



대용량 전력용변압기의 현장진단시험 (1)

1. 서론

전력계통 가운데 중요한 역할을 담당하고 있는 대용량 전력용변압기는 효율이 높고 그 특성이 매우 안정되어 있는 설비이나 절연유의 여과와 같은 보수작업에도 불구하고 점진적인 열화과정이 누적진행되며 결국에는 교체를 필요로 하게 된다. 이러한 교체가 적절한 시기에 이루어지지 않는 경우 불시의 고장현상 또는 사고가 발생하게 되어 전력계통뿐 아니라 사회적, 경제적으로도 큰 문제를 야기한다. 따라서 이러한 피해를 최소화하기 위해서는 설비가 현재 어떤 상태에 있는가를 가능한한 정확히 평가하고 필요한 유지보수를 실시하여 최대한 설비를 운전하고 더 이상의 보수가 불가능한 시점에서는 고장전에 교체함으로써 예측치 못한 상황을 최소화 할 필요가 있다. 이러한 모든 과정은 설비의 현재상태를 정확히 판단하는 과정에서부터 시작한다. 운용중인 설비의 특성 또는 문제점 등 현재 상태를 측정 또는 진단하려는 시도는 매우 일찍부터 있었으나 실제로 현장에서 일반적으로 실시할 수 있을 정도로 개발되어 자료화된 것은 최근이다. 국내에서도 이러한 현장진단시험을 종합적으로 실시할 수 있는 정도로 경험과 기술을 가지고 있는 인력과 설비가 매우 드문 상황이기 때문에 최근 수년전부터 한국전력의 발전소 주변압기와 같이 중요도가 높은 대용량 변압기를 우선으로 부분적으로 실시되고 있다. 현재로서 비용의 문제 때문에 이러한 현장진단시험은 일반화되지 못하고 있어 많은 측정자료가 축적되지 못하고 있으며 기본자료가 없음으로 인하여 국내 현실에 맞는 판단기준의 정립이 어렵고, 신뢰성 있는 기준의 결여와 높은 비용은 현장기술자를 망설이게하여 결과적으로는 다시 현장적용의 기회를 감소시키는 상황이 반복되고 있다. 본 원고는 이러한 악순환의 연결고리를 끊기 위한 하나의 시도로서 현재 적용 가능하고 또 적용되고 있는 시험기술을 종합한다. 현재 적용되고 있는 시험기술은 국가별 또는 전력사별로 그리 큰 차이는 없으나 일반적이고 공통으로 적용가능한 기술을 설명하기 위하여 IEEE Std 62-1995 “전력기기의 현장진단시험 지침-Part1. 유입식 전력용변압기, 조정기와 리액터”를 기본으로 하여 추가적으로 설명이 필요한 부분은 다른 자료들을 참고하였다.

2. 유입기기의 진단기술

전력용변압기는 유입식이 가장 오래되고 일반적인 형태이고 비교적 소용량인 경우 건식이 사용되고 있다. 전력계통에서 큰 비중을 차지하는 수십 MVA이상의 대용량에 있어서는 거의 전부가 유입식으로 사용되고 있다. 본고에서는 가장 일반적으로 사용하고 오래된 유입식 대용량변압기에 대한 현장진단기술을 종합하였다. 건식의 경우는 주절연 및 구성요소에 많은 차이가 있어 별도의 기술이 필요하며 최근 연구개발중에 있어 제외한다.

유입식 대용량변압기는 부하시 탭절환기, 냉각설비 등 구성요소가 많고 고전압이 인가되는 관계로 소용량변압기에 비하여 좀더 복잡한 열화현상을 나타내며 점검대상도 많아진다. 소용량변압기는 대용량변압기에 적용하는 항목 가운데 필요한 부분만 발췌하여 적용 가능할 것이다.

대표적인 대용량 유입식변압기에는 붕싱, 권선, 철심, 절연유, 탭절환기 및 부속설비 등 여러가지 설비가 복합적으로 설치되어 있다. 이러한 각각의 설비는 고유한 형태의 열화과정을 가지며 공통적인 형태의 열화현상은 일부분에 지나지 않는다. 따라서 전체적인 변압기의 진단을 위해서는 각 구성설비별로 진단과정을 실시할 필요가 있다. 각 구성설비에 대한 진단시험에 있어서도 표 1.에서와 같이 각 구성설비별로 다른 항목의 시험 또는 점검항목이 필요하다. 그러나 실제로 각 구성설비를 분리해내야 하는 시험들은 현장에서 실시가 어렵다. 이러한 항목들은 분해가 가능한 경우, 즉 현장에서 시험결과 분명한 문제점이 발견되어 공장에서 분해점검이 실시되는 경우, 정확한 원인의 분석 및 보수여부의 판단을 위하여 실시하는 항목이다. 또한 사용중 또는 보수시 측정되는 자료들은 향후에 실시하는 진단시험과 유사한 기기의 진단시험을 위한 기준치가 되기 때문에 반드시 확보해야 하는 매우 중요한 항목이다. 전력용변압기의 진단시험에 있어서 대부분의 판정기준은 동일변압기의 이전시험자료가 되는 경우가 대부분이다. 또한 여러번에 걸친 시험 결과의 경향을 분석하여 판단하는 경우도 있다.

