

# 송변전기기용 고장진단시스템

## — 변전기기용 센서를 중심으로 —

일본, 유럽 및 미국 등의 선진국에서는 전력인프라가 거의 정비되어, 새로운 전력설비에 대한 투자보다 설비의 유지보수·점검비용의 비율이 더 커져가고 있다. 이러한 환경하에 정기적인 유지보수·점검에 요하는 비용, 사고시의 복구에 소요되는 비용 및 정전으로 인한 손실 등을 포함하여 라이프사이클 코스트의 최적화가 논의되고 있다. 유지보수·점검에 대하여는 종래의 정기적인 유지보수(Time Based Maintenance : TBM)에서 상태대응 유지보수(Condition Based Maintenance : CBM)에로의 이행으로 비용을 삭감하려는 시도도 진전되고 있다. 이 때문에 전력설비의 상태를 파악할 수 있는 적절한 센서의 설치와 저가격의 가반형(可搬型) 센서의 도입도 추진되고 있다. 또한 설비의 진단장치를 차에 실은 이동진단차의 도입도 시작되고 있어, 복수의 전력소를 순회하며 효율 좋은 유지보수·점검을 할 수 있게 되었다. 또 변전소의 무인화에 따라 정전시간 단축을 위해 사고시에 원방복구조작이 가능한 고장점 표정장치도 도입되고 있다. 최근에는 SF<sub>6</sub> 가스의 환경문제도 화제가 되어 가스를 대기중에 방출하는 일 없이 고장구분을 표정(標定)할 수 있는 분해가스센서도 개발되었다. 다음 페이지에 새로운 변전소의 센서정보에 대한 이미지도를 그림으로 나타내었다. 본고에서는 최근 개발한 변전기기용 센서와 시스템을 중심으로 소개한다.

### 1. 머리말

1980년대에 제품화된 전력기기 이상진단용 센서는 경제의 고도성장에 따라 신설되는 초초고압 전력소의 거의 대부분에 설치되었던 시대도 있었다. 현재는 이들 센서는 현장평가를 포함한 코스트 퍼포먼스면에서의 재평가와 합리적인 유지보수·점검을 위한 적용에 대해 논의가 진행되고 있다.

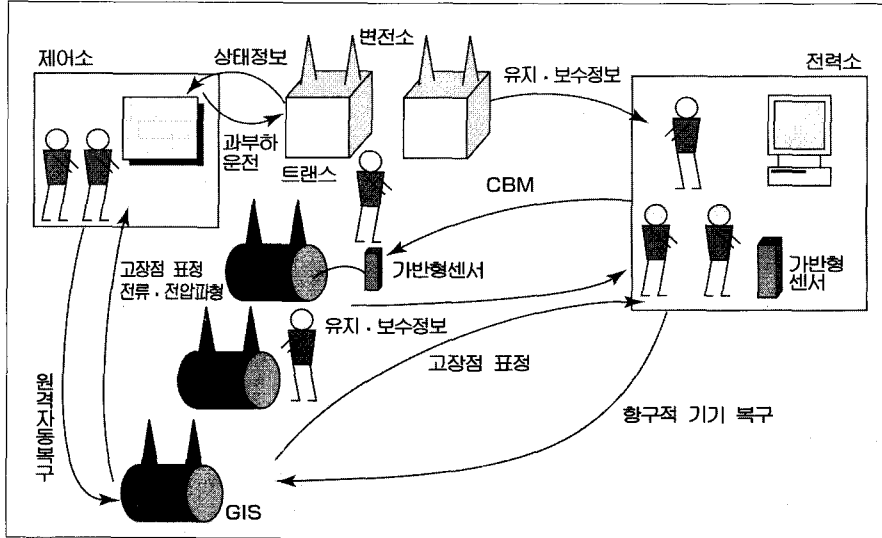
GIS는 과전부(課電部)가 금속외피로 싸여 있기 때문에 운전시에 내부의 상태를 파악하기가 곤란하다. 따라서 외부에서 GIS의 상태를 파악할 수 있는 외부진단이 중요하게 되어 현재까지 여러 가지 센서가 개발되어 왔다. 대표적인 것을 표 1에 표시한다.

