



# 受變電시스템의 라이프사이클 엔지니어링

## 1. 머리말

최근 몇 년 동안 IT를 대표하는 컴퓨터社會에 있어서, 생산설비와 정보기기는 나날이 高度化하여 그 인프라로서 電氣에 대한 의존도는 그 어느 때보다도 높아지고 있다. 현재로서는 電氣가 두절(杜絶)되면 사회경제는 물론 하루 하루의 생활조차 뜻대로 안되는 것이 현실이다. 이러한 電氣를 공급하는 受變電시스템에는 지금까지 이상의 신뢰성(信賴性)이 요구되고 있다. 그러나 경제가 침체되어 있는 가운데, 이 인프라에 대한 設備투자가 억제되어 있는 것도 현실이다.

이러한 상황 하에 受變電시스템에 요구되고 있는 것은 높은 신뢰성과 코스트의 低減이다.

다만, 여기서 중요한 것은 종래의 이니셜 코스트(Initial Cost) 만의 低減이 아니고, 設備의 일생에 걸린 토탈 코스트(Total Cost)를 低減하는 것이다. 이것은 設備 도입 후의 運用비용, 유지보수·점검비용도 포함하여 전체 코스트를 줄이는 것으로, 이것을 최소로 하는 것이 최적의 設備 도입과 직결된다. 즉 라이프사이클 코스트(Life Cycle Cost)의 低減이 요망되고 있는 것이다.

본고에서는 라이프사이클 코스트의 低減이 가능한 受變電시스템 구성에 대하여 設備 導入時의 엔지니어링을 중심으로 소개한다.

## 2. 受變電시스템의 라이프사이클 코스트 低減

受變電시스템의 구축(構築)을 위해서는 점검주기의

연장과 아웃소싱을 포함한 유지보수·운용의 성력화(省力化), 조기복구를 포함한 신뢰성의 향상을 실현할 필요가 있다.

이것을 만족시키는 시스템 구축이 라이프사이클 코스트 低減으로 이어지는 것이 된다. 아래에 주된 항목에 관해 기술하였다.

### 가. 維持補修·點檢의 省力化와 週期 延長

設備의 러닝 코스트(Running Cost)에 있어서 유지보수·점검 비용은 큰 비중을 차지하며, 더욱이 점검을 위해 필요한 設備停電 등은 생산효율 低下로 이어지게 된다. 이것을 省力化하여 주기(周期)를 연장하는 것 등은 러닝 코스트를 줄이는 것뿐만이 아니라 생산효율 향상에도 기여하게 된다. 따라서 라이프사이클 코스트의 低減에 있어서 큰 기둥의 하나라고 할 수 있다.

### 나. 運用管理의 簡素化

設備의 運用管理에는 전문기술을 가진 인력이 필요하게 된다. 경제가 침체된 가운데 인원감축(減縮)이 추진되어, 남은 인원으로는 종전과 같은 운용관리가 곤란한 것이 현실이다. 한편, 확실하고 안전한 운용관리의 요구는 이전보다도 더 강해지고 있다. 이러한 상황하에 運用管理의 간소화(簡素化)를 시행하여 업무인력을 줄이는 일이 중요하며, 이것이 라이프사이클 코스트 삭감(削減)으로도 이어진다.

### 다. 保安全管理業務의 아웃소싱

최근에 일본에서는 아웃소싱(Outsourcing) 사업의

보급에서 업무위탁까지의 일이 보편화 되었지만, 그 목적은 코스트의 삭감에 있다.

수변전설비의 보전(保全)관리업무에 있어서도 아웃소싱하는 것으로, 보다 적은 인원으로 대응할 수 있게 되며, 이는 코스트 삭감으로 이어진다. 이것도 라이프사이클 코스트 低減방법의 하나이다.

### 3. 維持補修·點檢의 省力化와 周期 延長

라이프사이클 코스트의 低減을 실현하는 한가지 방법으로서 유지보수·점검의 省力化(省力化)와 주기의 연장을 들 수 있다.

그러나 이것으로 인해 電氣設備의 신뢰성 및 안전이 확보되지 못하는 것은 있을 수 없으며, 어디까지나 근거와 실적이 필요하게 된다. 또한, 유지보수·점검 내용 및 주기는 電氣事業法에서 정하는 安全管理規定('保安規定')으로서, 經濟産業省에 제출이 의무화되어 있다.

