

전력용 유입변압기 진단을 위한 유증가스 및 AE 혼합형 진단장비 개발

최광범*, 조종호*, 조충건*, 어수영*, 심종태*, 선종호**
태광이엔시*, 전기연구소**

The Development of Diagnostic Device Using both Dissolved Gas and AE for Oil-immersed Transformer Diagnosis

Kwang-Bum Choi*, Jong-Ho Jo*, Choong-Geon Jo*, Soo-Young Eo*, Jong-Tae Shim*, Jong-Ho Seon**
TGE*, KERI**

Abstract - 전력계통의 가장 중요한 설비인 전력용 유입변압기를 감시 진단하는 장치로서 유증가스 분석과 AE(Acoustic Emission) 센서를 이용한 PD 분석기능을 동시에 탑재한 진단 장치를 개발하였다. 두가지의 유입 변압기 진단 솔루션이 만났을때 얻어지는 시너지 효과에 대하여 분석하고 장치의 여러 가지 기능 및 활용방안에 대하여 논하였다.

1. 서 론

전력용 유입 변압기는 현재 전력계통을 구성하는 가장 중요한 설비중의 하나로서 전압변환을 위해 가장 일반적으로 쓰이는 설비이며 변압기의 불시 정전은 막대한 경제적 손실을 일으킬 수 있으므로 안정적인 감시와 진단은 필수적 요소이다.

유입변압기는 절연유나 절연지 등의 절연재료 이외에 동,알루미늄등의 도전재료, 구조강판의 철심재료, 철, 스테인레스 스틸등의 구조재료가 사용되고 있다. 그러나 이들 재료중 유입변압기의 절연수명에 관계되는 것은 절연유, 절연지 등의 절연재료이다. 따라서 유입변압기의 절연 수명은 절연재료의 열화가 진행되어 넘겨지거나 깨져서지 등의 이상전압 혹은 외부지락 등의 전기적, 기계적 스트레스에 의하여 파괴될 위험도가 증대할 시점으로 생각할 수 있다. 절연재료의 열화 요인으로는 열적 열화, 외부단락에 의한 열적 기계적 손상, 부분방전 등이 있으며 이러한 열화에 의하여 기계적 강도저하, 진동증가, 가연성 가스발생등이 일어나 절연파괴로 진전되는 것을 예상할 수 있다. 따라서 열화의 지표로서는 유증가스의 변화, 절연유의 특성변화, 절연지, 프레스보드의 중합도 저하등이 있다.

유입변압기의 진단방법으로는 유증가스 분석, 부분방전의 전류펄스 검출, 부분방전 발생에 수반되는 초음파 검출, 절연유의 파괴전압 측정, 중합도측정 및 진동, 소음측정등이 있다. 이 중에서 본 개발 장치는 유입변압기의 열화 지표로 가장 널리 쓰이는 유증가스 및 유증수분 분석, 부분방전 발생에 수반되는 초음파 검출 등을 혼합하고 별도의 Analog Input 및 Digital Input 포트를 마련하여 변압기의 종합 진단 솔루션을 목표로 하여 개발 하였다.

유입변압기의 진단은 전술한 바와 같이 유증가스 분석법이 가장 일반적이며 공신력 있는 방법이다. 그러나 경제적인 이유로 개발 장비와 같이 단일 가스분석에 의한 진단은 과에너지 저에너지 방전류와 같이 열화가 서서히 진행되는 고장류에 적절하게 대처할 수 있으나 순간적인 절연파괴를 일으킬 수 있는 고에너지 방전류의 이상상황에 대처하기가 어렵다는 단점이 있다. 경험적인 사실로 비추어 방전류의 고장은 유증가스 분석장비가 경보를 일으키기 이전에 SPR이나 부호흡스 계전기가 먼저 동작할 가능성이 많다. 이러한 상황에 좀더 빨리 대처할 수 있기 위한 솔루션이 AE검출 장치 적용이다. 그러나 AE는 유증가스 분석장치와는 반대로 방전이 아닌 고장류를 잡아낼 수 없다는 단점이 있다. 이런 상호의 맹점을 보완하여 장치를 개발하였다.

