

차량탑재형 변전설비 진단기술

전력공급설비 중 변전설비의 신속정확한 고장에측진단을 위하여 일본 중부전력에서 개발 도입한 차량탑재형 변전설비진단System 에 관한 최신 기술정보를 소개한다.



글/김 경 호
(한전 서울연수원 송변전연구실 부교수)

스팀』이 日本 중부전력(中部電力)에서 개발되었다 (그림 1).

2. 개발의 개념

이동진단차는 일상보수점검시 및 사고장에 발생 시에 현장인 변전소로 출발하여 고도의 정밀성으로 신속한 기기의 측정, 진단을 수행함과 아울러 보수사업소와의 정보전송을 필요로 하고 있다.

이 때문에 진단차에 요구되는 기능은 계측·전송과 관련되는 것, 탑재화와 관련되는 것, 현지 측정조건과 관계되는 것, 조작성과 관련되는 것으로 대별된다. 그래서 각각의 기능에 관하여 다음과 같은 개발의 개념을 설정하게 되었다.

2-1 계측·전송 성능과 관련한 기능

- ① 변전소에는 다양한 제품메이커의 기기가 존재하기 때문에 곧바로 대응 가능한 범용성을 가질 것
- ② 장애발생시에는 조기 복구가 요구되기 때문에

1. 개발배경 및 목적

최근 사회의 일렉트로닉스와 정보화의 급속한 진전에 따라 전력회사는 과거 어느때 보다도 더욱 양질의 전력을 공급할 의무를 국민들로부터 요구 받고 있고 이에따라 전력공급설비에 있어서의 정전고장을 미연에 방지할 고도의 과학적이고 신속정확한 일상보수점검을 필요로 하게 되었다.

그러나 한편으로는 전력계통의 대규모화와 설비의 확충으로 전력공급설비는 날로 증가되고 있고 이로인한 변전설비의 유지보수, 운영면에 있어서 보수업무량이 증가되는 등 설비고장에 대한 효율적인 대응이 요구되고 있다.

그러하여 지금까지 기술의 진보가 미약한 센서 기술이나 정보처리 및 통신기술을 활용하여 『일상보수의 고도화, 효율화 및 고장대응의 신속화, 정확화』를 목적으로한 『차량탑재형 변전설비 진단시



<그림 1> 이동진단차



보수작업소와의 정보전송이 단시간에 이루어질 수 있을 것

2-2 탑재화와 관련한 기능

- ① 기동적인 보수업무를 실시하기 위하여 시스템은 항상 차에 탑재하여 이동가능할 것
- ② 소요성능을 고려한 최적설계를 하여 콤팩트화 경량화를 추진할 것
- ③ 하계 및 동계에 차량내 온도변화를 고려한 주위 보존온도에 관련된 차량규격(-20~80℃)을 만족할 것

2-3 현지측정조건과 관련한 기능

- ① 비 바람등의 악천후 기상조건하에서도 사용에 지장이 없을 것
- ② 지하변전소, 육내변전소 등을 고려하고 필요시에는 진단장치를 분리하여 대상기기 가까이 까지 휴대 운반이 가능할 것
- ③ 충전중인 변전소의 환경하에서도 노이즈에 의한 오동작이 발생하지 않을 것

2-4 조작성과 관련한 기능

- ① 기기의 진단이 현장에서 곧바로 가능 할 것
- ② 데이터의 기록, 보존이 가능함은 물론 필요할 경우 과거 데이터의 참조가 가능할 것
- ③ 입력은 메뉴 방식으로 간단히 조작될 수 있을 것
- ④ 측정소요시간이 걸리는 측정에 있어서는 다른 측정작업과 병행하여 행할수 있을 것

2-5 기타

장치의 기능추가, 폐기, 증설을 상정하여 소프트웨어나 하드 웨어의 확장성 유연성을 확보할 것

3. 시스템의 개요

개발개념에 기초하여 장치의 구성을 검토한 결과 이동진단차에는 변압기 진단장치, 개폐기 진단장치, 기타 측정장치, 진단용 퍼스널 컴퓨터, 프린터, 휴대전화 등을 탑재하는 것으로 하였다(그림 2).