#### 가. 安全管理規定

2000년에 일본 電氣事業法이 개정되어 安全管理審査制度가 도입되었다. 이것은 이제까지 國家가 직접 電氣設備의 技術基準 적합성(適合性) 등을 검사하는 규제를 없애고, 설치자(設置者)가 자기책임 원칙으로 한 자주 검사를 하는 것으로 하여(法定自主檢査化), 國家는 설치자의 자주검사체제에 대하여 심사(安全管理審査制度)한다고 하는 것이다.

이 法 개정의 취지는, 최근의 기술의 진보와 설치자에 의한 자주적 안전관리 확보를 위한 노력을 배경으로, 설치자가 자기책임 하에 安全管理 확보를 위하여 강력히 추진해 나가는 것이 보다 합리적인 규제체계라는 판단을 하게 된 데에 있다.

이에 수반하여 安全管理規定에 있어서도 재료와 제조 기술 등의 발전에 따라 電氣設備의 安全性이 향상되어

가는 것은 물론, 사회 전반에 걸친 규제완화의 흐름으로도 安全管理規定의 합리화가 인정받게 된 것이다. 또한 法 개정의 취지에 따라 安全管理規定의 제출시기가 운용 개시 전에서 공사착공 전으로 변동하게 되었다.

#### 나. 受變電시스템 機器 選定

電氣事業法の 취지를 근거로 하여 유지보수·점검의 省力化와 周期 연장을 실현하게 되는 受變電시스템의 구성기기 선정을 위해서는 다음의 조건이 필요하다.

- ① 점검의 省力化, 周期 연장이 가능한 근거가 있을 것
- ② 신뢰성, 안전성이 확보될 것
- ③ 설치자가 設備를 파악하여, 자기책임하에 실시할 것  
이것을 만족하는 구성기기 예를 그림 1에 소개한다.

