

대용량 전력용변압기의 현장진단시험 (3)



류희석

한국전기연구소 전력기기연구부 절연진단연구팀

4.1.7 유도전압시험

4.1.7.1 일반

드문 경우이긴 하지만 설치후, 절연강도에 대한 전력용변압기의 운전 적합성을 판단하고 있다면, 부분방전(PD)의 존재를 검출하기 위해 이 시험을 실시하는 경우가 있다. 이 시험은 보수나 수정작업이 실시된 변압기에 실시할 수도 있다. 일반적으로 유도전압시험은 대용량 초고압변압기에만 실시하는 것으로 알려져 있으나 모든 변압기에 실시할 수 있는 시험이다. 다만 기본적으로 시험을 실시하기 위한 시간과 비용의 문제일 따름이다. 또한 저압용 변압기에는 고압용 변압기에서처럼 절연구조에 전기적 응력이 인가되지 않기 때문이기

도 하다. 진단을 위한 현장시험이 변전소에서 실시되는 경우 인접기기를 끄기 어렵다. 따라서 결과의 해석이 가능할만한 낮은 값으로, 주위의 PD와 전파잡음을 낮추기 어렵다는 것이 현장에서 이러한 비용이 많이 들어가는 시험을 실시할 것인가를 판단하는 데 중요한 요인으로 작용한다.

보수 또는 설치작업상의 오류가 밝혀지지 않고 남아 있다면 전력용 변압기를 가동시킬 때 심각한 손상을 발생시킨다. 유도전압시험의 필요조건중 하나는 정상 전압보다 높은 전압을 기기에 투입한다는 것이다. 이것은 어떤 PD원을 활성화시켜 측정과 위치판정이 가능토록 한다. 코아 포화현상을 피하면서 이러한 목적을 달성하기 위해서는 정상 운전주파수보다 상당히 높은 주파수를 사용하여 시험해야 한다. 시험은 전동발전기를 사용하여 일반적으로 180~400Hz의 주파수범위를 가진 전압을 사용하여 실시한다. 시험대상 변압기에 적당한 전압으로 발전기 출력을 상승시키기 위하여 승압 변압기를 사용한다. 시험대상 변압기는 보통 시험주파수에서 용량성 부하로 나타나기 때문에 시험회로에 병렬 보상리액터를 사용함으로써 회전기의 출력용량을 상당히 감소시킬 수 있다. 또한 리액터를 조정하여 기기의 총부하역률을 정상보다 지상으로 맞출 수 있다면 전기자만작용에 의한 회전기 자여자현상의 위험성을 피할 수 있다. 이러한 과정은 보통 3상여자를 사용하나 단상여자를 사용할 수도 있다. 계기는 회전기의 부하역률을 점검할 수 있도록 역률계를 포함하는 것이 좋다.

광대역 부분방전측정기 한대 - 고정주파수 RIV

<표 1> 진단특성 추천안

측정항목	새로운 변압기	운전중인 변압기
역 물	<0.5%	2.0%
총 용존가스a	<0.5%	0.8%
합 유 수 분	<10ppm	<15ppm
권 선 비	명판 0.5%이내	명판 0.5%이내

meter로 대신할 수 있다. - 초음파측정기 한대, 유도전압주파수계 하나가 사용된다.

직렬공진현상을 사용하는 대체시험방법이 있다. 이 방법은 한번에 시험대상변압기 한쌍씩을 시험할 수 있다. 이 기술은 시험대상변압기의 저압권선과 보조 승압변압기 사이에 연결된 가변공진리액터를 사용한다. 대용량변압기는 보통 시험주파수에서 용량성부하로 나타나기 때문에 공진리액터를 공진이 발생할 때까지 조정한다. 공진리액터에 인가되는 전압이 연속적으로 증가하면 시험대상 변압기에 인가되는 전압도 따라서 증가한다. 다음으로 발전기 출력전압을 조정하여 시험대상 권선에 필요한 전압이 유도되도록 조정한다. 시험대상 변압기가 시험주파수에서 공진을 발생시킬만한 충분한 용량성부하가 되지 못하는 경우 변압기의 저압권선에 적절한 외부 콘덴서를 연결하여 회로를 공진 시킨다.

4.1.7.2 기초시험과정

시험대상 변압기의 절연이 전압인가에 적합한가를 판단하기 위해서는 (절연저항, 역률, 권선비, 절연유, 내전압 등) 저압시험들을 실시하여야 한다. 절연유체를 규정된 과정에 따라 채취하고 용존가스분석과정에서 총 가연성가스의 양이 허용되는가를 확인하여야 한다. 절연유의 수분시험은 과도한 양이 존재하지 않는가를 확인하는 시험이다. 권선비는 변압기의 탭위치절환기가 비활선동작에 의해서 적절한 위치에 있는가를 확인하고 단락된 turn이 없는가를 확인하기 위한 시험이다.

