

전력 설비 진단을 위한 IED 의 구현

오 재 훈
(주)효성 중공업연구소

The Implementation of IED for Diagnosis of Electric Devices

JAEHOON OH

Power & Industrial Systems R & D Center, HYOSUNG Corp.

Abstract - These days, the concerns about maintenance and repair of electric facilities for stable and reliable electric power supply are increasing day by day. Because, we can have enormous damages economically and socially from a problem of the facilities, no matter how it is a small one. Especially, electric facilities in our country had been built abruptly from 40 years ago, so it can be thought that here are great amount of old facilities that must be repaired or replaced with new one, and the number would be increased time by time. On this situation, many researchers are studying the efficient and reliable method of maintenance for electric facilities and the results are applied on the facilities gradually by growing interests of operators and managers of the facilities.

In this paper, the IED(Intelligent Electronic Devices) for Diagnosis system of electric machines are described. It takes analog data from a sensing device and operates digital processor to get a optimum digital data for diagnosis system. Now, this device is applied on several high voltage substations to diagnose and maintain GIS. Brief schematic of total diagnosis system and the construction of the IED are included in this paper.

1. 서 론

기술의 진보와 함께 전력의 사용은 꾸준히 증가하여 왔으며, 또한 대규모 수용가의 증가로 인하여 전력 설비의 대용량화도 매우 빠르게 이루어지고 있다. 이러한 환경 하에서, 전력 설비의 사고에 의한 정전 등의 전력 품질 저하는 높은 전기 에너지 사용 의존도를 보이는 현대 고도 산업 사회에 막대한 경제적, 사회적 손실을 유발한다. 이에 보다 안정적이고 신뢰성 있는 전력 공급을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 연구 성과의 실용화가 조금씩 진전을 보이고 있다.

국내의 전력 설비로 초점을 맞추어 생각해 보면, 60년대부터 진행된 산업화에 따라 대규모 전력 설비가 건설되고 운영되어져 왔음을 생각할 수 있다. 따라서, 현재 약 20 ~ 30 년 정도의 수명을 갖는 전력 설비들이 급속하게 증가하고 있으며, 또한 IMF 이후 대규모 전력 설비를 운영하는 공공기관, 기업 들은 원가 절감 등을 위해 설비 교체와 증설 등의 투자에 소극적이 되고 있다. 이는 현재 우리가 사용하는 전력 설비의 사용 환경이 급격히 나빠지고 있으며, 이로 인해 전력설비의 신뢰성이 현저히 떨어지고 있고, 더 나아가 안정적인 전력의 사용에 중대한 위협이 발생할 수 있는 상황에 직면 할 수도 있다고 미루어 생각할 수 있다[1].

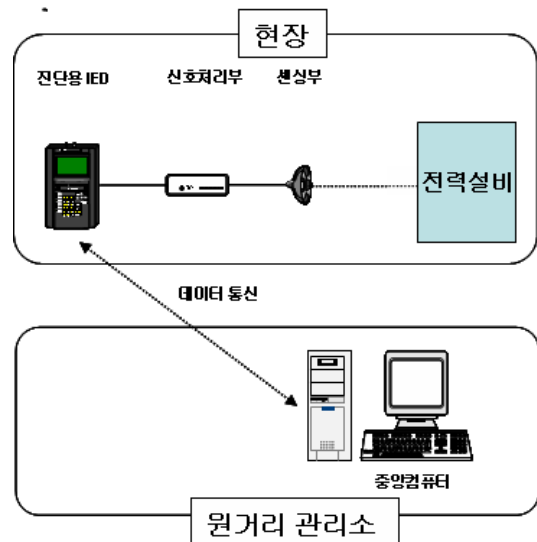
전력기기의 신뢰성 향상을 위한 연구 동향을 살펴보면, 과거에는 시간 기준 정비(TBM, Time Based Maintenance)에 크게 의존 했다. 즉, 설비를 일정 시간 기준으로 정비하는 것으로 현재도 많이 행해지고 있는 방법이다. 이보다 진보된 형태는 상태 기준 정비(CBM, Condition Based Maintenance)로 이것은 전력 설비의 상태를 상시 감시하여 상태를 수시로 체크하고 이상 징후 발생시 적절한 조치를 취하는 방법이 되겠다. 가장 최근의 연구 동향은 신뢰성 기준 정비(RCM, Reliability Centered Maintenance)로서 이는 매우 적극적인 설비 유지 보수 기법으로 설비 사고를 원천적으로 예방하기 위한 방법이 되겠다. 이 중, 전력 설비의 상태를 상시 감시하는 기법이 실용화 단계로서 최근 점차적으로 현장에 적용되고 있는 방법이 되겠다. 이 기법에서는 전기 설비의 상태를 상시로 감시할 수 있는 센싱 기술, 데이터 처리 기술, 데이터를 이용하여 전기 설비의 상태를 판단할 수 있는 진단 기술이 필수 요소가 되겠다 [1][2].

