

변전소용 온라인 예방진단 시스템

남상수, 이석찬, 신용학
LG산전 중앙연구소

The On-line Preventive Diagnosis System for Substation

Sang-Su Nam, Seok-Chan Lee, Yong-Hark Shin
LG Industrial Systems Central R&D Center

Abstract - 최근 들어 전력 공급의 신뢰성 강화를 위해 변전설비 고장을 미리 진단할 수 있는 예방진단기술이 절실히 요구되고 있으며, 한국전력공사 및 기타 수요자층에서 예방진단기술 도입을 추진하고 있다. 또한 센서 기술과 디지털 기술, 통신 및 컴퓨터 기술의 발전과 더불어 실시간으로 변전설비를 감시할 수 있는 온라인 예방진단이 가능하게 되었다. 이에 본 논문에서는 변전소용 온라인 예방진단 시스템을 현장에 적용한 사례를 소개하고자 한다.

1. 서 론

최근 도심 지역의 확장과 산업의 발전으로 전력수요가 급격히 증가하고 있으며, 정보산업의 급부상과 컴퓨터에 의한 산업설비의 자동화 및 고급화에 따라 전력공급의 신뢰도와 고품질을 요구하고 있다. 이를 위해서는 변전설비를 신뢰성 있고 경제적으로 점검해야 하며, 취약설비의 정기교체는 물론 대형 고장의 우려나 사고 파급영향 등을 미리 진단할 수 있어야 한다. 따라서 설비의 고장을 사전에 분석하고 진단할 수 있는 예방진단기술이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 또한 센서 기술과 디지털 기술, 통신 및 컴퓨터 기술의 발전과 더불어 실시간으로 변전설비를 감시할 수 있는 온라인 예방진단이 가능하게 되었다.

본 논문에서는 당사에서 개발한 변전소용 온라인 예방진단 시스템을 현장에 적용한 사례를 소개하고자 한다. 상기 시스템은 구미 소재 한곳의 154kV 변전소에 설치되어 있으며, 변압기와 GIS(Gas Insulated Switchgear)의 상태 감시를 통해 센서 데이터를 온라인으로 취득하고, 이 데이터를 활용하여 변전설비의 이상 유무를 진단하고 있다.

2. 본 론

온라인 예방진단 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 이는 크게 센서부, DAU(Data Acquisition Unit), FEP(Front End Processor), HMI(Human-Machine Interface)와 주변장치로 구성되어 있으며, 각 구성요소는 네트워크로 연결된다[1].

센서에서는 변압기와 GIS에 부착되어 변전설비의 현재 상태를 DAU에 전달한다. DAU는 센서부에서 현장 기기의 상태값을 수신하고, RS485 통신을 이용해 FEP로 전송하게 된다. FEP는 DAU로부터 센서 데이터를 수신하여 이를 다시 HMI로 전송하는 기능을 수행한다. HMI는 정상시 FEP로부터 실시간으로 센서 데이터를 수신하고, 필요시 데이터베이스를 액세스하여 자료를 가져올 수 있다.

운영자는 HMI를 통해 센서 데이터를 감시하거나 실시간 트랜드, 이벤트 자료 및 과거의 자료를 조회할 수 있으며, 센서 데이터의 이상 발생 시 분석을 통해 진단결과를 확인할 수 있다. 또한 엑셀 매크로를 이용해 엑셀에서 직접 보고서를 생성할 수 있다.

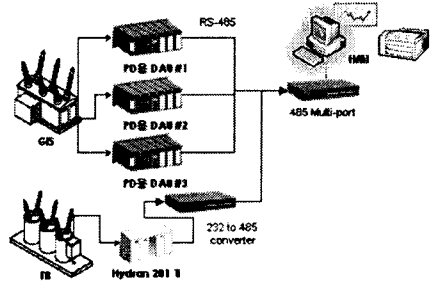


그림 1. 온라인 예방진단 시스템 구성도

2.1 센서부

변전소의 중요 변전설비인 변압기와 GIS의 이상상태를 미리 예측하고 사고를 방지하기 위해서는 여러 가지 센서를 통해 현장 설비의 현재 상태를 항상 모니터링 할 수 있어야 한다. 최근 센서기술의 발달로 많은 수의 감시항목을 선정할 수 있으나, 감시항목의 수가 많아지면 예방진단 시스템의 가격이 높아진다. 따라서 감시항목의 선정은 기기의 중요도에 따라 결정되어야 한다. 또한 최적의 비용으로 효과적인 감시를 위해서는 몇 가지의 중요한 감시항목에 집중할 필요가 있다[2]. 당사의 온라인 예방진단 시스템에서는 변압기에 유중가스 분석장치를, GIS에는 UHF(Ultra High Frequency) 부분방전 측정장치를 설치하여 변전설비의 이상 유무를 진단하였다.

