

## WEB 기반 변전설비 원격 감시/진단 시스템 개발

최영준, 양항준, 최용범, 김성식\*, 김정배  
(주)효성, 중공업연구소

### Development of WEB Based Remote Monitoring and Diagnostic System for Electric Power Transmission Apparatus

Choi Young Jun, Yang Hang Jun, Choi Yong Bum, Kim Sung Sik, Kim Jung Bae  
Power System Team, of R&D Center, Hyosung Corporation.

**Abstract** - 본 논문에서는 안정적인 변전소의 운영을 위해 최근 개발된 WEB 기반의 초고압 변전설비 원격 감시 및 진단 시스템을 소개한다. WEB 기반의 초고압 변전설비 원격 감시 및 진단 시스템은 154kV급 이상의 초고압 변전소에 설치되어 있는 주변압기(MTR)와 가스 절연개폐기(GIS)에 대한 감시 및 진단 데이터를 취득하는 Local System과 이러한 데이터를 전송 받아 감시 및 진단 기능과 WEB 서비스를 수행하는 Main Control Center로 구분된다. 실적용 사례로 최근 산업체의 몇 개 공장을 대상으로 시범 적용한 154kV급 변전소의 WEB 기반 감시 및 진단 시스템을 소개한다. 나아가 변전기기를 제어하기 위한 시스템과의 연계 방법에 대해 언급하고 있다.

#### 1. 서 론

변전소를 운영하는 인력의 최소화와 안정적인 전력공급을 위하여 지난 수년동안 전력 감시 시스템은 꾸준한 연구와 현장 설치 운영을 통하여 많은 발전을 이루어 왔다. 또한 주변압기(MTR)와 가스절연개폐기(GIS)와 같은 변전설비의 효과적인 진단 보수를 통해 설비의 수명 연장 및 비용 절감과 설비 이상으로 발생할 수 있는 고장을 예측하기 위한 예방 진단 시스템에 관한 연구도 활발히 진행되고 있으며 구체적인 상태 감시 기법과 적용 센서류 항목 선정, 진단 기법의 개발을 통해 국내에서도 154kV, 345kV급 변전소에 설치 운전되고 있다.

전력 감시 시스템과 예방 진단 시스템은 지금까지 서로 별개의 시스템으로 개발, 설치되어 왔다. 그러나 두 시스템의 상위 시스템 각 기능을 연계하여 운영하는 시스템 연계방법에 대해서도 연구가 이루어져 시스템 설치비를 감소시키고 관리 및 운영의 효율성을 증대시킬 수 있었다.

최근 변전소의 무인화가 진행됨에 따라 여러 변전소의 전력 감시 시스템 및 예방 진단 시스템을 한 곳에서 통합 관리 운영할 필요성이 강조되고 있다. 그리고 전 세계적으로 보급되고 있는 초고속 통신망의 안정성과 경제성이 확보되고 있고 이를 이용한 가상 사설 통신망(VPN) 기술의 발전을 통한 통신망 보안이 가능해 짐에 따라 각 변전소에서 독자적으로 관리 운영하던 시스템을 Main Control Center와 같은 곳에서 통합 관리 운영할 수 있는 환경적 기반이 마련되었다.

본 논문에서는 이러한 시스템 통합 관리 운영을 위한 원격 감시/진단 시스템을 구현하고 실 적용사례로 154kV급 변전소에 시범 적용하고 있는 시스템을 소개하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 원격 감시/진단 시스템

Web 기반 변전설비 원격 감시/진단 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 다수의 변전소를 감시/진단하기 위하여 원격리에 Main Control Center를 설치하고 각 변전소

의 Local System은 감시/진단 데이터를 VPN (Virtual Private Network : 가상 사설 통신망)을 통하여 Main Control Center에 전송한다.

Main Control Center는 데이터베이스 서버, 웹 서버, Remote EWS들로 구성되며 각각의 기능은 아래와 같다.

- 데이터베이스 서버 : 변전소 각 Feeder의 전압, 전류, 위상, 공급·소비 전력량 등의 전력 시스템 데이터와 변전기기의 상태 및 Trend를 분석하기 위하여 운영자가 정의한 각 변전소 변전기기의 측정 데이터와 이벤트 및 사고에 대한 정보를 Database에 저장한다. 또한 시스템 운영자가 시스템의 과거 데이터를 분석하고자 할 때 저장하고 있던 데이터를 운영자에게 제공하는 기능을 한다.

