

전력설비 종합자동화의 현황과 전망

이 용 해

한국전력 중앙전자통신소장

전력설비의 효율적 운용과 공급신뢰도를 높이기 위한 노력은 옛날부터 계속되어 왔으며 그때 그때의 기술개발 수준에 상응한 시스템을 설치, 운용하여 왔다.

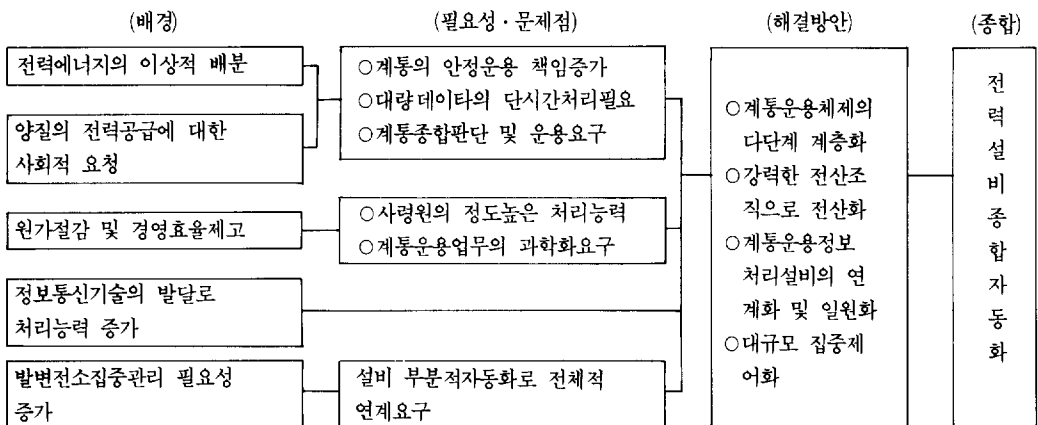
기계식 또는 논리회로로 구성된 Feed back 형태의 AFC, Telemetry 장치 등에서 10년전부터는 서서히 전력설비에도 전산조직이 도입되기 시작하여 오늘날에는 컴퓨터없이 설비운용이나 보수를 상상할수 없게 되었다. 그러나 컴퓨터에 의한 자동화는 전력설비운용과 전력계통운용으로 구분되어 산발적

으로 이루어져 왔으며 또 발전, 송전, 배전 등의 분야별로 독자적으로 추진되어 왔다.

그러나 오늘날과 같이 초고압 기간송전망의 구성, 대용량발전기 병입 등 복잡하고 대형화된 전력계통이나 설비운용을 부분적인 자동화에 의존하여 운전하기는 곤란하게 되었다.

다시 설명하면, 전력계통전체의 판단과 처리는 중앙급전에서 하며 지역전력계통 운용은 지역배전사령실에서 담당하고 또 기기운전업무는 각 발·변전소에 관장하는 종래의 방식은 전압계급이나 운용조직간에

표 1. 전력설비 종합자동화 필요성



다소 문제가 있었다. 따라서 전체계통에 걸쳐 설비 운용의 효율화, 공급신뢰도 향상 등 안정된 전력계통확보를 위하여는 중앙급전지령소, 지역배사가 자동화되어 발전, 송전, 변전, 배전, 급전 등의 전문분야가 일체화된 종합적인 계층제어시스템을 구성하는 것이 합리적인 방법으로 평가되고 있다.

결국 각 레벨을 연계시킨 계층제어시스템이 구축되어 자동화된다면 기기조작자와 조작지령자가 서로 다른 종래 형태에서 기기조작자=조작지령자(계통상태파악자)의 상태로 전환되므로 계통운용업무가 일관성 있고 효율적으로 처리됨은 물론 사고시나 긴급한 경우 신속처리가 가능하게 된다.

이상과 같은 컴퓨터중심의 계통구조형태를 종합자동화라고 부르며 이하 각 계층의 기능이나 연계성 등을 알아보기로 한다.

