

# 대형변압기 운전중 진동기준치 설정에 관한 개선 연구

## Improvement on the Determination of Vibration Velocity Ratings of Large Power Transformer

이옥륜<sup>†</sup> · 배용채\* · 김희수\* · 이준신\* · 이상길\*

Wook-Ryun Lee, Yong-Chae Bae, Hee-Soo Kim, Jun-Shin Lee, Sang-Kil Lee

### 1. 서 론

발전소 주변압기는 발전소에 생산되는 전력을 계통에 공급하는 중요한 기기로서 높은 신뢰성이 요구되나 고장으로 발전정지를 유발하는 사례가 빈번한 실정이다. 이에 대한 원인분석을 한 결과, 전기적인 원인 외에 기계적인 문제점으로 인한 고장발생이 상당부분을 차지하고 있었다.

관련 자료에 따르면 현재 운전중인 원자력발전소 주변압기 고장원인의 약 40%가 기계적 결함에 의한 고장으로 추정되고 있으며, 이러한 고장은 향후 운전년수 증가에 따라 지속적으로 발생할 수 있으므로 그에 따른 기준값을 설정하여 체계적인 관리가 필요로 하게 되었다.

### 2. 본 론

#### 2.1 연구배경 및 이론적 기초

##### (1) 연구배경 및 현황

원자력발전소의 주변압기는 1978년 최초 기동 이후로 1차 연구가 추진되는 시기인 2002년까지 총 32건의 발전정지를 포함한 그와 유사한 결과를 나타낸 증대한 고장이력들이 발생되었다.

전체 주변압기 고장원인 중에 기계적인 원인이 40% 정도가 되고 그중에서도 연결부 접촉 불량과 이완, 크랙 및 마모로 인한 원인이 가장 많은 부분을 차지하였다.

##### (2) 변압기 진동의 이론적 기초

변압기에 일정한 주파수의 교류가 인가되면 변압기 철심 내에 자기장이 형성되며 자기장의 변화에 따라 진동이 발생한다. 진동 발생의 원인은 자왜현상(Magnetostriction) 때문인데, 자왜현상이란 자기장에 의해 기계적 변형이 일

어나며, 그림 1 과 같이 한 번의 교류 주기 동안 자기장의 크기가 두 번 최대가 되므로 자왜현상에 의한 진동은 교류 주파수의 두 배의 주파수로 발생한다.

그림 2는 주변압기 진동을 주파수 스펙트럼으로 120Hz 하모닉에서 진동이 발생함을 볼 수 있다.

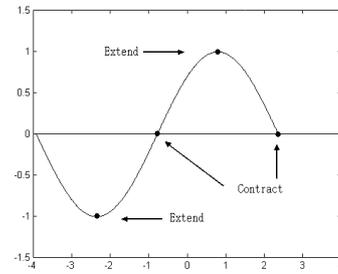


그림 1. Extend and Contract in Wave

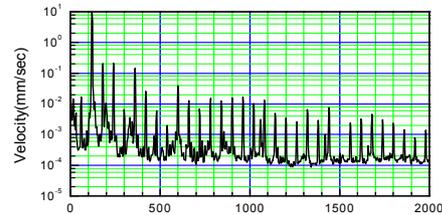


그림 2. Vibration in Transformer (FFT Analysis)

#### 2.2 대형 변압기 진동 측정 및 결과

##### (1) 진동 측정 대상 및 방법

현재 운전중인 전체 원자력발전소 (총 20개호기, 54개 주변압기) 주변압기를 대상으로 하였다. 그림 3과 같이 변압기 한면에 대한 측정점을 나타낸 것으로, 1개 변압기당 50~200개소를 측정하였으며, 변압기 우측면을 기준으로 전체를 약 1~2m 등간격으로, 30~60개소에 가속도계를 사용하여 정밀 측정하였다.

##### (2) 측정 개요

- ① 측정항목 : 운전중 주변압기 진동속도(mm/sec)
- ② 측정 주파수 : 0 ~ 2 kHz (주파수 간격 = 1.25 Hz)
- ③ 측정 및 분석 장치

