

72.5kV GIS용 감시시스템 개발에 관한 연구(2)

김민수° 김정배° 송원표° 김덕수° 길경석* 전찬석△
 ° (주)효성중공업 연구소 * 한국해양대학교 △ 철도청

A Study on the Development of Monitoring System for 72.5kV GIS

M.S.KIM° J.B.KIM° W.P.SONG° D.S.KIM° G.S.KIL* C.S.JEON△
 ° Hyosung Co. * Korea Maritime UNIV. △Korean National Railroad

Abstract - We report the state of the development of monitoring system for 72.5kV GIS. In the first, the usual outline of the monitoring and diagnostic system for GIS was mentioned, and the detailed specifications and state of development were also described. Especially, we present items of monitoring for GIS such as the operating counter of CB, the leakage condition of SF₆ gas, the surge counter of LA and the leakage current of LA.

1. 서론

최근 들어와서 고품질의 전력 공급을 위하여 송배전 선로상의 고장 발생시, 고장의 신속한 인지, 정전 시간 단축 및 정전 구역 축소를 통한 공급 신뢰도 향상과 독립운영계통(ISO) 시스템, 분산전원 시스템 구조의 세계적인 추세와 정보통신 기술의 향상에 따라, 사고 예방 및 진단기능이 부착된 GIS의 국내·외 수요가 급속히 증가하고 있다. 현재 한전 및 기타 수요자 층에서 도입을 추진하고 있는 "변전기기 예방진단 시스템"은 고성능 센서와 신호해석 기술로 이상징후를 상시 감시, 급속한 이상진행시 경고를 발하여 불시정전을 방지하며, 진단기준치에 따른 유지보수 계획수립, 이상원인 및 이상위치를 판단하여 사고의 재발방지와 신속한 사고복구를 목적으로 하고 있다. 이와 더불어 양질의 전력공급과 무인 원격 시스템 운영에 따른 폭넓은 수요자의 요구에 대처하기 위해 저가격대의 지능형 진단 시스템, 또한 기 설치된 GIS의 사고 예방, 수명 예측 및 경제적인 보수계획 수립을 위한 범용 감시/진단 시스템 개발이 요구되어지고 있다[1].

일반적으로 GIS에는 차단부, 단로기, 접지개폐기, 피뢰기 등 각각의 목적에 부합되는 기능을 갖는 장치로 구성되어 있으나, 이들의 운전상태 및 이력은 GIS에 부착되어 있는 계기로 표시되어 있어 각 변전소 내에 상주하는 점검원이 주기적으로 현장을 순시하면서 기록하고 있다.

예를 들어 차단부의 동작횟수는 차단기의 조작기에 부착되어 있는 기계적 동작 카운터에 의해 차단기의 개폐동작 횟수가 기록되고 있으며, GIS의 각 부위(차단기, 단로기, 접지개폐기, 피뢰기 등)의 가스충진 상태는 GIS 1Bay당 설치되는 Control Panel 내부에 부착된 GD(Gas Density) Monitor라고 칭하는 온도보상기능이 첨가된 압력계이저로 표시된다. 기존 GD는 1차/2차 경보용 접점을 구비하고 있어, 만의 하나 발생되는 가스누기를 원격지에 알리는 기능을 갖고 있지만, 점진적으로 진행되는 가스누기의 초기시점에서는 확인하는데 곤란함이 있었다. 이와 같이 압력누기가 발생하는 초기시점과 점검원의 순시시점이 일치하지 않으면, GIS 내부 사고로 이어지는 원인을 초기에 막을 수 없으며, 또한 내부사고에 의한 순시적인 압력상승이 기록되지 않아 고장점 확인에 도움을 주지 못한다. 피뢰기의 운전상태에

대해서는 동작카운터 및 누설전류 표시판이 피뢰기 외함에 설치되어 있어, 피뢰기 누적동작 횟수 및 피뢰기의 열화에 따라 흐르는 누설전류 확인을 점검원 순시에 의존하고 있었다.

상기와 같이 이제까지는 GIS의 일부 운전상태를 외부에 설치된 장치에 의해 확인이 가능했으나, 이것은 전적으로 점검원의 순시에 의존하고 있기 때문에, 변전소 무인화가 이루어진 곳에서는 주기적으로 점검원을 파견하여 기록해야 하는 수고가 필요하다.

