

배전지능화 시스템 개발

하복남, 박신열, 신창훈, 박소영
한전 전력연구원

The Development of Intelligent Distribution Management System

Boknam Ha, Shinyeol Park, Changhoon Shin, Soyeong Park
Korea Electric Power Research Institute

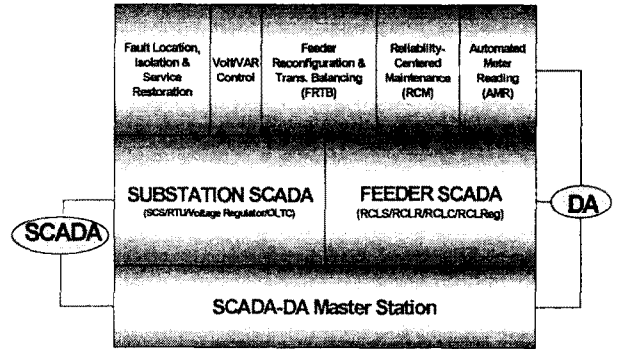
Abstract - 전력IT 국가전략과제의 일환으로 배전지능화 시스템 개발 과제가 착수되었다. 본 논문은 배전지능화 시스템의 개념과 개발필요성, 개발 범위를 설명한다. 배전지능화 시스템 개발과제는 4개의 세부과제로 구성되어 있는데, 배전지능화 시스템 중앙제어장치 개발, 다기능 단말장치 및 데이터 처리장치 개발, 지능형 배전기기 개발, 분산전원 연계 운용기술 및 연계용 기기 개발 등이다.

용하기 위해서 SCADA와 DAS가 통합된 시스템을 요구하고 있다. 또 배전 선로에도 작은 변전소들이 산재되어 있어 국내외 상이한 구성형태를 보이고 있기 때문에 현재의 국내 개발 시스템으로는 해외 시장 개척이 어려운 것이 사실이다. <그림 2>는 SIEMENS사가 작성한 것으로 SCADA와 배전 자동화(Distribution Automation)의 개념적 차이를 보여주고 있다.

1. 서 론

전기를 생산하고 사용자에게 공급하는 일련의 설비를 전력계통이라고 한다. 전력계통은 여러가지 설비로 구성되는데 크게 발전설비, 송전설비, 변전설비, 배전설비 등으로 나눌 수 있다. 전력계통을 구성하는 이런 설비들을 원격 감시하고 제어하는 시스템을 전력자동화 시스템이라고 한다. 이런 전력자동화 시스템은 그림과 같이 우리나라 전체 에너지의 수요, 공급, 수송을 제어하는 에너지관리시스템(EMS: Energy Management System), 송전 및 변전설비의 감시제어를 담당하는 송변전감시제어시스템(SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition), 배전계통의 설비관리 및 운영을 담당하는 배전자동화시스템(DAS: Distribution Automation System), 수용가의 계량기를 원격으로 읽어오는 원격검침시스템(AMR: Automatic Meter Reading)으로 구성되어 있다.

이 중에서 변전소부터 배전계통과 수용가까지의 모든 전력설비에 대한 원격감시제어가 가능한 시스템을 배전지능화 시스템이라고 부르기로 하였다. 국내에서 운용중인 배전자동화 시스템이 배전선로에 설치되어 있는 개폐기만을 원격 감시 및 제어하는 보편적인 시스템인 반면, 배전지능화 시스템은 변전소에서 수용가에 이르는 배전계통과 분산전원에 해당하는 모든 전기설비에 대한 원격 감시제어는 물론 해당 전기설비에 각종 센서를 부착하여 설비의 열화상태 등을 진단하며, 분산전원과 연계운전이 가능한 지능화된 배전계통 통합운영 시스템을 말한다. 배전지능화 시스템은 GIS 기반 위에서 고·저압 배전설비를 관리하고, SCADA, DAS, AMR, TCS(Trouble Call System) 등의 시스템과 분산전원을 연계한 배전선로 통합운영 기능을 수행한다. 즉 진단센서 등을 내장한 변압기, 전압제어기, 전기품질 제어기 등을 통해 배전계통의 손실최소화, 부하균등화, 전압 및 무효전력제어, 전기품질 관리 등 배전계통의 최적화 운영을 가능하게 한다.