진단용 퍼스널 컴퓨터는 여러 가지의 진단장치를 제어하고 측정데이터를 On-Line으로 취득하여 자동적으로 기기의 이상유무를 판단한다.

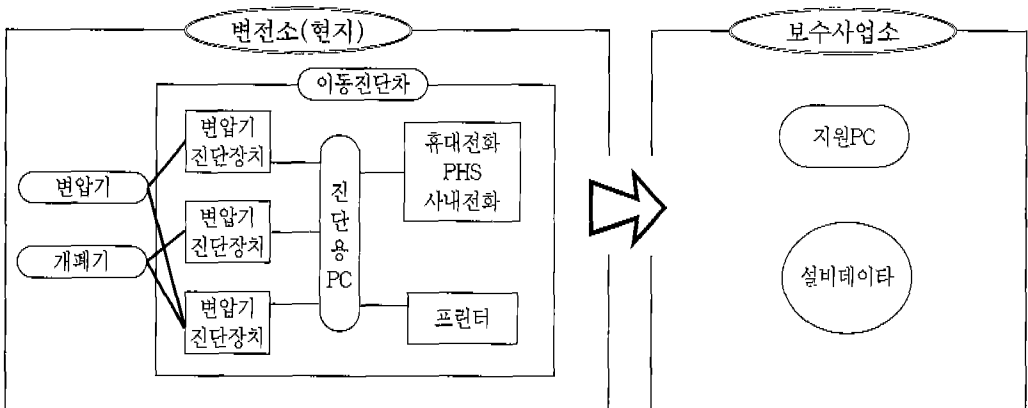
또, 퍼스널 컴퓨터의 통신기능을 활용하는 것으로서 현지에서부터 측정데이터 진단결과 화상정보 등을 보수사업소에 전송하거나 반대로 보수사업소에서부터 현지에서 진단에 필요한 설비데이터를 전송하는 것이 가능하다(그림 3).

이동진단차는 보수사업소에서 사용하고 있는 보통 승용차(워곤형)를 사용하는 것으로하여 소형 경량화한 각각의 진단장치, PC등을 차량뒤쪽의 적재부에 탑재했다.

4. 각 진단장치의 특징

4-1 변압기 진단장치

변압기 진단장치는 유중가스 분석장치, 부하시 탬 절환기, 토크 측정장치, 전기 특성진단장치로 구성되었다.



<그림 2> 변전설비 진단시스템의 구성

① 유증가스 분석장치, SF₆ 가스분석장치

본 장치는 유입변압기 및 SF₆ 가스절연변압기의 내부방전이상이나 과열이상 유무를 진단하는 것으로 되어 있다.

지금까지는 거치형 대형장치를 이용하여 보수사업소 등에서 절연유나 가스 등을 회수하여 분석하여 왔었지만 소요성능에 합당한 최적설계를 함으로써 부피1/200, 중량1/20으로 소형경량화한 가반형 장치를 개발하여 현지에서의 신속한 분석을 가능하도록 하였다.

유증가스 분석장치는 3종류의 반도체 센서와 1종류의 전해식 센서를 이용하여 내부이상에 발생한 아세틸렌 가스등 6종류의 가스를 추출한다.

SF₆ 가스분석장치는 4종류의 전해식 센서로 방전이상 과열이상의 식별을 수행한다.

② 부하시 탭 절환기 토크 측정장치

본 장치는 변압비를 변화시켜 전압조정을 하기 위한 탭 절환 기구부의 기계적 이상유무를 진단하는 것이다.

기계부의 수동조작축에 접속하여 조작시의 구동토크 과형을 측정하여 파고치나 파의 위치등을 분석함으로써 진단하는 것이다.

