

변압기 냉각용 오일펌프의 고진동 저감 대책연구

A Study on the vibration reduction of the Lower cooling- Oil pump in the main power transformers

정영호†·박철준*·이성욱**

Youngho Jung, Chuljun Park, Seongwook Lee

Key Words : Main power Transformer(주변압기), Lower cooling- Oil pump system, (냉각용 오일펌프)
Resonance Frequency(공진 주파수), Vibration Reduction(진동 저감)

1. 서 론

표준원전 주변압기는 발전소에서 생산된 전력을 계통에 공급하는 중요한 기기로서 높은 신뢰성이 요구되나 고장으로 발전정지를 유발하는 사례가 빈번한 실정이다. 현재 원전 주변압기의 건전성 판단 기준은 권선의 전기적인 절연 특성 및 절연유의 화학적 평가에만 의존하고 있지만, 주변압기 고장유형 분석결과 40% 정도가 기계적인 고장(붓싱 파손, 보호 계전기 오동작, 냉각기 누설 등)인 것으로 나타나고 있다. 원전용 주변압기는 보통 변압기와는 달리 154kV, 345kV 또는 765kV의 고전압을 다루기 때문에 크기가 크고, 평상시 운전할 때 100%부하를 이용하여 운전하기 때문에 고진동의 영향에 노출되어 있다.

변압기의 주요 진동 발생 원인은 전자기력이 코어 적층판을 통과하면서 자속밀도의 변화에 의해 기계적 변형을 일으켜 발생하는 자왜현상, 변압기 부하의 증가에 의해 권선을 통과하는 전류 및 누설자속의 상호작용에 의한 부하 진동 및 변압기의 냉각을 위해 설치한 냉각팬의 임펠러 블레이드 회전 진동으로 나눌 수 있다. 이중 냉각용 오일 펌프의 진동 및 소음은 넓은 주파수 대역에서 발생하며 변압기 전체 소음에 영향을 미치게 된다.

기존 변압기 진동에 대한 연구 내용으로는 변압기의 부하변화에 따른 진동분석, 전자기력에 의한 자왜현상의 규명을 위한 진동 해석, 대형 변압기의 진동에 의한 지지구조물의 손상을 방지하기 위한 방진장치의 개발 및 대형변압기 운전중 진동기준치 설정에 대한 연구가 진행되었다.

본 연구는 표준원전용 주변압기의 냉각용 오일펌프부의 진동량 측정을 통해 가진원을 분석하고 ODS 기법을 통해

동적 거동 측정 후 오일펌프의 고진동에 대해 진동의 특성을 평가하고, 이를 저감하는 대책에 대해서 논의해 보겠다. 진동의 특징을 규명하기 위하여 표준원전에서 운전 중인 변압기를 여러 가지 실험을 통하여 측정하였으며, 주파수별 신호 분석을 실시하였다. 이를 통해 진동 발생 요인을 분류하고 진동을 줄일 수 있는 대책을 강구하였다.

2. 본 론

습식 변압기는 전기를 승압 또는 감압시키는 코어 및 권선부를 밀폐된 외함 내에 설치하고 절연유를 채우는데 이는 코일권선에 흐르는 전기가 선로 이외로 전기가 통전되는 것을 방지하고 권선에서 발생하는 열을 냉각시키는 데 사용되고 오일펌프는 냉각효율을 높이기 위해 절연유를 강제 순환시킨다. 오일펌프는 전동기 축에 펌프의 임펠러가 부착되어 있는 펌프 모터 일체형 펌프이며, 오일펌프의 고진동으로 인해 변압기의 절연유가 순환하지 못하는 결과를 초래하게 되므로 이에 대한 방지의 목적으로 저감대책을 수립해야 한다. 이에 따라 오일펌프의 가진원 분석을 위해 진동량 측정결과, 냉각용 오일펌프부의 주요 가진원은 z방향에서 영향력이 큰 것으로 판단되고(Fig1 참조), 주요 가진 주파수는 변압기의 가진 주파수와 동일한 120Hz였다. 외함의 가진력이 2.3 mm/s로서 표준원전 기준인 12 mm/s를 만족하였으나, 오일펌프 끝단에서의 가진력은 16mm/s로서 외함 대비 큰 값을 나타내는 것으로 보아 변압기에 의한 오일펌프의 고진동은 아닌 것으로 판단되었다.

