

신 배전자동화 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 설계

하복남, 한용희, 이중호, 조남훈, 임성일
한전 전력연구원

The hardware and software design of new distribution automation system

Bok-Nam Ha, Yong-Huei Han, Jung-Ho Lee, Nam-Hun Cho, Seong-il Lim
Korea Electric Power Research Institute, KEPCO

Abstract - The New Distribution Automation System(NDAS) was composed of several equipments, computer system, communication system, feeder remote unit, switches and so on. In this paper, we introduce the conception of hardware and software design about Central Control System, the communication method and protocol in Feeder Remote Unit, the Automatic Switch, the operating software, consideration factors in the feeder automation(FA) and the system configuration of NDAS in power distribution test center.

동화 시스템의 개략적인 구성도를 나타내었다.

1. 서 론

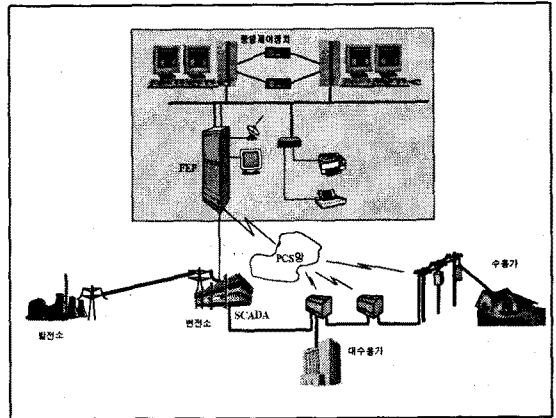
연구개발중인 신 배전자동화 시스템(NDAS : New Distribution Automation System)은 최초로 국산화 개발했던 한국형 배전자동화 시스템(KODAS : Korea Distribution Automation System)을 실제 배전 계통에서 2년 이상 운용하면서 얻은 여러 가지 경험을 바탕 위에 최근의 새로운 기술을 도입하여 기능 및 성능을 대폭 Upgrade 시킨 시스템이다. 개방성과 표준화를 목표로 하여 외국 시스템과 동일한 통신프로토콜을 채택하였고, 경제성을 확보하기 위해 가격대비 성능이 우수한 H/W 및 S/W를 채택하였다. 본 논문에서는 신 배전자동화 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 전반적인 설계방향에 대하여 기술하였다.

2. 시스템 설계 개념

신 배전자동화 시스템의 설계개념은 개방성과 경제성을 최우선으로 하였다. 상용화되어 있어 시중에서 쉽게 구입할 수 있는 제품들을 이용하도록 하였으며, 성능에 큰 차이가 없다면 값이 싼 것을 선택하였고, 기술발전 추세를 고려하여 향후에도 계속 시장에 출시될 가능성이 있으며, 다른 시스템과 인터페이스 성능이 우수한 것을 선택하였다. 예를 들면 국내에서 상용화된 PCS 무선방식 채택, 가격이 저렴한 NT서버 채용, SCADA-NDAS 시스템의 연계 등을 통하여 시설투자비를 대폭 줄이고, 데이터를 상호 공유하여 시스템의 운용효율성을 높이도록 설계하였다.

2.1 신 배전자동화 시스템의 하드웨어 구성

배전자동화 시스템은 2조의 NT서버급 컴퓨터시스템으로 구성되는 중앙제어장치와, 중앙제어장치-단말장치 사이에 각종 정보를 상호 전달하는 통신망 및 통신장치, 중앙제어장치가 보내 온 명령을 해석하여 현장기기에 전달하고 현장기기의 상태를 파악하여 중앙제어장치로 송신하는 단말장치 및 원격 운전이 가능하도록 설계된 자동화개폐기로 구성된다. <그림 1>에는 신 배전자



<그림 1> 신 배전자동화 시스템 구성도

2.2 중앙제어장치 구성설계

배전사령실에 설치하는 중앙제어장치는 NT서버 2대, 프린터 서버 1대, 데이터저장장치 2개, 통신용 진단처리장치 1대, 시각 동기용 GPS, 프린터 2대로 구성되고, 서버간의 데이터 처리속도를 높이도록 100BaseT Lan망을 사용한다. 주서버는 상시 현장기기와 원격감시, 원격제어, 계측기능 수행이 가능하고, 백업서버는 평상시에는 현장기기와 직접 통신은 수행하지 않고 데이터베이스에 있는 정보를 가지고 수행하는 원격감시 및 보고서 출력, 시뮬레이션 기능을 수행하다가, 주서버가 문제가 있을 경우 절체되어 주서버가 수행하던 모든 기능을 수행하도록 하였다.