이제까지는 수동핸들을 손으로 돌려서 인간의 감각 또는 토크의 최대치만으로써 진단하여

왔지만 본 장치에 의해 점점정밀도를 향상시킬 수 있는 물론 조기진단이 가능하게 되었다.

③ 전기특성 진단장치

본 장치는 변압기의 권선저항치, 변압비, 각변위등 전기회로의 특성을 측정하여 이상유무를 진단하는 것이다.

각종 측정장치를 복합화하여 장치전체의 부피, 중량을 공히 1/4 정도로 소형 경량화함은 물론 자동화를 꾀함으로써 한번의 결선으로 여러 가지 항목의 연속측정을 가능하게 하였다.

4-2 개폐기 진단장치

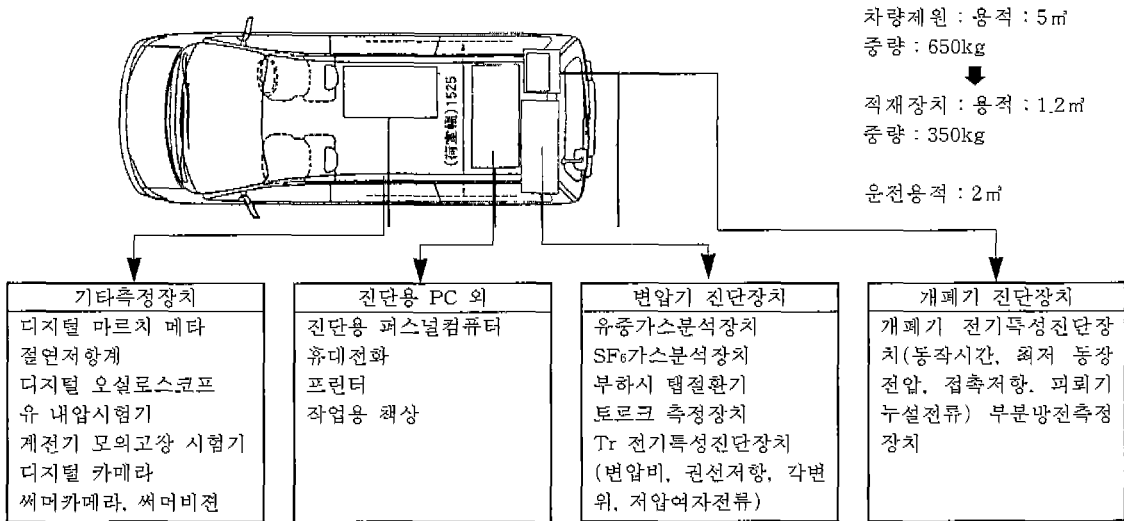
개폐기 진단장치는 전기특성 진단장치, 부분방전 측정장치로 구성되어 있다.

개폐기의 경우 가까운 곳까지 차로 시행할수 없는 경우가 많기 때문에 가반성을 중시하여 경량화, 복합화하여 각각 1Box 형태로 하였다.

① 전기특성 진단장치

본 장치는 개폐기의 동작시간, 동작전압, 접속부분의 접촉저항, 피뢰기 누설전류를 측정하여 이상의 유무를 진단하는 것이다.

각종 측정장치의 복합화를 함으로써 한번의 결선으로서 여러가지 항목을 측정할 수 있도록 하였다.



