

# 전력종합자동화 시스템 구축

박 승 길

한국전력공사 정보통신처 정보통신계획부장

## 1. 서 론

현재 한국전력공사에서는 안정적이며, 양질의 전력을 저렴하게 공급해야 하는 전력사업 본연의 임무에 충실함은 물론 국가경제발전에 기여하고 전력사업 환경변화에 능동적으로 대응하기 위해 노력하고 있다. 이를 위해 다양하고 복잡한 전력계통을 안정적이고 효율적이며 경제적으로 운전하기 위해 발전, 송변전, 배전계통별로 EMS(Energy Management System), SCADA(Supervisory Control & Data Acquisition), DAS(Distribution Automation System)의 계층화된 시스템의 상호연계를 통한 전력종합자동화시스템을 구축, 운영중에 있으며 본고에서는 한국전력공사에서 채택하고 있는 전력종합자동화시스템에 대하여 소개하고자 한다.

## 2. 전력종합자동화의 필요성

전력계통운용의 기본과제는 전력에너지를 생산에서 소비에 이르기까지 총합적이고 효율적으로 원만하게 제어 운용하여 “풍부한 전력”, “저렴한 전력”을 공급하는 데 있다. 그 동안 우리나라의 경제규모가 커짐에 따라 전력 수요도 급증하여 발전에서 수용가에 이르는 전력수송체계의 대응량화 복잡화가 가일층 심화되고 있는 형편이고, 기술발전의 급속한 신장으로 산업, 경제사회는 소프트웨어를 바탕으로 한 소형화시대로 옮겨지면서 컴퓨터를 중심으로 한 하이테크시대가 도래되었다. 이러한 하이테크시대의 산업구조는 전기에 의존하는 비중이 커지고 특히, 양질의 전기에 대한 욕구가 점차 고도화됨에 따라 급전업무에 대한 비중과 책임감이 더욱 높아지는 추세에 있다고 하겠다.

한편, 발·급전설비가 다양해지고 고효율, 대용량 설비로 변화해 가는 추세에 따라 원자력, 유연탄, 양수, LNG

등 대단위 발전설비가 가동되고 있고 이러한 설비는 입지적인 제약으로 소비중심지까지 장거리 송전계통으로 연계되어 대전력 수송체계를 갖추게 되었으며 근래에 격상된 초고압 송전계통의 건설이 본격 추진중에 있다.

또한 전력소비패턴이 바뀌면서 일별, 계절별 전력수요 변동폭이 심화되면서 일별, 주간기동정지(DSS, WSS)와 양수운용 등 경제급전 및 부하조절을 위한 최적 발전원 선정과 안정 운용을 위한 계통운용기술은 가일층 고도화, 지능화가 요구되고 있다. 이러한 전력수급 및 부하관리를 경제적이고 효율적이며 안정적으로 운영하기 위해서는 종합적인 전력종합자동화시스템의 구축이 절실히 요망되고 있다.

### 3. 종합자동화 구축 현황

#### 가. EMS(Energy Management System)

1979년 6월말 컴퓨터시스템을 이용한 자동화설비로 한전본사 중앙급전소에 경제급전(ED : Economic Dispatch) 기능과 원방감시제어 및 자료취득(Supervisory Control & Data Acquisition) 기능을 갖는 자동급전시스템(ALD : Automatic Load Dispatching System)이 처음으로 설치되었다. 이후 1988년도에는 복잡, 다양한 전력계통 운전에 필요한 방대한 양의 정보를 보다 능률적이고 효과적으로 처리할 수 있는 고속의 대용량 컴퓨터를 주축으로 한 에너지관리시스템(EMS)을 구축함으로써 '97년 12월 현재 전국 36개 발전소에 210기의 발전기를 운영하고 있다. 이 시스템은 발전 Cost를 최소화하는 경제급전원칙에 따라 전력생산자동화를 주도하고 있으며 전력의 안정적, 경제적 공급과 현재 추진중에 있는 전력산업 구조개편에 대응한 계통운용체제를 구축하기 위하여 차세대 급전종합자동화설비 사업을 추진하고 있다.

