

부하 형태에 따른 몰드변압기에서의 진동데이터 비교에 관한 연구

(A Study on the Comparison of the Vibration Data in Cast Resin Transformer According to the Load Type)

송길목* · 최명일 · 김영석 · 방선배 · 김종민**

(Kil-Mok Shong · Myung-Il Choi · Young-Seog Kim · Sun-Bae Bang · Chong-Min Kim)

Abstract

In this study, vibration characteristics in according to the load type of cast resin transformer using vibration measurement device were compared. Measurement conditions are the same installation and operation of the three-phase cast resin transformer. If the load increases in transformer using the rotating machinery, the frequency is growing. In the transformer using the lighting and heating loads, it's detected the 55 [$\mu\text{m/s}$] in or outside and 120 [$\mu\text{m/s}$] or more at 60[Hz], the 30 [$\mu\text{m/s}$] in or outside at 120[Hz], and the 70 [$\mu\text{m/s}$] in or outside at 420[Hz]. When increases the loads, it's appeared the 60 [$\mu\text{m/s}$] or less at 450[Hz] or more in rotating machinery, but the velocity of lighting and lighting loads are appeared from 5 [$\mu\text{m/s}$] to 115 [$\mu\text{m/s}$] inside the 420[Hz] in the same load condition of 20[%]. Through this study, it's verified that there are differences the internal vibration in according to the type of load in cast resin transformer.

Key Words : Vibration Velocity, Vibration Frequency, Cast Resin Transformer, Load Type, Rotating Machinery, Heating Appliances

1. 서 론

1.1 연구의 배경

국내 몰드변압기 시장은 친환경적 전기설비의 개선 노력에 의해 매년 큰 폭으로 증가하고 있는 추세이다.

* 주저자 : 전기안전연구원 진단기술연구팀
** 교신저자 : 전기안전연구원 진단기술연구팀
Tel : 031-580-3061, Fax : 031-580-3111
E-mail : natasder@kesco.or.kr
접수일자 : 2012년 2월 23일
1차심사 : 2012년 2월 25일
심사완료 : 2012년 3월 14일

조사대상 고객 22.9[kV] 수전설비 약 121,400여개소 중 몰드변압기 설치시장을 20[%]정도로 추정하면, 약 24,000개소로 산출할 수 있다. 국내 전체 시장에서 보면 몰드변압기의 설치비율이 약 10[%] 내외이므로 현재 국내에는 200,000만 개소 이상에서 몰드변압기를 사용하고 있는 것으로 추정된다. 또한 세계적 추세에 있어서도 기존의 유입변압기는 폐절연유 처리에 따른 환경오염이 높아 몰드변압기의 사용이 설비의 관리적 측면에서 획기적으로 개선할 수 있다는 장점이 있다. 중국의 경우 최근 경제성장과 더불어 전력설비가 폭증하면서 몰드변압기의 사용도 증가하는 추세이다.

동남아 전력시장이 확대되면서 몰드변압기의 보급이 확대될 전망이다[1-2]. 전력설비에 있어서 큰 비중을 차지하는 변압기는 구조적으로 복잡하고 밀폐된 구조로 되어 있어서 이상발생에 따른 즉각적인 관측이 어려우므로 고신뢰성을 확보하기 위해서는 예방진단기술이 필요하다. 기존의 유입변압기에 있어서 진단방법으로는 열화상태를 판정하고 사고를 미연에 방지하기 위한 제반특징치인 진동, 온도, 유전체손, 부분방전, 유중수분 및 가스량을 측정하고 분석하는 시스템 개발연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 선진외국의 경우에는 신뢰성을 높이기 위하여 실증실험을 통해 검증하는 연구가 진행되고 있다[3-5]. 몰드변압기에서는 진단방법이 열측정에 의한 방법과 절연내력을 확인하는 방법이 있으며, 진동을 측정하는 방법이 연구되고 있다. 변압기 내부 철심의 자왜현상에 의해 발생하는 주파수는 120[Hz]의 배수조합에 의해 외부로 진동이 전달된다. 변압기의 외함에서 나타나는 고유진동주파수에 대한 내부 자장에 의한 자왜현상의 진동주파수와 외관상에서 발생하는 공진으로 고체절연체는 파손될 수 있다[6]. 따라서 제조 및 시공과 설치운영 과정에서 변압기의 안정성과 신뢰성 향상을 위해서는 최적설계에 필요한 진동해석기술이 확립되어야 한다. 몰드변압기의 진동에 따른 기계적 안정을 위해 가장 중요한 것은 정확한 전자계 및 기계적 해석이 요구된다[7]. 본 연구는 제조 및 시공과정에서 발생할 수 있는 진동 측정보다 현장의 설치운영에 해당되는 부하 조건에 따라 발생할 수 있는 진동을 측정하였다. 또한 동일 제조회사에서 생산된 변압기의 초기설치시 부하의 종류에 따라 달라지는 진동특성을 비교하였다. 측정장치는 외부영향을 최소화할 수 있도록 레이저빔을 이용한 도플러방식에 의한 진동측정장치가 활용되었다. 현장실측 및 분석결과를 통해 신뢰성 있는 몰드변압기의 진동 진단에 활용될 것으로 기대된다.

