

# 수용가 전력관리 시스템 기술

韓國電氣研究所  
電力系統研究部

責任研究員 文英煥  
先任研究員 成耆哲

## 1. 서론

고도의 경제성장기인 오늘날 에너지원의 대부분을 차지하는 화석연료의 소비량이 기하급수적으로 증가하고 있는 추세이므로 에너지자원 고갈 및 환경보호 측면에서의 대책이 필요한 시점에 놓여있다. 특히 우리나라와 같은 에너지 소비국에서는 범국가적 차원에서의 성에너지 대책이 경주되어야 할 것이다.

본 고에서는 전체 에너지원의 1/3을 차지하고 있는 전기에너지에 대한 절약기술인 수용가 전력관리 시스템에 대해 기술하고자 한다. 전력관리장치는 70년대 1,2차에 걸친 석유파동 이후 에너지 절약에 대한 자극이 직접적인 개발계기가 되었으며 이후 현재까지 꾸준하게 개선/발전되어 대표적인 전기 사용합리화 수단으로 활용되고 있다.

수용가에서 운전중인 전력 설비로부터의 실시간 정보는 에너지사용의 효율화는 물론 공장설비의 최적운용 및 향후 설비 신증설 계획에 중요한 도움을 줄 수 있다. 이와 관련하여 일부 대형 수용가에서는 일찍부터 고가의 국외 감시·제어 시스템을 도입/운용하여 오고 있다. 그러나 이러한 제품들은 거의가 국내실적에 적합하지 못하거나 또는 제품에 대한 내용이 공개되지 않아 추후 새로운 형태로의 발전방안을 강구할 수 없는 실정이다. 또한 가격이 고가이기 때문에 국내의 중소규모 수용가에서는 이에 대한

적용이 사실상 어려운 실정이다. 반면 에너지 절약에 대한 수용가의 노력은 생산성제고에 지대한 영향을 미치므로 국내실정에 적합하고, 저가격의 전력관리 시스템 개발이 매우 필요한 실정이다.

여기서는 국내·외의 최근 관련기술 동향, 국내 전력관리시스템의 적용현황 및 문제점, 전력관리 기술분석 및 도입효과를 알아보고 마지막으로 당 연구소에서 국책연구비를 지원 받아 참여기업과 공동으로 국산화 개발한 전력관리시스템 운용 소프트웨어 내용을 간략히 소개하고자 한다.

## 2. 기술개발 동향

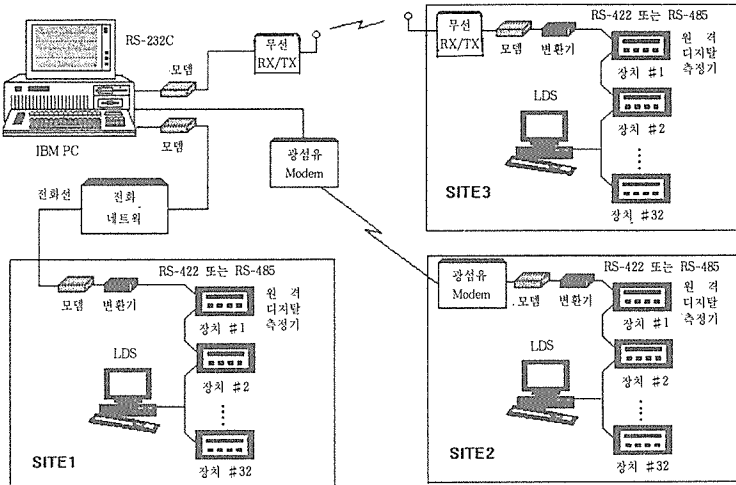
대부분의 대규모 수용가에서는 자체 전력관리를 위한 감시·제어시스템의 적용이 이미 일반화되고 있으며 현재에도 시스템의 성능향상 측면에서의 연구개발이 활발히 추진되고 있다. 이와 관련하여 국내·외 상품화되고 있는 제품들에 대한 최근 기술동향을 소개하면 다음과 같다.

### 가. 시스템 구성

수용가 전력관리 시스템은 아래 <그림-1>의 예와 같이 수용가의 규모 및 특성에 따라 시스템 구성이 용이하며, 또한 소규모에서 대규모 수용가까지 적용이 가능하여야 한다. 아울러 현장의 여건을

모두 수용할 수 있도록 시스템 확장성이 뛰어나야 하며, 또한 설치 및 보수가 간단하도록 설계되고 있다. 그리고 최근에는 시스템의 확장성을 위해 Open

Protocol을 채택하여 자사의 제품 뿐만아니라 타사의 제품까지도 구성이 가능하도록 하고 있는 곳도 있다.



