

중국의 배전자동화 기술동향 분석

하복남, 설일호, 정미애, 신익수, 이흥호
전력연구원 충남대

The study of technical trend of Chinese distribution automation

Boknam Ha, Ieelho Seol, Miae Jung, Icksu Shin, Heunggho Lee
Korea Electric Power Corporation Chungnam National University

Abstract - We want to know the specification of Chinese distribution automation system and facilities for approach to Chinese market. This paper introduces the purpose of distribution automation project, function of distribution automation system, standard of facilities by specification of utility in China.

1. 서 론

한국과 지경학적으로 가까이 있어 늘 관심의 대상인 중국에서 최근 들어 배전자동화를 적극적으로 추진하고 있다. 그러나 중국의 배전자동화 자료를 수집하여 분석한 결과 한국과는 상당히 다른 부분이 있는 것으로 조사되고 있다. 본 논문에서는 그동안 수집한 자료들을 종합하여 중국의 배전자동화가 어떠한 내용으로 추진되고 있는지를 살펴보고자 한다.

2. 배전자동화의 기술준칙

중국에서 공개된 배전계통 자동화를 실시하는 목적은 전력공급의 신뢰도, 전력품질과 서비스품질을 향상시켜 기업의 경제성과 기업의 관리수준을 향상시킴으로서 전력공급자와 고객 모두에게 이익이 되도록 하는데 그 목적이 있다. 배전계통의 자동화를 실시함에 있어 기술적으로 주로 개선할 사항은 아래와 같이 제시하고 있다.

- 고장으로 인한 정전횟수와 정전시간을 감소하고 정전범위를 축소하여 최종적으로는 정전이 없도록 할 것
- 과도전압 및 정상전압의 품질을 감시하고 개선할 것
- 설비 보수로 인한 정전시간을 감소 또는 단축할 것
- 회로망구조와 무효전력을 개선하여 전기에너지 손실을 최소화 할 것
- 전력설비의 이용율을 향상하여 공급능력을 늘릴 것
- 부하를 효과적으로 조정하여 부하차(피크부하치와 기저부하치의 차)를 감소시킬 것
- 배전설비 관리를 강화할 것
- 고객을 위한 서비스의 반응속도와 서비스품질을 향상시킬 것
- 고장발생시 고객에 대한 응답능력을 개선할 것
- 전력계통의 정보를 공유할 것

2.1 배전 급전자동화 시스템

(1) 배전계통의 관리와 데이터수집 시스템(SCADA)

배전 SCADA시스템에는 데이터 수집(원격감시, 원격계측), 경보, 상태감시, 원격제어, 원격조절, 사건순서 기록, 통계계산, 추세곡선, 사고추적, 이력데이터 저장 및 보고서 작성과 출력을 구현한다. 그 밖에도 무인변전소의 인터페이스 지원, 간선보호를 위한 원격 투입/개방, 선로상태 색상으로 구분 표시, 지리정보와 설비정보가

통합되어야 한다.

(2) 배전망 전압관리시스템

배전계통의 전압, 인출전압 및 무효전류 등을 감시하고 이것을 근거로 무효저력을 개선하기 위한 캐패시터의 투입 개방한다.

(3) 배전망 고장단과 단전관리시스템

원거리에서 전송된 정보, 고객의 고장신고 전화와 고장보고서를 근거로 고장의 진단, 고장위치 확인, 고장구간 분리, 부하절체, 건전구간의 송전복구, 사고현장의 고장수리원 배치, 수리조작서 관리, 사고 보고철 보존 및 사고관련 정보교환 기능을 구현하여야 한다.

2.2 변전소, 개폐소의 자동화

변전소 자동화란 배전자동화와 관련된 변전소의 자동화 시스템을 말한다. 전체 변전소에 대하여 급전자동화 시스템(SCADA)과 통신을 실시하여야 하며, 배전계통 내의 각 단말장치(FTU)와 고객측 단말장치(RTU)를 연결하여 배전자동화를 시행한다. 개폐소의 자동화는 배전자동화용 개폐기가 집중 설치되어 있는 개폐소의 원격 감시 제어를 말한다.