〈표 1〉 GIS용 센서 일람

GIS	절연특성	부분방전센서
	가스누설	가스압력센서
	고장점 표정	온도센서
GCB	개폐특성	제어전류센서 + 동작행정센서(광센서)
DS ES	개폐특성	제어전류센서 + 동작행정센서(보조접점)
GCB	오일 누설	유압펌프운전특성센서
LA	보호특성	LA누설전류센서

### 2. GIS용 센서

전력설비의 대용량화·고신뢰도화의 요구에 따라 종래의 기중절연기기에서 가스절연기기(Gas Insulated Switchgear: GIS)가 널리 사용될 수 있게 되었다.

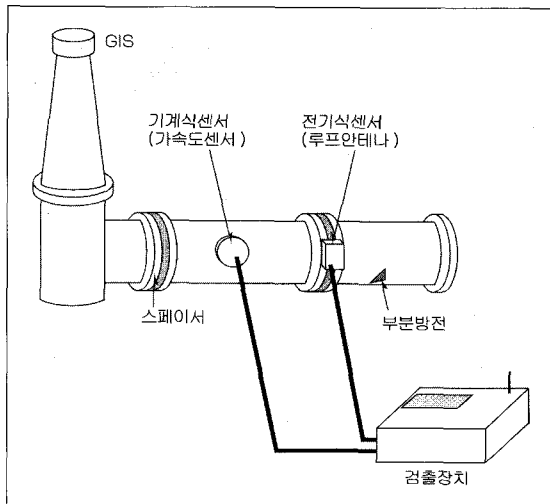


〈새로운 변전소의 센서정보와 이미지〉

변전소의 운전에 필요한 정보를 제어소에, 유지보수·점검에 필요한 정보를 전력소에 전송한다. 만일의 사고시에는 고장점 표정장치가 고장점을 제어소에 전하여 제어소로부터 원방복구 조작을 하게 되므로 정전시간이 단축된다.

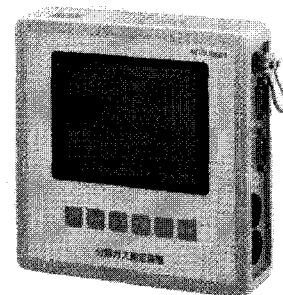
가. 복합형 部分放電센서

부분방전 검출에 있어서 외부노이즈에 방해되어 하나의 센서만으로는 판단에 확신이 서지 않을 경우에는 2종류의 센서를 조합하여 판단하는 방법이 있다(그림 1 참



〈그림 1〉 복합형 部分방전 센서

조). 그림 2는 GIS 속을 전파하는 전자파(電磁波)와 음파의 속도차를 이용하여 확실도(확실성)를 향상시킨 제품이다. 외부 안테나센서를 GIS의 스페이서부에 고정하고 가속도센서를 GIS 외피에 고정시킨다. 부분방전원에서 발생한 전자파는 GIS 속을 거의 광속으로 전파하여 스페이서부에 고정된 외부안테나에서 검출되는데, 한편 GIS 외피로 전파되는 음파는 속도가 느려 약 2,800m/s로 가속도센서에 도달한다. 외부 안테나신호를 트리거로 하여 가속도신호를 취하여 동기가산(同期加算) 평균화



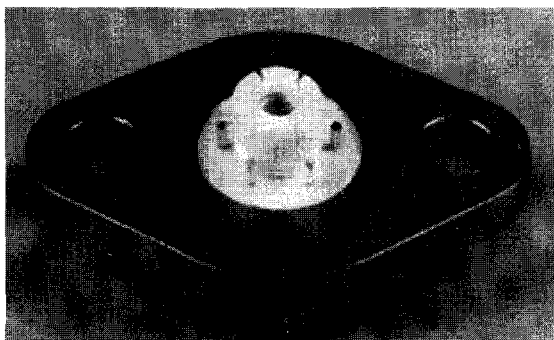
〈그림 2〉 검출장치

처리를 함으로써 종래의 외부노이즈 진동으로 구별되지 않았던 신호에서 부분방전에 의한 가속도신호를 정확하게 끄집어 낼 수가 있다.