이러한 배경에 따라, 현재 철도청의 광역전철화 사업의 일환으로서 1단계로 진행 중인 변전소인 경부선(수원 - 천안 구간) 및 중복선(조치원 - 봉양간) 변전소는 무인화를 고려하고 있어, 건설초기인 현 시점에서 변전소에 설치되는 GIS에 대해 감시시스템을 적용하여 좀더 인텔리전트화한 변전소 운영을 구현하는 사업이 진행되고 있으며, 상기 변전소에 설치될 72.5kV GIS에 대한 감시시스템을 당사에서 개발하였다.

본 논문에서는 72.5kV GIS용 감시시스템에 대한 센서 적용 기술 및 감시항목(CB 개폐 동작횟수, 가스밀도, 피뢰기 동작횟수 및 전누설전류)과 관련해서 개발된 센서 유니트에 대하여 서술하도록 한다.

2. 본론

2.1 감시시스템 구성

현재 적용을 한 72.5kV GIS용 감시 시스템의 구성을 그림 1에 나타내고 있다. 지능형 감시 시스템은 고성능 센서와 신호해석 기술, 그리고 광통신기술 및 S/W 기술을 이용하여 GIS의 열화특성이 포함된 운전상태를 온라인으로 상시 감시하는 시스템으로, 개발을 위해서는 ①GIS의 이상 내역을 검출하는 센서 적용기술(GIS 상태의 Digital화), ②각 유니트별 변전기로부터 신호를 취합하는 데이터 취득장치(Data Acquisition System : DAS)설계 기술, ③GIS의 상태를 표시하는 모니터링 시스템 기술, ④GIS 가격의 5% 이내로 시스템의 저 가격화 기술을 들 수 있다.

또한, 이것을 제품화하기 위해서는 그림 1에 나타난

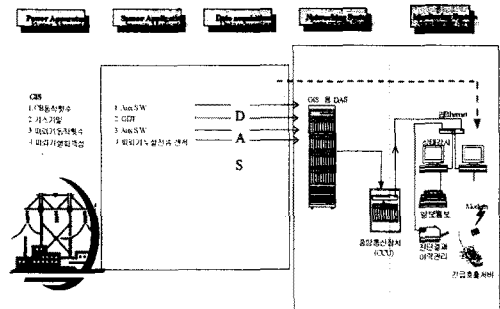


그림 1. GIS 감시시스템 Layout

바와 같이 크게 1)GIS의 센서 적용기술 2)데이터 취득 장치 설계기술 3)네트워킹 및 모니터링 시스템 기술이 필요하다. 현재까지는 국내의 IT산업의 신기술 발전에 따라 3)항목에 대해서는 국내 전력기기 메이커뿐만 아니라, 일부 디지털 패널업체에서 시제품 개발이 완료된 상태이고, 1), 2) 항목에 대해서도 지난 1년간 연구 개발을 수행해 제품으로 출하가 가능한 상태이다.

본 연구에서는 GIS의 운전 상태를 감시하기 위해 대상으로 한 파라미터는 차단기의 개폐 동작횟수, 가스밀폐부(차단기/단로기/접지개폐기)의 가스기밀, 피뢰기의 동작횟수 및 열화상태로서 이외에도 GIS의 운전 상태를 감시할 필요가 있는 항목으로는 부분방전, 고장점 표정, 차단기 동작특성 등이 언급되고 있으나, 기술적 곤란을 포함한 여러 가지 이유에서 상기의 4가지 항목을 철도형 GIS의 감시항목으로 채택했다.

당사에서 개발한 72.5kV GIS용 감시 시스템의 구성은 상기의 4가지 항목을 원격지에서도 감시할 수 있도록 각 부위별로 적합한 센서를 부착하여 얻어진 값들로부터 GIS의 운전 상태를 판단하는 감시 시스템으로 구성하였다.

감시 시스템은 크게 ①센서 유니트, ②네트워킹 및 모니터 부분으로 구성되며, 네트워킹 및 모니터 부분은 기존 시스템에서 입출력 단자부와 표시부만 추가로 부과되는 기술로 본 논문에서는 생략하는 것으로 한다.