<그림 2> SCADA와 배전자동화의 범위

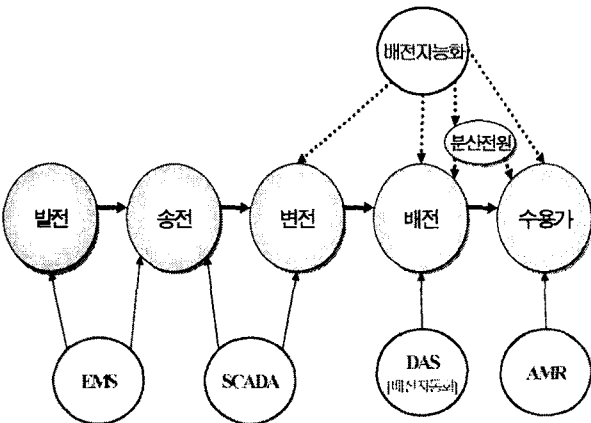
국내에서는 2006년까지 국내 총 에너지 사용량의 2%를 대체 에너지로 공급한다는 시나리오를 전제로 풍력 및 열병합 발전 등 분산형 전원에 대한 기술 개발이 이루어지고 있다. 분산형 전원이 전력회사의 고·저압 배전 계통에 접속 될 경우 접속점에서는 전력의 거래 외에도 전력계통과 분산전원 계통을 연계하여 운영하는데 수반되는 기술개발이 필요하다. 따라서 종래의 배전계통 운영 시스템의 기능을 업그레이드하고, 감시제어 대상도 배전분야에 국한하지 않고 주변 분야까지 넓히며, 단순한 감시제어 시스템이 아니라 판단과 분석이 가능한 지능화된 배전계통 운영시스템의 개발이 불가피하게 되었다.

2.2 기술개발 환경

2.2.1 외국의 환경변화

전력계통을 원격운전하는 시스템을 제작하는 외국의 제작사 중에서 Siemens나 ABB 등 메이저 제작회사는 급전자동화 시스템인 EMS(Energy Management System)에서부터, 변전소 SCADA와 배전자동화시스템을 모듈식으로 모두 개발해 놓고, 구매하려는 전력회사가 요구하는 대로 모듈을 조합하여 납품하는 방식을 취하고 있다. 또, 최근 외국에서 많이 발주되고 있는 배전관리시스템(DMS: Distribution Management System)을 보면 단순한 원격감시제어 기능 외에 배전계통을 최적 운전하는 다양한 응용프로그램을 요구하고 있는데, 예를 들면 고장자동처리, 손실최소화, 부하예측, 조류계산 등의 응용프로그램과 원격검침, 부하제어, TCM (Trouble Call System) 등이 통합된 시스템이 요구되고 있다. 또 통신프로토콜 면에서도 차이가 있는데, 미국이나 한국은 SCADA나 배전자동화시스템 모두 산업표준 프로토콜인 DNP 3.0 프로토콜을 사용하는데 반해 중동이나 중국 및 동남아 국가들을 보면 유럽권의 영향을 받아 IEC 프로토콜 채용을 구매 규격에 명시하고 있다. 또, 최근 공개된 차세대 국제표준(IEC 61850)을 수용하기 위한 기술개발도 필요한 실정이다.