1.2 연구의 목적 및 샘플링 대상

본 연구는 이미 검증된 레이저 진동 검출 시스템을 이용하여 동일한 설치조건과 제조상태를 유지하고 있는 몰드변압기에 대하여 부하종류를 달리하였을 경우

에 나타날 수 있는 진동특성을 해석하고자 하였다. 현장에서는 동력부하인 대용량 회전기기 부하에 이용되는 변압기와 전등 또는 전열기기에 전원을 공급하기 위한 변압기로 구분되어 있다. 샘플링 대상은 부하종류 중 동력부하와 전등 및 전열기기 부하에 한정하여 비교하였다. 변압기의 특성상 코어 또는 코일에서 발생하는 진동이 고체절연체를 통해 바로 외부로 전달되기 때문에 부하의 특성에 따라 진동을 구분한다면, 전력설비를 진단하는 데 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 따라서 제조일이 동일하고 동일한 조건내에서 현장에 설치된 변압기를 선택하여 진동을 측정하고 분석하는 것이 매우 중요하다. 3상 몰드변압기 총 17기에 대하여 사용부하의 특징과 변압기에 나타나는 부하부담을 기록하고 이때의 변압기 고압 측 표면에서 발생하는 진동을 측정하여 주파수변환을 실시하였다. 진동주파수와 진동속도에 대한 상관관계는 부하의 종류와 부담에 따라 비교하여 설비진단 자료로 활용하고자 하였다.

2. 몰드변압기 진동과 고장유형

2.1 몰드변압기의 고유진동 주파수 측정

몰드변압기 진단에 이용되는 센서는 초음파, UHF 등이 있으며, 노이즈 제거가 필수이다. 현재의 몰드변압기에 대한 활선상태에서의 진단은 아직 기초연구에 머무르고 있는 실정이다. 열상진단기술은 변압기를 상시 감시해야 하고 주변 환경에 의해 오류가 발생하는 단점을 가지고 있으며, 최근에는 변압기 내부에 열전대 대신 광섬유를 활용하여 온도를 계측하는 기초연구가 진행 중이다. 국외 기술인 경우에는 실험실에서 검증된 연구가 주를 이루고 있다. 전력시장이 커짐에 따라 유지보수를 위한 다양한 진단기술이 활성화될 것으로 예측된다. 유선 및 통신에 의존하는 접촉식 진동센서는 노이즈 영향 등이 있으며, 레이저를 응용한 진동검출 기술은 도플러 방식에 의한 진동검출과 광센서에 의한 위치검출방식이 있다. 레이저를 이용한 진동측정기술의 장점은 고전압 기기에 직접적인 접촉을 하지 않고도 기기에서 발생하는 진동을 쉽게

정밀하게 측정할 수 있다는 장점을 가진다. 특히 몰드 변압기의 경우에는 고체절연체로 구성되어 있어서 제조과정이나 설치조건에 따라 진동특성이 달라질 수 있다. 따라서 많은 실험적 검증을 통해 공통적인 부분을 찾아내어 진단기술로 활용되어야 한다. 몰드변압기에 대한 고유진동주파수를 측정하기 위한 장치구성은 그림 1과 같다.