I. 각급제어시스템의 현황

1.1 중앙급전의 에너지관리시스템(EMS)

1979년에 최초로 전국전력계통운용 자동화를 목적으로 미국 L&N사의 LN5400이중컴퓨터시스템이 설치된 이래 근 8년에 걸쳐 계통안정, 신뢰도향상, 발전연료비절감 등의 많은 업적을 올렸다. 그러나 전력공급규모의 대용량화와 엄격할 정도의 고품질요구 추세로 인하여 LN5400시스템은 하드웨어도 미

흡하고 소프트웨어적으로도 진일보한 기능이 요구되었다.

또 계통운용의 주안점자체도 변천되어 과거에는 발전에비력부족으로 발·송·변전설비의 최대가동을 통하여 공급력확보에 주안점을 두었으나 현재에는 경제적인면 추구가 중심이 되어 화력이나 원자력 대용량발전소의 「기동/정지」에 의한 대수제어에 두고

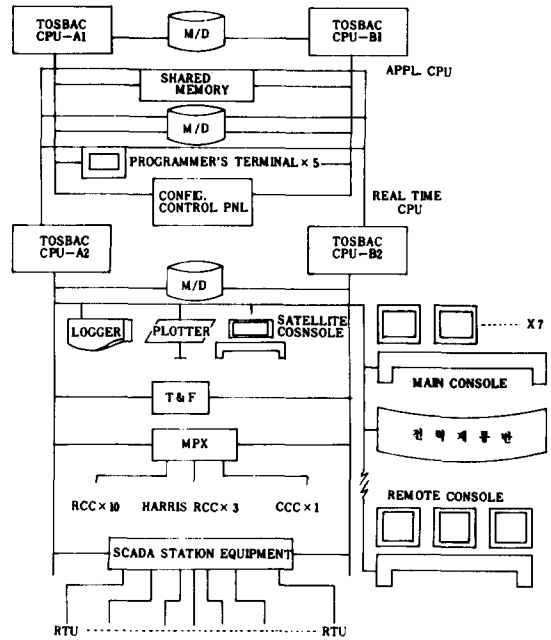


그림 1. EMS구성도

표 2. 하드웨어 구성 개요

중앙장치 (TOSBAC-6400)	중앙제어장치(CPU)	TOSBAC-7/70G × 4대 32BIT, 2.8MIPS
	기억장치(MAIN) (보조)	8MB 268MB
	콘솔(CRT부)	7대-운전용4, 교육용1, 기술자용1, 비상용1
	주변장치(MMI, I/O용)	계통반1, 레코더20, 기록기7, XY Plotter 1, 프로그래머 단말5
데이터링크 장치	지역급전소	7개 제어소 연결 가능
	원격콘솔	3개소
	RTU	100대 연결 능력
	IBM 컴퓨터	1대 링크
원격소장치 수용	화력발전소	16개소(서울화력외)
	수력발전소	11개소(청평수력외)
	원자력발전소	4개소(고리외)
	345KV 전력소	18개소(서서울외)

■ 전력설비종합자동화의 현황과 전망

있으므로 계통해석프로그램, 안전제어운용및 계획프로그램 등 고급소프트웨어를 필요로 하게 되었다. 이러한 여건에 부응하여 최신기술이 집약된 새로운 차원의 EMS(Energy Management System)를 중앙급전에 설치하게 되어 1987년 중에 가동을 개시할 것으로 보인다.

1.1.1 EMS 구성

시스템의 블록도는 그림1과 같고 하드웨어의 주요 제원은 표2와 같다.

1.1.2 EMS의 주요기능

전력에너지의 이상적배분과 시시각각으로 변화하는 수요에 대응하여 양질의 전력을 공급한다는 기본 목표달성을 위하여 구비하는 EMS의 기능은 표3과 같으며 과거의 시스템과 비교할때 안전제어, 운용 및 계획, 급전원 훈련기능 등이 추가되었다고 볼 수 있다. 참고로 계통해석프로그램에 관한 관련도는 그림 2와 같다.