2.3 통신방식 및 통신장치

기존 시스템과의 큰 차이점은 정보를 전송하는 통신방식이 기존의 유선방식에서 최근의 기술추세를 반영하여 무선방식으로 바꾸었다. 그러나 무선(개인휴대통신/PCS)을 기본으로 하지만 광케이블과 같은 유선 방식도 선택 사용할 수 있도록 하이브리드 형태로 통신망을 구성하도록 하였다. 또 정보를 전송하는 규약인 통신 프로토콜은 기존의 KODAS 전용프로토콜 사용을 지양하고, 최근 전세계적으로 원격감시계 분야에 표준 프로토콜로 자리를 잡아가고 있는 DNP (Distributed Network Protocol) V3.0을 적용하여 호환성을 갖도록 하였다.

통신을 담당하는 장치는 배전사령실에 설치하는 진단처리장치(FEP)와 개폐기에 설치하는 통신용 모듈이다. FEP는 무선통신용 모듈과 광통신용 모듈 및 SCADA-NDAS dusrAP용 모듈을 가지고 있다. <표 1>은 배전자동화를 위해 SCADA 시스템과 연계하여 변전

소로부터 취득하는 정보를 정리한 것이다.

<표 1> SCADA-DAS 연계시 변전소 취득정보

구분	SCADA-DAS 시스템시 변전소 취득정보
취득 정보	<ul style="list-style-type: none"> · 변전소 인출 CB 삼상/단상 전류 · 변전소 인출CB 투입/개방 상태 · 변전소 22.9kV 모선 전압 · 22.9kV 종합CB 투입/개방 상태 · 22.9kV 종합CB 삼상/단상 전류 · 재폐로 On/Off 스위치(43RC) 상태 정보 · 보호계전기 동작정보 · TIE CB 및 DS 투입/개방 상태 등 변전소 단선 결선도 관련 정보

2.3 현장기기 설계

배전선로에 설치되는 현장기기는 지상설치형 다회로 차단기, 지상설치형 다회로개폐기, 마이컴리클로저, 가공차단기, 순송식 가공개폐기 등 5종의 자동화개폐기와 이에 연계되는 단말장치 일체형 개폐기 제어함으로 구성된다. 다회로차단기는 지중배전선로의 자동운전에 사용하기 위한 용도로 지상에 설치되며, 4회로를 가지고 있는데 4회로중 2회로는 12.5kA의 차단능력을 갖고, 두회로는 600A의 개폐능력만을 갖도록 설계된다. 이것은 고장시에 변전소 인출 차단기와 다회로차단기 간에 보호협조를 해야 하는 관계로 설치위치가 제한적이며, 실증시험장에서는 구내의 사고가 상용 배전선로로 파급되지 않도록 고장을 제거하는 CB와 같은 역할을 수행한다.

접지극부 다회로개폐기도 지중배전선로에 사용되는 것으로, 600A 정격의 4회로를 갖는다.

마이컴리클로저는 진공차단부를 갖는 SF6 가스절연 방식의 가공 배전선로용 리클로저로서 기존 리클로저와 기능은 유사하나 제어회로가 대부분 디지털화 되어 있어 원격 또는 현장에서 각종 정정치는 물론 T-C 커브까지도 노트북 PC를 연결하여 수정이 가능하다.

순송식 가공개폐기는 600A 정격의 SF6 가스절연 부하개폐기로서 기존 개폐기와 대부분 기능이 동일하나 고장발생시에 정해진 무전압회수를 카운트하여 일팔차단된 후 전원측에서 전압이 가압되어 오면 일정시간 후에 순차 투입되면서 고장을 판단하여 고장구간 양단을 분리하는 순송방식에 적용될 수 있는 개폐기이다.

가공차단기는 리클로저와 기능이 유사하나 가공배전선로에서 순송식 가공개폐기와 협조하여 고장전류를 차단할 수 있는 순송방식 차단기이다.

일체형 제어함은 개폐기의 제어함과 단말장치(RTU) 기능을 하나로 설계하여 고장요인을 줄이고 가격도 낮추며, 여기에 통신용 모듈까지 같은 외함내에 설치할 수 있도록 한 기기로서 개폐장치의 각종 상태나 제어명령을 전달하는 기기이다. <표 2>에는 자동화개폐기의 일반적인 기능을 요약하였다.