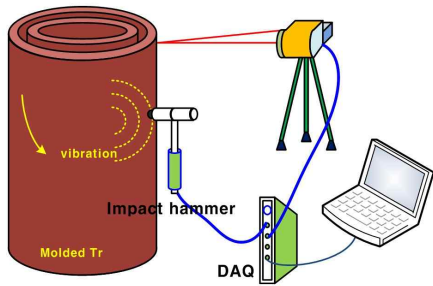


그림 1. 고유진동수 측정 개략도
Fig. 1. Measuring schematics on resonance frequency

몰드변압기의 고유진동수를 측정하기 위하여 Velocity output sensitivity 15[mm/s/v]인 비접촉식 진동속도계(LV110D, EM4SYS(사))와 1.25[mV/N]인 충격해머(Impact Hammer, 086C04, PCB(사))를 사용하였다. 사고가 제일 많이 발생하는 몰드변압기 1차 측(외측)의 고유진동은 충격을 주고자하는 지점을 선택하고 충격해머로 가진을 시켰다. 이때 몰드변압기의 떨림 현상은 LDV(Laser Doppler Vibrometer)를 이용한 비접촉식 진동측정기를 통해 측정하고 FFT 분석을 통해 고유진동수를 측정하였다. 그림 2는 30[kVA] 단상 몰드변압기의 고유진동수를 나타낸다. 고유진동수 측정에서는 주파수 범위를 넓게 하여 10[kHz]까지 설정하였다. 고유진동수는 측정주파수 범위에서 전체적으로 형성된 것을 알 수 있으며, 97.5[Hz], 190[Hz], 442.5[Hz], 565[Hz]에서 큰 진폭특성을 나타내는 것으로 확인되었다.

약 200[Hz] 미만의 고유진동주파수는 일정하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 고유진동주파수에 대한 누적분포를 보면 그림 3에서와 같이 분포되는 것을 알 수 있다.

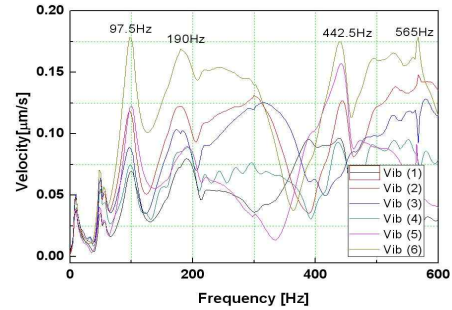


그림 2. 30[kVA] 단상 몰드변압기 고유진동수 측정
Fig. 2. Resonance frequency data of 30[kVA] single phase cast resin Tr

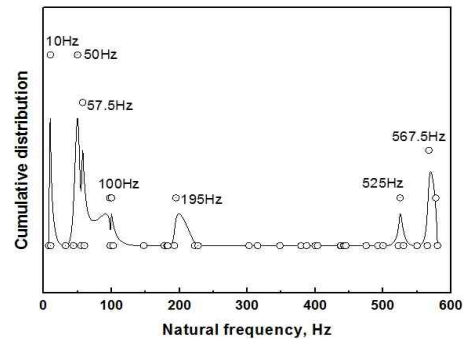


그림 3. 몰드변압기의 고유진동주파수 누적분포
Fig. 3. Accumulations distribution of resonance frequency in cast resin Tr

2.2 몰드변압기 고장유형

변압기의 여러 고장 중 진동을 측정 분석한 결과 부분적인 공진 현상이 발견되었으며, 이로 인해 변압기의 진동진폭이 커지는 것을 확인할 수 있다. 변압기의 설계와 제작시 진동으로 야기되는 문제에 대한 기술적인 대책 미흡으로 인해 변압기 경년변화에 따라 기계적인 파손에 의한 고장이 줄어들지 않고 있는 실정이다. 몰드변압기는 절연유가 없어 기존의 진단 방법으로는 열화 및 부분방전의 상태를 정확히 파악하기가 어렵고 몰드변압기의 내부 또는 외부요인에 의해 소손될 경우 그 전조현상으로 온도가 상승하고 진동을 일으키는 등의 신호가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 몰드변압기가 가지는 고유진동수 특성과 운전 중인 변압기의 진동주파수를 측정하여 변압기의 진동에 의한 변압기의 파손위험성을 검증하는데

