

電力技術의 現在와 未來

配電自動化

송 성 현

한전 기술연구원 배전연구실장

1. 서 론

産業社會의 급속한 발전과 함께 高度 情報化 시대가 加速化되는 요즈음, 지속적이고 안정적인 전력공급은 더욱 더 電力 供給者의 중요한 책무이지만 연 10% 수준의 전력수요 성장은 공급 신뢰도의 바로미터인 배전계통을 적절히 관리함에 있어 다각적인 노력을 촉구하는 실정이다.

배전계통의 신뢰도를 높이기 위해서는 기자재 품질, 시공설비, 유지보수면에서 취약성을 예방할 수 있는 예지보전(Predictive Maintenance) 노력도 필요하며 고장 발생시 신속히 복구할 수 있는 체계, 곧 고장지점의 발견, 고장구간의 분리, 고장설비의 복구작업 등이 손쉽게 이루어질 수 있어야 한다.

그러나 최근의 급증하는 차량과 교통체증, 도시과밀화 기능에 따른 도로 점유율의 감소, 선로지중화에 의한 수용가 구내 개폐기 설치 등은 신속한 개폐기 조작에 장애요인이 되고 있다.

이와 같은 어려움을 해소하기 위해서는 선로

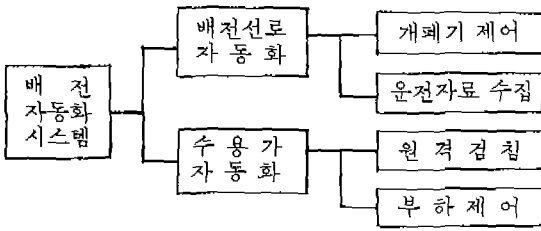
의 원방 감시제어가 불가피하며 이를 위한 배전 자동화 운영은 계통을 최상의 조건으로 운전할 수 있는 정보수집 기능까지를 활용할 수 있어 작업효율을 크게 개선할 수 있다.

본장에서는 배전자동화의 기술적인 일반사항을 요약하고 우리나라의 추진 현황을 살펴보기로 한다.

2. 배전자동화 시스템의 기능

배전자동화 시스템이란 통신선 또는 배전선로 자체를 통신매체로 이용하여 배전선로 및 수용가를 원방에서 감시, 제어하고 효과적으로 운영할 수 있는 정보관리를 수행하는 시스템으로서 컴퓨터, 전자통신, 배전계통 운영 등의 종합기술을 필요로 하고 있다.

이와 같은 배전자동화 시스템의 수행기능은 각종 배전선로의 기기를 제어할 수 있는 기능과 수용가 구내의 부하를 조절할 수 있는 기능(원격검침 포함)으로 분류할 수 있다(그림1).



〈그림 1〉 배전자동화 시스템의 주요 기능

가. 배전선로 자동화

배전선로 자동화는 배전설비의 중요한 설비들을 원격에서 감시제어할 수 있는 선로 개폐기 감시제어 (Feeder Automation)와 관련 운전자료 수집 기능을 들 수 있다.

선로개폐기 감시제어 기능은 개폐기의 동작상태를 감시하여 사고가 발생하면 중앙제어 센터에 경보가 발생되고 정확한 사고점이 표시되어 자동으로 사고 구간을 분리시키고 건전상에 대해 최적적인 계통절체가 효과적으로 이루어지도록 하는 역할이다. 이 기능은 대도시와 같이 사고구간까지 출동시간이 교통혼잡으로 지연될 때 크게 효과적이다. 한편 평상시에는 작업 정전 등 부하절체에 따른 개폐기 조작을 효과적으로 실시하여 안전사고 방지에도 기여할 수 있다.

운전자료 수집기능은 배전계통 운영을 원방에서 자동으로 실시간 감시제어 및 계측을 행하여 에너지 손실 절감과 계통운영의 효율화를 기할 수 있는 역할이다. 즉, 구간별 부하량을 감시 계측하여 부하절체 정보로 활용하며 선로의 전압 변동을 분석하여 Voltage Regulator나 콘덴서 뱅크의 원격제어용 정보로 활용한다.

이 밖에도 사고 예지 정보의 취득도 가능하다.

나. 수용가 자동화

수용가의 자동화는 원격검침과 부하제어를 들 수 있다.

원격검침 기능은 전력량계 검침을 자동으로 행하여 시간대별 수요량 파악과 부하 분석, 도전방

지, 정전통보 및 시간대별 요금통지, 기타 수용가의 부수적 서비스로서 방법방재 역할을 담당할 수 있다. 부하제어 기능은 첨두부하를 분산시킬 목적으로 시작한 것으로 부하제어를 행하기 위한 부하조사 (Load Survey)와 부하집중제어 기능으로 분류된다. 부하집중 제어기능은 냉난방 부하를 제어하고 공장부하의 Peak Cutting을 수행하여 부하 Peak 상승지연 및 전원설비 투자를 지연시키는 효과를 얻을 수 있다.