3. 소프트웨어 설계

3.1 Operating Software 선정

신 배전자동화 시스템은 Windows NT 4.0을 기본 응용프로그램을 채용하였다. 이것은 최근 배전자동화 기술 추세가 가격이 저렴하면서 사용자가 평상시 사용하던 운영환경에서 익숙하게 사용할 수 있도록 상용화된 O/S를 사용하는 것이 보편화 되어가고 있기 때문이다. 외국에서도 배전자동화용으로 오랫동안 사용하던 VMS나 UNIX 대신 Windows NT로 바뀌어 가고 있다. 데이터베이스로는 KODAS에서 채용한 오라클 대신 가격대비 성능이 무난한 Sybase를 채택하였다. 오라클 데이터베이스는 성능은 우수하지만 가격이 매우 고가여서 중소기업도 사용하기에는 부담스럽고, Sybase나 Microsoft

사의 SQL Server로도 배전자동화 기능을 구현하는 데는 문제가 없다고 판단되었기 때문에 기술지원을 받기에 무리가 없는 상용Tool을 채택한 것이다. MMI용 Tool로는 I-Log Views를 채택하였는데 이것은 Memory를 적게 차지하며, 처리 속도가 빠르고, 운용자가 쉽게 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 모든 프로그래밍 언어는 C++ 또는 Visual C++을 기본으로 하였다.

3.2 응용프로그램 설계

배전자동화 시스템의 응용프로그램은 아직까지 프로그램 모듈별로 이름을 가지고 있지 않으나 기능별로 구분하면 원격운전프로그램, 선로자동화프로그램, 통신프로그램, DB/MMI 프로그램 등으로 나눌 수 있다.

3.2.1 원격운전프로그램

원격운전프로그램은 현장기기의 상태를 감시하고, 원격제어하며, 실시간 아날로그 값을 계측하는 기능을 수행한다. 현장기기의 감시, 제어, 계측항목은 다음과 같다.

<표 2> 자동화개폐기의 감시, 제어, 계측 항목

감시	제어	계측
<ul style="list-style-type: none"> · 투입/개방 · 잠김/풀림 · 현장/원방 · 고장표시기 정보 <ul style="list-style-type: none"> - 자동모드 - 수동모드 · 가스압력 정상여부 · 축전지 상태 · 단선/결상 <ul style="list-style-type: none"> - 전원측/부하측 	<ul style="list-style-type: none"> · 투입/개방 · 잠금/풀림 · 축전지 시험 · 고장표시기 <ul style="list-style-type: none"> Reset 	<ul style="list-style-type: none"> · 회로별 3상전압 · 회로별 3상전류 · 시간별 최대부하전류

3.2.2 선로자동화 프로그램

선로자동화(Feeder Automation) 프로그램은 다음과 같은 주요기능을 수행한다.

- 배전계통의 단일 고장 및 다중고장 처리기능
- 과부하 감지 및 부하용통 기능
- 작업정전 대비 부하용통 기능
- 변압기뱅크 단위 및 변전소 전체 고장처리 기능

배전선로에서 고장이 발생하면 변전소의 CB 또는 배전선로의 리클로저나 자동화차단기가 고장을 제일먼저 감지하여 차단된다. 고장처리 알고리즘으로 Yes-No 방식을 이용할 경우에는 배전선로의 한 구간에서 영구고장이 발생했을 때 CB나 리클로저의 상태정보와 재폐로 실패유무, 고장표시기(Fault Indicator)의 동작정보를 비교하여 고장구간을 판정한다. 고장구간이 판정되면 부하측의 건전구간을 인근 선로로 절체하기 위한 부하용통계산 프로그램이 작동되어 최적의 개폐기 조작순서를 화면상에 표시하며, 근무자는 컴퓨터가 제시하는 해석결과를 검토한 후 개폐기 제어 명령을 내리게 된다.

만약 고장구간이 단일개소가 아니고 여러 개소에서 발생한 다중고장일 경우의 고장처리는 단일고장이 여러 곳에서 발생한 것으로 취급하여 하나씩 선택 처리되고 고장이 발생한 선로간에는 부하를 절체하지 않도록 프로그램은 부하용통 계산을 해를 제시한다.

배전선로에 포설된 전선의 굵기에 따라 흘릴 수 있는 전류의 용량이 상이하므로 데이터베이스에 선로별 및 구간별로 흐름 수 있는 최대전류를 지정해 놓고 계측하는 전류값이 이를 초과하는 경우 사령원에게 경보를 발령하며, 과부하를 해소하기 위해서 평상시 계측된 구간별 부

하를 기준으로 부하용통계산을 수행하여 여유가 있는 인근 선로로 필요한 만큼의 부하를 절체시킬 수 있도록 개폐기를 조작한다.

배전선로의 특정구간에서 정전작업이 필요한 경우 해당구간 부하측의 구간에 대해서는 인근 선로로 부하를 절체 시켜 전기를 공급하여야 한다. 배전자동화 시스템에서는 정전작업 구간을 지정하면 부하측의 구간에 대한 부하용통 계산을 수행하여 최적의 부하절체를 위한 개폐기 조작순서를 제시하게 되는데 이 때는 수동개폐기 단위의 조작순서를 제시하게 된다. 부하용통 계산시에 고려하는 제한요소 및 고려요소는 다음과 같다.

