

# 배전자동화시스템의 기술개발

김요희

(전기연구소 전력전자연구부장)

## 1. 서 언

전력계통 운용의 기본과제는 전력에너지를 생산에서부터 소비에 이르기까지 분배를 함에 있어서 경제성과 안정성을 유지하면서 양질의 전기에너지를 공급하는데 있다.

그동안 지속적인 경제성장과 더불어 전력에너지분야도 양적인 성장을 거듭하여 2060년대에는 현재의 약 2배에 이를 것으로 추정되고 있다.

지금까지 우리의 전력은 사실상 양적인 성장에만 주력해 왔으나 최근의 반도체, 컴퓨터, 통신기술의 급속한 진전에 따라 양질의 신뢰성 있는 전력을 요구하는 기기들이 많이 보급되어 그 수요 구조가 많이 바뀌었다.

따라서 전력의 양적인 성장과 아울러 질적으로 향상된 전력공급을 위한 전력공급신뢰도향상과 시간적 수요패턴 변화에 따른 전력유통설비의 효율적운영은 전력시스템 기술자들이 해결해야될 큰 과제로 등장하고 있다.

그래서 선진국의 전력회사들은 인력에 의한 전력계통 운영에 한계가 있음을 인식하고 전력시스템의 자동화에 대한 기술적도전을 시도하여 이미 계층별로 자동화 시스템을 구축하고 있으며 국내에서도 상위계층인 EMS나 SCADA 설비가 도입되어 운용중에 있다.

그러나 배전계통은 수용가와 직결된 전력시스템으로서 전력유통설비중 70% 이상을 차지하고 있으며

정전시간의 대부분을 유발하는 설비이나 제어대상으로 해야하는 설비가 방대하고 복잡다단하게 구성되어 있어 자동화의 진전이 미비한 실정이다.

최근 컴퓨터 및 통신기술의 발전에 따라 효율적인 시스템구성이 가능해지고 다양한 기능구현으로 경제성을 도모하게 되므로서 국내에서도 적극적인 기술개발이 검토되고 있어 본고에서는 이러한 배전자동화 시스템의 기술특성과 개발내용에 관해 기술하고자 한다.

## 2. 배전자동화의 기능과 효과

### 2.1 개요

자동화의 개념은 반복적인 작업을 행함에 있어 인간의 간섭을 최소화하는 것이다. 특히 전력분야에서의 작업은 방대한 전력설비들이 원격지에 분산되어 있으므로 많은 인력과 시간이 소요되나 원방감시제어 수단을 통한 자동화시스템의 운용은 큰 효과를 기대할 수 있다.

배전자동화란 이러한 배전설비의 운용의 효율성을 높이기 위해 피제어대상기기에 원방감시제어 기능을 부여하고 제어소에서 일괄제어를 가능케한 것을 말한다. 초기에는 원방제어기능에만 중점을 두었으나 최근에는 배전선로 계통운용과 전력수급에 관한 정보처리를 컴퓨터나 통신수단에 의해 자동화하는 계산기제어 형태에 중점을 두어 정의하고 있다.

배전선로에 관한 계통운용과 전력수급에 관한 자동화기능을 고찰하여 보면

- 선로개폐기 감시제어(배전선로자동화)
- 부하관리
- 자동원격검침
- 배전관리정보수집

으로 분류되고 있다.

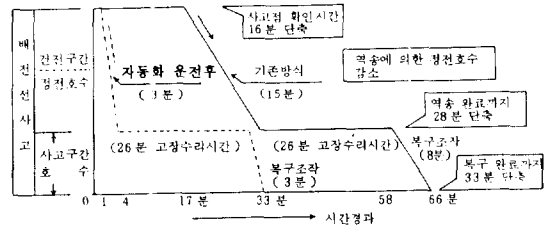


그림 2. 국내 배전선로 자동화 운전효과

## 2.2 개폐기감시제어

선로개폐기의 원격감시제어기능은 배전자동화의 가장 중요한 기능으로서 고장시 정전구간축소와 정전시간감소에 큰 효과를 발휘하여 배전계통의 공급신뢰도 향상목적을 달성하는데 가장 유리한 수단이다.

배전선로개폐기 감시제어기능을 사고시와 평상시로 구분하여 기술하여 보면 사고시에는 지금까지 고장신고를 전기고장 수리접수처(123센터)에서 접수한 후 보선원이 출동, 정확한 사고구간을 탐사한 후 고장구간을 분리절체하고 사고접수후 복구개폐기 조작을 행하였다. 이때문에 사고점탐사시간지연이나 작업원의 안전성 문제등이 있어 왔다.

그러나 자동화시스템에 의존하면 컴퓨터와 통신기능에 의해 사고점이 정확히 경보되고 정전구간의 최소화와 전전구간 재송전을 위한 개폐기 조작이 원격에서 신속하게 자동처리될 수 있다(그림 1참조). 이에 따라 종래방식에서는 평균적으로 40분이상 걸리

던 정전시간이 수분 이내로 단축된 효과를 얻을 수 있다. 그림2는 국내(한국전기연구소, 한국전력 기술연구원)의 실증시험결과의 예이다.