부하 형태에 따른 몰드변압기에서의 진동데이터 비교에 관한 연구

있다. 그림 4는 몰드변압기의 주요부분인 철심, 절연체 및 코일에서의 고장진행 과정을 개략적으로 나타낸다.

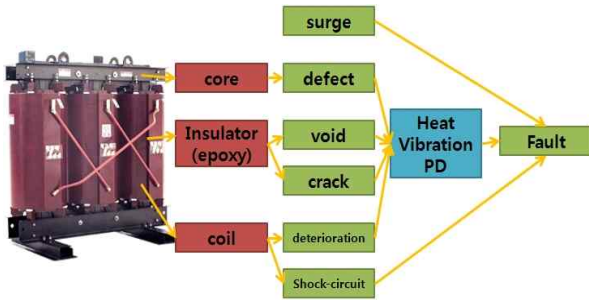


그림 4. 몰드변압기 고장메커니즘
Fig. 4. Faults mechanism of cast resin Tr

몰드변압기의 고장과정을 정리하면, 재료적 측면에서 에폭시에서는 절연물의 균열이나 내부 보이드, 철심에서는 철심 자체의 결함, 코일에서는 층간 절연, 순간 단락이나 서지에 의해 고장으로 이어지는 경우가 많았다. 고장이 발생하면 외부에 국부 과열이나 진동 또는 다양한 부분방전 신호가 발생하고 이후 소손이나 파손 등으로 진전된다. 특히 몰드변압기의 특성상 고체 절연체에 의해 외부로 소음진동이 발생하며, 변압기의 경우 내부 철심의 자왜현상에 의해 발생하는 전기주파수는 120[Hz]의 배수 조합이 변압기 외벽을 통하여 외부로 방출하게 된다. 이때 변압기 외벽이 가지는 고유진동에 대한 변압기 내부 자장인 자왜현상의 진동수와 같을 경우 공진현상이 발생 될 수 있다. 고유 진동수는 계의 자유 진동의 주파수로서 1자유도인 비감쇠계에서의 주파수는 정지 위치로부터 순간마다의 변위에 따라 변동한다. 또한 다 자유도계에서는 고유 진동수들은 진동의 정상적인 모드들의 주파수들이다. 모든 기계와 모든 구조물들은 여러 개의 고유 진동수들을 가지고 있다. 하나 또는 그 이상의 고유 진동수에서 진동하도록 힘이 가해지면 고유 진동수 보다 낮거나 높은 주파수에서 동일한 힘이 가해질 때보다 10배 내지 100배의 동적 응력이 더 발생된다. 그러나 기계가 많은 고유 진동수들을 가지고 있다고 해서 반드시 문제가 되는 것은 아니다. 이들이 가진될 때만 문제가 된

다. 공진이란 가진 주파수들이 하나 이상의 고유 진동수들과 실제로 일치할 때 발생하는 상태이다.

3. 몰드변압기 현장실측 및 분석

3.1 동력부하에 연결된 변압기 진동 특성

동력부하에 사용되는 몰드변압기의 진동특성을 확인하기 위하여 동력부하를 전용으로 사용하는 변압기에 대해서 진동을 검출하였다. 검출된 데이터는 주파수변환을 통해 진동속도와의 관계를 확인하였다. 그림 5는 몰드변압기 진동에 따른 주파수와 진동속도의 관계를 나타낸 것이다.

