

# 전력설비의 자동화 운용관리 (1)

글/에이스 기술단 윤갑구

## 글 실는 순서

1. 전력계통과 전력설비 현황
2. 전력계통의 에너지관리시스템
3. 배전자동화시스템
4. 수력발전소와 변전소의 원격감시제어
5. 퍼스널 컴퓨터를 이용한 수변전설비 감시시스템
6. 건물자동화시스템
7. 상하수도 감시제어시스템
8. 도시관리시스템

## 1. 전력계통과 전력설비 현황

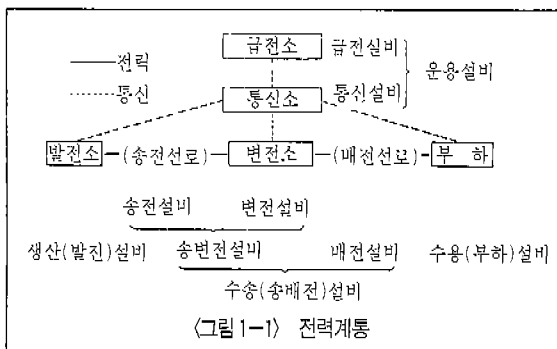
### 가. 전력계통의 구성

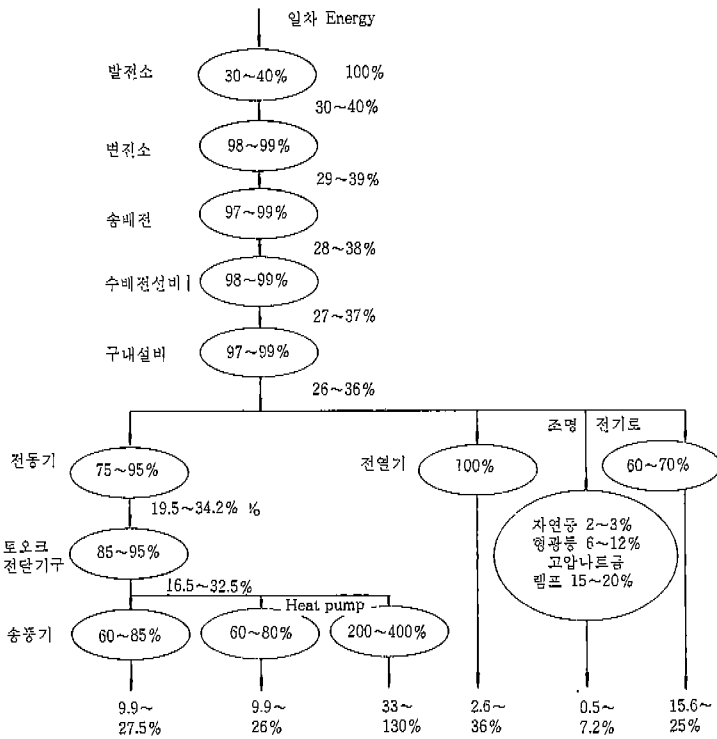
전력계통은 전기에너지를 생산하고 그것을 소비지점까지 수송하여 수요를 만족시키는 계통이다. 따라서 전력계통은 <그림 1-1>과 같이 전력을 생산하는 수력발전소, 화력발전소, 원자력발전소 등의 발전설비와 생산된 전력을 수송하고, 배분하기 위한 송전선, 변전소, 배전선 등의 수송설비(또는 유통설비) 및 수송 배분된 전력을 소비하는 전동, 전열기, 전동기 등의 부하설비 즉 수용설비 등으로 구성되어 있다. 다시 이들을 유기적으로 결합하고 합리적으로 운용하기 위한 급전설비, 통신설비 등의 운용설비가 있다.

### 나. 전기에너지의 특징

전기에너지는 맛, 냄새, 빛같이 없는 무형물로서 청결한 고급에너지이고 빛, 열, 동력, 전파 등의 여러 가지 에너지 형태로 쉽게 변환시킬 수 있으며, 즉시 사용할 수 있고, 쉽게 제어할 수 있는 융통성이 많은 유효한 에너지이다.

전력은 수력, 화력, 원자력 등의 원동력이 되는 물, 석탄, 가스, 우라늄 등의 1차에너지를 전기에너지의 형태로 변환시키게 되는데, 변환과 수송과정에서 <그림 1-2>와 같이 에너지의 손실이 발생한다. 수력을 제외한 대부분의 일반 발전방식이 1차에너지





〈그림 1-2〉 전기에너지의 전달경로와 효율

를 연소시켜서 보일러의 물을 끓이고, 고온고압의 증기를 발생시켜서 터빈과 터빈축에 연결된 발전기를 회전시켜 전기를 발전한다. 이때 터빈을 통과한 증기는 저온저압으로 되어 동력에너지로의 변환이 곤란하므로 복수기에서 냉각시켜 물로 환원하고 이 물을 보일러에 재급수 하도록 되어 있다. 여기서 복수기의 인손실이 60% 이상으로 되기 때문에 기력발전기의 효율은 40% 이하로 낮다. 최근에는 복수기의 열을 공정에 이용하거나 지역난방 등에 이용하는 열병합발전(Co-Generation)방식의 보급이 증대되고 있다.