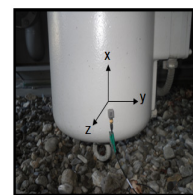


Fig1. 오일펌프 측정정보

† 교신저자; (주)효성 중공업 연구소
E-mail : lomy@hyosung.com
Tel : 055-279-7495, Fax : 055-279-7499
* (주)효성 중공업 연구소
** (주)효성 중공업 연구소



Fig2. 오일펌프 측정 주파수 스펙트럼

이에 따라 가진원에 대한 범위를 오일펌프용 모터로 확장하고 이의 회전속도는 1750 RPM(약 29Hz) 으로서 y방향에서 0.629mm/s의 가진력으로 모터가 회전하고 있고 이는 회전기기의 진동규격을 만족하는 것으로 판단되었고, 모터 회전성분에 의한 베어링의 수명에는 영향이 적은 것으로 판단되었다.

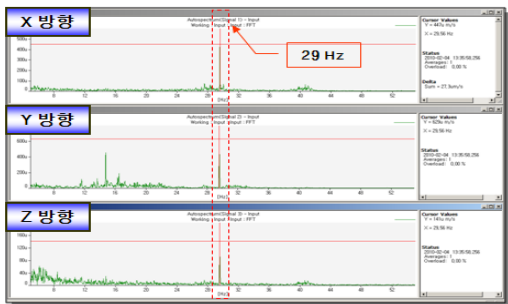


Fig3. 오일펌프용 모터의 주파수 스펙트럼 분석

운전중인 변압기 오일펌프의 동적거동을 측정하기 위해 파이프의 3축방향에 대한 ODS를 실시하였고, 파이프의 충분한 동적 거동의 확인을 위하여 10 cm단위로 측정하였다. 이를 토대로 각 방향별(수평, 수직, 축) 모드형상을 추출하였다. 초기 진단시 문제가 되었던 z방향으로 고진동이 발생하는 오일펌프에 대하여 Fig6. 와 같이 클램프를 이용하여 오일펌프 끝단과 변압기 본체사이를 연결하여 압축하중을 부여하는 임시 보강을 실시하였고, 진동량을 측정 한 결과, 초기 14.9mm/s에서 보강 후 10.5mm/s로서 30% 정도 감소 효과를 보였다.

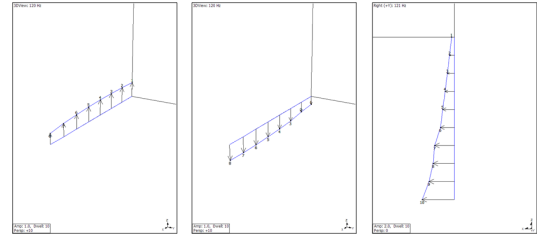


Fig4. 수평,수직,축 방향의 모드 형상결과

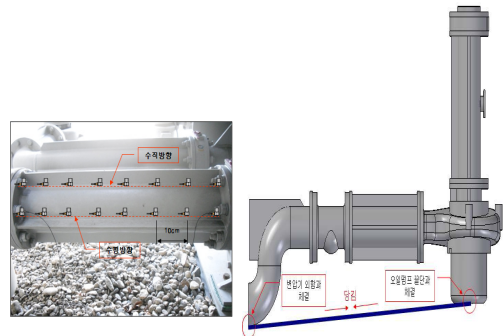


Fig5. ODS 측정 정보 Fig6. 진동 임시 보강안

파이프의 축방향에서 120Hz부근 1차 고유모드가 발생하였고, 수평 및 수직 방향에서는 축방향의 고유모드에 의한 연성모드가 발생하였다. 이로서 오일펌프의 고진동의 원인은 파이프의 축방향 공진에 의한 것으로 판단되었다.

오일펌프에 클램프를 이용한 임시보강을 통하여 축방향의 진동량이 30%이상 저감되는 효과를 확인하였다.

3. 결 론

변압기 운전 영역안에서 발생하는 고진동이 오일펌프의 진동에 미치는 영향을 연구하여 구조진동에 대한 공학적 모델을 정립하였다. 정립한 모델을 이용하여 진동 발생 메커니즘을 규명하였고 이를 바탕으로 변압기설비의 진동 저감 대책을 강구하였다.