그동안 한국을 비롯한 대부분의 전력회사들은 전력설비에 대해 일정한 주기가 되면 유지보수를 시행하는 방안을 채용하고 있으나, 미국이나 독일 등은 전력설비의 신뢰도를 기반으로 한 유지보수 계획(RCM: Reliability Centered Maintenance)을 전력 시스템에 도입하여 전력설비의 신뢰도 및 생산성을 크게 개선하고 있으며, 특히 미국 EPRI, 유럽 KEMA, CESI, EDF 등은 이러한 전력 시스템 감시 보호제어 및 유지보수 계획에 능동적으로 대응할 수 있는 새로운 개념의 지능형 전력설비 개발에 착수하여 진단센서 개발과 함께 IT 기술 및 인공지능 기술을 적용한 신 개념의 인공지능기술 분야에서도 상당한 성과를 거두고 있다. 또, ABB, SIEMENS 등의 전력설비 제조회사들은 지능형 전력기기 개발에 박차를 가하여, 지적인 진단 및 판단 제어기술을 확보하여 전력기기의 기본적인 기능으로 탑재하기 시작하였다. 일본의 경우에도 동경전력과 중부전력, 히타치, 도시바, 미쓰비시 등 전력회사와 기기 제조업체 및 대학을 중심으로 전력설비에 부여할 지적 진단 및 보호제어 판단기능 개발을 위한 협력 체제를 구축하여 지속적인 기술개발을 진행하고 있다.



<그림 1> 전력계통의 자동화시스템 계층도

2. 본 론

2.1 기술개발의 필요성

현재 국내에서는 송변전과 배전분야의 영역이 나누어져 있으며, 따라서 전력계통을 원격운전하는 자동화 시스템도 변전소를 감시제어하는 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)시스템과 배전계통을 감시제어하는 배전자동화 시스템(Distribution Automation System)이 독립적으로 개발되어 운영되고 있다. 그러나 외국에서는 배전의 영역을 송전회사로부터 전기를 공급받은 이후의 변전과 배전을 모두 합하여 배전회사의 영역으로 보고 있으며, 따라서 배전회사가 담당하는 계통을 효율적으로 운

<표 1> 주요국가의 배전관리 시스템(DMS) 비교

구분	중국	미국	독일	인도	한국	개발목표
감시제어대상	배전계통 (일부CB)	변전소 배전계통	발송변전소 배전계통	변전소 배전계통	배전계통	변전소 배전계통
대상영역	고압 자압	고압 자압	고압 자압	고압 자압	고압	고압 자압
기능통합유무	DMS	SCADA+ DMS	SCADA+ DMS	SCADA+ DMS	DAS	SCADA+ DMS
통신프로토콜	IEC 60870	DNP 3.0 Modbus	IEC 60870	IEC 60870	DNP 3.0	DNP 3.0 IEC 60870
구현기능	SCADA연계 감시제어 고장처리 토폴로지 부하예측 조류계산 단락계산 웹브라우저 작업자관리 V/Var제어	SCADA연계 감시제어 고장처리 토폴로지 부하예측 조류계산 손실최소화 단락계산 작업자관리 정전관리 V/Var제어	SCADA통합 감시제어 고장처리 토폴로지 부하예측 조류계산 손실최소화 단락계산 정전관리 조작순서 V/Var제어	SCADA통합 감시제어 고장처리 토폴로지 부하예측 조류계산 서비스품질 조작순서 V/Var제어	SCADA연계 감시제어 고장처리 토폴로지 단락계산 조작순서 보호협조	SCADA통합 감시제어 고장처리 토폴로지 단락계산 정전관리 조작순서 보호협조 V/Var제어

2.2.2 국내의 요구

전력공급의 신뢰성 강화를 위해서는 배전계통의 구성을 변경할 수 있도록 하고 또 계통의 상태를 파악할 수 있는 데이터를 제공하는 개폐기를 비롯한 각종 단말장치의 지능화, 첨단화가 전제되어야 한다. 최근에는 현장 배전설비에 IED(Intelligent Electronic Device)를 채용하는 것이 세계적인 추세로 대두되었으며, 이것은 배전지능화 시스템의 개발과 더불어 동시에 개발되어야 할 필수 기술이다. 아울러 IED로부터 생산되는 정보를 효율적으로 전송하기 위해 고속의 통신 단말장치 개발과 인터페이스 장치 개발도 이루어져야 한다.