전력은 비교적 값비싼 에너지이며 화재, 감전 등의 전기재해를 유발시킬 수 있는 위험한 에너지이고 풍수해, 낙뢰 등의 천재지변과 설비의 고장이나 인위적 피해를 받아 전기사고가 불가피하다. 특히 전력은 경제적으로 많은 양을 저장하기 어렵고 생산과 소비가 동시에 이루어져야 한다. 만약 전력의 수급에 불균형이 생기면 계통 주파수와 전압이 변동하게 된다. 이때에 주파수변동은 유효전력의 불균형으로

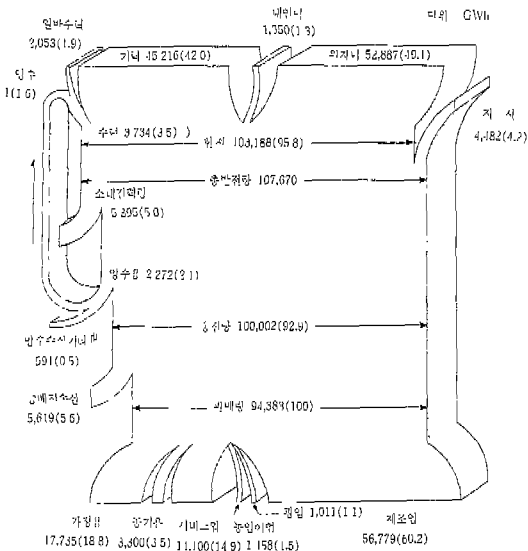
발생하며 전계통이 동시에 변동하고, 전압변동은 주로 무효 전력의 불균형으로 발생하는데 장소에 따라 다른 값을 가지게 되는 국지적 변동특성을 가지고 있다.

또, 전력수요는 시간적, 계절적으로 변동하는데 제한없는 공급을 위해서는 최대부하 이상의 공급능력과 적당한 예비력을 확보해야만 한다. 아울러 전력계통을 경제적으로 운용하기 위하여 경제급전을 실시해야 한다. 그리고 최대부하를 억제하고 경부하를 부양시켜 부하율과 이용율을 향상시키는 부하관리방안을 적극적으로 도입해야 한다.

전력은 국가 기간산업의 원동력이며 국민 문화생활의 원천이 되고 있으므로, 항상 양질의 전기를 경제적으로 안전하게 공급해야 하는 공익사업이고 막대한 설비투자 사업으로서 이층 투자에 의한 낭비방지과 전력공급의 질서유지를 위한 독점사업형태이다.

#### 다. 전력수급 현황

1990년도 전력수급 현황을 살펴보면 〈그림 1-3〉과



〈그림 1-3〉 1990년도 전력수급 현황

같이 총 발전량은 107,670GWh이고, 에너지원별 발전전력량 구성비는 원자력이 49.1%인 52,887GWh이며, 오일이 17.5%인 18,857GWh, 유연탄이 16.1%인 17,331GWh, LNG가 8.9%인 9,604GWh, 무연탄이 2.5%인 2,630GWh, 수력이 5.9%인 6,361GWh를 차지하고 있다.

따라서, 우리나라의 전력은 수입에너지인 원자력과 유연탄 및 석유 등에 대부분 의존하고 있는 실정이다. 전기에너지 사용합리화의 필요성이 절실히 요구된다.

판매량 94,383GWh의 업종별 구성비는 제조업이 60.2%, 가정용이 18.8%, 서비스업이 14.9%, 공공

용이 3.5%, 농림어업이 1.5%, 광업이 1.1%를 차지하고 있다.

전년도에 비하여 가정용과 서비스업의 사용량 비율이 높아지는 경향이다.

#### 라. 전력설비 현황

한국전력계통의 1990년도 12월말 설비현황을 살펴보면 다음과 같다.

발전설비는 60개 발전소에 237대의 발전기가 있으며 설비용량은 21,025MW이다.

1990년도말 발전설비 및 에너지량은 〈표 1-1〉과 같다.

송전설비는 345kV, 154kV, 66kV, 22kV 설비로서 총 회선공상은 19,432C-km이다. 그 중 가공송전선이 18,972C-km이고, 지중송전선이 460C-km이다.

변전설비는 304개 변전소에 51,684MVA의 변전설비와 2,765MVA의 진상설비를 구비하고 있다.

배전설비는 고압 배전선로의 공장이 105,865km이고, 저압 배전선로의 공장은 125,395km이며 변압기 대수가 602,101대이고, 18,045MVA의 용량을 구비하고 있다.

수용설비는 수용호수가 9,315,211호이고, 판매 전력량이 944억KWh이다.

#### 마. 자가용전기설비

전기사업법 제 2 조의 10과 동시행령 제 9 조 및 동시행규칙 제 1 조 ②항에서 정한 자가용전기설비는 전기사업용 전기설비 및 일반전기설비외의 전기설비로서 다음과 같다.

