

# 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

알줄 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	예지보존에의 기초기술	제 7 장	케이블 열화의 간이측정
	• 이상예지를 위한 데이터 처리	제 8 장	롤러 베어링의 진단 테크닉
	• 열화 프로세스에서의 이상예지	제 9 장	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		

# 제5장 리모트 센싱에 의한 설비진단

역/대한전기기사협회 홍보과

## 머리말

리모트 센싱이란 원격탐지 또는 원격탐사라는 뜻으로 원래는 비접촉 또는 먼곳에서 물체의 정보를 포착하는 기술이며 넓은 의미로는 텔레미터링(Tele-metering)에 들어 가는 분야이다.

일반적으로 리모트 센싱이라고 하면 랜드사트(Landsat) (NASA, 미우주 항공국)나 기상위성의 우주 등에 대표되는 것과 같이 인공위성이나 항공기에 센서를 탑재하고 지구 표면에서 방사 또는 반사되는 전자파를 검지함으로써 지구상의 식물이나 생물, 지질, 기상 환경 등을 관측하는 화상, 계측, 해석기술을 가리킨다.

한편 전기설비의 분야에서도 생력화나 안전화 등으로 보아 리모트 센싱 기술을 적극적으로 응용하고 있는데 여기서는 전기설비 중에서 많은 개소와 수를 차지하는 변전설비를 예로 들고 그 설비와 리모트 센싱 기술과의 관계라는 입장에서 넓은 의미의 해석에 따라 설명하기로 한다.

## 1. 변전설비에 대한 리모트 센싱 기술의 필요성

변전설비는 전력계통에서 가장 중요한 곳이며 전력을 안전하게 공급하는데 중책을 담당하고 있으므로 그 기능을 충분히 발휘해 나갈 필요가 있다.

이러한 설비를 안전하고 또한 확실하게 운전하기 위해서는 전압과 전류 및 주파수나 설비의 상태(온도와 이상 유무)등 여러가지 정보가 필요하다. 이전에는 이러한 정보를 운전자가 직접 5감에 의하여(계

기의 판독과 기기 상태의 목시 등)운전하는 직접 제어 방식을 취하고 있었으나 이러한 정보를 전송하는 기술과 원격제어 기술이 발달함에 따라 현재는 대부분 변전설비가 설치된 장소는 무인으로 조작하게 되었으며 별도로 설치된 장소에서 집중 감시제어하는 방법을 취하게 되었다.

이러한 변전소의 운전은 텔레미터 컨트롤 장치에 의하여 이루어 지고 있으며 이 장치는 미니컴퓨터나 마이크로컴퓨터를 사용한 방식으로 바뀌고 있고 전송로도 일부 광파이버를 적용하고 있다.

더우기 앞으로 설비의 동향을 보면 고신뢰도화와 밀폐화 및 컴팩트화와 함께 메인テナンス 프리화가 한층 진행하리라고 생각된다.

이러한 것을 추진하기 위해서는 각종 센서 기술의 진보가 절대로 필요한 조건이며 리모트 센싱도 센서 및 데이터를 처리하는 알고리즘 확립에 의하는 것이라고 생각된다. 일반적으로 산업용 리모트 센싱의 센서 기술로는 <표 1>과 같은 것이 적용되고 있다.

이상과 같은 상황으로 보아 장차 변전설비에 대한 리모트 센싱 기술의 적용은 다음과 같이 생각된다.

### (1) 변전소의 매크로감시

앞에서 말한 바와 같이 현재 대부분의 변전소는 무인 변전소이며 앞으로는 한층 대규모의 변전소가 지 적용이 확대되어 갈 경향이 있다.

이런 경우에 넓은 구내의 설비 및 그 주변의 감시는 운전자의 5감이나 경험 또는 느낌 등에 의지해 왔던 부분도 있으며 이것을 자동화한 전체적인 감시 시스템이 필요하게 된다.