1.2 한강수계자동화시스템(HRCC)

한강수계 수자원의 효율적 이용으로 발전력을 증대하고 원방감시제어에 의한 인력감축, 신뢰도 향상

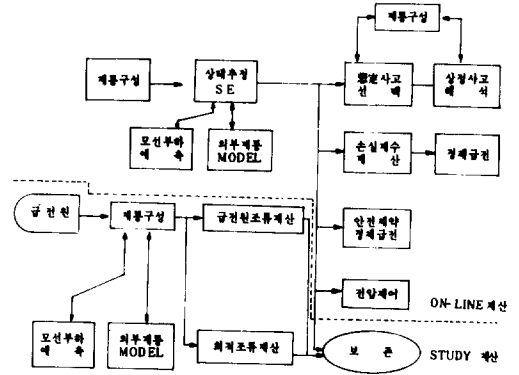


그림 2. 계통해석프로그램 관련도

등의 목적으로 자동화에 착수한지 5년만인 86년 1월에 준공을 본, HRCC는 국내 수력발전소 운전자동화 분야에서 최초라는데 큰 의의가 있겠다.

북한강계 6개 수력발전소 전력설비 원방감시제어를 하는 것 이외에도 남한강계 3개소(충주, 양평, 여주) 수위측정과 한강홍수통제소로부터 지역평균강우량을 수신함으로써 기상정보와 연관한 수자원의 종합분석이 가능하게 되었다. 지역감시제어체계는 그림3과 같다.

PANAFACOM PFU-1500 II 전산기를 사용하는 HRCC의기능을 보면 다음과 같다.

표 3. EMS기능 및 처리업무

機能	對象設備(業務)	實行時間	備考
電力系統監視	• 345KV 및 154KV 全發變電所의 운전상태, 出力, 전압, 수위등	STATUS : 2초 ANALOG : 2~10초	연산, 경보 기록
中央集中 원방제어	• 설비의 운전정지, 송전선로 ON/OFF, 변압기 TAP等	수 시	人力감소
發電制御	• 發電機出力, 周波數制御, 送電損失 운전예비력계산	계산 : 2초 제어 : 4초	경제급전
安全制御	• 狀態推定, 想定事故解釋, 電壓制御等	每 30分	사고예측 사전경보 예방조치
運用 및 計劃	• 發電機運用計劃, 負荷예측, 최적조류계산등	수 시	효율적에너지관리
階層制御	• 地域給電시스템(SCADA)과 자료 연계 10개소	STATUS : 2초 ANALOG : 10초 제어는 수시	전체계통 종합제어
급전원 교육	• SIMULATOR로 계통특성과악, 사고想定 조치 및 평가	수 시	요원양성

■ 특집 / 전력통신시스템

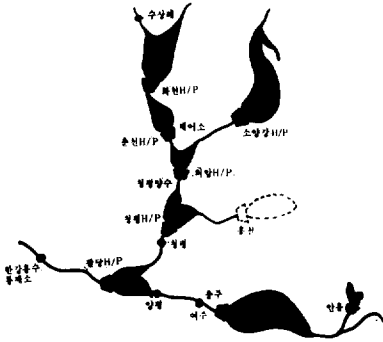


그림 3. 한강수계 감시제어 지역도

<원방제어>

ON / OFF제어으로써 발전기 17대, 차단기 및 단로기 186대

<원격감시>

- 전력계통반으로써 기기운전상태, 송전선조류, 사고상황
- 제어반으로써 UNIT별 운전상황, 송배전선 운전상태
- 기록계반으로써 발전소별 출력, 주파수, 모션전압
- 미니수계반으로써 발전소 운전상황, 각댐 및 하천의 수象상황

시스템의 구성도는 그림4와 같다.

1.3 지역급전 SCADA시스템

지역전력수급안정을 위한 통제업무를 담당하는 배전사령실을 중심으로 급전업무와 설비운전업무를 자동화하는 것이 SCADA(Supervisory Control And Data Aquisition)시스템으로 볼 수 있다. 현재 전력관리처단위로 345KV 및 154KV 변전소를 대상으로 SCADA가 구성되어 있으며 그 업무를 보면 관내 계통운용총괄, 운용계획작성 및 실적집계, 관할 발변전소의 운전 등을 들 수 있다.

