

변압기용 고효율 차음판의 진동 및 소음 비교

Comparison of vibration and noise of higher utility factor Insulation Panel for Transformer

정재환* · 이정환* · 정한열* · 임동수** · 김진** · 최병근†

J. H. Jeong, J. H. Lee, H. E. Jeong, D. S. Lim, J. Kim, B. K. Choi

Key Words : Transformer(변압기), Insulation Panel(차음판), enforce beam(보강빔),

ABSTRACT

Highly damped insulation panel for transformer construction is needed in residential area because the making noise from transformer substation in inner city is appeared a lost of problem by increasing to conserve living environment. Therefor in this paper, the vibration and noise characteristic effect of cork-type and sponge-type that is attached between insulation panel and enforce beam in transformer is analized using real size transformer experimentally

1. 서 론

최근 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 환경문제는 오늘날의 산업에서 빼 놓을 수 없는 중요한 문제이다.

산업의 성격에 따라서 환경적 심각성에는 차이가 있을 수 있으나 환경 보전이나 환경복구를 위한 산업은 환경 문제로부터 자유스럽지 못하다는 것은 사실이다.

현재 우리가 사용하고 있는 전기 에너지를 생산, 공급하는 전력 산업 또한 환경문제 측면에서 자유롭지 못한 실정이다. 발전소에서 발생하는 매연, 분진, 소음 등이 그러하며 변전 시설의 전자파 유해성 논란, 시설입지에 대한 환경단체와의 마찰 등, 경우에 따라서는 심각한 사회 문제가 되고 있다.

전력수요의 증가와 도심지역의 확대로 도심지의 기존 변전소에 변압기를 증설하거나, 주거지역에 새로

운 변전소의 건설이 필요하다. 그러나 도심지 변전소는 부지확보의 어려움도 있지만, 주민들의 반대에 의해 변전소 건설이 원활하지 않은 실정이다. 특히 도심지의 변압기에서 발생하는 소음은 생활환경 보전 요구의 증대로 최근에 많은 문제점을 제기하고 있다.

따라서 본 논문에서는 변압기에서 방출되는 진동과 소음을 효과적으로 감소시킬 수 있는 변압기용 차음판의 코르크타입과 스펀지타입의 진동 및 소음특성을 비교·분석해 보았고 차후에 차음판의 선행연구결과를 토대로 해석하여 제작한 고효율 차음판의 소음 및 진동특성을 비교·분석할 예정이다.

2. 변압기의 개요

변압기란 전자세력을 매개로 전자유도 작용에 의하여 한쪽의 권선에 공급한 교류 전기를 다른 쪽의 권선에 동일주파수의 교류전기로 전압을 변환하는 정지 유도기기로서 적어도 2개 이상의 전기회로를 구성하는 권선들과 한 개의 공통된 자기회로를 이루는 철심 및 절연유 등의 절연물로 구성된다.

변압기는 사용 장소에 따라 증폭기 등에 사용되는

† 국립 경상대학교 기계항공공학부
E-mail : bgchoi@gnu.ac.kr
Tel: (055) 640-3059, Fax: (055) 640-3188

* 국립 경상대학교 정밀기계공학과

** (주식회사)효성중공업

소형변압기, 배전선로 전주 위에 설치되는 주상변압기 및 발전소, 또는 변전소 등에 설치되는 전력용 변압기 등으로 나눌 수 있으며 그 외에도 사용목적에 따라 시험용 변압기, 접지변압기, 정류기용 변압기, 전기로용 변압기, 방폭형 변압기 등이 있다.

변압기에서 발생하는 소음은 거의 대부분이 코어에서의 자기 변형적(magnetostrictive) 진동에 의해서다. 변압기 철심(core)에서 유기되어지는 교변유도자계에 의하여 철심의 규소강판이 진동하게 되고 이 진동으로 인해 발생한 소음이 변압기내의 절연유(차단유)를 통해 대기로 방출된다. 이 소음의 주된 주파수 성분이 120Hz로 알려져 있다.⁽²⁾ Fig. 1은 실험에 사용한 변압기이다.



Fig. 1 Transformer

3. 해석 및 해석 결과

변압기용 차음판의 경우 Plate가 크면 다자유도계에 가까워 plate의 고유진동수의 개수가 조밀하게 많아지게 되며, 120Hz 가진원의 하모닉스 성분들을 회피하기 어려워지게 되므로 가급적 plate의 size를 작게 하는 것이 공진회피설계에 유리하다.