결과해석

표 1 참조

“질소용입형 기기의 경우 총 용존가스량은 1.0%를 초과하면 안된다.”

4.1.7.3 시험전의 특별한 주의사항

시험 준비 가운데 기중 코로나 방전의 모든 가능성을 제거하기 위하여 모든 고압 붓싱에 충분한 크기의 코로나 링을 맞추어 준다. 접지측의 코로나를 방전하기 위하여 변압기 외함에 가까운 부분들과 모든 날카로운 모서리 및 상부의 꼭지점들을 부풀은 반도체성 타이어 내부 튜브 또는 외함에 연결된 도금된 코로나 링으로 덮는다. 작은 돌출 부분들도 반도체성인 기밀 접합제 Putty조각으로 덮는 것이 좋다. 모든 고압 붓싱은 조심스럽게 막아내고 건조한다. 시험 직전에 다시 마른 형검으로 딱는다. 비접지 불체로부터 부분방전이 발생하는 것을 방지하기 위하여는 변압기에 연결된 부분 또는 가까운 위치에 있는 모든 도전성 또는 반도체성 물체가 비접지 상태로 남아 있어서는 안된다. 따라서 가능하다면 떼어내든지 주의 깊게 접지시킨다. 점점 아크는 매우 높은 부분방전 간섭수준을 나타내므로 모든 전류가 흐르는 부분은 양호한 전기적 접촉상태를 유지 하도록 확인하여야 한다. 변압기에 고정된 모든 피뢰기는 피뢰기 자체의 손상을 피하고 피뢰기 동작에 의한 시험전압의 제한을 피하기 위하여 변압기에 전압을 인가하기 전에 떼어낸다.

4.1.7.4 사전역률시험

시험대상 변압기에 시험기기를 연결하기 전에 전원측에서의 역률을 판단하기 위한 사전시험을 실시하여 발전기에 인가되는 부하가 용량성일 경우 발생하는 발전기의 자여자현상에 의해 위험한 과전압이 발생하지 않도록 유도성 보상량이 충분한가를 확인하여야 한다. 이 사전시험을 실시하기 위해서는 먼저 시험용 변압기의 고압 붓싱에 변압기 정격전압의 50%에서 동작하도록 조정된 외부 방전갭을 임시로 연결한다. 이 사전시험동안 전압을 30%이상 상승시키지 말아야 하며 정확한 역률 측정이 가능한 정도의 전압까지만 상승시키면 된다. 발전기는 약간의 용량성부하를 부담할 수 있을 정도의 전력량 여유가 충분히 있어야 한다는 것을 주의하여야 하며, 이 여유가 초과하는 경우 발전기 탈조현상이 발생한다. 인전의 측면에서 필요한 유도성 보상보다 높은 값으로 먼저 조정하여 사용하여 기동한 다음, 발전기 보호장치가 트립되지 않을 정도의 발전기 제한치를 초과하지 않는

전 시험전압에서의 시험이 가능한 값으로 조정한다. 그러므로 사용자는 발전기의 위험이나 보호장치의 트립이 없이 최대 시험전압을 사용할 수 있는 발전기 전력량의 충분한 여유가 있다는 것을 반드시 확신하고 있어야 한다. 또한 발전기의 전압 출력이 필요한 값과 가능한 근사하도록 시험대상 변압기의 권선비와 맞춰지도록 승압변압기의 권선비를 사용해야 한다는 것이 매우 중요하다. 이러한 조정과정은 최대전력이 발전기에서 시험대상 변압기로 전달될 수 있도록 하기 위한 것이다. 권선비를 가변 할 수 있는 변압기를 사용하는 것이 바람직하다. 사전시험이 실시되고 유도성 보상이 적절히 조절된 후, 임시 방전갯을 제거한 다음 전압을 시험수준으로 인가 할 수 있다.

4.1.7.5 유도전압시험

이 시험은 맑은날 실시하여야 한다. 시험결과를 성공적으로 해석하기 위해서는 크레인 운전과 전동차 등에서 발생하는 것과 같은 모든 외부 잡음이 시험장소에 없어야 한다. 현장시험에서의 시험전압 크기와 인가시간은 보통, 고려의 대상이 되며 변압기의 사용년수와 이력에 따라 새로운 변압기의 공장시험 기준보다 낮게 변할 수도 있다. 시험대상 변압기에 시험설비를 연결하고 계기를 교정한 후, 전압을 시험전압까지 천천히 상승시킨다.