변압기의 운용인력이 필요하다고 판단하는 경우 표1.의 시험항목에 추가하여, 기기의 이력에 따라,

또는 정상적인 사용자의 경험에 따라 변화하는 특별한 시험항목들이 추가적으로 실시될 수도 있다.

3. 안전관리

3.1 일반

고전압이 사용되는 경우뿐 아니라 일반적인 전기적인 시험에 있어서도 안전에 대한 고려에는 인명에 대한 것뿐 아니라 시험기기 및 시험대상 기기에 대한 것도 포함된다. 다음 항에는 실제적이라고 생각되는 가장 기본적인 중요사항들만을 종합하였다. 상세사항은 참고문헌[20]을 참조하라. 전력기기에 대한 어떤 시험을 실시하기 전에는 시험에 참여하거나 시험에 영향을 줄 수 있는 모든 인력이 참석한 회의를 반드시 실시해야 한다. 이 회의에서는 실시되는 작업의 모든 사항이 명확히 이해될 수 있도록 시험과정을 설명하고 토의하여야 한다. 인명에 대한 위험성과 관련된 안전수칙들은 특별히 강조되어야 한다. 시험서류에 필요 없는 위험부담을 가하지 않으면서 의미있는 시험결과를 얻기 위하여는 시험과정 및 주의사항들을 세심하게 생각해야 한다. 시험을 실시할 때 필요한 여러 가지 의무사항들에 대한 책임소재를 명확히 구분하여야 한다.

3.2 인적사항

3.2.1 위험사항

현장에서 절연시험을 실시하는 경우 적절한 주의를 기울이지 않는다면 인명이 위험하다. 시험대상 기기 또는 회로는 계통으로부터 분리되어야 한다. 안전확인과정 가운데 가장 대표적인 것은 분리상태를 육안으로 확인하는 것이며 불가능한 경우 분압기를 사용하여 점검한다. 다음에 접지를 연결한다. 작업인원은 비접지 기기 또는 활선기기를 다룰 수 있도록 교육된 인원이어야 한다.

3.2.2 접지연결

접지작업은 규격화된 공인규격을 적용하여야 한다. 상세 사항들은 참고문헌[18]을 참조하라.

<표 1> 변압기, 리액터 및 전압조정기에 적용하는 진단시험항목 분류표

중요 구성설비 분류	시		범	항	목	변압기	리액터	조정기
권선	저항					○	○	○
	권선비/극성/상면위					○		○
	역자전류					○	○	○
	단락 임피던스					○		
	절연저항					○	○	○
	정전용량					○	○	○
	역률/손실율					○	○	○
	유도전압/부분방전/RIV					○	○	○
붓	정전용량					○	○	○
	유전손실					○	○	○
	역률/손실율					○	○	○
	부분방전					○	○	○
	온도(적외선)					○	○	○
	유위					○	○	○
절연유	유안점검					○	○	○
	수분					○	○	○
	용존가스					○	○	○
	내전압강도					○	○	○
	이불					○	○	○
	유전손실					○	○	○
	역률/손실율					○	○	○
	계면장력					○	○	○
	산가					○	○	○
	유안점검					○	○	○
	색상					○	○	○
	산화안정도					○	○	○
탭 변환기	OLTC		접점 연속성			○		
			온도(적외선)			○		
			변화비			○		
			TIMING			○		
			구동전동기 전류			○		
	NLTC		LIMIT SWITCH			○		
			접점압력			○		
			정렬			○		
			변화비			○		
			유안점검			○		
철심	절연저항					○	○	○
	접지시뮬					○	○	○
냉각계통	Consorvator		유안점검			○	○	
	불활성 공조계통		유안점검			○	○	
			TCG			○	○	
	계기류		유안점검			○	○	○
			교정			○	○	
	고장압력 릴레이		교정			○	○	
			연속성			○	○	
	열교환기		공기흐름			○	○	
			유안점검			○	○	
			청정도			○	○	○
	fans		회전상태			○	○	
			제어상태			○	○	
			유안점검			○	○	
	pumps		회전상태			○	○	
			전류			○	○	
bearing상태					○	○		
압력					○	○	○	
온도(적외선)					○	○	○	
유안점검					○	○	○	