2.3 간선자동화(Feeder Automation)

배전선로 간선에서 상간 단락고장 또는 단상 접지고장이 발생했을 때 자동으로 간선고장 구간을 판단하여 자동으로 고장구간을 격리시키고 동시에 무고장 구간의 송전을 복구할 수 있어야 한다.

2.4 자동제도/설비관리/지리정보시스템

자동제도/설비관리/지리정보시스템(AM/FM/GIS)의 사용목적은 지리적 배경을 기반으로 한 위치정보와 전력계통망 데이터를 단계별로 관리하기 위한 기초 DB를 구축하기 위한 목적이다. 이러한 DB환경은 검색과 관리를 편리하게 할 수 있을 뿐더러 전력계통망의 운영관리에 효과적이고 조작성이 가능한 지리적 정보를 갖춘 회로망 모형이 된다. 그리고 배전망 설비의 자산, 설계, 시공, 유지보수 등을 효과적으로 관리할 수 있으며 또한 배전관리 시스템의 기반이 되는 DB 플랫폼을 제공함으로써 응용소프트웨어 개발과 기타 하위시스템 기능의 구현을 지원하게 된다.

2.5 배전업무관리 시스템

배전업무 관리시스템은 AM/FM/GIS 데이터베이스 플랫폼 상에 구축되어 있다. GIS기술의 도움으로 일상의 배전망에 대한 관리, 공사설계, 시공계획, 통계 등 업무관리를 처리하며 더 나아가 기타 부수적인 기능까지 응용될 수 있다. 세부 내용으로는 회로망 분석, 운전작업관리, 설비보수관리, 공정설계, 시공관리, 배전계획설계시스템 등이 포함된다.

2.6 전력사용관리 자동화

전력사용관리 자동화에는 고객정보 시스템, 부하관리 시스템, 원격검침시스템, 전기수용업무 처리시스템, 고객고장신고 시스템 등이 포함된다. 부하관리 시스템은 직접 및 간접으로 최적화 조항제어를 포함함으로써 피크부하를 저감시키거나 피크부하를 다른 시간대로 이동시킨다. 원격검침시스템은 원격으로 전력사용량을 검침하고 고지서를 자동으로 발급하는 일을 수행하며 은행시스템과 온라인화를 추진한다. 전력사용 영업관리 시스템은 고객의 전기수용 신청, 계약용량 증가 처리, 고장보수, 계량기 교체와 고장계량기 처리 등의 내용이 포함된다. 고객 고장신고 수리시스템(TCM)은 고객의 각종 고장신고를 접수하고 이와 동시에 배전데이터 수집시스템의 실시간 데이터수집 범위의 부족분을 보완함으로써 고장판단의 보조수단으로 활용한다. 전화응답을 요구한 고객에 대하여 송전복구시간, 정전고객수, 간선일련번호, 고객이 전화신고한 시간 등 내용을 도표로 열거하여 표시한다.

2.7 배전망의 분석소프트웨어

회로망 분석은 배전망 설비의 연결과 충전/정전 상태를 확인하는데 이용된다. 그리고 연계회로간의 루프 연결여부를 감지하고, 루프운전이 되는 경우 경보를 발생한다. 배전망 조류계산은 배전망에 대한 각종 해석의 기초자료로서 송전, 운전상태 분석, 조작 모의와 계획설계 등에 이용된다. 전압, 전류, 손실, 불평형, 조류파악, 변압기의 부하, 전압제어와 캐패시터 제어 등에 이용된다. 단락전류의 계산은 주로 배전계통에 단락고장이 발생했을 때 각 구간의 고장전류와 각 모선상의 전압을 계산한다. 배전망의 실제 배전망의 부하측정값은 지나치게 적기 때문에 부하예측은 배전망의 용량초과 금지와 경제적 운전의 의미가 있다. 일반적으로 지역 부하 예측과 모선부하 예측이 포함된다. 회로망 구성 최적화는 선로손실의 최소화과 배전변전소 사이의 부하를 균등분배, 합격된 전압품질, 정전횟수 최소화, 중요 고객에 대해 최대한의 송전확보 등 목표 함수에 따라 회로망 구조를 최적화하는 것이다. 배전계통의 전압조정과 무효전압의 최적화도 배전계통의 전압조정장치나 무효전력 조정장치를 제어하여 최적화한다.