2. 본 론

2.1 H/W 개발

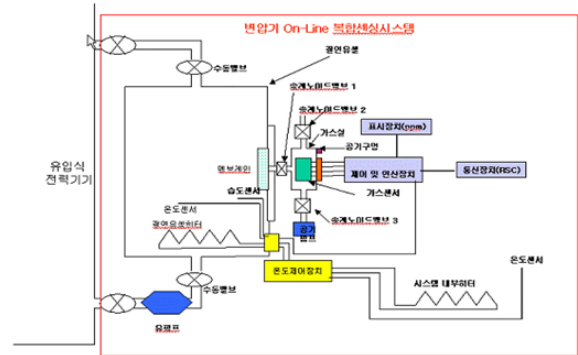
2.1.1 취부 센서와 검출항목

장치에서 취득하는 변압기 진단정보는 수소, 수분 및 AE 신호이다. 그림1에서 수소 및 수분을 측정하기 위한 구성도를 보이고 있으며, AE 신호는 변압기의 사방에 4-8개의 센서를 취부한 뒤 신호를 취득하여 분석하는 방식이다.

2.1.2 장치 구성

개발 장치의 내부 구성은 크게 수소 및 수분 검출부, AE 신호 검출

부, 통신부분으로 나뉘어 있다

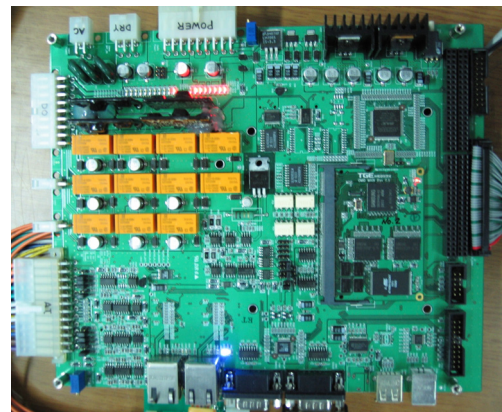


<그림 1> 수소 및 수분측정 구성도

먼저 수소 및 수분 검출부의 절연유 입출력은 동일하게 3/8"의 황동관에 의해 이루어지며 유지보수를 위해 별도로 1/4"의 밸브를 가지고 있다. 수소가스의 검출능력은 0- 30000ppm이며 수분 검출은 상대포화습도인 %RH로 출력되며 자체 교정 연산에 의하여 0-120ppm까지 측정할 수 있다. 국제 규격에 따르면 %RH에 의거하여 건전성 유무를 판단하지만 국내의 전력회사 규격은 ppm 단위로 평가를 한다. 본 개발장치는 두가지의 판단 기준 단위를 모두 출력할 수 있다.

두번째로 AE 신호 검출부는 최대 8가지의 신호를 받을 수 있도록 설계되었으며 최적 공진 주파수 대역은 150kHz이며 70kHz - 300kHz까지 밴드패스 필터가 적용되어 있다. 센서와 증폭단을 거쳐 발생하는 출력 전압은 5Vpp이다.