<표 1> 산업용리모트 센싱을 위한 센서기술과 적용

전자파	원리	계측대상	응용예	비고	전자파	원리	계측대상	응용예	비고	
r · x 선	강투과성의 이용 r, X선의 투과량은 피측정물의 밀도, 두께에 비례하는 것을 이용한것 투과량을 2차원적으로 기록하고 이용한것.	내부흡입검출 두 개 형상	X선사진		레이저	반사광의 이용; 간섭의 이용, 원체에 레이저광을 조사, 물체의 변위, 변형 등을 간섭부위로 측정 내부결함은 간섭무늬의 이상으로 나타남다.	비파양검사 진동		정밀측정	
	r, X선의 흡수율 이용한 것.	분석	X선분석계			도플러 효과의 이용; 주파수가 높기 때문에 토프리 효과가 크다. 레이저광의 단파상성에 대한 라만 산란을 이용; 분자 밀도, 성분 등을 검출한다. 레이저 반사광의 이상추이 또는 피스 모양으로된 레이저광의 반사 시간을 이용	형상	레이저 레이저	배연 고정밀도	
	X선조사에 의한 고체표면에서 고유스펙트럼을 갖는 X선 방출을 이용 물질특유의 흡수성이용	금속분석	X선분석계			투과변태이저에 의해 가스분석기 체분석의 광 흡수 스펙트럼을 이용	속도 대기분석			
자외선	반사특성의 이용 단파장에 의한 고분해능 특성의 이요 흡수특성(저반사)이 좋은 것을 이용	길이 물체검출	자외선현미경 자외선 필름		적외선	관광현상의 이용 패러데이 효과가 큰 투명물질속의 레이저투과광이 자계에 의해 명암을 받은 것을 이용	거리		1~20*	
	흡수스펙트럼의 이용 가스분자가 자외선에서 선택적으로 자외선을 흡수하는 것을 이용	가스분석				흡수스펙트럼의 이용	전유전압			
	방사광의 이용 물체의 온도에 의해 정해지는 빛의 강도를 이용 발광물질의 밝기, 형상등은 표시, 기록하는 것.	온도 형상	광온도계 TV 필름	실시간판측 고해상도			관광가변태이저에 의해 가스분석기 체분석의 광 흡수 스펙트럼을 이용	가스분석		
가시광	반사광의 이용 측정기에 관측장치 및 표준기록 선차하고 피측정물과 비교, 측정하는 것 모아레 부늬의 이용 빛의 간섭이용 물체의 밝기, 형상등을 표시기록하는것.	형상, 길이 각도	현미경, 측정기, 홀리미터		적외선	관체에서 나오는 적외선 방사선의 이용 피측정물의 온도대에 의해 정해지는 적외선의 강도를 이용 기저우도의 표준이체원과 비교, 방사선의 강도를 2차원적으로 표시, 기록하는 것. 공간편광을 사용한 전자석 방법, 화학적 방법에 의한 사진 등	온도 우도패턴		~2000℃ 실시간측정 12"까지	
	빛의 굴절현상이용 가스분석에 의해 빛의 굴절률이 다른 것을 이용	가스분석	간선현미경 TV 카메라	가시원 아세는			적외선방사의 이용	분석, 검출	적외선 필름	석탄오일 설
	빛의 굴절현상이용 가스성분에 의해 편광이 다른것을 이용 흡수스펙트럼의 이용 기체분자의 종류에 따라 특정한 파장이 흡수되는 것은 이용 복수과상의 흡수가 액체농도에 비례하는 것을 이용	가스분석 가스분석 액체농도	굴절식가스분석계				외부적외광선에 대한 물체 반사광에 의해 형상의 표시 및 기록 흡수스펙트럼의 이용 기체분자가 적외선에서 선택적으로 원선을 흡수하는 것을 이용 고체분자에 의한 적외선 스펙트럼흡수의 이용 액체분자의 적외선흡수 스펙트럼에 의한 물순물측정	형상 물체인식 군용	적외선 카메라 녹트 비전	류화물 페놀 HNO <sub>3</sub> 등
광	굴절현상이용 가스성분에 의해 편광이 다른것을 이용 흡수스펙트럼의 이용 기체분자의 종류에 따라 특정한 파장이 흡수되는 것은 이용 복수과상의 흡수가 액체농도에 비례하는 것을 이용	가스분석 가스분석 액체농도	굴절식가스분석계		적외선	굴절현상이용 가스성분에 의해 편광이 다른것을 이용 흡수스펙트럼의 이용 기체분자의 종류에 따라 특정한 파장이 흡수되는 것은 이용 복수과상의 흡수가 액체농도에 비례하는 것을 이용	분석, 검출	적외선 필름	석탄오일 설	
	굴절현상이용 가스성분에 의해 편광이 다른것을 이용 흡수스펙트럼의 이용 기체분자의 종류에 따라 특정한 파장이 흡수되는 것은 이용 복수과상의 흡수가 액체농도에 비례하는 것을 이용	가스분석 가스분석 액체농도	굴절식가스분석계				외부적외광선에 대한 물체 반사광에 의해 형상의 표시 및 기록 흡수스펙트럼의 이용 기체분자가 적외선에서 선택적으로 원선을 흡수하는 것을 이용 고체분자에 의한 적외선 스펙트럼흡수의 이용 액체분자의 적외선흡수 스펙트럼에 의한 물순물측정	형상 물체인식 군용	적외선 카메라 녹트 비전	류화물 페놀 HNO <sub>3</sub> 등
	굴절현상이용 가스성분에 의해 편광이 다른것을 이용 흡수스펙트럼의 이용 기체분자의 종류에 따라 특정한 파장이 흡수되는 것은 이용 복수과상의 흡수가 액체농도에 비례하는 것을 이용	가스분석 가스분석 액체농도	굴절식가스분석계				외부적외광선에 대한 물체 반사광에 의해 형상의 표시 및 기록 흡수스펙트럼의 이용 기체분자가 적외선에서 선택적으로 원선을 흡수하는 것을 이용 고체분자에 의한 적외선 스펙트럼흡수의 이용 액체분자의 적외선흡수 스펙트럼에 의한 물순물측정	형상 물체인식 군용	적외선 카메라 녹트 비전	류화물 페놀 HNO <sub>3</sub> 등