평상시에는 배전계통 운영에 필요한 각종관리정보를 자동수집하여 효율적인 계통운용을 할 수 있다. 배전계통을 구간별로 세분화해서 부하량을 실시간 계속할 수 있어 선로구간별 부하량을 적절히 평준화하면 과부하시 발생하는 선로손실이나 변압기사고등을 미연에 방지할 수 있다.

전압관리를 위한 레귤레이터, Tap제어, 주상콘덴서제어등이 가능하여 설비이용율을 향상시킨다.

## 2.3 부하관리 및 자동검침

전기에너지는 사회생활과 산업활동의 기반이 되고 있으므로 필요한 때에 필요한 양만큼 사용할 수 있도록 전력수요에 대처해야 한다.

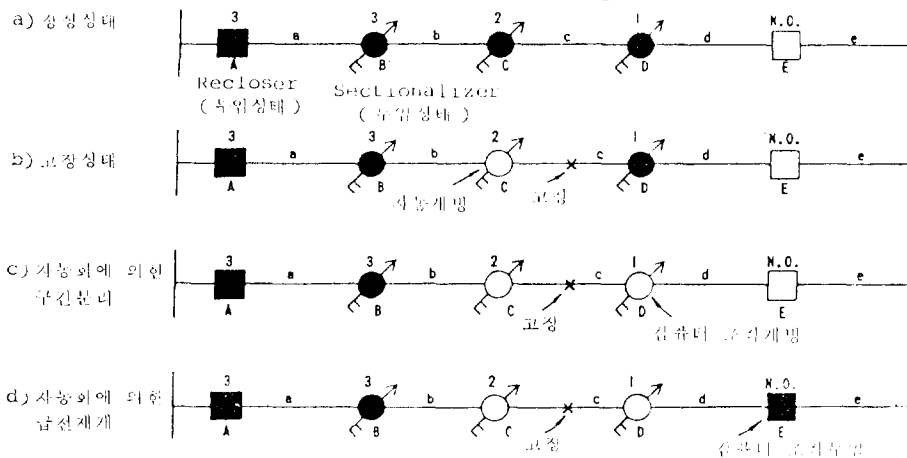


그림 1. 자동화에 의한 선로사고 처리 순서

그러나 최근 국내의 전력수요가 하계냉방부하 상승에 따라 첨두부하가 증가하는 것처럼 주간 및 계절별 수요격차나 년부하율의 저하는 설비이용율의 저하라는 결과를 초래한다.

따라서 전력회사에서는 수용가의 부하를 직간접으로 제어함으로써 전력부하를 평준화시키기 위한 제방책이 강구되고 있다.

부하평준화를 위한 방책으로는 요금제도에 의한 간접 부하제어와 수용가 부하기기를 직접제어하는 수단을 사용하게 된다.

이러한 수단을 사용하기 위해서는 수용가의 부하 조사(Load Survey)를 할 수 있어야 하고 직접부하를 제어하는 기능이 요구된다.

배전자동화 시스템에서는 수용가까지의 양방향 통신링크를 용이하게 구성할 수 있기 때문에 이를 통해 수용가의 부하 내용을 주기적으로 조사하면서 첨두부하를 형성하는 냉난방부하를 5분, 30분, 60분 등 차단주기에 따라 순회적으로 차단하면 전력공급 능력을 효율적으로 확보 할 수 있다.

부하관리기능은 배전자동화기능중 자동화설비투자에 대한 이득효과 중 가장 뛰어난 경제성을 보장하기 때문에 70년대 석유과동(Oil shock) 이후 경영악화, 발전소 건설단가상승, 신규원자력발전소 건설중단 등 장기전원개발전망이 불투명했던 미국배전자동화시스템 개발의 원인이 되었다.

또한 부하관리목적을 위한 단말장치기능에 수용가의 전력량계검침기능을 포함시킬 수 있으므로 부하관리용 간접제어수단을 확보하는데 필요한 계절별 및 시간대수요량, 부하종별검침 등을 다기능적으로 통합처리 할 수있다. 또한 장래 수용가까지의 양방향통신을 이용한, 정전통보 및 요율통지나 기타 수용가서비스를 실현할 수도 있게된다.

