

신기술을 활용한 메인テナンス

- 老朽化進行期の 엔지니어링 -

1. 머리말

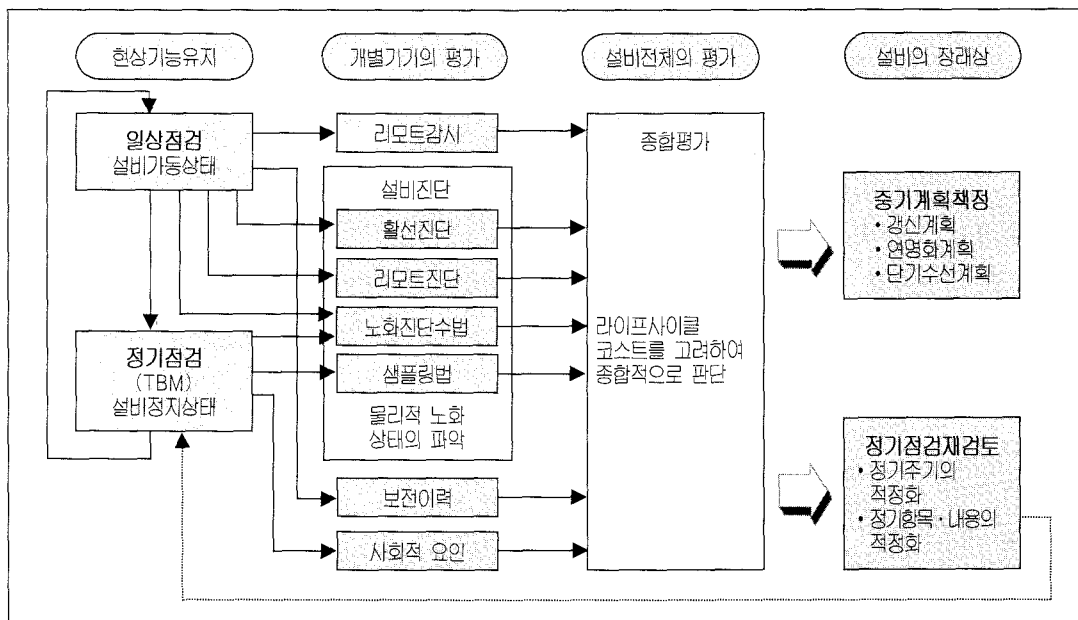
설비를 유지해 나가기 위한 豫防保全으로서, 사용시간을 근거로 하여 보전을 실시하는 定期保全(TBM)이 일반적으로 실시되고 있다. 그러나 설비의 노후화진행기(老朽化進行期)에 있어서는, 정기보전만으로는 설비의 열화(劣化)상태를 정확하게 파악하고 라이프사이클 코스트(Life Cycle Cost)도 고려한 연명화(延命化)·갱신(更新) 등의 최선의 조치를 시행하는 것은 쉬운 일이

아니다. 이에 노후화진행기의 메인テナンス로서 메이텐샤(明電舎)가 제안·실시하고 있는 「新技術을 활용한 메인テナンス」의 내용을 소개한다.

2. 노후화진행기의 메인テナンス

가. 노후화진행기의 보전체계

설비의 노후화진행기에는, 설비진단에 의해 열화상태를 파악하고 보전이력과 사회적으로요인도 가미하여 라이프



〈그림 1〉 노후화진행기의 보전체계

사이클 코스트를 최소화 하도록 보전계획을 수립할 필요가 있다(그림 1 참조).

나. 설비진단에 의한 상태 파악

설비의 물리적 열화상태를 정확하게 파악하기 위해 설비진단(設備診斷)을 실시한다. 진단방법으로는 활선(活線)진단, 리모트진단, 샘플링진단, 열화진단 등이 있다.

설비진단기술의 상세한 내용은 다음과 같다.

다. 保全履歷

설비의 점검, 보수, 고장수리, 오버홀(Overhaul) 등의 보전이력(保全履歷)은 보전계획을 입안할 때의 중요한 포인트가 된다. 설비의 가동상태나, 낙뢰(落雷)와 과부하 등 과거에 받은 스트레스, 그리고 설비의 약점 등을 고려한 보전계획이 필요하게 된다.