연재 ②

전자파	원리	계측대상	응용에	비고	전자파	원리	계측대상	응용에	비고
마이크로파	반사파의 이용	형상 물체검출	레이더	원유속의 수분	전자파	부작용 변화의 이용	온도 고체분석	자기온도계 투자율고체성분계	
	마이크로파를 발산시켜서 물체에서의 반사에 의해 형상을 검지하는 것 토폴러 효과의 이용, 주파수의 권리를 이용								
	마이크로파의 반사시간을 이용								
	마이크로파의 흡수현상의 이용								
초음파	물체에서 나오는 방사초음파의 이용	코로나검지 유출검지	송전선고장검지, 고압용기파이프라인	가스분석액체분석고체분석	전자기	철관의 두께에 의한 인덕턴스 변화의 이용	두께	전자두께계이지	
	초음파수진기로서 음원 위치의 검출								
	반사파의 이용								
	피복절내부의 흠에 대한 초음파의 반사물 이용 대상 물질에서의 반사시간이용, 토폴러 효과의 이용, 초음파의 반사가 물체표면의 상태에 따라 변화하는 것을 이용								
	전파속도의 이용								
	액체속의 전파속도가 유속에 따라 다른 것을 이용								
	기온에 의한 공기속의 전파속도 변화를 이용								
	물질특유의 전파속도 이용								
	공진의 이용								
	초음파의 주파수를 변화시키면 어떤 두께로 공진하는 것을 이용								
유선	자기폭풍의 이용	유량 유속 온도	가스분석액체분석고체분석	가스분석액변	전자기	대자율이 큰 기체의 자석에 대한 온도특성을 이용	가스분석	산소계	
	정전용량변화의 이용								
	전극과 액면사이의 정전용량변화 이용, 전극사이의 유전체물질의 두께에 의한 용량변화의 이용								
	유전율이 농도로 정해지는 액체에 대한 용량변화의 이용								
	유전체손실의 이용								
	수분에 의한 고조파손실을 측정								
	액농도					두께	고주파수분계		
	수분								

예를 들면 관계자 외의 출입이나 작은 동물 등의 침입 등 안전면에서의 감시와 화재, 지진, 염해, 풍수해 등과 같이 재해가 발생할 때의 상황 파악 및 종래에 운전자의 5감 등에 의하여 설비의 운전 상황을 확인하고 있던 것에 대신하는 기능 등이다.

(2) 변압설비의 외부진단 시스템

앞에서 말한 바와 같이 변전설비는 항상 그 기능을 충분히 유지해 둘 필요가 있기 때문에 과거에는 설비를 정기점검해서 기능의 유지와 회복을 기하는데 대하여 기본으로 해왔다.

변전기기와 같이 정지기기의 신뢰성을 저하시키는 요인으로서 열화의 문제가 있는데 10년 동안 새로운

기술에 의하여 개발되고 적용해 왔던 가스절연 개폐장치(GIS) 등은 재질면의 성능을 향상시킴과 동시에 밀폐화하므로써 대기 분위기의 영향을 국한시키는 등 열화에 관한 것을 개선하는데 노력해 왔다.

더우기 이러한 신형 기기는 공장에서 엄격한 작업 관리와 충분한 설비하에서 고도의 기술에 의하여 제작된 것이므로 현장에서 분해 점검을 하는 것은 작업 환경상의 문제로 보아 오히려 손해가 된다는 것도 예상된다.

따라서 이러한 것들은 메인テナンス 프리로 하는 것이 오히려 높은 신뢰성을 유지할 수 있다고 본다.

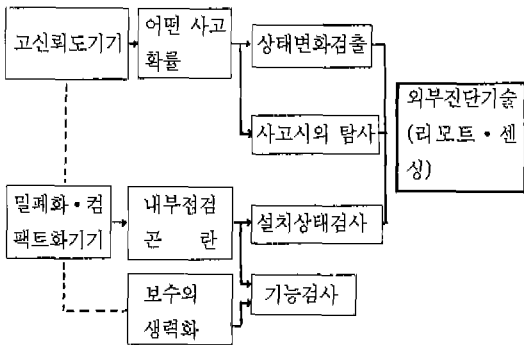
한편 이러한 GIS등은 구조상 종래의 기기와 같이 현장에서 분해 점검하는 것이 곤란한 상황도 있기

때문에 외부 진단 시스템의 확립이 필요하게 되었다.

이 외부진단 시스템에 관한 정의는 없으나 일반적으로 기기를 분해하지 않고 외부에서 여러가지 측정을 하고 그 결과에서 내부 상태나 기능의 양부를 판정하는 것으로서 리모트 센싱 기술의 일부라고 할 수 있다.

이미 GIS에서 X선 촬영에 의한 외부진단 등을 실용화시키고 있는 것도 있으나 대부분은 지금부터 기술 개발 및 실용화시켜 나가지 않으면 안되는 분야이다.