#### 나. SCADA(Supervisory Control & Data Acquisition)

지역급전을 담당하는 송·변전계통의 자동화도 추진되어 서울전력관리처 배전사령실에 미국 Harries社에서 공급한 마이크로프렉스(Microplex-7500)시스템을 설치한 것을 시발로 '97년 12월 현재 전국 10개 지역에 SCADA를 설치 운영중이다. 이중 4개 전력관리처와 18개 전력소에 국제표준을 준수할 수 있는 개방형 구조의 분산처리시스템으로 시설, 운전중에 있으며 현재 총 427개 변전소를 감시, 제어하고 있는데 이중에는 214개의 무인변전소가 포함되어 있다. 중간계층인 지역단위 송변전계통의 자동화 운전을 담당하는 SCADA시스템은 9개 전력관리처와 제주지사에 설치되어 있고, 변전소 무인운전 확대에 따라 24개소의 급전분소에 Sub-SCADA를 설치 운용중이며 주요 운전대상은 변전소로서 '97년 12월말 현재 전국 427개 변전소 중 414개 변전소에 RTU를 설치 완료하였으며 96.9% 이상의 자동화를 달성하고 있다.

#### 다. DAS(Distribution Automation System)

전력계통운영 관련 자동화시스템은 EMS, SCADA, DAS의 3단계 계층구조로 EMS, SCADA는 이미 완성되어 있으나 배전자동화시스템(DAS : Distribution Automation System)은 아직 초보 단계로서 과거 2차 례에 걸쳐 설치된 시범시스템을 운용하고 있으며 '94년도에 한국형 DAS를 개발, 강동지점에 설치하여 실증 시험중에 있다(표 1 참조).

### 4. 계층구조 및 역할

한전의 전력계층(階層)은 본사의 중앙급전소, 전력관리처 단위의 지역급전소, 전력소 단위의 분소, 변전소 단

〈표 1〉 한국형 DAS 실증 시험

설치장소	자동화 대상	설치년도	기 능
A 지점	22kV-△선로, 개폐기 122대	'84~'85년	○개폐기 원격제어 및 ON/OFF 상태확인
B 지점	22.9kV D/L 24개, 개폐기 42대	'88~'95년	○개폐기 원격제어 및 ON/OFF 상태확인 ○전압전류 계측
C 지점	22.9kV D/L 25개, 개폐기 125대	'95년	○개폐기 원격제어 및 ON/OFF 상태확인 ○전압전류 계측, 고장 검출 분리 ○원격검침

위의 원격소로 구성되어 있으며 계층 구조 및 각 계층의 역할을 살펴보면 다음과 같다.

가. 계층구조(아래 그림 참조).

나. 계층별 기능

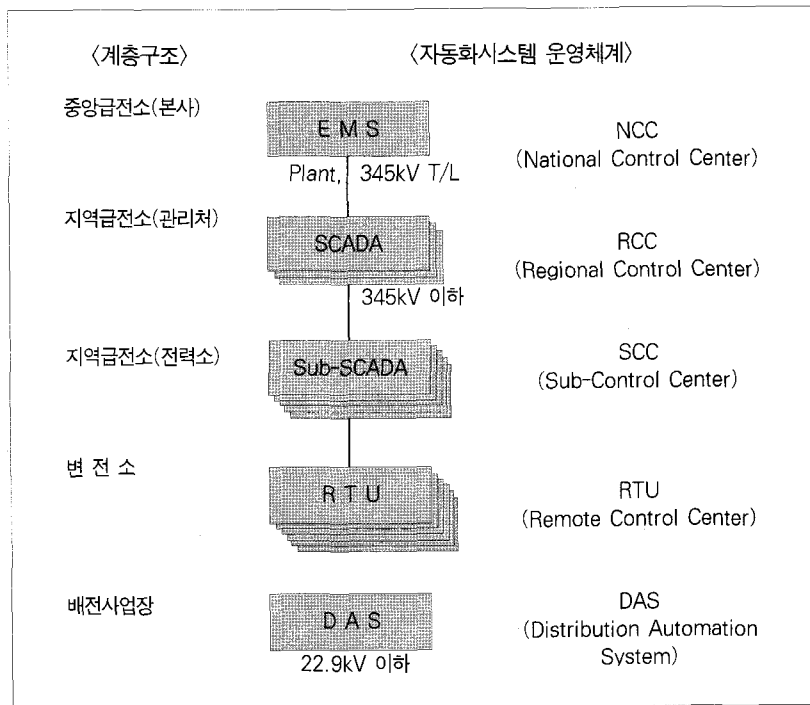
(1) EMS(Energy Management System)

한전 본사에 시설 운영중인 종합전력자동화는 그 핵심 부서인 중앙급전소에 급전종합자동화설비인 EMS를 설

치 운영중이며 이 시스템은 한전의 발·변전소를 포함한 전 전력계통을 관장하는 컴퓨터 시스템으로 하위의 SCADA시스템으로부터 전국 전력계통운용에 필요한 정보를 취득하며 전력수급조절, 계통적 정전압 유지 및 주파수조절, 수요예측 및 경제급전을 주 대상으로 하고 있다.