본 논문에서는 전기 설비로부터 측정된 신호를 처리하고, 중앙 컴퓨터로 데이터 통신하여 최종적으로 전기 설비의 상태를 진단할 수 있도록 하는 IED(Intelligent Electronic Device)의 개발을 소개한다. 또한, 개발된 IED를 사용하여 전력 설비의 핵심인 GIS(Gas Insulated Switchgear)의 예방 진단을 위해 구성한 시스템을 개략적으로 소개한다.

2. 본 론

2.1 진단 시스템의 구성

본 연구에서 구현하는 전력 설비 진단용 IED를 이용한 진단 시스템은 크게 센싱부, 센싱 신호 처리부, 진단용 IED, 그리고 중앙 컴퓨터로 구성된다. 센싱부는 전력 설비에 장치되어 전력 설비로부터의 임의의 신호를 전기 신호로 발생 시킨다. 현재 전기 설비로부터 상태를 진단하기 위해 측정하는 요소는 매우 다양하다. 진동, 음향, 온도, 압력, 유량, 왜곡(변위), 광, 방사선, 초음파, 화학량 등이 대표적인 측정 지표가 되겠다. 설비의 진단을 위해 어떠한 계측 지표를 사용할 것인가는 진단의 성능과 그러한 지표를 사용하여 시스템을 구성하였을 때의 가격이 중요한 결정 요인이 되겠다.



<그림 1> 전력기기 진단 시스템의 구성

본 연구에서 구현하는 진단 시스템은 음향 지표 중에서 RF(Radio Frequency)신호를 측정 지표로 선정하였다. 대부분의 전력 설비의 고장은 부분 방전(PD, Partial Discharge)을 수반한다고 말할 수 있다. 설비의 고장은 어느 한 순간에 갑자기 발생하는 것이 아니라 장시간에 걸친 열화 과정을 거친 후, 최종 순간에 고장으로 발생하는 것이다. 이 장시간에 걸친 열화 과정에서 나타나는 대표적인 징후가 부분 방전이 되겠다. 부분 방전이 발생하면 RF 레벨의 음향 신호가 발생하게 되고 이것은 UHF 센서에 의해 측정 될 수 있다. 현재 이러한 부분 방전 측정을 이용한 기기의 진단법이 가장 가격 경쟁력 있으면서도 비교적 정확한 그리고 여러 종류의 기기에 응용될 수 있는 진단 방법으로 많은 연구에서 응용되고 있다. 물론 각 기기의 특성에 따라 보다 더 정확하게 진단할 수 있는 계측 요소가 있을 수 있다. 하지만, 현재 시스템 구성을 위한 경제적인 측면을 고려해 보았을 때 아직은 실제 현장에서의 사용과 거리가 조금 있는 것이 현실이다. 본 연구에서도 UHF 센서를 이용하여 부분 방전 신호를 계측하는 방법을 이용한다.