- 석유화학 지원사업자의 전기설비
- 열병합발전자의 전기설비

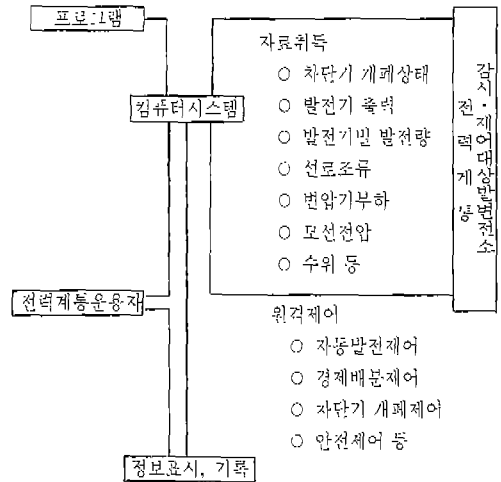
〈표 1-1〉 1990년말 발전설비 및 에너지량

구분	발전소 [개소]	발전기 [대수]	설비용량 [MW]	구성비 [%]	발전량 [GWh]	구성비 [%]
원자력(N/P)	4	9	7,616	36.2	52,887	49.1
기력(T/P)	18	44	9,912	47.2	47,097	43.7
내연(D/P)	18	97	1,153	5.5	1,048	1.0
열병합(CGS)	—	—	—	—	276	0.3
수력(H/P)	28	87	2,340	11.1	6,361	5.9
합계	68	237	21,021	100.0	107,669	100.0

〈표 1-2〉 자가용전기설비 현황

구분	저압	고압 이상				합계
		300kW미만	300~500kW	500~750kW	750kW이상	
호수(호)	11,397	20,085	5,474	3,633	4,677	45,266
점유율(%)	25.2	44.4	12.1	8.0	10.3	100

- 600V 이상의 전기설비
  - 75kW 이상의 수전전력으로 수전하여 그 수전 장소와 동일구내에서 그 전기를 사용하는 전기설비
  - 자가용전기설비를 설치하는 자가 그 자가용전기설비의 설치장소와 동일구내에 설치하는 전기설비
  - 폭발성 또는 인화성의 물질이 있어 전기설비에 의한 사고발생의 우려가 많은 장소(화약류 제조사업장, 감종탄광 등)에 설치하는 전기설비
  - 극장, 영화관 기타 흥행을 목적으로 하는 곳, 또는 공회당 기타 공중집회를 목적으로 하는 건물에 설치하는 수전전력 20kW 이상의 전기설비
- 1990년도 말 현재 자가용전기설비 현황은 〈표 1-2〉와 같으며 산업의 발전과 국가경제 규모의 증대에 따라 해마다 크게 증가하고 있다.

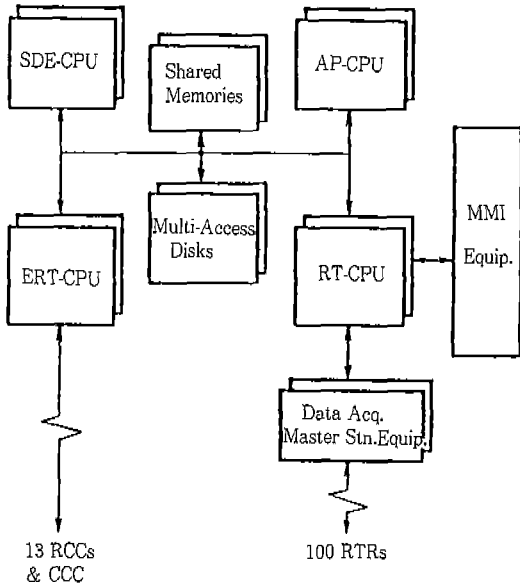


〈그림 2-1〉 전력감시제어시스템의 개념도[10]

〈표 2-1〉 자동급전 전후의 비교[1]

항목	구분 연도	자동화 전 후					비고 (단 위)
		1978	1979	1980	1981	1982	
주파수유지율(±0.2Hz)		79.1	91.3	95.0	96.6	97.7	%
154KV전압유지율(±5%)		87.5	90.6	93.1	98.5	99.4	%
발전소효율		34.0	34.93	35.63	36.39	36.73	%
송변전손실율		3.61	3.06	2.77	2.71	2.61	%
발전설비사고		2.492	2.521	1.761	1.643	1.000	건/100MW
변전설비사고		0.602	0.619	0.304	0.337	0.360	건/100MVA
송전설비사고		1.065	1.055	0.851	0.659	0.160	건/100km
배전설비사고		4.832	2.800	3.192	3.541	3.180	건/100km
연료비절감액*		39	203	569	573	804	억 원
발전설비		6,916	8,033	9,391	9,835	10,304	MW
총발전량		31,510	35,600	37,239	40,207	43,122	GWh

\* 연료비절감액 = 계획된 연료비 ×  $\frac{\text{실적발전량}}{\text{계획발전량}}$  - 실적연료비



AP-CPU : Applications CPU (A1, B1)  
 RT-CPU : Real-Time CPU (A2, B2)  
 ERT-CPU : Extended Real-Time CPU (A3, B3)  
 SDE-CPU : Software Development/Engineering CPU (A4, B4)  
 MMI : Man-Machine Interface