이들의 고신뢰도화 및 밀폐화된 기기를 외부진단하는 기술의 필요성에 대하여 종합해 보면 <그림 1>과 같이 생각된다.



<그림 1> 외부진단기술의 필요성

## 2. 변전소에 대한 리모트 센싱 기술 적용별

변전소에서 리모트 센싱 기술을 적용한 예와 앞으로 적용할 것을 아울러서 소개한다. 이러한 것은 현재 변전소 안에서 특히 생각하고 있는 것이며 이밖에도 여러가지 적용례를 생각할 수 있는데 개개의 상세한 것에 대해서는 뒤의 항에서 설명기로 한다.

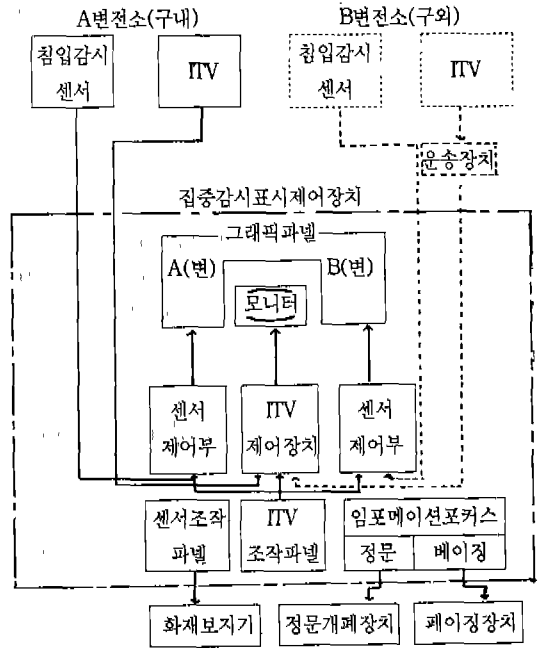
적용한 예의 한가지는 구내감시 시스템에 의한 것이며 적외선 센서, 비디오 센서 등이 응용되고 있다.

또한 이밖에도 외부진단 시스템에 의하는 것이 있으며 투시를 위한 X선 이용이나 절연유 안의 가스를

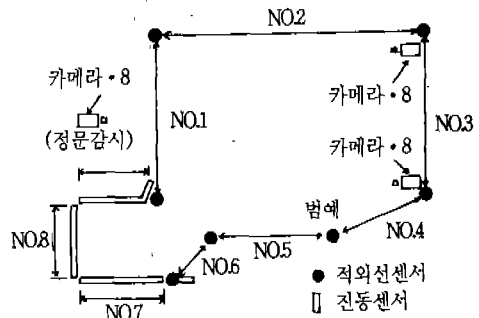
분석하기 위한 고분자 투과막 또는 절연유 안의 코로나 측정을 위한 시스템 등이 응용되고 있다.

### (1) 대용량 변전소의 구내감시 시스템

전력설비의 증강은 전력 수요가 신장함에 따라 앞



<그림 2> 구내감시시스템 구성도



<그림 3> ITV, 침입감시 센서 설치상황

으로도 계속 증가시키지 않으면 안되나 변전소의 입지조건은 날이 갈수록 어려워 지고 있기 때문에 넓은 대지를 필요로 하는 대용량 변전소는 지형적인 조건과 기기 배치의 조건으로 보아 항상 구내와 경계를 감시 하는데 많은 곤란한 점이 예상된다.

한편 사용전압 170kV를 초과하는 변전소에서 원격상시 감시제어방식에 의한 운전을 하는 경우에는 무인화를 실시하기 위하여 원격 제어소에서 구내와 경계 감시를 정확하게 할 필요가 있다.

과거에는 변전소마다 개별적으로 구내감시장치를 설치해 왔으나 500kV변전소 등과 같이 대용량 변전소를 무인화로 확대할 것을 고려하는 경우에는 이러한 변전소에 필요한 설비 상태의 감시와 침입감시 및 원격전송을 할 수 있는 경제성, 신뢰성, 보수성의 향상을 기하는 새로운 구내감시시스템을 개발해서 적용하는 것이 요망된다.

다음에 현재 사용되고 있는 시스템의 한가지 예를 나타낸다.

(a) 현재 적용되고 있는 시스템의 개요: 시스템의 구성은 집중감시 표시제어장치와 침입감시센서 구내감시용 ITV(Industrial Television) 등으로 되어 있으며 구성 개요는 <그림 2>와 같다.

집중감시 표시제어장치는 ITV 제어장치, 센서, 제어부, 그래픽 패널, 모니터 TV 등으로 구성되어 있다.

또한 현장에는 <그림 3>과 같이 적외선 센서와 진동 센서에 의한 침입 금지용 센서 및 방향을 제어할 수 있는 ITV가 설치되어 있다.

침입 금지용 센서가 침입한 것을 포착하면 센서 제어부에 신호를 송신하며 경보를 내고 동시에 그래픽 패널에 침입 구간을 표시한다. 운전자는 표시에 따라 ITV 제어 장치에 의하여 ITV를 침입 구간에 향하도록 하고 모니터 TV로 구내의 상황을 확인하여 적당한 대응 방법을 판단한다.

