

## 765kV 변전소 감시제어용 시범시스템

장문명 · 정상진 · 최종협 · 박종명  
한국전력공사 송변전건설처 765kV 추진반

### Design of a Prototype Fibre Optic Based Monitoring and Control System for Future KEPCO's 765kV Substation

Moon-Myung Jiang · Sang-Jin Chung · Jong-Hyoub Choi · Jong-Myung Park  
Korea Electric Power Corporation

#### Abstract

Instead of point-to-point hard wiring between substation yard equipments and SCADA RTU(Remote Terminal Unit), fibre optic cable will be used in the portion between Local Units and Central Unit in the future KEPCO 765kV substation. The connections between substation yard equipments and nearby Local Unit remain the same hard wiring. The new fibre optic system will provide security especially during ground faults and is immune to electrical noise. A prototype system will be manufactured and installed in the existing 154kV Yeosan Substation by the end of July this year and operated for one year. By incorporating the operation experiences acquired in the system, an improved system will be commercially applied to 765kV Shin-An-Seong Substation where 345kV GIS will be installed initially and act as the switching station in the year 1998.

The system is composed of one Central Unit and several Local Units. The Central Unit is composed of two workstation level computers, one is in operation and the other backup, and a Communication Control Unit. The Local Unit uses the existing SCADA RTU technology and takes the form of a distributed one. Between the Communication Control Unit and Local Units, the fibre optic system with star-coupler is used.

#### 1. 서론

765kV 변전기기는 현재 운용되고 있는 154kV 급이나 345kV 급 변전기기에 비해 보다 강화된 절연거리 확보를 필요로 하기 때문에 기기 형상이 커져야 하고 기기설치를 위한 변전소 면적도 345kV 급에 비해 약 2 배 정도가 예상된다. 넓은 면적에 설치될 초초고압 설비를 감시제어함에 있어 현재 사용하고 있는 제어용 케이블에 의한 일대일 방식을 적용할 경우 제어케이블의 포설양과 길이가 현재보다 현저히 증가되어 전력계통고장시 발생하는 대전위 상승과 차단기 조작시 발생하는 개폐서어지에 의한 유도장에 상당히 취약하게 될 우려가 있다.

당사는 현재방식의 이와 같은 단점을 보완코자 765kV 변전소에 컴퓨터와 광케이블 방식을 적용하는 방안을 수립하고 이 일환으로 기존 154kV 변전소에 시범적으로 하였으며 본 시범시스템은 96년 7월말 준공목표로 하고 약 1년간의 시범운전을 거

쳐 문제점을 보완한후 98년 6월말 준공예정인 765kV 신안성 변전소의 345kV 개폐소 설비에 1차 적용할 계획으로 진행중에 있다.

이하 본고에서는 상기 당사 시범시스템의 선정배경과 시스템의 구성에 관해 고찰해 보고자 한다.

#### 2. 765kV 변전소 감시제어용 시범시스템

##### 2.1 시범시스템 선정배경

##### 2.1.1 현재방식

현재 당사에서 운용중인 변전소와 감시제어방식은 그 종류가 다양하며 크게 분류하면 표 1과 같다.

<표 1> 변전소 형태와 감시제어방식 종류

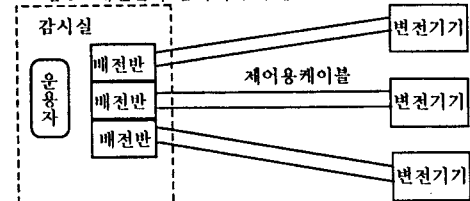
변전소 형태	변전소 기기 감시제어 방식
옥외철구형	배전반 방식, 일부 모자이크반 방식
옥외 GIS 형	모자이크반 방식, 집중감시제어반 방식
옥내 GIS 형	모자이크반 방식, 집중감시제어반 방식
복합형	배전반 방식, 일부 모자이크반 방식

\* 기존 옥외철구형 변전소에 GIS 기기가 증설되는 경우

##### ○ 배전반 방식

변전소 구내의 각 변전기와 배전반실에 설치된 배전반간 제어용 케이블을 이용 1:1로 결선한 감시제어 방식이며 초기에 건설된 옥외철구형 변전소에 대부분 적용되어 있다. 배전반 방식의 구성은 그림 1과 같다.