<그림 3> 이동진단차 탑재장치



<표 1> 측정장치의 성능과 개발포인트

측정장치(개발품)		장 비 성능	개발포인트
변압기진단장치	유증가스분석	방전이상과 과열이상의 식별가능 · 추출요소 : 6요소(CO, H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₂ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆) · 분석정밀도(가정치) : 정밀분석의 ±30%	가반성화 컴팩트화 경량화
	SF ₆ 가스분석	방전이상과 과열이상의 식별가능 · 추출요소 : 4요소(SF ₄ , SO ₂ , CO, F ⁻)	가반성화 컴팩트화 경량화
	부하시텟절원기 토크측정	덴절환기구의 기계적이상의 진단가능 · 고정식 토크센서(축 삽입타입)와 동종의 과형이 측정 가능	가반성화 범용성 고감도화
	Tr전기특성진단	변압비, 권선저항, 각변위, 저압여자전류의 측정가능성 · 분석정밀도 : 현상태의 측정기와 동등 · 한번의 결선으로 여러 가지의 자동 측정이 가능	컴팩트화 경량화 기능의 복합화
개폐기진단장치	개폐기 전기특성진단	동작시간, 최저동작전압, 접촉저항, 피뢰기 누설전류의 측정 가능성 · 분석정밀도 : 현상태의 측정기와 동등 · 한번의 결선으로 여러 가지의 자동 측정이 가능	기능의 복합화
	부분방전진단	가스절연 개폐장치(GIS, GCB)내부의 부분방전이 측정가능 · 검출정밀도 - 기계식(초음파) : 150pC 이상(금속이불 3mm 이상) - 전기식(면전류) : 300pC 이상	범용성 고감도화

② 부분방전 측정장치

본 장치는 SF₆ 가스절연 개폐장치의 내부이상 시에 발생하는 미소한 방전이나 진동을 검출하여 진단하는 것이다. 도체부분 및 절연 스페샤 부분의 이상을 주로 검출하는 전기식 센서 및 탱크 근방의 미세한 이물에 의한 이상을 주로 검출하는 기계식 센서로 구성되어 있다. 전기식 센서는 부분방전으로 부터 발생하는 전자파에 의해서 탱크 표면을 흐르는 고주파 면전류를 검출하여 이상판정을 한다. 또 기계식 센서는 탱크내부의 미소 이물이 교류전계에 의해 심하게 동요함으로써 발생하는 초음파 영역의 진동을 검출하여 이상을 진단한다.

4-3 기타 측정장치

테스타, 절연저항계, 써머비전 및 써머카메라 등 조작이 간단하여 진단이 용이한 것은 신규개발 메리트가 없기 때문에 종래에 시판되고 있는 소형 경량의 측정장치를 사용하는 것으로 하였다.

4-4 진단용 퍼스널 컴퓨터

진단용 퍼스널 컴퓨터는 각 측정장치의 제어, 측정데이터의 취득, 데이터 표시, 이상판정, 화상제

터 처리, 보수사업소와의 데이터 통신 등의 기능을 갖는다(표 1).

5. 시스템의 평가

이번 개발로 당초 설정된 목표를 거의 만족하는 시스템을 구축하게 되었다.

앞으로 이 시스템을 일상보수 및 고장예방에 도입함으로써 다음과 같은 효과가 기대된다.

- ① 과거 보수원들의 오감에 의존해서 시행한 진단방법도 고감도의 센서로 측정하여 컴퓨터로 판정하기 때문에 과학적인 진단이 될 수 있다.
- ② 과거에는 기기가 대형이므로 운반을 할 수 없기 때문에 기기로부터 채취한 시료를 보수사업소로 가지고 가서 분석하므로 시간이 많이 걸렸지만 측정기를 소형 경량으로 하여 차량 탑재형으로 하였기 때문에 현장에서 단시간에 진단을 할 수 있다.
- ③ 여러 가지의 데이터가 퍼스널 컴퓨터에 의해 자동적으로 측정되기 때문에 단시간에 정확한 진단이 될 수 있다.
- ④ 현지에서의 측정데이터는 On-Line으로 보수사업소에 전송 보존되기 때문에 데이터 정리의 탁상업무가 간략화 될 수 있다.