(b) 적용되고 있는 센서: 앞에서 말한 시스템에 응용되고 있는 침입감시센서 ITV는 다음과 같은 것이다.

(가) 침입감시; 침입감시센서에는 다음과 같이 여

러 가지가 있다.

또한 <표 2>에 각종 침입감시센서의 특징을 나타내고 있다.

(i) 적외선 센서; 적외선 센서에 의한 침입 경계장치는 이미 실적도 있으며 현재 상태에서는 가장 안전성이나 신뢰성이 우수한 방식이라 할 수 있고 원자력 발전소나 화력 발전소 등에도 널리 사용되고 있다. 직선 구간이 많은 곳에 적합하며 비래물(飛來物)이나 짙은 안개 등에 의한 작오 동작 대책도 거의 완전하다고 볼 수 있다. 그러나 직선거리를 취할 수 없는 곳이나 고저의 차이가 있는 곳에서는 구간수가 증가함에 따라 값이 비싸게 되는 결점이 있다. 또한 적외선을 차단해서 검출하기 때문에 눈이 많이 내릴 때에는 지장을 초래하는 일이 있다.

(ii) 진동 센서; 진동 센서는 경계 펜스에 직접 설치하여 외부에서 들어 오는 침입자(또는 침입물)에 의하여 펜스에 생기는 진동을 전기적으로 감지하는 것이다. 감도 조정과 설치 위치의 선택을 적당히 하면 상당한 안전성을 얻을 수 있다. 강풍 등에 의한 작오 동작도 고려할 수 있으며 만곡(灣曲)된 펜스에도 설치할 수 있고 지형적인 제약도 받지 않는다. 진동 센서는 동작 원리상 일렉트 레트 콘덴서방식과 충격방식 등 두가지로 나누며 각각 장점과 단점이 있다.

(iii) 장력 센서; 울타리에 친 스테인레스 와이어에 장력이 작용한 것을 검출하는 방식이며 와이어가 절단된 것도 검지할 수 있다.

사용실적은 적으나 설비방법을 적절하게 하면 원리적으로는 고신뢰성을 갖게 된다.

(나) ITV; ITV는 변전소에 한정되지 않고 공업용으로서 각 방면에 적용되고 있으나 이 시스템에서는 먼쪽으로부터 방향을 제어할 수 있는 삼각대 위에 진동 렌즈를 부착시키고 있다. 기상 조건의 변화를 고려하여 와이퍼나 히터 유리가 부착된 케이스에 내장시키고 있다.

이 시스템에서는 집중감시 표시제어장치와 동일한 구내, 즉 <그림 2>에서 A변전소의 ITV는 동적 화

상을 전송하고 있으나 먼곳에 있는 B발전소에서는 전송 장치를 거쳐서 정지 화상을 전송하고 있다.

(c) 앞으로의 구내감시시스템 : 변전소의 무인화는 앞으로 초고압 이상의 대용량 변전소에 확대되어 가는 경향이 있으며 구내의 설비상태나 외부에서 들어오는 침입을 마크로 감시하는 기능이 필요하게 된다.

이러한 목적을 비디오 센서나 카메라 센서를 사용하는 방식이 시스템의 간략화와 시공 및 보수면에서 효율적이라고 판단되며 대략 다음과 같은 기능을 갖춘 시스템이다.

(i) 변전소에 들어 오는 외부의 침입 또는 기기의 형상 등이 변화한 경우에 구내에 설치된 여러 대의 ITV중 화상에 변동이 생긴 ITV를 자동적으로 검출하

<표 2> 침입센서 종합비교표

방식	원리	특장	신뢰도	오동작율	사용실적	보수성	운영면	내후성	수명	변전소별대응성	확장성	공시외용이성	
적외선	적외선광선절단검출	일반적으로 널리 사용되고 있으며 고신뢰성이 풍부하며 건설비도 싸고 보수도 쉽다	적설이외에 눈원리상고 신뢰성을 갖는다	문제가없음	일반적으로 널리 사용되고 있다	양호	정기점검요(용량)	량	극히짧다	육외변전소적 선경거리에 적합하다	있음	태양전자삭대안히선다유선삭보통	
진행	인덱트레드	인덱트레드원센서(케이클로양)에 의한동충검출	펜스에 대하여 널리 사용되고 있으며 고신뢰성을 가지나 건설비가 약간싸다	강풍이 불때에 문제있는나 원리상 신뢰성이 있음	동상	동상	동상	동상(약간짧다)	량	길다	대소옥외변전소의 펜스식에 적합한다	있음	보통
	충격	링또는구상도제의 관성에 의한회로개폐검출	펜스에 사용하는 물체가 건위하나 공사가가능다	원리상 신뢰도가 높으나 설치방법에 의하여 신뢰성이 떨어지는 일도 있다	동상	실적있음	약간양호	동상(신)	양	길다	동상	있음	보통
인장력	와이어에 걸리는 인장력에 의한회로개폐검출	전설비는싸고 신뢰성도 높다	동상	동상	적다	불량	동상(동상)	량	길다	대소옥외변전소의 펜스콘크리트딜에 적합하다	있음	보통	
전계	전계선 검출선에 의하여 전계의 변화를 검출	고신뢰도이나 건설비가 높다	고전압 개폐서지에는 다소 문제가있으나 다른 장소에서는 고신뢰성이 있음	동상	원지력발전소등에 실적있음	약간불량	동상(약간짧다)	약간불량	약간짧다	육외변전소의 모든것에 적합하다	있음	극히근간	
비디오	ITV카메라에 의한 도상변화를 검출	새로운 센서로서 유효하나 옥외용으로는 해결해야할문제가 있다. 옥내용으로 가장 적합하다	원리상신뢰성이 있음	동상	있음	양호	동상(용이)	양	길다	자연환경조건을 극복하면 육외변전소의 모든것에 적합하다. 특히 옥내 변전소에는 가장 적합하다	있음	비교적 관련하다	