3. 배전자동화 시스템의 구성

배전자동화 시스템의 구성은 크게 중앙제어장치, 변전소장치, 선로장치 및 자동원방 검침용 단말기로 구성된다. 이들의 구성 내용을 살펴보면 다음과 같다.

가. 중앙제어장치 (Central Station : CS)

○ 중앙제어장치의 기능은 다음의 스케줄 또는 운전원의 조작에 의해 수행됨.

- 원격제어와 기기 ON/OFF 상태감시
- 한정된 그룹 또는 시스템 전반의 릴레이 원격제어

- 시스템을 표시하는 데이터베이스의 유지
○ 시스템은 즉시 처리 (Real Time Processing)가 가능한 컴퓨터 장치로 구성되어 있으며 변전소 제어장치를 통하여 원격단말장치와 접속되어 사용됨.

나. 변전소 장치 (Substation Equipment)

○ 변전소 장치는 중앙제어소와 배전선로장치 사이에서 신호를 변환 전송하기 위한 장치이며, 변전소에 설치된 통신장치는 통신제어장치와 신호 결합장치로 구성됨.

다. 선로장치 (Line Equipment)

(1) 배전제어단말기 (Distribution Control Terminal : DCT)

○ 마이크로 컴퓨터 제어형 양방향 단말장치로

서 배전계통 자동화를 위한 전동기형 Recloser, Sectionalizer, Capacitor형 Bank나 기타 개폐장치들을 감시제어하고 또한 배전계통 운영에 필요한 계측정보를 수집하는 데 필수적인 장치

○제어와 상태감시

-제어의 대상은 전동기에 의해 작동되는 배전선로용 각종 개폐장치들을 포함할 수 있으며, 개폐기 조작제어는 중앙제어장치의 명령으로 수행되는데, 제어나 상태감시의 직접적인 연결점은 대상기기의 전원 유지형 Relay임.

○아날로그 데이터 수집기능

-배전선로의 계측 센서로부터 수집할 수 있는데, 아날로그 래벨은 전압, 전류, 유효 전력(Watt), 무효전력(VAR) 및 온도 등이 측정될 수 있으며 내장 기록장치에 저장되거나 중앙제어소에 전송함.

(2) 선로개폐기

○계통운용을 확대하기 위해 선로의 연결점에 상시개방 상태인 인터럽터 스위치(Interrupter Switch)를 설치하여 선로변경 등에 대한 대책으로 루프(Loop) 운전할 수 있도록 구성되어 있음.

라. 자동원방검침 단말기

○제어장치의 수용가 검침지령에 따라 검침된 전력량계의 데이터를 신호화하고 전송로로 재송출할 수 있는 단말기임.

4. 배전자동화의 추진현황

가. 국 내

우리나라의 배전자동화는 한전에서 80년대초부터 해외기술을 파악하며 준비하여 왔으며 '82년에는 미국의 배전자동화 운용실태를 조사하였다. 이후 배전자동화 연구를 '84. 5 한전 기술연구원에서 한국전기연구소와 공동연구로 "배전계통

의 원격감시 제어를 위한 연구"를 시작하여 '87. 7월 한전 경기지사(수원)에 미국의 Westinghouse사의 전력선 반송방식(Power Line Carrier : PLC) 시스템을 실증시험용으로 도입하여 통신성능과 감시제어를 시험하였다.

이의 설비개요는 다음과 같다.

-중앙장치 : 컴퓨터(Micro VAX II)와 주변 장치 1식

-변전소장치 : 2대 (동수원 변전소, 서수원 변전소)

-선로장치 : 7대 (Recloser 2대, Sectionalizer 2대, SF6 gas SW 3대)

-대상선로 : 4개선로

'88년 10월 연구완료 이후 시범운전을 계속하고 있으며 기존설비 규모로는 실증시험이 미흡하여 기존의 중앙장치를 이용하는 범위내에서 대상선로와 개폐기 증설을 추진하였다.

○중앙장치 : 기존설비 이용

○변전소장치 : 2대 증설

○선로장치 : Recloser : 16대 증설
SF6 gas SW : 22대 증설

○대상선로 : 16개 선로 증설

한편 PLC 방식의 시스템을 이용해서 원방검침과 부하제어 기능에 관해서 실증시험을 실시한 바 있는데, 저압 수용가 구내의 계량기를 교체하여 30개소를 시험한 결과 83%의 성공률(제기오차율 만족)을 보였으며 부하제어 단말 20개 운영결과는 100%의 성공률을 보였다.

