

운전 중인 전력용 변압기(154kV 단상)의 진동 현상에 관한 연구

김성중, 박우용, 이승학, 김영달
한밭대학교

A study on the vibration phenomenon of running power transformer(154kV single phase)

Sung-sung Kim, Woo-yong Park, Seung-hak Lee, Young-dal Kim
Hanbat National University

Abstract - 운전 중인 전력용 변압기의 고장 원인 중 진동에 의한 기계적 결함이 대부분을 차지하고 있다. 이러한 원인을 규명하기 위하여 한전 대전전력관리처 산하 변전소를 순회하면서 운전 중인 전력용 변압기에 대하여 진동 현상을 측정하였다. 측정점은 변압기 한 면에 규칙 배열된 5x5 이다. 측정 점에 대한 진동 현상을 2D와 3D로 나타내어 분석하였다. 분석 결과와 전력용 변압기의 경년, 설치 조건, 부하 정도에 따라 나타나는 현상을 분석하였다. 이 결과를 근거로 하여 전력용 변압기의 진동 기준을 정립하는데 기초로 활용하였다.

1. 서 론

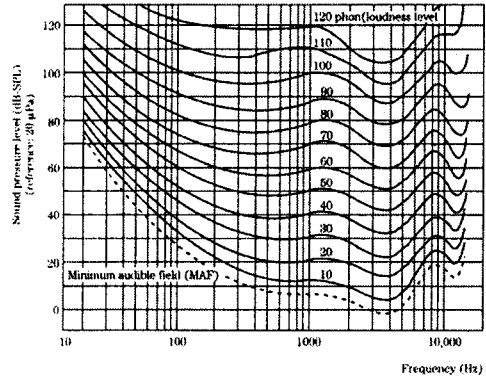
1842년 제임스 줄(James Joule)은 어떤 물질에 자장을 걸면 모양(부피)의 변형을 일으킨다는 자왜현상(Magnetostrictive Phenomena)을 처음으로 규명해냈다[1]. 기계적 가진력을 갖는 장치는 고유진동수가 일치할 때 마다 공진현상이 발생하는데, 무거운 물체를 붙여서 질량을 변화시켜 고유진동수를 바꾸거나 또는 T형 구조와 같이 형상이 다른 물체를 집합시켜 고유진동수를 바꾸게 되면 특정 진동에 대응할 수 있다[2].

변압기의 경우 내부 철심의 자왜현상에 의해 발생하는 전기주파수는 120Hz의 배수 조합이 변압기 탱크외벽을 통하여 외부로 방출하게 된다. 이때 변압기 탱크가 가지는 고유진동수에 대한 변압기 내부 자장인 자왜현상의 진동수와 같은 주파수에 의해 공진현상이 발생이 크게 증가하게 될 것이다. 이러한 공진현상을 방지하기 위하여 탱크 시스템에 강제적으로 감쇠를 추가시키거나 강성과 질량의 조정을 통해서 공진현상의 조절할 수 있으나, 일반적으로 변압기 탱크처럼 큰 구조물에 감쇠를 추가하는 일은 비용적인 측면과 생산적인 측면에서 어려움이 따르므로 탱크의 재질에 대한 질량 및 강성을 조절할 수 없다. 이에 따라 변압기 탱크의 모드해석을 통하여 고유진동수가 얼마인지 알아보고 진동형태를 해석하여 변위를 알아내고자 한다. 고유진동수 변화 측정치변이를 측정하여 이에 따라 변압기 소음 및 진동 평가의 기준이 되어야 할 것이다.

2. 전력용 변압기의 구조진동

기계 구조물에서 발생하는 진동은 장비의 이상 진동, 기계파괴 또는 소음원의 원인이다. 이러한 진동을 방지하기 위해서는 구조물의 진동해석이 중요하다. 모드해석은 진동모드에 의한 공진현상을 중심으로 진동이나 소음문제의 원인규명이나 해결 등에 적용하는 방식으로 진동 Impulse에 대한 FFT 분석기와 모드 해석물을 사용하여 그 구조물 표면의 진동거동을 해석을 하여야 한다.