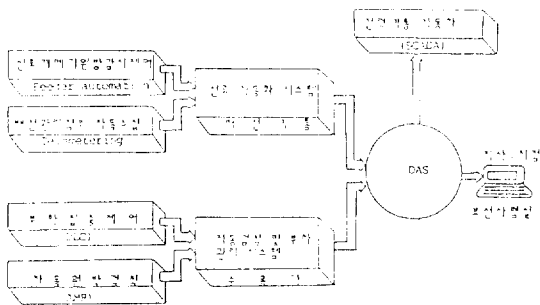


그림 3. 배전 종합 자동화 시스템 구성도

	< 기 능 >	< 효 과 >
신뢰성향상장치제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 개폐기 상태 감시</li> <li>· 사고인 구분 결재</li> <li>· 작업정전 부하 결재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 정전구간 축소</li> <li>· 정전시간 감소</li> <li>· 인공사고 및 정전화</li> </ul>
배전관리정보 자동 수집	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Feeder 부하계측</li> <li>· 전압변동 계측</li> <li>· 단선 검출</li> <li>· 사고예지 정보 수집</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 배전순신 점검</li> <li>· 과열화 사고 예방</li> </ul>
부하종별검침	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 냉, 난방 부하 제어</li> <li>· 공장부하 Peak Cut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 부하 Peak 상충지연</li> <li>· 선원설비 부하 지연</li> <li>· 고열 수용가 수요제어</li> </ul>
자동원리검침	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선로량계 자동검침</li> <li>· 계량법, 침차변용률 전환</li> <li>· 무허용성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전기검침비용 절감</li> <li>· 수용가 정보향상 서비스</li> <li>· 검침시스템 다양화</li> </ul>

그림 4. 배전종합자동화의 기능화 효과

### 2.4 배전종합자동화와 효과

배전자동화는 배전설비에 관련된 기능을 동일한 시스템내에서 종합적으로 수행이 가능하므로 설비투자의 경제성과 공급신뢰도 향상목적으로 고려한 배전종합시스템 구축이 효율적이다.

배전종합자동화시스템의 구성개념도는 그림3과 같으며 종합적인 기능과 효과를 요약하면 그림4와 같다.

### 3. 국내의 배전자동화 현황

배전자동화가 가장활발한 국가는 주로 미국과 일본으로서 최근까지의 현황은 표1과 같다.

표 1. 외국의 배전자동화 추진현황

국 명	내 용
일 본	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 70년대 말부터 9개 전력회사 추진, 확장</li> <li>- 개폐기 감시 제어(구주전력, 1993년 100%)</li> <li>- 배전정보 자동 수집</li> <li>- 부하제어 및 수용가 검침</li> </ul>
미 국	<ul style="list-style-type: none"> <li>· DOE, EPRI의 후원으로 전력회사별로 70년대 말부터 운용 및 확장추진</li> <li>- 커패시터제어와 자동검침 및 부하제어</li> </ul>
유 럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 60년대부터 부하제어</li> <li>· 자동검침 및 개폐기제어 시험중</li> </ul>

표 2. 국내의 배전자동화 실증시험현황

지 역	방 식	내 용
경기도 (수원)	배전선방송 (DLC)	· 배전자동화 시스템(시험운용용) -개폐기 감시제어 : 11개소 (90년 50개소확장 예정)  -자동검침 : 35개 소 -부하제어 : 20개 소
서울시내 일부지역	통신선	· 변전소 SCADA 이용 -지중개폐기 감시제어 : 65개소

일본의 경우는 부하제어용 Ripple방식을 적극활용하여 양방향(Answer Back)방식으로 겸용하거나 전용의 통신케이블(부하밀집지역인 도시지역)을 이용하는 시스템이 확장되고 있으며 관서전력이나 구주전력은 90년대 중반까지 완료목표를 갖고있다. 시스템 개발은 70년대 전력중앙연구소(CRIEPI)에서 주도적으로 연구개발을 시작하여 전력회사별로 실증시험을 거쳐 실용화하고 있으며 통산성이 저금리의 공사자금을 융자하여 설비투자의 인센티브를 주고 있다.

미국의 경우는 미에너지성(DOE)의 정책과제로 채택되어서 미전력연구소(EPR)와 후원하여 전력회사별로 각종방식을 개발 실용화 하였으며 90년대 배전종합 자동화의 구축을 목표로 하고 있다.

국외의 배전자동화시스템의 기술개발배경을 고찰하면 공통적으로 자국의 전력회사에 적합한 시스템 개발을 장기간에 걸쳐 추진하여 실용화하고 있다.

이는 제동특성과 운영방식이 상이하며 시스템이 광범위하고 대상의 수가 많으므로해서 시스템의 기능개선과 응용소프트웨어개발 확장이 지속적으로 이루어져야 하기 때문이다. 또한 국가적인 정책이 뒷받침되어 전력회사, 전력연구기관, 제조회사의 협동개발방식을 취한것이 특징이다.

국내의 경우도 88년에 실증시험시스템(미국 WH. EMETCON.) 도입을 통해 각종성능 및 기능시험이 이루어져 기술축적을 도모하였다. 표2은 국내에 시

행된 현황을 보였다.

## 4. 배전자동화시스템 구성기술

### 4.1 중앙제어시스템

중앙제어시스템의 역할은 배전시스템의 수많은 설비들을 대상으로 감시, 계측, 제어를 효율적으로 제공하는 것이다.

