

현장실무자를 위한 설비진단 테크닉

전기는 응용하는 기술의 발달에는 실로 눈부신 바가 있다.

전기를 깨끗하고 안전한 에너지원으로써

또, 컴퓨터나 통신에 이용되는 정보전송의 매체로서

널리 사용되어 최근에는 광이나 초음파의 분야도 포함하여

설줄 모르는 진보를 계속하고 있다.

우리들은 그 전부를 볼수는 없으나, 미래기술이라는 거대한 양상에 대하여

비록 기술의 단편이라도 많이 모아 쌓이면 많은 참고가 될 것이다.

본고에서는 이를 위해 전 13장을 번역 게재할 예정이다.

글 실는 순서

제1장	예지보손에의 기초기술	제7장	케이블 열화의 간이측정
	• 이상예지를 위한 데이터 처리	제8장	롤러 베어링의 진단 테크닉
	• 열화 프로세스에서의 이상예지	제9장	전력전자 기기의 수명예측
제2장	운전감시로 되는 상태의 추정	제10장	콘덴서 개폐와 보수유지
	• 운전상태를 아는 테크닉	제11장	큐비클의 방식기술
	• 이상 발생후의 상태진단	제12장	보전용 계기와 사용법
제3장	기기에 의한 외부진단 테크닉	제13장	센서에 사용되는 여러가지 성질과 활용법
제4장	가스절연기기의 내부진단		
제5장	리모트 센싱에 의한 설비진단		
제6장	변압기의 예지 보전		

제3장 기기에 의한 외부진단 테크닉

역/대한전기기사협회

서 론

변전 기기는 전력 계통에서 가장 중요한 부분이며 또한 전력을 안전하게 공급하는데 중요한 책임을 지고 있다.

이러한 기기를 사고 없이 그 기능을 충분히 발휘시키기 위해서는 높은 신뢰성이 있어야 하며 그것을 유지해 나갈 필요가 있다.

이를 위하여 기기를 제조하는 면에서는 신기술의 개발과 품질 관리의 충실을 기하는 등 신뢰성을 향상시키는데 노력해 왔으며 한편 보수 면에서는 정기 점검을 시행하여 기능을 회복시켜서 유지하는 것을 기본으로 해 왔다.

정지 기기인 변전 기기의 신뢰성을 저하시키는 요인으로 열화의 문제가 있으나 재료면의 성능 향상을 기함과 동시에 GIS(Gas Insulated Switch)를 채용하여 기기를 밀폐화시켜서 대기 분위기의 영향을 국한하는 등 열화에 관한 것을 개선하는데 노력해 왔다. 더우기 이러한 기기는 공장에서 작업 관리와 고도의 기술로 제작된 것이며 현장에서 분해 점검을 하는 것은

작업 환경상의 문제로 보아 분해하는데 따른 단점도 예상되며 보전에 필요없게 함으로써 높은 신뢰성을 유지할 수 있는 것이라고 본다. 또한 내부 점검에 기인한 사고 이외의 사고를 적게 하는 데는 기기의 상태를 정확히 파악하고 필요한 수리를 하며 사고를 미연에 방지할 필요가 있다. 이를 위해서는 분해를 하지 않고 내부 상태를 정확히 파악하는 진단 기술이 필요하다.

1. 변압기 보수방법

기기를 항상 정상적인 상태로 유지하고 그 사용 목적을 완전하게 이룩하기 위해서는 어떤 일정한 기간을 거쳐서 정기 점검을 해 왔다. 정기 점검에는 보통 점검과 정밀 점검이 있으며 보통 점검은 기기의 운전을 정지하여 설비의 기능 확인 및 기능 유지를 목적으로 하고 주로 외부에서 시행하는 점검이며 정밀 점검은 기기의 운전을 정지시켜서 설비의 성능 회복을 목적으로 하고 필요에 따라 분해해서 시행하는 점검이다.

또한 정기 점검외에 이상이 검출된 경우나 개폐기가 규정된 회수에 도달한 경우에 시행하는 임시 점검이 있다.

종래의 보수 방법으로는 위에 말한 정기 점검 및 임시 점검을 시행하여 기기의 열화에 의한 트러블을 방지해 왔다. 그러나 최근에는 SF₆ 가스에 의한 기기(SF₆ 가스의 높은 소호성(消弧性)이나 절연성 또는 밀폐화의 효과 등으로 접촉자 등의 장수명화(長壽命化)가 기대되고 현재로는 그것을 실현하고 있는 것으로 생각된다), 변압기의 밀폐화, 진공 밸브의 채용 등 신뢰성이 높고 또한 장수명화된 기기를 많이 채용하고 있다. 예를 들면 가스 차단기의 트러블 내용을 볼 때에 유압 기구, 공기압 감시기구, 제어릴레이, 배관 등과 같은 조작 기구부에서 발생하는 것이 대부분이며 장수명화되어 있는 소호실 등과 같은 가스 안의 부분에서는 대단히 적다. 또한 이러한 트러블이 일어나는 시기를 분석해 보면 점검후 약 1년 이내에 발생하고 있는 것이 과반수를 차지하고 있으며 이런 일은 점검 행위가 트러블의 원인으로 되어 있는 일이 많다는 것을 나타내고 있다.