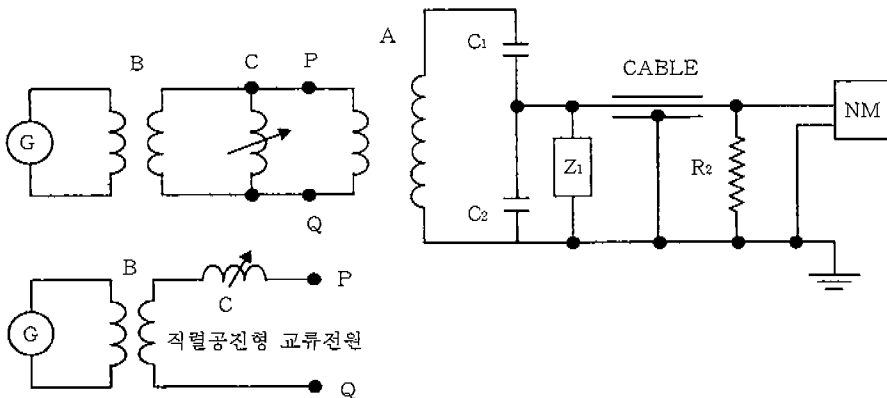
시험과정 전체를 통하여 계기를 주의깊게 주시하여야 하며 PD 또는 RIV 수준은 5분 간격으로 기록한다. 또한 기록시간 사이에 관측되는 Peak치도 기록하여야 한다. 어떤 격렬한 측정치 오류가 나타나는 경우, 원인이 밝혀지지 않은 한 시험을 즉시 종료하여야 한다. PD 또는 RIV 수준이 시험의 최종 단계에까지 증가가 계속되는 경향이 나타나는 경우 수준이 안정되거나 줄어드는 경향이 시작 될 때까지 시험을 계속 해야 한다.

결과해석 500pC 이상의 PD, 또는 100 μ V 이상의 RIV는 상당한 문제가 있다는 것을 표시한다.

4.1.8 부분방전 검출

4.1.8.1 일반

절연구조내의 PD(때로는 corona로 부름)는 절연구조내의 전하 재배치로 인하여 절연재질의 부분적인 파괴현상이 있을 때 발생한다. 이 파괴현상은 부분적이며 전계를 형성하는 전극사이의 이격거리를 교락시키지 않는다. 일반적으로 관심대상이 되는 PD현상은 Void 또는 수분과 같은 이물질이 있는 위치, 또는 손상 또는 잘못된 적용이 있는 위치에서 발생한다. 이러한 형태의 방전은



A=시료변압기, B=보조 승압변압기, C=가변리액터, G=원전발전기, C₁=고압분성 정전용량, C₂=고압분성 정전용량, Z₁=가변 인덕턴스, R₂=저항기, CABLE=차폐케이블, NM=radio noise meter

<그림 1> 붓싱 탭을 사용한 RIV 측정회로

그 부근에서의 절연열화의 원인이 되며 기기사고의 계기가 된다.

PD는 짧은 주기를 가진 낮은 크기의 전류Pulse를 발생한다. 이 신호를 판정하고 측정하기 위하여 일반적으로 두가지 방법이 사용된다. 하나는 radio잡음계에 의한 측정으로써 RIV신호를 기준으로 micro-volt단위로 측정한다. 다른 방법은 PD검출기를 사용하여 picocoulomb단위로 측정한다.

RIV 및 PD신호는 고전압에 중첩된 매우 작은 크기의 고주파pulse로 생각 할 수 있다. 작은 신호를 확실하게 검출 할 수 있도록 적절한 수단과 주의를 기울여야 성공적으로 측정 할 수 있다. 고전압 전계내에 놓여진 모든 도체는 단단히 접지 되어야 하며 (bolt, 외함 돌출부 등) 날카로운 지점 또는 모서리를 가진 모든 물체는 부드러운 현상이 되도록 도전성 물질로써 차폐하여야 한다. 전류가 흐르는 도체부의 연결은 깨끗하고 견고해야 한다.