여 제어소로 경보를 내고, 동시에 해당 ITV의 화상을 자동적으로 모니터 TV에 표시해서 운전자가 먼곳에서 구내의 상황을 목시에 의하여 판단할 수 있게 한다.

(ii) 상시 운전 중이거나 구내 작업 중 또는 기후가 좋지 않을 때에 구내의 상태를 확인하려는 경우에는 수시로 적당한 ITV를 먼곳에서 선택해서 제어하고 모니터 TV에 의하여 관찰할 수 있게 한다.

앞으로도 대용량 변전소에는 ITV가 적용되리라고 생각되며 구내 이상의 자동 검출용 센서로서 ITV를 공용화하는 것은 설비 투자상 이익이 있다.

또한 비디오 센서를 옥외에서 사용하는 것에 대해서는 현단계로 보아 많은 문제가 있으며 앞으로의 연구 개발을 기대하지 않으면 안되지만 그 기능으로 보아서 장차 감시용 센서로는 가장 유효하다고 생각한다.

**(2) 변전설비의 외부진단 시스템**

외부진단 시스템은 여러가지가 있으나 여기서는 X선을 이용한 기기의 외부진단과 고분자 투과막에 의한 절연유 안의 가스 분석 및 절연유 안의 코로나 측정 시스템에 대하여 소개한다.

(a) X선촬영에 의한 기기의 외부진단 : X선 촬영을 사용한 진단 기술은 이미 각 방면에서 적용되고 완성한 기술이나 변전 기기에서 더우기 변전소에 설치된 상태대로 또는 운전 중인 상태로 적용되는 것은 처음이다.

가스절연 개폐장치를 비롯하여 신형 기기라고 하는 것은 이의 높은 신뢰성에 따라 메인テナンス 프리화를 목표로 하고 있는 것이며 과거의 기기와 같이 현장에서 정기적인 분해 점검을 하지 않는 것이다.

그러나 소기의 성능을 가지고 있는 것을 확인할 필요가 있으며 과거의 분해 점검이나 목시 점검을 대신하는 방법으로서 X선 촬영에 의한 진단 기술이 실용화되고 있다.

(가) X선촬영장치의 명세 : 변전소에 설치되어 있는 기기를 그 상태대로 촬영하기 위하여 휴대형으로

적용할 때에 안전성을 확인하기 위하여 현장 시험에 의해 누설 X선량의 측정을 실시하고 관리 구역 외의 X선량은 대단히 적고 안전하다는 것을 확인하고 있다.

(마) 앞으로의 적용방법 : 이상과 같이 설명한 X선에 의한 외부진단 기술은 기기를 전혀 분해하지 않고 현장에서 현상 처리할 수 있도록 배려해야 한다.

(나) 판정방법 : X선에 의하여 촬영한 내부구조의 사진에서 양부(良否)를 판정하는 방법에 대하여 검토한 결과

(i) 해당 기기의 설계 치수에서 사진 안의 기준이 되는 치수를 실측하고 내부 구조의 위치관계(예를 들면 가동 점점의 스트로크 등)에 대한 양부를 판정할 수 있다.

(ii) 각 부에 대한 체결 부분의 이완은 볼트와 너트 및 시트와의 간격이 최소 1mm 정도에서 견사할 수 있다.

(iii) 이물질 혼입에 관한 판별은 최소 M3의 너트와 와셔류에서 쉽게 확인된다.

<표 3> 변전기에 대한 X선 외부진단의 기부

No.	기 종	적용의기부	적 용 항 목	
1	절 단 기	GCB	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아크점착자의 소모</li> <li>• 적축부의 점착상태</li> </ul>
		ABB	○	
		VCB	○	
		CCB	※×	
2	G I S	단 르 기	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 점점의 개폐거리</li> <li>• 볼트류의 기완</li> <li>• 실트류의 변형</li> <li>• 시트내의 이물</li> </ul>
		절지개폐기	○	
		PT	○	
		기 타	○	
3	벽 전 기	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 점축부의 점착상태</li> <li>• 소자의 손상 및 변형</li> </ul>	
4	P D	※×		
5	변 압 기	※×		
6	бат 데 리	○	• бат데리의 양극점착	

○ 적용가 × 적용불가

※ 절연유의 X선흡수율이 크기 때문에 적용이 곤란하다.