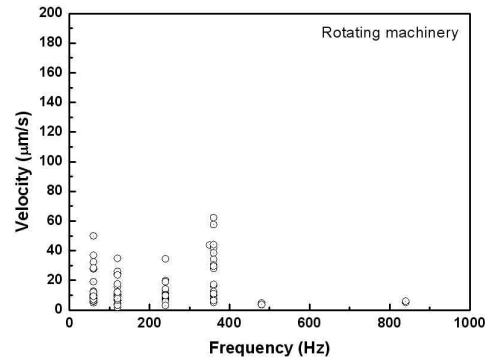


그림 5. 동력부하에서의 몰드변압기 진동속도
Fig. 5. Vibration velocity in cast resin Tr using rotating machinery

진동주파수는 60[Hz], 120[Hz], 240[Hz], 360[Hz]에서 주로 나타나며, 60[Hz]에서의 진동속도는 약 40[µm/s]까지 나타난다. 120[Hz]에서의 진동속도는 약 35[µm/s]까지이며, 240[Hz]에서의 진동속도는 약 20[µm/s], 360[Hz]는 약 60[µm/s]까지 진동속도가 분포하는 것을 확인하였다. 그림 6은 동력부하를 가진 몰드변압기에서 부하의 변화에 따른 진동주파수 분포를 보여 준다.

현장에서 측정된 데이터에서는 약 20[%] 이하의 부하가 사용되는 환경에서 동력부하 전용으로 연결된 변압기에서의 진동이 검출되었다. 주파수는 60[Hz], 120[Hz], 240[Hz], 360[Hz]에서 대체적으로 나타나는 경향을 보인다.

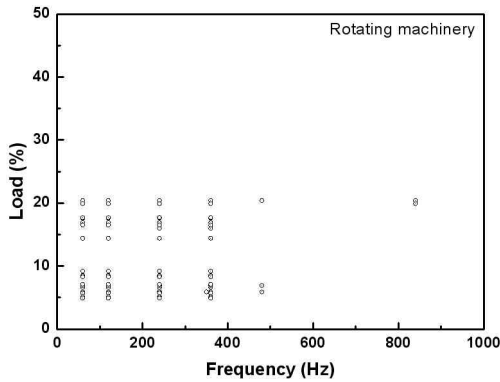


그림 6. 동력부하에서의 몰드변압기 부하폭
Fig. 6. Loads width in cast resin Tr using rotating machinery

3.2 전등, 전열부하에 연결된 변압기 진동 특성

전등 및 전열부하에 사용되는 몰드변압기의 진동특성을 확인하기 위하여 전등과 전열 부하에 전용으로 사용하는 변압기 진동을 검출하였다. 검출된 데이터는 주파수변환을 통해 진동속도와의 관계를 확인하였다. 그림 7은 몰드변압기 진동에 따른 주파수와 진동속도의 관계를 나타낸 것이다.

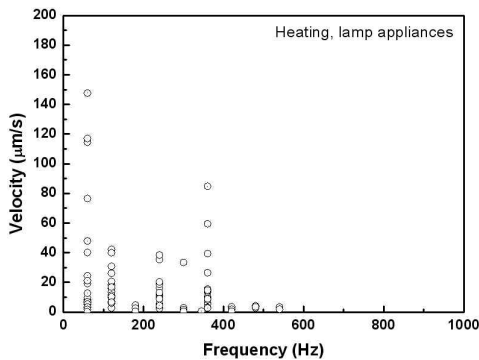


그림 7. 전등, 전열부하에서의 몰드변압기 진동속도
Fig. 7. Vibration velocity in cast resin Tr using lighting, heating appliances

진동주파수는 60[Hz], 120[Hz], 180[Hz], 240[Hz], 360[Hz], 420[Hz] 등에서 주로 나타나며, 60[Hz]에서의 진동속도는 약 25[μm/s] 정도의 분포에서 나타난다. 120[Hz]에서의 진동속도는 약 40[μm/s]까지이며, 180

[Hz]의 진동속도는 약 5[μm/s] 정도에서 확인된다. 240[Hz]의 진동속도는 약 20[μm/s], 360[Hz]에서는 약 18[μm/s], 420[Hz]에서는 약 5[μm/s] 미만의 진동속도가 확인된다. 동력부하만을 가진 몰드변압기에서의 진동속도와 비교하여 좀 더 다양한 주파수 범위에서의 진동속도가 검출되었다. 그림 8은 전등, 전열부하를 사용하는 몰드변압기의 부하변화에 따른 진동주파수 분포를 보여준다.