실제 plate의 경우 유연한 개스킷위에서 볼트로 체결될 것이므로, 해석에서 얻은 결과 값보다는 plate의 실제 고유진동수 값이 낮아질 것이다. 따라서 가진소음원의 주파수를 기준으로 +20, -10Hz 이내이면 공진가능성이 높은 것으로 판단하고 다음 Table. 에서 보는 것처럼 고유진동수의 개수를 나타내었다.

해석 결과 A, C, D판에서의 고유진동수 값이 변압기 전원주파수(120Hz)의 공진영역 안에 속해 있는 것을 알 수 있다. 이는 실험을 할 때 공진영역에 걸려 진동값과 소음값이 높게 측정될 수 있음을 나타낸다.

Table 1. Analysis result of Natural frequency (Ansys)

Mode	Plate A&B	Plate C	Plate D	Plate E	Plate F
1	129Hz	82Hz	107Hz	89Hz	80Hz
2	130Hz	117Hz	108Hz	189Hz	81Hz
3	237Hz	118Hz	277Hz	190Hz	175Hz
4	337Hz	119Hz	278Hz	318Hz	301Hz
5	338Hz	119Hz	316Hz	319Hz	338Hz
6	340Hz	296Hz	317Hz	364Hz	401Hz
7	358Hz	298Hz	478Hz	365Hz	402Hz
8	359Hz	349Hz	479Hz	420Hz	424Hz
9	554Hz	525Hz	498Hz	421Hz	426Hz
10	555Hz	526Hz	540Hz	438Hz	552Hz
11	721Hz	557Hz	651Hz	585Hz	563Hz
12	726Hz	558Hz	712Hz	586Hz	564Hz
13	727Hz	582Hz	713Hz	587Hz	565Hz
14	737Hz	767Hz	723Hz	588H	576Hz
15	738Hz	768Hz	723Hz	598Hz	577Hz
16		783Hz	735Hz	736Hz	717Hz
17		784Hz	736Hz	738Hz	718Hz
18			741Hz	751Hz	719Hz
19			747Hz	780Hz	741Hz
20				781Hz	742Hz
21					743Hz
22					744Hz
23					761Hz
24					762Hz
25					763Hz
26					769Hz
27					770Hz

4. 실험 장치

4.1 실험장치

이번 실험에서는 정반위에 변압기를 두고 변압기 내부에 스피커를 설치하여 실험하였다. 실험 대상으로는 기존 차음판의 테두리 부분에 스펀지와 코르크를 부착 후 실험하여 비교 하였으며 총 6개의 차음판을 실험 하였다. B판의 경우 A판과 크기가 동일하여 Table 2 에서 제외했다.

각 차음판 마다 실험을 반복적으로 수행하였으며 차음판에서의 Modal Test. 가속도 값, Sound Power 및 Sound Pressure의 측정을 위해 B&K Pulse 장비를 사용하였다.

Table 2 Size and kind of Insulation Panel

차음판	종류	두께	가로	세로
	A	9T	936	560
	C		897	650
	D		936	650
	E		898	830
	F		936	830

4.2 측정 방법

변압기의 각 차음판의 성능을 알아보기 위해 다음의 실험을 수행하였다.

① 차음판의 고유진동수

(Impact Hammering Test)

② 차음판에서의 가속도 값

③ 차음판에서의 Sound Power

④ 차음판에서의 Sound Pressure

또한 Fig. 2에서와 같이 변압기 내부에 마이크를 설치, 내부 음압의 변화를 체크 하였고, 각 차음판과 변압기가 접합하는 부분에 코르크와 스펀지를 붙여 두 타입 중 어떤 타입이 진동 및 소음 저감 성능이 탁월한지 비교 분석하였다.

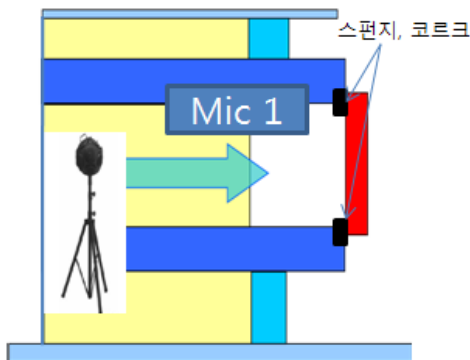


Fig. 2 Measurement System

5. 실험 결과

5.1 Impact Hammering Test

Table 3, Table 4은 각 스펀지타입과 코르크타입의 Impact Hammering Test시 결과 값을 나타낸 것이다.