중앙급전의 자동화에 이어서 1981년 미국 HARRIS사 M7500시스템을 서울지구 20개 변전소를 대상으로 처음 설치한 이래 남서울, 부산지역 SCADA가 운전되고 있으며 급전중에 제주와 대전이 준공예정으로 있고 89년까지 대구, 광주, 제천지역에 확대설치예정으로 있다.

현재 운용중에 있는 지역별 SCADA시설현황은 표4와 같이 일반적으로 적용하고 있는 SCADA의 주

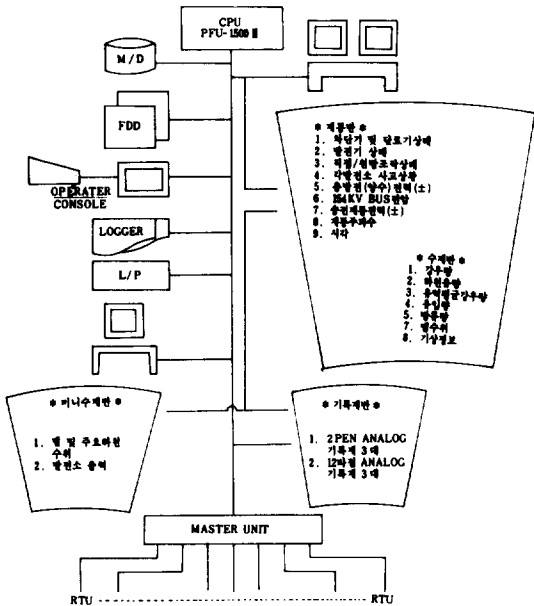


그림 4. HRCC 구성도

표 4. SCADA 운용현황

지역 별	변 전 소 전 압 별			합 계	수 용 율	비 고
	345KV급	154KV급	66KV이하급			
서울 SCADA	1	23	21	45	91.8%	87준공예정 "
남서울 "	3	35	0	38	84.4%	
부산 "	4	32	2	38	76%	
대전 "	3	26	1	30	65.2%	
제주 "	-	-	9	9	100%	
합 계	11	116	33	160		

요기능을 보면 다음과 같다.

원방감시

- 차단기
- RTU전원
- 조작전원

자동경보

- 사고과부하
- 정격치 초과/미달
- 전송로 고장
- 주요장치고장

원격측정

- 전압(V)
- 전류(A)
- 무효전력(VAR)
- 전력(W)
- 전력량(WH)

