

유입식 변압기의 이상점 감지에 대한 연구

김봉석*, 최승일**

*삼성디스플레이

**공주대학교 산업시스템공학과

e-mail:sichoi@kongju.ac.kr

A Study on the Detection of Outliers in Inflow Transformers

Bongseok Kim*, Seungil Choi**

*Samsung Display

**Dept. of Industrial & Systems Engineering, Kongju National University

요약

제조 현장에서 많이 사용하는 유입식 변압기로 인한 화재와 폭발 사고를 방지하기 위해 이상점을 감지하는 기존 방법의 장단점을 살펴보고, 기존 방법의 단점을 보완할 수 있는 새로운 변압기 건강도 평가 방식으로 다중회귀분석을 통한 예측 모델을 제시한다.

1. 서론

발전소의 전력을 송전, 변전, 배전을 거쳐 제조 산업 공장까지 공급하기 위해 다양한 변압기를 사용한다. 특히 유입식 변압기는 절연유가 담긴 탱크 속에 권선을 담근 구조로, 제작이 용이하고 다른 변압기에 비해 저렴하며 사용범위가 넓어 가장 많이 사용하는 변압기이다. 전력 공급을 위해 광범위하게 사용되고 있는 변압기는 많은 위험성을 가지고 있어 관리 기술이 중요하며, 화재와 폭발을 방지하기 위해 이상점을 감지하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 유입식 변압기로 인한 사고를 예방하기 위해 이상점을 감지하는 기존 방법의 장단점을 살펴보고, 기존 방법의 단점을 보완할 수 있는 새로운 변압기 건강도 평가 방식을 제시하고자 한다.

2. 유입식 변압기 건강도 평가

2.1 유입식 변압기의 위험성

변압기에 사고가 발생하면 전력공급의 중단과 피해복구에 많은 시간과 비용이 소요될 뿐만 아니라 2차 사고인 화재로 확대되면 경제적인 피해는 물론 산업 전반에 큰 장애를 초래할 우려가 있다. 또한 변압기 화재로 인한 폭발사고는 인명피해를 초래할 수 있다.

절연유 분출 및 폭발사고의 전형적인 진행과정은 고압권선에 있어 절연파괴로 시작된다. 사고 발생 초기에는 고장전류의 큰 증가를 야기하며, 이 고장전류(아크전류)는 절연유를 분해하여 변압기에 높은 압력을 가하게 되어 절연유 분출 및 폭발사고로 이르게 한다[1].

2.2 기존 변압기 건강도 평가 방법

2.2.1 세룰로스 절연지의 중합도 측정

변압기 권선 및 층간절연의 목적으로 사용되고 있는 크라프트 절연지는 세룰로스가 주성분으로 값이 싸고 절연특성이 좋으며, 절연유와의 유침특성이 뛰어나 절연재료로 많이 사용되고 있다. 절연지는 변압기 운전에 따른 열적 스트레스, 수분침투, 산소와 결합으로 인해 분자구조상 세룰로스의 결합력이 약해져 이상전압 및 서지로 권선의 진동발생 시 기계적인 파괴 또는 절연파괴가 발생한다. 절연지는 고분자 물질로 장기간 운전으로 열화가 되면 고분자 사슬이 끊어져 그 중 일부는 절연유로 스며들고 절연지 내부에 존재하는 고분자 물질의 DP (Degree of Polymer, 중합도)가 감소하게 되고 절연지의 기계적 특성도 변하게 된다[2].

2.2.2 DGA(Dissolved Gas Analysis, 유증가스분석)

변압기의 과열이나 방전에 의해서 변압기 내부에 있는 절연지나 절연유 등에서 열화가 진행되면서 수소(H₂), 메

탄(CH₄), 아세틸렌(C₂H₂), 에틸렌(C₂H₄), 에탄(C₂H₆), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂) 등의 가스가 발생된다. 이러한 가스들은 변압기의 절연유에 용해되기 때문에 절연유의 탄화수소 가스를 측정하여 변압기의 초기 결함을 찾는 방법이 널리 사용되고 있다[3].

2.2.3 가스패턴 분석

가스패턴 분석방법은 횡축에 가연성 가스 (C₂H₂, H₂, C₂H₄, CH₄, C₂H₆)의 성분 가스를 표시하고 종축에 각 성분 가스의 농도비 (최대성분 가스량 1에 대한 각 성분 가스의 비)를 나타내서 가스패턴을 그 형상에 따라 진단하는 방법이다. 고장 원인별로 가스분포패턴이 다르게 나타나므로 패턴인식으로 고장원인 추정이 가능하다. 가스패턴에 의한 평가기준은 고장의 종류에 따라 변압기 수명에 미치는 영향을 고려하여 설정된다[4].