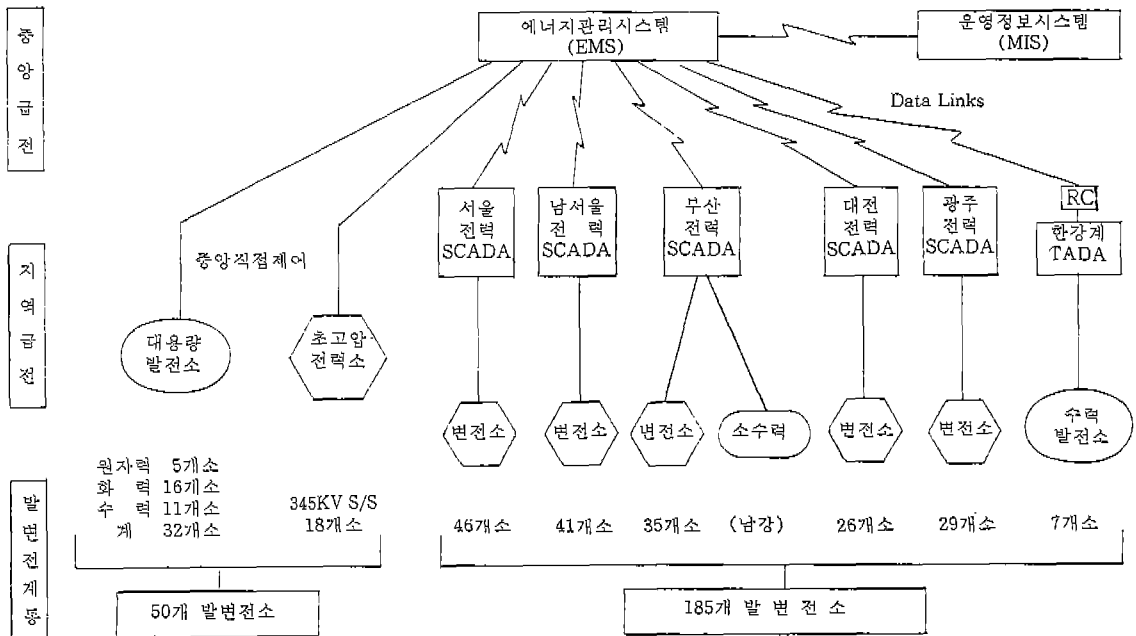
(그림 2-2) 에너지관리시스템 간략구성도

## 2. 전력계통의 에너지관리시스템(EMS)

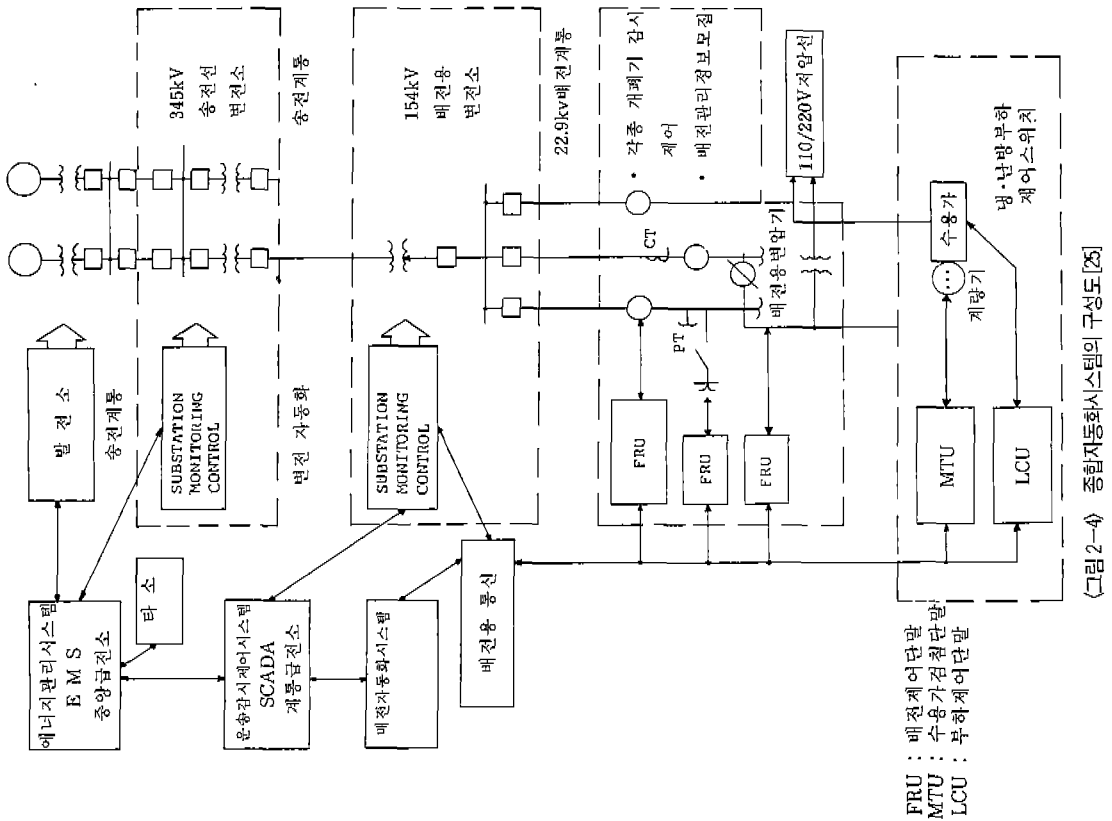
### 가. 중앙급전 자동화

1960년대 전력계통 운용의 자동화에 컴퓨터시스템이 이용되기 시작한 후에 컴퓨터 시스템의 하드웨어는 물론 소프트웨어와 통신기술의 비약적인 발달로 초기에 경제급전(Economic Load Dispatch) 위주로 활용되던 것이 최근에는 안전(Security)감시와 제어를 포함하는 진보된 응용기술(Advanced Applications)이 실용화되고 있다. (그림 2-1)은 컴퓨터를 이용한 전력감시제어시스템의 개념도이다. 한국전력공사에도 이러한 실정을 감안하여 '79년 6월부터 중앙급전지령소에 전력계통설비를 온라인 리얼타임으로 원방 감시제어하며, 자동발전제어를 할 수 있는 2중 컴퓨터 시스템으로 구성된 자동급전시스템(AGC/S-CADA System)을 도입하여 운용함으로써 (표 2-1)과 같은 많은 성과를 얻었다.