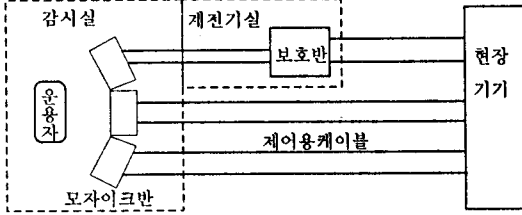
<그림 1> 배전반식 감시제어 구성도



##### ○ 모자이크반 방식

변전소 자체 설비구성을 맵보드에 표시하도록 구성하고 현장기기와는 제어용 케이블을 사용하여 1:1로 결선한 감시제어 방식으로 345kV 급 변전소와 154kV 급 변전소에 적용되어 왔으며 구성은 그림 2와 같다.

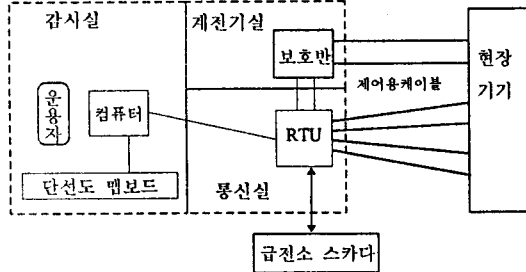
<그림 2> 모자이크반 방식 감시제어 구성도



○ 집중감시제어반 방식

'93년 이후부터 154kV 급 변전소에 적용되어 왔으며 감시실에 배전반이나 모자이크반 대신 컴퓨터를 설치하고 이 컴퓨터와 스카다 RTU(Remote Terminal Unit)를 연결한 감시제어방식으로 모든 감시와 조작성은 스카다 RTU를 통하여 행해진다.

<그림 3> 집중감시제어방식의 감시제어 구성도



2.1.2 현재방식을 765kV 변전소에 적용시 예상문제점

현재 변전소 기기 감시제어방식으로 적용되어온 배전반방식, 모자이크반 방식, 집중감시제어반 방식은 모두 현장기기와의 사이에 최소한 수십미터내지 수백미터에 달하는 다량의 제어용 케이블 시설을 필요로 하며 이러한 상황은 규모가 큰 765kV 변전소에서 더욱 가중된다.

<표 2> 변전소 전압별 제어케이블 평균소요량

변전소 전압별	감시실-기기간 거리	제어케이블 본수
154kV 변전소	150 미터	1000 본
345kV 변전소	300 미터	1800 본
765kV 변전소	500 미터	2400 본

\* 고압측 8 feeders, 저압측 12 feeders, 변압기 4 banks 기준

예상되는 문제점으로

- 제어케이블 길이 증가에 따라 고장시 발생하는 대지전위 상승이나 차단기 조작시 발생하는 개폐서지에 의한 유도 장애급증
- 수천본의 제어케이블이 중첩포설되어 증설, 변경 및 교체 공사에서 운용중인 케이블에 손상을 줄 우려가 있고 유지보수성 저하
- 다중(多種) 케이블 복합 포설로 인한 고전류 케이블과 저전류 케이블간 유도발생 가능

<표 3> 제어용 케이블 종류 및 사용전류

케이블 종류	전류크기
소내 DC 및 제어용 케이블	수십mA~십수 A
SCADA 용 케이블	수mA~십수mA

이러한 문제점은 신뢰도가 극히 요구되는 대용량 전력용봉 설비 운전에 상당한 지장을 줄 우려가 있다. 또한 765kV 변전기기는 대용량 전력용봉 책무를 담당해야 하기 때문에 기기에 가해지는 전기적인 스트레스도 154kV 나 345kV 급 기기보다 가혹할 것이며 현재와 같은 운전원의 육안점검으로는 기기의 열화를 사전감지하여 예방보수를 하기가 어려워지므로 컴퓨터와 진단센서를 이용한 정확한 감시진단 및 예방보수체제가 요구된다.

2.1.3 대책

전 항에서 논한 문제점에 대해 당사에서는 다음과 같은 대책을 수립하게 되었다.