- 웹 서버 : 외부에서 웹 브라우저를 이용하여 웹 서버에 접속하면 ASP(Active Server Page)와 JavaScript, ActivX Control 등을 이용해 접속한 사용자와 상호작용을 통하여 각 변전소의 상태를 감시할 수 있는 웹 페이지를 생성하여 클라이언트로 전송하는 기능을 한다.

- Remote EWS : 측정된 데이터를 변전기기별로 분리하여 운영자가 쉽고 편리하게 각 변전소의 상태를 감시할 수 있게 한다. 또한 Local System의 Processor 들을 감시/제어하며 이상이 발생하였을 때 필요한 조치 사항을 각 변전소에 지시하는 기능을 한다.

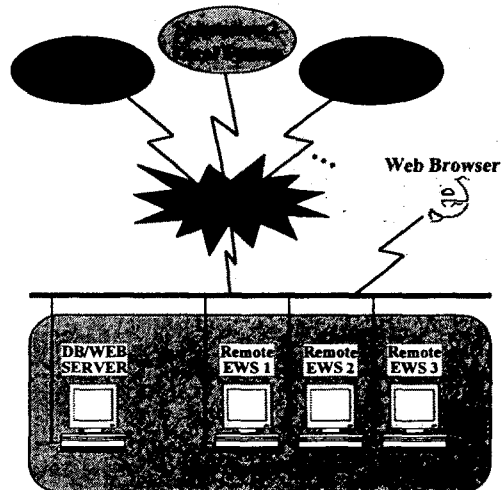


그림 1. 원격 감시/진단 시스템 구성

## 2.2 Local System

Local System은 그림 1과 같이 크게 Field Side와 Local Control Room으로 구분할 수 있다.

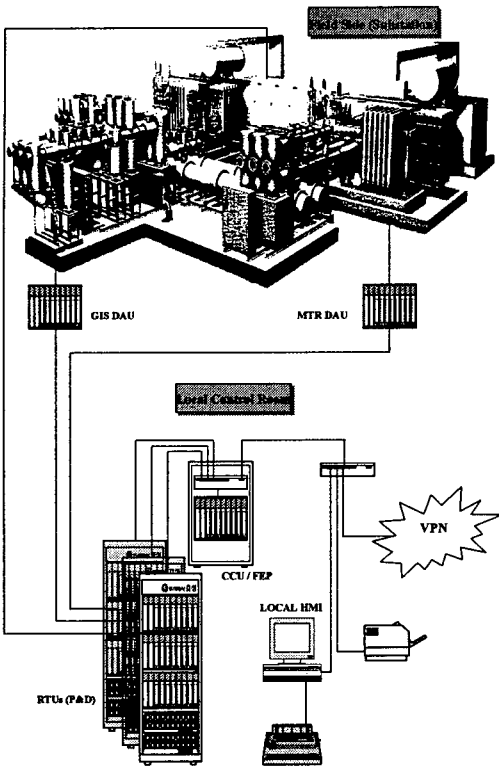


그림 2. Local System 구성

### 2.2.1 Field Side

Field Side는 초고압 주 변압기(MTR)와 가스 절연 개폐기(GIS), 센서류, DAU(Data Acquisition Unit : 진단 데이터 취득 장치)로 구성된다. 주 변압기와 가스 절연 개폐기의 진단에 필요한 정보는 이들에 부착되어 있는 센서들을 이용해 측정되며, 이렇게 측정된 데이터는 DAU에 의해 수집되고, 디지털 데이터로 변환되어 Local Control Room으로 전송된다. DAU에 의해 취득되는 감시 항목은 표 1과 같다.

### 2.2.2 Local Control Room

Local Control Room은 배전반과 RTU(Remote Terminal Unit : 데이터취득장치), CCU/FEP (Communication Control Unit/Front End Processor : 통신제어장치), Local HMI로 구성된다.

- 배전반 : 배전반 고유의 기능 외에 Field Side에 있는 GIS와 각 Feeder들의 개폐기 상태 정보, 전압, 전류 등 전력 감시에 필요한 데이터를 RTU로 전송하고, 상위로부터 제어 명령을 받아 개폐기를 동작시키는 기능을 한다.

- RTU : 배전반으로부터 전력 감시 제어 정보뿐만 아니라 DAU로부터 Field Side에서 수집된 진단 데이터를 전송 받아 이를 디지털 데이터로 가공하여 CCU로

기 기	진단 항목	평가 방법
MTR	부분 방전	경향, 피크치
	유증 가스	평균, 총량
	활선정유장치압력	경향
	외기 온도	평균
	OLTC	경향
	냉각 팬	피크치
GIS	냉각 펌프	피크치
	$SF_6$ 가스밀도	경향, 평균
	CB 투입/차단 특성	패턴
	피뢰기 누설전류	평균
	부분방전	패턴, 경향, 피크치

표 1. 기기별 진단 항목

전송하는 기능을 하며 CCU로부터 내려온 제어 명령을 배전반에 전송한다. 자동화 배전반이 아닌 경우 RTU에서 배전반의 데이터 수집, 제어 기능을 수행할 수도 있다.