자동기록

- 변전소 정기기록
- 조작내용
- 경보내용
- 사고내용

원격제어

- 차단기
- STACON

응용S/W

- 일제지령 프로그램
- 순서제어 프로그램
- 전압유지율계산 프로그램

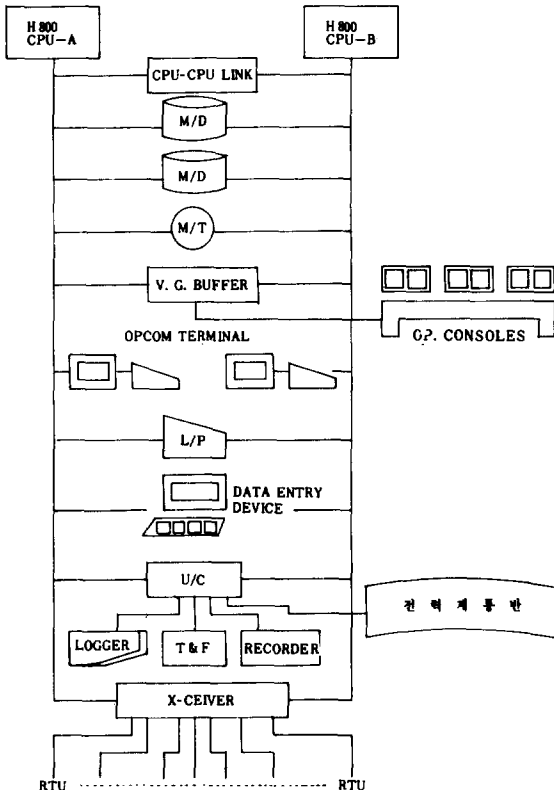


그림 5. M9000 SCADA 계통도

SCADA의 최근 경향은 컴퓨터의 기술개발에 따른 영역확대로 다양하고 강력한 기능의 시스템 도입을 들 수 있는데 대전에 설치중인 M9000시스템이 바로 그것이다. 특히 원격사령대와 원격기록기 설치가 가능하여 1급 전력소나 지점 등에 원격제어소를 두고 관할설비를 전담운영케 함으로써 SUB-SCADA의 기능수행을 할 수 있게 된다. 또 계통사고시 일시에 많은 차단기조작이 순간적으로 가능하도록 일제지령 및 순서제어프로그램이 구비되는 등 능률적으로 이용가능하게 되었다. M9000 시스템의 계통도는 그림5와 같다.

지역별 배전사령실에 설치된 SCADA에는 40개소 이상의 관내전력소와 변전소가 모두 수용되어 있어 집중감시제어기능을 담당하므로 그 폭이 대단히 넓다고 할 수 있다. 따라서 지역전력계통운용상황을 파악하기는 대단히 좋으나, 계통사고시에 많은 전력기기를 순식간에 조작하여 복구하는데는 다소 곤란하다고 할 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여는 그림 6-1과 같이 SCADA의 하위레벨로서 1급 전력소단위로 SUB-SCADA 기능을 갖는 제어소를 설치하여 해당관내의 전력기기 감시조작을 전담시키는 방법도 있고, 그