라. 사회적 요인

유지보수部品이 공급되지 못하게 되거나 또는 機器 특유의 특수기능·기술을 가진 유지보수원의 노령화 및 퇴직 등으로 설비의 적절한 보전이 어렵게 되는 등, 사회적으로인도 설비의 수명을 결정하는 요소가 된다.

「설비의 수명」에 대한 사고방식은, 이들 외에도 경제면, 환경면, 省에너지·省스페이스 등 여러 가지 관점이 있으며, 설비의 라이프사이클 코스트를 최적화하는 데는 이들을 조합하여 종합평가할 필요가 있다.

3. 설비진단기술

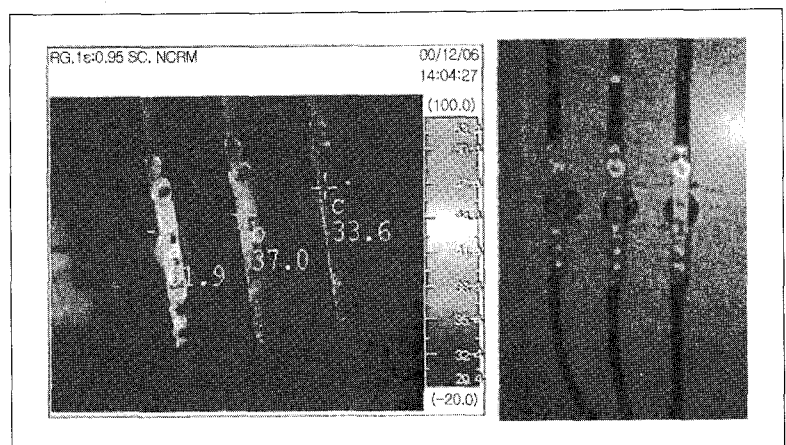
전기설비는 그 수명한계를 확인한 갱신시기를 설정하여, 그때까지는 가능한 한 안정된 상태로 사용하기 위한 메인テナンス를 실시하는 방향으로 변화되고 있는 실정이다. 이에 따라 현 설비의 열화도(劣化度)·노후도(老朽度)와 좋지 않은 부위에 대한 정확한 파악 및 평가가 중요하다. 여기서는 메이텐샤가 실시하고 있는 진단기술을 소개한다.

가. 活線診斷

물리적 수명말기(壽命末期)에 발생할 수 있는 이상(異常)을 보다 정밀하게 파악하는 방법으로서 각종 진단틀이 활용된다(표 1 참조).

착안(着眼)하는 현상에 따라서는 운용상태에 있지 않으면 관측할 수 없는 것이 있다. 이들을 수시 또는 어느 기간 동안 관측함으로써 이상징후(異常兆候)를 조기에 파악하여, 중대한 장애로 진전되기 전의 대책으로 활용하고자 하는 활동이 활선진단이다.