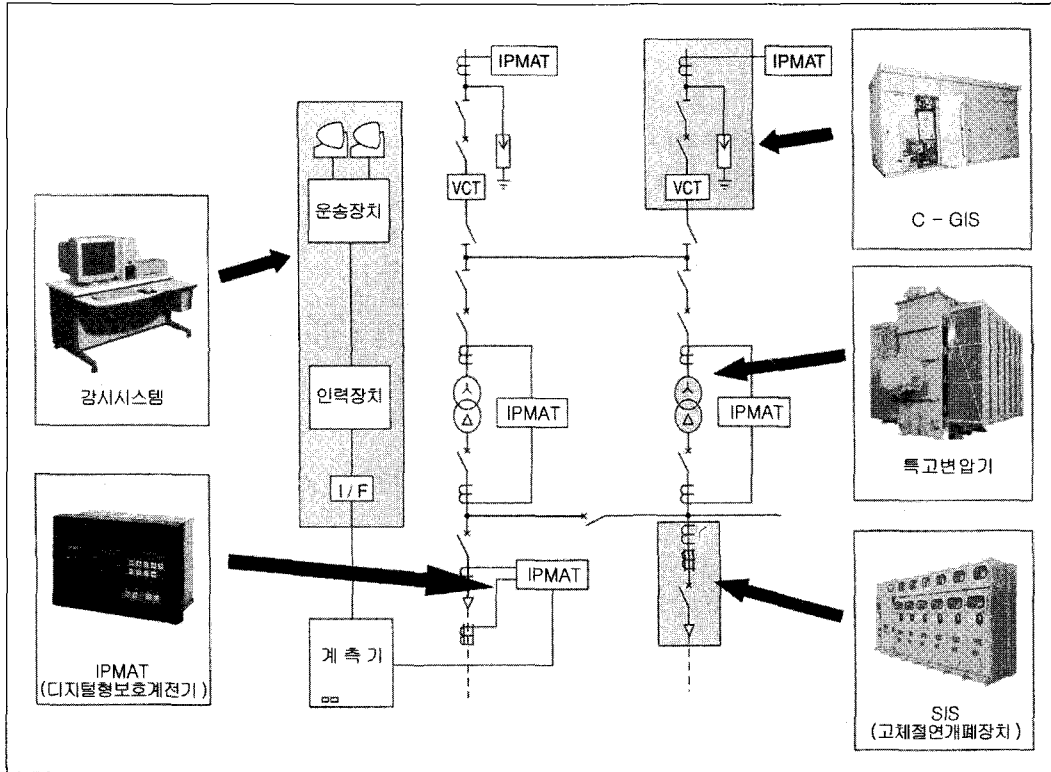
##### (1) C-GIS

C-GIS는 주회로(主回路)기기를 SF<sub>6</sub> 가스로 절연을 한 완전밀폐형 개폐장치로서, 높은 신뢰성과 내(耐) 환경성을 가지고 있다. 또 차단부에는 진공차단기를 채용함으로써 SF<sub>6</sub> 가스의 사용량이 대폭 삭감되어 있다. SF<sub>6</sub> 가스는 지구온난화대상 가스이며, 지구환경보호에도 공헌한다. 더욱이 열반형(列盤形)의 큐비클 형상으로 함으로써 종래의 GIS에 비해 설치면적이 50% 이하로 되어, 대폭적인 축소화를 실현하고 있다. 다음으로 이 C-GIS에 필요한 유지보수 점검 항목을 고찰한다.

GIS의 사고나 상태가 나빠진 원인은 明電時報의 「電氣共同研究, 제56卷 제2號」에 의하면 87%가 SF<sub>6</sub> 가스 외의 장애(障害)라는 것을 알 수 있다(그림 2 참조).

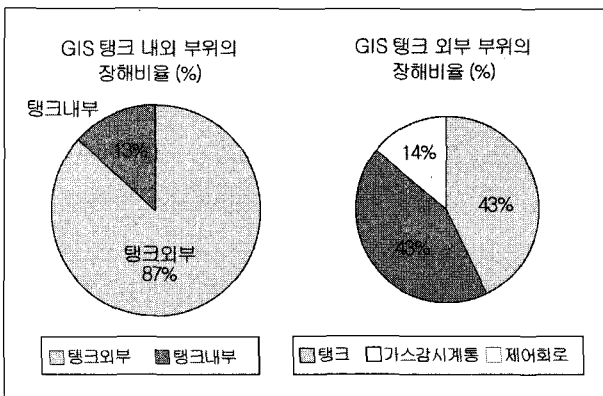
이에 대한 내용은 탱크, 가스감시계통, 제어회로이며, 외부로부터의 감시에 의해 발견이 가능하다. 따라서 일상의 순시점검에서 외관검사, 이취(異臭)·이음(異音) 확인, 가스연성계(連成計)에 의한 가스관리·기록을 실시할 수 있다.

한편, 탱크 내부 부위의 장애는 13%로 적으며 내용도



〈그림 1〉 단선접속도

가스누설(漏洩)이 대부분을 차지한다. C-GIS는 가스누설이 발생했을 경우에도 통상전압에서의 운전에는 문제가 없으며, 또 가스누설에 대한 경보장치를 가지고 있다.



〈그림 2〉 GIS 탱크 내외부위의 장해비율

따라서 C-GIS의 유지보수·점검은 외부에서의 점검, 경보장치에 의한 고장관리에 의해 실시하는 것이 가능한 것으로 판단된다. 또한 제어회로기기(보조계전기 등) 및 계측기기의 이상(異常)은 「電氣共同研究」에 의하면 열화요인(劣化要因)에 따라 10년을 경과했을 무렵부터 증가경향이 있기 때문에 6년마다 정밀점검을 하여 계기의 교정(校正), 동작확인을 실시한다. C-GIS의 유지보수·점검기준은 표 1에 표시하였다.

〈표 1〉 C-GIS의 유지보수·점검기준

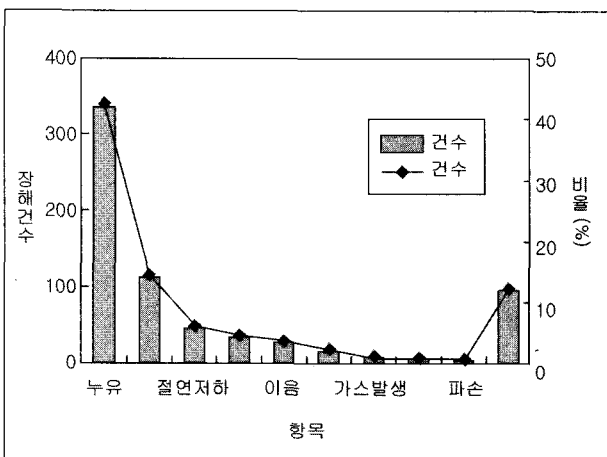
점 검	주 기	내 용	비 고
순시점검	1개월	이취·진동·이음 확인 연성계 확인	이상의 조기발견을 목적으로 함
정밀점검	6년	절연저항 측정 및 계기류의 교정	