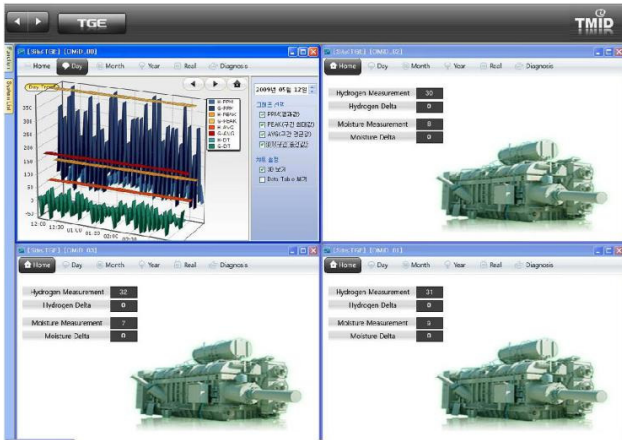
마지막으로 사용하는 통신 포트는 Ethernet과 DC 4-20mA가 모두 구비되어 있으며 통신 프로토콜은 ModBus를 사용할 뿐만 아니라, 향후 스마트 그리드에 대비한 통신 규격을 대표하는 IEC61850을 지원할 수 있도록 통신기능이 구현되어 있어서 언제든지 요구에 따라 변환할 수 있도록 되어 있다. 이외에도 권선온도, 팬동작 전류, OLTC 동작상태, SPR 접점 등 변압기의 기타 다른 진단정보를 필요에 따라 취득할 수 있도록 Analog Input 포트와 Digital Input 포트를 각각 구비하여 시스템화 시키고자 할 경우 유연하게 대처할 수 있도록 장치를 구성하였다. 그림2에 개발된 측정모듈의 사진을 나타내었다.



<그림 2> 개발 측정 모듈 사진

2.2 S/W 개발

감시 진단 HMI는 비교적 단순하게 구성되어 있다. 사용자가 가독을 편하게 하기 위하여 기본적인 인터페이스는 유중수분, 수소에 대한 측정값만을 센서 취부 위치별로 나타내도록 되어 있으며 한국전력 기준에 의거한 알람이나 AE센서에 관한 이벤트가 발생시에 별도의 팝업창을 띄워 이벤트 내역을 알려준다. 그림3에 기본적인 HMI 화면을 나타내었

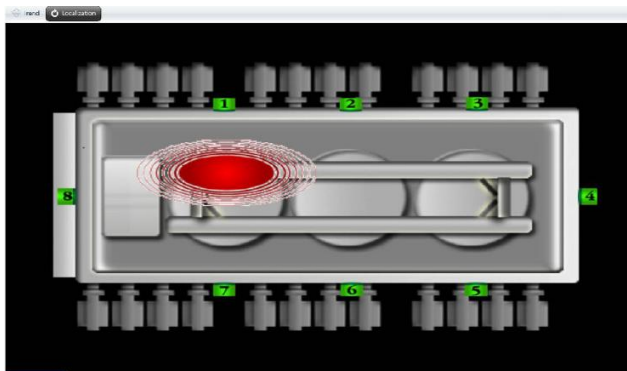


〈그림 3〉 개발장비 상위 HMI

다.

개발 S/W는 단순한 현재 측정값을 나타내다가 일단 이벤트가 발생하면 이벤트에 대한 이력 데이터를 볼 수 있도록 지원하고 있으며 발생하는 이벤트의 발생 조건도 2가지를 채택하고 있다. 첫 번째로는 2008년에 개정된 한국전력 주변압기 운영기준에 의거한 이벤트 조건을 채택하였으며 이벤트 발생시 운영기준에서 제시한 유지보수 가이드를 화면에 나타내어 사용자의 편의를 도모하도록 하고 있다. 그러나 현재의 가스 분석 가이드는 절대치 기준의 분석 가이드이므로 사용자가 단순히 검출되어 나온 절대값만을 이용하여 변압기 상태를 분석하기에는 불편한 점이 있어 개발 장비에서는 자동 이력분석기능을 추가하여 경향을 자동 분석하여 불안요소가 발생할 경우 경보를 발생시키는 구조를 채택하여 한전 기준 분석 및 이력 분석을 동시에 할 수 있도록 개발되었다. 만약 어느 한가지라도 경보조건이 발생시에 일반적인 가이드로서 사용자가 DGA를 시행할 것을 권장하고 있으며 분석결과가 나왔을 경우 추가적으로 DGA 결과값을 가지고 변압기의 상태를 분석하기 위한 IEEE Std C57.104와 Triangle 분석 기법을 동시에 이용할 수 있도록 추가 S/W를 지원하고 있다.