(iv) 그밖에 실드류 등의 변형량은 최소 3mm정도 이상의 것을 판별할 수 있다.

(다) 변전기에서 X선에 의한 외부진단방법의 적부검증: 변전기에서 X선에 의한 외부진단의 적용 여부를 검토하였다.

<표 3>에 그 적용 여부를 나타내고 있다.

(라) 안전성의 확인: 현장에서 X선 외부진단법 부분의 사후 검사 및 만약에 사고가 발생할 때에 동형기기의 기능을 확인하는데 장차 적극적으로 활용해 나가야 한다.

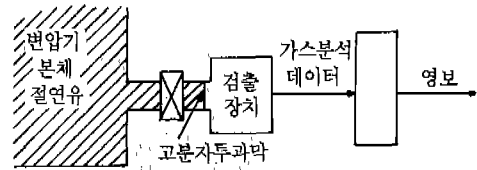
또한 정기적으로 기능을 확인하는 방법으로는 명세에 대한 것 외에 다른 외부진단 기술과 종합적으로 구분해서 사용하는 것을 검토해 나가야 한다.

(b) 변압기의 자동절연유내 가스분석: 변압기 등과 같이 유입기기 내부의 이상 현상은 예를 들면 절연 파괴 현상이나 국부 과열 현상과 같이 반드시 발열이 따르면서 발생한다. 이러한 발열원에 접촉한 절연유나 절연지 또는 프레스 보드나 베이클라이트 등과 같은 절연 재료는 그 열의 영향을 받아서 분해 반응하고 CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>나 CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 등과 같은 탄화수소가스를 발생한다. 이의 대부분은 절연유 속에서 용해되므로 변압기에서 채취한 절연유 안의 가스를 추출해서 분석하고 이의 가스량 및 조성으로 변압기 내부의 이상 유무 및 그 정도를 알 수가 있다.

현재 절연유 안의 가스분석은 정착되어 있으며 이미 진단 기준도 표준화되어서 실적을 올리고 있다. 현행하는 일반적인 방법에서는 절연유를 폴리에틸렌 용기 안에 넣고 토리첼리의 진공식(Torrillian Vacuum)으로 가스를 추출하고 가스 크로마토그래프로 분석하고 있다.

절연유 안의 가스분석에 대하여 리모트 센싱이라는 관점에서 기술적인 개량을 하는데는 절연유 안에 있는 가스 성분의 추출과 변압기 마운트형으로 간이하게 하고 또한 정밀도도 높은 장치를 개발하는 것이 불가결한 일이다. 이의 한가지 방법으로 고분자 투과막을 사용하여 절연유 안의 가스분석을 자동화하는 연구가 진행되고 있다.

이 연구는 현재 고분자 투과막의 가스투과 특성과



<그림 4> 절연유내의 가스자동분석진단장치의 개념도

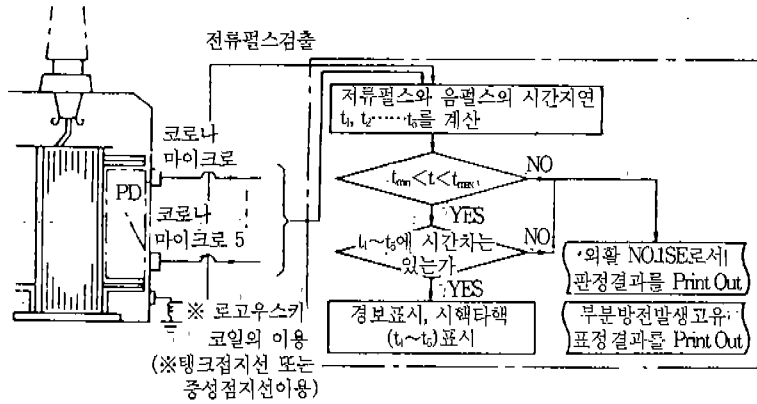
절연유 안에 있는 용해 가스량의 관계 및 절연유 안의 가스를 분리하는 장치의 구성 등에 관한 것이며 <그림 4>와 같이 가스분석 결과를 자동 진단하고 경보를 제어소로 내보내는 장치도 고려되고 있다.

(c) 절연유내의 코로나 측정에 의한 변압기의 외부 분석: 공장에서 변압기의 신뢰성을 검증하는 방법으로는 장시간 교류 내전압 시험 중에 내부부분 방전이 생기지 않는 것을 측정하는 방법이 있으며 이미 종래에 시행한 임펄스시험과 상용 주파 전압시험에 덧붙여서 장시간 교류 내전압 시험을 하는 것이 있다.

한편 현장에서는 운전중인 변압기의 이상을 진단하는 기술의 한가지 방법으로서 절연유 안의 가스를 분석하는 것을 널리 채용하고 있으며 효과를 올리고 있다.

