

**배전변압기 감시제어 기능이 통합된 지능형 배전자동화 시스템 개발 방향**

하복남, 설일호, 박신열, 정영범  
한전 전력연구원

**Development target of intelligent DAS with the function of distribution transformer monitoring**

Boknam Ha, leelho Seol, Shinyeol Park, Yeongbeom Jeong  
Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - Distribution Automation System (DAS) will provide supervision and remote control of switches and reclosers such as pole mounted switches and pad-mounted switchgears on high voltage distribution line. Kepco had developed basic function such as remote monitoring, remote control, remote measuring and remote setting at first. As a next step, Kepco has been developed diverse application programs such as single line diagram drawing program, relay coordination program, feeder reconfiguration program, over load elimination program, bad data detection program, section load management program, fault processing program and so on. Kepco is examining to develop more powerful functions for special specification of foreign distribution automation system. This paper explains what is the target for overseas DAS market.

**1. 서 론**

배전자동화 시스템은 컴퓨터와 통신기술을 활용하여 원거리에 산재되어 있는 배전선로용 개폐장치를 현장에 가지 않고 제어실에서 원격 명령으로 운전상태를 감시하고 제어하며, 고장정보를 수집하여 고장구간을 판단하여 처리하고, 전압과 전류 등 선로운전 정보를 자동으로 수집하여 배전계통을 최적 상태로 운전하도록 하는 시스템이다. 배전자동화 시스템은 중앙제어장치와 통신장치, 통신망, 단말장치 및 자동화개폐장치로 구성되는 것이 일반적이다. 그러나 외국의 배전자동화 현황을 조사해보면 배전자동화에 대한 개념이나 시스템의 기능, 배전자동화에서 처리하는 업무영역 등이 우리나라와 다르다. 특히 변전소 원격감시제어 시스템인 SCADA와 배전선로의 개폐장치를 원격감시제어하는 배전자동화 시스템을 통합한 시스템을 많이 사용하고 있으며 이를 배전관리시스템(Distribution Management System)이라고 부른다. 본 논문에서는 외국의 배전자동화 기술동향을 분석하고, 우리나라의 배전자동화 기술과 비교한 결과 연구개발 방향을 정립한 배전변압기 감시제어 기능이 통합된 지능형 배전자동화 시스템 개발방향에 대해서 기술하고자 한다.

**2. 본 론**

**2.1 국외 관련기술의 동향**

한국의 배전자동화 기술은 지리적으로 가까이 위치하고 있으며 기술적인 면에서도 앞서 있다고 인식되는 일본이나 미국의 기술을 벤치마킹한 측면이 강하다. 특히 일본과 한국은 발전, 송전전, 배전으로 전력회사의 조직이 동일하게 구분되어 있고, SCADA시스템은 배전자동화 시행 훨씬 이전에 이미 정착되어 있어서, 변전소 구내설비는 SCADA 시스템이 원격감시제어를 담당하고, 배전선로의 원격감시제어는 배전자동화 시스템이 담당하도록 하는 업무영역의 구분이 동일할 수밖에 없었다. 그러나 필리핀이나 싱가포르, 인도 등 아시아 국가들을 살

펴보면 배전이라고 분류한 업무영역이 우리나라와 다르며, 따라서 배전자동화의 감시제어 대상영역도 다를 수밖에 없다. 특히 최근 들어 전산기술이 급격하게 발달하면서 전력회사 내부에서 다양한 업무의 전산화 요구가 가속화 됨에 따라 이제야 업무 전산화를 시작하는 전력회사들은 아예 하나의 시스템에서 다양한 업무를 종합적으로 처리하는 통합 시스템을 구축하려 하고 있다. 세계적으로 변전소 원격감시제어 기술을 이미 보유한 국가인 미국, 일본, 한국, 중국, 대만 등은 SCADA와 DAS를 독립적으로 운영하되, 시스템을 상호 연계하여 필요한 운전정보를 취득하고 있다. 그러나 SCADA시스템을 아직 보유하지 않은 국가들은 전력회사의 업무 영역에 속하는 송전계통과 배전계통을 하나의 시스템에서 원격감시제어 할 수 있는 시스템을 요구하고 있다. 한전은 변전소 이하의 22.9kV 배전선로 이후를 배전이라 하고 있지만, 동남아 국가는 송전회사로부터 전력을 수전하여 변전설비와 배전선로를 거쳐 전력을 공급하는 모든 업무영역을 배전이라고 하고 있으며, 따라서 이런 국가들은 일부 송전선로와 변전소, 배전선로 및 저압선로를 모두 포함하여 배전이라 칭하고 있어서 우리나라와 상이한 영역 구분하고 있다.