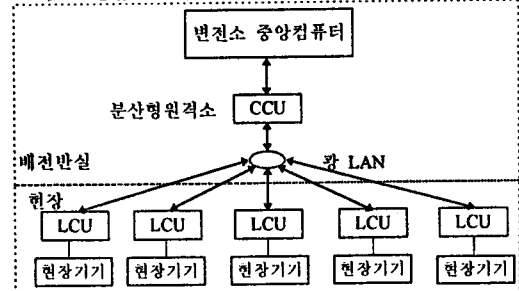
- 현재의 제어케이블 대신 유도의 영향을 받지 않는 광 케이블 사용
- 마이크로 프로세서를 채용한 분산형 현장제어장치를 현장기기 가까이 설치함으로써 감시실과 현장기기간 동 케이블 사용 길이 최소화
- 감시실 설비에 컴퓨터를 도입 감시제어기능외에 운전실적분석, 설비진단기능 등을 구비한 종합감시제어 시스템
- 중앙급전소의 EMS 나 상위급전소의 SCADA 시스템과 연계 운전정보 교환체제를 갖추어 신속한 계통파악 체제확립

위 대책에 대해 당사는 다음과 같이 두가지 감시제어방식을 검토 비교하였다.

<방법 1> 완전 분산제어 방식

현장기기별로 감시제어용 단말장치를 분산설치하고 중앙감시제어용 컴퓨터와 광 LAN 구성

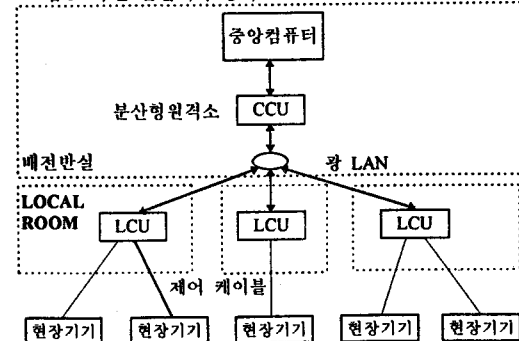
<그림 5> 완전 분산제어 방식 구성도



<방법 2> 부분 분산제어방식

감시제어 단말장치를 현장기기 근처에 건립할 LOCAL ROOM에 설치하고 인근 현장기기와의 현재와 같은 제어용 동 케이블을 사용 연결하고 배전반실과는 광 케이블을 사용 LAN 구성

<그림 6> 부분 분산제어 방식



방법 1과 방법 2에 대한 장단점을 각각 다음 표 4에 보인다.

<표 4> 검토 방법 1 및 방법 2에 대한 장단점

방법	장점	단점
방법 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 완전분산화로 감시제어용 단말장치 문제발생시 고장범위 축소</li> <li>- 서이지 영향 완전배제</li> <li>- 신뢰도가 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단말기를 기기별로 설치하기때문에 LAN 구성이 복잡하고 중앙컴퓨터 부담 증가</li> <li>- 현장에 설치되는 단말기에 대한 운송도 대책 난이</li> <li>- 단말기 전원공급 난이</li> </ul>
방법 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하나의 감시제어용 단말기에 여러 변전기기 수용가능</li> <li>- LAN 구성이 용이하고 중앙장치 부담이 적음</li> <li>- 전원공급조건 유리</li> <li>- 운송도 대책이 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기기와의 사이에 제이케이 불을 사용함으로 서이지 대책 필요</li> <li>- 단말기고장시 제어불가 범위가 크기 때문에 고신뢰도 대책 필요</li> </ul>

방법 1을 적용하려면 변전기기 제작사와 감시제어시스템 제작사가 완벽한 사전 기술협상을 통하여 기기제작에 임해야 하나 최초 건설되는 765kV 신안성 변전소 345kV 개폐설비의 경우 충분한 기술전도 기간과 개발기간이 부족하고 현재의 기술로 완전분산화 체제를 구축하기는 어려움이 많으므로 보다 적용이 간편하고 개발기간이 적게 소요되는 방법 2를 택하기로 하였으며, 실 적용 이전 기존 154kV 변전소에 시범적용 해본뒤 문제점을 보완한 실적용 시스템을 설치하기로 하였다.

**2.2 765kV 감시제어 시범시스템 구성**

시범시스템을 설치할 154kV 예산변전소는 유인체제의 옥외철구형 변전소로 설비규모는 표 5와 같다.

