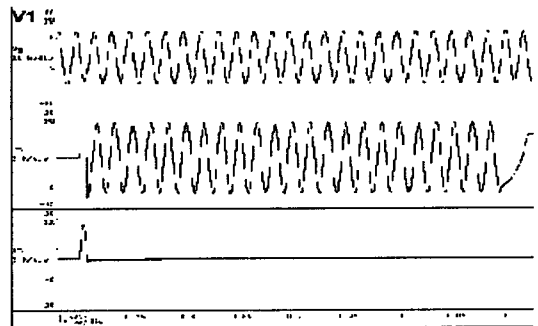


그림4. Oscillograph 1.

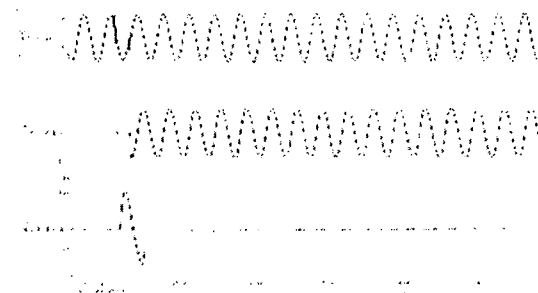


그림5. Oscillograph 2.

여 동압력내력시험을 실시한 국내에서 제작한 어느 일반형 주상변압기(1 ϕ 100kVA 13,200V/230V)의 Oscillograph 이다.

참고로 첫 번째 시험(그림 4. Oscillograph 1)의 시험시간은 9.32ms이고 두 번째 시험(그림 5. Oscillograph 2)의 시험시간은 14.26ms이다.

2.8 시험 결과

두 번의 반복 시험을 끝낸 피시험품은 다음의 조건을 만족하여야 한다.

1) 변압기의 탱크와 여기에 취부되어 있는 뚜껑, 클램프, 밴드, 접지단자, 붓싱단자, 붓싱, 방압장치 등의 부품이 비산되거나 이탈되어서는 안되며, 외함이 변형되어서도 안된다.

2) 두 번에 걸친 반복 시험을 통해 탱크 내부의 절연유의 양이 총 0.95ℓ(1 quart)이상 분출되거나 누유되어서는 안된다.

3) 변압기 내부의 Coil, Core, 기타 고형물 등이 변형되거나 이탈·이완되어서는 안된다.

4) 변압기를 고정하는 금구류가 시험 중에 발생한 힘을 견디지 못하고 설치된 위치에서 움직여서는 안된다. 그러나 시험장의 조건상 피시험품을 실제 전주에 설치하는 방법과 동일한 조건으로 설치하기란 여러 제약이 따른다. 따라서 동상 「그림3」과 같은 조건으로 설치하여 시험하고 있다.

3. 결 론

탱크, Cover, Clamp, 방압변, 단자, 붓싱, Coil, Core, 절연유 등 여러 부품들로 구성 되어 있는 주상용 변압기는 항상 지락이나 단락 사고의 위험을 안고 있다. 만일 사고가 발생 하면 변압기 탱크 내부의 내압이 급작스럽게 상승 팽창하여 폭발하거나, 부품들이 비산하여 주위에 큰 피해를 입히게 된다. 또한 화재로까지 확산될 염려도 있고 더욱이 비산의 속도가 빠르기 때문에 치명적인 인명 피해가 예상되므로 이의 예방을 위하여 동압력내력시험은 꼭 필요한 Design Test이다. 특히 비교적 내용적이 적은 50kVA 이하의 주상용 변압기는 사고의 위험이 상대적으로 더 크므로 동압력내력시험이 더욱 필요하다.

이 시험의 목적은 변압기 몸체가 지락이나 단락 등의 사고로부터의 예방은 물론 단자, 붓싱, 방압변과 같은 구성 부품들의 성능을 확인하고 이 부품들을 선정하는 데에도 큰 의의가 있다. 시험 중에 방압변이 불량하여 내압을 제대로 분출시키지 못하고 부품들이 비산하는 경우와, 단자의 체결 부위의 가공 상태가 좋지 않아 단자가 날아가는 경우가 종종 있다.

따라서 이 시험은 자그마한 부품의 결함은 변압기의 사고를 확산 시킬 염려가 있음을 경각시켜주고 확인시켜줌으로써 부품의 선정에도 세심한 주의를 기울이도록 하고 있다.

본 시험은 피시험품을 실제로 전주에 설치하여 시험을 수행하여야 그 결과를 규격(2.8항의 4항목)에 합당하게 해석 할 수 있으므로, 피시험품을 실제로 전주에 설치한 조건과 동일하게 설치하여 시험토록 방법을 개선할 필요가 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] the American National Standard. C57.12.20. "Design Tests for Fault Current Capability of Overhead Distribution Transformer Enclosures". 1997
- [2] 한국전력공사. 표준구매시방서. ES141 533~545. 2000.5.8.
- [3] 한국전력공사. 잠정표준구매시방서. PS141 482~518. 2001.6.16.

- [4] 한국전력공사. 구매시방서. RS141-611~628) 아몰 퍼스 주상변압기
- [5] 한국전기연구원. 대전력시험기술. Vol4. No11. 2001.
- [6] 한국전기연구원. 1999 변압기 실무기술. Vol2. No7. 1999.