

# “종합배전자동화시스템 및 실증 체험관” 운영현황

이수목 | 한국전력공사 배전처 배전기술팀장  
(leesomo@kepcoco.kr)

## 1. 서론

배전계통의 공급신뢰도 향상 및 양질의 전력공급, 배전계통 운전의 합리화를 목적으로 1999년부터 본격 도입된 배전자동화 시스템은 배전선로 개폐기의 원격 감시·제어와 전압, 전류 등의 운전자료 모니터링 기능으로 고장 시 정전구간을 확인하고 조치함으로써 정전구간 및 시간을 획기적으로 단축하여 사고파급 방지와 설비이용 효율성 및 전력공급신뢰도를 향상시키고 있다.

배전선로에 고장이 발생하면 모든 배전선로가 정전되고 고장원인을 찾아 복구하기 위해 현장으로 이동하는데 장시간이 소요돼 그 불편을 고객들이 겪어야만 했지만, 배전자동화시스템 도입으로 전기원들이 현장

에 나가지 않고도 배전자동화시스템을 이용하여 원격으로 개폐기 조작이 가능해졌고 고장정전구간의 자동 파악으로 정전지역에 대한 신속한 안내가 가능해졌으며 정전복구 시간을 건당 평균 76분에서 평균 6분 이내로 단축시켜 연간 46만 2583분의 정정시간을 단축시키는 효과를 얻었다.

순수 국내 기술에 의해 개발되어 전국 67개 사업소에 설치, 운영(2006년 말 기준)되고 있으며 인도네시아 등 제 3국으로의 수출이 진행되고 있는 종합배전자동화시스템과 국·내외 전력사 내방객에게 배전자동화시스템 홍보를 목적으로 건설된 배전자동화실증 체험관에 대해 소개하고자 한다.



## II. 종합배전자동화시스템 도입

1990년 12월 ‘한국형 배전자동화시스템 개발 연구’가 상공부의 국책연구사업으로 개발 착수돼 전력연구원, 전기연구소(현재 전기연구원), 6개 생산업체 등이 1993년까지 공동 수행했고, ‘한국형 배전자동화시스템 설계통 실증 연구’가 전력연구원과 전기연구소의 연구로 강동지점 25개 D/L 개폐기 125대를 설치해 1994년 4월에 진행되었다.

그 결과 1997년 9월에 소규모 배전자동화시스템 개발 및 시범 적용이 진행되었고, 1998년에는 소규모 배전자동화시스템 16개 사업소 설치, 1999년 배전자동화시스템 표준화 및 66개 사업소로 확대 적용되었다.

2000년 61개 사업소로 확대적용 및 검증이 이루어졌고, 2001년 30개 사업소로 확대적용 및 종합시스템 표준화, 2002년 배전자동화시스템 주장치의 전국 사업소 보급 완료 등이 순차적으로 진행되었다. 2006년 기준 주장치는 설치 대상 190개소에 소규모 123개소, 종합 67개소에 설치완료 되었고, 개폐기 자동화율은 52.8%에 이른다.

배전자동화시스템은 소규모와 종합으로 나누어지는데 이는 개폐기 제어수량과 고장처리의 자동 유무로 구분할 수 있다.

소규모 배전자동화시스템은 경제성에 중점을 두고 개발해 중소도시에 적합하도록 설계되었고, 자동화개폐기 200대 이하 운영사업소를 대상으로 하고 있으며 고장처리는 고장구간 자동 검출 후 운전자가 직접 조작할 수 있다. 반면 종합 배전자동화시스템은 자동화용 개폐기가 200대 이상 운영사업소를 대상으로 고장발생시 자동으로 고장구간을 검출하고 컴퓨터에 의해 고장구간을 분리해 건전구간의 부하를 다른 선로로 전환할 수 있는 능력을 갖고 있다.