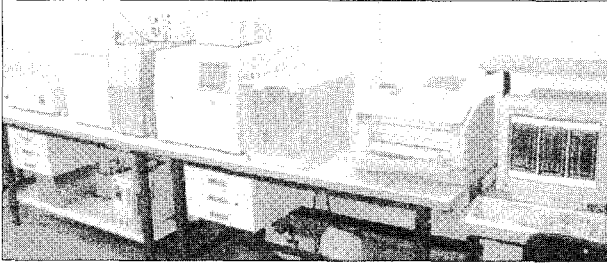
그림 2는 열화상(熱畫像) 관측장치에 의해 主回路 R상



〈그림 2〉 열화상장치에 의한 활선진단 사례

〈표 1〉 진단내용과 진단 틀

진단내용		현지		샘플	진단틀의 예	주된 대상기기·부위	기 타	
기능·성능	평가내용	활선	정전					
절연성능	절연종합평가		○		절연진단차	<ul style="list-style-type: none"> • 회전기 • 절연물 • 주회로대지절연 • 제어회로대지절연 	그림 8 그림 9	
	절연		○		절연저항측정기			
			○		고압절연저항측정기			
		○		저압활선절연계				
	유전정접		○		Tanδ 측정기			그림 10
	부분방전		○		부분방전측정기			
			○		차동레브케프로브			
방전음 이음		○		수퍼 혼				
		○		AE센서				
케이블절연		○	○	직류누설전류시험기	• 전력케이블			
		○		고압활선절연 진단장치				
통전성능	국부가열	○		적외선 스펙토미터	• 통전로	그림 2		
		○		열화상 관측장치			• 코일	
	저저항 측정		○		마이크로오 미터	• 주회로 접촉부(단로부 등)		
			○		터블 브리저		• 주회로 접속부	
		○		접촉저항측정기	• 제어부품 접점			
기계적 마모·이상	진동	○		진동계	• 회전기			
		○		진동분석기				
	이음	○		소음계	• 변압기			
○			음향 측정장치	• 회전기				
현상해석	파형분석	○		오실로스코프	• 고조파	• 과도현상, 단발현상		
		○		메모리 하이코더				
유입기기 노후도	절연유 특성	(○)	○	○	유내압시험기	• 유입변압기	그림 3	
		(○)	(○)	○	유중가스분석장치			• 유입변성기
환경조건	오손		○	○	導電率계	• 전기설비설치환경평가		
			○		휴대형오손도체커			
			○	○	분쇄계			
	운습도	○	○		운습도기록계			
		○	○		가스검지관			
	부식성가스		○	○			부식성 가스 모니터로거	
		○						
화학분석 물성분석 (정성·정량)	절연물특성 오손·변질·변성 접촉부·접점 금속재료표면 파단·응력 깨어짐 그리스 등 노화			○	실체현미경	<ul style="list-style-type: none"> • 주회로 절연물 • 주회로 접촉부 • 제어회로 절연물 • 제어기구, 보호계전기와의 접점 • 가구부분 • 금속재료 • 스포링, 패킹 • 오손, 이물, 부차·분출물 	그림 5 그림 6	
					금속현미경			
					마이크로스코프			
					이온크로마토그래프			
					적외분광분석계(현미FT-IR)			
					전자선 마이크로 애너라이저			
					탄소·유황 분석장치			
					비커스 경도계			
			하중시험기					



〈그림 3〉 절연유 분석장치

의 이상을 조기에 발견하여, 과열에 의한 도체열화와 절연 소손(燒損) 등의 사고가 미연에 방지될 수 있었던 사례이다.

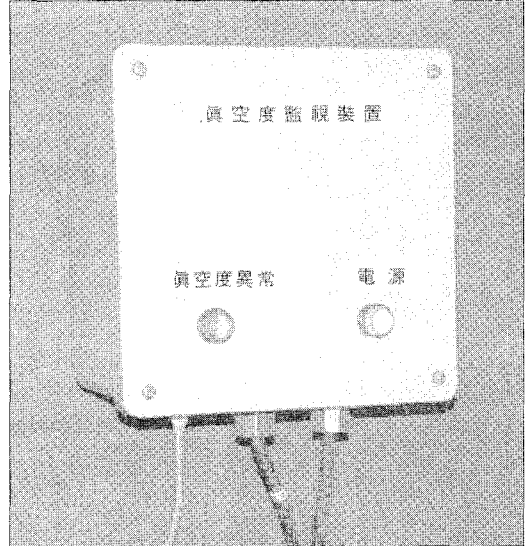
이 외에도, 진동(振動)이나 이음(異音), 또는 현상해석(現象解析) 등 운전상태(특히 부하를 증가했을 경우)가 아니면 관측할 수 없는 대상이 많다.

또한, 주요설비는 정지시키기 곤란한 경우가 많기 때문에 변압기 절연유 채취(採取) 등 운전에 지장을 주지 않고 실시 가능한 항목도 넓은 의미에서는 활선진단에 포함되어 있다(그림 3 참조).

나. 리모트진단

배터리기술자가 순시점검 등에서 이음(異音)·이취(異臭) 등 보통 때와는 다른 상황을 민감하게 알아내어 조기에 대책을 세울 수 있었던 예는 많다. 성력화(省力化)가 추진되고 있는 현재에는 현장 순시에 대신하여 각종 센서를 현장에 배치하여 상태를 감시하는 이른바 리모트감시 기술이 크게 각광을 받고 있다.

이 센서로부터의 각종 정보를, 단지 이상유무의 판단만이 아니고 이상이 뚜렷이 나타나기 전의 예조(豫兆, 예상되는 조짐) 현상을 포착하거나 혹은 수집한 데이터에 진단해석수법을 응용하여 이상 징조를 추정하는 것으로 사전대응에 활용하는 것이 리모트진단이다.