(2) 特高變壓器

변압기의 사고나 상태가 나쁜 원인은 그림 3에서 보는 바와 같이 약 반이 누유(漏油) 때문이라는 것을 알 수 있다. 누유 및 이음(異音), 가열(加熱)에 대해서는 순시점검에서 발견이 가능하다. 또한 油面計, 溫度計를 순시점검에 의해 확인·기록함으로써 절연유의 상태관리도 겸해서 실시할 수가 있다.

변압기 내부 부위의 장해에 관해서는 油中가스 분석으로 조사가 가능하다.

최근의 변압기 油中분석기술의 향상에 따라, 정기적으로 데이터 수집을 함으로써 변압기권선, 절연지(紙)의 상태를 판단할 수 있으며, 정기적인 데이터를 가지고 열화(劣化)의 경위를 파악하는 것도 가능해졌다. 따라서 변압기의 유지보수는 일상적인 순시점검과 수년마다의 油中가스 분석으로 대응하는 것이 바람직하다. 또 표시경보회로(온도계 등)의 이상(異常)은 「電氣共同研究」에 의하면 열화요인에 따라 10년을 경과한 무렵부터 증가경향에 있기 때문에 6년마다 정밀점검을 실시하여, 계기의 교정과 동작을 확인한다. 이 정밀점검에서는 절연저항 측정 등도 겸해서 실시하여 油中가스분석의 건전성(健全性)을 판단함으로써 보다 더 신뢰성 향상을 실현시킬 수 있다. 변



〈그림 3〉 변압기의 양상별 장해건수

〈표 2〉 변압기의 유지보수·점검기준

점 검	주 기	내 용	비 고
순시점검	1개월	이취·진동·이음 확인 漏油 확인 油面計·溫度計 확인	이상의 조기발견을 목적으로 함
油中가스 분석	3년	변압기권선·절연지·절연유	경향판단
정밀점검	6년	절연저항측정 및 계기류의 교정	

압기의 유지보수·점검기준을 표 2에 표시하였다.

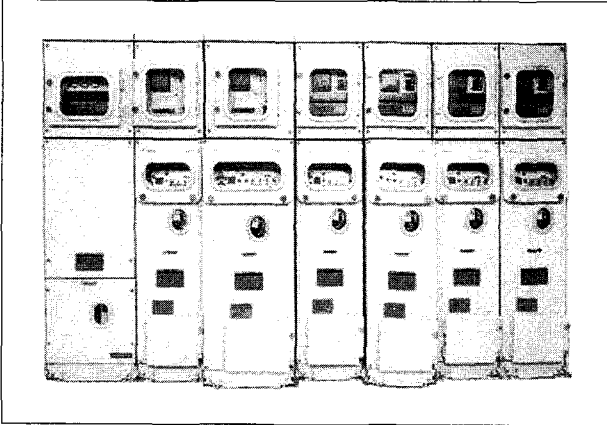
(3) SIS

SIS는 주회로기기를 에폭시몰드에 의해 3相분할(分割) 완전절연을 한 완전밀폐형 개폐장치로, 일반적인 기중배전반(차단기 등을 組合하여 金屬箱에 收納한 氣中絶緣配電盤)과 구조상으로 전혀 다른 신뢰성 높은 개폐장치이다. 따라서 반내(盤內)에서 절연低下의 가능성이 극히 적은 기기이며, 3相完全分割절연을 채용하고 있기 때문에 단락사고(短絡事故)의 가능성도 극히 적다. 또 SIS는 고압기기로서의 불량원인이 하나가 되기도 하는 주회로 접속부의 접촉저항 증가에 의한 가열(加熱) 사고에 대해서도 주회로 접속부를 모두 압축접속을 하고 있기 때문에 종래의 볼트너트 조임 확인·점검이 불필요하게 되어 있다. 구조적으로도 완전밀폐를 채용하고 있으며 GIS와 동등한 성능을 갖고 있다. SIS의 외관을 그림 4에, 단면도를 그림 5에 표시하였다.