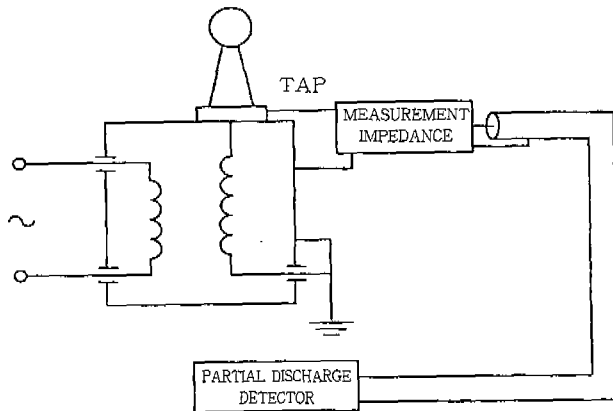
4.1.8.2 Radio influence voltage (RIV)

RIV신호는 일반적으로 그림 1과 같은 붓싱 정전용량 측정템에서 측정한다. 가변 인덕턴스를 라디오 노이즈 미터의 측정주파수에서 붓싱 템의 대지 정전용량과 동조 시킨다. 적당한 임피던스으로써 존재하는 동축케이블을 회로에 포함한 상태에서 동조가 이루어져야 한다. 동조의 목적은 붓싱 정전용량의 분압효과를 최소화 하기 위한 것이다. 동축케이블은 특성 임피던스로 단말처리 할 필요 없다.

정확한 결과를 얻기 위해서는 각각의 시험회로에 대하여 전체적인 교정이 실시되어야 한다. 일반적인 교정방법은 고압단자에 사용 측정기측정주파수대역의 중심주파수인 크기를 알고 있는 신호를 인가하는 방법이다. 측정기 자체의 교정은 제작자의 지침서를 따라야 한다. 0.85~1.15MHz 범위의 중간대역주파수가 일반적으로 사용된다. 그러나 이 대역에서 라디오 방송국으로부터의 잡음이 유입된다면 다른 주파수를 사용하여도 무방하다.

회로는 전압을 인가하기 전에 교정되어야 한다. 고전압원은 일반적으로 영에 가까운 낮은 전압에서 공진시킨 후 필요한 시험전압치까지 천천히 상승시킨다. 시험자는 전압이 상승하는 것을 감시하고 있어야 한다. 얻어진 지시치를 기록한다. 저전압에서 검출계기상에 나타나는 잡음지시치는 외부 잡음원으로부터 회로로 방사되었거나 결합된 외부 유도잡음을 나타낸다. 이 외부유도잡음을 제거할 수 없다면 의미있는 측정결과를 얻기 위해서는 잡음 수준을 감도의 한계로 조절한다. 실제로 경험 있는 인력의 경우, 시료 이외의 알려진 잡음원으로부터 유발되는 잡음은 구분이 가능하며 어느정도는 무시하고 시험의 진행이 가능하다.

RIV시험결과의 해석에는 일반적인 RIV시험과 특별하게 시험되는 기기의 형태에 따른 경험이 필요하다. 이 시험은 협대역(Narrow-band)시험기술이기 때문에 시료에서 공진이 발생할 가능성이 있다. 또한 측정기의 유사 최대치반응은 RIV 임펄스의 반복률(1000pps이하의 반복률)에 관련이 있는



<그림 2> 붓싱 템을 사용하는 부분방전측정회로



반응을 만든다. 이러한 형태의 시험 결과에 대한 해석은 같은 기기의 공장시험결과를 포함하는 이전의 시험결과 내용을 가지고 수행하는 것이 제일 좋다.

4.1.8.3 부분방전(PD)

RIV측정의 경우와 같이 측정되는 PD신호는 붓심 정전용량 탭에서 얻는다. 그림 2는 대표적인 회로배치도이다. 측정 임피던스 Z_m 은 보통 복소수로써 PD측정기로 측정되는 신호에서 시험주파수를 선별(filter) 해내는 역할을 한다.

측정회로의 감도는 결함콘덴서의 정전용량, 시료의 정전용량 및 시험회로의 표류정전용량에 따라 달라진다. 이 때문에 상업적인 PD측정기는 교정 과정에 사용되는 펄스발생기를 같이 공급한다. 일반적인 교정방법은 기지의 전하량을 고압 붓심에 주입하고 적당한 지시치를 얻을 수 있도록 PD 측정기의 감도를 조정하는 형태로 실시한다.

실제로 이 방법은 고전압 버스에 작은 정전용량기(100pF)를 통하여 전압펄스를 결합시켜 수행한다.

이러한 사유로 구성된 측정회로는 교정되어야 한다. 교정용 저전압용량기가 사용된다면 시험전압을 인가하기 전에 회로를 교정하고 시험시에는 저전압용량기를 제거한다. 상세 교정 과정에 대해서는 사용되는 PD 측정기의 사용안내서를 참조하여야 한다.