3.2.3 주의사항

시험시 인명이 활선회로에 접촉하지 않도록 주의할 기울여야 한다. 회로를 차단시킬 수 있는 도구를 가지고 있는 감시자를 고정 배치하여 접근 인원에게 경고를 할 수 있도록 한다. 이 도구는 전원을 차단시키고 모든 축적된 전하를 소멸시킬 때까지 회로를 접지시키는 스위치를 포함하고 있어야 한다.

3.2.4 경보신호 및 장애물

시험지역은 표식물과 관측 용이한 테이프로 표시되어야 한다. 경고신호는 미국의 노동안전위생국(OSHA)와 같은 정부기관의 규정에 만족해야 한다.

3.2.5 외함 내의 대기

사람이 외함내로 들어가야 하는 경우 외함 내의 공기가 인명의 생존에 적합한가를 확인하여야 한다. 이러한 과정은 각 기업지침 또는 제작안내서에 명기된 과정에 따라 점검되어야 한다.

3.3 기기

3.3.1 사고에 대한 대비

시험과정에 따라 화재위험성이 있는 경우도 있다. 따라서 변압기의 절연구조에 절연용력을 인가하는 시험을 시작하기 전에 기기를 오염시키지 않는 소방기기를 준비하여 사용가능하도록 준비하여야 한다.

3.3.2 과전압

고전압시험을 실시하는 동안, 시험전압이 필요 최대치를 넘는 경우가 순간적으로 발생한다. 이러한 경우를 방지하기 위하여 필요한 최대전압보다 약간 높은 전압에서 불꽃방전되도록 조정된 구경을 전압원에 병렬연결하여 사용할 수도 있다. 적당한 값의 직렬저항을 갭과 같이 사용하면 시험전압을 더 이상 올리지 않도록 하는 경고신호를 보낼 수도 있고 전원회로의 과전류차단기를 동작시킬 수도 있다.

3.3.3 저감 절연

권선의 절연수준이 한 단자로부터 다른 단자쪽으로 감소되는 경우, 인가 시험전압의 크기는 최저 절연수준을 기준으로 결정하여야 한다.

3.3.4 진공중의 시험

시험대상기기의 절연부분이 진공상태일 경우에는 변압기에 어떠한 시험도 실시해서는 안된다. 이러한 상태의 계통 절연강도는 대단히 저감되어 있다.

3.3.5 피뢰기

시험전압이 변압기에 고정된 피뢰기의 동작전압을 넘거나 근접하는 경우 변압기에 가압하기 전에 피뢰기를 모두 분리하여야 한다. 피뢰기의 손상을 방지하고 피뢰기 동작으로 인하여 시험전압이 제한되는 것을 피하기 위해서는 반드시 피뢰기를 분리해야 한다.

4. 시험항목 및 시험기술

4.1 권선(winding)에 대한 시험

일반적으로 권선은 물리적인 위치이동이나 외형, 연결부의 절단이나 연선의 절단, Turn간 단락, 또는 절연내의 결함요소 등을 찾기위해 점검한다. 여기서는 일반적으로 점검해야 할 요소들을 가능한한 표시 형태, 측정량의 허용가능 수준 등과 함께 설명한다. 권선에 대한 시험 및 측정시에는 절연유순환 펌프를 꺼야 한다.

4.1.1 권선저항

현장에서의 권선저항측정은 연결부의 이완, 연선의 절단, 및 탭절환기 접점의 고점측저항에 따른 비정상 상태를 점검하기 위하여 실시한다. 결과 분석시, Y결선 변압기의 경우 각 상을 분리측정한 결과, Δ 결선일 경우 각 단자 상의 측정결과를 상호비교 한다. 또한 원래의 공장시험시에 측정된 성적서의 측정치와도 비교한다. 이상의 비교시 5%이내의 차이는 보통 허용된다. 저항측정치를 시험성적서에 표시된 기준온도로 변환해야하는 경우도 있다. 이러한 변환시에는 다음 식을 사용

한다.

$$R_x = R_m \frac{T_i + T_k}{T_m + T_k}$$

여기서, R_x : 기준온도 T_i 에서의 저항치

R_m : 측정저항치

T_i : 기준온도[°C]