유중가스 분석장치는 절연유의 Gas를 분석하여 변압기 내부의 열화상태를 감시하게 되는데, 기존의 절연유를 채취하여 실험실에서 분석하던 단점을 보완한 HYDRAN 201Ti(그림 2 참조)를 사용하였다. 이 장비는 전력용 변압기의 초기 고장 방지를 위한 진단 장치로써 변압기 내의 용존가스 중 수소가스를 대상으로 연속, 온라인으로 모니터링 하는 시스템이다[3].



그림 2. HYDRAN 201Ti

UHF 신호 진단법은 GIS 내부에 있는 절연에서 일어나는 부분방전(PD:Partial Discharge)으로부터 발생하는 전자파를 검출하는 방법으로 GIS의 이상상태를 감시하게 된다. UHF 부분방전신호 검출용 센서는 설치 위치를 기준으로 크게 2종으로 대별할 수 있다. 하나는 GIS 내

부에 설치하는 내장형이고 다른 하나는 GIS 외부에 설치하는 외장형이다. 내장형은 전자기적으로 차폐된 공간인 GIS 내부에 설치되므로 우수한 반면 GIS를 제작할 때부터 센서를 내장시켜야 하는 불편함이 있다. 외장형은 운전 중인 GIS에도 설치 가능하므로 편리하기는 하지만 잡음에 상대적으로 취약하고, 센서 감도 측면에서 불리하다. 당사의 UHF 부분방진번호 검출용 센서는 외장형으로 설치되어 운용하고 있다[4].

2.2 DAU(Data Acquisition Unit)

DAU는 센서로부터 취득되어지는 각종 센서 데이터 값을 FEP와 HMI로 전송하는 장치이다. 당사에서 사용한 DAU는 변압기와 GIS의 센서 데이터를 취득하는 두 종류의 DAU로 구성되어 있다.

변압기의 유증가스 분석장치인 HYDRAN 201Ti는 내부적으로 CPU 및 통신처리장치로 구성되어, 변압기의 유증 용존가스 중 수소(H₂), 일산화탄소(CO), 아세틸렌(C₂H₂), 에틸렌(C₂H₄)의 4종류의 가스에 대하여 연속적으로 응답하며, 4 ~ 20mA의 아날로그 출력을 한다. 또한 자체적으로 통신 프로토콜을 지원하여, 시리얼 통신을 통해 센서 데이터를 상위로 보낼 수 있다.

GIS PD DAU는 UHF 부분방진번호 검출용 센서로부터 입력되는 RF 신호를 처리하여, 측정 레벨과 측정 각도를 자체 버퍼에 쌓아 두었다가 통신 카드를 통해 상위로 전달한다. 또한 상위에서 통신 카드를 통해 DAU의 측정 주파수, 측정 레벨을 설정할 수도 있다. 그림 3은 현장에 설치된 GIS PD DAU를 나타낸다.

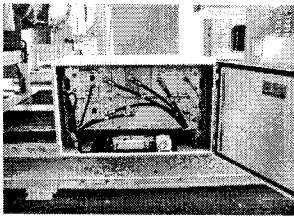


그림 3. GIS PD DAU

2.3 FEP(Front End Processor)

FEP는 DAU로부터 센서 데이터를 수신하여 이를 다시 HMI로 전송하는 기능을 수행한다. 그리고 설치된 데이터베이스(MS Access)를 이용하여 센서 데이터를 저장하며, 기준치와 비교하여 이벤트를 발생시키는 역할을 수행한다. 데이터베이스에는 수신된 센서 데이터, 기준치 평가에 의해 발생한 이벤트 데이터 및 진단에 필요한 각종 자료들이 존재한다. 데이터베이스는 FEP와 HMI가 공유하고 있어, HMI의 데이터베이스 자료 요청은 FEP를 거치지 않고, HMI가 직접 데이터베이스를 액세스하여 처리한다.

2.4. HMI(Human-Machine Interface)

HMI는 FEP로부터 실시간 센서 데이터를 수신하고, 필요시 데이터베이스를 액세스하여 자료를 가져올 수 있다. HMI는 실시간으로 센서 데이터를 감시할 수 있는 화면을 제공하며, 실시간 트렌드, 이벤트 자료 및 과거의 자료를 조회할 수 있고, 센서 데이터의 이상 발생시 분석을 통해 진단결과 확인할 수 있다. 또한 데이터베이스에 저장된 측정 센서들의 값들을 활용해 엑셀 보고서를 생성할 수 있다.