(가) 계획 및 예측기능

- 계통부하예측(System Load Forecast)  
일주일간의 매시간별 부하를 예측계산하며 발전기 기동정지, 수동/수력발전 계획과 최적 조류계산 등 예측프로그램의 입력자료로 이용되고 있다.
- 모선부하예측(Bus Load Forecast)  
매시간별 각 모선의 MW, MVAR와 조상설비량 등을 계통부하 및 그 분포율에 따라 계산하며, 상태측정프로그램과 함께 30분 주기로 실행된다.
- 발전기 기동정지 계획(Unit Commitment)



발전기(화력, 수력, 양수)의 운전제약조건, 운전특성과 계통부하예측치 등을 고려하여, 가장 경제적인 발전연료비가 되도록 일주일간의 매시간별 발전기 운전, 정지계획을 결정한다.

- 수동 수력 발전계획(Manual Hydro Scheduling)  
우리 나라의 수력자원은 비교적 빈약한 편이지만 이것이 계통운용에 미치는 영향과 비중은 매우 크다고 할 수 있다. 또한 홍수조절과 예방, 농업용수의 확보 및 도시생활용수의 확보 등 많은 제약을 받고 있는 실정이다. 따라서 이 기능은 수력 자원의 효율적 이용을 위해 일주일간 매 시간별 수력발전소의 운용계획을 결정한다.

(나) 자동발전제어 및 경제급전

- 경제급전(ED)

ED(Economic Dispatch)는 발전기에 배분될 양을 총 수요로부터 산출하며 경제적인 전력 생산을 위해 연료비, 송전손실계수 및 소내설비를 기초로 배분한다. 또한 ED Package는 온라인 제어가 가능한 발전제어모드에 따라 경제적인 기준점을 계산하는 기능과 모드와는 관계없이 수동발전하는 자동수급조절기능을 갖고 있다.

- 자동발전제어(AGC) 기능

AGC(Automatic Generation Control)는 전력계통주파수를 일정하게 유지시켜 주기 위해 출력을 제어하는 기능으로 출력자동제어기능과 급전원의 자료출력에 의한 제어, ED Package 연계에 의한 자동제어, 현장자동급전제어기능을 포함하고 있으며, 현재 운용중인 AGC가 취급할 수 있는 최대 발전소 수는 200대이다.

- 예비력 감시기능(Resume Monitoring)

전력계통운전에 필수적인 것은 전력공급예비력을 항상 감시함으로써 속응성 있게 전력공급이 이루어져야 하며 운전예비력은 크게 5분 이내 출력할 수 있는 1차 예비력(Primary Resume)과 5분 이상 30

분 이내 출력할 수 있는 2차 예비력(Secondary Resume)을 의미하는 것으로 현재 정지중인 발전기지만 즉시 가동 후 계통 병입하여 발전할 수 있는 발전전력을 의미한다.

- (다) 발전비용계획 및 평가

이 기능은 총 발전량에 대한 연료소비량과 생산비를 계산하는 것으로 실제 총발전량을 이용하는 Actual System Production Cost계산과 ED에 의해 계산된 Optimum Cost를 계산하는 Economic System Production Cost계산의 두 종류가 있다.

생산비 계산은 각 발전기별로 정의되어 있는 입출력곡선과 연료단가를 가지고 계산하는데 입출력곡선에 의해 해당 발전기의 출력을 내기 위해 소요된 연료량을 계산한 후 이 연료량에 연료단가를 곱하여 생산비를 계산해 낸다.

(2) SCADA(Supervisory Control & Data Acquisition) System

발전소를 제외한 송·변전설비를 관장하는 컴퓨터시스템으로 전력관리처급에는 급전소용 SCADA, 전력소급에는 급전분소용 Sub-SCADA, 전 변전소급에는 원격소장치인 RTU설비가 시설되어 아래와 같이 3계층으로 운영되고 있으며 주요기능은 다음과 같다.

- (가) 급전소 SCADA System

- 원방감시기능

원격지의 발·변전설비 동작상태를 감시하는 기능으로 차단기, 개폐기의 Close/Open 상태, 계전기의 동작상태, 각종 경보 발생여부와 계통전압과 설비의 과부하를 상시 자동감시할 수 있는 기능을 갖는다.