풍력이나 열병합, 태양력, 조력 등 규모가 점점 커지고 있는 분산형 전원이 배전계통에 도입하면, 송배전설비의 강화 및 투자비용의 증가 억제 및 지연, 계통의 신뢰성 개선, 효율적 설비 운용, 수용가 서비스의 향상 등을 우수한 효과를 기대할 수 있다. 반면에 분산전원이 도입될 경우 전력품질 문제, 독립 운전 문제, 단락용량의 급속한 증가, 선로의 전압 상승 등의 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하면서 분산전원 도입의 이점을 최대화하기 위해서 분산전원과 연계된 계통을 효과적으로 제어할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다.

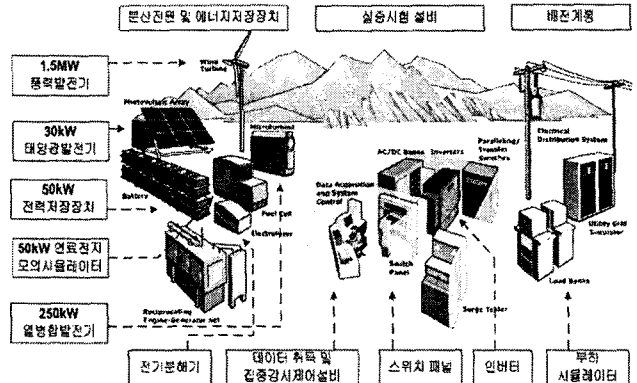
정책적인 측면으로서는 해외에서는 변전소와 배전계통, 수용가 등을 통합 관리하는 시스템을 발주하고 있으나, 국내에서는 업무영역별로 독립된 시스템으로 개발되어 우수한 기술력에도 불구하고 외국 전력회사의 요구에 대응하지 못하고 있다. 또, 국내에서 개발된 시스템을 해외에 수출하기 위해서는 시스템 통합 작업과 새로운 배전기기 개발이 필요하나 한정된 내수시장 때문에 중견기업체가 자체적으로 연구개발을 착수하기에는 경제적인 위험이 대단히 크다. 그러나 통합 시스템 개발에 성공할 경우 기술력 및 가격경쟁력 측면에서 해외시장 개척 가능성이 매우 높으므로, 전력IT 사업과 같은 국가 주도의 기술개발은 매우 우수한 결과와 시장을 창출할 것으로 본다.

2.3 기술개발 목표와 추진방법

배전지능화 시스템 개발 과제의 최종 개발목표는 다음과 같이 크게 4가지로 볼 수 있다.

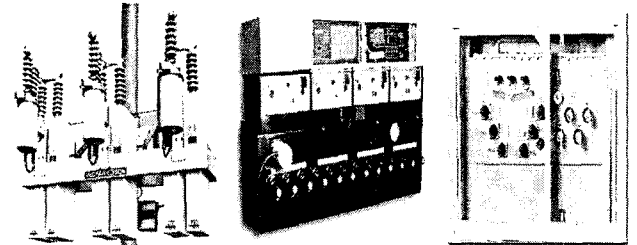
- 변전소부터 사용자 전력량까지의 제반 전기설비에 대한 원격감시제어와 설비관리 기능을 갖춘 지능화된 시스템 개발
- 지능형 단말장치 및 데이터 처리장치 개발
- 센서를 내장한 지능형 배전기기 개발
- 분산전원 연계시의 배전계통 운전방안 및 분산전원 연계용 기기 개발

배전지능화 시스템 중앙제어장치는 광통신망으로 변전소내의 단말장치(SRTU)와 배전선로에 설치되는 다양한 배전기기용 단말장치(FRTU), 수용가 감시제어하는 단말장치(CRTU) 및 분산전원용 단말장치(DRTU)와 연결된다. 배전선로용 단말장치(DRTU) 하부에는 배전변압기를 감시하는 TTU, 품질을 감시하는 PQM, 전력사용량을 계측하는 WHM 등과 RF통신 또는 배전선통신(PLC)을 통해 데이터를 전송한다. 배전지능화 중앙제어장치는 배전선로 현장에서 취득된 데이터를 분산 처리하는 여러 개의 서버를 갖추게 된다.