- CCU : RTU와 상위 감시장치의 중간에서 RTU가 디지털 데이터로 변환한 모든 정보들을 상위 감시장치에 안정되게 전송하고 상위의 제어 명령을 RTU로 신속하게 전송하는 기능을 한다.

- Local HMI : CCU를 통하여 올라온 측정 데이터를 변경 기기별로 분리하여 변전소에 있는 운영자가 온라인 상에서 쉽고 편리하게 기기의 상태를 감시할 수 있게 한다.

### 2.3 HMI

HMI는 크게 Local HMI와 변전소 통합 관리 운영을 위해 Remote EWS에 설치된 HMI, 그리고 웹 클라이언트가 웹 서버에 접속해서 각 변전소의 기기 상태를 감시할 수 있는 WEB HMI로 구분할 수 있다. Local HMI와 Remote EWS의 HMI는 실시간으로 변전소의 상태를 감시하고 설비를 제어할 수 있지만, 보안을 위해 WEB HMI는 설비를 제어할 수 있는 권한은 가지지 않고 실시간으로 상태만 감시할 수 있다. 이러한 기능 외에도 HMI를 통해 운영자는 과거의 변전소 운영 관련 데이터나 설비의 상태 관련 데이터를 분석하거나 보고서 형식으로 출력할 수도 있다.

### 2.4 VPN 통신망

VPN이란 Internet과 같은 공유 통신망을 사설 통신망처럼 사용할 수 있는 솔루션으로서 보안이나 우선 순위 등 사설 통신망과 같은 기능을 제공한다. VPN을 이용하면 공유 통신망을 통해 원격 사용자나 지사, 그리고 파트너 등과 사설 연결을 설정할 수 있다.

기존의 WAN을 구축하려면 자본재 장비나 관리 직원을 갖춰야 하고 여러 종류의 사설 회선을 구입해 유지해야 한다. 따라서 기존의 WAN을 통한 통신망 확장은 기업에 과중한 경제적 부담을 안겨 준다. 그러나 VPN은 공유 통신망을 이용하므로 이러한 경제적 부담을 줄일 수 있다.

### 2.5 원격 감시/진단 시스템 적용 사례

당사 창원공장의 원격진단 센터에는 각 Local에서 통신으로 전송되어지는 데이터를 저장하는 Database Server와 이를 외부에서 Web Browser로 모니터링할 수 있도록 Web Service를 제공하는 Web Server로 구성되어 있으며 Local HMI의 기능을 동일하게 수행

하면서 Local에 위치하고 있는 Local HMI 및 RTU 기기의 원격 관리를 수행하는 Remote EWS로 구성되어 있다. 현재 시스템은 원격진단시스템과 전력감시시스템이 통합 운영되고 있다.

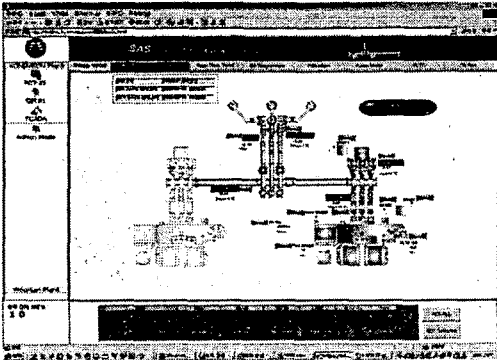


그림 3. 원격 진단 시스템 메인 화면

그림 3은 원격진단 시스템 메인화면이며 GIS 및 주 변압기의 모든 특성을 나타내고 있으며 화면 우측에는 GIS부분방전 모니터링 시스템과 연동할 수 있도록 버튼을 구성하였다. 또한 마우스로 해당하는 센서를 클릭하면 바로 해당 센서의 집중분석화면으로 이동하게 된다.