이와 같이 최근의 고신뢰도 변전기기는

- (i) 장수명화되어 있을 것
- (ii) 분해 점검의 작업성 및 사고의 양상으로 보아 분해 점검을 피하는 것이 바람직하다는 것.

등을 들 수 있으며 분해 점검을 피하므로써 한층 트러블을 저감시킬 수 있다고 생각하나 또한 내부 점검에 기인하는 것 이외의 트러블을 적게 하는 데는 기기의 상태를 정확히 파악하여 필요한 수리를 하고 사고를 미연에 방지해야 한다.

- (i) 분해를 하지 않고 내부 상태를 정확히 파

악한다

- (ii) 적은 인원수로 효율 있게 한다
- (iii) 가능한 한 운전 상태에서 기기의 상태를 파악한다

등과 같은 조건에 따른 진단 기술이 필요하게 된다.

따라서 종래의 정기 점검을 대신하는 것으로서 운전할 때 또는 필요한 때에 외부 진단을 하여 사고를 미연에 방지할 수 있으리 라고 본다.

2. 기기에 의한 외부진단법

변전 기기는 다종 다양하며 기종에 따라서는 대단히 오래된 것도 있다. 이러한 기기는 다음과 같이 두가지로 크게 나눌 수가 있다.

- 종래기기(주로 개방형 기기)
- 신형기기(주로 밀폐형 기기)

(a) 종래기기: 공기 차단기, 기름 차단기, 조상기(phase modifier)등은 기본적으로 개방형 기기이기 때문에 열화 등으로 인하여 기기의 신뢰도를 저하시키는 일도 있다. 이와 같은 기기에 대하여 외부 진단 기술을 적용해도 개방형이기 때문에 부분적으로도 장수명화나 메인テナンス 프리(maintenance free)하기에는 어렵다. 따라서 종래 기기인 경우에는 종래의 보수 방법을 답습하지 않으면 안된다.

그러나 적당한 외부 진단 기술을 적용하므로써 보수의 내용 또는 인터벌에 대해서는 생략화할 수 있다고 생각한다.

(B) 신형기기: 변압기, 분로 리액터, GIS, 가스 차단기 등은 밀폐형 기기이기 때문에 열화 등의 문제가 종래의 기기에 비하여 훨씬 적다고 생각된다. 따라서 높은 신뢰도나 장수명화 또는

메인テナンス 프리를 지향하고 있는 기기라고 할 수 있다. 그리고 예방 보전이라는 점도 높고 있으며 실제적인 의미에서 메인テナンス 프리를 실현하기 위하여 외부 진단 기술을 적용하고 기능 검사와 이상 검출 등을 할 수 있다.

다음에 현재 사용되고 있는 외부 진단기술 또는 유효하다고 생각되는 외부 진단 기술 몇 가지에 대하여 그 개요를 설명하기로 한다. 또한 기기를 정지시켜서 시행하는 전기적인 특성 시험(변압기를 예로 하면 변압비, 각변위, 권선 저항, 메저 등과 같은 시험)도 유효한 외부 진단 기술의 한가지이나, 여기서는 생략한다.

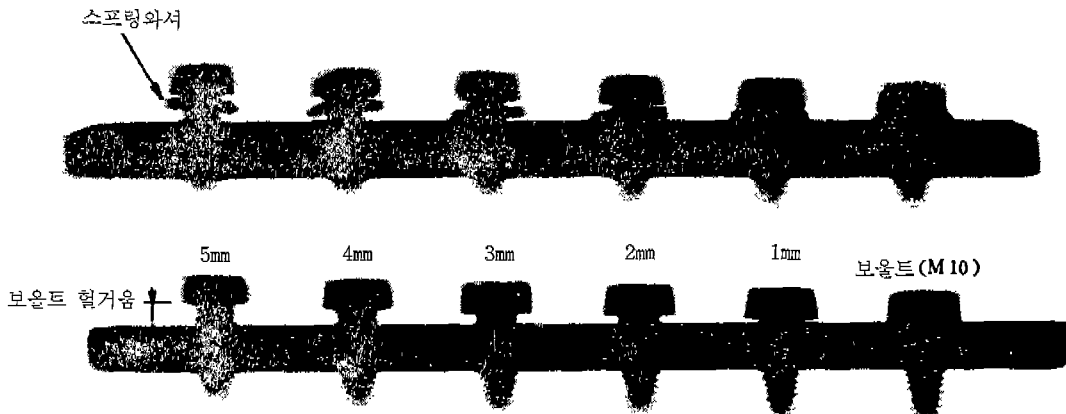
(C) 절연유내 가스 분석: 변압기나 분로 리액터 등과 같은 유입 기기의 내부에서 발생하는 이상 현상은, 예를 들면 절연 파괴 현상과 같이 반드시 발열을 수반한다. 이러한 발열원에 접촉된 절연유, 절연지, 프레스 보드 또는 베이클라이트(bakelite)등과 같은 절연 재료는 그 열의 영향을 받아서 분해 반응하고 CO₂, CO, H₂, CH₄, C₂H₄등의 탄화 수소계 가스를 발생한다. 이의 대부분은 절연유 안에서 용해하므로 변압