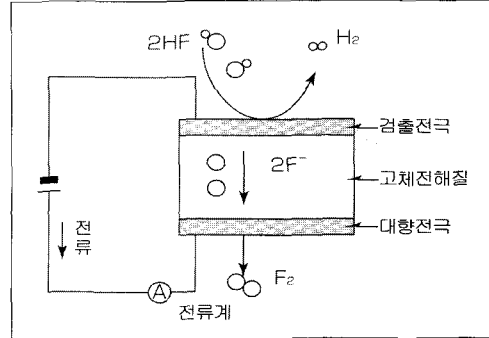
### 나. 分解가스센서

GIS의 지락이나 단락시에는 SF<sub>6</sub>가스 속의 아크로 인해 분해가스가 발생한다. 이 분해가스를 대기중에 방출함이 없이 가스배관에 설치한 센서로 검출할 수 있는 장치를 제품화하였다. 이 센서에서는 아크에 수반하여 발생하는 HF가스를 검출하는 방식을 채용하고 있다. 비유효접지계(非有效接地系)에의 전개를 고려하는 경우 아크에너지가 적기 때문에 분해가스농도는 낮아진다.

이 때문에 분해가스 센서는 고감도일 것이 요구된다. 현재 가스체크와 동등한 감도를 갖는 불화 Lanthan의 고체전계질(固體電界質)을 사용한 분해가스 센서의 외관을 그림 3에, 동작원리를 그림 4에 표시하였다. HF는 검출전극의 표면에서 불소이온과 수소로 분해된다. 이 불소이온은 고체전계질 속을 전계에 의해 표류하는데 이 작용에 의하여 외부회로에 전류가 흐른다. 분해가스 센서는 전자노이즈와 기계노이즈의 영향을 받지 않는 확실도(確實度)가 높은 고감도화 개발을 추진하고 있으며 부분방전 검출에의 적용도 기대되고 있다.



〈그림 3〉 분해가스센서의 외관



〈그림 4〉 분해가스센서 원리도

## 3. 變壓器用 센서

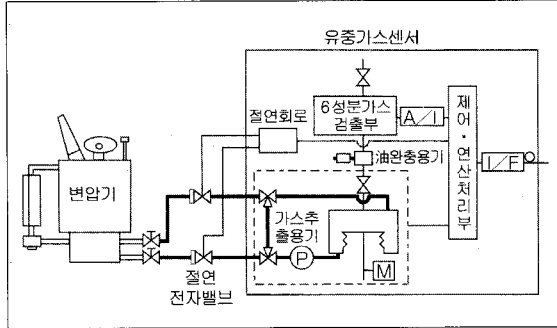
대표적인 변압기용 센서는, 변압기내부 이상검출에 필요한 유중용존(油中溶存) 가연성가스를 검출하여 진단하는 유중가스센서, 그리고 정지기인 변압기의 주회로 일부를 구성하는 유일한 가동기인 부하시 탭전환기(이하 "LTC"라 한다)의 이상을 검출하는 LTC 구동축 토크 센서이다.

### 가. 油中가스센서

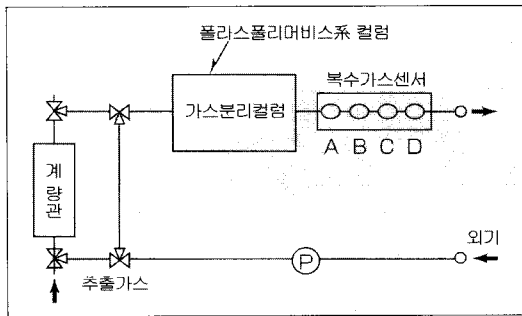
종래부터 유중(油中)의 가연성가스 총량(TCG)을 검출하는 유중가스센서가 널리 사용되어 왔다. 또한 이상(異常)검출성능을 향상시킨 H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>의 6개 성분을 검출하여 이상진단하는 분석타입을 제품화하고 있는데 최근, 소형 열가의 분석형 장치를 개발하여 제품화하였다.