고전압원은 보통 영에 가까운 저전압에서 공진시킨 후 목표전압까지 천천히 상승시킨다. 전압이 상승하는 동안 계속적으로 PD 측정기를 주시하여야 하며 얻어진 지시치는 반드시 기록한다. 저전압에서 PD 측정기에 나타나는 잡음은 외부 잡음원으로부터 방사되었거나 결합되어 화로로 유압된 유도잡음이다. 유도잡음을 제거할 수 없을 경우 의미 있는 시험결과를 얻기 위해서는 유도잡음의 세기를 측정감도의 제한치로 맞춰야 한다. 실제로 숙련된 측정인력은 시료이외 기지의 잡음원으로부터 발생하는 잡음이 있다하여도 구분할 수 있어야 하며 어느정도는 무시하고 시험을 실시할 수 있다.

대표적으로 PD신호는 저전압에서는 나타나지 않다가 부분방전 개시전압이라고 알려져 있는 전

압에서 갑자기 나타난다. 이 개시전압이상의 전압으로 계속 전압을 상승시키면 더 많은 펄스가 나타나며 크기도 커진다. 전압이 감소되는 경우 히스테리시스 효과가 나타나므로 전압이 개시전압 이하로 많이 떨어지지 않으면 PD 펄스가 없어지지 않는다. PD신호가 사라지는 전압을 PD소멸전압으로 부른다.

PD 시험 결과의 해석에는 일반적인 PD 시험과 특수한 기기의 시험에 대한 경험이 필요하다. 어떤 형태의 PD신호는 쉽게 구분이 가능하며 이러한 사실은 시험설비 구성에 매우 도움이 된다. 특히 인가전압의 상에 나타나는 유사 PD신호는 회로의 사고전류를 이동시키기 위한 연결부분에서 발생하는 경우가 많다. 이러한 신호는 시험을 진행하기 전에 수정되어야 한다. PD 측정기 주사관상의 비대칭으로 나타나는 형태는 보통 기중으로 방전되는 코로나 발생원을 나타낸다. 이러한 현상은 버스 구조물 또는 접지전위 구조물상의 날카로운 지점에서 주로 발생한다.

이러한 발생원들은 보통 시험회로 부근의 지역을 육안점검하거나 초음파 점검기로 쉽게 구분할 수 있다.

4.1.8.4 음향측정기술

PD의 음향 측정은 변압기 분야에서는 수년전부터 사용해온 방법이다. 이 방법은 몇가지 형태의 PD신호 발생원에 대해서는 매우 좋은 감도를 가지며 어떤 상태에서는 PD 발생 위치도 검출이 가능하다. 음향기술은 기기가 활성상태인 경우에도 적용이 가능하다는 잇점이 있으며 적절하게 적용이 된다면 외부로부터, 유도잡음의 영향도 받지 않는다. 그러나 예를 들어 변압기 권선의 내부 section과 같은 절연구조 깊은 곳에서 발생하는 방전에 대한 감도는 매우 낮다.

음향신호는 보통 변압기 외함에 부착된 센서를 사용하여 측정한다. 센서외피와 변압기외함 사이의 계면이 주로 신호를 감소시키는 역할을 하므로 부착방법에 주의를 기울여야 한다. 음향적 PD 측정설비에는(측정대상이 활성상태가 아니라면) 고전압원, 초음파 센서, 증폭기 및 측정기를 구성하고 있는 표시장치로써 구성된다.

현장시험에 적합하도록 준비된 일괄식 휴대형

음향측정기가 상업적으로 시판되고 있다. 좀더 특수한 측정의 경우에는 주로 시험대상기기에 센서를 설치하는 방법에서 특별하게 특수 설계된 기기가 필요한 경우도 있다. 보통 이러한 경우에는 범용 증폭기와 오실로스코프를 사용한다. 신호를 채취하기 위한 센서로써 보통은 20~200kHz 범위의 응답특성을 갖는 초음파 압전식 센서를 사용하는 경우가 많다.

시험과정과 결과의 해석은 시험대상 기기와 시험계획의 내용에 따라 매우 폭넓게 변화한다. 기기의 특정한 부분에서 음향신호가 발생하고 있는가만을 점검하기 위해서는 간단한 일체형 음향 센서/측정기를 사용하여 빠르게 측정 할 수 있는 go-no-go test program이 사용된다. 반면에 대형기에 존재 할 가능성이 있는 문제점의 위치 검출에는 비싼 기기가 필요하며, 여러 가지로 구성된 액체, 기체 및 고체 내에서의 음향신호파형의 거동에 대한 전체적인 이해를 기본으로, 주의 깊게 설계된 대규모의 test program이 당연히 필요하게 된다.