외국의 제작회사 중에서 Siemens나 ABB 등 메이저 제작회사는 급전자동화 시스템인 EMS에서부터, 변전소 SCADA와 배전용 DAS를 통합한 시스템 기술을 모두 확보하고서 구매할 전력회사가 요구하는 대로 모듈식으로 조합하여 납품하는 방식을 취하고 있다. 외국에서 최근 발주되는 배전관리시스템을 보면 단순한 원격감시제어 기능 외에 배전계통을 최적 운전하는 다양한 응용프로그램(DA)을 요구하고 있는데 예를 들면 고장자동처리, 손실최소화, 부하예측, 조류계산 등의 응용프로그램과 원격검침, 부하제어, TCM(Trouble Call System) 등이 통합된 시스템을 요구하고 있다. 따라서 국내에서 변전소 SCADA 기술을 보유하고 있는 회사도 응용프로그램을 구비하지 못하여 외국에 수출하지 못하는 실정이다. 국내에서 개발된 종합 배전자동화 시스템의 구현 기능이 적지 않지만, 외국에서는 아래 표와 같이 한국 시스템에 없는 새로운 기능들을 구매규격에 명시하고 있어 추가적인 연구개발이 이루어지지 않고는 외국에 수출하기가 어려운 실정이다.

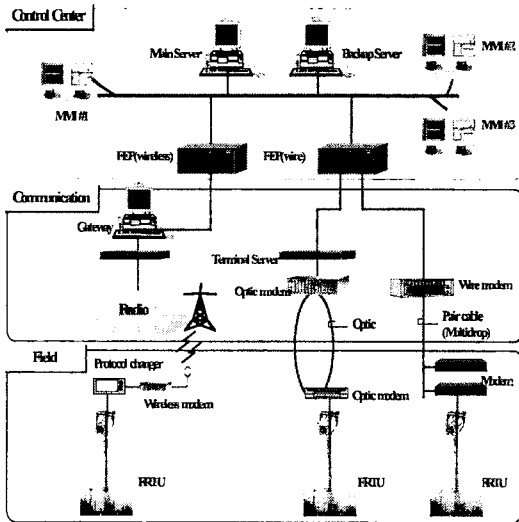
<표 1> 배전자동화 시스템 기능 비교

구분	중국	미국	독일	인도	한국	개발목표
대상	배전계통 (일부CB)	변전소 배전계통	발전·변전 배전계통	변전소 배전계통	배전계통	변전소 배전계통
범위	고압 저압	고압 저압	고압 저압	고압 저압	고압	고압 저압
기능 통합	DMS	SCADA+ DMS	SCADA+ DMS	SCADA+ DMS	DAS	SCADA+ DMS

	SCADA연계	SCADA연계	SCADA통합	SCADA통합	SCADA연계	SCADA통합
감시제어	감시제어	감시제어	감시제어	감시제어	감시제어	감시제어
고장처리	고장처리	고장처리	고장처리	고장처리	고장처리	고장처리
토폴로지	토폴로지	토폴로지	토폴로지	토폴로지	토폴로지	토폴로지
부하예측	부하예측	부하예측	부하예측	부하예측	부하예측	부하예측
조류계산	조류계산	조류계산	조류계산	조류계산	조류계산	조류계산
단락계산	손실최소화	손실최소화	단락계산	단락계산	손실최소화	손실최소화
웹브라우저	단락계산	단락계산	단락계산	단락계산	단락계산	단락계산
작업사관리	작업사관리	작업사관리	작업사관리	작업사관리	작업사관리	작업사관리
VVar제어	정전관리	정전관리	정전관리	정전관리	정전관리	정전관리
	VVar제어	VVar제어	VVar제어	VVar제어	VVar제어	VVar제어

## 2.2 국내 기술 상황

배전자동화 시스템의 기본기능은 <표 2>와 같다. 이러한 원격감시, 원격제어, 원격설정, 원격계측 기능들을 배전선로에 실제 적용해 본 결과 배전계통을 효율적으로 운영하는데 큰 효과가 있음이 확인되고 있다. 배전자동화 시스템의 성능을 단순한 원격감시제어 시스템에서 한 단계 레벨업하는 방안으로서 배전계통을 최적상태로 운전할 수 있도록 지원하는 다양한 응용프로그램을 개발하였다. 여기에는 회선별단선도 생성프로그램, 구간부하관리프로그램, 과부하 해소 프로그램, 손실최소화를 위한 배전계통 재구성프로그램, 배전선로 보호협조 프로그램, 데이터 오류검출 프로그램, 배전선로 고장처리 프로그램 등이 있다. 아래 <그림 1>은 종합 배전자동화 시스템의 구성도이다.