중앙제어시스템의 컴퓨터설비는 배전설비내의 제어정보들이 각기 다른 처리주기를 갖고 있고 이에따른 여러가지 수행되어야할 처리업무에 적합해야 한다. 풍부한 정보데이터들에 의존해서 운영되어야 하는 특성에 따라 실시간적으로 수집되는 데이터들이 용이하게 취급되는 하드웨어나 소프트웨어의 구조를 요구하게 된다. 이러한 배전자동화시스템으로 사용되는 하드웨어적 구성도를 그림5에 보였다.

배전자동화 시스템의 성능을 평가받게 되는 중요한 요소는 중앙컴퓨터시스템이 처리하는 통신처리 기능이라 볼 수 있다. 그래서 규모가 커질수록 중앙 컴퓨터의 통신처리 부담을 경감시킬 수 있도록 front-end로 소규모 컴퓨터나 마이크로 컴퓨터를 채택하기도 한다. 제어명령에 따라 통신처리 기능은 양방향(Closed Loop)적인 것을 요구할 수 있기 때문에 단말장치들과의 통신대화를 전담시킬 필요가 있기 때문이다.

주변장치들은 맨머신인터페이스로서 대량의 제어대상설비들을 운전하는데 중요한데 계통감시반(Map

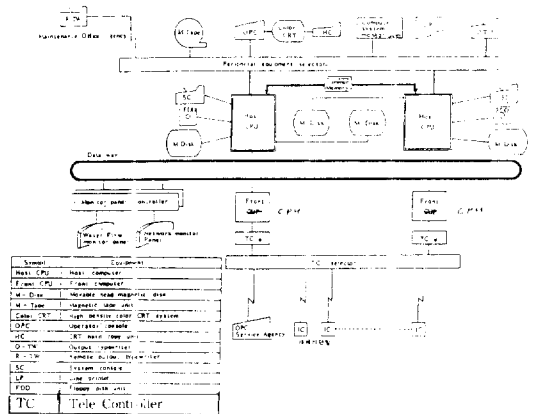


그림 5. 중앙제어 시스템의 컴퓨터 설비 구성도

기능	내용
감시기능	배전계통의 상태감시, 배전선 과부하감시
사고시 조작기능	배전선, 뱅크, 변전소사고시의 계통절체 및 최적부하용통
작업계획조작기능	배전계통의 변경에 따르는 정전작업시 계통절체와 최적부하 용통
비상조작기능	예정에 없는 비상시의 계통절체와 최적부하 용통
과부하 해소기능	배전선과 뱅크의 과부하를 해소하기 위한 계통절체
기기개별조작기능	조작자에 의한 개폐기 및 차단기조작
배전계통도 표시기능	지도를 배경으로한 배전계통의 실시간 표시
maintenance기능	설비데이터와 도면데이터의 maintenance
기록기능	사고조작기록, 보고서, 정전 정보 등
운용지원기능	훈련용 시뮬레이션, 재해복구 지원 배전계통 설비계획 지원 등

그림 6. 배전자동화 컴퓨터시스템 처리기능

Board), CRT가 부가된 조작자 콘솔, 프린터, 하드 카피프린터등이 사용되게 된다. 특히 맨-머신 인터페이스 기능은 배전운용자들에게 얼마나 잘 활용될 수 있느냐 하는 척도가 되어 운용자편의중심의 방식들이 제공되고 있다. 대표적인 것이 복잡다단한 배전계통을 현상감있게 보면서 운전할 수 있는 가로도 배경의 컬러그래픽 온라인계통도이다.

중앙처리장치의 소프트웨어는 Real Time, Interactive 그리고 Batch 기능으로 분류한다. Real Time 소프트웨어는 각종 전력량이나 전력수요량 그리고 배전선의 효율적 운전엔 필요한 캐파시터제어용 KUAR의 변화량 측정등이다. Interactive 소프트웨어는 운전자 요구의 결과에 따라 기능을 수행하는

것으로 각종개폐기제어, 데이터수집, 부하관리 등이 있다. 상기 2가지 형태의 소프트웨어프로그램은 정보변화의 조건들을 기다리면서 컴퓨터에 등록되어 있어야 한다. Batch소프트웨어는 주요프로그램이 수행되는 이외의 시간에 수행될 수 있는 각종보고서 작성이나 예측계산, 분석등의 지원적 프로그램 들이다.

응용소프트웨어프로그램들은 원격제어나 배전시스템의 성능을 모의할 수 있는 계산절차나 식들을 포함할 수 있다. 이러한 소프트웨어들은 배전자동화기능들을 상징하는 것으로서 아래와 같이 분류된다.

- 변전소내 배전 Bus자동구분
- 배전 급전선 배열스윗칭 및 자동구분
- 종합 Volt/VAR제어
- 급전선구간부하평형
- 원격검침 및 부하제어

한편 중앙제어장치의 설비들은 배전설비의 신중설의 빈도가 잦음에 따라 모듈식의 확장기능이나 용이한 데이터베이스 유지보수를 고려하는 것이어야 한다.