센싱 신호 처리부는 센서의 출력을 이용가능한 수준의 전기 신호로 변환시키는 역할을 한다. 간단한 온도 측정의 경우 센서의 출력 자체가 온도에 따른 전압 레벨로 출력되어, 별다른 신호 처리 절차 없이 그 출

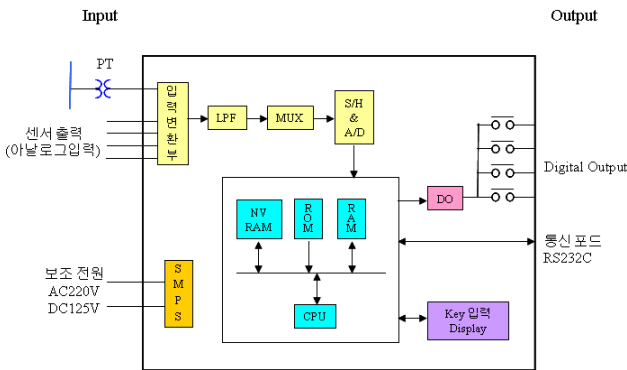
력 자체를 신호 처리를 위한 IED에서 바로 사용할 수 있다. 하지만, 측정의 결과가 간단하게 전기 신호로 처리할 수 없는 경우, 또는 신호 처리를 위해 가공 절차를 한 번 더 거쳐야 할 경우에는 센싱 신호 처리 역할을 하는 부분이 추가적으로 필요하겠다. 본 연구에서는 스펙트럼 아날라이저라는 장치를 센싱 신호 가공을 위한 기기로 사용하였다. 스펙트럼 아날라이저는 UHF 센서로부터 측정된 신호를 시간 축에 대한 주파수 대역으로 분석하여 출력하여 준다. 즉, UHF 센서가 측정한 신호는 매 순간의 모든 주파수대역 성분이 혼재되어 있는 양상일 것이다. 이것을 스펙트럼 아날라이저는 시간-주파수 대역으로 분리하여 출력함으로써, 신호처리를 용이하게 해 준다. 향후, 저가격, 고성능의 디지털 프로세서가 범용화 된다면 이러한 과정도 진단용 IED에서 곧바로 처리할 수 있을 것이다.

진단용 IED는 전기 설비가 설치된 현장에서 센싱된 신호를 디지털 신호로 변환하여 적절한 데이터 가공의 과정을 거친 후, 데이터 통신을 이용하여 메인 관리소에 위치한 중앙컴퓨터로 전송하는 역할을 한다.

전력 설비를 관리하는 메인 관리소에는 설비 진단을 위한 중앙 컴퓨터가 설치되어 모든 진단 관련 과정을 총괄한다. 이곳에서는 현장의 진단 IED에서 전송된 데이터를 수신하여 현재 전력 설비의 상태를 사용자 확인할 수 있는 형태로 보여주고, 개발된 진단 프로세서를 작동시켜 전력 설비의 이상 유무를 최종 판단하여 알려주는 역할을 한다.

2.2 진단 IED의 개발

그림 1과 같은 전력 기기 진단 시스템을 구성하기 위한 진단 IED는 아래 그림 2와 같은 구성을 갖는다.



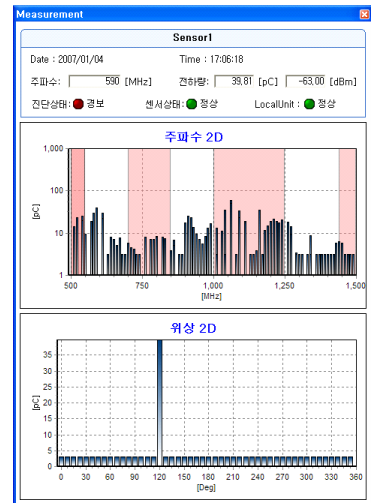
〈그림 2〉 진단 IED의 구성

하드웨어적인 주요한 사양으로는, 전체 IED를 제어하는 CPU로는 범용 DSP인 TI사의 TMS320C32를 사용하였으며, 프로그램 구동을 위한 SRAM은 2Mbyte, 각종 설정치 및 영구 데이터 보관을 위해 256 kbyte의 NVRAM을 사용하였다. 외부로부터의 아날로그 신호는 4채널을 수용한다. 이 중 1채널은 전력 계통의 전압 신호를 위한 채널이고 나머지 3채널은 센서로부터의 아날로그 신호를 위한 채널이다. 각 채널의 아날로그 신호는 내부의 MUX를 통하여 순차적으로 고정밀 AD 변환기를 이용하여 디지털 신호로 변환된다. 각종 설정값은 IED의 전면의 버튼들을 통하여 입력할 수 있으며, 계측 데이터 및 설정 상태 등은 전면의 VFD를 통하여 확인할 수 있다. 시스템 확장을 위하여 디지털 출력도 구비하였다. 통신은 간단한 RS232 통신을 사용하도록 구성하였으며, 통신 프로토콜은 예방 진단 시스템을 위해 자체적으로 정의한 프로토콜을 사용한다.