<표 2> 개발장치의 적용에 의한 효과

측 정 장 치		적 용 효 과
변압기진단장치	유증가스분석	(진단시간의 단축) 소형 간이화하여 현지에서 분석가능 · 진단시간 : 약 반일 → 30분
	SH ₆ 가스분석	(보수의 고도화) 센서에 의한 고도의 정밀한 진단에 의해 점검주기의 연장이 가능
	부하시 탭절환기 토크 측정	(진단시간의 단축) 한번 측정기를 설정하면 각종측정을 자동적으로 실시 · 진단시간 : 2시간 → 1시간
	Tr 전기특성진단	(진단시간의 단축) 한번 측정기를 설정하면 각종측정을 자동적으로 실시 · 진단시간 : 1시간 → 30분
개폐기진단장치	개폐기전기특성진단	(보수의 고도화, 효율화) 센서에 의한 고도의 정밀한 진단에 의해 점검주기의 연장이 가능
	부분방전측정	

- ⑤ 진단에 필요한 설비데이터는 퍼스널 컴퓨터의 통신기능에 의해 보수사업소로 부터 전송되기 때문에 현장에서 정확한 정보에 의한 확실한 진단이 될 수 있다. 또, 보수사업소에서도 대량의 상세한 정보가 전송되기 때문에 보수사업소에서의 장애분석이나 복구방법의 검토 및 지시를 할 수 있다.
- ⑥ 과학적인 진단기술의 도입에 의해 기기의 점검주기 연장이 가능하게 되어 보수업무의 합리화를 꾀할 수 있다(표 2).

6. 앞으로의 전망

일본 중부전력에서는 앞으로 1년간의 자체 도입 시행에 의해 측정데이터의 축적이나 조작성등을 확실히함으로써 측정 및 진단정밀도의 향상 및 조작성의 향상에 대하여 개량을 실시함과 동시에 3년간에 걸쳐 일본 중부전력에서는 관할 보수사업소(33개소)에 확대 배치하여 기동적이고 효율적인 보수업무를 수행함으로써 본 차량탐재형 변전설비 진단시스템의 효과를 입증할 예정에 있다.

피라미드 숨은 힘 입증

종이 모형속의 우유가 떠질지나도 썩지 않는 등 피라미드 구조 속에 신비한 힘이 깃들여 있다는 사실이 국내 과학자들에 의해 증명돼 화제다.

한국과학기술연구원(KIST) 정분조박사팀은 최근 과학기술처 위탁으로 실시한 ‘피라미드의 힘’을 입증하는 실험에서 다 써버린 건전지를 피라미드 모형 안에 이틀정도 넣어둔 후 충전돼 있는 것을 확인했다.

연구팀은 또 그냥 방치한 우유의 경우 2~3일만 지나도 색깔이 파랗게 변하면서 썩는데 비해 피라미드 안에 넣어둔 우유는 4~5일 이 지나도 썩지 않고 수분이 증발해 양이 줄어든 현상을 거듭 확인했다고 밝혔다. 그러나 모든 피라미드에서 이런 힘이 생기는 것은 아니었다. 피라미드의 힘이 작용하려면 바닥이 정사각형이어야 하며 나머지 4개면은 모두 정삼각형이어야 한다는 것.

이런 구조 속에서도 피라미드의 힘이 극대화되는 곳은 밑바닥의 정중앙에서 꼭지점을 잇는 직선상의 바닥쪽 3분의 1 지점이라고 정박사는 말한다. 이 실험은 누구나 간단히 할 수 있어 더욱 흥미롭다. 실험용 피라미드의 재질은 종이나 골판지가 무난하며 철사를 이용해 골격만 제대로 갖춰도 효과는 거의 같은 것으로 나타났다.

이같은 실험결과에 대해 학계 관계자들은 “만약 피라미드에 빛이 작용하는 힘이 있다면 3분의 1 지점이 피라미드의 무게중심이란 사실과 무관치 않을 것”이라고 말했다. 과거처럼 이번 신비의 자연현상 탐색보고서를 바탕으로 신빙성이 높은 2~3개의 주제를 골라 연구비를 지원하는 것을 추진중이다.