#### 4.2 통신시스템

배전자동화시스템에서의 통신시스템은 중앙제어소와 수많은 원격제어단말과의 명령데이터들을 송수신

표 3. 배전자동화 기능별 정보요구시간

내용	시 간				
	24H	1H	1M	1s	0.001s
자동 Bus 구분				1s	
Feeder배열 및 자동구분			10M	30S	
전압/무효전력 제어				1S	
변압기 부하평형			10M		
데이터 수집 및 처리			10M		
보호정보					
부하관리	24H		5M		
원격검침	월				
SCADA와의 인터페이스					필요시 즉응

하는데 효율적이어야 한다. 여기서 효율적이라는 것은 경제성과 신뢰성이 모두 포함되어야 한다는 것을 의미한다. 다른 자동화시스템에서와는 달리 배전설비 대상에서는 통신시스템의 선택이 배전자동화 방식을 특징짓는 것으로 인식되는 만큼 중요한 요소가 되고 있다.

이미 다양한 통신방식들이 이러한 목적에 응용되었기 때문에 방식별 장단점이 거론되고 있으나 현재까지도 효율적이라는 척도는 상대적으로뿐 절대적으로 최적이라는 평가는 하지 못하고 있다.

일반적으로 배전자동화시스템의 대상규모나 자동화기능의 정도에 따라 통신시스템을 선정하고 있다.

통신시스템이 가져야할 특성들을 보면 아래와 같다.

- 통신신뢰성
- 경제성
- 현재와 미래의 데이터전송능력
- 양방향통신능력
- 고장구간에서의 통신능력
- 유지보수성
- 데이터흐름의 구조에 따른 적합성

등이다.

통신신뢰도 측면은 배전시스템내에서의 통신이 열악한 통신환경을 갖기때문에 낙너나 전자유도, 개폐서지등에 따른 EMI문제에 적응해야되며, 경제성고

표 4. 배전자동화 통신시스템 비교

항목	배전선반송			통신선 및 동축케이블	무선	기타	
	저주파	고주파					
		전원주파 동기형	전원주파 비동기형				
전송방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripple : 150~600Hz</li> <li>• 파형왜곡 : 60Hz</li> <li>• 전원주파 동기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대지귀로방식</li> <li>• 5~20KHz 중간주파사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전류귀환형</li> <li>• 진행파형</li> <li>• 영상전압</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전압귀환형</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전용선</li> <li>• 차용선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VHF (150 MHz)</li> <li>• UHF (900 MHz)</li> <li>• AM 및 FM 방송파활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광케이블</li> </ul>
변조방식	ASK, FSK	FSK	PSK	FSK	FSK		
전송속도	2Bps	50~300Bps		150~1,200Bps	128Bps		
통신 성공율	송신 : 100% 수신 : 90%	98~99.5%		99.0%	송신 : 98% 수신 90%		
개발목적	• 부하집중제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선로개폐기 감시제어</li> <li>• 부하관리 및 제어</li> </ul>		• 자동검침	• 부하집중제어		
장단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전송로 구성이 경제적</li> <li>• 전송속도 제한</li> <li>• 통신장치의 용량이 대</li> <li>• 금속회로 방식으로 주로 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가압선로통신</li> <li>• 비가압 통신</li> <li>• 전송로 구성에 경제적</li> <li>• 통신출력이 높음</li> <li>• 신호감쇄, 정재파 S/N비유지 곤란</li> <li>• 통신장치가 소형, 경량화</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전송로 구성이 비경제적</li> <li>• 통신효율 높음</li> <li>• 통신장치의 저렴, 컴팩트</li> <li>• 전송속도 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전파자원 활용제한(법적 규제)</li> <li>• 전파장해</li> </ul>		

려는 실질적인 설치 및 운영비용과 전반적인 성능의 최적조건을 말한다. 데이터전송능력은 빠르면 빠를수록 좋겠으나 최소한 인간의 기계신뢰에 적합한 응답시간내에 정보전송이 이루어질수 있도록 해야한다. 현재까지 실용화되고있는 시스템들을 기준으로 기능별 정보요구시간을 표3에 보였다. 대부분의 배전자동화 시스템들이 현재는 300Bps내외의 전송속도를 채택하고 있으나 각종배전관련 기능확장에 유연할수 있도록 간선계들은 전송능력이 좋은 광파이버나 동축케이블들도 시험응용되고 있다. 양방향성통신은 제어명령에 대한 응답확인이나 계측 및 상태확인을 위해 중요한 요소이다.

한편 배전선로는 고장시 고장구간을 분리하게 되므로 이선로 구간에서의 통신전원 확보가 필요하며 운영에 따른 유지보수의 간편성을 위해 전력회사 소유의 통신설비와 표준화된 컴포넌트 및 프로토콜의 채택을 요구하게 된다. 표4는 지금까지 응용개발된 통신시스템의 장단점을 보인 것이다.