AE측정에 의한 분석기능은 비전문가인 사용자가 쉽게 접근할 수 있도록 경보조건만을 운영하고 있으며 만약 AE 경보조건과 유중가스분석에 의한 특정 알람조건이 일치할 경우 긴급한 조치를 취할것인지 혹은 지켜보다가 정해진 휴전 기간에 정밀검사를 시행할 것인지 가이드한다. AE 신호에 의해 알람이 발생하였을 경우에 알람을 유발시킨 신호를 분석하는 화면이 제공되며 주요 분석항목은 신호를 발생시킨 근원에 대한 위치추정 화면이다. 이러한 위치 추정화면을 구현할 것을 그림4에 나타내었다.



〈그림4〉 AE 센서에 의한 위치추정 화면

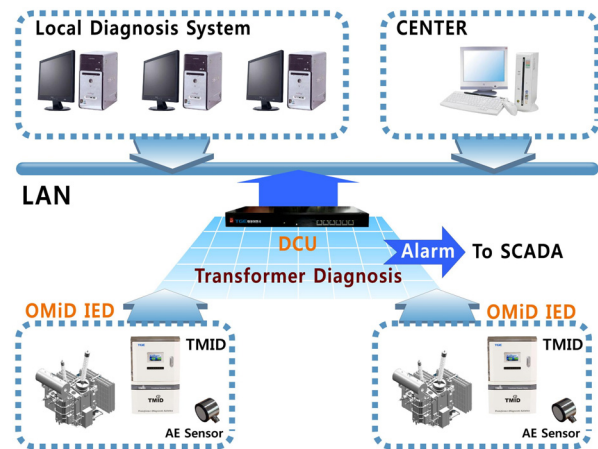
2.3 시스템 구성

그림5는 개발 장비의 완성품 사진이다.



〈그림 5〉 개발장비 사진

개발 장비는 단위 장치로 구성할 경우 HMI 없이 현장에서 볼 수 있는 칼라 LCD를 탑재하고 있다. 그러나 변전소 내에서 다수의 변압기를 HMI를 통해 별도로 관리하고자 하는 경우에 시스템을 구성할 수 있도록 ModBus와 IEC61850을 지원하고 있다. 그림6은 대규모 시스템을 구성하고자 할 경우 가능한 구성도를 나타내고 있다. 현장에 개발장비를 설치하고 DCU(Data Central Unit)을 구성해 땅에 접속하면 각 변전소마다 진단시스템을 독자 구성할 수 있으며 이중 필요한 데이터들을 간추려 진단센터와 같은 상위 감시센터로 보낼 수도 있다. 또한 알람데이터가 발생할 경우 SCADA와 연계하여 데이터를 보낼 수 있는 유연성도 갖추고 있다.



〈그림 6〉 시스템 구성예

3. 결 론

본 논문에서는 전력용 유입변압기를 진단하기 위하여 유중수분, 수소, AE 검출을 복합적으로 할 수 있는 개발 장비에 대하여 소개하였다. 개발 장비의 하드웨어 소프트웨어적 구성물에 대하여 소개하였고 유중가스 와 AE 검출 장비를 혼합하여 쓸 경우 얻을 수 있는 잇점에 대하여 논하였다. 또한 개발장비를 이용하여 대단위 시스템으로 구성할 수 있는 구성안에 대하여 논하였다. 본 연구를 통해 개발된 장비는 전력용 유입 변압기의 운전 신뢰도를 높이는 한편 CBM 방식의 합리적인 유지보수 계획을 세워 유지보수 비용을 절감하는데 크게 도움을 줄 것으로 사료 된다.

[참 고 문 헌]

[1] IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers, IEEE Std C57.104, 1991