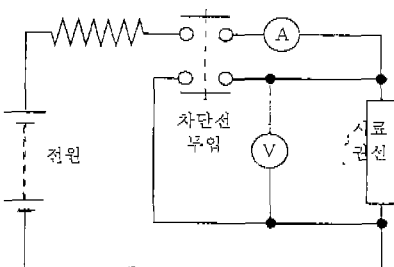
T_m : 측정온도[°C]

T_k : 동 - 234.5[°C], 알미늄 - 225°C

(T_k 는 알미늄합금일 경우 재료에 따라 230°C가 되는 경우도 있음)

저항측정에 있어서 측정시의 변압기권선 온도는 중요한 측정 요소이다. 그러나 실제의 현장상태에서 권선온도를 정확히 측정한다는 것은 매우 어렵기 때문에 다음과 같은 몇가지 방법을 사용한다.

- a) 온도계를 외함 벽에 접촉시켜 설치한다. 이 방법은 변압기가 최근에 운전정지 하였을 경우에는 실제의 정확한 권선온도를 얻을 수 없다.
- b) 고정설치된 온도계의 지시치를 사용한다. 변압기가 최근에 운전정지 되었다면 이 방법만이 유일한 권선온도 추정방법이다.
- c) 질소봉입형 변압기에서는 온도계를 외함 상부 개폐부에 삽입하거나 고정설치 온도계의 경우는 벽체에 설치 할 수 있다. 외함에 온도계를 삽입하는 경우 변압기의 밀봉부를 찢고 질소의 압력을 낮출 필요가 있다. 이 경우 변압기내로 수분이 침입 할 수 있으며 돌발적으로 도전물질이 권선내로 떨어질 위험이 있다. 깨질 위험이 있기 때문에 수은 온도계는 변압기 내부에서 사용하지말아야



<그림 1> 전압·전류계법을 사용한 저항측정

한다. 고정설치 온도계는 필요시 고정설치센서를 빼낼 수 있도록 반드시 설치구멍을 사용한다. 통상적으로 서로 다른 종류의 센서를 사용한 온도지시치는 약간의 차이를 나타낸다. 변압기가 장기간 운전되지 않아 전체적으로 일정한 온도로 포화되기에 충분하다면 모든 측정기의 온도를 평균하여 사용하는 것이 하나의 온도계를 사용하는 것보다 좋은 결과를 산출한다.

4.1.1.1 도체저항 측정기술

변압기 권선저항은 보통 브리지법, 전압전류계법 또는 저저항계(micro-ohmmeter)를 이용하여 측정한다. 브리지를 사용하는 경우 1Ω 이상의 저항치는 Wheatstone 브리지를 이용하고 1Ω 이하의 값은 Kelvin브리지 또는 저저항계를 이용한다. 현장에서는 측정치를 상거리 비교하는 경우가 일반적이기 때문에 보통 권선저항 측정치의 온도교정은 필요치 않다.

4.1.1.1.1 전압-전류계법

어떤 경우에는 전압전류계법이 브리지법보다 더 편리한 경우가 있다. 이 방법은 변압기 권선의 정격전류가 1A 이상인 경우에만 사용해야 한다. 적절한 정확도를 가진 직독식 전압계 및 직독식 전류계를 일반적으로 사용한다. 그림1.와 같은 회로를 사용하여 직류를 인가하면서 전압과 전류를 동시에 읽는 방법으로 측정한다. 필요한 저항치는 지시치를 옴의 법칙에 따라 계산하여 산출한다. 전압전류계법에 의한 측정은 4단자 측정방식뿐 아니라 Δ권선의 각 상저항을 연결점을 풀지 않고 개별적으로 직접측정 할 수 있는 6단자 측정법도 적용이 가능한 측정법이다. 직류에 의한 저저항측정법은 참고문헌[30]을 참조하라.

측정전원으로 12V 배터리가 일반적으로 사용된다. 그러나 리플이 평균전압의 1%이하로 유지되는 전자식 안정화 전원장치를 사용할 수도 있다. 측정오차를 최소화 하기 위해서 다음 사항들을 주의하여야 한다.

- a) 측정기기는 측정치가 한 측정범위의 full scale에 거의 근접하거나 어떤 경우에도 최소한 full scale의 70% 이상을 지시하는 측정법

위를 가져야 한다.

- b) 철심자화의 극성은 모든 저항측정과정 전체에 걸쳐 일정하게 유지되어야 한다. (철심의 자화방향을 역전시키는 경우 시정수가 변화하고 결과적으로 잘못된 측정치를 얻을 수 있다.)
- c) 전압계의 연결 리드선은 전류 리드선과 반드시 분리해야 하며 측정권선의 단자에 가능한 가깝게 연결되어야 한다. 이것은 전류가 흐르는 리드선의 저항과 접촉저항 및 긴 리드선 길이의 저항을 측정치에 포함시키지 않기 위해서이다.