스펀지타입의 A, B, C판에서의 고유진동수 값이 변압기 전원주파수(120Hz)의 공진영역 안에 속해 있는 것을 알 수 있다 또한, 코르크타입 역시 A판에서 공

Table 3 Eigenvalue of Insulation panel (sponge Type)

	1mode	2mode	3mode	4mode
A	129(107.5%)	337	554	737
C	118(98.3%)	296	526	768
D	108(90%)	317	487	736
E	89	318	420	587
F	175	301	401	565

Table 4 Eigenvalue of Insulation panel (cork Type)

	1mode	2mode	3mode	4mode
A	115(95.8%)	318	531	712
C	93	321	522	764
D	93	297	516	724
E	72	168	292	739
F	70	168	273	540

진영역 안에 속해 있으나 나머지 C, D판에서 공진영역을 회피한 값을 나타내고 있다. 그러나 코르크타입 역시 A판에서 공진영역에 속하므로 진동과 소음이 커질 것으로 사료된다.

5.2 강제 진동시 가속도 값

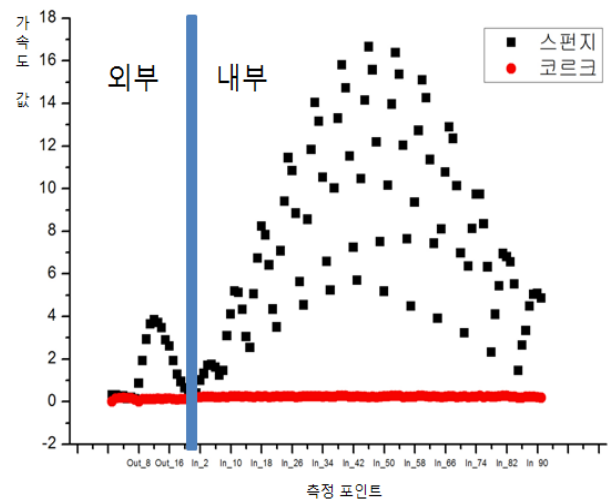


Fig. 3 Measurement of Acceleration

강제 진동시 변압기 내부에 스피커를 설치하여 120, 240, 360, 480Hz로 강제진동 시킨 후 차음판에 외부 22point, 내부 91point의 격자를 그려 가속도 센서를 부착하여 진동을 측정 하였다. Fig. 3은 접합부가 코르크타입과 스펀지타입의 120Hz인 경우 A판의 가속도값을 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 120Hz A판에서 스펀지타입의 경우 차음판의 중앙부분으로 갈수록 진동 값이 커지는 것을 알 수 있다. 그리고 코르크 타입의 값이 스펀지 타입에 비해 현저히 낮은 것을 알 수 있다. 또한 B~F판의 경우에도 코르크타입의 값이 낮게 측정되는 것을 확인 하였다. 이는 스펀지타입의 경우 120Hz에서 공진영역에 속하여 진동값이 커진 것으로

사료된다.

5.3 Sound Power

Fig. 4는 각 타입의 120Hz에서의 Sound Power값을 나타낸 것이다.

그림에서 보면 접합부가 코르크타입의 power값이 스펀지 타입의 power값보다 각 차음판 A~F까지 5~15dB정도 낮게 측정된 것을 알 수 있다.

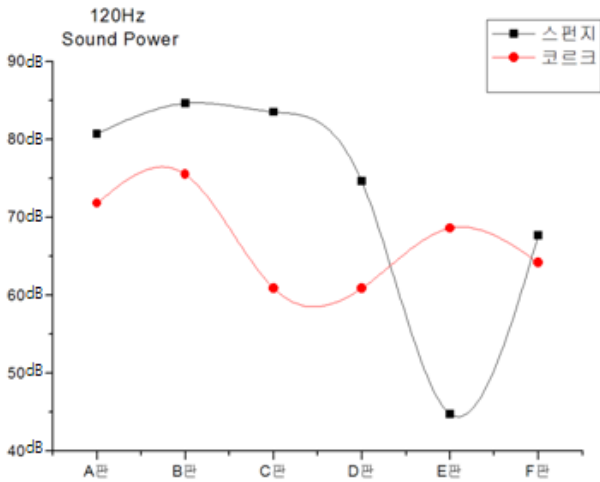


Fig. 4 Measurement of Sound Power

접합부가 스펀지타입인 경우보다 코르크타입인 경우의 Power값이 더 낮게 측정된 이유는 진동 가속도가 코르크타입이 스펀지타입보다 낮게 측정되었기 때문인 것으로 사료된다. 하지만 E판의 경우 코르크타입보다 스펀지 타입의 power값이 더 낮게 측정 되었다.