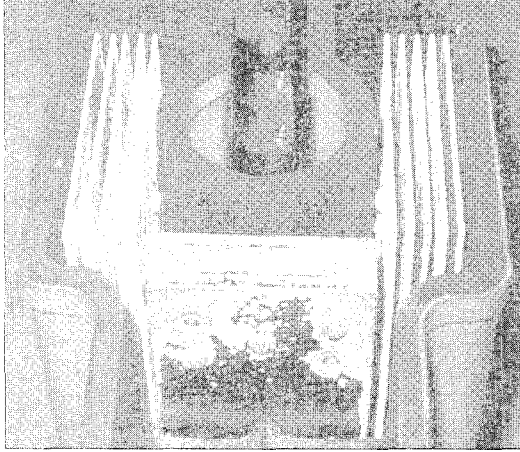
〈그림 4〉 VCB 진공도 감시센서

숙련기술자의 오감(五感)에 대응되는 것으로는, 냄새 센서, 연기센서, 光센서 등이 있다. 또 현장환경의 열악(劣惡) 정도를 부식(腐食)가스모니터로거 등으로 감시하여 시계열(時系列) 데이터의 통계처리결과에서 열화진행도(劣化進行度)를 평가하는 사례도 있다.

그림 4는 진공차단기(VCB)의 진공도(眞空度)를 감시하는 센서로, 돌발(突發)계통고장시 등에 보호차단 실패에 의한 영향범위확대를 미연에 방지하는데 활용되고 있다.

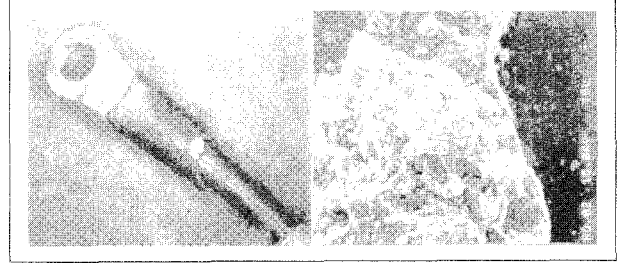
다. 샘플링法

현장에서 채취한 샘플링시료(試料)를, 화학적(化學的)·물성적(物性的)인 각종 분석·조사에서 상세정보를 얻어 열화평가를 하는 것이 샘플링법이다. 차단기, 보호계전기 등의 기기 수준에서 보조릴레이, MCCB, 전선 등의 부품 수준의 것까지 가지고 가서 평가를 한다. 평가 결과는 단지 가지고 간 시료만이 아니고, 해당현장의 유사기기·부품 전체의 열화상태 추정평가에 반영시킨다.



〈그림 5〉 소유량차단기의 분석사례

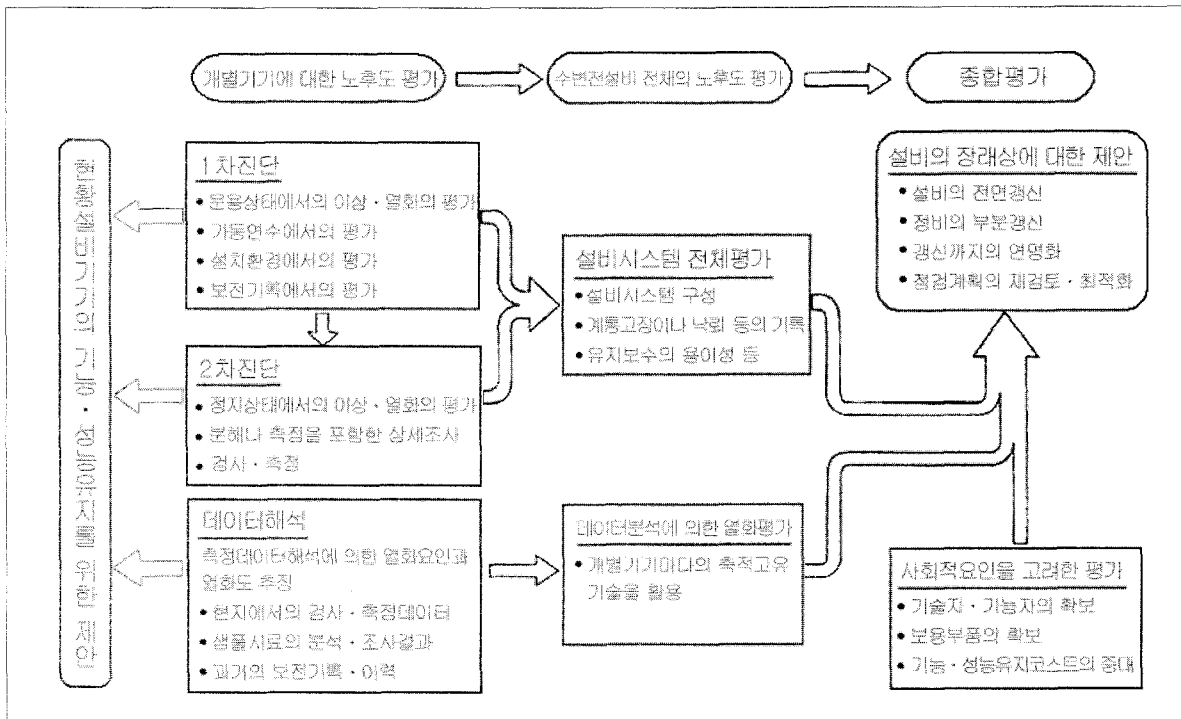
그림 5에 소유량차단기(小油量遮斷器)의 분석사례를, 그림 6에 제어배선의 분석사례를 표시하였다.