- 원방제어 기능

주로 무인변전소의 각종 전력설비를 원방조작할 수 있는 기능으로 차단기, 개폐기의 Close/Open 조작, 변압기의 Tap 전환, Static Condenser 조작, 기타제어 Panel의 각종 선택스위치를 전환하는 기능을 갖는다.

- 원격측정기능

발·변전소 설비운영에 관계된 전압, 전류, 유·무효전력, 전력량, 변압기 온도 등을 원격에서 측정할 수 있는 기능을 갖고 있다.

○EVENT 기록기능

전력설비의 운영과 직결된 현장설비의 동작상황을 수시로 출력할 수 있는 기능으로 차단기, 개폐기류 이상동작 및 조작상황, 운전설비의 경보 및 이상상태 발생상황, 차단부하 자동기록기능을 두어 사고시 전후 현황 파악 및 분석자료로 활용함으로써 설비신뢰도 제고에 기여할 수 있는 기능이다.

○자료연계기능(전력정보 제공 및 공유)

SCADA설비는 EMS와의 상호연계를 통하여 EMS로부터는 발전량, 345kV 정보 등을 제공받고, 역으로 전력계통 운전엔 필수적인 정보를 제공함으로써 상호 협조관계를 통하여 전국 전력계통을 종합적으로 관리할 수 있도록 한다. SCADA의 하위 계층구조인 Sub-SCADA와의 연계를 통하여 급전분소 관내 무인변전소의 대상포인트에 대한 각종 정보를 받고 거꾸로 Sub SCADA측으로 전력계통운용에 필수적인 정보를 제공하는 상호 보완의 관계를 유지하고 있다.

(나) 급전분소 SCADA System (Sub-SCADA System)

급전분소는 무인변전소 관할이 용이한 변전소(전력소)에 위치하며, 관내 무인변전소의 전력설비를 직접 감시 제어하는 계층이다. 통상 10개 내외의 무인변전소를 관할하며 154kV계통(Loop 계통 제외)과 66kV 이하의 계통 감시 및 제어기능과 무인변전소를 원방운전하는 것을 주기능으로 하고 있으며, 이러한 역할을 수행하기 위해서는 독립적인 급전분소용 제어소설비 또는 급전소 SCADA 주장치의 원격사령대 등이 필요한데 1990년에 한전 서서울전력소에 처음으로 급전분소용 제어소 설비를 시설하였으며 이후 변전소 무인화계획에 따라 점차 확대 시설되고 있다. 초기에는 중앙집중처리 방식의 제

작사 위주의 시스템이 도입되었으나 1995년도부터 표준화에 따른 개방형 분산처리시스템이 도입되고 있다. 전력설비의 최전방인 무인변전소 전력설비 정보와 직접 연결(관리처당 5~8개 급전분소 예상)되어 업무를 추진하게 됨으로써 역할이 증대되고 있다. 1995년 이전까지 LG산전의 TADCOM-5000 기종의 단일품목이었으나 이후 분산처리구조의 TADCOM-X(LG산전), KEMAS-7000(광명제어) 등으로 설비의 다양화가 이루어지고 있다.

(다) 원격소장치(RTU)

SCADA 시스템의 RTU는 변전소에 시설되어 전력설비를 직접 감시 및 제어하는 설비로서, 제어설비(지역급전소 제어설비, 급전분소 제어설비, 집중감시제어배전반 등)로부터 송출되는 명령을 수신한 뒤, 그 명령을 분석하여 전력설비를 제어하고, 전력설비로부터 취득한 상태감시 및 측정정보를 제어설비로 송출하는 기능을 갖는 설비이다. 주요기능으로는 차단기, 단로기, 보호계전기 등을 감시하고 제어하는 기능과 전력설비의 온도, 전압, 전류, 유효전력, 무효전력 등을 측정하는 기능을 갖고 있다. 설비는 '80년도에 도입한 336포인트 용량의 S-5000 원격소, 표시형원격소(D-RTU)와 '90년대에 도입한 2,048 포인트를 수용할 수 있는 대용량 원격소 장치 등이 운용되고 있다.

(3) DAS(Distribution Automation System)

배전자동화는 광범위하게 산재된 배전설비를 컴퓨터를 이용하여 배전사령실서 집중원격감시·제어하고 선로고장구간 자동검출 및 최적계통전환 등 배전계통업무를 자동화하는 것으로 각종 개폐기에 내장된 센서에 의해 전압, 전류 등 운전정보를 실시간으로 획득하고, Graphic MMI 상에서 배전선로 개폐기의 상태를 원격에서 감시하고 조작할 수 있는 기능과 선로운전알고리즘에 의한 고장구간 자동검출 및 부하전환 판단 후 운전원에게 조작지령함으로써 최적계통으로 전환할 수 있는 기능을 갖고 있다.