<그림 1> 종합 배전자동화 시스템 구성도

국내의 전력계통 운영제계상 변전소의 SCADA와 배전자동화 시스템은 완전히 독립된 시스템으로 개발되어 독립적으로 운영되고 있다. 그러나 배전계통을 최적상태로 운전하기 위한 해석을 하려고 하면 반드시 필요한 것이 변전소에서 인출하는 선로의 전압과 전류이다. 그래서 SCADA와 배전자동화 시스템을 상호 연계하는 방안을 추진하였다. 그 방안으로 SCADA의 송전망감시시스템(PIS)에서 배전자동화 서버까지 통신네트워크로 연결하여 변전소 데이터를 단방향으로 배전자동화 측에 제공하는 방식을 구현하였다. 변전소의 운전정보는 변전소-급전분소-급전소 송전망관리시스템(PIS)-배전자동화 연계서버-배전자동화 시스템(각 지사 및 지점)으로 전달되게 된다. 시스템을 연계하여 얻는 데이터는 아래와 같다.

·MT.r : 2차전류, P, Q, V(1차/2차)

- 모선 : CB상태
- D/L : 전류, CB상태

<표 2> 배전자동화 시스템의 기능

구분	감시	제어	계측	설정
배전선로 현장 기기 운전	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 투입/개방</li> <li>· 잠금/폴립</li> <li>· 현장/원격</li> <li>· 단선/결상</li> <li>· 활선/사선</li> <li>· 상일치/불일치</li> <li>· 고장표시기</li> <li>· 가스압상태</li> <li>· 축전지상태</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 투입/개방</li> <li>· 잠금/폴립</li> <li>· 고장표시기 리셋</li> <li>· 축전지 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전류 (A,B,C,N)</li> <li>· 전압(A, B, C)</li> <li>· 고장 전류 (A, B, C, N)</li> <li>· 전력</li> <li>· 역률</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고장표시기 최소동작전류</li> <li>· 리클로저 최소동작전류</li> <li>· 돌입전류 대비 시간지연</li> <li>· T-C커브</li> <li>· 첩포회수</li> <li>· 재폐로시간</li> </ul>
전산 시스템 연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>SCADA-DAS 연계</li> <li>· CB 상태</li> <li>NDIS-DAS 연계</li> <li>· 배전계통도</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>SCADA-DAS 연계</li> <li>· M.Tr부하</li> <li>· CB 인출전류</li> <li>· 모션전압</li> </ul>	
부가 기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지지도상 계통도 표시</li> <li>· 배전선로 고장처리</li> <li>· 과부하 감지 및 부하절제</li> <li>· 시뮬레이션 기능</li> <li>· 손실최소화 및 부하균등화를 위한 배전계통 재구성</li> </ul>			

## 2.3 기술개발 목표 설정

지금까지 분석한 결과를 토대로 연구개발 목표를 정하였는데, 그것은 배전변압기 및 소규모 배전용변전소의 원격감시제어 기능이 통합된 지능형 배전자동화 시스템 개발이다. 여기에는 인공지능기법을 사용한 배전자동화 응용 프로그램 개발과 GIS 기반위에서 원격 감시제어와 설비관리 기능을 통합 구현하는 배전자동화 GUI 소프트웨어 개발이 포함된다. 연차별 연구개발 내용은 아래와 같다.

- 1차년도 : 배전변압기 감시제어-GIS-DAS 통합 시스템 구조설계, 국제적으로 상용화된 국제 표준 프로토콜인 IEC 60870-5 배전자동화 적용기술 개발
- 2차년도 : 소규모 배전변전소 감시제어 운전기능, 인공지능 기법을 도입한 광역고장처리, 조류계산, 전압/무효전력제어, 부하예측 알고리즘 개발 및 Application Program 개발, 다중 통신프로토콜 적용기술 개발
- 3차년도 : GIS 기반위에서 전력설비의 원격감시제어와 고저압 설비관리 기능을 통합 구현하는 GUI 인터페이스 개발

국내의 배전자동화 시스템을 업그레이드하고, 해외에 수출할 수 있는 시스템 기술을 확보하기 위해서 아래와 같은 항목의 연구개발이 필요하다.

### 2.3.1 SCADA와 DAS 통합시스템

외국의 요구를 수용하면서 경쟁력있는 시스템 기술을 확보하기 위해서 외국의 메이저 제작사처럼 SCADA와 배전자동화의 기능을 하나의 시스템에서 구현하는 통합 시스템을 개발할 필요가 있다. 단순히 기존의 SCADA와 DAS 기능을 통합하는 데 그치지 말고 이에 해외기술에 비해 우위를 차지할 수 있도록 SCADA시스템에 토폴로지 적용, 부하예측, 조류계산, 고장점 판단 기능 등을 부가할 필요가 있다. 또, 국내의 변전소 크기에 비해 매우 작은 규모의 설비를 갖춘 변전소가 배전계통에 다수 포함되어 있는 외국의 전력계통에 적합하도록 소형 및 중형변전소용 RTU를 개발할 필요가 있다.