2.3 데이터의 처리

진단용 IED에서 처리하는 데이터는 스펙트럼 아날라이저에서 출력되는 아날로그 신호이다. 스펙트럼 아날라이저의 출력은 UHF 센서의 RF 계측값을 시간-주파수 영역으로 나타내는 아날로그 값이며, 진단용 IED에서는 이것을 디지털로 변환하고 정해진 데이터 처리 과정을 거쳐서 중앙 관리소의 설비 진단용 컴퓨터로 데이터 통신을 통하여 전달한다. UHF 센서의 측정 범위는 500[MHz] ~ 1500[MHz]의 RF 신호이다. 아래의 그림 3은 진단용 IED에서 전송한 데이터를 중앙 컴퓨터에서 수신하여 가공된 결과를 보이고 있다. 측정중인 주파수 전 대역(500[MHz] ~ 1500[MHz])에 걸쳐 RF 신호의 크기를 나타내고 있으며, 그 중 최대값에 대해서는 계통 전압의 위상 대비 크기를 다시금 자세하게 나타내 주고 있다. 이것은 부분 방전의 발생이 전압의 크기와 밀접하게 관계되어 있기 때문이다. 이와 같은 계측을 진단하고자 하는 기기의 여러 장소에서 동시에 진행하여 각 위치별로 데이터를 정리하고 누적하여 전체적인 기기의 진단 결과를 만들어 낼 수 있으며, 고장의 발생 위치까지 추적할

수 있다. 전력 설비에 대한 계측 위치는 기기의 전체적인 형태와 RF 신호의 감쇄 비율에 따라 결정되어 진다. 데이터의 정리 및 진단은 진단용 IED로부터 데이터를 수신하는 중앙 컴퓨터에서, 개발된 진단 알고리즘을 수행하여 얻어 낼 수 있다.



〈그림 3〉 전력 설비 진단 데이터

3. 결 론

본 논문에서는 전력 설비의 예방 진단을 위한 IED의 개발과 그 적용 시스템에 대한 내용을 보였다. 적용 시스템은 UHF 센서를 이용하여 GIS의 부분 방전 신호(RF 신호)를 측정하고, 측정 데이터를 분석하여 설비의 상태를 진단한다. 이러한 진단으로 설비는 적절하게 유지 보수를 받을 수 있고, 안전하고 안정적인 운영이 가능하며, 이것은 더 나아가 전력 사고를 미연에 방지할 수 있는 성과로 이어지게 된다. 이러한 진단 시스템을 구성하기 위해서는 전력 설비와 진단 알고리즘 사이에 중계 장치가 필요하고, 이것에 해당하는 것이 본 논문에서 소개된 예방 진단용 IED가 되겠다.

현재 전력 설비의 예방 진단 시스템은 이제 조금씩 연구 개발의 단계에서 벗어나 실제 시스템에 하나씩 적용되고 있으며, 멀지 않은 장래에는 거의 모든 전력 설비에 진단 시스템이 설치될 것으로 예상된다. 이곳에 소개된 GIS 이외에도 변압기, 모터, 전력용 케이블, 몰드 변압기, 주상 변압기 등 많은 종류의 전력 기기가 진단의 대상이며 이에 대한 개별적인 연구가 활발히 진행되고 있다.

이러한 연구의 성과들로 인하여 앞으로는 전력 설비의 유지 보수가 용이해지고, 전력 사고를 미연에 방지할 수 있으며 안정적인 전력 공급을 유지할 수 있는 기술적인 밑바탕이 마련될 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국 전기 연구원, 전력용 변압기와 GIS의 부분방전 광역감시 및 지능형 진단기술 개발 과제 연구 보고서, 2004
- [2] 기초전력연구원, 전력설비의 절연 진단 과 감시 기술, 2006년 동계 교육 강좌 자료, 2006년