4.2 붓싱

4.2.1 일반

붓싱은 구조가 매우 다양하나 변압기의 기본적인 구성요소이다. 변압기의 가격과 비교할 때 상대적으로 비싼 것은 아니나, 고장이 나는 경우에는 변압기 전체의 파괴를 유발한다. 그러므로 붓싱은 정기적으로 점검하여야 하며 열화의 흔적이 발견되었다면 열화의 정도와 형태에 따라 반드시 보수되거나 교체되어야 한다. 구조에는 여러 가지 형태가 있지만 진단시험의 대부분은 공통이다. 붓싱은 설계제작되는 형태에 따라 다음과 같은 분류가 가능하다.

(a) 콘덴서 형

- 1) 도전성(콘덴서)층을 균데균데 분포시킨 절연유함침 지절연구조 또는 한겹의 개재물을 끼워 넣은 지절연층을 연속적으로 감은 절연유 함침 지절연구조
- 2) 도전성(콘덴서)층을 분포시킨 지절연구조를 레진으로 고정된 구조

(b) 비 콘덴서형

- 1) 내부가 한 덩어리로 만들어지거나 고체와 액체절연체 가운데 한가지로 절연체를 형성한 구조
- 2) (단순 애자와 같이)순수한 절연재료로써 단순하게 제작된 구조
- 3) 기체절연 충전형 절연구조

옥외용 붓싱은 기본적인 절연구조가 일반적으로 애자로 만들어지는 외기환경에 대한 보호구조물내에 설치된다. 기본적 절연체와 외부구조물 사이의 공간에는 일반적으로 절연유를 채우거나 (프라스틱이나 발포체 같은) 폼파우드를 채운다. 도체와 외부구조물의 내벽사이의 공간을 절연유와 같이 단순하고 순수한 한종류로써 채우는 경우도 있다.

또한 붓싱에는 SF₆와 같은 기체를 중심도체와 외부구조물사이에 채우는 경우도 있다.

붓싱은 일반적으로 전위측정용 또는 역률시험용 탭 또는 전극을 설치 했는가 또는 설치하지 않았는가를 기준으로 분류 할 수도 있다.

※) 전위측정용 탭은 정전용량 또는 전압탭으로 표현되기도 한다.

전위탭 또는 역률시험용탭이 없는 붓싱은 GST 방식에 의해 중심도체로부터 flange에 대한 전체적인 특성을 시험할 수 있는 2단자기기이다. 붓싱이 회로차단기와 같은 기기에 설치되는 경우 전체적인 GST측정은 도체와 접지사이의 모든 연결부분과 활성화되는 절연요소를 포함하게 된다.

콘덴서 붓싱은 기본적으로 중심도체와 접지 sleeve 또는 고정용 flange사이에 설치된 여러개의 동심 정전용량기이다. 접지sleeve에 가까운 도전층은 끌어내어 탭단자로 처리하여 3단자 시료로써 사용되기도 한다. 탭인출 붓싱은 기본적으로 전압 divider의 구조를 가지며 고전압 구조 설계시 붓싱 전위측정기로 탭전위를 인출하여 계전기를 동작시키거나 다른 목적에 사용하기도 한다. 이러한 설계구조에 있어서 전위탭은 또한 붓싱 주절연C₁을 시험하기 위한 저전압 역률시험용으로 적용되기도 한다(그림3 참조).

69kV보다 높은 정격전압을 가진 근래에 제작되는 모든 붓싱에는 일반적으로 전위탭을 설치한다

(드른 경우이긴 하지만 69kV급 붓싱에도 전위탭이 설치된 경우도 있다). 69kV이하의 붓싱에는 역률탭을 부착할 수 있다. 역률탭은 붓싱 절연구조물의 접지층을 인출하고 붓싱을 고정하기 위한 주 flange 상에 소형 붓싱을 설치하여 단자처리하는 구조를 갖는다. 이 탭은 소형 붓싱 몸체에 설치되는 나사형 뚜껑으로 접지된 고정 flange와 연결되는 구조를 가져야 한다. 접지용 뚜껑을 제거하면 탭 단자는 도체와 인출된 종사이에 존재하는 붓싱의 주절연 C₁ 시험용 UST측정을 위한 저압단자로써

사용된다.

4.2.2 육안 점검

육안점검은 변압기가 환선상태에 있는 경우에 실시할 수도 있다. 균열부분이나 깨진부분, 누설부분이나 절연유 수준 등의 결합요소를 찾기 위해서는 쌍안경을 사용하는 것이 좋다.