측정치는 반드시 전압 전류가 안정상태에 도달한 후에 읽어야 한다. 전류가 안정상태에 도달하는 시간을 감소시키기 위해서는 비유도성 외부저항을 직류전원에 직렬로 연결한다. 이 저항은 권선저항보다 커야한다. 다음으로 이 직렬저항에서 발생하는 전압강하를 보상해주기 위하여 전원전압을 증가시킨다. 시험시간 동안 다른 모든 변압기 권선이 개방되었는가를 확인 함으로서도 시험시간은 감소 될 수 있다. 이 측정에 사용되는 전류 값은 보통 성식전류의 15%를 넘지 않는다. 이것은 권선을 가열하여 저항 값이 변화하는 것을 피하기 위한 것이다. 저항변화 허용치는 상간 비교시 차이가 5%를 넘지 않아야 한다.

주의사항 전류를 순간적으로 차단하면 권선 전체에 걸쳐 고전압이 발생한다. 따라서 전류는 시험회로에 사람이 접촉하기 전

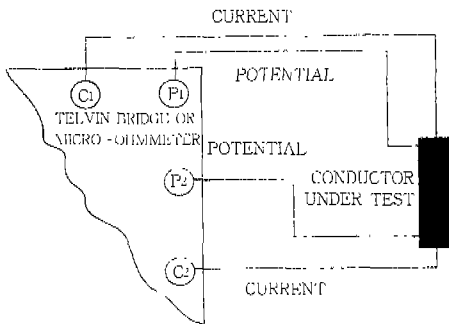
에 적절히 절연된 스위치로 꺼야 한다. 또한 전류를 끄기전에 전원이나 직렬연결 저항등에 손상이 없도록 권선을 단락하여야 한다. 전압계가 손상되지 않도록 하기 위하여 전류 투입이나 차단을 위한 개폐동작전에는 전압계를 연결하지 않는다.

4.1.1.1.2 브리지 또는 micro-ohmmeter법

브리지와 저저항계의 연결은 기본적으로 같은 회로를 사용한다. 측정기의 안내서를 참조하여 측정대상회로에 네 개의 리드선을 연결한다. 하나의 전압선과 하나의 전류선 두 개씩을 측정대상회로의 각 단자에 연결한다. 모든 리드선이 길이, 크기 및 재료 등에 있어서 동일하여야 하며, 모든 리드선 연결이 좋은 접촉상태를 가지도록 주의할 기울여야 한다.

시험대상회로의 연결위치상 전류 리드선이 전압 리드선의 바깥쪽에 연결되어야 한다는 점에 주의해야 한다.(그림2. 참조) 브리지를 사용하는 경우 브리지의 영점계가 평형을 이룰 때까지 큰 조정자부터 조정하고 다음으로 적은 조정자를 조정하는 순서로 조정한다. 측정 결과인 도체저항 값은 브리지 조정자를 직독한다. 저저항계를 사용하는 경우 "범위"만을 조정 할 필요가 있으며 측정결과는 측정기에 디지털 숫자로 직접 나타난다. 브리지의 조정자 또는 저저항계로부터 측정결과인 저항값 R_m 을 얻은 후 4.1.1.에서 설명한 과정에 따라 필요 온도에서의 값으로 환산한 다음, 환산된 저항치를 같은 상태로 환산한 이전의 측정치와 비교한다.

결과해석 결과의 해석은 측정대상인 도체의 종류에 따라 달라진다. 연선으로 구성된 다수의 병렬 경로로 이루어진 도체의 경우 연선 하나에 발생한 문제점을 검출하기 위해서는 브리지가 저저항계의 정밀도가 높아야 한다. 하나 이상의 연선이 절단되었거나 내부적인 고저항연결부가 존재 하는 경우 일반적인 상용 캘빈브리지 또는 저저항계로서 고저항값을 측정하는 경우가 많다. 현장에서 측정된 다른 상, 동일한 정격 및 설계구조를 가진 다른 변압기 또는 이전의 측정치와 비교하여 차이가 5% 이내이어야 한다.