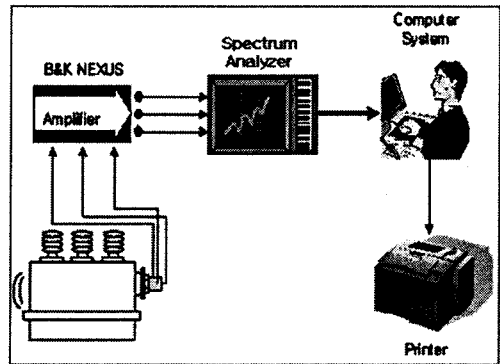
여러 전달관의 피크로부터, 고유진동수, 진동모드, 감쇄계수 들의 모달 파라미터를 측정하여야 하며, ODS(Operating Deflection Shape)에서는 운전 시의 기계나 부품의 변형에 가해지는 모든 계수의 진동거동에 대한 정보를 얻어야 한다. 신호분석기로부터 측정된 진동데이터에 의한 기계나 구조물의 동적 움직임의 분석 및 관찰과 소음데이터에 의한 음향 인텐시티 및 음향파위레벨의 측정을 하여야 한다. 그림 1의 라우드니스 곡선에서와 같이 180Hz~1kHz사이의 주파수에서 순음과 동일한 음압으로 되게 되므로 이 사이에서의 주파수범위를 모드해석의 범위로 설정할 수 있다. 단 120Hz는 제 1 mode이므로 무시할 수 없다. 따라서 120Hz ~ 1kHz사이의 주파수 영역 내에서 모드 해석을 실시하여야 한다.



〈그림 1〉 라우드니스 곡선

3. 운전 중인 변압기 진동

본 연구는 운전 중인 변압기의 진동레벨을 측정하였다. 사용된 측정 장비는 B&K 4384 가속도계와 B&K Nexus Charge Type Amplifier 및 B&K Pulse System 데이터 취득/분석 장치를 사용하였다. FFT와 CPB Analysis Type 은 PULSE를 운전 중인 변압기의 각 측정 위치에서 진동속도(mm/sec)를 구하기 위해 그림 2와 같이 진동 측정 시스템을 구축하였다. 모드 해석을 어느 수준까지 해야 하는가는 운전조건에 따라 결정된다. 변압기의 경우 사람이 들을 수 있는 가청 주파수범위가 20Hz~15kHz이고 특히 소리의 물리적인 강약은 음압에 의해 정해지지만 인간이 어떤 소리를 들었을 때 감각적으로 느껴지는 강약은 음압뿐 아니라 소리의 주파수에 따라 서로 달라진다. 그러므로 측정 주파수대역은 20~2KHz(Step = 1Hz)로 설정하였다.



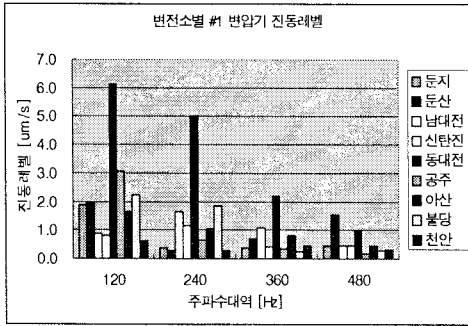
〈그림 2〉 진동 측정 시스템 구성

본 연구에서 운전 중인 변압기의 진동레벨은 둔지, 둔단, 납대진, 신탄진, 동대진, 공주, 아산, 불당, 천안변전소의 변압기를 대상으로 측정하였다. 한 변전소에서 여러대의 변압기가 있으나 그

중 첫 번째(#1) 변압기에 대한 진동레벨 측정 결과만을 그림 3에 나타내었다.

또한 그림 3.으로 정확한 진동레벨을 판단하기 부족하기 때문에 표 1.에 상세한 진동레벨 값을 보여주고 있다.

그림 3에서 알 수 있듯이 동대전변전소의 #1 변압기가 가장 크게 진동이 발생되고 있음을 알 수 있었으며, 천안변전소의 #1 변압기가 가장 작은 진동레벨을 나타내고 있다. 이러한 현상은 경년이 오래 될수록 큰 진동이 발생되고 있음을 알 수 있었다. 이러한 현상들은 변압기 자체의 결함도 있겠지만 변압기의 부대시설의 노후화로 인하여 변압기를 지지하는 결속력이 결여되기 때문으로 판단되어진다.



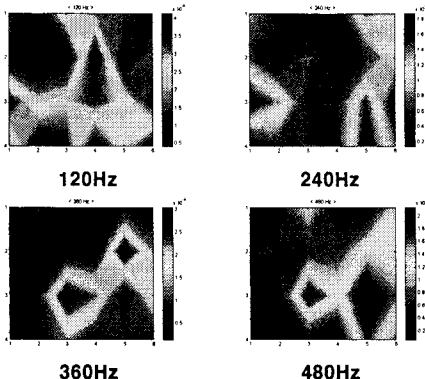
<그림 3> 변전소별 #1 변압기 진동레벨

<표 1> 변전소별 #1 변압기의 주파수별 진동레벨 (단위 : [um/s])