### 2.3.2 배전관리기능의 구현

배전관리 기능이란 고압 및 저압 배전설비를 지형도상에서 관리하는 기능이다. 공사관리, 설비데이터관리, 정전관리, Trouble Call System 등이 포함된다. 한국에서는 이러한 기능을 신배전정보시스템(NDIS)과 수용가정보시스템(NCIS)에서 처리하고 있다. 이러한 기능이 구현 되려면 Smallworld나, Arcinfo, Mapinfo와 같은 고가의 그래픽 전용 Tool을 사용하는 것이 일반적이며, 그렇게 되면 고압계통뿐만 아니라 저압계통까지 화면상에 표현하고 관리하는 것이 가능하다. 그러나 매우 많은 데이터가 입력되고 관리되므로 만약 운영자가 데이터 관리를 소홀히 하면 처음 설치할 때는 그럴 듯해 보이지만 데이터의 부정확성 때문에 제대로 활용되지 못하게 된다. 따라서 시스템 설계는 단순한 형태로 하고, 데이터의 양은 줄이며, 외국의 요구는 만족시킬 수 있는 효율적인 방안을 찾아 구현하여야 한다.

### 2.3.3 배전자동화용 통신프로토콜

전력계통을 자동화 운전하는데 사용되는 통신프로토콜은 크게 DNP와 IEC 계열로 대별된다. 미국의 영향을 받은 나라들은 대개 DNP 3.0을 사용하며, 유럽의 영향을 받은 국가들은 IEC 60870-5를 사용하고 있다. 또 최근에는 이러한 프로토콜이 갖는 한계성을 극복하기 위해 2003년 말에 공포된 IEC 61850 채용을 제작사들이 검토하고 있다. 배전선로 말단에 설치되어 있는 자동화개폐기의 원격감시제어 기능을 수행하기 위해서 IEC 61850 프로토콜이 바로 채용될 것으로는 생각되지 않지만 배전자동화용 단말장치의 고기능화가 추진되면서 더 정밀한 정보를 대량으로 신속하게 수집하여 판단 처리하려면 필요하게 될 수도 있다. 따라서 국제적으로 많이 채용되고 있는 최신 통신프로토콜을 수용하기 위한 기술개발도 수행되어야 한다.

### 2.3.4 인공지능 기법의 응용프로그램 개발

각국의 배전자동화 기능을 비교해보면 주요기능은 거의 비슷하지만 국가마다 조금씩 다른 부가 기능들이 요구되고 있다. 한국의 시스템에 없는 기능으로서의 고저압 설비관리, 부하예측, 정전관리, 전압/무효전력 제어, 웹브라우징, 작업자관리, 서비스 품질관리, 수용가 관리 등이다. 이중에서 GIS 기반위에서 고저압 설비를 관리하는 배전관리 시스템(DMS) 형태로 시스템이 개발되지 않고서는 구현하기 어려운 기능이 설비관리, 정전관리, 서비스품질 관리 등이다. 반면에 한국시스템이 구현하는 기능 중에서 보호협조 기능은 외국 시스템에서 찾아보기가 어렵다. 이렇게 국가마다 차이가 있기는 하지만 우리 기술을 해외에 소개하고자 한다면 외국에서 요구하는 제반 응용프로그램을 갖추고 있어야 하므로 인공지능 기법을 도입한 응용프로그램을 추가적으로 개발할 필요가 있다.

## 3. 결 론

국내외의 배전자동화 기술을 비교해 봄으로써 어떠한 방향으로 연구개발을 진행해 나가야 할지 방향을 잡게 되었다. 우리의 배전자동화 기술을 외국 시장에 내놓기 위해서는 우리나라에서는 불필요한 기능일지라도 외국의 요구에 맞게 Customizing하여 제공할 수 있는 준비를 해야 한다고 생각하고 연구개발 방향을 정하였다. 한국의 배전자동화는 기술적인 면에서 상당히 앞서 있으며, 실제 계통에 확대 적용한 실적이나 수년 동안의 실제통 운전을 통한 Know-How 축적 면에서도 우수한 상태이다. 이러한 기반위에 외국의 배전자동화 시장개척을 향한 연구개발 노력을 조금 더 집중된다면, 가격경쟁력과 기술경쟁력을 충분히 갖춘 자동화 기술을 확보하게 될 것으로 기대한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 전력연구원, "배전자동화 기반의 배전계통 최적운전 기법 개발", 최종보고서, 2005. 2
- [2] 전력연구원, "수출형 배전자동화 시스템 개발", 최종보고서, 2005. 2