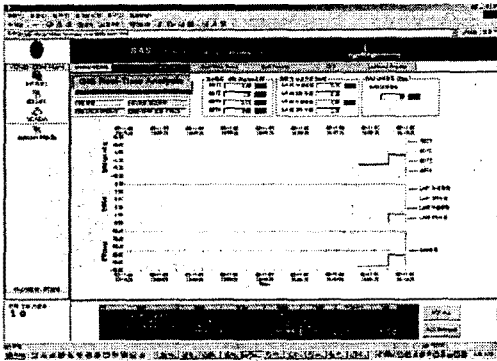


그림 4. 주 변압기 및 GIS 감시 화면

그림 4는 주 변압기 및 GIS와 관련된 모든 데이터를 한 화면에서 실시간 감시할 수 있으며 현재 상태의 이상여부를 나타내는 화면이다. 이 화면에서는 실시간 Trend 그래프를 구성하여 실시간으로 데이터의 추이가 어떻게 변화하는지 집중적으로 감시할 수 있도록 한다.

주 변압기 및 GIS에 부착되어진 각각의 측정항목에 대한 세부적인 이력집중관리 화면을 구성하였으며 그림 5는 가스밀도를 분석하는 화면을 그림에서 나타낸다. 일별 또는 월별간격으로 가스밀도의 Historical Trend를 그래프로 표시하며 현재값 및 Historical Trend 그래프에서 각각의 가스밀도의 값을 추적할 수 있다. 또한 가스밀도와 관련한 주요 알람/이벤트를 표시하여 가스밀도에 대한 전반적인 특성을 파악할 수 있다. Historical Trend는 Calendar화면을 통하여 날짜별로 검색 가능하다.

차단기가 동작할 경우 투입 또는 차단에 대한 순간 파형을 DAU로부터 통신으로 받아서 이를 분석한다. 차단 및 투입 코일이 인가되는 시간을 기준으로 차단기의 동작특성을 분석할 수 있다. 그림 6은 측정된 순간파형을 기준파형과 분석하는 분석틀을 나타낸다.

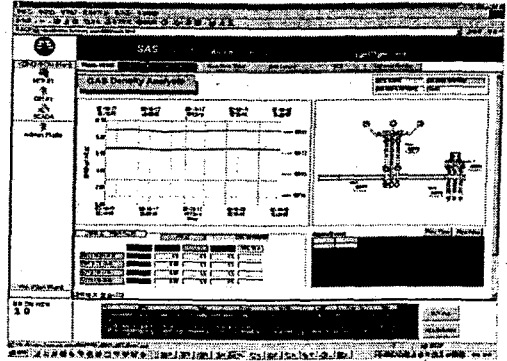


그림 5. GIS 가스밀도 분석 화면

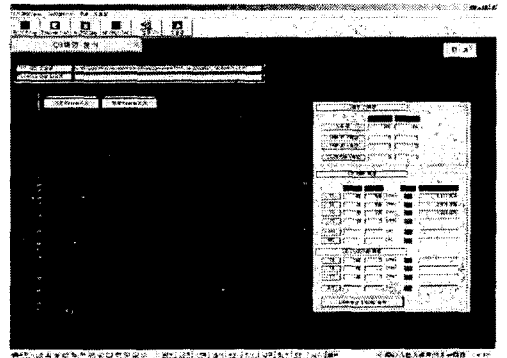


그림 6. CB 파형 분석 틀

### 3. 결 론

본 논문에서는 변전소 운영 효율의 증대를 꾀하고 변전소의 무인화 진행에 발맞추어 여러 변전소의 전력 감시 시스템 및 예방 진단 시스템을 연계하고 Main Control Center에서 통합 관리 운영하기 위한 원격 감시/진단 시스템을 개발하여 제시하였고 각 부분별 기능과 상호 작용을 설명하였다. 또한 실제 154kV급 변전소에 설치 운영하고 있는 원격 감시/진단 시스템을 사례로 소개하였다.

원격 감시/진단 시스템을 이용함으로써 시스템 운영 비용은 감소시킬 수 있었으며 Main Control Center에서 전문가에 의한 감시/진단이 가능하여 졌다.

### (참 고 문 헌)

- (1) 양항준 외, "초고압 변전기의 예방진단 및 종합 자동화", 2001년도 대한전기학회 전력기술부문회 춘계학술대회 논문집, pp275~277, 2001
- (2) D.J. Kweon et al: "The Application of Preventative and Diagnostic System for 765kV Substation", KIEE annual summer conference, pp1885~1887, 2000
- (3) D.J., Kweon et al: "Development of the preventive diagnostic expert system of gas in oil power transformer", KIEE annual spring conference, pp1019~1021, 1999
- (4) I.H., Choi et al: "Basic design of the preventive diagnostic expert system for 765kV substation equipments", KIEE annual summer conference, pp2133 ~ 2135, 1999