기로부터 채취한 절연유 안의 가스를 추출·분석하고 그의 가스량과 가스 조성으로 변압기 등의 내부 이상에 대한 유무 및 그 정도를 추정할 수 있다.

이러한 절연유 안의 가스 분석은 종래의 변압기를 보수 관리하는 것에 비하여 분석 시료가 되는 절연유를 변압기의 배유 밸브에서 간단하게 채취할 수 있고 동시에 변압기를 정지시킬 필요도 없이 아주 미소한 이상까지 검출할 수 있다. 이 방법은 변압기의 보수 관리나 이상이 발생하였을 때에 사고 개소를 아는 데 큰 성과를 올리고 있다.

(C) 부분방전측정: 변압기 또는 분로 리액터 등과 같은 유입 기기나 GIS 또는 가스 차단기 등과 같은 절연 기기의 절연 파괴는 우선 국부적인 미소 방전부터 시작하여 그 부분의 절연물 등이 점점 열화하고 끝에 가서는 전로 파괴에 이르는 것이 일반적인 현상이다.

따라서 운전 중인 변압기나 분로 리액터 또는 GIS나 가스 차단기 등의 기기 내부에서 발생하는 부분 방전의 유무를 측정하므로써 기기



<그림 1> 보울트류의 헐거움(X선촬영)

내부의 절연 불량 및 열화 등을 판정하는 것은 기기를 예방 보전하는데 중요한 일이다.

이러한 시험 방법은 지금까지 여러 가지 검증과 개량이 이루어져서 실적을 올리고 있다.

(D) X선촬영: X선 촬영을 사용한 검사 기술은 이밈 각 방면에서 적용하는 것은 처음이다.

X선에 의한 GIS등의 내부 촬영은 내부 고장원인의 대부분을 차지하고 있는 기계적인 이상(보울트의 이완 등)을 발견하는 방법으로서 유효하다. 해상도도 선명하며 실용적이다. <그림 1>은 X선을 사용하여 보울트 종류의 이완을 촬영한 것이다.

또한 이 방법은 GIS, 가스 차단기, 공기 차단기, 진공 차단기, 피뢰기 배터리 등에는 적용되거나 변압기, 분로 리액터, PD에서는 절연유의 X선 흡수율이 크기 때문에 적용하기가 어렵다.

(E) SF₆가스 압력, 가스분석측정: SF₆ 가스압력은 주의 온도에 의하여 변동하기 때문에 온도보상된 밀도 스위치에 의하여 항상 감시되고 있다. 가스 밀도는 GIS, 가스 차단기의 절연 성능, 차단 성능과 밀접하게 관련되어 있으며 허용 레벨 이하로 된 경우에는 경보 접점을 ON시키고 있다.

가스 분석을 하는 것은 가스의 수분량 측정, 순도의 측정과 함께 내부에서 유해한 부분 방전이 발생하고 있는 경우에 생기는 분해 가스를 검지하여 내부 절연계에서 발생하는 이상을 발견하는데 유용하다. 또한 내부에서 아크를 수반하는 사고가 발생한 경우에 분석 가스를 검출하므로써 사고 개소를 알 수 있다.

장치로는 마이크로컴퓨터를 내장한 휴대용 가스 크로마토그래피(Gasc Chromatography), 가스 검지관, 수분계, 가스 시험기 등이 있다.

(e) 초음파 마이크로폰에 의한 내부금속이물

질의 검출: GIS 또는 가스 차단기 탱크 안에 금속 이물질이 존재하고 있으며 그 형상과 재질에 따라서는 운전 전압·전계로 떠올라서 부분 방전을 발생하고 GIS나 가스 차단기의 내전압 성능이 대폭 저하한다.