2.2.4 PD(Partial Discharge, 부분방전)

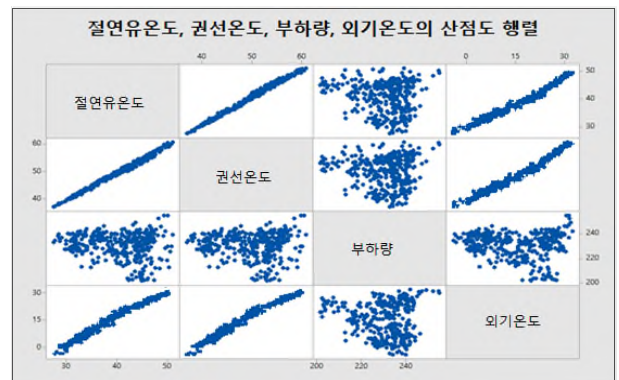
변압기 내 절연물이 전기적 스트레스를 받게 되면 부분 방전이 발생하는데, 이러한 방전을 전자기장을 통해 감지하여 전자파를 검출 후 사용자에게 알려주는 방식이다. 변압기 운전 중 절연 고장을 유발하는 대표적인 결함 원인으로서는 도전성 이물질, 절연물 이상, 코로나, 부유전극 등 다양하게 존재하며 이러한 결함을 쉽게 검출할 수 있는 기술이 UHF 부분방전 센서를 이용한 방법이다.

2.2.5 핫스팟 온도 추정 모델

변압기에서 가장 높은 권선의 온도로 정의되는 변압기의 핫스팟 온도는 변압기의 상태를 결정하는 데 중요한 변수이다. 핫스팟 온도를 추정하는 모델은 다음과 같은 방법들이 있다. 먼저 권선의 최고 온도가 예상되는 권선에 8개의 광섬유 온도 센서를 배치하고 평균을 찾는 방법과 센서를 사용하여 권선 온도를 찾고 핫스팟 계수(일반적인 변압기의 H=1.3)를 곱하여 대략적인 핫스팟 온도를 찾는 방법이 있다. 그리고 IEEE표준 C57.91-1995의 모델을 사용하여 추정하는 방법이 있는데, 부하전류와 주변 온도 및 절연유 온도를 측정하고 회귀 알고리즘을 통해 매개 변수를 실시간으로 추정하여 매개 변수의 큰 변화를 감지함으로써 결함을 탐지한다[5].

3. 새로운 이상점 감지 모형

기존 유입식 변압기의 건강도 평가 방식에 비해 시간과 비용이 상대적으로 적게 소요되며, 즉각적으로 변압기의 건강도를 파악할 수 있는 새로운 방식이 필요하다. 이에 절연유 온도를 종속변수로, 권선온도, 부하량, 외기온도를 독립변수로 하는 다중회귀분석 모델을 제시한다. 그리고 절연유 온도에 대한 다중회귀분석의 예측값과 실측값으로 잔차율을 계산하고 이상점 관리 기준과 비교하여 이상점을 감지한다.



[그림 1] 변수간의 산점도 매트릭스

4. 결론

대형사고의 위험이 있으면서 진단과 분석 방법이 어려운 유입식 변압기의 이상점을 감지하기 위한 새로운 방법을 제시하였다. 기존 방법에 비해 시간과 비용이 상대적으로 적게 소요되는 방법이며 즉각적으로 변압기의 건강도를 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 이창우, “Cause and Countermeasure of Fire Explosion in Transformer”, 한국화재조사학회지, 9(1), pp. 35-46, 2006.
- [2] 박진엽, 박성민, 강민구, “대용량 유입식 변압기 수명평가 사례 고찰”, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp. 700-701, 2017.
- [3] 이일무, 유상봉, 정해성, “특고압 변압기 건전성 평가에 관한 연구”, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp. 1463-1464, 2015.
- [4] 장정호, 이성훈, 이흥호, “유입식 변압기의 상태진단을 통한 노후도 평가 방법”, 전기학회논문지, 63(2), pp. 297-305, 2014.
- [5] P. Rondla et al., “A Regression Algorithm for Transformer Fault Detection”, IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp. 1-8, 2012.