<그림 3> 분산전원 배전계통 연계 실증시스템

배전지능화 시스템 개발에 참여하는 기업은 한국전력공사, 한전KDN 등 22개 기관에 이른다. 추진일정을 보면 2005년 10월에 과제가 착수하여 3년 간에 시스템과 기기들을 개발한 후 이후 2년동안 국내외에서 시범사업을 시행할 예정이다. 국내에는 고장 전력시험센터가 실증시험장이 될 것이며, 해외에서도 2개 정도의 전력회사 실제 배전계통에서 연구개발품의 성능을 검증하기 위한 시범사업이 시행될 예정이다. 해외 시범사업에는 연구개발 성과품인 중앙제어장치와 통신장치, 단말장치 및 지능형 배전기기 등이 1~2대씩 무상으로 제공되고, 시범사업 이전에 해외 현지 계통을 분석하여 최적 솔루션을 제공하는 기술 컨설팅도 제공될 것이다. 시범사업에는 수십 대의 개폐기 등 많은 전력설비가 필요한데 소요량량 전량을 무상으로 공급할 수는 없으므로, 현장에 설치될 개폐장치 및 단말장치, 통신망 구성, 모델 등은 무상 제공되는 일부 수량 외에는 해외 전력회사가 구매하도록 하여 해외 전력회사도 일정부분의 비용을 부담함으로써 연구개발과 시범사업 시행에 공동 책임을 지도록 하여 우수한 결과 도출을 추구할 예정이다.



<그림 4> 지능형 배전기기

3. 결 론

배전지능화 시스템 개발의 기술적인 효과를 유추해보면, 우선 해외 각국에서 요구하는 배전지능화 시스템 기술이 확보되어 적극적인 해외 마케팅 가능할 것으로 본다. 여기에는 통신장치에 구애받지 않는 고속의 통신망 기술과 현장 어디서든지 통신망에 접속이 가능하고, 초고속 데이터 처리가 가능한 유비쿼터스 통신기술 및 소프트웨어 개발기술이 핵심으로 작용할 것이다. 또, 인공지능 기법을 적용한 최적화 운전기법이 개발되어 배전계통을 효율적으로 운용할 수 있도록 지원할 것이다. 전력IT 기술개발을 통해 한국은 전력IT 분야의 전문기술 보유국가가 되어 컨설팅 등 유사 산업 분야 진출 교두보를 확보할 수 있을 것이다. 이외에도 디지털 센서기술, IT기술, 인공지능 기술을 기반으로 하는 지능형 배전기기 설계 및 제작기술도 확보할 수 있게 되고, 지능형 배전기기를 기반으로 하는 RCM 전력설비 유지보수계획 및 배전지능화 시스템 운영 기술도 확보되어 다양한 컨설팅을 확보하게 될 것이다.

산업·경제적 측면의 효과로는 외국의 기술규격을 만족하는 배전지능화 시스템이 개발되어 적극적인 해외 시장 개척이 가능하고, 국내 시스템의 업그레이드가 이루어질 수 있을 것이다. 배전자동화 시스템의 수출이 이루어질 경우 국내 중견기업체가 생산하는 차단기, 개폐장치 및 단말장치(RTU) 등의 동반 수출이 가능해져 국내 산업의 매출 증대에 기여할 수 있다. 또, GIS 지리정보기반위에서 변전소부터 배전선로, 수용가에 이르는 모든 전력설비의 원격감시제어가 가능해져 전력산업 전반에 걸친 업무의 질이 개선될 수 있으며, 각종 설비의 원격 진단, 감시 기능이 가능해짐으로서 전력공급 신뢰도가 향상되어 각종 산업 전반의 생산성 향상에 기여할 수 있다.

배전지능화 시스템은 원격에서 현장에 설치된 각종 전력기기의 상태를 취득하여 계통에서 발생한 고장정후 등을 미리 예측하여 관리할 수 있으며, 발생한 고장에 대해서는 최적화 기법을 도입하여 신속하게 처리할 수 있는 시스템이다. 따라서 전력 공급의 신뢰도 및 품질을 향상시킴으로써, 순간정전을 비롯한 전력품질 저하에 따른 국가적인 막대한 경제적 피해를 예방하고 해외의 수출을 위한 이익 창출이 가능할 것으로 기대하고 있다.