그러나 절연유 안의 가스분석에서는 급격한 절연 성능의 열화를 진단하는 것은 어려우며 따라서 변압기의 절연 성능에 관한 이상 모우드를 예방 보전한다는 관점에서 진단하는 기술의 실용화를 기하기 때문에 변압기 내부의 부분방전 감시장치를 개발하였다.

(가) 변압기부분방치감시장치의 개요: 부분방전을 검출하는 방법으로서 우수한 음향법 및 전류법의 장점을 활용함과 동시에 실제 변전소의 사용을 고려하고 충분한 내잠음성을 확보한 시스템으로 구성하였다. <그림 5>에 기본회로의 구성을 나타내고 있다. 변압기 내부에서 부분방전이 발생하는 경우에 부싱 탭 또는 접지선에 설치한 로고스키 코일에 의하여 부분방전에 따른 전류 펄스를 검출하고 부분방전 감시장치를 시동시킨 다음 부분방전에 따른 초음파를



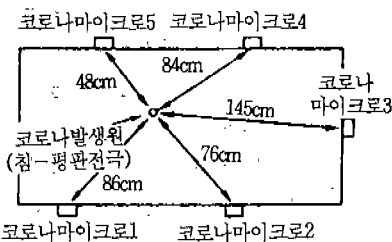
<그림 5> 변압기부분방전감시장치기본회로

변압기 탱크측판에 설치한 코로나 마이크로폰이 검지한다.

코로나 마이크로폰의 설치 위치와 초음파의 절연 유 내 전파속도(1.4km/sec)를 고려하여 전류펄스를 검출한 다음 초음파를 검지하기 까지의 최소 전파시간과 최대 전파시간을 설정하므로써 검지된 신호가 부분방전에 따른 것인가 외란 잡음인가를 판단한다.

<표 4> 실험결과

Test NO.	No. 1	No. 2
코로나마이크로	[cm]	[cm]
1	84	86
2	73	76
3	148	141
4	81	84
5	46	48



<그림 6> 코로나마이크로위치와 부분고장발생고소

다음에 코로나 마이크로폰으로 검출된 음향신호의 전파 시간차이를 마이크로폰의 설치 위치에서 고려하여 적정인가 어떠한가를 판단하고 부분방전의 경보를 표시함과 동시에 부분방전이 발생한 개소를 표정해서 출력한다.

(나) 실증시험결과:

(i) 공장 시험 결과: 공장 검증시험에서는 기본 성능검증 및 부분방전 발생 개소의 표정정밀도에 대하여 검증하고 <표 3>과 <그림 6>과 같은 결과를 얻었으며 표정정밀도  $\pm 5\%$  정도인 것을 알았다.

또한 외부 노이즈의 제거 성능을 확인하였다.

(ii) 현장 시험 결과: 현장 시험을 실시한 변압기의 부분방전 감시장치는 변압기 내부의 부분방전을 음향법과 전류법의 장점을 병용해서 감시하고 있는데 실제 계통에 접속되어 있는 변전소에서는 이 방법이 대단히 유효하다는 것이 명백해졌다.

(iii) 앞으로의 예정: 현장에서 검증을 실시하고 있으며 실용화를 위한 검토(LVR내장형 변압기에 적용하는 등)를 진행할 예정이다.

### 맺음말

최근에 센서 기술의 진보는 눈부시게 발달하였으며 각 분야에서 적극적으로 이용되고 있다. 그밖에도

송전선 고장점 표정장치나 적외선 측정에 의한 접촉자와 접점 등의 온도 측정기 등 여러가지 센서 기술을 이용하고 있으며 변전설비의 분야에서도 점점 확대되는 상황에 있다.

현재 개발되고 있는 센서도 응용면에서는 보다 효과적이고 또한 높은 정밀도로 활용하기 위한 기술개발의 여지는 넓으며 더우기 앞으로 센서 자체의 진보와 발전을 생각하면 전기 설비에 응용하는 분야도

한층 확대될 것으로 본다.

이러한 것으로 보아 장차 전기설비의 고신뢰도 유지 및 운전과 보수의 생력화 등에 이바지하는 리모트 센싱의 역할은 점점 중요하며 광범위하게 되리라고 생각된다. ㉔

※ 연재 내용 중 현장실무자를 위한 프로그래머블 콘트롤러(7)은 사정에 의해서 다음호에 게재됩니다.



## 전산 입력자료

성 명		회 원 번 호	
주민등록번호		소 속 지 부	
기 술 자 격	급	취 득 일 자	
자 격 증 번 호			
현 주 소			
자 택 전 화		우 편 번 호	
직 장			
직 장 전 화		우 편 번 호	

※ 지난 6월호 협회지부터 업무자동화사업 일환으로 전산발송을 개시하였으나 아직도 많은 량의 협회지가 반송되고 있습니다. 협회지를 정확하고 신속하게 우송하기 위해 회원 여러분께서는 신상 변동이 있을 경우 당협회 본부 또는 지부로 연락바랍니다.