지중선로의 자동화는 지중선로의 개폐기 제어에 요구되는 기능의 단순성에 비추어 원방제어의 효과가 크므로 서울 중심부의 22kV 지중선로를 대상으로 '84년 3월 서울전력 SCADA에 포함시켜 3개 수용가 구내 개폐기 원격운전을 시범적으로 추진하였으며 이어서 58개 수용가로 확장하였다. 현재까지 운전 실적을 보면 월평균 55회의 조작을 실시하였다.

부하집중제어는 한전 자체 사업장을 중심으로 시험실시가 작년에 실시되었으며 시험 후 '92년부터 일반 수용가 부하 200MW를 제어할 계획

에 있다. 그리고 자동 원격검침의 경우는 1983년 한전 영업처에서의 사전 조사를 시발점으로 1986년 KTA에서 전화선 단순 검토편식의 현장 실증시험으로 실용화 단계를 접어들고 있다.

따라서 한전에서는 우리 실정에 맞는 시스템을 적용하고자 “알고리즘 정립 및 표준화 연구”와 “배전자동화용 원격 감시제어 통신 단말장치 개발 연구”를 한국전기연구소와 공동으로 추진하고 있다.

또 상공부 전자전기공업국 주관으로 한국전기연구소가 주체가 되어 한국형 배전자동화 연구를 6개 제작사와 별도 추진중에 있다.

나. 국 외

일본의 경우는 '70년대 말부터 9개 전력회사가 추진하기 시작하여 전력중앙연구소(Central Research Institute of Electric Power Industry)에서 주도적으로 연구개발을 시작하여 여러 전력회사에서 실용화 중이다.

〈표 1〉

國名	開發業體名	販賣現況
日本	도시바, 히다찌, 메이멘社 후지 등	· 도시바: 중부전력 요카치의 28個 變電所에 設置 ('88)
美國	W. H, ABB, G. E, ASUE 등	· W. H社: P&L에 70個所 設置

미국에서는 에너지부(Department of Energy)에서 정책과제로 채택하여 미국전력연구소(Electric Power Research Institute)와 전력회사가 공동으로 개발하여 부하제어 및 자동검침이 개발되어 전력회사별로 70년대 말부터 실증시험 및 운용에 적용하여 왔으며 지금은 배전 자동화의 종합적 시스템 구축을 추진중이다.

유럽의 경우는 60년대부터 부하제어를 실현하였고 지금은 자기 나라에 적합한 각종 시스템을

내가 끈 電燈 한등

다음 世代 밝혀준다

실증중에 있으며 부하관리 및 자동검침에 중점을 두고 기존설비의 이용률을 증가시킬 수 있는 배전선 반응이나 전용통신선방식 등이 활발히 적용 추세에 있으며 정보량과 대상이 증가됨으로써 광 케이블 응용과 수용가 자동화 서비스 (Customer Automation)도 고려하고 있다.

일본과 미국의 배전자동화 시스템 개발업체 및 판매내역을 보면 표 1과 같다.

5. 배전자동화 시스템의 기술개발 동향

배전자동화 시스템을 개발하기 위해 현재 검토되고 있는 기술로는

- 배전선로 개폐기 원격감시제어 System
- 부하집중 감시제어 System
- 자동검침 System

○배전정보관리의 자동수집 System을 들 수 있으며 각 분야별 주요 기능의 효과 및 개발수준을 알아 보면 표 2와 같다.

한편, 요소기술의 확립을 위한 관련기술의 개발동향을 살펴 보면 다음과 같다.

- 배전제통 운용의 계산기제어 자동화 System

-전력계통에서는 발전전소의 집중감시제어까지 계산기제어 자동화 System이 넓게 실용화되어 왔는데, 이들 계산기제어의 Soft, Hard면의 Know-How를 Base로 하여 배전계통에서는 개폐기 원방감시 제어장치와 계통운용장치가 배전자동화 System으로 개발되고 있다.

○원격감시 제어장치

-원격감시 제어장치의 통신전송제어방식으로, 통신선반송방식, 배전선 반송방식의 2종류 원격제어 감시장치가 있다.

○배전계통 분산제어 및 보호방식의 개발동향

-현재 배전선의 사고 발생시에는 배전용 변전소 출구의 차단기를 일단차단(지락, 단락보호 계전기 사용)하고 사고구간 파악을 위해 변전소측의 개폐기부터 순차투입하여 사고점에 가장 가까운 개폐기가 투입되면 Trip되고, 그 후 사고구간을 재차 순차투입 복구하고 있음(시한순송 기능부착 개폐기에 의해 실시).

-계산기를 통한 제어방식이 도입되는 경우, 사고구간 즉시 파악 후, 복구가능구간 개폐기의 원격투입을 신속히 실시함.