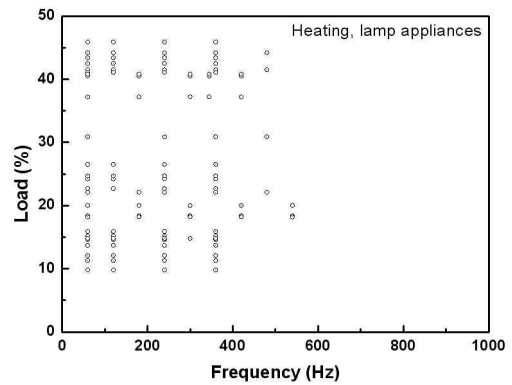
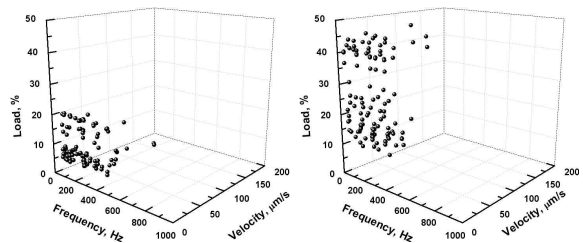


그림 8. 전등, 전열부하에서의 몰드변압기 부하폭
Fig. 8. Loads width in cast resin Tr using lighting, heating appliances

전등, 전열부하를 전용으로 사용하는 몰드변압기의 부하사용은 약 50[%] 이하에서 검출되었다. 주파수는 60[Hz], 120[Hz], 240[Hz], 360[Hz]에서 주로 나타나며, 180[Hz], 320[Hz], 420[Hz] 등에서도 진동주파수가 발생하는 것이 확인된다.

3.3 부하종류에 따른 진동 분포특성

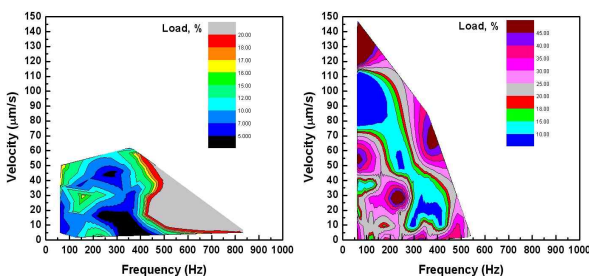


(a) rotating machinery (b) lighting, heating appliances

그림 9. 부하종류에 따른 분포특성
Fig. 9. Distribution characteristics on kinds of load

동력 부하와 전등, 전열부하를 사용하는 각 몰드변압기에서 발생하는 진동특성을 비교하여 그 분포특성을 보면 그림 9와 같다.

동력부하인 경우에는 현장에서 측정된 범위는 약 20[%] 이내의 부하에서 사용되는 범위에서 검출되었으며, 전등, 전열부하를 사용하는 몰드변압기의 경우에는 약 50[%] 미만의 부하에서 검출되었다. 부하사용에 따른 진동속도는 큰 차이가 없는 것으로 확인된다. 다만 진동주파수는 동력부하에서 사용되는 변압기보다는 전등, 전열부하를 사용하는 변압기에서 더 많은 주파수에서의 진동속도가 검출되었다. 진동주파수와 속도에 대한 부하부담의 분포 특성을 그래프로 비교하면, 그림 10에서와 같은 특징을 가진다. 동력부하를 사용하는 변압기는 부하부담이 커질수록 주파수가 커지는 특징이 있다. 전등 및 전열부하를 사용하는 경우 몰드변압기 진동속도는 60[Hz]의 범위에서 55[$\mu\text{m/s}$] 내외와 120[$\mu\text{m/s}$] 이상에서 나타나며, 부하부담이 클수록 검출빈도가 높았고, 240[Hz] 범위에서의 진동속도는 부하부담이 클수록 30[$\mu\text{m/s}$]내외로 검출되었다. 또한 약 420[Hz]에서는 70[$\mu\text{m/s}$] 내외의 진동속도가 검출되는 것을 확인하였다. 부하부담이 동일한 조건에서 비교한 자료에 의하면, 약 20[%]의 부하부담에서 전등, 전열부하에서는 420[Hz]까지 5[$\mu\text{m/s}$]에서 115[$\mu\text{m/s}$]까지의 고른 속도분포를 확인할 수 있으나 동력부하에서는 약 450[Hz] 이상에서 진동속도가 발생하는 특징이 있으며, 그때의 속도는 약 60[$\mu\text{m/s}$] 이하인 것으로 확인되었다.