## III. 종합배전자동화시스템 주요 기능

종합배전자동화시스템은 변전소의 감시제어 장치인 SCADA와 달리 넓은 지역에 분포되고 수지상으로 운전되는 배전계통에서 각종 현장기기로부터 정보를 수집하여 고장 등 정전사고 발생시 고장구간을 최단 시간 내에 분리하고 건전구간을 복구하여 전력공급을 재개시키는 것을 주요 기능으로 하는 시스템이다. 또한 평상시에도 부하의 변동을 계속 감시하여 배전망을 재구성함으로써 손실을 최소화하며 부하예측, 품질감시 등 각종 부가기능 등을 가지고 있다. 감시 대상 지역의 특성을 고려하여 광, 무선 데이터망, 전화선, TRS, CDMA 등 다양한 통신방식이 적용되어 현장기기로부터 데이터를 직접 수신하며 필요시 각종 명령을 송신할 수 있다. 감시대상 현장기기로는 가공 개폐기, 지상 개폐기, Recloser, 다회로차단기 등이 주요 감시대상 설비이며 변전소로부터 CB 등 차단기 정보와 MTR의 변압기 정보를 SCADA시스템을 통하여 실시간으로 수신하고 있다.

현장기기에는 통신제어장치인 FRTU(Feeder Remote Terminal Unit)가 부착되어 고장전류 경험 유무인 FI(Fault Indicator), 투개방 정보, 전압, 전류, 역률 등 각종 계측정보와 분석을 위한 파형정보 등의 정보가 DNP 3.0 프로토콜로 실시간 전송된다. 이렇게 취득된 각종 정보를 기 입력된 배전계통의 Topology와 함께 분석하여 배전계통 고장유무를 실시간 항시 감시하며 필요시 이를 원격에서 제어할 수 있다. 또한 고장발생시 인공지능기법을 이용하여 자동적으로 최적의 계통구성을 제공하는 부가기능도 가지고 있다.

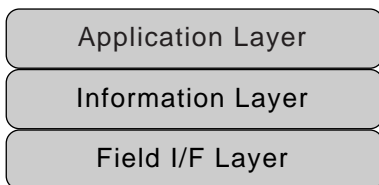
## IV. 종합배전자동화시스템 구성

### 1. 종합배전자동화시스템 설계 개념

국내 배전계통의 특성상 산업화, 정보화, 도시화 및 집중화가 급격히 진행되어 배전선로의 신설 및 이설이 급격히 진행되고 있다. 초기에는 자동화 기기가 설치된 선로가 적으나 몇 년 내에 선로의 수가 급격히 증가하는 경우가 있다. 시스템 관점에서 보면 자동화 시스템의 규모가 계속적으로 증가되는 것이 필요한 것이다. 그러나 컴퓨터의 집합체인 중앙제어장치가 규모를 점진적으로 늘어나가는 것은 여러모로 곤란하다. 일반적으로 향후 제어대상 계통의 크기를 예측하여 시스템을 구성하나 초기에는 불필요하게 큰 시스템으로 운전하게 되어 경제적이지 못하다.

따라서, 종합배전자동화시스템은 확장성(Scalability)과 가용성(Availability)을 고려하여 최적으로 구성하도록 설계하였다. 가용성 확보를 위하여 시스템의 주요 구성요소를 이중화하였고 고장 발생시에는 자동으로 백업 시스템으로 절체되는 구조로 설계하였다.

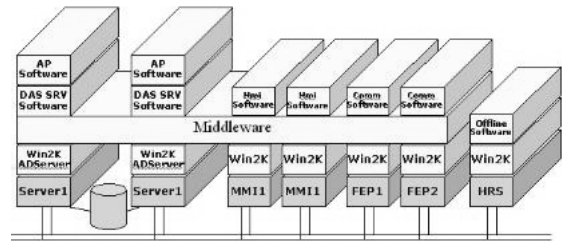
확장성 확보를 위하여 소프트웨어는 규모에 상관없이 같은 소프트웨어를 수정없이 사용할 수 있어야 한다. 이는 초기 투자 금액을 향후 시스템 규모에 증가에도 불구하고 재투자가 최소화 된다는 것을 의미한다. 또한 최근 IT 기술의 발전에 따라 각종 부가적인 소프트웨어가 추가로 개발될 때, 기 개발된 타 소프트웨어에 영향을 최소화 하면서 연동 될 수 있도록 할 필요가



〈그림 1〉 정보 계층도

있다. 이 요구 사항을 만족할 수 있도록 시스템을 〈그림 1〉과 같이 3 Tier 구조로 개편하고 정보교환 기반 소프트웨어인 실시간 처리미들웨어를 도입하여 시스템을 설계하였다.