그후 88년 10월부터는 (그림 2-2)와 같이 기능과 규모를 보강한 최신기술의 에너지관리시스템(EM-



(그림 2-3) 한전 EMS/SCADA시스템의 계층제어 구성도

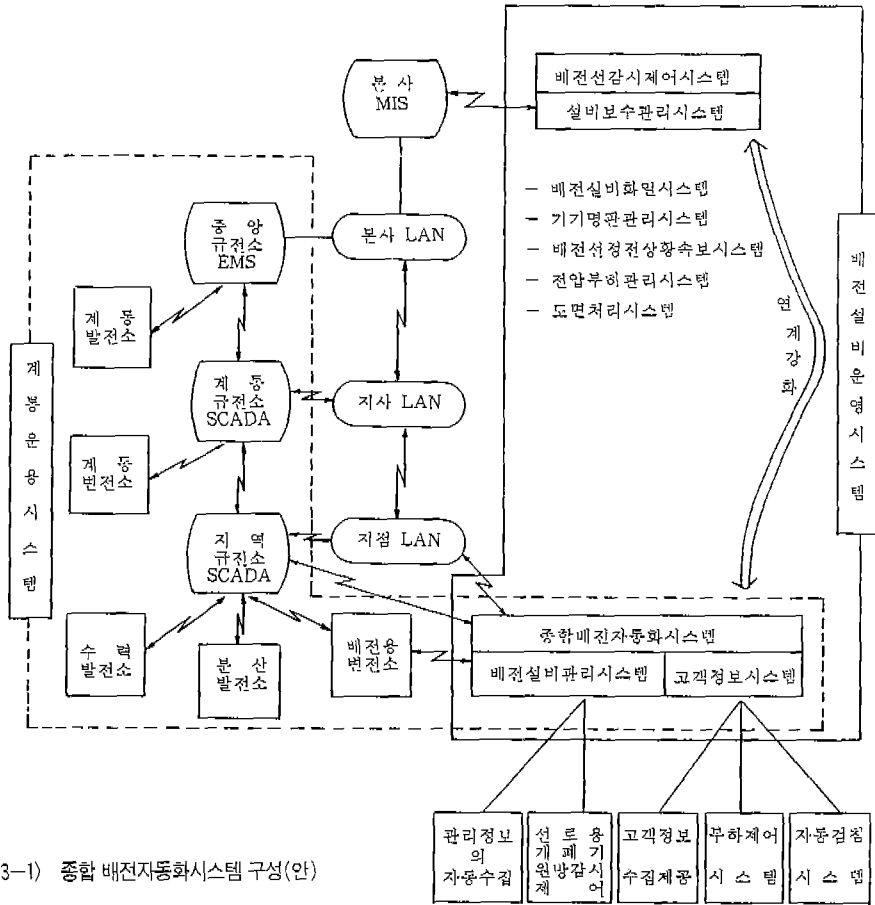


S:Energy Management System)으로 확장하였다.

나. 지역급전 자동화

'81년 4월부터 운용되기 시작한 서울전력관리본부의 집중 원방감시제어시스템(SCADA:Supervisory Control and Data Acquisition)과 '83년 3월에 준공한 남서울전력관리본부의 SCADA 및 '85년 11월에 준공된 부산전력관리본부 SCADA와 대전전력관리본부 및 광주전력관리본부의 SCADA 시스템에 의하여 지역급전 자동화가 이루어져 가고 있다. 아울러 '86년 3월에 준공된 한강계 수력발전소의 원방감시제어시스템(TADA System)은 발전량증대와 인력절감 및 홍수조절로 수력자원의 효과적 운용을 가져오게 되었으며, (그림 2-3)과 같이 계층구성(Hierarchical Structure)으로 발전되고 있다.