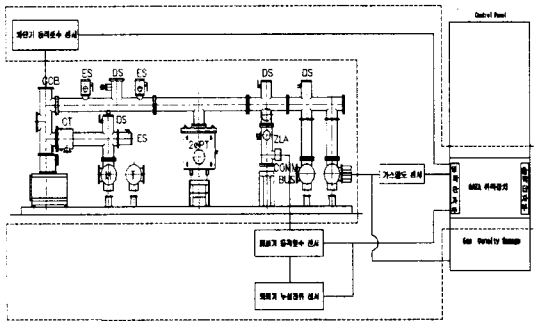


그림 2. 감시 시스템 센서 유니트

그림 2의 센서 유니트는 감시항목의 증가에 따라 기능이 추가될 수 있지만 상기의 네 가지 진단 항목에 대해 ①차단기의 개폐 동작횟수는 차단기의 보조접점의 기계적 점접 동작 신호를 이용하였고, ②가스밀도는 온도 보상 기능이 내장된 GDT(Gas Density Transmitter)를 이용하였으며, ③피뢰기의 동작횟수는 피뢰기 동작 카운터의 보조접점의 기계적 점접 동작 신호를 이용하였고, ④피뢰기의 전누설전류는 피뢰기의 접지선에 고성능 변류기 및 신호처리부를 이용하였다. 이들 센서로부터의 전기적 신호를 GIS 1 Bay별로 설치되어 있는 Control Panel 내부에 있는 데이터 취득장치로 전송하게 하였다.

2.2 차단기 개폐 동작횟수 및 가스밀도 감시

먼저, 차단기 동작횟수에 대해서는 차단기의 부품 교체 및 수명을 간접적으로 예측할 수 있게끔 기존의 차단기 조작부에 설치되어 있는 보조접점 "a", "b"를 이용하여 차단기 동작시 기계적으로 구동되는 보조접점에 전원을 인가하여 연결/단선에 따른 신호변동을 원격지에 보내도록 하여 원격지에서 이 신호를 이용하여 차단기의 동작횟수를 나타내도록 하였다.

두 번째로, 가스기밀에 대해서는 GIS의 절연 매질인 SF₆ 가스의 가스 누기 발생시 절연사고로 직결할 수 있으므로 GIS의 차단 성능 및 절연 유지에 중요한 요소인 가스 압력을 상시 감시함으로써 가스 누기상의 이상유무를 판단할 필요가 있다. 이 방법으로는 그림 3과 같이 GIS의 SF₆ 가스 구획별로 GDT라고 칭하는 가스 밀도

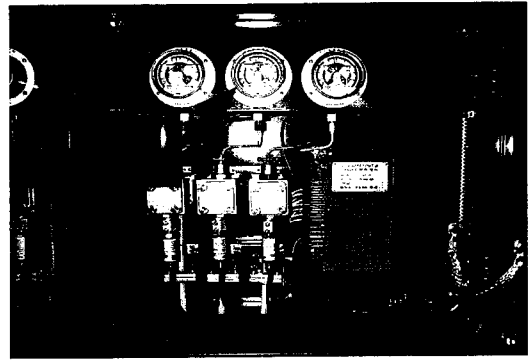


그림 3. Control Panel에 취부되어 있는 GDT

센서를 Control Panel의 가스 밸브 후단에 설치하여 상시 On-line으로 가스 충전 상태를 원격지로 보내도록 되어 있다. GDT에는 온도 보상 기능이 내장되어 있으며, 가스 충전 상태에 따라 입력 DC 24V 전원을 인가하면 출력으로 DC 4~20mA의 선형적인 특성을 가진 신호(그림 4)를 원격지로 송부한다. 따라서, 센서는 각 가스 구획별로 설치되어지는데 대략적으로 GIS 1 Bay당 5~8개 정도로 설치되며, GDT의 전원은 Control Panel 내부에 설치되어 있는 데이터 취득장치가 담당하게 된다.

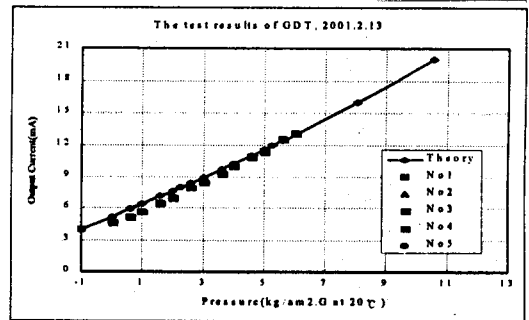


그림 4. SF₆ 가스압력과 GDT 출력과의 응답특성
GDT는 일정 용기안에 있는 가스밀도를 측정하기 때문에 온도에 따른 변동이 없어, 가스기밀 상태를 원할하게 감시할 수가 있다. 그러나, 현재 국내 GIS에는 GD Monitor라고 하는 20°C 가스압력(kg/cm²·G)으로 표시되는 게이지가 부착되어 있어, 이것과의 상관관계를 확인할 환산식이 필요하다.