(표 2)

요소기술	기능	효과	비고
선로개폐기 감시제어 System	· 개폐기 상태 감시 · 사고시 구분 절체 · 작업정전 부하절체	· 정전구간 축소 · 정전시간 감소 · 안전사고방지 및 작업능률 향상	국산개발 초기단계
배전정보관리 자동수집 System	· Feeder 부하계측 · 전압변동계측 · 단선검출 · 사고 예지 정보수집	· 배전손실 절감 · 과부하 사고예방	"
부하집중 감시제어 System	· 냉·난방 부하제어 · 공장부하 Peak Cut	· 부하 Peak 상승억제 및 지연 · 전원설비 투자지연 · 고압수용가 수요제어	"
자동원방검침 System	· 전력량계 자동검침 · 계절별·심야전력요금 전환 · 부하분석	· 수용가 쌍방향 서비스 · 검침 시스템 다양화	국산개발 완료단계

〈표 3〉 배전계통의 계산기제어 주변기술

기술명	용도	주요 기술내용
Display 기술	Full Graphic CRT를 사용하여 설비 계통변경, 선로 유지보수를 위해 배전계통을 화상으로 표시	- CRT 및 액정투사방식이 거론되고 있으나, 현재 CRT 방식이 일반화된 기술임. - 액정투사방식은 해상도가 우수
부하용통계산 등 논리처리기술	사고시, 부하측 전전구간을 살리기 위해, 개폐기 조작에 요구하는 부하복구 계산에 필요	- 각 구간별 전압강하 계산기술 - 계산기 처리 고속화 기술
AI 적용 및 Simulator 기능기술	AI 적용은 배전계통의 운영경험 및 지식을 계산기로 처리하기 위한 것이고, Simulator 기술은 배전계통 사고시 모의 조작처리를 실시하는 기능임.	- 배전상황에 따라 부하관리 형태를 결정하는 기술

6. 맺음말

배전자동화 시스템은 컴퓨터, 통신, 전력전자 기술이 복합 응용된 종합기술의 구현으로 점차 높아지는 국민의 전력 에너지 의존도와 공급 신뢰도에 대해 크게 기여할 수 있는 시스템이다. 광활하게 분산된 배전계통을 손쉽게 통괄하여 사고시 정전구간 축소 및 정전사고의 조속한 복구, 전문인력 부족, 교통불편 등을 해소하는 유일한 방법일 뿐 아니라 전력회사의 정전으로 인한 손해를 최소화하는 것이다.

뿐만 아니라 자동검침 기능을 통해 원격지의 수용가 전기사용량의 파악은 작업능률 향상은 물론 부재 수용가, 산간벽촌, 농어촌 등의 검침 애로와 검침시의 마찰 등을 일소할 수가 있다.

또 부하관리 기능을 통해 냉·난방 온수기 등을 불편을 주지 않는 범위내에서 통제함으로써 전력회사의 발전소 건설에 따른 설비투자를 보

다 효과적으로 수행할 수 있는 잇점이 있다.

이 밖에도 배전자동화 시스템은 정보화시대의 각종 첨단 시스템인 가정 자동화 시스템 및 방범, 방재 시스템, 기타 네트워크와 연계를 가능하게 한다.

그러므로 배전자동화 시스템의 개발 및 운용은 각종 부가가치를 드높게 창출하여 산업에 기여하는 바도 클 것으로 전망된다. 그러나 주지할 점은 이에 따른 개발 노력과 비용이 엄청나기 때문에 이용환경에 적합한 철저한 기능분석과 선택이 먼저 이루어져야 하며 각 요소별 기술의 개발을 위해 전문화된 분업과 통합하는 종합기술이 미래 지향적으로 추진되어야 하는 점이다.

따라서, 경제적 분석을 통한 중장기 계획을 체계적으로 세우고 충분한 실증으로 검토하여 우리 실정에 맞는 배전자동화 시스템 구축을 관련인 모두 진지한 노력으로 추진해야 할 것이다.

(참고문헌)

- (1) '기술개발전략', 한국전력공사 (제25회 전력그룹 Workshop), 1990. 11
- (2) '자동검침 및 직접 부하관리 배전자동화', 한전 기술연구원 (전력기술 Workshop) 1989. 4
- (3) '배전자동화 시스템 개발', 한국전기공업협회 전

- 자전기공업국 (No. 4-3-33), 1990. 9
- (4) 'KODAS 개발사업', 한국전기연구소 1989
- (5) '배전 종합 자동화 시스템의 전개', OHM, 1989. 8
- (6) '배전자동화 방식', 전기협동연구 제36권 5호
- (7) '배전자동화에 대하여', 전기평론, 1988. 8