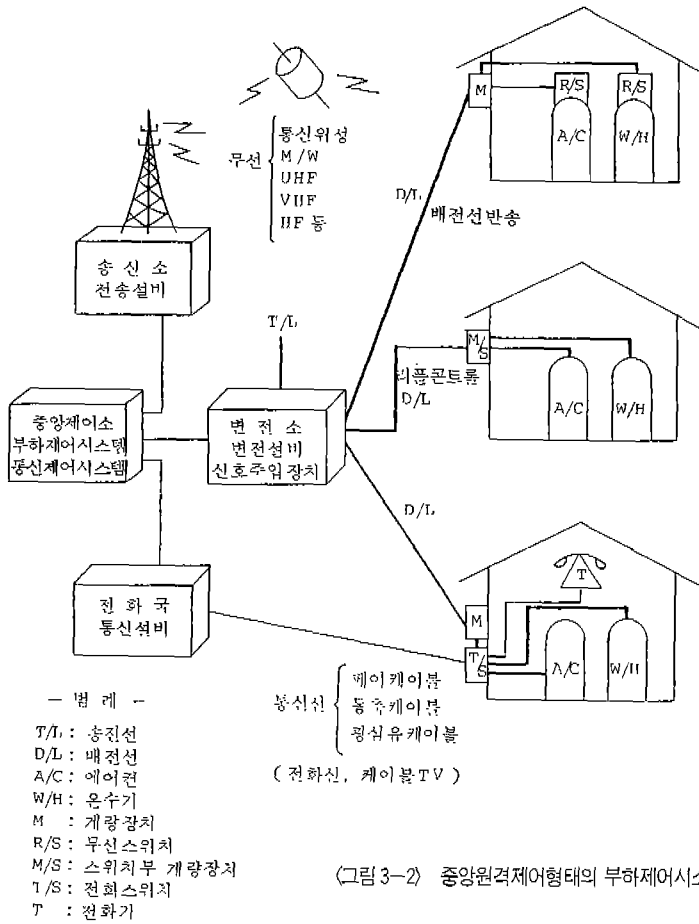
장차는 이들 지역급전 자동화시스템은 대구, 제천 등 전국으로 확대될 계획이며, 중앙급전 자동화시스템과 현재 연구중에 있는 배전자동화시스템과 데이터연계(Data Links)하여 (그림 2-4)와 같은 종합자동화시스템을 구축할 것이다. 아울러 소양강, 대청, 충주, 안동, 합천, 섬진강 등의 다목적댐과 수도권, 금강, 대청, 낙동강 등의 광역상수도를 건설 관리하고 있는 한국수자원공사에서도 수자원과 수력발전의 합리적관리로 용수공급과 수질보전 및 홍수조절의 효과를 제고하기 위하여 건설부의 홍수예경보시스템 및 기상대의 기상예경보시스템과 한전의 EMS/SCADA시스템과 자료연계를 갖는 수자원종합관리시스템(WEMS:Water Resources and energy Management System)을 구축하고 있는 것으로 알려지고 있다.



(그림 3-1) 종합 배전자동화시스템 구성(안)

<표 3-1> 통신방식별 부하제어기술 특징

통신방식		특	징
무	선	- VHF-FM 라디오방식이 많이 보급됨 - 최근 패킷(Packet)라디오 방식은 개발 보급중 - 간단하고 저렴하여 신뢰성이 높음 - 양방향 통신이 곤란하고 난청지역 문제가 있음	
전 력 선	배전선방송	- 고주파 신호방식 - 기능이 다양하고 양방향 통신가능 - 복잡하고 고가이며 신호감쇄와 라디오장애 문제 있음	
	리플	- 저주파 신호방식, 양방향 통신 실용화중 - 수신기 가격이 저렴하고 신호감쇄가 적으며 신뢰성이 높음 - 전체설비비가 고가이고 아직은 제한된 양방향 통신	
전	화	- 일반 전화선 이용 - 설비가 간단하고 양방향 통신이 가능하며 신뢰성이 높음 - 회선사용료 부담과 통화량 폭주시 시간지연 문제가 있음	



### 3. 배전자동화시스템

#### 가. 종합배전자동화시스템

전력회사에 따라서 배전자동화의 정의는 크게 다르다. 감시와 계측만을 가르키는 정도로부터 고객정보시스템까지를 포함한 시스템 전체를 가르키는 경우도 있다. 여기서는 넓은 의미에서의 종합배전자동화시스템 구성(안)을 <그림 3-1>에 나타냈다. 이 시스템은 종래의 배전선 자동화(Feeder Automation) 시스템 기능과 최근의 수용가 자동화(Customer Automation) 또는 고객정보시스템(CIS: Customer Information System) 기능을 겸비한 것이다. 배전선 자동화 시스템은 배전선 감시제어시스템으로서 배전관리정보의 수집과 선로용 개폐기의 원방감시제어 기능을

수행한다.