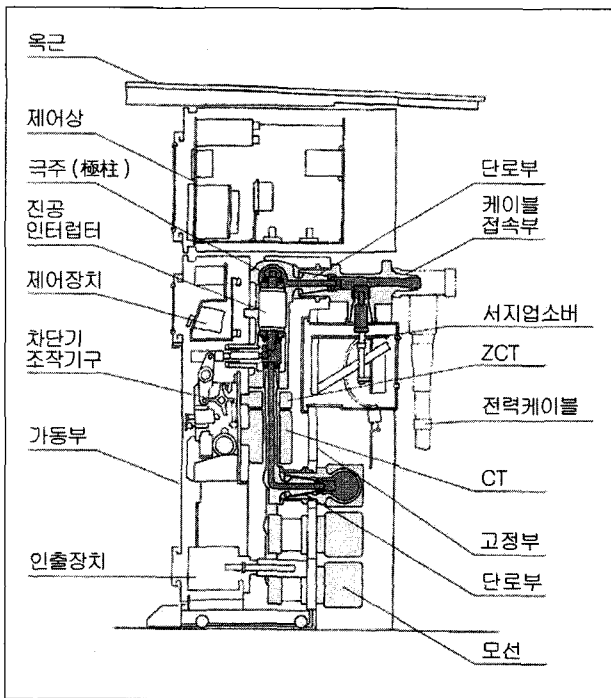
이에 SIS의 유지보수·점검기준으로는 GIS에 준하여, 일상의 순시점검과 6년마다의 정밀점검을 실시한다. SIS의 유지보수·점검기준을 표 3에 표시하였다.

(4) 디지털形 保護遮斷器(IPMAT)

보호계전기의 점검항목으로는 정기적인 특성시험을 들 수 있으며, 完全디지털式 보호계전기는 신뢰성이 높다. 메이텐샤(明電舎)製 디지털보호계전기는 CPU의 완전 2重化를 피한 신뢰성이 높은 장치이며, 정기적(매일)인



〈그림 4〉 SIS의 외관



〈그림 5〉 SIS의 단면도

自動自己點檢기능과 常時監視기능을 탑재(搭載)하고 있어, 이상발생시에는 경보감시가 가능하도록 되어 있다.

따라서 보호계전기의 유지보수·점검기준으로서 통상의 순시점검에 의한 이상(異常)경보의 유무(有無) 확인을 실시하는 것으로 충분하다고 생각된다. 또한 제어회로

〈표 3〉 SIS의 유지보수·점검기준

점 검	주 기	내 용	비 고
순시점검	1개월	이취·진동·이음 확인	이상의 조기발견을 목적으로 함
정밀점검	6년	절연저항 측정 등 계기류의 교정	

〈표 4〉 제어회로기기의 유지보수·점검

점 검	주 기	내 용	비 고
순시점검	1개월	보호계전기의 상태 확인 (이상경보 확인) 이취·진동·이음 확인	이상의 조기발견을 목적으로 함
정밀점검	6년	인터를 시험 등 계기류의 교정	

기기(보조계전기 등) 및 계측기기의 이상은 「電氣共同研究」에 의하면 10년을 경과한 무렵부터 증가경향에 있기 때문에 6년마다 정밀점검을 실시하여, 계기의 교정·동작 확인을 실시한다. 제어회로기기의 유지보수·점검 기준을 표 4에 나타내었다.

#### 4. 運用管理의 簡素化

設備의 運用管理 簡素化와 人力低減은 라이프사이클 코스트를 줄이는데 크게 관계되는 항목이다.

受配電시스템의 運用管理에 있어서 安全管理規定에 정해진 日常點檢(巡視點檢)은 원래, 日常運轉에 따른 系統 교체, 전력사용량의 집계와 관리, 그리고 이상시의 긴급대응과 여러 방면에 걸쳐, 이제까지 많은 인원과 공수(工數)가 필요했다. 그러나 경제침체에 따라, 기업의 인원감축이 추진되어 아웃소싱이 촉진되고 있는 가운데, 設備의 運用管理人力에 대한 삭감이 요구되고 있다.