(a) rotating machinery (b) lighting, heating appliances

그림 10. 진동주파수 및 속도 분포 비교
Fig. 10. Distribution comparisons of vibration frequency and velocity

전등, 전열부하의 경우에는 전기에너지의 다양한 사용 환경을 가지고 있어서 진동주파수가 다양하게 분포된 특징이 있으며, 동력부하를 사용하는 몰드변압기는 회전기기에서 사용되는 부하의 부담이 커질수록 고주파수범위에서 나타나는 경향을 보였다.

4. 결 론

본 연구는 현장에서 사용되고 있는 몰드변압기의 진동특성을 확인하기 위하여 부하종류별로 구분하여 진동특성을 비교하였다.

1) 동력부하에 사용되는 몰드변압기의 진동속도는 60[Hz], 120[Hz], 240[Hz], 360[Hz] 범위서 주로 검출되었다. 진동속도의 크기는 60[Hz]에서 약 40[$\mu\text{m/s}$]이내, 120[Hz]에서 약 35[$\mu\text{m/s}$]이내, 240[Hz]에서 약 20[$\mu\text{m/s}$], 360[Hz]는 약 60[$\mu\text{m/s}$] 이내로 분포되는 특징을 확인하였다.

2) 전등, 전열부하를 사용하는 변압기에서의 진동속도는 60[Hz], 120[Hz], 180[Hz], 240[Hz], 360[Hz], 420[Hz] 등에서의 주파수에서 확인되었다. 진동속도의 크기는 60[Hz]에서 약 25[$\mu\text{m/s}$] 이내, 120[Hz]에서 약 40[$\mu\text{m/s}$] 이내, 180[Hz]에서 약 5[$\mu\text{m/s}$] 이내, 240[Hz]에서 약 20[$\mu\text{m/s}$], 360[Hz]에서 약 18[$\mu\text{m/s}$], 420[Hz]에서 약 5[$\mu\text{m/s}$] 미만에서 검출되었다.

3) 동력부하를 사용하는 변압기는 부하의 부담이 커질수록 고주파수에서의 진동속도가 검출되는 특징이 있으며, 전등 및 전열부하를 사용하는 변압기의 진동속도는 부하부담이 커지게 되면, 60[Hz]에서 55[$\mu\text{m/s}$] 내외와 120[$\mu\text{m/s}$] 이상에서 검출되는 경향이 확인되었다. 또한 240[Hz]에서 30[$\mu\text{m/s}$]내외의 진동속도가 검출되는 것을 확인할 수 있으며, 약 420[Hz]에서 70[$\mu\text{m/s}$] 내외의 진동속도가 검출되는 특징을 확인하였다.

4) 약 20[%]의 동일한 부하조건에서 동력부하를 사용하는 몰드변압기는 약 450[Hz] 이상의 고주파수에서 60[$\mu\text{m/s}$] 이하의 진동속도가 검출되는 특징이 있으며, 전등, 전열부하를 사용하는 몰드변압기는 420[Hz] 이내의 주파수에서 5[$\mu\text{m/s}$]에서 115[$\mu\text{m/s}$]범위의 진동속도가 검출되는 특징이 있다.