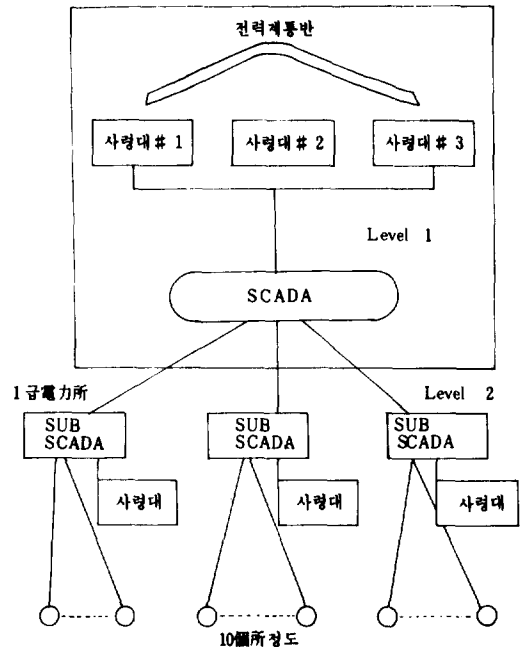


그림 6-1. SUB-SCADA 설치

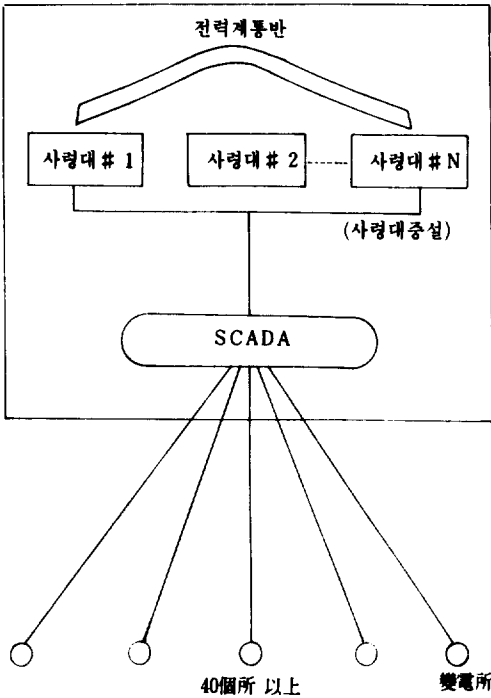


그림 6-2. 사령대증설

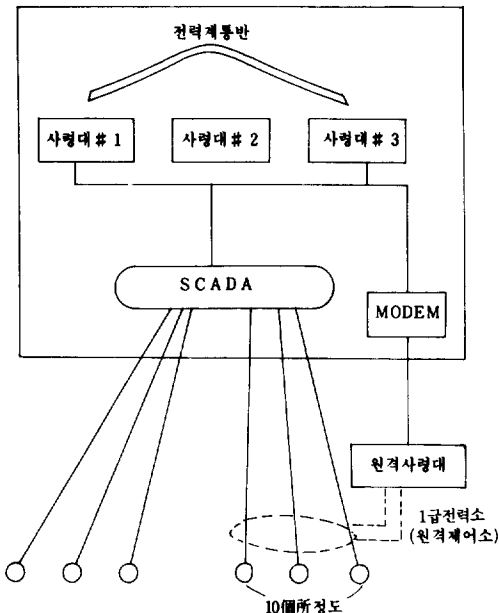


그림 6-3. 원격제어소 설치

림 6-2와 같이 SCADA 한 시스템에 조작사령대를 필요한만큼 증설할 수도 있다. 위 두가지방법 모두 각각의 특징을 갖고 있으나 그림 6-1은 조작범위를 축소하여 정확한 조작을 빠른 시간내에 할 수 있다는 장점이 있는 반면 시스템설치비용이 많이 들고 조작요원이 많이 필요하다는 단점이 있다. 또 그림 6-2는 경제성은 있으나 SCADA 시스템의 신뢰성이 크게 좌우하게 되고, 사령원이 모두 집중되어 있어 현장감이 결여되는 단점이 있다. 따라서 그림 6-3과 같이 시스템을 구성하여 원격제어소를 설치하는 방안이 검토되고 있다.

1.4 배전자동화시스템(ADS)

최근 부각되어 그 중요성이 점차 인식되고 있는 ADS(Automated Distribution System)는 수용가와 직접 연결된 배전선(22.9KVY)계통의 모든 설비를 자동화하지 않으면 호당정전시간을 어느 한계이하로 단축시킬 수 없다는데 그 필요성을 찾을 수 있다.

연간 40분이내의 선전국 호당정전시간을 10배이상 초과하고 있는 우리의 실정에서 볼 때 설비부자의 증대로 배전계통을 2중화 및 3중화하여 신뢰도를 높이는 어렵다하겠다. 그러므로 배전용 변전소에서 인출된 Feeder 자동화가 우리나라에서는 시급한 과제로 되었다.

ADS는 그림7에서와 같이 ① 배전선로자동화 ② 부하관리 ③ 자동검침 ④ 배전선관리정보의 자동수집 등을 총괄하는 것으로 현재는 4개 분야가 별도로 연구단계에 머물러 있으나 수년내에 종합적으로 채택 실용화될 것으로 전망된다.

1984년 1월에 서울시내 도심지역의 22KV△지중선로에 부설된 3개소 개폐기 3대를 서울 SCADA로 원격조작한 것이 배전선로 자동화의 최초였으며 그 효과가 인정되어 86년 10월에는 59개소까지 확대시행하여 도심지의 지중선수용가의 정전시간을 단축시키는데 크게 기여하고 있다.

가공배전선의 자동화를 위하여 현재는 실증시험단계로서 웨스팅하우스의 EMETCON 시스템을 동수원-서수원간의 3개 22.9KVY 배전선에 적용하여 시험중에 있으므로 연구분석을 마치는데로 현장설비에 적용하게 될 것이다. 이 EMETCON시스템은 배전선반송(PLC)의 통신선로를 이용하여 RE-