3. 배전자동화 기술규범

중국에서 배전자동화 시스템을 구매하기 위해서 발주된 규격을 살펴보면 중국의 배전자동화가 어떠한 방향으로 추진되고 있는지를 명확하게 알 수가 있다. 기술규범서는 중국 산서성전력공사 농전(農電)작업부에서 작성하여 2002년11월에 발주한 영석현전압국의 배전자동화시스템에 대한 것이다.

3.1 지역 배전계통 현황

대상지역에는 현재 두개의 변전소가 있다, 110KV의 영석변전소, 주변압기 용량 63,000KVA/2대; 35KV의 취봉산변전소, 주변압기용량은 2x2,000KVA, 영석현 지구 전력망은 영석변전소 10KV 도시 I 회선 및 취봉산변전소 10KV 성남D/L을 통해 전력이 공급된다. 10KV 도시 I 회선 선로의 전 길이는 7.82KM, 배전변압기 49대/8,790KVA, 2002년의 최대부하는 3,500KW, 단일전원, 단일회로의 Radial 구성으로 전력이 공급된다. 따라서 전력공급의 안정성이 낮다. 10kV 성남D/L의 전체공장은 17.26KM, 배전변압기 20대/2,275KVA, 2002년 최대부하 1,800KW, 단일전원 단일회로의 Radial 구조로 전원이 공급되며, 여기에도 전원공급의 안정성은 낮은 편이다.

3.2 배전계통 개요

배전망 자동화의 요구를 만족하기 위하여, 현지역의 배전계통 구성의 개선이 요구된다. 부하의 균형, 선로 길이의 분할연계 원칙에 근거하여, 구분개폐기를 사용하여 각 선로를 3~4개로 구분하고, 각 선로는 연계개폐기를 이용하여 연결되도록 한다. 도시 지역의 10KV 도시 I 회선과 성남선에 대하여 연결을 진행하기 위해서는, CABLE(LU22-120mm²) 1.26KM가 필요하고, 구간개폐기 6대, 연계개폐기 3대, 지중형개폐기 1대가 추가로 필요하다. 영석현 배전선로 Feeder Automation 자동화 공정의 주요한 목표는 2 line 의 10KV 배전선로의 Feeder Automation을 구현하는 것이다.

3.3 전력계통 원격운전 시스템

영석현의 급전자동화시스템은 1997년에 시작되었으며 2000년 12월 첫 번째 시험을 실시하였는데, 기본적으로 원격감시, 원격제어, 원격통신 등 주요 3개기능을 구현하였다. 주장치는 Windows NT 계열의 O/S와, 전력부에서 공표한 CDT규약을 채용하여 SCADA 통합 개발환경을 구현하였고, RTU를 통한 Data의 수집과 출력처리 및 제어기능을 구현하였다. Data 처리는 원격통신, 원격계측, 사건 순서기록(SOE) 처리, 사고 및 경보(Alarm), Data계산, 원격제어 및 조작, Historical Event Data의 출력, 보관처리, 화면생성, 표(Table) 편집, 인쇄, 사고기록 추적, 조작 Policy, 맵보드 인터페이스 등의 기능이 포함된다. 또, Web Server를 통하여 배전망자동화시스템과 Interface된다.

3.4 시스템 구현 기능

1) SCADA기능 : 자동화와 관련된 가공 개폐기, 개폐소, 배전변압기에 대하여 감시제어를 실현한다. 즉 통신채널을 통하여 FTU, TTU 및 기타 배전망 설비에 대하여 Data의 수집과 감시 제어를 진행한다. 배전자동화시스템의 SCADA기능은 Interface상 필히 전통의 SCADA계통도와 지리정보도의 사용을 고려하여야 한다. 구체적으로 DATA 수집, DATA처리, Real Time Data Base, 사고처리, MMI, 원격제어 및 조절, 계통도 관리, 보고서 출력, System Clock 동기화, Host 통신 처리 Software 기능 등이 구현된다.