몰드변압기는 정지기기이나 부하 종류에 따라 내부

진동의 변화가 있음을 본 연구에서 검증하였다. 현장에서 설치조건과 제조회사가 같은 변압기를 대상으로 하여 분석한 결과에 의해 부하 특징에 따라 진동변화를 구분하고 진단에 활용하는 기술이 요구된다. 본 연구를 통해 향후 몰드변압기 진동 진단기술에 활용이 된다면, 초기 조건에서의 진동과 부하부담, 부하종류에 따른 진동특성을 확인하는데 매우 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 지식경제부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] 김종민, 송길목, 방선배, 김영석, 최명일, “몰드변압기 진동특성과 파손가능성 검증”, 2011 KIEE 전기설비부문회 춘계학술 논문집, 2011.
- [2] 송길목, 방선배, 김종민, 김영석, 최명일, 이명준, “몰드변압기 진단을 위한 레이저 진동검출 시스템 개발”, 2011 KIEE 전기설비부문회 춘계학술 논문집, 2011.
- [3] Lavelle, Juan C, “Failure Detection Transformers Using Vibration Analysis” Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, M.I.T., Cambridge, MA, 1986.09.
- [4] 윤용한, 유지형, 김재철, 정찬수, 이정진, “진동신호 분석을 이용한 전력용 변압기의 고장 판별”, Trans. KIEE, Vol. 48A, No. 1, 1999.01.
- [5] 이성호, 강창구, 김재철, 정찬수, 곽희로, 주병수, 윤진열, 정상진, “변압기 권선진동의 모형화 연구”, '94 KIEE summer conf., pp.216-218, 1994.07.
- [6] 김성중, 박우용, 이승학, 김영달, “운전중인 전력용 변압기(154kV 단상)의 진동 현상에 관한 연구”, 2008 KIEE autumn conf., pp. 144-146, 2008.09.
- [7] 하정우, 우성현, 신판석, 이진희, “배전용 cable 변압기 권선의 진동모드 계산”, 2007.

◇ 저자소개 ◇



송길목(宋佳穆)
1967년 3월 31일생. 1994년 2월 숭실대학교 공대 전기공학과 졸업. 2003년 8월 동대학원 전기전자재료 및 대전력 졸업(석사). 2007년 8월 동대학원 졸업(박사). 1996년 3월~현재, KESCO-ESRI DTR team 책임연구원.

관심분야 : 전기설비진단, 시스템 개발, 전기안전 컨설팅
Tel : (031)580-3061
E-mail : natasder@naver.com, natasder@kesco.or.kr



최명일(崔明日)
1975년 5월 30일생. 2002년 2월 창원대학교 공대 전기공학과 졸업. 2004년 2월 동 대학원 졸업(석사). 2009년 8월 광운대학교 정보통신대학원 졸업(석사). 2012년 2월 숭실대 박사과정 수료. 2006년~현재 KESCO-ESRI DTR team 주임연구원.

관심분야 : PD 알고리즘, 피뢰설비, 무정전 진단
Tel : (031)580-3065
E-mail : ken2003@kesco.or.kr



김영석(金榮錫)
1974년 4월 27일생. 1996년 2월 경상대학교 공대 전기공학과 졸업. 1999년 2월 동 대학원 졸업(석사). 2004년 2월 동 대학원 졸업(박사). 2001~2002년 야마구치대학 전기전자공학과 객원연구원. 2003년~현재 KESCO-ESRI DTR team

선임연구원.
관심분야 : 케이블진단, 코로나 진단시스템 개발
Tel : (031)580-3064
E-mail : athens9@naver.com



방선배(方善培)
1968년 5월 18일생. 1994년 2월 명지대학교 공대 전기공학과 졸업. 2002년 2월 강원대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1997년~현재 KESCO-ESRI DTR team 선임연구원.

관심분야 : 아크 발생, 시험 및 검출장치 개발, 축전지 수명계측 및 기준
Tel : (031)580-3062
E-mail : bsb1586@kesco.or.kr



김종민(金鍾旻)
1972년 7월 18일생. 1998년 2월 창원대학교 공대 전기공학과 졸업. 2001년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 KESCO-ESRI DTR team 주임연구원.

관심분야 : 변압기 진동진단, 아크플래시 검출 시스템 개발
Tel : (031)580-3063
E-mail : cmkim@kesco.or.kr