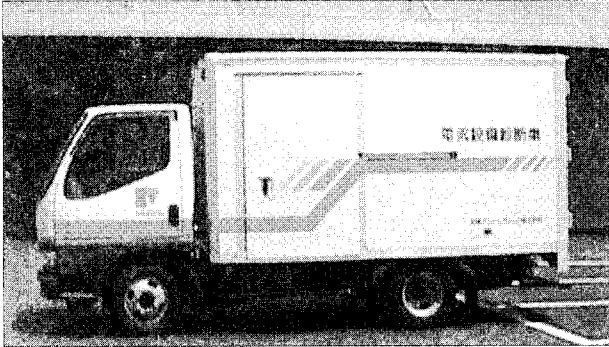
〈그림 6〉 제어배선 단말부분의 열화사례와 2차전자선화상

라. 열화진단방법

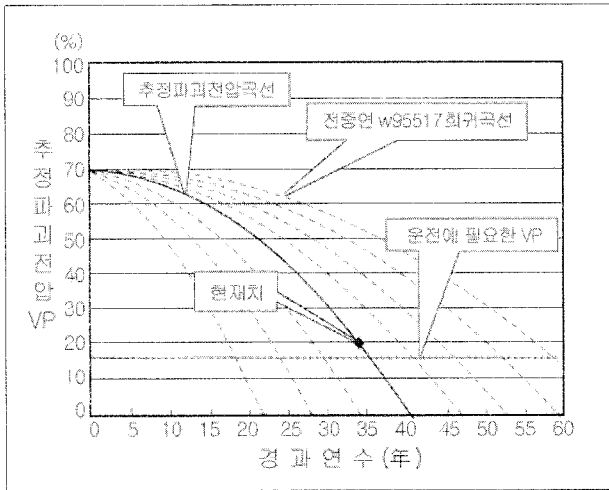
진단은 넓은 의미로는 설비 전체의 현황 및 장애에 대하여, 경제성과 기술동향 등도 포함하여 종합평가·판단하는 활동이다. 이 항에서는 그 종합평가·판단요소의 재료가 되는 물리적 수명면에서의 진단·평가의 절차에 관해서 설명한다.



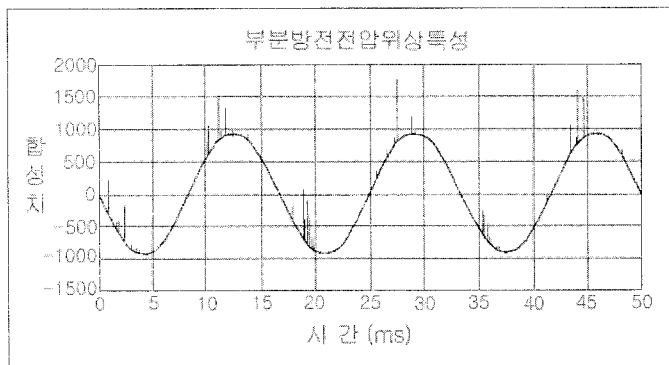
〈그림 7〉 진단·평가플로



〈그림 8〉 전기설비진단차



〈그림 9〉 회전기의 스테이터 코일 여수명 평가 예



〈그림 10〉 전동기의 부분방전파형 측정 예

진단은, 크게 「個別機器에 대한 老朽度 평가」, 「受變電設備 전체의 노후도 평가」, 「종합평가」의 단계로 나눌 수가 있다(그림 7 참조).