<그림 2> 대표적인 저저항측정 연결형태

4.1.2 권선비/극성/상변위(Ratio/polarity/phase)

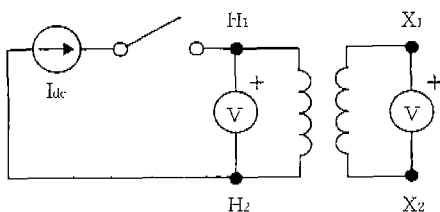
4.1.2.1 일반

변압기의 권선비는 저압권선 turn수에 대한 고압권선 turn수의 비이다. 변압기의 전압비는 규정된 부하조건하에서의 저압권선 실효치 단자전압에 대한 고압권선 실효치 단자전압의 비이다. 실제적으로 변압기가 무부하상태일 경우에는 전압비와 turn수 비가 같다고 인정되고 있다. 변압기의 극성은 내부결선에 따라 결정되며 명판에 표시한다. 변압기가 하나 이상의 다른 변압기와 병렬 운전되는 경우에는 극성이 문제시 된다. 극성 및 권선비 시험의 결과는 절대치로서 제작자가 표시한 명판 사양과 비교한다. 변압기 권선비, 극성 및 상연결은 현장에서 변압기가 최초로 운전되기 전에 점검되어야 한다. 특히 권선비는 연례 정기점검에서도 점검하여야 하며, 기기에 전체적인 사고가 발생한 경우 변압기를 다시 운전 투입하기 전에 점검하여야 한다.

4.1.2.2 변압기 극성 측정

전력기기 제작업체에서는 변압기의 권선비측정 기기들을 판매하고 있다. 이 기기들을 제작자의 안내서에 따라 운용한다면 전력용 변압기의 권선비 및 극성시험을 편리하고도 정확하게 실시할 수 있다. 상업적인 시험기기를 사용할 수 없다면 변압기 극성은 4.1.2.2.1과 4.1.2.2.2에서 설명하는 과정을 사용하여 측정하고 해석할 수 있다.

4.1.2.2.1 유도성 kick현상을 이용한 변압기 극성의 측정



<그림 3> inductive kick을 이용한 극성측정회로

유도성 kick현상에 의해 극성을 측정하기 위해서는 두 개의 직류전압계와 직류 전원을 사용한다. 안전을 위해 직류전원은 고압권선에 연결한다. 그림3에 개략적인 회로를 표시하였다.

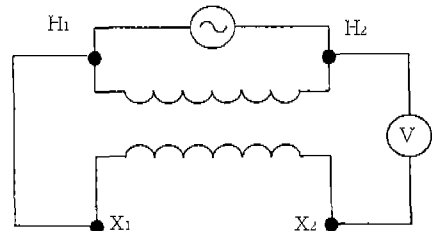
직류전압계 하나를 H1-H2에 연결하되 +리드선을 H1단자에 연결한다. 또하나의 직류전압계를 X1-X2에 연결하되 +리드선을 X1 단자에 연결한다. H1-H2단자에 연결된 직류전압계에 작지만 확실한 편향(deflection)이 나타나도록 배터리와 같은 저압전원을 H1-H2단자에 연결한다. 직류전원은 직류전압계에 +방향으로 편향이 발생하도록 연결하여야 한다. 편향의 크기는 문제시 되지 않는다. X1-X2단자에 연결된 직류전압계의 편향방향은 여자상태를 해제 할 때 나타난다. 편향이 +의 방향으로 나타나면 변압기는 가극성이다. 편향이 -방향으로 나타나면 변압기는 감극성이다. 극성은 편향의 크기와는 관계없이 나타난다.

4.1.2.2.2 교류전압에 의한 변압기 극성의 측정

변압기의 권선비가 30이하인 경우 그림4에서와 같이 간단한 교류전원과 교류전압계 하나로서 극성을 측정할 수 있다. 변압기를 그림 4와 같이 연결한다. 퓨즈를 사용한 가변 변압기로 (수십 Volt 정도의) 적은 교류전압을 H1-H2단자에 인가한다. 교류전압계의 지시치가 전원전압보다 적다면 극성은 감극성이다. 전압계가 전원전압보다 높은 전압을 지시한다면 변압기의 극성은 가극성이다.

4.1.2.2.3 다상변압기의 극성

다상변압기의 각상은 4.1.2.2.1과 4.1.2.2.2에서 설명한 방법중 한가지 또는 상용기기로 시험하여 상



<그림 4> 교류법에 의한 극성측정 회로

대적으로 같은 극성을 가져야 한다.