그래서, GDT의 출력값인 전류는 식 (1), (2)와 같은 압력으로의 환산과정을 거쳐서 최종적인 SCADA 시스템의 모니터에서는 압력값이 나타나게 된다. 먼저, GDT의 밀도 범위 R(g/l)과 출력값인 전류 I_{out}(mA)로부터 전류 밀도 ρ(g/l)를 계산한다.

$$\rho = \frac{I_{out} - 4mA}{16mA} \cdot R \quad (1)$$

식 (1)에서 계산된 전류밀도를 식 (2)에 대입해서 20°C 가스압 P_{SF6}(kg/cm²·G)를 계산한다.

$$P_{SF6} = 1.0197(A\rho + B\rho^2 + C\rho^3) \quad (2)$$

$$\text{여기서, } A = 0.16686, \quad B = -3.2715 \times 10^{-4} \\ C = 1.4665 \times 10^{-7}$$

2.3 피뢰기 열화 감시

GIS에 있어서, 상시온전전압, 썬지전압, 상용주파이상전압 등의 전기적 스트레스와 온도, 습도, 오손 등의 환경 스트레스에 의하여 피뢰기가 열화가 되면 전력기기를 보호하지 못할 뿐만 아니라, 피뢰기의 폭발로 인해 전력기기 보호용으로 설치된 피뢰기가 오히려 사고 원인

을 제공하여 전력기기의 파손을 유발하기도 한다. 아울러 현장에서 피뢰기를 교체할 때 현재까지는 열화 상태와는 상관없이 일정기간 사용하면 일률적으로 교체하였기 때문에 현장에서 아직 사용할 수 있는 피뢰기를 교체하는 경우도 발생한다. 따라서 전력 계통상에 설치된 피뢰기의 열화진단과 교체시기 결정은 필수적이며 이를 위해 신뢰도가 높은 피뢰기의 열화상태 감시 장치 개발이 필요한 것이다(2)(3).

따라서, 피뢰기의 동작횟수에 대해서는 기존의 피뢰기 동작 카운터 장치 내부에 보조접점을 내장시켜 동작 발생시 접점이 연결/단선 되어지게 하였다. 그래서 데이터 취득장치 내부 회로를 구성한 후 피뢰기 동작 카운터의 접점과 연결하여 피뢰기의 동작에 따른 신호 변동을 원격지에서 보내도록 되어 있는데 이 방법은 차단기 개폐 동작횟수에 대한 감시 시스템과 유사한 것이다.

또한, 피뢰기 전누설전류에 대해서는 피뢰기 접지선에 별도의 미소 전류 측정용 변류기(CT)를 장착시켜 누설 전류를 전압으로 계측한다. 미소전류 측정용 변류기에 의해 측정된 신호는 CT 후단부에 설치되어진 내부의 회로에 의해 신호 처리되어 실 누설전류값(0.1~10mA)에 비례하여 DC 4~20mA로 환산되어 출력된다.

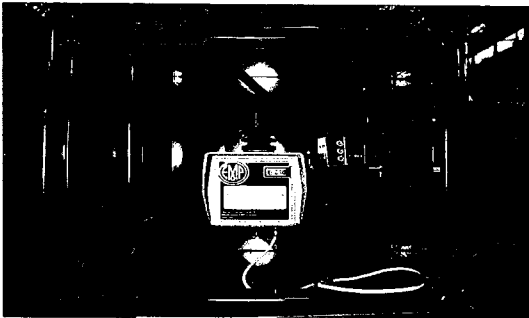


그림 5. 피뢰기 Tank에 취부되어 있는 Surge Counter, CT 및 CT 후단부

CT 후단부에는 신호출력용 단자, 전원용 단자 및 점검용 단자가 있어서, 현장 설치 후 GIS 운전 중 이상 발생시 피뢰기나 CT의 점검이 가능하게끔 하였으며, 철도청에서 건설중인 변전소는 모두 옥내 변전소이지만, 온도규격 -20℃~45℃를 만족하기 위해 CT 후단부에 들어가는 모든 전자소자들은 미국 Military 규격에 만족하는 제품을 사용하였다.