(그림 - 1) 전력관리 시스템의 다수 Site구성 예

나. 시스템 기능

현재의 수용가 전력감시제어 시스템은 16bit 마이크로프로세서를 사용하여 현장의 데이터 수집 및 내부연산기능은 물론 일정량의 데이터를 보관하도록 하여 Master에서 요청이 있을 때 송수신할 수 있도록 설계되고 있으며, 중앙의 Master는 386이상의 PC를 이용할 수 있도록 하여 비교적 가격이 저렴하게 개발·적용하는 추세이다. 소단위 SCADA시스템으로 부를 수 있는 이러한 시스템들의 개발동향은 광범위한 데이터의 데이터베이스 구축, 실시간 데이터 그래픽처리, 그리고 시스템 제어기능 확장 등으로 요약될 수 있으며 구체적인 특징은 다음과 같다.

- 1) 전체 전력계통의 실시간 그래픽 데이터를 화면 처리
- 2) 파형포착과 전력품질분석 기능 :
  - 한 화면에 다수의 파형을 동시 표현
  - 전압, 전류의 % 왜형률(THD) 계산
  - 고조파성분별 막대그래프 또는 테이블의 작성
  - 정보상황의 감지, 통보, 화면처리, 기록

- 3) 과거 데이터의 경향 그래프 작성
- 4) 원격 디지털 측정기에 저장된 데이터의 자동회수 및 disk 저장

감시/기록/분석용 Master 컴퓨터 이외에도 필요에 따라서는 현장에 별도의 감시용 Local PC를 설치할 수 있도록 함으로서 동시에 여러 장소에서 데이터를 감시할 수 있도록 할 필요가 있다.

다. 원격 디지털측정기

과거의 감시제어 방식은 원격에 RTU(Remote Terminal Unit)를 두어 원하는 지점의 측정을 위해 해당 Transducer를 사용하는 방식으로 구성이 복잡하므로 설치 및 유지보수에 많은 어려움이 있었으나 최근에는 PT와 CT의 2차측(110V, 5A)으로 부터 3상전압과 전류만을 측정하며 유효/무효전력 및 전력량, 역률, 주파수 등은 내부연산으로 계산하여 표시함은 물론 외부장치와의 Interface를 위한 통신기능까지 갖춘 다용도의 제품이 선보이고 있다. 이러한 원격 디지털측정기는 적용목적에 따라 기능의 차이가 있는 다양한 모델들이 개발되는 추세이다. 즉

통신기능만을 갖고 있어 Master컴퓨터에서 실시간 Display만 수행하는 간단한 모델로부터 고장파형 기록까지 가능한 다양한 모델을 사용함으로써 보다 합리적인 제어가 가능하도록 되어 있는 것도 있다. 이 밖에 최대 전력감시/제어장치의 모터보호용 모듈 뿐 아니라 온도, 압력, 속도 등의 기계·물리적인 양들을 감시할 수 있는 Transducer interface용 RTU가 개발되고 있어 시스템의 활용성을 더욱 향상시키고 있다. 이러한 계측기들의 측정관련 초기값 Setting은 현장에서는 물론 Master 컴퓨터를 이용하여 원격에서 조정하는 것이 바람직하다.

**라. 원격통신 방식**

원격통신은 시스템 전체의 기능구현을 위하여 충분한 속도와 신뢰성 및 확장성을 구비하여야 한다. 현재 사용되는 통신방식은 제일 간단하게는 RS-232C로 최대 15m까지 연결하는 방법이 있으나 거리상 제약이 있으므로 일반적으로는 산업표준인 RS-422 또는 RS-485 link를 이용하여 통신용 차폐케이블(Shielded Cable)로 원격 디지털 측정기들을 직접 연결하는 방법이 사용되고 있다. RS-422 또는 RS-485 link를 사용할 경우 RS-422~RS-232C 또는 RS-485~RS-232C Converter가 필요하며 전송율은 최대 19,200 BAUD rate까지 가능한 장비도 선보이고 있다. 이 경우 통신거리는 1.2km까지 가능하므로 지역내의 통신은 이러한 통신방식으로 연결하고 지역간의 장거리의 경우는 Modem을 사용하는 것이 일반적이다. 따라서 중앙의 PC급 소형 SCADA 시스템으로 다수의 원격 계측기들을 관리할 수 있다.