240Hz, 360Hz, 480Hz 및 Random의 경우도 마찬가지로 각 차음판에서 코르크타입이 스펀지타입보다 Power값이 약 9dB정도 낮게 측정된 것을 확인 하였다. 하지만 240Hz에서 스펀지타입이 코르크타입보다 Power값이 더 낮게 측정되는 경우도 있어 코르크타입이 주파수의존성이 있는 것으로 사료된다.

5.4 Sound Pressure

Table 5. Noise of Insulation Panel (Unit: dB)

	내부음압	스펀지타입(외부)	코르크타입(외부)
A	115	88.7	82.7
B		93	80.4
C		92	74.1
D		84.6	74.3
E		88.5	73.1
F		81.3	66.1

Table 5는 각 타입의 120Hz Sound Pressure값과

변압기 내부 음압 측정하여 나타낸 것이다. 변압기의 주 가진원인 120Hz에서 내부음압의 경우 115dB로 일정하게 나타났다.

외부에서 측정한 스펀지타입과 코르크타입의 경우 A~F판까지 모두 코르크타입의 차음판이 스펀지타입의 차음판보다 6~18dB정도 낮게 측정된 것을 확인할 수 있다. 그러나 나머지 조화 성분들에서 Power값과 마찬가지로 스펀지타입이 더 낮은 값을 보이는 경우도 있어 코르크타입이 주파수의존성이 있는 것으로 사료된다.

4. 결론

본 논문에서는 변압기에서 발생하는 진동 및 소음을 대상으로 변압기차음판의 접합부가 코르크타입인 경우와 스펀지타입인 경우에 전달되는 진동과 소음을 비교 실험하였다.

실험 결과 가속도 값을 보면 접합부가 코르크타입인 경우가 스펀지타입인 경우보다 가속도 값이 현저히 낮은 것을 알 수 있다. 이는 스펀지타입이 120Hz에서 공진 영역에 속하여 진동값이 커진 것으로 사료된다. 나머지 조화 성분인 240, 360, 480Hz에서도 코르크타입의 값이 낮게 측정되는 것을 확인 하였다. 120Hz에서 Sound Power값, Sound Pressure값 모두 코르크타입이 스펀지 타입보다 차음성능이 뛰어나다는 것을 알 수 있었다. 이는 차음판을 Fix하는 부분에서 스펀지타입의 경우 차음판과 변압기의 볼트 체결력에 의해 차음에 필요한 부피가 축소되어 차음 효과에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 또한 코르크타입의 경우 볼트 체결력으로 인한 변형이 스펀지 타입에 비해 미미해 차음효과가 더 뛰어난 것으로 사료된다.

그러나 나머지 조화 성분들인 240, 360, 480Hz에서 스펀지타입이 코르크타입보다 더 차음효과가 뛰어난 부분도 있어 꼭 코르크타입이 좋다고 할 수 없지만 변압기용차음판에서는 코르크타입을 사용하는 것이 더 좋은 것으로 사료된다.

이상의 결과를 토대로 차후에 차음판의 선행연구결과를 토대로 해석하여 제작한 고효율 차음판의 소음 및 진동특성을 비교·분석 하려고 한다.

후 기

이 논문은 산업 자원부 지역혁신인력양성사업, 2단계 두뇌한국21(2nd BK21)과 지방대 혁신 역량 강화산업(NURI)의 지원을 받았습니다.

참 고 문 헌

- (1) Harris, C. M, 1957, Hand book of noise control, McGraw-Hill, New York.
- (2) Harris, C. M, and Crede, C. E. Shock and Vibration Hand book, McGraw-Hill, New York.
- (3) Minoru, K. Yasuro, H., Masaaki, M. and Toshimitsu., 1983, IEEE
- (4) Edward F. Ellingson, Allis-chalmers Corporation, Milwaukee, Wisconsin, 1979, "Transformer noise abatement using tuned sound enclosure panels", IEEE, pp.184-191.
- (5) H. E. Jeong 2006, "Comparison of Performance of Sound Insulation Panel for Transformer", KSNVE pp.1302-1305
- (6) 이건복, 임병덕, 정태건, 황재혁, 2002, 최신기계진동학, 피어슨 에듀케이션 코리아, 2장.