소프트웨어의 구성은 〈그림 2〉와 같은 형태로 구성하였으며 모든 응용 소프트웨어는 미들웨어를 통하여 시스템에 접근하여 필요시 이력 DB에 접근이 가능한 구조이다.

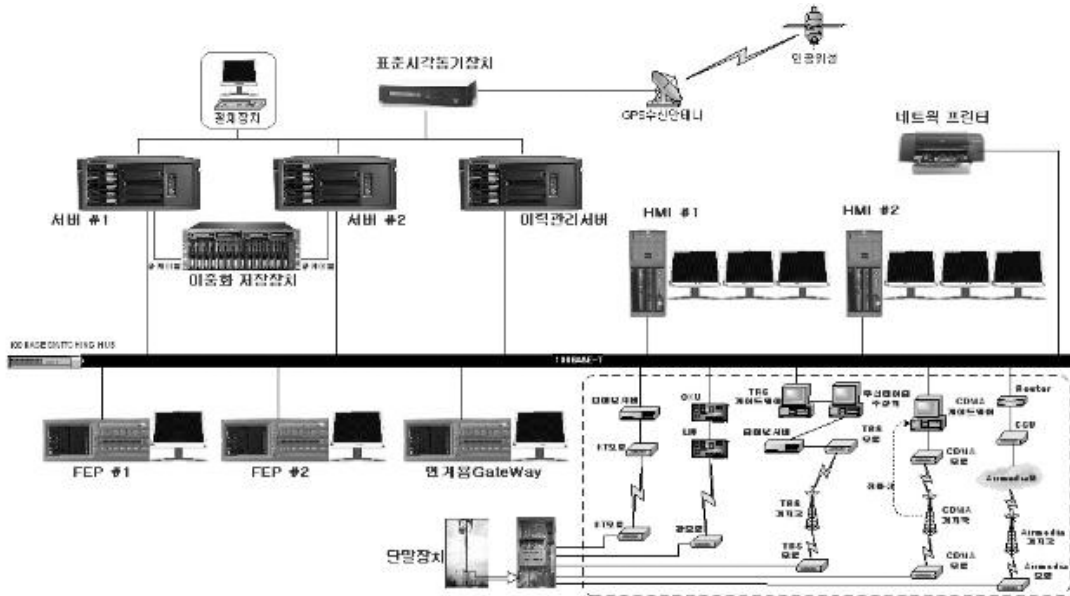


〈그림 2〉 종합배전자동화 소프트웨어 개념도

### 2. 하드웨어 구성

종합배전자동화시스템의 하드웨어 장치 구성을 보면 아래 그림처럼 서버장치와 이중화용 저장장치, DB 입력용과 원격제어 운전용인 HMI장치, 유·무선 통신방식에 따라 구분되는 FEP장치로 구성되어 있다. HMI와 FEP장치의 Client수는 고정되어 있지 않으며 경우에 따라 확대가 가능한 구조이다. 또한 GPS수신장치와 안테나가 있어 서버와 각각의 노드들의 국제표준시각으로 시간동기화가 가능하다.

서버장치는 두 대의 서버가 주·예비로 구성되어 장치에 이상이 발생했을 시에는 Clustering 기능을 이용한 절체가 가능하며, KeyLock을 사용하여 데이터베이스 등의 보안이 가능하다. 이중화용 저장장치는 Disk Array장비로 Raid5를 구성하여 시스템 가용성을 높였고 스토리지 용량증설에 유연하게 할 수 있도록 하였다.



〈그림 3〉 종합배전자동화 하드웨어 구성도

### 3. 소프트웨어 구성

종합배전자동화의 서버장치와 클라이언트인 FEP와 HMI장치는 미들웨어를 이용하여 통신함으로써 각 노드의 역할 및 개발분담이 명확해지고 향후 시스템이 확장될 경우에 개별적인 노드간의 통신없이 인터페이스 할 수 있다.