이 장치는 변압기에서 순환채유하여 가스추출용기(벨로즈)에 시료유(試料油)를 채취한다. 채유후 벨로즈의 공간을 확대하여 진공공간을 만들고 진공공간부에 시료유를 분사시켜 평형추출법에 의하여 가스를 추출한다(그림 5 참조).

그 다음에 가스검출부에 추출가스를 송출하여 가스분리컬럼과 열선형 반도체센서로 6성분의 가스로 분리하여



〈그림 5〉 油中가스센서 구성도



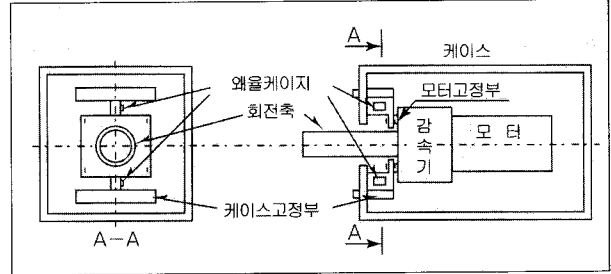
〈그림 6〉 油中가스센서의 가스 검출부

검출한다(그림 6 참조). 그리고 장치의 메인テナンス의 장(長)주기화 및 단시간검출을 위해 플라스폴리머비스계 걸럼과 복수센서에 의해 가스를 분리하여 가스농도를 연산으로 구하고 있다. 측정후 시료유는 변압기에 반송한다.

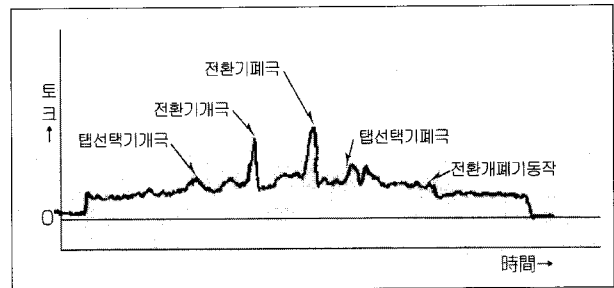
#### 나. LTC 驅動軸 토크센서

LTC의 신뢰성은 종래부터 운용과 유지보수에 의하여 유지되고 있는데, 운전중의 LTC 구동축 토크를 감시하여 이상을 조기에 검출하는 감시장치가 전력용변압기 등에 채용되고 있다. 최신장치로서 불특정다수의 LTC에 대하여 축(軸)토크를 측정하여 진단하는 포터블장치를 제품화하였다.

이 장치는 조작기구의 수동핸들을 구동하였을 때의 핸들축토크가 구동축토크와 같은 파형인 것에 주목한 것으로 회전축의 토크를 간접적으로 측정하는 반력식(反力