<표 5> 예산변전소 설비규모

설비내역	수량
154kV 송전선	4
주변압기(154kV/66kV)	1
주변압기(154kV/22.9kV)	2
66kV 송전선	2
22.9kV 배전선	12
보상용 콘덴서	4
역가압용 변압기(22.9/66)	1

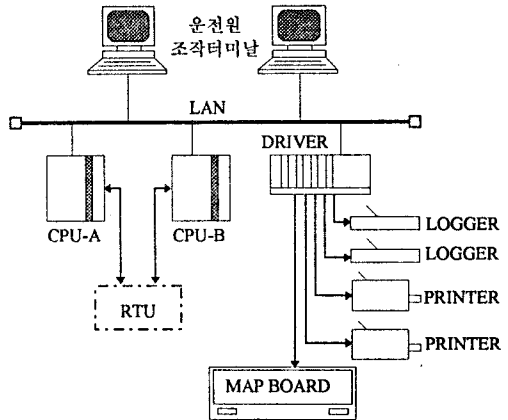
다른 변전소에 비해 설비규모가 적은 편이고 옥외형이기 때문에 감시제어 단말설비에 대한 환경테스트를 용이하게 할 수 있어 시범적용장소로 선정하게 되었으며, 설치되는 시범시스템은 변전소운영에 필요한 중앙컴퓨터장치와 원격소장치로 구성된다. 원격소장치는 중앙컴퓨터와 직접 인터페이스되는 통신제어장치(CCU)와 현장기기 가까이 설치되는 현장제어장치(LCU)로 구성되며 이들간은 광케이블을 이용 STAR 형 LAN으로 연결된다.

**2.2.1 중앙 컴퓨터장치 구성**

중앙 컴퓨터장치는 워크스테이션급 이상의 성능을 지닌 이중화 된 컴퓨터로 구성 운전 신뢰도를 높이고 원격소장치, MMI 및 기타 주변장치와의 인터페이스를 갖춘다. 중앙 컴퓨터장치는 실시간 처리를 위한 리얼나입터널이 탑재된 유닉스를 운영체제로 채택하였으며 완전한 한글화로 운전원 편의를 지향하도록 하였다. 감시제어는 DAC(Data Aquisition & Control) 소프트웨어에 의해 수행되며 DAC은 IEC 870-5의 기본 규칙을 따르도록 하였다. 중앙

컴퓨터의 DAC이 처리할 수 있는 감시제어 점(point)수는 1700 점으로 하였으며 이는 예산변전소의 향후 최대 설비증설을 감안하여 고려하였다. 중앙 컴퓨터장치의 H/W와 S/W의 기본 구성은 그림 7 및 그림 8에 보인바와 같다.

<그림 7> 중앙 컴퓨터장치 H/W 기본구성



<그림 8> 중앙 컴퓨터장치의 S/W 기본구성

Real time UNIX Operating System						기록 및 저장	이중화 처리	데이터 링크	감시제어처리
X-window system									
MOTIF window manager					보고서 작성 및 편집				
Dynamic Graphic Server	경보원도우	경보종합	데이터베이스관리	유틸리티					
단선개봉	그래픽페이지	트렌드							

**2.2.2 원격소장치(RTU)**

원격소장치는 통신제어장치(CCU: Communication Control Unit), 현장제어장치(LCU: Local Control Unit), 광 LAN으로 구성된다. 통신제어장치는 중앙컴퓨터장치, 상위급전소의 SCADA, 현장제어장치등과 인터페이스되어 네트워크제어와 프로토콜변환 기능을 처리한다. 모든 인터페이스는 고장에 대비하여 이중화 되도록 하였으며 주 경로 장애시 예비경로로 절체된다. 광 LAN은 신뢰도를 높이고 네트워크 장애시의 고장범위를 축소시키기 위하여 STAR 형으로 검토하였으며 LAN ACCESS는 토큰메싱과 비슷한 노드빌 시간할당법을 적용하여 노드간 상호 충돌과 네트워크상의 트래픽을 최소화 하도록 설계하고 실시간 처리에 지장이 없도록 하였다.

현장제어장치는 빌도 합체에 수납하여 현장기기 근처에 설치되도록 하였으며 가혹한 환경조건에서도 정상동작을 보증하기 위하여 표 6과 같은 동작환경조건을 정하였다.

<표 6> 현장제어장치 동작환경조건

동작환경	정상동작조건	비고
온도 및 습도	-25 ~ +70 °C 5 ~ 90 % (상대습도)	
전원전압 변동폭	AC176V~AC253V 60Hz ± 3Hz	
상용주파 절연내력	2.5kV(rms) 1분간	
서이지 내력	OSC: ± 2.5 ~ 3kV(P-P) Fast Transient: 4 ~ 5kV	

하나의 LCU 장치 감시제어포인트 용량은 256 포인트로 설정하였으며 표 7 과 같은 기능별 모듈로 구성된다.