종합배전자동화시스템 운용프로그램은 크게 기본과 응용 프로그램으로 구분되는데 기본 프로그램은 데이터베이스, 통신, 감시 및 제어와 관련된 프로그램을 일컫으며 응용 프로그램은 고장발생시 최적의 복구방안과 보호장치간 최상의 파라메타 설정치를 제공하며 과부하 발생시 해소방안을 제시하는 등 운영자에게 배전선로 운영에 관련된 최적의 솔루션을 제공하는 프로그램이다.

#### (1) 기본 프로그램

##### 1) 서버 프로그램

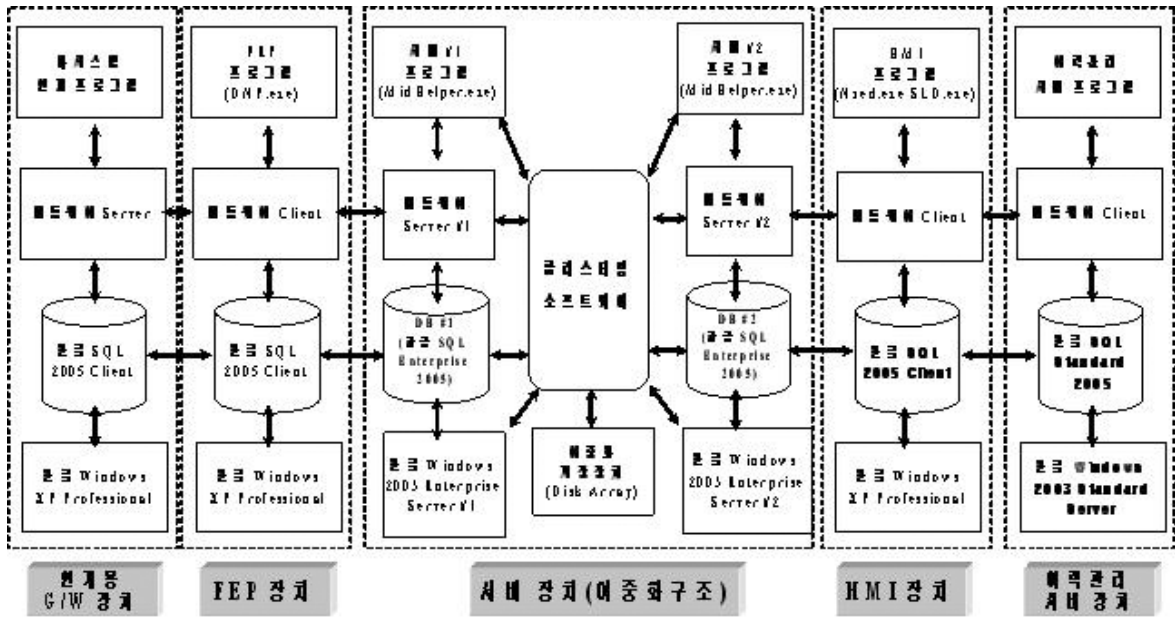
서버장치에 설치되는 MidHelper 프로그램은 미들

웨어를 기동시키고 실시간DB를 생성하며 Physical DB에서 데이터 로딩하는 과정을 자동으로 실행시켜 준다. 기동시 시스템운전에 필요한 실시간DB를 생성하고 운전 중 변동분에 대한 변경/저장하는 기능을 수행하고 개폐기에 대한 통신성공률의 통계를 DB에 관리하며 통신프로토콜 방식별로 개폐기 목록을 확인할 수 있다.

##### 2) FEP 프로그램

FEP장치는 미들웨어를 경유하여 수신되는 주장치 명령을 현장의 FRTU로 송신하고 반대로 FRTU에서 수신되는 정보를 미들웨어로 보내주는 역할을 담당한다.

FEP프로그램은 유선, 무선방식에 따라 독립적으로 운전되는 형태이므로 각각의 관련DB와 통신방식별 프로토콜 및 파라메타를 설정하여 사용한다. 또한 Hexa형태로 표시되는 DNP 패킷 데이터를 포인트별로 한글로 표시할 수 있고 로그자동저장기능과 스케줄러로 주기적으로 계측하는 시간을 설정할 수 있다.