2.4 데이터 취득장치

데이터 취득장치는 각 센서의 전원부 및 센서로부터 얻은 신호처리, 그리고 원격지로 신호를 전송하는 기능을 가지고 있다. GIS 1Bay당 설치되는 Control Panel에 하나씩 설치되는 데이터 취득장치는 그림 6에 나타난 것처럼 센서로부터의 신호 입력부, 신호 출력부, 가스밀도 변환기(GDT) 전원부 및 CT 후단부 전원부로 구성되는데, 센서로부터의 신호 입력부의 Ch1은 차단기 개폐 동작횟수용 차단기 보조접점의 신호를 받아 들이고, Ch 2~Ch 9는 가스밀도 변환기 센서로부터의 신호를 받아 들이며, Ch 10~Ch 11은 피뢰기 Surge Counter의 보조접점에서의 신호를 받아들이고, Ch 12~Ch 13은 피뢰기 누설전류 측정장치에서의 신호를 받아들여 데이터 취득장치 내부의 회로를 거쳐서 Ch A~Ch M의 신호 출력부로 보내진다. 여기서 신호 출력부의 신호는 1개소 변전소에 설치되는 디지털 Panel 부로 전송되어 진다. 또한 데이터 취득장치는 가스밀도 변환기 및 피뢰기 누설전류 측정용 CT 후단부의 전원 DC 24V를 제공하기 위해 입력전원 DC 110V를 DC 24V로 변환하여 각각의 센서로 송부하는 전원부로 구성되어진다.

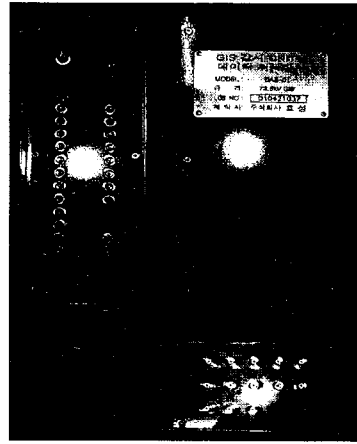


그림 6. 데이터 취득 장치(DAS)

3. 결 론

본 논문에서는 당사에서 개발한 72.5kV GIS용 감시 시스템에 대해서 전체 감시 시스템의 구성 및 감시항목들의 센서적용 기술을 보고하였다.

감시항목들에 대해서는 GIS의 운전상태를 나타내는 파라미터 중 중요하게 판단되는 차단기의 개폐 동작횟수, 가스밀폐부(차단기/단로기/접지개폐기)의 가스밀도, 피뢰기의 동작횟수 및 전누설전류를 원격지에서도 감시할 수 있도록 각 부위별로 적합한 센서를 부착하여 얻어진 값들로부터 GIS의 운전 상태를 판단하는 감시 시스템을 구성하였다.

먼저, 차단기의 개폐 동작횟수는 차단기의 보조접점의 기계적 접점 동작 신호를 이용하였고, 가스밀도는 온도 보상 기능이 내장된 센서인 GDT를 이용하였으며, 피뢰기의 동작횟수는 피뢰기 동작 카운터의 보조접점의 기계적 접점 동작 신호를 이용하였고, 피뢰기의 전누설전류는 피뢰기의 접지선에 고성능 변류기 및 신호처리부를 이용하였다. 이들 센서로부터의 전기적 신호는 GIS 1 Bay별로 설치되어 있는 Control Panel 내부에 있는 데이터 취득장치로 전송하게 하였다. 그래서, 데이터 취득장치에서 취합된 신호들은 변전소의 SCADA 시스템에 의해 변전소의 Control-Room으로 전송되어져 GIS의 운전 상태에 대한 감시가 가능하게끔 하였다.

이에 따라, 기존에 정기적으로 수행했던 GIS의 운전 상태 점검/순시 작업에 소요되는 수고가 필요없이 On-line으로 원격지에서 상시 감시가 가능하게 하였다. 이러한 상시 감시를 통해 만의 하나 발생하는 GIS의 운전 이상, 예를 들어, GIS 각 가스구획별 누기 및 피뢰기의 열화 정도를 조기에 확인/경보 등이 가능하여 신뢰성 높은 GIS 운전이 가능하게 되었다.

향후, 감시항목에 있어서 절연특성(부분방전), 고장점 위치확인, 차단기 개폐동작특성 등의 몇 개 항목을 추가적으로 연구해 GIS의 감시뿐만 아니라 진단까지 가능한 알고리즘의 개발을 위해 연구에 박차를 가할 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 김정배 외, "초고압 가스절연개폐장치의 스마트 진단 시스템 개발", 전기산업기술세미나논문집, pp.169~pp.177, 2000년 11월.
- [2] 김재철 외, "누설전류 검출에 의한 ZnO 피뢰기의 열화진단 장치 개발", Trans. KIEE, Vol. 48A, No. 3, pp.184~pp. 189, 1999년 3월.
- [3] 이복희, 강성만, "누설전류의 제 3고조파 분석에 의한 ZnO 소자의 열화 진단 기술", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1740~1742, 1998년 7월.