† 교신저자; 한전전력연구원

E-mail : maerong@kepri.re.kr

Tel : (042) 865-5313, Fax : (042) 865-5499

\* 한전전력연구원

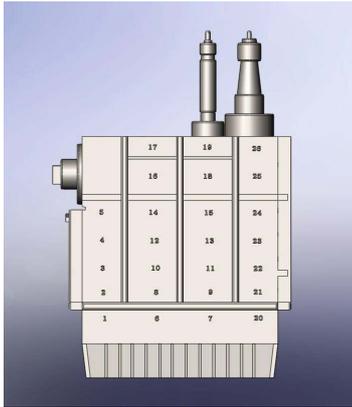
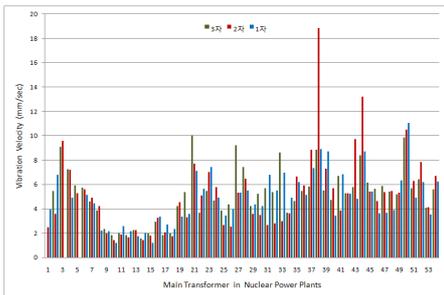


그림 3. 원전 주변압기 진동 측정 위치 예

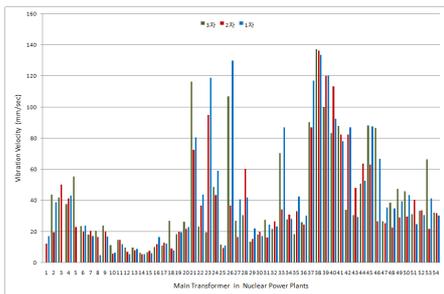
- ㉠ 가속도계 : PCB 357B33 및 B&K 8318
- ㉡ Charge Type Amplifier : RION UV-06A
- ㉢ 데이터 취득 및 분석 장치 : OROS OR38 및 OR34

(3) 측정 결과

그림 4는 전체 원자력발전소 주변압기 진동에서 120 Hz 성분만을 정리한 것으로 많은 편차를 보이고 있다. 특히 그림 4(b)에서 나타난 것과 같이 국부 최대진동값은 아주 큰 편차를 보이고 있다.



(a) Mean Vibration Velocity in each Main Transformer



(b) Max. Vibration Velocity of the partial part  
그림 4. Vibration Velocity in Main Transformers

2.3 대형 변압기 진동 기준치 재설정

(1) 평가방법 및 판정기준

각 측정 위치에서의 진동속도 중 최대값을 기준으로 측정치의 진동속도(RMS, mm/sec)를 그림 5를 참조하여 진동등급(VR: Velocity Rating)을 정한다. 결정된 진동 등급

으로부터 주변압기의 정격용량 및 그림 6을 참조하여 대상 주변압기의 허용기준과 비교한다. 또한 주변압기의 특성에 따라 다음의 5가지 등급으로 허용기준을 나눌 수 있다.

Grade A	Grade B	Grade C	Grade D	Grade E
양호		불량		

단, Grade E는 Grade D를 초과하는 진동속도의 등급임.

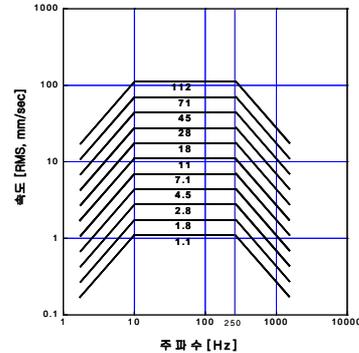


그림 5. Velocity rating curve in narrow band  
(In case of under 10 Hz and over 250 Hz, increase and decrease by the slope of 20 dB/decade)

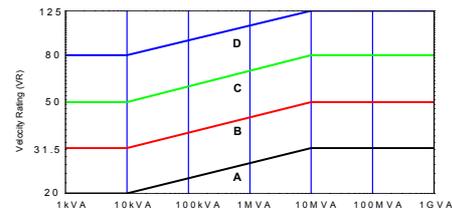


그림 6. Vibration ratings by transformer capacity

(2) 적용 결과

등급	A	B	C	D	E
개수	84	33	14	22	4

이처럼 현재 운영중인 주변압기들은 다양한 등급에 분포되어 있으며, 문제시되는 D, E등급의 주변압기는 현재 모두 교체하여 운영 중에 있다.

4. 결 론

대형 변압기에 대한 다수의 측정점 및 주파수 특성 측정 결과로부터 Single Number Rating을 제안하고 측정결과로부터 진동속도의 VR 값을 산출하였다.

제안된 VR 값으로부터 허용 등급의 의미와 기준을 제시하고 주변압기 등급을 산정하였다. 그 결과 Grade D 이하의 주변압기는 2007년 후반부터 2009년까지 신규변압기로 교체되었거나, 교체될 예정이다.

따라서 향후 적용된 등급으로 지속적인 운전관리를 실시하여 대형 변압기에 대한 체계적인 관리를 하는데 큰 기여를 할 것으로 판단된다.