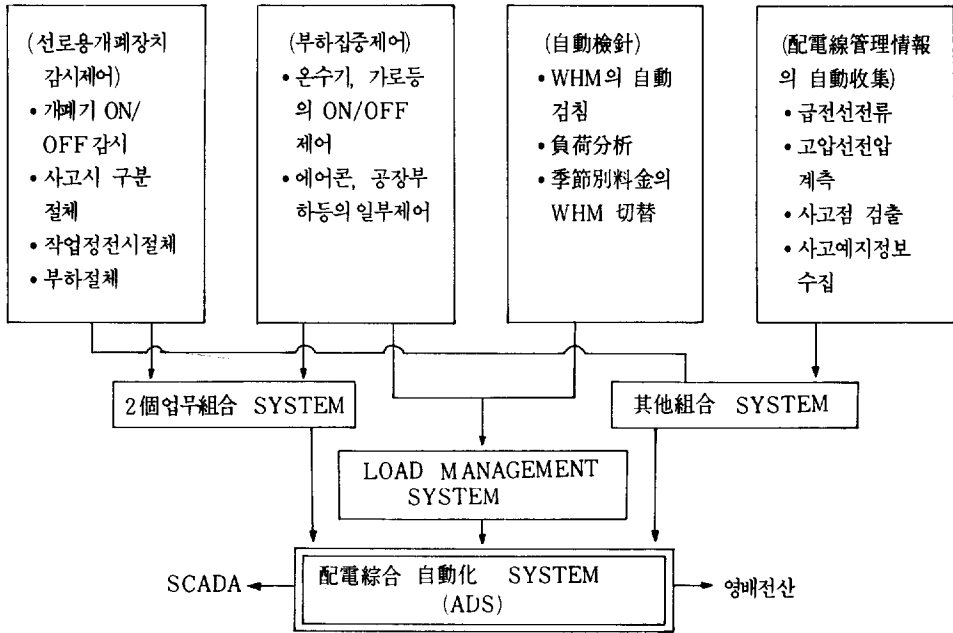


그림 7. ADS개념도

CLOSER(선로용 및 Tie용), Sectionalizer (GW, GWC), SF6 GAS SW 등의 각종개폐기를 원방감시 제어하는 것 외에도 수용가에 설치된 단말기를 이용하여 부하제어, 자동검침, 부하감시 등의 업무까지 처리하도록 되어 있어 ADS의 본격등장을 예고하고 있다. 그러나 ADS는 대상기기가 산재되어 있어 전용통신회선확보가 주요 관건이 되는바 배전선반송방식이 경제적인 면에서 우수하나 통신성공율이 높지 못하여 선진국과 마찬가지로 발전속도가 느리다고 하겠다.

II. 계층제어연계 구축

2.1 3 계층연계시스템

전력계통운용과 설비운전은 그 특성상 각계층간 상호연관성이 있어 항상 정보가 교환 및 보완되어 종합판단됨으로써 신뢰성이 유지되므로 이상에서 언급한 EMS, SCADA, HRCC, ADS간에도 컴퓨터 연결이 이루어져야 할 것이다. 그러나 각기 다른 시기에 다른 시스템이 설치된 수개의 시스템에 컴퓨터 데이터링크를 이룩하기는 대단히 어려운 문제로서

최근에 세계적으로 개발된 통신프로토콜을 신중히 검토하여 이용할 수 있도록 종합자동화체제를 정립하고 있다.

우선 계층별 임부분담과 함께 표5와같이 3레벨로 종합자동화시스템이 구축될 예정으로 있으며 HRCC는 SCADA 레벨에 해당될 것이다.