1차진단은, 운전상태에 있는 각 대상기에 대해 외부 관찰, 경과연수, 환경조건, 보전기록 및 고장·사고이력 등에서 평가한다. 활선진단이나 리모트진단은, 1차진단 평가를 보완하는데 필요하게 된다.

2차진단은, 대상기기를 정지(停電)시켜, 운전상태에서 관찰할 수 없었던 부분에 대한 상세조사, 그리고 계측·시험장치를 이용한 세밀한 조사를 하여 평가한다. 샘플試料에 대한 분석·조사결과도 평가·판단요소로서 활용된다.

그림 8은 현지측정을 위한 전기설비진단차이다. 또 그림 9, 10에 열화진단의 실시 예를 표시하였다.

설비전체도 시스템으로 본다면 기능·성능이 저하되어 가기 때문에 개별기기마다 하나씩 갱신·연명화(延命化)를 시행하는 것은 전체적으로는 비효율적이다. 설비 전체의 노후도는 「설비시스템 전체평가」로 판단한다. 여기서는 각 기기의 1차·2차 평가결과를 종합하고 아울러, 受變電시스템으로서의 신뢰도(시스템 구성, 계통고장이나 落雷 등의 履歷, 유지보수 용이성 등)를 포함하여 설비 전체의 노후도를 평가·판단한다.

설비가 남아지면, 단지 물리적 수명만이 아니고 기술자·기능자와 유지보수부품의 확보 등 유지보수 지속의 문제도 미리 고려해 둘 필요가 있다. 이들의 사회적요인과 데이터 해석결과 등을 포함하여 설비 전체의 종합평가·판단을 하는 것이 라이프사이클 전체에 걸쳐 保畵의 최적화를 기하기 위해 필요하다. 이러한 관점에서 설비갱신까지를 시야에 넣어 점검·수리 등이 최선이 되도록 검토하고 제안해 나가는 것이야말로 고객에게 귀중한 진단서비스가 될 것으로 생각한다.

4. 리모트 감시기술의 활용

새로운 메인テナンス를 지원해 주는 톨로서, 통신·네트워크기술을 이용하여 고객설비의 상태를 감시·진단하는 리모트감시시스템을 소개한다.

가. 시스템의 특징

(1) 인터넷 VPN의 채용

인터넷 VPN(Virtual Private Network)를 적용통신의 기본으로 했다. 이것에 의해

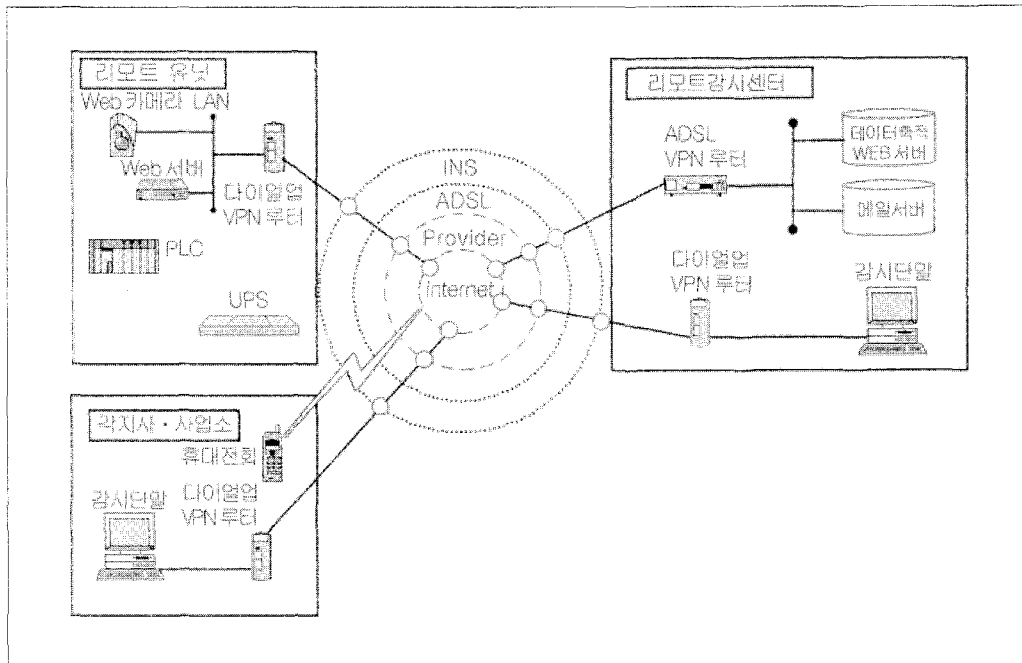
- ① 인터넷 통신속도의 고속화와 장애에 걸친 기술진보를 재빨리 이루어 시스템을 참신(斬新)한 구성으로 하였다.
- ② VPN의 암호화(暗號化), 상호인증방식과 터널링