## 5. 向後 推進 課題

### 가. 차세대 급전종합자동화(NEMS) 사업 추진

급전종합자동화설비는 전국의 발·변전소를 감시, 제어하고 경제적인 전력생산과 안정적인 전력수송을 종합 관리하는 자동화설비로서 한국전력은 지난 1988년에 도입한 급전종합자동화설비를 운용중이다. 그러나 수용능력의 한계와 구식이 된 기능 및 경년 열화로 인해 2000년대 5000만kW에 달할 것으로 예상되는 대전력계통의 안정운용과 전력산업 규제완화 및 구조개편에 따른 전력산업의 환경변화에 대응하기에는 미흡한 실정이므로 이를 해결하기 위해 오는 2003년 5월 준공을 목표로 현 EMS 설비를 최첨단 개방, 분산형 시스템으로 교체하기 위한 차세대 EMS 사업을 추진중에 있다.

### 나. SCADA시스템의 선진화

신속한 SCADA운전정보의 적절한 활용은 전력산업의 국가경쟁력확보에 크게 기여할 수 있을 뿐 아니라 기업 경영제고에 지대한 영향을 줄 수 있다. SCADA시스템에서 생성된 전력계통운전정보를 유사시스템(123 전기고장안내시스템과 변전소 운전실적관리시스템 등) 간의 연계를 통해 한차원 높은 고객서비스를 제공하고, 수요관리, 예측시스템과의 연계를 통한 과학적인 부하관리기능을 제공함과 동시에 향후 대형화, 복잡화되고 있는 전력계통운영에서 사고상황에 대한 정확한 판정, 인공지능을 이용한 신속한 복구절차 안내, 사고예방 진단기능 등을 구비한 소프트웨어를 개발할 계획이다. 앞으로 현 EMS와 SCADA, SCADA와 DAS간 연계시스템을 더욱 발전시켜 전력계통 종합자동화를 완벽하게 지원할 수 있는 선진화된 SCADA시스템을 구축할 예정이다.

### 다. 배전자동화(DAS) 확대 추진

완벽한 전력계통 종합자동화시스템을 구축하기 위해서

는 부하(수용가)계통을 담당하는 배전계통자동화시스템(DAS)의 구축이 중요한 바 배전계통원방감시 및 제어 기능은 물론 수요관리(DSM), 원격검침(Telemetry) 기능을 갖춘 완벽한 배전자동화 표준모델을 결정하고 전국 배전계통자동화를 위해 통제, 관리, 원격제어용 최적시스템을 구축함으로써 종합자동화의 최일선인 배전 및 고객관리업무자동화를 실현할 계획이다. 현재 강동지점에 시범운영중인 한국형배전자동화(KODAS)가 실증시험 단계에 있으며 결과에 따라 확대시설이 본격화될 전망이다.

## 6. 결 론

현재 전력계통운전에 필수적으로 운용되고 있는 전력 종합자동화시스템은 신속한 사고파악과 복구로 정전범위 최소화 및 정전시간을 단축하고 전력계통에 대한 상시 감시체계를 유지함으로써 전력공급신뢰도를 확보하는 한편 계통전압, 주파수, 조류 및 과부하 자동감지 및 적정 전압유지 확보로 양질의 전력공급이 가능하도록 해줄 뿐만 아니라 계통운용상황을 신속히 파악하고, 전력계통설비의 정격운전에 의한 적절한 부하 안배, 변압기 적정부하운용에 의한 과학적이고 경제적인 급전업무의 효율적인 지원이 가능해진다. 또한 변전소의 무인화 및 발전운전인력 최소화로 생산성 향상, 근로조건 개선, 지령과 조작의 일원화 등을 통한 발전원가 절감극대화를 도모하고 예측프로그램에 의한 설비적기 투자와 전원설비 투자규모 최적화로 기업성 제고 및 국민경제에도 크게 기여하는 등 전력사업에서의 핵심적인 시스템으로 운용되고 있다. 또한 한편에서는 더욱 복잡화, 대용량화되고 있는 전력계통의 완벽한 운전자동화를 위하여 차세대 EMS와 선진형 SCADA 시스템을 구축중에 있으며 전국 배전자동화시스템(DAS)의 확대 도입계획을 수립, 추진중에 있으므로 계층별 시스템의 구축완료시점에는 완벽한 상호연계를 통하여 한층 개선된 선진형 전력종합자동화시스템의 구현이 가능하게 될 전망이다. ■