4.1.2.3 변압기의 권선비시험기

많은 전력기기 제작사들이 상업적으로 적당한 변압기 권선비 측정기기들을 공급하고 있다. 이 기기들은 제작자의 안내서를 준수하여 운용하는 경우 전력용 변압기의 극성 및 권선비를 편리하게 측정 할 수 있으며 정확한 지시치를 얻을 수 있다. 부하시 탭절환기를 가진 변압기의 경우 변압비는 탭절환기가 가지고 있는 모든 탭위치에 대해서 정격 또는 최대권선 위치등 하나하나의 특정한 위치로 수동동작으로 조정하여 측정하여야 한다. 또한 중간 위치에 있는 부하시 탭절환기에 있어서도 권선비는 수동동작에 의한 탭절환기의 모든 위치에서 측정되어야 한다. 상용기기의 사용이 어려운 경우 변환비는 4.1.2.3.1과 4.1.2.3.2에서 설명하는 과정에 따라 측정되고 해석될 수도 있다.

4.1.2.3.1 전압계법

고압권선과 저압권선에 각각 연결된 두 개의 교류전압계가 사용된다. 고압권선을 전압계의 정격을 넘지 않는 전압으로 여자한다음 두 개의 전압계를 동시에 읽는다. 기기를 교환하여 두 번째의 지시치를 읽는다. 지시치를 평균하여 권선비를 계산 한다. 수 볼트(V)의 여자전압만으로도 상당한 정밀도의 권선비의 측정이 가능하다. 위험한 고전압의 발생을 방지하기 위하여 변압기를 여자 할 때 가장 높은 고압권선에 전압을 인가하여야 하며 전압인 가시와 측정시 안전에 주의하여야 한다. 측정과정에서 두 개의 전압계를 동시에 읽어야 한다는 것이 매우 중요하다. 전압계는 권선비 계산시 사용되는 0.5%의 조건에 적합한 정확도를 가져야 한다.

4.1.2.3.2 정전용량 및 역률 측정용 브리지를 사용한 권선비의 측정

권선비는 정전용량 및 역률 측정용 브리지(손실을 측정용 브리지)를 사용하여 측정 할 수도 있다. 전력용변압기에 대해 이 측정법을 적용하면 양호한 결과를 얻을 수 있으며 상오차차 측정에 사용하는 전압측정용 변압기(potential transformer)에 대해서도 양호한 결과를 얻을 수 있다. 추가해서 기기의 정격에 따라서 10kV 또는 12kV정도의 고전압시험을 실시 할 수도 있다. 이러한 용도에

사용하는 훌륭한 많은 기기들이 상용화 되어있다. 각기 사용하는 브리지에 따라 정확한 측정과정은 제작자의 안내서를 참조해야 한다.

4.1.2.4 변압기 권선비의 해석

변압기 권선비의 허용오차는 모든 권선에 대해 명판정격을 기준으로 0.5%이내 이다. 삼상 Y결선에 있어서 이 허용오차는 대지 선전압을 기준한다. 대지 선전압이 명판에 명확히 명기되어 있지 않은 경우에는 상간전압에 $\sqrt{3}$ 을 나누어 계산한다. 때때로 삼상변압기의 바깥쪽 상의 권선비가 약간 다른 경우가 발견된다. 그 차이가 0.5%이상 이 아니라면 이러한 상이점은 불량판정의 원인이 되지 않는다.

가끔 권선비가 명판에 규정된 것과 다른 경우가 발견된다. 이러한 상황은 매우 대용량인 변압기에 상대적으로 권선수가 매우 작은 저압권선이 설치 되어 있는 경우에 발생 할 수 있다. 이러한 경우 권선비는 완전한 turn 가운데 가장 가까운 turn수로 표시된다. 이러한 오차는 turn수가 200이하일 수도 있기 때문에 (0.5%의 오차를 확보하기 위해서는 최소한 200turn이 필요하기 때문에) 발생하는 정밀도의 문제이다. 상세한 사항은 참고문헌[22]를 참조하라.

또한 저압권선에 부하탭을 설치한 변압기의 경우, 저압권선의 총 turn수가 적기 때문에 탭사이에 일정한 turn수를 갖지 못하는 경우가 있다. 이러한 경우 탭절환기의 운전에 따른 전압변화가 일정하지 않다. 명판과 정확히 일치하지 않는 경우라도 삼상 모두에서는 동일한 권선비가 측정되어야 한다.

4.1.3 여자전류

4.1.3.1 일반

단상 여자전류시험은 자기적인 코아구조내의 결합, 권선의 변이, turn간 절연의 고장 또는 탭절환 장치의 문제점 등과 같은 문제점들은 구분하는데 매우 유용하다. 이러한 상황은 코아에 일정한 자속을 인가하기 위하여 필요한 전류에 영향을 미치는 자기회로상 유효자기저항(reactance)에 나타나는 변화 때문에 발생한다.