2) Feeder Automation(FA)기능: 10KV Feeder상의 고장 진단, 고장 격리 및 비고장구역의 전원 공급 회복 기능을 실현한다. 고장 정위(Positioning), 고장 격리,비고장구간의 회복, 고장 Data 처리가 포함된다.

3). AM/FM/GIS기능: 지리 정보에 기초한 네트워크 구축, Auto Mapping, 설비 관리, 설비 검색 및 통계, 동태 Data Display 및 분석, GIS Network상 Publication.

4).배전작업관리: GIS 플랫폼에서 고장 관리, 검수관리를 완성하고, 배전망 운영, 유지보수 및 공정관리에 대한 관리와 배전운영 작업을 진행한다..

5). 기타 시스템과의 Interface: 전원 사용 관리 및 MIS 등 다른 시스템과 Interface하여 Data의 공유 및 Web Publication을 실현한다. 연계되어야 하는 시스템은 급전자동화시스템, 부하관리시스템, 전력량관리시스템, 전원사용관리시스템, MIS system 등이다.

3.5 배전자동화 단말층(Terminal Layer)

배전망 자동화의 단말이라 함은 주상의 FTU,배전변압기에설치하는 TTU와 개폐소, 지중형단원에 설치하는 DTU등을 말하는 것인데,주로 주상 개폐기, 지선 개폐기, 배전변압기,개폐소,지중형개폐기,상자식 변전기등의 각종 현장 정보의 수집과 감시 제어 기능을 수행한다. FTU의

기능 요구를 보면 계측데이터는 전압, 전류, 유효전력, 무효전력, 역률 등의 아날로그값이 포함된다. 고장관련 정보로는 단락고장, 접지고장 등을 알 수 있어야 한다. 개폐기로부터는 개폐기상태, 개방횟수 등이 포함된다.

3.6 배전자동화시스템 성능 지표

3.6.1 시스템 기술 지표

- 원격 측량 종합 오차 $\leq 1.5\%$
- 원격 측량 합격을 $\geq 98\%$
- 원격 상태량 정확률 $\geq 98\%$
- 원격제어 오동작률 $\leq 0.01\%$
- Host에 도착하는 원격 상태량 전송 $\leq 10s$
- Host에 도착하는 중요한 원격 측량량 한계초과 값 변화 $\leq 10s$
- 제어명령 전송시간 $\leq 5s$
- 실시간 Data가 있는 화면의 전체 폭 조절 반응시간 $\leq 5s$
- 80%화면Data Update 갱신 주기 $\leq 3s$
- 20%화면Data Update 갱신 주기 $\leq 10s$
- 이중화설비간 전환시간 $\leq 50s$
- 고장구간격리 $\leq 1min$
- 비고장구간 전원 공급 회복 $\leq 2min$
- 시스템 연간 가용률 $\geq 99.9\%$
- 주컴퓨터 CPU 부하율:
- 전력망 정상 시 임의 30분내의 평균 $< 30\%$
- 전력망 사고 시 임의 10초 내의 평균 $< 60\%$

3.6.2 FTU 기술지표

정격 : DC 24V, AC 220V 혹은 110V, 교류전류 5A, 50HZ

I/O배치 : 원격계측 9 Line 교류 Analog량, 원격 상태량: DC24 입력 8 Line, 원격 제어 : 출력 4 Line, RS-232, RS-485, 광케이블 통신 방식 지원, 혹은 직접 Pair twisted cable 통신지원. 또한 TTU에서 오는 Data 전송 가능해야 한다.