設備의 運用管理가 효율화되고 그 결과 라이프사이클 低減을 실현할 수 있는 시스템 예를 소개한다.

##### 가. 受配電監視시스템

受配電監視시스템의 목적은, 設備의 상태·고장 감시, 기계의 원방제어, 전력량 데이터집계(集計) 등을 들 수

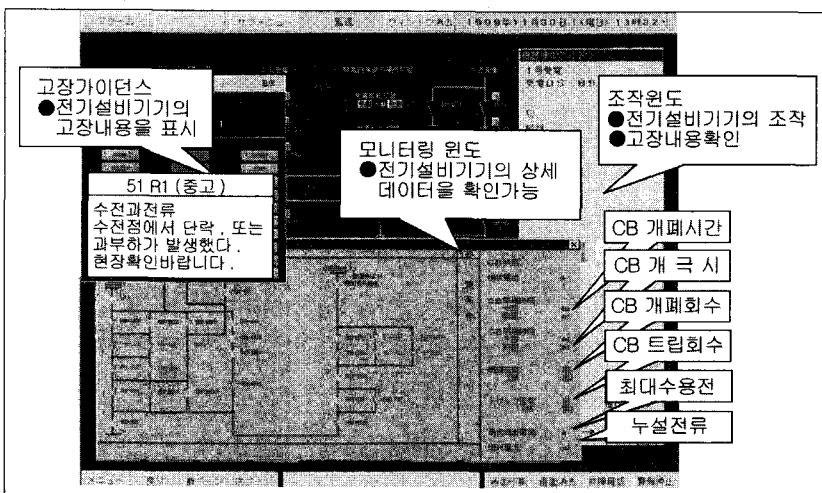
있다. 이를 위해서는 종래의 運用管理體制가 필요하지만, 여기에 적절한 기능을 추가하는 것으로 인해 대폭적인 運用管理의 簡素化를 도모할 수 있게 된다.

(1) 가이던스機能(그림 6 참조)

일상운전을 하는 운전원(특히 야간숙직원)에 전문적인 기술원을 배치하는 것은 매우 어려운 문제로서, 인원과 공수가 필요하게 된다. 이것에 대해 監視시스템이 운전원에게 적절한 가이던스를 줌으로 인하여, 이것을 보좌하여 운전관리를 簡素化하는 것이 가능하다. 주된 예를 소개한다.

(가) 인터록 가이던스

受配電시스템에는 사고방지·안전 확보의 목적으로 다수의 인터록回路가 존재한다. 設備의 운전 교체 등 변전기기를 제어하는 경우, 이 인터록에 대해 이해할 필요가 있다. 그러나 특히 系統연계(連系)시스템 등에서는 回路가 복잡해져, 回路내용을 완전히 파악하는 일은 곤란한 것이 현실이다. 이것을 監視시스템이 길잡이 역할(Guidance)을 함으로써 운전을 보조하게 된다. 또 이 기능은 이상시의 긴급교체에 특히 크게 공헌한다.



<그림 6> 가이던스 기능

(나) 故障發生時 가이던스

만일, 受配電시스템에 고장이 발생했을 경우, 그 대처 방법에 고심하는 경우가 많아, 복구시간이 늦어지는 일도 있다. 적절한 대응으로 복구시간을 단축하는 것이 손해의 확대를 방지하는 가장 중요한 일이 된다. 監視시스템이 적절하게 길잡이 역할을 함으로써 복구시간의 단축이 가능해진다.

(다) 運用 가이던스

變壓器뱅크를 여러 개 가지고 있는 계통에서는, 부하의 상황에 따라 뱅크교체를 실시하는 경우가 있다. 이때에 적절한 변압기 운전을 하는 것이 변압기손실의 저감에 매우 유효하며 이는 라이프사이클 코스트 저감으로 이어진다.

감시시스템이 변압기의 효율을 계산하여 가장 적합한 운용방식을 제시해 줌으로써 이것을 지원하는 것이 가능해진다. 또한 변압기를 고효율사양(仕様)으로 하게 됨으로써 메리트는 확대된다.