- 제한요소
 - 변압기의 용량제한조건
 - 선로의 용량제한조건
 - 전압강하 제한조건
- 고려요소
 - 개폐기 조작회수 최소화
 - 정전구간 최소화
 - 건전부하 절체 최소화
 - 부하분담 균등화
 - 전력손실 최소화
 - 중요수용가 우선권
 - 배전선로 신뢰도
 - 보호기기 협조 등

3.2.3 통신프로그램

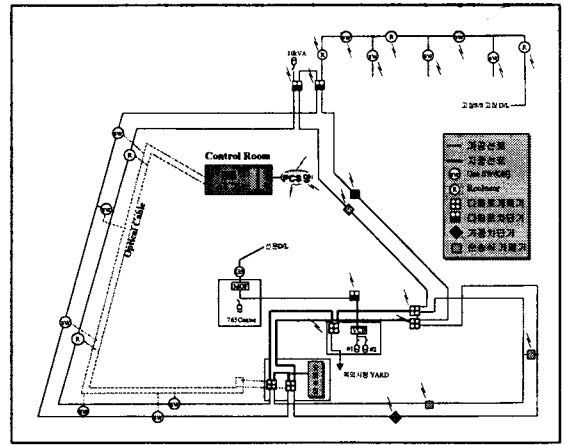
중앙제어장치와 현장기기간에 정보를 주고받을 수 있도록 통신을 담당하는 프로그램으로 전단처리장치(FEP : Front End Processor)에 내장되며, 광통신망, 무선통신망, SCADA시스템과 연계하여 정보를 수집한다. 이렇게 수집된 정보들은 중앙장치 서버의 데이터베이스에 전달되며, 2개의 하드디스크의 데이터가 일치하도록 Clustering 기능을 가진다. 중앙-현장간 통신성공 여부와 중앙장치간 시스템 상태도 감시하여 근무자가 알 수 있도록 MMI 화면에 표시한다. 통신프로토콜은 중앙-현장간은 DNP 3.0을 사용하며, 중앙장치간은 TCP/IP 프로토콜을 이용한다.

3.2.4 DB/MMI 프로그램

DB/MMI 프로그램은 현장기기의 감시, 제어, 계측데이터를 각각의 응용프로그램들이 쉽게 접근하여 사용할 수 있도록 관리하며, 운용자가 MMI 화면상에서 모든 정보를 쉽게 확인하여 효율적으로 운전할 수 있도록 화면에 표시하는 일을 한다. 화면상에는 지적도위에 배전계통도 및 현장기기의 상태가 표시된다. 그래픽 화면 편집을 쉽게 하는 에디터가 포함되어 있으며, 실시간 데이터베이스 및 관계형 데이터베이스를 관리하는 데이터베이스 편집기도 포함되어 있다. 데이터베이스에 관리되고 있는 정보들은 다양한 형태의 보고서로 출력된다.

3.3 고장 배전실증시험장 시험선로 설계

고장 배전실증시험장 내에는 약 4Km의 시험선로가 환상으로 한 전주 위에 2개의 선로가 상, 하단으로 구분되어 포설되어 있으며, 선로 중간에 자동화용 개폐장치가 설치된다. 반을 나눠서 한 쪽은 광통신망을 시설하여 정보를 전송하고, 다른 쪽은 PCS 무선방식의 SMS (Short Message Service)을 이용하도록 되어 있다. 또한 시험장에는 임의로 고장을 발생시킬 수 있는 인공고장발생장치가 있어서 실제 고장을 일으켜 가면서 배전자동화 시스템의 각종 기능을 시험할 수 있다. 아래 그림은 실증시험장의 배전자동화 현장기기 배치도이다.



<그림 3> 실증시험장 배전자동화 개폐기 배치도

4. 결론

신 배전자동화 시스템은 '99년 4월 시스템 제작을 시작하였으며, '99년 9월 말 제작이 완료되어 고창 배전시험장에 설치하게 되고, 이후 약 1년간에 걸친 실증시험을 수행한 후 배전사업소에 이설하여 운용할 예정이다. 특히 고장처리 기능을 시험하기 위하여 인공고장을 발생시킬 수 있는 장치를 제작 중에 있기 때문에 자동화 개폐기와 연계하여 실제로 고장상황시의 시스템의 성능을 검증할 예정이다. 시스템 구성을 단순화하여 충분한 신뢰성과 경제성을 확보할 수 있도록 하였고, 구현기능도 우수한 수준이기 때문에 계획대로 제작이 완료된다면 외국시스템과 견주어 손색이 없는 시스템이 될 것으로 생각한다.

[참 고 문 헌]

[1] 하복남 외 다수, "신 배전자동화 시스템 개발 연구 중간보고서", 전력연구원, pp.7~109, 1998. 9
 [2] 하복남, "신 배전자동화 시스템의 구성과 기능" 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회, pp199~202, 1998. 5