기술을 이용함으로써 데이터의 송수신 및 보관시의 신뢰성을 높였다.

- ③ 인터넷통신으로 Web 페이지를 송신할 때에 사용하는 HTTP(Hyper Text Transfer Protocol)통신 및 FTP(File Transfer Protocol) 통신을 시스템의 표준으로 했기 때문에 고유제품에 대한 제한 등을 받지 않고, 시판(市販)컴포넌트를 포함하여 여러가지 기능제품을 네트워크에 짜넣을 수가 있게 되어, 기능의 확대와 충실을 기할 수 있었다.

(2) 전자메일(E-Mail)의 활용

이상통보(異常通報) 수단으로서 E-Mail을 사용하고 있다. E-Mail 통신의 신뢰성을 높이기 위해 리모트 유닛에서는 언제나 리모트 감시센터를 포함한 복수의 개소(동사 기술서비스담당자의 휴대전화 포함)에 송신하여



〈그림 11〉 리모트감시시스템 구성도

상호 확인하는 조직으로 되어 있다.

(3) 常時接續의 採用

리모트감시센터의 데이터축적서비스는, ADSL 회선을 이용한 인터넷 VPN에 상시접속하고 있다. 그 때문에 전국의 동사 기술서비스담당자가 필요시에는 언제나 담당하는 고객의 축적데이터를 호출하여 확인하는 것이 가능하다.

나. 시스템 구성

리모트감시시스템의 시스템구성을 그림 11에 표시한다.

(1) 리모트 유닛

고객설비에는 리모트 유닛을 배치한다. 설비정보의 입력기기로서 PLC를 이용하여 여러 가지 입·출력 형태의 정보에 대응하고 있다. 설비정보는 PLC에 의해 필요에 응하여 1차 가공되어, Web서버에 주기적으로 넘겨주게 된다.

Web서버는 데이터 축적기능을 가지고, 축적된 데이터를 정해진 시간에 감시센터의 데이터 축적서버에 송신한다. 또한 Web서버는 PLC로부터 받은 데이터를 상시감시하고 있으며, 이상(異常)이라고 판단되는 설정한계(設定限界)를 초과하면 감시센터와 항목별로 설정된 휴대전