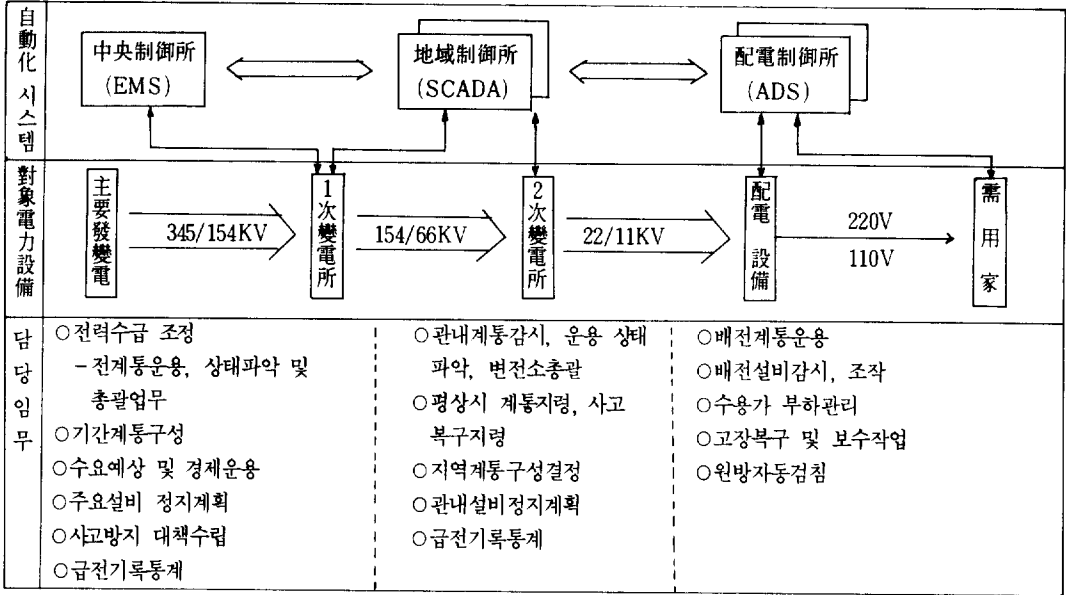
2.2 CPU-CPU 데이터링크

EMS의 TOSHIBA CPU와 SCADA의 HARRIS CPU간에 연결되는 데이터링크는 다음과 같이 두가지 방법으로 마련되고 있으며, 대전 RCC-NCC간 HDLC X.25 방식채택은 최근의 표준화 추세에 적용하기 위한 것으로 주목할만한 방식이다.

EMS-서울, 남서울, 부산 SCADA간

- 적용기준: ANSI X.3.28 1976 IBM표준 BSC(Binary Synchronous Code)
- 전송속도 및 회선: Syn Mode 9600BPS, Unconditioned 3002회선
- Error Check Code: CRC-16, ASCII 7bit
- Modem: NEC Data XL-SI 9600A, HALF-DUPLEX

표 5. 계층제어 구성 및 임무



● 연결방식: EIA RS-232C

EMS-대전 SCADA간

- 적용기준: HDLC, X.25(레벨 1및 레벨 2)
- 연결방식: Point-to-Point, Dual Link
- 전송속도 및 회선: 9600BPS, Unconditioned 3002회선
- 전송MESSAGE: ASC II, FULL-DUPLEX

NCC-RCC 교환정보내용

- 상방향
 - 154KV Loop 변전소 T/L의 CB, LS상태, MW, MVAR값
 - STACON용 CB의 상태 및 MVAR값
- 하방향
 - 관내 초고압 변전소, 발전소 및 인접 154KV 변전소의 T/L CB상태 및 MW, MVAR값
 - 전국 및 관할지역 전시간 발전량

Ⅲ. 전 망

지금까지 각계층별로 자동화 현황과 기능분담에 대하여 알아보았다. 현재까지의 자동화과정에서 발

견된 문제점의 보완과 함께 앞으로는 신뢰도 제어기술 등 새로운 기술분야개발에 주력하여 전력계통의 안정운용을 이룩하여야 할 것이다.

특히 자동화시스템향상에 병행하여 각종 전력설비의 노후분교체, 국산기자재의 동작신뢰도향상, 수동 조작설비의 전동화 등이 조속실현되어야 함은 물론이고 1인 근무변전소의 난점은 원천적인 면에서 검토되어야 할 것이다.

또 계통운용면에서 SCADA의 하위레벨인 제어소를 한단계, 더 들 필요성도 인정되나 이것은 SCADA의 원격사령대와 원격기록기를 1급 전력소단위에 설치하여 제어소기능을 부여하면 될 것이다.

현재 실증시험단계에 있는 배전자동화의 본격추진으로 수용가정전시간의 단축, 원방검침실시, 부하집중제어 등이 가까운 장래에 실현될 것을 예상할 수 있다.

한편 운용요원의 자질향상일환으로 simulator에 의한 교육실시와 함께 AI분야의 전문가 시스템적용도 조속히 검토하여 전력설비종합자동화의 완벽한 체제구축에 노력하여야 할 것이다.