고객정보시스템은 고객 정보수집제공과 부하제어 및 자동검침 기능을 구비한다. 여기서는 부하제어 시스템 및 자동검침시스템에 대하여 좀더 구체적으로 설명한다.

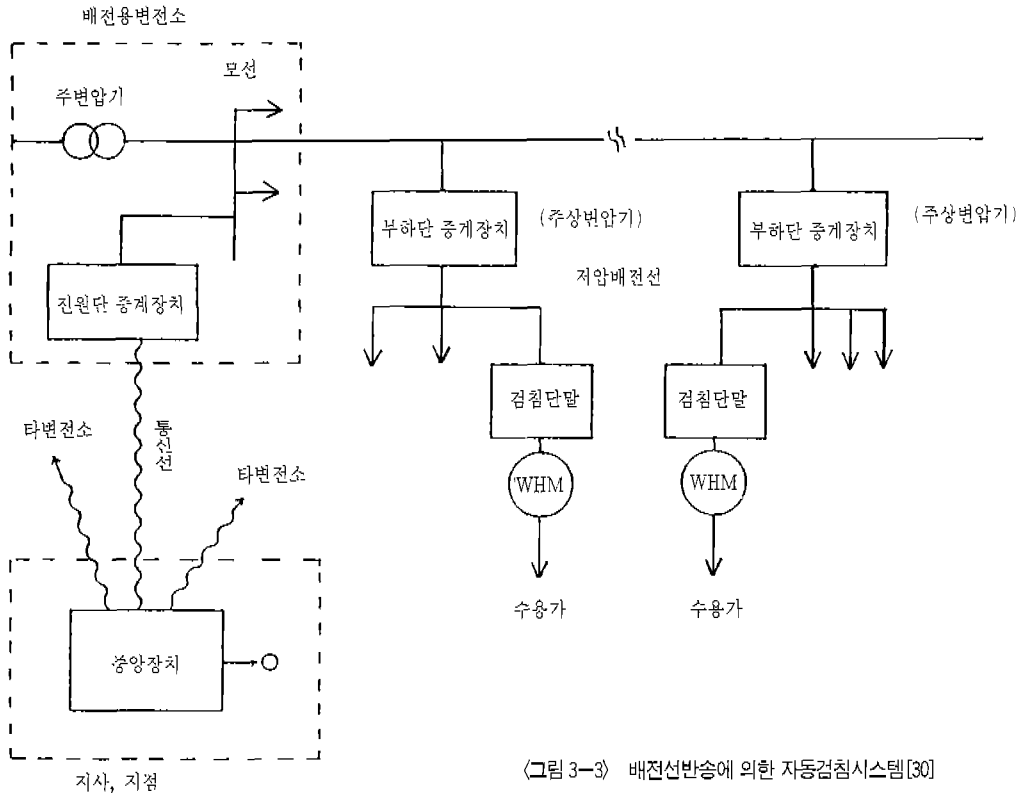
#### 나. 부하제어시스템

전력회사에서 수용가의 부하를 제어하고 관리하는 데는 중앙원격제어와 분산제어 및 수용가제어의 세 형태가 채용되고 있다. 이들에 대한 현황을 살펴보면 다음과 같다.

##### (1) 중앙원격제어

전력회사 중앙제어소의 제어용 계산기로부터 직접 수용가 부하를 원격제어하는 방식이다. 중앙 제어소와 수용가의 통신방안은 <그림 3-2>와 같이 무선방





〈그림 3-3〉 배전선반송에 의한 자동검침시스템[30]

식, 전력선반송, 리플콘트롤, 통신선 등에 의한 방법을 채용하고 있다. 통신방식별 부하제어기술 특징은 〈표 3-1〉과 같다.

한국전력공사에서는 1990년 여름에 최대부하억제 대책으로 무선방식에 의한 냉방부하 원격제어 실증 시험을 실시한 바 있고 그의 보급을 추진하고 있다.

(2) 분산제어

디멘드 콘트롤러라고 부르는 프로그램형 전력관리 장치가 중심이다. 미국 플로리다 전력전등회사에서는 상공업용 부하제어에 이 방식을 채용하였다.

제어용 계산기에는 퍼스널 컴퓨터 IBM PC/AT 호환기종을 사용하고 공중전화선을 통해서 수용가측의 제어장치에 신호를 보낸다. 이 장치를 SSDR(반도체 정지형 데이터 수신기)이라고 부르기도 한다. 부하제어 프로그램은 수용가에 의해서 설정되고 부하조정상태는 중앙의 퍼스널컴퓨터에 의해 모니터되고 있다.

(3) 수용가 제어

수용가 판단을 가미해서 현장제어하는 것이다. 전력회사로부터의 신호를 트리거로 수용가측에서 독자적으로 부하제어를 하는 방식이다.

기계식 타이머와 온도감응 사이클러 및 인터록크 장치 등이 여기에 속한다.