최근에는 데이터흐름계통의 역할과 자동화기능에 적합하도록 단일시스템보다는 혼용(Hybrid) 방식들이 채택되고 있는 추세이다.

### 4.3 단말제어장치

원격단말장치는 배전설비들에 위치하고 있으면서 정보수집이나 제어행위를 하기 위한 통신용 결합용장치이다.

배전계통구분에 따라 고압부인 1차배전계통(Primary)용을 배전제어단말(Feeder Remote Unit)이라하고 저압부인 2차배전계통(Secondary)용을 수용가제어단말(Customer Remote Unit)라 한다. 필요에따라 양방향 또는 단방향 통신기능을 갖게 하여 설치목적에 따라 선택할 수 있게 하고 있다.

배전제어단말은 주상설비들인 콘덴서 뱅크, 구분용개폐기, 차단기, 기타개폐장치들을 감시제어할 수 있으며 제어될 기기와의 구동인터페이스가 용이하도록 보조릴레이가 구비된다. 또한 계측기능으로는 배전관리정보에서 필요한 전압, 전류, 전력, 무효전력, 온도측정을 아날로그 계측정보용 트랜스듀서(Transducer)형태의 인터페이스채널이 제공되어야 한다.

주기적인 감시제어기능등은 중앙제어시스템과 통

신시스템의 부담을 덜기위한 다운로드(Down Loading)에 의한 기능할당(Process Allocation)처리기능은 단말제어장치의 주요 성능의 하나이다. 특히 고장구간내 위치한 배전제어단말들이 필요한 제어기능을 수행할수 있도록 축전지 내장형태를 갖고 있어야 한다.

수용가제어단말은 수용가부하설비를 감시 제어하기 위해 필요한 장치로서 부하제어목적만을 위한 방향제어단말, 상태 감시제어 기능외에 다기능검침기능을 포함하는 양방향단말이 있다.

단말제어장치들은 마이크로프로세서를 채택하므로서 장치의 콤팩트화, 기능확장에 유연하게 대처할수 있는 것이 중요하다.

## 5. 배전자동화시스템 개발구상

### 5.1 국내의 개발배경

배전계통의 신뢰도를 높이기 위해서는 기자재, 시공, 보수유지측면에서 사고를 미연에 방지하기 위한 노력도 필요하지만 사고발생시 신속한 복구노력도 필요하다.

배전계통의 사고를 최소화하기 위한 노력으로서 70년대부터 도입된 Recloser, Sectionalizer의 자체 논리제어에 의한 자동화 방식이 크게 기여하고 있으나 정전시간 감소를 위한 신속정확한 사고점탐사나 전전구간의 송전절체작업 방법등이 보다 필요한 실정이다.

최근 차량급증에 따른 교통체증 때문에 도시지역내에 산재되어 있는 개폐기조작과 선로지중화에 의해 개폐기가 수용가 구내에 설치되는 경우 출입의 어려움이 많아 인위적인 정전시간 지연의 요인이 되고 있는 경우가 대표적인 실예이다. 또한 악천후시 동시 다발적인 사고의 경우 한정된 인원로서는 감당하기 어려워지고 있으며 전력수요증가에 따른 배전설비증가는 보수인력증가를 요구하고 있으나 작업환경이 위험한 이유로해서 인력확보가 곤란한 면도 부각되고 있는 실정이다.

본격적인 국내의 배전자동화는 이미 79년 11월 주무관청인 동력자원부로부터 배전선 원방자동화 추진 지시가 있은후 84년 5월 KERI와 한전기술연구원과

의 “배전계통자동화를 위한 원방감시제어연구”가 시작됨으로서 출발되었다. 88년 경기지사에 배전반송 방식의 실증시험시스템이 도입되어 운영기술 축적과 배전자동화방향이 제시되었으며 이를 근간으로 한 관련연구개발과 추진계획이 수립되고 있다.

한편 이와는 별도로 전력량계 자동 검침이 서울목동지구와 대구지역에서 KTA 전화선을 이용 단순검침기능이 90년도부터 시범 실시되고 있고 부하제어는 한전자체사업장을 중심으로 시험 실시후 92년도부터 일반 수용기부하 200MW를 제어할 계획을 추진하고 있다.

이와같이 국내의 배전부분의 자동화 요구가 점점 증가되고 있어 이에 따른 배전종합자동화 시스템의 조기개발을 통해 국내의 기술수요를 충족해야 할 시기에 와있음을 알 수 있다.

국내의 전력연구전문기관인 KERI와 한전기술연구원은 이미 장기간 관련연구를 통해 운영기술을 충분히 축적하고 있으며 국내의 업체들도 유사자동화시스템개발 경험에 따른 요소 기술들을 갖고 있어 향후 대량수요를 갖고 있는 국내배전자동화시스템의 국산화 개발여건은 성숙되어 있다고 볼 수 있다.