〈그림 4〉 종합배전자동화 소프트웨어 구성도

ID	이름	상태
0001	2007-07-14 11:27:00	정상
0002	2007-07-14 11:27:00	정상
0003	2007-07-14 11:27:00	정상
0004	2007-07-14 11:27:00	정상
0005	2007-07-14 11:27:00	정상
0006	2007-07-14 11:27:00	정상
0007	2007-07-14 11:27:00	정상
0008	2007-07-14 11:27:00	정상
0009	2007-07-14 11:27:00	정상
0010	2007-07-14 11:27:00	정상

〈그림 5〉 서버 프로그램(MidHelper)

### 3) 감시·제어프로그램

감시·제어프로그램(Nzed)은 종합배전자동화시스템 운용을 위한 주 소프트웨어로서 계통데이터 파일을 로드하여 배전계통을 한눈에 보여주어 배전선로를 감시하고 대상 개폐기의 상태 계측과 제어를 수행한다. 이벤트 발생시 알람과 함께 사고 지역을 표시하여 운영자가 신속히 대처할 수 있는 정보를 제공하며 동시에 운영자의 제어 수행결과를 데이터베이스에 기록한다.

#### (2) 응용 프로그램

##### 1) 회선별단선도 자동생성 프로그램

회선번호	회선명	상태	위치	고장유형	고장시간	고장위치	고장원인	고장처리	고장상태
0001	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0
0002	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0
0003	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0
0004	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0
0005	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0
0006	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0
0007	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0
0008	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0
0009	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0
0010	2007-07-14 11:27:00	정상	1000	0	0	0	0	0	0

〈그림 6〉 FEP 프로그램(DNP)

배전선로 운영에 필요한 회선별단선도를 지리정보를 기반으로 자동 생성 및 운전정보와 설비의 위치 제공하는 프로그램으로 고압경과도와 회선별단선도간에 상호 전환이 쉽도록 구성하였다.

##### 2) 배전선로 고장처리 프로그램

고장정보를 분석하여 고장구간, 정전부하량, 연계



〈그림 7〉 Nzed 프로그램

선로의 상태를 고려한 최상의 건전구간 복구방안 후보를 탐색한 후 평가 절차를 거쳐 최적의 고장복구 방안을 운용자에게 제공하는 프로그램으로 조작절차서 작성 후 원격으로 일괄조작기능과 변전소 Bank고장 또는 2회선 이상 동시고장에 대한 고장처리 기능 및 고장이력관리 및 보고서 작성기능도 제공한다.

### 3) 보호협조 프로그램

보호협조 검토에 필요한 모든 정보를 데이터베이스로 구축하고 있어 수시로 검토할 수 있고, 현 계통에 가장 알맞은 설정치를 제공할 뿐만 아니라 통신방식을 이용한 원격정정이 가능하다.

### 4) 데이터오류검출 프로그램

자료구축 또는 변경시에 발생할 수 있는 오류(선로내 내부루프, 연계선로간 루프, 구간고립, ID중복 등)를 자동으로 검출하고 최근의 개폐기 조작내역을 운용자에게 제공함으로써 오류수정을 도움을 제공한다.

### 5) 상시개방점 최적화 프로그램

상시개방점 개폐기의 적정 재배치를 통하여 효율적인 계통운전을 도모하기 위한 프로그램으로 손실최소화와 부하평준화 두 가지 목적함수를 전제로 계통운전 정보를 이용하여 상시개방점 개폐기 위치를 재배치하여 운용자가 원하는 계통으로 재구성 방안을 제공한다.

### 6) 계통해석 프로그램

배전계통의 효율적인 운영을 위하여 시스템 사용자

의 계통진단, 유지보수 등 현장업무에 활용하고자 고장전류 계산, 선로손실 계산, 전압강하 계산 및 부하예측 기능을 제공한다.