다. 자동검침시스템과 다기능 계량장치

그동안의 검침방안은 전력회사의 검침원이 일일이 수용가를 방문하여 계량기의 눈금을 읽어 오는 방법을 사용해 왔다. 최근 인건비의 상승과 전자장치 및 통신기술의 발달에 따라 자동원격검침의 필요성과 경제성 및 실용성이 증가되고 있다. 더우기 앞에서 소개한 배전자동화시스템과 고객정보시스템 또는 직접부하제어시스템의 발전과 관련하여 자동검침시스템의 도입이 활발해지고 있다. 〈그림 3-3〉은 배전선 반송(DLC)에 의한 자동검침시스템의 표준적인 블록도이다.

아울러 지금까지 100여년 가깝게 사용해 온 기계식 또는 아날로그식 전력량계는 기능이 한정되어 있어서 이제부터 수용가 서비스의 요구들, 예를 들면, 자동검침, 부하제어, 실시간(Real-Time) 요금제도 등에 대응하기 어렵다. 많은 전력회사에서는 제작사와 공동으로 또는 독자적으로 다기능 계량장치(전자식 전력량계 또는 Smart Meter)를 개발하고 있다.

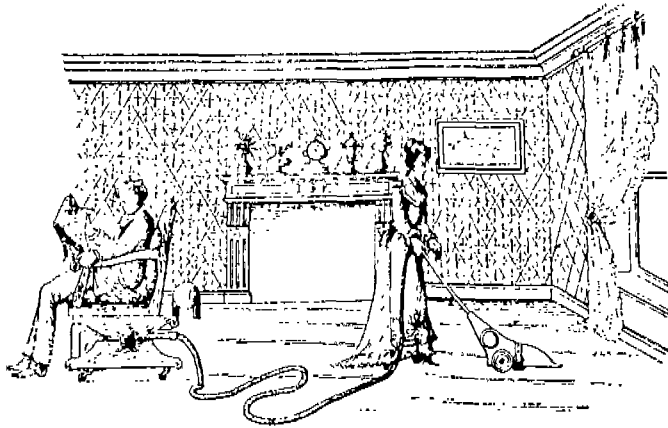
이와 같이 다기능 계량장치는 반도체 기술과 마이크로 프로세서 및 변경가능한 소프트웨어의 조합으

로 실현되고 있다. 전력량외에도 각 시간의 전력, 전압, 전류, 역률, 기온 등을 계측해서 기억할 수 있다. 개개의 가전제품의 동작과 파악할 수 있는 높은 정도의 기능을 갖고 있다. 어떤 것은 일정한 규칙에 따라서 순번으로 여러 가지 정보를 액정창에 표시할 수 있다. 이러한 정보를 원격취득할 수 있는 데이터 전송기능이나 휴대용 컴퓨터에 그의 정보를 읽어 들이는 다운로드기능도 갖추어서 장래의 수용가 서비스에 대응시키고 있다. ㊦

휴게실

♣ 진공소제기

이처럼 천연스러운 발명들 중에서 최대결작이라고 알려진 것이 진공소제기이다. 그림에서 보는 바와 같이 주인은 안락의자에 앉아 있고 부인은 맨틀피스 앞에서 페르사용단을 소제하고 있다. 자연스러운 환경의 그림 같으나 어떻게 하여 그렇게 할 수 있느냐가 문제이다.



의자에 앉은 사람은 몸을 앞뒤로 흔들어야 한다. 그러면 의자 밑에 붙어 있는 두 개의 풀무가 교대로 공기를 빨아 들인다. 그 빨아 들이는 주동이에 파이프를 붙여서 그 끝에 진공소제기를 장치한 것이 이 대발명이다. 정말 훌륭한 아이디어라고 칭찬하고 싶으나 안락의자에 앉아서 흔들거리는 정도로는 기껏 30W의 출력이나 될까? 오늘날 가정에서 쓰고 있는 소제기는 적어도 500W의 출력이 있는 것이다. 이에 견주어 볼 때 그림에서의 방을 소제하는 데는 아무래도 2시간은 걸릴 것이다. 그러나 이와같은 상류가정에서는 그 같은 시간에 상관할 필요는 없을는지 모른다. 여기에 하나를 더 곁들일 수 있는 좋은 생각이 있다고? 풀무에서 빨아들이는 공기를 배기하는 파이프를 달고 그 끝을 앉아서 풀무질하는 사람에게 쓰이게 하면 훌륭한 선풍기가 된다는 것. 그러나 될 수 없는 일이다. 빨아들인 먼지가 그대로 바람과 함께 나올 것이므로 그러면 안락의자에 앉아 풀무질 할 때의 땀은 식혀줄는지 모르나 그 먼지를 어떻게 감당할 것인가? 그 때는 그 중간에 필터를 달면 된다. 그러나 그렇게 하면 저항이 증가하여 풀무질하는 주인은 땀을 뻘뻘 흐리며 오르막을 오르는 자전거 탄 사람의 꼴이 되어야 할 것이 아닌가? 그래서 선풍기를 겸용하는 것은 피할 것 같다. 과연 천재적인 두뇌의 소유자들이다.