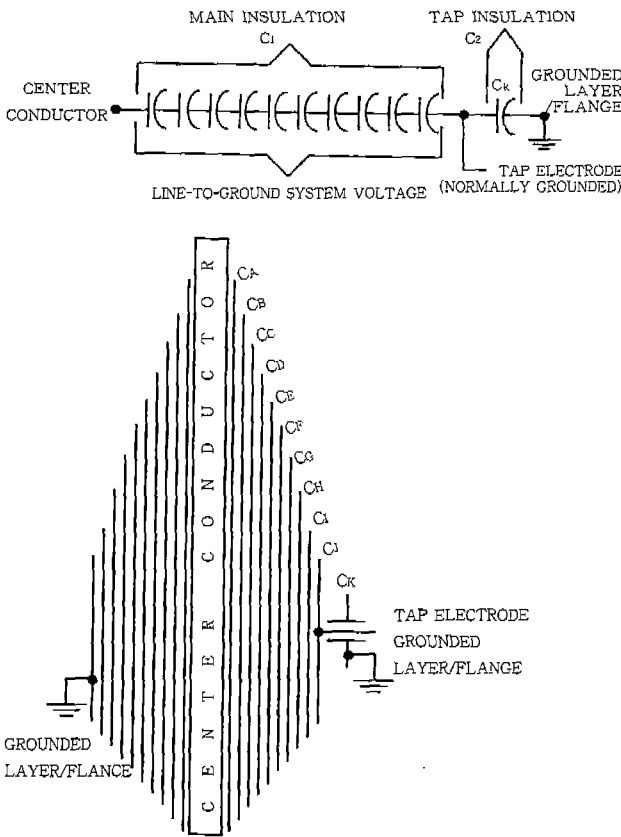
주위온도의 기록과 가능하다면 관찰시의 부하전류 기록하는 것이 바람직하다. 좀더 상세한 육안 점검은 변압기가 사선상태일 때 수행한다. 위에 열거한 항목에 추가해서 근접점검시에는 미세균열, 접합부분의 열화 및 표면오염 등을 볼 수 있다.

애자 외형이 깨졌다면 왜 깨졌는가를 고려해야 한다. 단순히 날개부분이 깨졌다면 중요한 문제는 아니다. 전기적으로 사용되는 애자는 기공이 포함되어 있지 않고 습기를 머금지 않기 때문에 애자가 광택처리되지 않았다는 것은 즉각적인 위험요소가 되지는 않는다.

붓싱 외형의 몸체부분으로 들어갔거나 튀어나온 것처럼 보이는 깨어진 균열 또는 불연속이 표면에서 발견된다면 근접점검이 필요하다. 몸체에서 내밀어진 것 같이 보이는 균열은 성장 할 수 있으며 순간적으로 고장상태가 될 수 있다. 이러한 경우 붓싱은 효과적인 현장 보수가 가능치 않기 때문에 교체되어야 한다.

4.2.3 절연유 수준

측면의 유리창이나 유면계를 통한 절연유 수준의 점검을 반드시 실시하여야 한다. 적절한 절연유의 수준을 평가하기 위해서는 대기 온도에 대한 고려가 있어야 한다. 일반적으로 범하기 쉬운 실수 가운데 하나가 낮은 온도에서 절연유 수준을 정상 수준으로 이동시키기 위하여 절연유를 보충하는 것이다. 정상적인 수준은 보통 20°C의 주위온도에서 측정하는 것이다. 저온에서 절연유를 보충하면 온도가 하절기 상태가 되었을 때 넘치는 결과가 된다. 오염물질의 유입을 방지하기 위하여 점검후에는, 예를들어 모든 절연유



- 주1) 등가 정전용량 CA~CJ는 고압 중심도체부터 접지 콘덴서 층과 flange까지 인가되는 전압 을 일정하게 분배한다.
- 주2) 탭전극은 붓싱이 전위측정기로 사용되는 경우와 특별한 경우를 제외하고 운전중의 탭전 극은 접지되는 경우가 보통이다.
- 주3) 전위탭을 가진 붓싱에 있어서 C2정전용량은 C1보다 상당히 크다. 역률시험용 탭을 설치한 붓싱의 경우 C1과 C2는 비슷한 크기를 갖는다.

<그림 3> 대표적인 콘덴서 붓싱의 설계구조

충진용 plug들을 바꿔주어야 한다. 감시창에서 가능하다면 절연유가 굳거나 오염되지 않았는가를 시험해야 한다.