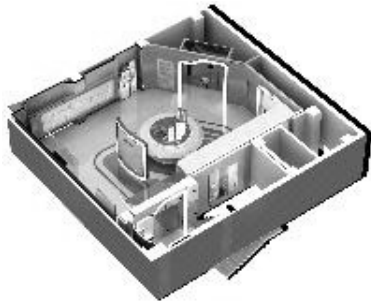
### 7) 과부하해소 프로그램

상시 운전중인 배전선로의 허용용량을 설정하고 설정치 이상일 경우 과부하 경고 및 부하량 최적절체방안을 제공한다.

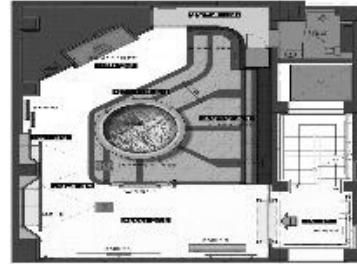
## V. 배전자동화 실증 체험관

### 1. 실증 체험관 건설배경

해외 전력사 관계자들의 배전자동화 현장을 방문해도 운전중인 배전자동화시스템을 직접 조작하거나 체험하는 것이 불가능했고, 전문화된 시설이 없어 국내외 내방객에게 충분한 체험을 제공하기 곤란했다. 이러한 배전기술에 대한 대외 홍보공간이 없어 고장유형이 고려된 실습시스템 도입이 필요했고 급증하는 해외 전력사 내방객에게 국산 배전자동화 기기와 S/W를 적극 홍보하여 해외수출을 촉진시키는 목적으로 중부지점 명동 배전스테이션 #1에 약 40평 규모로 건설되어 2006년 5월 개장하였다.



〈그림 8〉 실증 체험관 조감도



〈그림 9〉 실증 체험관 평면도

## 2. 주요 전시내용

실증 체험관은 배전자동화 원리 및 역사, 구성, 현황, 시뮬레이션, 조작체험 코너 등으로 구성되어 있다. 원리 및 역사 코너에서는 배전자동화의 개념 및 구성을 알기 쉽게 관련 이미지 자료로 설명해 주고 있으며 배전자동화 개발과정과 흐름을 과거, 현재, 미래로 구분해 그래픽 패널과 영상물로 표현하고 있다.

구성코너는 기술 세부내용 및 전체 시스템 구성을 180인치 대형 스크린을 통해 설명할 수 있도록 구성되어 있으며, 배전자동화시스템 외에 한전에서 운영하는 우수시스템과의 연계 정보에 대한 설명도 포함되어 있다.

현황코너는 전국 배전자동화시스템 설치 현황을 그래픽과 화면으로 파악할 수 있도록 했으며 시뮬레이션 코너에서는 지역별로 배전선로 고장시 배전자동화시스템을 이용해 절제하는 과정을 실제모형과 영상으로 보여준다.

조작체험 코너에서는 현재 사업소에서 설치·운영 중인 배전자동화시스템 설비를 실물로 배치해 놓았으며, 모의고장을 발생시켜 방문객이 직접 원격 계측·제어 등의 배전자동화시스템 운전을 체험할 수 있도록 구성하였다.

## VI. 결론

국내기술에 의해 개발되어 1999년부터 본격적으로 도입된 배전자동화시스템은 전자와 전산, 제어계측 기술 등이 융합되어있는 종합 전력IT기술로 도입초기에는 여러 시행착오와 문제점으로 어려움이 많았으나, 해외 배전자동화시스템 못지않은 국산 배전자동화시스템을 개발하겠다는 기술진의 열정과 노력으로 성공적인 배전자동화시스템을 구축하기에 이르렀다.

현재 배전자동화시스템은 고장 발생시 단전 후 조치를 취하는 형태로 되어있지만, 향후 전산과 계측 기술 및 신호제어기술을 활용해 현장의 배전설비 고장을 사전에 예지함으로써 고장 발생 전 예방조치를 취하는 방향으로 발전할 것이다. 또한 갈수록 복잡해지는 배전계통을 인력에 의존하기에는 한계가 있기에 인공지능기술을 도입한 인공지능형 전원공급시스템으로 배전자동화시스템은 진화를 계속할 것이다.



- 고려대학교 석사(전기공학)
- 한국전력 배전처 배전기술팀장(현)