이러한 경우에는 금속 이물질이 탱크에 미세한 충돌을 반복하여 초음파가 발생하기 때문에 이것을 검출하므로써 금속 이물질을 발견할 수 있다.

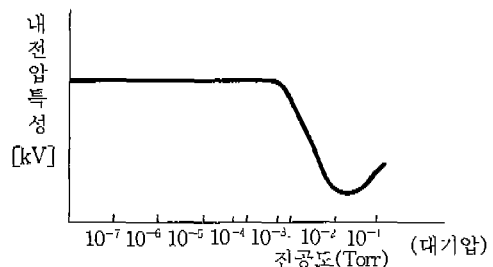
장치로는 초음파 마이크로폰을 GIC 또는 가스 차단기탱크의 표면에 대고 초음파를 검출하여 초음파 분석기에 의해 분석을 한다.

(f) 진공도 검사: 진공 인터럽터(Vacuum Interrupter)의 내전압 진공도 특성은 <그림 2>와 같이 1×10^{-3} Torr정도에서 파센(Paschen)의 곡선에 따라 변화한다. 이에 따라 누설 전류도 변화한다. 현장에서 시행하는 진공검사의 원리는 이것을 응용한 것이다.

6kV VI이면 off 상태에서 극 사이에 약 10kV를 인가하고 그 누설 전류값에서 진공도를 검사하는 것이다.

파센의 곡선에서 1×10^{-2} 로 부터 대기압 근처까지는 대기압보다도 내전압 값이 낮아지고 또한 적용 실적으로도 이 범위에서 충분한 실용성이 있다는 것을 확인하고 있다.

또한 유효한 외부 진단법으로서 현재 개발 중에 있는 방법의 몇가지를 소개한다.



<그림 2> 파센의 진공도 검사

(i) 저속구동법: GIS내부에서 손상이나 헐거움 또는 구리스의 고갈 등이 생기면 개폐 기기가 개폐 동작하는 동안에 그의 토크가 미소하게 변화한다.

이러한 토크의 미소한 변화를 선명하게 하는 데는 개폐 동작을 저속으로 하는 것이 유효하다.

따라서 기기가 정지할 때에 저속으로 구동하는 장치를 부착하게 된다.

(ii) 탱크의 미소 진동검지법: GIS등 내부의 전기적인 고장은 탱크의 미소한 진동을 검지하는 방법이다.

(iii) 누설전류측정: 산화 아연형 피뢰기에서 상규 대지 전압(常規對地電壓)에 대한 누설 전류의 변화에 따라 소자등의 절연 상태에 대한 양부를 판정하는 방법이다.

위에 말한 방법을 기기별로 그 적용 방법을 종합해 보면 표1과 같이 된다.

<표1>기기별 외부 진단기술의 적용방법

	별합기	분액리	GIS	가단차	공단차	진공차	피뢰기	방패리
전기적특성시험	○	○	○	○	○	○	○	○
절연유내의 가스 분석	○	○						
부분방전측정	○	○	○	○				
X선촬영			○	○	○	○	○	○
SF ₆ 가스압력, 가스분석측정			○	○				
초음파마이크로폰에 내부음속이물의 검출			○	○				
저속구동법			○	○		○		
탱크미소진동검지법			○	○				
진공도검사						○		
누설전류측정							○	

3. 외부진단법의 적용방법

위의 진단방법은 앞에서 말한 바와 같이 여러 가지를 생각할 수 있으나 하나의 진단 수단으로 모든 기기의 상태를 진단하는 방법이 아니라는 것과 또한 어떤 기기의 상태를 완전하고 정확하게 파악한다는 것은 곤란하기 때문에 그 목적과 기기의 상태에 따라 몇가지 방법을 조합시켜서 종합적으로 판단할 필요가 있다.

외부 진단하는 각 기기의 적용 시기는 다음과 같이 4단계로 생각할 수 있다.

- ① 공장 시험할 때
- ② 현장 설치 시험시
- ③ 운전 중(상시 또는 점검할 때)
- ④ 불량한 상태가 발생하였을 때

4. 외부 진단법에 대한 앞으로의 과제

외부 진단법에 대하여 현재 사용되고 있는 것의 개량 또는 개발 중인 것에 대한 각각의 방법과 효과 및 감도 등을 상세하게 검토함과 동시에 앞서 말한 4단계의 적용 시기와 맞추어서 이의 양부 판단 방법 및 판리값 등을 확립하고 체계화시키는 것이 필요하다고 본다.

또한 장래의 방향성으로는 다시 고신뢰도화와 컴팩트화된 외부 진단 기술의 연구 개발과 컴퓨터의 활용에 의한 검사 항목의 상시 감시 방식의 응용도 생각할 수 있다.㉔

<다음호 계속...>