나. 모니터링 시스템

日常의 순시점검은 設備의 상태확인, 이상의 조기발견을 위해 중요하며, 또한 정기점검(정밀점검)의 점검항목 지침이 되는 중요한 작업이기도 하다. 즉 일상의 설비상태(각 계측치와 운전회수 등)를 경향(傾向, Trend) 관리함으로써 기기의 열화·이상의 조기 추정이 가능하며, 그것이 정확한 정밀점검 항목을 선정하는데 이어지게 된다. 이 정보가 일부 자동적으로 수집되는 것은 운용관리의 간소화에 크게 공헌하는 것이다.

여기서 중요한 경향으로서 변화의 추이(推移)를 확인하는 것이다.

(1) 遮斷器狀態의 모니터링

受配電시스템 중에서 차단기는 계통을 바꿀 때 사고시의 보호동작을 담당하는 중요한 기기이다. 이 차단기를 상시 감시하는 것은 신뢰성 향상의 의미에서도 메리트는 크다.

모니터링 시스템에서는, 차단기의 개폐회수, 차단회수, 개극(開極)·폐극(閉極)시간의 경향을 자동적으로 파악이 가능하다.

(2) 漏洩電流 모니터링

모니터링 시스템에서는 계통의 누설전류를 정기적으로 자동수집하여 트렌드(Trend)화함으로써, 케이블을 포함한 기기의 절연상태에 대한 추이를 파악할 수 있다.

(3) 故障時 情報의 모니터링

고장발생시의 사고전류·전압을 수집하여 해석함으로써, 사고의 원인규명을 앞당겨 복구의 신속화를 도모할 수 있다.

이렇게 하여 이상(異常)의 징조(徵候)를 알 수 있으며, 고장이 발생하기 전에 응급처치를 할 수가 있다. 그리고 다음 점검의 중점항목 선정이 가능해진다.

다. 에너지管理

일본의 省에너지法(에너지 使用合理化에 관한 法律)이 1999년에 개정되어, 보다 적극적인 에너지절약 추진과 中長期의 에너지사용 합리화계획의 제출을 의무화하도록 했다. 에너지절약 추진에 있어 무엇보다 중요한 것은 原單位 管理이다. 이것을 감시설비에 의해 전력사용량을 자동수집하여 집계(集計)·보전(保全)하고, 또한 Web에 의해 정보의 공유화(共有化)를 도모하는 것으로, 데이터 작성업무를 대폭 삭감하여 정보의 一元化를 실현시키게 된다. 또한 각 부서에 필요한 데이터만을 종합, 集計·그래프化하여 배신(配信)하는 일도 가능하다.

이에 따른 運用管理 人力을 삭감함으로써 라이프사이클 코스트의 低減이 가능해진다. 에너지절약을 추진하는

것은 지구온난화대책과 라이프사이클 코스트의 低減을 목표로 하는 것이 된다.

5. 保全管理業務의 아웃소싱

최근의 인력 감축(減縮)의 움직임과 아웃소싱事業의 침투로 受配電시스템의 보전관리에 있어서도 메이커나 엔지니어링會社에의 업무위탁이 일부 시작되고 있다.

특히 設備의 리모트 메인テナンス의 요구가 강하여, 이에 의한 保全업무의 인력 삭감이 요망되고 있다. 현재 실현되고 있는 리모트 메인テナンス의 기능은 다음과 같다.

設備에서 고장이 발생했을 경우, 고장내용이 인터넷을 경유하여 메이커 또는 엔지니어링會社의 감시실에 통보된다. 이 감시실은 24시간, 365일 체제로 운용되고 있으며, 통보내용부터 고장부위의 추정, 복구에 필요한 부재(部材)를 검토하여 현장으로 급행(急行)한다. 이렇게 함으로써 복구시간의 대폭적인 단축이 가능하게 되고, 특히 심야 등의 운전원이 부재중일 때 등에 효과가 크다. 이와 같은 保全업무의 인력 삭감도 라이프사이클 코스트의 低減方法의 하나이다. 메이텐샤(明電舎)에서는 리모트 메인テナンス의 서비스내용의 향상을 지향하여 沼津사업소 내에 2003년 4월 커스터머센터를 개관할 예정이다.

6. 맺음말

同社는 이번에 소개한 시스템을 중심으로, 라이프사이클 코스트를 低減 가능한 受變電시스템의 구축을 10여년에 걸쳐 수많은 엔지니어링을 추진해 왔다.

앞으로 이들 실적을 기초로 가일층의 기술개발과 시스템기술 향상을 위해 계속 노력해 나갈 것이다. ■

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