4.2.4 정전용량, 역률 및 손실률

C_1 과 C_2 정전용량의 정전용량 및 역률 (또는 손실률)을 측정하여야 한다. 정전용량의 증가를 평가함으로써 단락되어있는 정전용량층 부분을 검출할 수 있다. 습기 또는 다른 오염물질의 존재여부는 보통 역률의 증가로써 검출된다. 측정시에는 온도교정을 실시해야 한다. C_2 용량기를 시험하는 경우에는 시험단자의 시험전압을 넘지 않도록 주의해야 한다. C_1 과 C_2 용량기의 역률은 서로 많이 다를 수도 있으며 C_1 용량기보다 C_2 용량기에 대한 값이 10배이상 큰경우도 많이 있다는 점에 주의하여야 한다.

역률시험을 실시하기 전에는 반드시 수분 또는 표면오염물질을 제거해야 한다는 점에 주의하라. hot collar시험은 특히 상부 애자면적과 중심 부하 전류용 도체 사이의 붓싱절연의 특정한 작은 부분의 상태를 시험할 수 있는 유용한 과정이다. 이 시험은 중심도체를 접지하고 애자 외부를 둘러싸고 있는 하나 이상의 임시전극(collar, 보통 반도체성 고무재질)에 전압을 인가하여 실시한다. 이러한 형태의 시험은 애자내의 균열, 붓싱 상부 매부의 절연열화, 충전물 또는 절연유 수준의 저하 및 충전물 내부의 기공의 존재 등에 대한 위치판정에 사용되기도 한다.

역률 제한치는 생산자가 공표하는 것이며 대부분의 경우 명판에 공장시험에 의한 역률치를 표시한다. 현장측정치는 명판치와 비교하여야 한다. 수년에 걸쳐 역률이 지속적으로 증가하는 경향을 보이는 붓싱은 상세하게 조사되어야 하며, 가능하다면 사용되지 말아야 한다. 실제로 정전용량성 분압 붓싱의 역률이 1%를 초과하는 경우, 사용자는 차후의 처리방안을 강구해야만 한다.

4.2.5 부분방전(PD)

4.2.5.1 일반

붓싱 내부절연에서 장기간 발생하는 PD현상은 점차적으로 붓싱의 절연내력을 감소시키고 결과적

으로 사고가 발생하게 된다. 코로나현상의 존재는 필요에 따라 PD 또는 RIV 측정으로 고전압에서 일반적으로 대기 선전압 또는 그이상의 전압(130~150%)으로 측정하여 판정한다.

이 측정은 변압기의 유도전압시험시에 같이 실시할 수도 있다. 그러나 이 시험중에 PD가 검출된다면 변압기와 붓싱 중 어디서 발생하는 것인가를 판정할 수 없다. 이러한 이유로 PD 또는 RIV 측정이 필요하다면 변압기에서 붓싱을 분리하여 단독으로 시험하는 것이 바람직하다. 이 시험은 고전압원으로 사용하는 특수한 외함에 붓싱을 설치하여 실시한다.

4.2.5.2 시험기기

붓싱 그자체에 대한 PD시험을 실시하기 위해 필요한 설비는 고전압원, PD측정기 또는 radio-noise meter, 고전압 bus와 측정기기를 결합시키기 위한 결합 정전용량기 및 교정시스템 등으로 구성된다.

고전압원은 PD가 발생하지 않는(PD-free) 변압기 또는 직렬공진형 시험기를 사용한다.

결합정전용량기의 목적은 bus상의 고전압으로부터 PD펄스를 분리해내어 이 펄스를 측정기로 결합시키기 위한 것이다. 이 정전용량기는 시험이 실시되는 전압보다 높은 정격을 가져야 하며 방전 현상이 발생하지 않는(discharge-free) 기기이어야 한다. 1000pF의 값을 가진 것을 사용하면 된다.

PD현상은 PD측정기 또는 radio-noise meter를 사용하여 측정할 수 있다. 이러한 기기들은 여러가지가 상업적으로 발표되어 있다. 그러나 PD검출기는 일반적으로 PD펄스현상을 관측할 수 있도록, 오실로스코프 화면을 포함하고 있다. 이러한 형태의 지시계기는 또한 결과를 해석하는데 도움이 되는 상대적인 위상정보를 얻을 수 있다. radio-noise meter는 방전신호의 유사 최대치 크기를 측정하는 협대역 기기이다. 이 측정기는 보통 동조식 radio주파수 micro voltmeter를 사용한다. 측정기의 중심 대역주파수는 일반적으로 약 1MHz를 사용하나 (AM라디오 방송국으로부터의) 외부 잡음을 제거할 수 있도록 바꿀 수 있다. 대역폭은 일반적으로 9kHz를 사용한다.

▶ 다음호에 계속됩니다