〈그림 7〉 LTC 구동축 토크센서 구성도



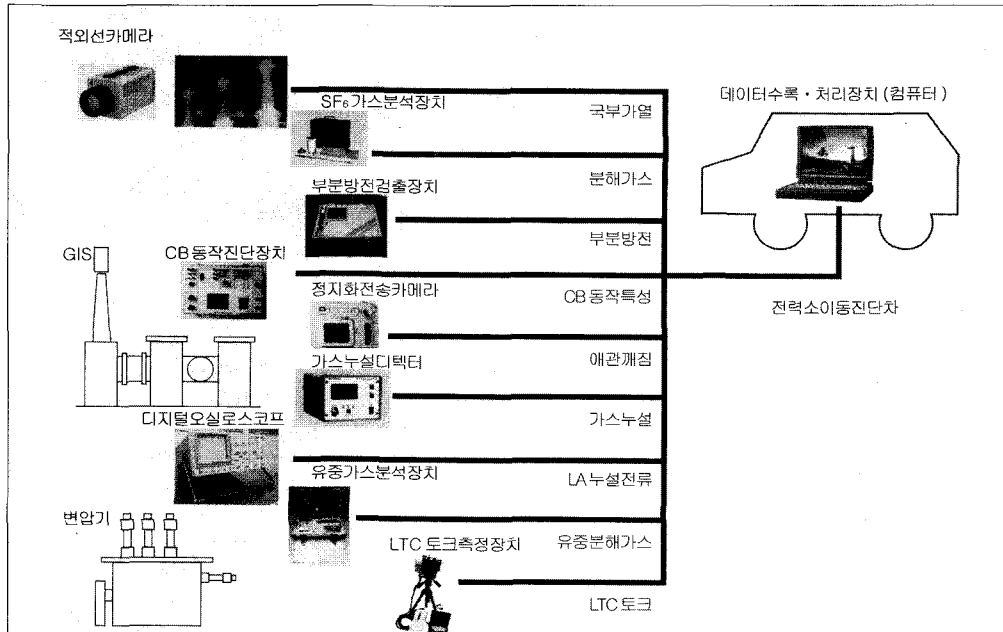
〈그림 8〉 토크센서 출력파형 예

式) 토크센서방식을 채용하고 있다. 그림 7에 구성도를 나타내었다.

그림에서 모터회전축을 LTC 조작기구의 수동핸들축공(孔)에 삽입하여 모터를 구동함으로써 구동축토크에 비례한 모터와 케이스 사이 고정부의 왜울을 측정한다. 그림 8에 센서의 출력 예를 표시하였다.

## 4. 移動診斷車

전력소에 고정배치된 설비진단장치는 초기투자비용이 크다는 점과 변전기기의 고장확률이 극히 낮다는 점에서 상시감시는 초초고압 또는 초고압의 전력소에 설치되는 일이 보통이다. 그 이하의 전압클래스의 전력소에는 점검시 또는 사고시에 휴대형의 진단장치를 탑재한 이동진단차로 대처하는 경향이다. 진단항목은 용도에 따라 선정되며 자동차에 탑재하기 때문에 진단장치는 소형·경량화할 필요가 있고 또한 수송시의 내진성도 요구된다. 또 복



〈그림 9〉 이동진단차 시스템의 구성 예

수의 전력소를 메인テナンス 범위로 하기 때문에 다른 메이커의 변전기도 진단할 수 있는 기능을 갖는 것이 요구된다. 센서로서는, 예를 들어 부분방전센서의 경우에는 스페이서만 있으면 어느 메이커의 GIS라도 적용할 수 있는 외부안테나형 센서가 적용될 수 있다. 고정설비일 때는 진단에 인간이 개재하지 않기 때문에 진단 알고리즘 및 처리 소프트웨어도 복잡해지지만, 한편 이동진단차인 경우에는 유지보수원이 개재하기 때문에 부족한 부분은 인간이 판단할 수 있어 비교적 간단히 시스템을 구성할 수가 있다. 그림 9에 이동진단차의 시스템 구성 예를 표시한다. 부분방전 검출장치와 정지화상전송 카메라 등의 진단장치는 독립적으로 사용할 수도 있으며, 또한 퍼스컴과 접속하여 데이터를 처리, 축적하여 과거의 정보와 대조해보면서 진단하는 것도 가능하다. 또한 수치데이터와 화상데이터의 정보는 필요하면 퍼스컴에서 휴대전화를 통하여 상황을 판단할 수 있는 사람이 있는 제어소나 사무소에 송신할 수가 있다. 이제까지는 측정데이터를 사

무소에 가져와서 판단해야 했으나 앞으로는 이 시스템에 의하여 현지에서의 신속한 대응이 가능하게 된다. 또한 부분방전과 국부과열 등의 예측보전기능을 갖는 센서의 적용으로 이제까지 이 클래스의 전력소에서는 코스트 퍼 퍼먼스면에서 곤란했던 변전기 고장의 사전예지(豫知)도 기대할 수 있게 되었다.

## 5. 맺음말

현재 설치되어 있는 변전기의 대량교체시기를 앞으로 10여년 후에 맞이할 것으로 예상되고 있다. 이 때문에 센서의 측정데이터의 판정기준을 가 일층 명확하게 하는 것이 앞으로의 과제이며, 진단기술의 확립을 위해 연구·개발에 더욱 진력할 것이다.

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.