2.4.1. HMI 화면의 구성

HMI 주 화면은 그림 4와 같이 구성되며, 사용자에게 위해 각 화면으로 이동할 수 있다. 센서 종류별 검색, 포인트별 검색 등의 검색 화면을 제공하고, 현재 기기 상태, 포인트 설정, H/W 설정, 실시간 트렌드, 분석, 보

고서 등을 지원한다.

그림 4에서 계통도가 보이는 곳이 취득된 센서 값을 실시간으로 보여주는 감시화면이다. 감시화면은 사용자에게 위해 편집이 가능하며, 센서 값이 표시되는 부분은 정상, 주의, 경보의 3단계별로 정의된 색상으로 표시하여 사용자에게 시각적 인지를 제공한다. 또한 DAU의 통신 상태를 표시하여 DAU의 동작 여부를 알 수 있다.

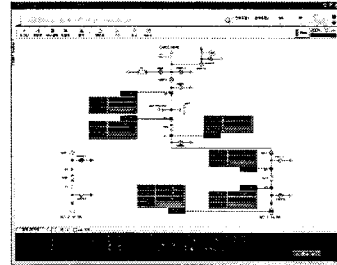


그림 4. HMI 주 화면

2.4.2. 트렌드 화면

그림 5는 실시간으로 취득된 센서 측정 값들의 변화 추이를 보기 위한 트렌드 화면이며, 실시간 데이터와 더불어 과거 데이터를 함께 나타낼 수 있다. 트렌드 데이터는 변압기의 수소 농도, 수소 농도의 시간별/일별 변화량이며, GIS에서는 방전 전하량과 발생 빈도수를 나타낸다.

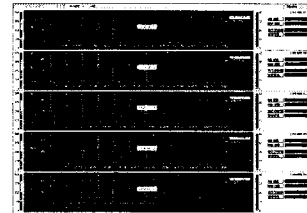


그림 5. 실시간 트렌드 화면

2.4.3. 진단 및 분석

진단 및 분석화면은 FEP에서 저장한 데이터베이스의 센서 측정 데이터를 Phi-Q-n으로 분리해서 차트 형태로 보여준다. 사용자는 이를 통한 통계적 데이터를 이용해서 GIS 진단을 수행하게 된다. 데이터의 형태는 방전 전하량, Phi 값이며 데이터베이스에 저장된다. 분석 및 진단 화면에서는 이 데이터를 근거로 지정된 시간대별로 Phi-Q-n 분석과 트렌드 및 이벤트를 표시한다. 그림 6은 GIS PD 분석 결과 화면을 나타낸다. 진단 결과를 가지고 현재 GIS 상태를 알 수 있다. 진단은 신경회로망으로 학습된 데이터를 사용한다. 진단에 사용되는 입력값은 20개이며 그림 6의 최대값, 표준편차, 평균 등이 사용되어 진단.

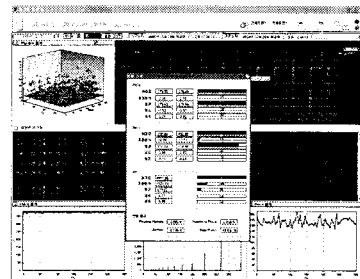


그림 6. GIS PD 분석 결과 화면

변압기 분석 보고서는 이상 발생 보고서, 일별 보고서, 월별 보고서로 구성되어 있다. 그림 7은 일별 보고서 화면이다. 일별 보고서는 하루 동안의 수소 가스 농도의 변화량을 나타낼 수 있다. 검색하고자 하는 포인트 ID와 날짜를 입력 후 보고서 보기 버튼을 클릭하면 검색 결과가 나타난다. 사용자는 하루 동안 수소 가스 농도의 변화량을 세가지 트랜드로 나타냄으로써 한눈에 볼 수 있다. 첫 번째 트랜드는 수소 가스 농도의 각 시간별 최대값, 최소값, 평균을 나타내며, 두 번째, 세 번째 트랜드는 수소 가스 농도의 변화 정도를 시간별, 하루별로 최대값, 최소값, 평균을 나타낸다.