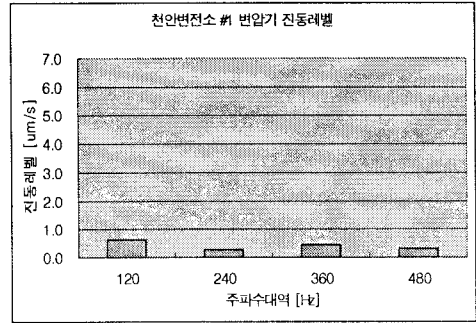
| | 120Hz | 240Hz | 360Hz | 480Hz |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 둔지 | 1.87 | 0.38 | 0.39 | 0.44 |
| 둔산 | 1.95 | 0.29 | 0.70 | 1.53 |
| 남대전 | 0.86 | 1.65 | 1.07 | 0.44 |
| 신탄진 | 0.81 | 1.15 | 0.43 | 0.45 |
| 동대전 | 6.12 | 5.00 | 2.19 | 0.97 |
| 공주 | 3.08 | 0.67 | 0.33 | 0.16 |
| 아산 | 1.64 | 1.04 | 0.79 | 0.44 |
| 불당 | 2.23 | 1.86 | 0.25 | 0.29 |
| 천안 | 0.62 | 0.28 | 0.46 | 0.32 |

위에서와 같이 여러 변전소의 변압기 진동레벨이 많은 차이를 보이고 있기 때문에 진동레벨이 가장 큰 동대전변전소의 #1 변압기에 대한 진동현상과 진동레벨을 그림 4와 5에 각각 나타내었다. 또한 진동레벨이 가장 작은 천안변전소의 #1 변압기에 대한 진동현상과 진동레벨을 그림 6과 7에 각각 나타내었다.

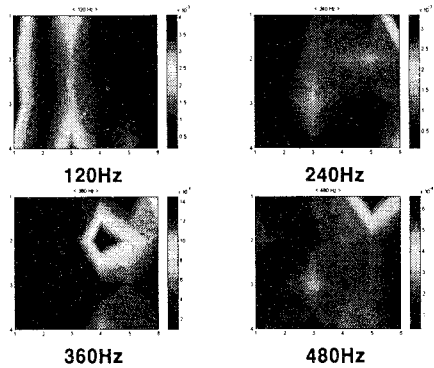
그림 4는 경년이 오래된 변압기로서 변압기에 전체적으로 진동현상이 크게 나타나고 있음을 알 수 있었으며, 그림 6은 사용년 수가 얼마되지 않아 국부적으로 적은 진동현상이 발생되고 있음을 확인할 수 있었다.



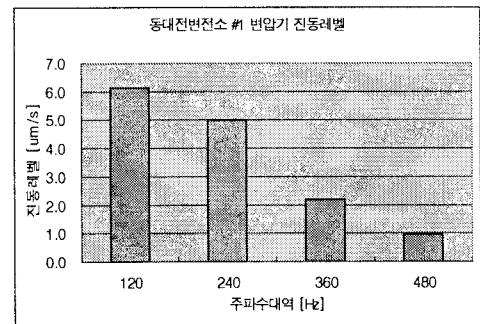
<그림 4> 천안변전소 #1 변압기 진동현상



<그림 5> 천안변전소 #1 변압기 진동레벨



<그림 6> 동대전변전소 #1 변압기 진동현상



<그림 7> 동대전변전소 #1 변압기 진동레벨

3. 결 론

운전 중인 단상 전력용 변압기의 구조진동 해석 방법과 이에 따른 Magnitude, Phase 와 Coherence를 변압기 외함에 대해 진동현상과 레벨을 측정하여 분석하였다.

변전소별 #1 변압기에 대한 공진시험 결과 외함 공진은 타 주파수보다 120Hz부근에서 공진 가능성이 있으나 크게 나타나지 않았으나 이것은 구조체의 뎀핑 영향이 크다고 판단되었다. 그러나 동대전변전소의 #1 변압기의 경우 경년이 오래된 영향으로 타 변전소의 변압기보다는 크게 나타나고 있으나 아직은 공진현상에 대한 염려는 없는 것으로 판단된다. 이러한 공진현상이 크지 않은 이유중 하나는 변압기 설계 시 공진이 없도록 설계가 반영된 것으로 판단된다.

아울러 본 연구는 많은 변압기에 대한 진동레벨을 측정 및 분석을 통하여 운전 중인 변압기의 진동/소음 측정 및 평가 기준 방안을 제정하기 위한 자료로 활용하고자 한다.

이 논문은 기초전력연구원의
지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] MOU, GANG. Modeling and Control of a Magnetostrictive System for High Precision Actuation at a Particular Frequency, p4~5,2002
- [2] Advanced Mechanical Vibration by Rao V. Dukkipati
- [3] Effects of Block Size on the Block Lanczos Algorithm by Christopher Hsu, p9~13,2003