<표 7> 현장제어장치 기능별 모듈구성

기능별 모듈형식	수용용량(포인트/모듈)	비고
감시모듈	32	
제어모듈	16	
측정모듈	16	

광 LAN 은 Passive 형 Star Coupler 를 이용하여 Point to Point 방식으로 구성하며 신뢰도를 위하여 모두 이중화 되도록 하였다. 표 8 은 본 시범시스템에 적용하게 될 광 LAN 의 성능에 대한 것이다.

<표 8> 광 LAN 의 성능

항목	특성	비고
전송속도	250kbps	
최대 전송 노드수	8 × 8(*5 × 5)	실적용시 32 × 32
LAN 액세스 방식	타인슬롯 할당법	
발광 및 수광소자	LED/APD	
LAN 구성방식	STAR 형	
LAN 결합방식	수동형 카플라	

\* 시범시스템의 실 노드수

본 시범시스템에 사용되는 통신프로토콜은 인터페이스되는 시스템에 따라 다르며 현재 당사에서 운용되는 전력계통 자동화 설비와 모두 인터페이스 될 수 있도록 복수 프로토콜을 갖도록 하였다.

표 9 는 본 시범시스템 내부장치간 및 외부 시스템과의 사이에 필요한 프로토콜을 보인 것이다.

<표 9> 시범시스템에 필요한 통신프로토콜

인터페이스		사용프로토콜	통신속도
통신 제어 장치 (CCU)	중앙 컴퓨터장치	DNP 3.0	9600bps
	현장제어장치	DNP 3.0	250kbps
	SCADA	Harris 5000/6000	1.2kbps
	EMS	Connitel 2020	1.2kbps

DNP3.0 프로토콜은 분산형 체제를 위한 통신 프로토콜로 IEC870-5 의 규격을 준수하며 보다 확장된 기능을 제공하도록 되어 있고 Plug and Play 를 지향하는 프로토콜이다. 이 프로토콜은 ABB 를 비롯한 40 개의 시스템 제작사들과 캐나다 온타리오 하이드로 같은 전력사를 비롯한 30 여개의 유명 전력사가 표준규격으로 채택하고 있으며 당사에서도 향후 도입되는 분산형 시스템을 위한 사전평가 일환으로 이 프로토콜을 본 시범시스템에 적용키로 하였다.

### 3. 결론

고전압 대용량 변전기기는 전력용동에 대한 책무가 현재 345kV 급이나 그 이하 변전소 기기보다 수백~수십배이상 크기 때문에 계통사고나 기기고장시 전 계통에 미치는 영향이 매우

크다고 볼 수 있다. 불의사고에 신속히 대처하고 기기고장을 미연에 감지하여 고 안정도 계통운전을 하기 위해서는 고 신뢰성을 갖춘 감시제어 및 설비 진단체제가 절실히 필요하다. 이러한 필요성에 따라 당사에서는 1998 년 6 월말 준공예정인 765kV 신안성변전소의 345kV 개폐설비에 서이지에 강한 광 케이블과 컴퓨터를 이용한 감시제어 및 진단체제를 구축하기로 하였으며 본고에 언급한 것과 같이 사전 평가를 위해 기존 유인변전소에 시범시스템을 설치 운전키로 하였다. 시범 적용시스템에는 기기 진단기능이 포함되지 않았으며 이는 현재 당사에서 수행중인 감시 진단체제 연구가 완료되는 시점에서 실적용시스템에 적용키로 하였다. 본 시범시스템에 적용되는 시스템 기능, 구성방식, 표준규격등은 향후 당사에서 시설하는 모든 변전소 감시제어 및 진단시스템의 기본이 될 것이다.

### 참고문헌

- [1] IEC 870-1 "General considerations of Telecontrol equipment and systems"
- [2] IEC 870-2 "Operating conditions of Telecontrol equipment and systems"
- [3] IEC 870-3 "Interfaces of Telecontrol equipment and systems"
- [4] IEC 870-4 "Performance requirements of Telecontrol equipment and systems"
- [5] IEC 870-5 "Transmission protocols of Telecontrol equipment and systems"
- [6] DNP users group "The Distributed Network Protocol"