한편, 수용가에서 거리상 제약으로 이러한 전용회선이 불가능한 경우 Local Site와 Master 컴퓨터간의 통신은 Modem을 이용한 전화선을 활용할 수 있다. 그리고 중요한 데이터의 경우 외부로 부터의 장애가 없는 Fiber-Optic link의 채택도 가능하며, 유선으로 설치하기 곤란한 경우 라디오 link 등이 가능하도록 개발되고 있다.

이밖에 외국의 일부업체에서는 통신방식을 Open Protocol로 함으로써 자사 제품이 제3자에 의해 개발된 PLC, DCS, EMS, SCADA 시스템 등에 적용되는데 지장이 없도록 하고 있다.

**3. 국내 전력관리시스템의 적용 현황 및 문제점**

산업계 현장의 배전시스템에는 플랜트의 업무와 관련된 방대한 양의 정보가 흐르고 있으나 대부분 이용되지 못하고 있다. 또한 전력설비들은 종종 원거리에 위치하거나 접근이 어려운 곳에 분산 설치되는 경우가 많다. 따라서 관련종사자의 인력소모가 많고 현장설비에 대한 관리도 소홀해지기 쉽다. 현재 우리나라는 일부 전력감시시스템이 적용되고 있으나 그 기능이 초보적이고 현장 근무자의 대부분도 감시/기록 기능만 사용하고 있는 형편이다. 일부 외국에서 도입된 제품들도 근무자의 운용 미숙과 영문 화면구성으로 그 성능들이 충분히 이용되지 못하고 있으므로 시스템 분석/제어의 기술을 이용한 에너지 사용 합리화라는 원래의 목적을 충실히 달성하지 못하고 있다.

한편, 우리나라에서는 Hardware 개발이 비교적 잘 진행되고 있으나 아직까지 시스템 감시용 Software 패키지의 국산화 개발이 만족스럽게 수행되지 않고 있으며 전력운용기술이 충분히 적용되지 않아 이들 분야에 대한 연구/개발이 필요한 실정이다. 특히 현장 실무자들에게 실질적인 도움이 되기 위해서는 사용하기 손쉽고, 다양한 한글화 화면구성과 함께 수용가별로 현장여건에 맞는 특유의 제어기술의 개발이 요구되고 있다.

**4. 전력관리시스템 제어기술**

전력관리시스템의 중앙감시기능을 이용하면 풍부한 데이터의 수집, 기록, 분석, 평가를 효과적으로 할 수 있게 된다. 시스템 감시용 소프트웨어 패키지를 이용하여 중앙에서 실시간의 계통상황을 보다 조직적인 방법으로 파악하는 것은 물론 기존의 상용 스프레드 쉬트나 데이터베이스 등과 같은 범용 프로그램과 전문해석기법을 이용하여 좀더 상세한 해석이 가능하도록 할 필요가 있다. 뿐만 아니라 최근에는 고조파감시와 고장시 파형측정 기능 추가 등과 같은 시스템 해석기술을 적용한 새로운 형태의 감시

제어 시스템으로 활용 범위가 점차 확대되는 추세이다(표-1참조).

〈표-1〉 PC를 이용한 전력관리와 실현방법

전 력 관 리	실 현 방 법
1. 수전일지의 기록 정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산프로세스의 감시, 관리</li> <li>• 각종 기록계의 설치</li> </ul>
2. Demand 감시에 의한 계약전력 초과 방지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최적전력의 설정</li> <li>• Demand 감시·제어</li> </ul>
3. 부하율의 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용실태 파악에 의한 최적인전 프로그램 작성</li> </ul>
4. 역률개선에 의한 사용 손실의 경감	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전력사용의 효율화, 손실의 저감</li> <li>• 최적 무효전력 보상</li> </ul>
5. 사용전력량의 목표 설정과 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산계획에 맞는 목표치의 설정</li> <li>• 생산성과 생산 프로세스의 점검</li> <li>• 원단위 개선방법의 수립</li> </ul>
6. 고조파 대책 마련	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고조파의 발생요인 파악과 영향 평가</li> <li>• 고조파 저감 기기설치/회로변경</li> </ul>
7. 전력설비의 보호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설비의 과부하, 고장 진단</li> <li>• 차단기/단로기 제어</li> <li>• 시스템 시뮬레이션 해석</li> </ul>
8. 고장분석 및 대책수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고장, 썬지, 모터기동시 파형 기록</li> <li>• 고장점, 원인 분석</li> </ul>

에너지절약과 설비운전의 효율향상 등을 도모하기 위하여 이용되는 전력관리시스템의 주요내용은 다음과 같다.