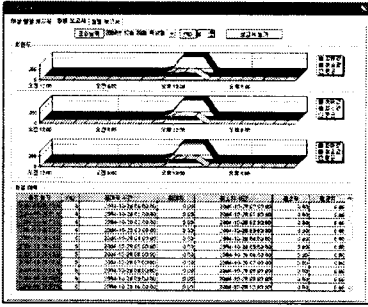


그림 7. 주변압기 분석 보고서

2.4.4. 실시간 이벤트 표시 및 검색

실시간으로 측정된 값들은 FEP에서 수신과 동시에 기준치와 비교하여 그 이상 유무를 확인한다. 이때 주의, 경고의 기준치에 벗어난 센서 값들에 대해서는 실시간으로 이벤트를 발생시키며, 이들 이벤트는 HMI로 전송되고 데이터베이스에 저장된다. 이렇게 이상이 발생되어 저장된 이벤트를 검색하는 기능이 그림 8에 나타난 이벤트 검색이며, 센서별, 포인트별, 기간별로 검색할 수 있다.

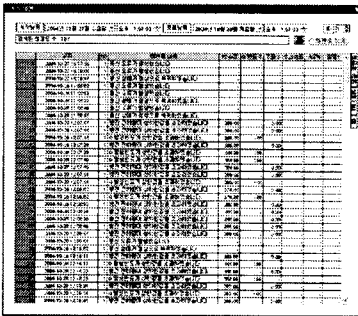


그림 8. 과거 이벤트 검색

그림 4의 화면 하단의 경보 창에는 실시간으로 최근에 발생한 이벤트를 표시한다. 경보 창은 이상유무를 정상, 주의, 경보의 3단계로 색상별로 표시되며, 경보 발생시각, 경보내용, 경보 값 등을 표시한다. 경보 창은 공통 경보 창으로 화면과는 별개로 동작하며, 이벤트 발생시 경보음을 발생시켜 운영자가 인지할 수 있도록 한다.

2.4.5. 보고서 출력

보고서는 엑셀 매크로를 이용해 엑셀에서 직접 보고서를 생성할 수 있다. 사용자 질의를 통해 데이터베이스에 저장된 측정 센서들의 값과 이벤트 및 이를 통해 분석된 결과 등을 보고서로 작성할 수 있다. 보고서의 구성은 그림 9, 10과 같이 GIS PD 분석 보고서와 변압기 분석 보고서로 이루어져 있다.

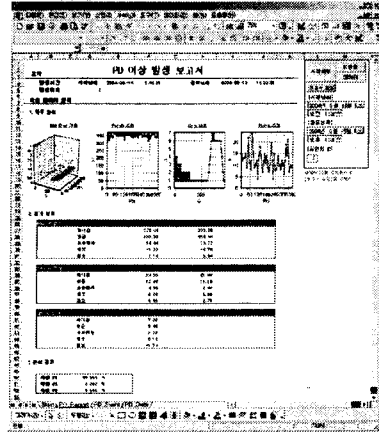


그림 9. GIS PD 분석 보고서

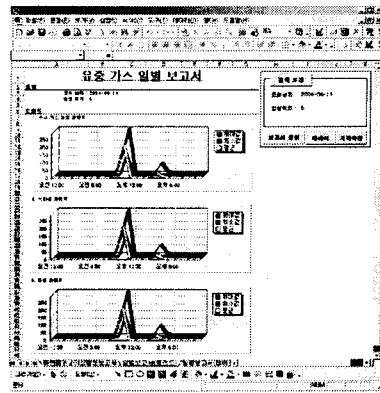


그림 10. 주변압기 분석 보고서

3. 결 론

최근 온라인 예방진단 시스템이 한국전력공사 및 기타 수요층에서 적용되면서 온라인 예방진단 시스템에 대한 관심이 보다 높아지고 있다. 본 논문에서는 실제 154kV급 변전소에 설치, 운영하고 있는 온라인 예방진단 시스템을 소개하였다. 향후, 효율적이고 경제적인 센서 측정기술의 개발이 필요하며, 지속적인 소프트웨어 Upgrade 및 분석 알고리즘 개선을 통해 보다 신뢰도가 향상된 온라인 예방진단 시스템을 구축해 나갈 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 심종태, "예방진단시스템 데이터 취득장치", 전기의 세계, 제51권 제11호, pp.21-27, 2003.
- [2] 권동진, "변전기기 온라인 예방진단 기술", 전기의 세계, 제51권 제11호, pp.15-20, 2003.
- [3] 선정호, 김광화, "유증가스분석에 의한 변압기 이상진단법 기술동향", 전기의 세계, 제52권 제12호, pp.35-41, 2003.
- [4] 윤진열, "가스절연개폐장치(GIS)의 예방진단 기술", 전기의 세계, 제52권 제12호, pp.28-34, 2003.