4.1.3.2 시험법



이 시험은 (접지된 중성점을 제외한) 변압기의 한 권선을 floating하고 반대 권선, 통상 고압권선에서 단상전류를 인가하여 측정하고 측정치를 비교한다. 삼상변압기는 한번에 한상씩 단상전압을 인가하여 시험한다. 이 시험은 여자되는 권선의 전압정격을 넘지 않는 가장 높은 전압을 사용하여 실시한다. 사용 기기의 선정시, 가능하다면 여자 권선과 다른권선, 코아 또는 외함과의 사이에 존재하는 용량성 전류를 제거 할 수 있는 것을 사용해야 한다. 비교를 위하여 계속적으로 시험을 실시하는 경우 같은 시험전압치와 같은 시험회로를 사용해야 한다.

4.1.3.3 시험결과와 분석

여자전류시험 결과를 분석하기 위한 일반적인 접근방법은 이전시험 또는 유사한 단상변압기 또는 일정한 삼상 변압기의 상들에서 측정된 결과와 비교하는 것이다. 대부분의 삼상변압기에 있어서 바깥쪽 상들에서는 비슷한 높은 값이 얻어지고 중간에 있는 상에서는 낮은 값이 얻어지는 경향이 있다. 초기시험으로서 추천되는 방법은 부하시 탭 절환기의 탭위치 가운데 중간(half)위치, 중성점(neutral)위치 및 반대쪽 한 위치에서 측정하는 방법이다. 결과는 여러 가지 부하시 탭절환기의 위치에 따라 달라질 수 있으나 상들 사이의 관계는 변화하지 않아야 한다. 부하시 탭절환기가 각 상의 전류크기에 어떤 영향을 주는가에 대한 기본적인 이해가 적절한 분석과정의 수행을 위하여 필수적으로 요구된다.

4.1.3.4 잔류자기의 영향

변압기 코아에는 전력계통으로부터 분리의 결과로, 또는 자주 발생하는 경우로서 권선저항 측정을 위한 직류측정의 결과로서 잔류자기 존재하고 있는 경우가 많다. 잔류자기는 정상적인 여자전류보다 높은 측정치를 나타내는 원인이 된다.

잔류자기의 영향과 변압기에 존재하는 문제점의 영향을 구별할 수 있는 널리 사용되는 현장시험법은 없다. 그러나 경험상으로 약간의 잔류자기가 거의 항상 코아에 존재하더라도 대부분의 경우 시험결과에 큰 영향은 주지 않는다.

이러한 과정에서 이상으로서 판정되는 것은 주

로 세 단상변압기의 경우에 각 상전류 사이에 또는 삼상변압기의 바깥쪽 상의 전류자기의 차가 10%를 넘을 경우이다. 이러한 기증의 기정 측정결과와의 비교시에도 적용된다. 그러나 상대적인 전류의 더 적은 차이라도 코아와 관련된 문제점을 표시 할 수 있으므로 상세히 조사해 볼 필요가 있다.

시험결과에 큰 변화가 있는 경우, 잔류자기의 영향을 제거할 수 있는 유일한 공인된 방법은 변압기 코아에서 자기를 제거(demagnetize)하는 방법 뿐이다. 권선저항 측정 등의 직류시험은 여자전류 시험을 실시한 후에 수행하는 것이 바람직하다.

4.1.3.5 자기 제거(demagnetization)법

변압기 코아에서 자기를 제거하는 방법에는 두 가지가 있다. 첫 번째 방법은 권선 하나에 점차 감소되는 교류전압을 인가하는 방법이다. 대부분의 변압기에 있어서 고전압정격이 포함되어 있기 때문에 이러한 방법은 비현실적이며 안전에 위협이 되기도 한다.

보다 편리한 방법은 직류전류를 사용하는 것이다. 이 방법의 기본은 변압기 권선에 점차 감소하는 간격의 교번 극성을 가진 직류전압을 인가함으로써 철심의 자기배열을 중화시키는 것이다. 간격은 보통 자화전류가 이전 값보다 약간 낮은 값에 도달하는 시간으로 결정하며, 이 순간에 전압극성을 역전시킨다. 이러한 과정은 전류가 zero가 될 때까지 계속한다. 삼상변압기에 있어서 보통 가장 높은 여자전류를 지시하는 상에 이러한 동작을 실시한다. 대부분의 경우 이러한 과정을 실시함으로써 전체 코아에서 자기를 충분히 제거할 수 있는 것이 경험적으로 증명되었다.

▶ 다음호에 계속됩니다.