① Demand 감시·제어

수전점의 전력량을 계속 감시함으로써, 일 정시간(15분)내의 사용량이 설정값 이상으로 예상되면 정보 및 제어를 행하여 수용가의 목표전력이 초과하지 않도록 해당 부하를 제어.

② 역률 자동제어

계통의 무효전력 또는 역률을 계속하여, 전 상콘덴서를 개폐함으로써 역률을 최적인 상태(95% 이상)로 제어.

③ 전압 자동제어

변압기 2차전압을 감시하여, 설정전압과의 편차신호를 사용 OLTC 변압기의 탭을 전압 조정 계전기로 자동적으로 절환함으로써 적

절한 전압을 공급.

④ 수전계통 자동 절환제어

2회선 수전계통에 있어서 상용계에서 정전 이 발생할 경우 자동적으로 예비계에서 수전 되도록 제어를 하여 정전시간 단축을 도모.

⑤ 고조파 감시제어

60Hz 기본주파수의 63조파에 이르는 고조 파 성분을 분석하여 필터 등의 계통 설비제 어로 고조파 발생량 저감과 파급억제.

⑥ 모터의 보호 및 제어

플랜트의 주요 모터부하의 전기적 파라메 타를 계속하여 간단한 진단 및 보호.

전술한 전력관리 시스템의 기능을 살펴보면 크게 감시, 제어, 계측 및 기록기능으로 나눌수 있으며, 각각의 기능별 내용은 〈표-2〉와 같다.

〈표-2〉 전력 감시제어의 기능

기 능		내 용
감시기능	상시감시	실시간 측정데이터 감시 기기의 상태표시(차단기, 개폐기의 ON-OFF 상태)
	고장이상감시	이상, 고장의 표시(보호계전기의 동작 등)
	예방보호	변압기, 콘덴서, Gas절연개폐기 등의 상태진단
	고장/이상경보	계통내의 이상 또는 고장시 경보
제어기능	기본제어	기기의 조작(차단기, 개폐기)
	안전제어(긴급제어)	최대수요전력제어, 정전연동제어, 긴급정지 등
	성력화 제어	부하의 스케줄 운전
	성에너지 제어	부하역률 최적화제어, 변압기의 2차 전압제어
계측기능	디지털 계측	3상 전압과 전류, 고장파형
	내부 연산	전력, 전력량, 역률, 주파수, 고조파
기록기능	일보/월보 작성	전력관리 일보/월보(Wh, A, V, pf 등)
	고장/이상 기록	고장, 이상발생시 자동기록
	보수 관리	고장처리 사항, 변경 사항
	조작 기록	기기제어 Monitor 기록

### 5. 전력관리시스템의 도입효과

전력관리시스템을 도입함으로써 수용가에서 얻을 수 있는 효과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- ▶ 전 시스템의 중앙감시를 통한 생산성 개선
- ▶ 전력수요를 파악/분석하여 수요억제 및 전력사용 합리화
- ▶ 전압을 감시/조정하여 전기품질 향상 및 기기 효율/수명 개선
- ▶ 역률을 감시/조정하여 전기요금 절약
- ▶ 고조파 등 전력품질을 실시간추적, 기기생산성 개선으로 설비부담 저감
- ▶ 시스템 문제예측 및 대처(정전시간 단축, 사고 위치 정밀선정, 운전자에 경보)

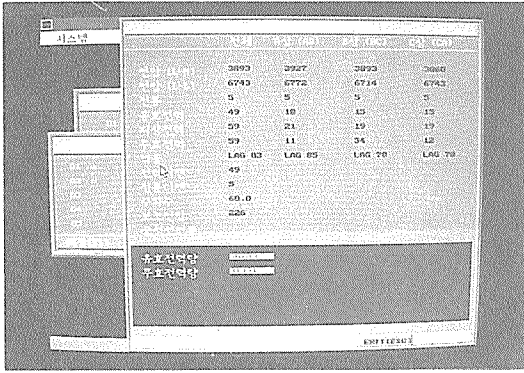
따라서 전력요금 절감, 공정품질개선, 산업 생산성

증대, 유지보수비 절감에 의한 수용가의 생산성향상과 피크부하를 줄여 국가적으로도 전력에비율 증대 측면에서 기여할 수 있다.