축전지Group : 전압 24V, 용량 6.5AH이상, 소비전력 $\leq 5W$, 교류전압회로: $\leq 0.03VA/상$, 교류전류회로: $\leq 0.7VA/상$, 교류회로 Over carry 능력은 교류전압: 연속작업 1.3 Un, 교류전류: 연속작업 1.2 In, 지속 1s에서 20In까지이다. 장치의 정밀도는 전류/전압 0.5급(0.5%), 유효전력/무효전력 1급(1%), 고장전류 검출 정밀도 3급(3%), 전류계측 범위 5A-100A. 사건순서 기록(Sequence of Event)은 SOE분해율(Resolution): $\leq 20ms$, 각 발생사건 처리능력: $\leq 20ms$ 등이다.

4. 한국과 중국의 배전자동화 비교

중국의 시스템과 비교해 볼 때 한국에서는 시행하지 않고 있는 배전용 변압기의 감시와 개폐소의 감시제어 등이 가장 크게 눈에 띈다. 또, 우리나라에서는 신배전정보시스템(NDIS)에서 시행하는 배전공사관리 기능을 배전자동화에서 구현하고 있다. 향후의 기능으로 손실감소 및 배전선로 운전용량 증대가 고려된 배전계통 구성기능도 구현할 수 있어야 하겠다. 기기의 규격면에서는 계측정밀도가 국내는 $\pm 3\%$ 인데 반해 중국에서는 $\pm 1.5\%$ 를 요구하는 등 계측정밀도가 훨씬 높다. 기기의 온도특성은 국내는 $-25^{\circ}C \sim +70^{\circ}C$ 로 좁은데 비해 중국에서는 지역적인 특성이 고려되어 $-40^{\circ}C \sim +85^{\circ}C$ 가 요구된다. 전압이나 전류의 샘플링율이 국내에서는 1주기당 16샘플인데 비해 중국에서는 128샘플을 구현하고 있다. 또, 배전계통의 조류계산을 수행하여 무효전력제어 및 전압제어 등의 수행

하고 다양한 시스템과의 연계기능도 배전자동화 운전에 반드시 포함시키고 있다. 따라서 중국에 진출하려면 이러한 차이점을 고려하여 미진한 부분을 보완하는 노력이 필요하다.

표 1. 한국과 중국의 배전자동화 기능비교

구분	중국 전력국	KEPCO
제어대상	가공개폐기(FTU), 개폐소(DTU), 배전소, 배전변압기(TTU)	가공개폐기, 지중개폐기, Recloser
시스템기능	* Data 수집, 감시, 제어 * SCADA 계통도/GIS 정보 응용 * Data 수집/처리, Real Time Database * 사고처리, MMI, 원격제어/복구 * Network 관리 * Report Table 출력 * System Clock 동기 * Host 통신처리 S/W	O.K O.K O.K O.K 추가 개발 O.K O.K
	* D/L 고장진단 * 고장구간 분리 * 건전구간 역송 - 고장점 표정(Positioning) - 고장구간 분리 - 건전구간 역송 - 고장Data 처리	O.K O.K O.K 검토 대상 O.K O.K 검토 대상
	* Base on GIS * Auto Mapping * Facility Management * 설비 검색 및 통계 * 동태 Data Display 및 분석 * GIS Network상 Publication	O.K O.K O.K O.K O.K O.K
	* 고장관리 * 검수관리 * 배전선로 운영 및 유지보수 * 공정관리 * 배전운영	추가 개발 추가 개발 NDIS 변환 NDIS 변환 NDIS 변환
기타 System 간 Interface	* 급전관리시스템 - 실시간 운전정보 제공 - CB 상태 및 보호정보 취득 * 부하관리시스템 * 전력량관리시스템 * 전기사용관리시스템 - 선로운전 정전정보 제공 - 고객정보 및 부하정보 취득 * MIS시스템(WEB 방식으로 검색지원)	추가 개발 " " " " "

[참고 문헌]

- [1] 中國電力局, "配電系統 自動化 計劃設計準則"
- [2] 中國電力局, "配電系統 自動化 技術規範書"
- [3] 전력연구원, "배전자동화용 응용프로그램 개발 및 시스템간 연계에 관한 연구 최종보고서", 2002. 12