한편 정부에서도 국내중전기업체의 체질개선과 GATT협정에 따른 장기적 중전기시장 확보를 위해 배전자동화부분의 국산화개발을 적극지원하고 있다.

이에따라 90년부터 KODAS 개발사업이란 이름으로 정부(상공부), 한전, KERI업체가 공동으로 배전자동화기술개발계획을 추진하고 있다.

## 5.2 배전자동화방식선정

배전자동화방식은 앞서도 언급했듯이 통신시스템이 어떻게 구성되는가에 따라 방식을 분류하고 있다.

지금까지 국내외적으로 실증시험되었던 실용화 시스템방식을 조사할때 효율적인 방식으로 선정되고 있는 것은 통신선과 배전선반송방식이다.

통신선방식은 설치비가 많이드나 고속전송능력이나 신뢰도측면에서 우수하여 도시지역과 같이 자동화시스템의 의존도가 높고 개폐기간격과 부하가 밀집된 지역에서 효율적이며 배전선반송방식은 경제성은 있으나 신뢰도가 떨어지기 때문에 교외지역같은 지역이나 부하제어 등에 효율적이라 할 수 있다.

국내의 지역별 배전계통의 특징을 고찰하여 볼때 표5과 같이 구성방안을 정립할 수 있다. 여기서 이러한 구성방안에서 전화선의 경우 전화회사와 유지보수한계등이 운영상의 단점으로 지적되어 외국전력회사의 경우 대부분 전력회사 소유의 통신설비를 갖추고 있다.

국내의 배전자동화방식으로서는 대도시 지역부터 점차적인 설비투자가 이루어지게 되므로 통신시스템은 자동화기능과 데이터흐름을 고려하여 통신선방식과 배전선반송방식의 혼용(Hybrid)시스템 구성이 적합하다고 할 수 있다.

한편 배전자동화시스템을 구성하는데 있어 기존설비를 활용하여 기능보완이나 경제성을 고려해야 하는데 중요한 분야는 자동화개폐기이다. 기설개폐기들을 분석하여 보면 고장구간차단은 Recloser, Sectionalizer 보호협조방식을 활용하고 있고, 연계점(Tie)개폐기는 현재 Interrupt-Switch를 자동화용

표 5. 지역별 배전자동화 방식 구성방안

지역별	적정통신방식	구 성 방 안	고려사항
대도시	• 통신선 (전용선, 전화선) • 배전선반송	• 전화선이용(자동검침에 한정) • 지중배전반송 • 지점 단위별 대형시스템 • 지중송배전 감시제어시스템 이용방안	• 지중배선 특성 확보 • 전화선유지보수 협조
중소도시	• 배전선반송 • 통신선(전용선)	• 부하산재지역은 가공배전 및 부하밀집지역은 전화선 이용 • 지사 및 지점단위별 대형시스템	”
교외지역	• 배전선반송 • 무 선	• 영업소 및 출장소 단위 소규모 시스템	• 경제성 고려 및 전송특성



표 6. 기설개폐기의 자동화필요기능

기능	내용	기기명
1. Remote Trip	원격지(Master Control Center)에서 개폐기 Trip조작을 실시해 사고시 또는 작업 정전시에 사고구간 및 작업구간등을 분리한다.	선로에 사용되는 모든 개폐기의 필요 기능
2. Remote Close	No.1의 반대기능으로써 원격에서 개폐기 Close 조작을 한다.	
3. Remote Look out	현재 배전계통(22.9kv)에 사용되는 Recloser의 경우 일정한 Sequence에 의해 Trip 동작과 Close 동작을 반복하여 Lockout상태에 들어가는데 자동화에 있어서는 바로 Lockout상태로 할 경우가 있다.	Recloser 및 이에 대응하는 기기
4. Remote Close Cold Load Pickup Non-Reclose	Close 동작의 경우는 Remote Close 및 Non-reclose로 수행하고 Non-Reclose 특성은 Sequence에 의해 하지않고서 한번에 Close 상태를 Lockout시킨다.	Recloser 및 이에 대응하는 기기
5. Lockout 표시	개폐기의 접점상태를 표시하고 그 정보를 Control Center에 전송하기 위한 것이다. 2set의 Contactor가 필요한데 하나는 開, 다른 하나는 閉상태인 것을 사용한다.	모든 개폐기에 필요하다.
6. Remote Minimum Trip Doubler	Loop 시스템에서 영구사고시 전원측과 부하측이 바뀔 경우에 다른조작이 필요없이 Minimum Trip 값을 빨리 조정하여 역송을 하기 위한 것이다.	Loop Switch 및 Tie Recloser, 이에 대응되는 기기
7. Remote Reset	Loop Switch Control에서 Tie Control 과 Sectionalizing Control Recloser의 경우 원격에서 Reset 한다.	Tie 그리고 Sectionalizing Recloser

Gas개폐기로 대체되고 있기때문에 배전제어단말과의 접점구동부분만 개조하면 별도의 자동화용 개폐기의 대체는 필요없다. 표6은 기설개폐기들이 자동화용으로 사용되기위한 개조필요기능들이다.