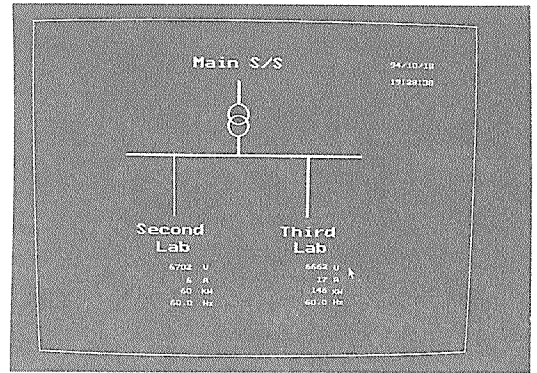
### 6. 수용가 전력관리 운용소프트웨어

이상의 내용을 토대로 하여 국내실정에 적합한 수용가 전력관리 시스템의 시스템 운용소프트웨어인 KSCADA(Korea SCADA)를 개발하게 되었으며 이를 간략히 소개하면 다음과 같다.

개발된 수용가 전력관리 운용소프트웨어는 사용자의 편의를 도모하기 위해 한글 및 마우스지원 풀다운메뉴로 작성되었다. 또한 전용 그래픽에디터를 개발하여 자체의 계통도 또는 감시하려는 설비자체의 그래픽처리가 가능한 것은 물론 그래픽처리 화면내의 원하는 장소에 감시·제어 데이터를 함께 나타낼 수 있도록 하였다(그림-2,3참조).



〈그림-2〉 전력관리 운용소프트웨어 실시간 데이터 출력화면 구성



〈그림-3〉 실시간 데이터 그래픽출력 화면

개발내용을 요약하면 다음과 같다.

- ▶ 프로그램을 편리하게 사용할 수 있도록 한글 및 마우스 기능을 포함하여 손쉽게 원하는 메뉴를 선택할 수 있도록 하였다.
  - ▶ 각 기능을 설명하는 도움말기능을 화면좌측에 표시하도록 하였다.
  - ▶ 수용가에서 각 공정이나 건물별 또는 설비를 쉽게 감시할 수 있도록 화면에 처리하기 위한 전용 그래픽에디터를 개발하였다.
- 특징 : ① 마우스를 사용하여 감시·제어 하고자 하는 대상화면을 작성할 수 있다.
- ② 원하는 감시·제어데이터를 대상화면의 원하는 위치에 표시할 수 있다.
- ③ 감시대상이 많아 질 경우, 한개의 화면을 화면당 6개로 구분하여 손쉽게 해당 지역의 화면을 선택할 수 있도록 하였다.
- ▶ 과거의 경향을 분석하기 위한 수집된 데이터 및 원하는 장치의 전압·전류파형을 쉽게 볼 수 있도록 하기 위해 그래픽기능을 지원하였다.
  - ▶ 측정된 파형으로 부터 FFT 변환에 의한 고조파분석 기능을 지원하였다.

## 7. 결 론

최근 우리나라는 산업사회의 진전으로 인한 전력부하의 급증 및 전력수요 과밀화와 용지확보의 곤란으로 인한 발전력 부족이라는 몇가지의 큰 문제점을 가지고 있다. 따라서 공급에비력이 급격히 떨어져 전력수급은 극히 어려운 상태가 되고 있어 비상시 산업설비의 보호와 평상시 전기 사용합리화가 절실히 요구되고 있는 시점이다.

이와 관련하여 수용가 전력관리 시스템을 개발하게 되었으며, 개발된 전력관리 운용소프트웨어는 수용가의 전력요금 절감, 전력품질 개선, 설비 신증설 계획수립, 설비의 최적운전, 생산성향상, 유지보수비 절감 등 많은 부문에 크게 기여할 것으로 기대된다. 또한 향후 현장시험을 통한 프로그램의 신뢰도 및 성능을 개선하며 동시에 하드웨어를 저가격으로 국산화하는 경우 국내 중소기업에 많은 도움을 줄 수 있을 것이며 보급이 확대된다면 이에 따른 성 에너지효과 및 경제효과는 클 것으로 예상된다. 끝으로 본고는 과학기술처에서 지원한 기관첨단사업의 일환으로 수행 되었음을 밝힌다.