〈표 2〉 리모트감시시스템의 기본기능

항 목		내 용	
1	감시(제어)점수/Web서버 1대 Web서버는 증설 가능 출력은 전부 옵션 가능	디지털 입력 64점 전력 16점 조작출력 16점	수치입력 32점 간이출력 32점 수치출력 8점
2	비트데이터 감시기능	디지털 데이터를 상시 감시하여, 비트별 설정에 의해 on시/off시/양방의 상태변화시에 통보하는 기능	
3	수치데이터의 감시기능	수치데이터는 개별적으로 감시레벨을 설정한다 (상상한/상한/하한/하하한치) 설정한 레벨을 초과했을 때/복귀했을 때에 통보하는 기능	
4	E-Mail 송신기능	통보는 E-Mail을 이용하여, 설정에 의해 VPN 경유 감시센터에 통보하는 경로와 일반 프로바이더 경유 담당 기술서비스원의 휴대전화에 통보하는 것이 가능	
5	데이터의 주기적 수확 보관기능	수확주기는 1분, 2분, 5분, 10분, 30분의 어느 것을 설정 데이터는 최대 5MB분 현장의 Web서버에 축적가능 정기적으로 감시센터의 축적서버에 보내어, 데이터베이스로서 축적할 수 있다	
6	데이터의 Web 화면에서의 표시기능	거두어들이는 데이터는 현재치는 물론, 과거의 데이터도 Web 화면에서 볼 수가 있다	
7	일보·월보 제작기능	설정에 의해 매정시의 수치데이터, 전력량을 거두어들이 축적하는 축적데이터를 일보·월보의 자료로서 글자를 찍어 낼 수 있다	
8	이벤트 로깅 기능	디지털 입력의 변화와 수치데이터가 이상을 검출/복귀 또는 조작출력을 제어하는 등의 이벤트 발생시, 결과를 년/월/일/시각을 표시한 데이터로서 시계열적으로 표시할 수 있음	
9	수치 데이터의 트렌드 표시기능	당일 및 과거의 데이터를 트렌드 그래프 모양으로 표시가 가능	
10	자기진단기능	현장 Web서버가 검출하는 PLC 동작 이상이나 통신기기의 제어전원 상실을 검출하여 통보를 리모트감시센터에 송신 모드감시센터 내 데이터 축적서버에서는 일정한 주기로 데이터가 오지 못한 것을 검출하여 통보하는 기능	

〈표 3〉 리모트감시서비스 내용

서비스 메뉴	내 용
리모트 감시서비스 이상검출시 통보 (기본계약)	설비의 이상을 검지했을 때, 고객지정의 담당자에게 이상발생을 통지함
응급대응 서비스 (옵 션)	기술자를 24시간 대기시켜, 설비의 이상 검지시 긴급하게 현지대응을 실시 (현지출장·복구비용은 실비정산)
정보보고서 작성 (옵 션)	정기적으로, 일보·월보 등을 작성하여 제출
리모트 진단서비스 (옵 션)	정기적으로 설비데이터를 수집하여, 진단 알고리즘에 기초하여 분석함으로써, 설비상태를 판단하고 설비보전에 관한 각종 제안을 함

화의 여러 通報先에 E-Mail에 의한 경보메시지로 연락한다.

Web서버의 데이터는, 범용(汎用)의 클라우드소프트로 볼 수 있기 때문에 감시센터만이 아니고 전국의 감시단말에서 직접 고객설비의 상태를 참조할 수가 있다. 감시대상에 따라 Web카메라를 설치함으로써, 화상에 의한 감시도 가능해 지고 있다. 리모트 유닛에는 소형의 무정전전원장치(UPS)를 내장하고 있으며, 정전발생의 통보도 가능하다.

(2) 리모트감시센터

리모트감시센터에는 리모트 유닛에서 올라온 고객설비 정보를 격납(格納) 관리하는 데이터 축적서버와 경보매일을 관리하는 메일서버가 설치되어 있다. 서버는 파이어월기능이 달린 VPN루터를 경유하여 ADSL회선에 상시 접속되어 있다. 이들 서버는 리모트감시시스템의 센터 서버의 형태를 취하고 있으며, 권한을 가진 모든 감시단말(지사나 사업소 등에 설치)부터의 액세스를 가능케 하고 있다.

또한, 리모트감시센터에는, 상기한 서버와 독립된 구성으로 다이얼업형 VPN루터로 네트접속한 감시단말도 설치되어 있다. 고객설비의 감시와 축적데이터의 해석 등 실제운용은 이 감시단말에서 하고 있다.

다. 기본기능

리모트감시시스템의 기본기능을 표 2에 표시하였다.

라. 리모트감시서비스 내용

리모트감시서비스의 내용을 표 3에 표시하였다.

5. 맺음말

이상, 메이덴사가 실시하고 있는 신기술을 활용한 메인テナンス에 관하여 소개하였다. 설비진단기술과 리모트진단을 위한 센서기술은, 아직 확립된 것은 아니고 연구개발도상에 있다. 앞으로도 더욱 연구개발에 진력하여 고객설비의 기능 유지와 LCC 미니멈화에 공헌하는 메인テナンス 수법을 확립해 나가고자 한다. ☒

이 원고는 일본 明電時報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 (株)明電舎에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.