수용가제어단말은 국내의 경우 부하제어의 시급성을 고려하여 부하관리용 단말기능으로 개발한다. 고압수용가는 각종 검침기능이 포함된 단말형태로 그리고 저압수용가는 부하제어기능만 담당하는 장치들이 개발되도록 선정하고 있다.

#### 5.4 국내 개발시스템기술규격안

표7은 국내에서 개발될 기술규격안의 개요를 보인 것이다.

#### 5.5 향후개발과제

배전자동화는 장기간에 걸쳐 단계적인 설비투자가 이루어질 수밖에 없으며 이에따라 발전되고 있는 관련기술들의 적용은 필수적이다.

국내에서 개발될 초기시스템이 집중제어 방식인데 비해 자동화시스템이 지향되고 있는 분산제어방식을 위한 관련기술의 개발이 뒤따라야 할 것이다.

분야별 기술개발과제들은 정리하면 아래와 같다.

##### ○배전 종합자동화시스템 연구

- 전체구성에 관한 연구(표준화, 분산제어)
- 계산기 시스템에 관한 연구(계통구성 알고리즘; 맨머신인터페이스 고도화, 정보처리체계, 전문가시스템 개발)

표 7. 국산화 배전자동화 시스템 기술규격안

구 분		규 격	비 고
중앙제어장치 (Central Station : CS)	H/W	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 32비트 워크스테이션</li> <li>· 기능별 Network 구성</li> </ul>	
	S/W	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 리얼타임 O/S</li> <li>· DB 구축-선로용 수용가용</li> <li>· 응용 소프트웨어 기능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-선로개폐기 감시제어</li> <li>-Feeder 배열 및 자동구분</li> <li>-종합 Volt/VAR 제어</li> <li>-Feeder Load 평형</li> <li>-검침 및 부하제어</li> <li>-SCADA 연계통신</li> </ul> </li> </ul>	
	MMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Graphic MMI</li> <li>· MAP Board</li> <li>· 한글 대화 표시형</li> </ul>	
통신장치 (Communication Control Unit : CCU)	전송매체	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 통신선(Primary)</li> <li>· 배전선반송(Secondary)</li> </ul>	
	변전소 통신제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 통신중계 제어</li> <li>· 신호중계, 분배, 감시진단기능</li> </ul>	
	선로 통신제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 배전선반송 중계제어</li> <li>· 신호변환기능</li> </ul>	
	회선제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 통신선 : 분산분기방식</li> <li>· 배전선반송 : 집중분기방식</li> </ul>	
배전제어 단말장치 (Feeder Remote Unit:FRU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 마이크로 프로세서 내장형</li> <li>· 자체기능할당 및 Intelligent 기능</li> <li>· 보조릴레이, 계측용 트랜스듀서</li> </ul>	· point별 Type 구분	
수용가 단말장치 (CRU)	고압용 (MTU)	· 각종 검침 기능 수행, 부하관리	LCU+MTU
	저압용 (LCU)	· 부하제어기능	LCU

\*CRU : Customer Remote Unit \*LCU : Load Control Unit \*MTU : Meter Terminal Unit

- 고도배전계통 보호 시스템에 관한 연구
- 정보전송시스템에 관한 연구(배전정보망 확립과 다목적이용, 배전선반송 등의 신뢰성 향상, 뉴미디어활용)
- 주변기자재연구

- 광센서개발(광CT, PT개발)
- 개폐기 성능향상(개폐빈도향상, 인텔리전트화)
- 주변시스템과의 연계(종합통신망 계획과의 정합, 전력설비 종합시스템과의 정합, 영배

종합시스템과의 연계 및 요금제도의 다양화)

○보수운용기술의 연구

- 자동화용장치의 유지관리 방법
- 교육훈련체계확립(시뮬레이터개발)

## 6. 결 언

미래의 전력문제해결을 위한 기술개발전략에서 배전자동화분야는 국내외의 각 전력회사들의 당면목표이다. 국내의 경우는 상대적으로 개발시점이 일본이

나 미국에 비해 10년정도 뒤지고 있으나 다른 전력설비자동화시스템과는 달리 국내개발이 시도되고 있는 점에서 큰 의의가 있다.

중전기분야의 정보화는 시스템의 부가가치화를 도모하고 정보화사회를 뒷받침하는데 중요한 몫을 담당하고 있다는 인식을 제고시키는데 부가적인 의미를 두고싶다.

배전자동화기술개발이 향후 전력설비분야가 나아갈 요소기술들이 포함되어 있어 여타중전기 시스템들의 첨단화개발에 씨앗이 될수 있도록 지속적인 국내의 연구개발환경조성과 관련기관들의 지원이 요구된다고 생각하며 글을 마치고자 한다.