

냉각시스템 구조 변경을 통한 대용량 변압기 저소음화 연구

Low Noise Design of Large Transformer through Structural Modification of Cooling System

김형택† · 주원호*
Hyung-Taek Kim and Won-Ho Joo

1. 서 론

산업설비나 공장에 필요한 전압을 공급하는 용도로 가장 널리 사용되는 변압기는 기본적인 승압/강압 성능, 온도 등 작업에 필요한 기능적인 품질 요소뿐만 아니라 저진동, 저소음에 대한 요구가 최근 크게 증가하고 있다. 특히 대용량 변압기의 경우, 냉각을 위하여 10~50 개의 팬이 적용되므로, 저소음 변압기 설계를 위해서는 냉각 시스템을 최적화하여 팬소음을 저감하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 대용량 변압기의 냉각팬 주위의 유동소음 해석 및 시험을 통하여 냉각팬 및 냉각팬 주위의 구조 변경안을 도출하고, 이를 통해 냉각 성능을 향상시키고 동시에 소음을 저감할 수 있는 방안을 도출하고자 하였다. Figure 1은 실제 대용량 변압기의 다수의 냉각팬과 열교환기를 포함한 냉각 시스템을 나타낸다.



Figure 1 대용량 변압기 냉각시스템

2. 냉각팬 주위 유동해석 및 결과 검토

대용량 변압기는 1개의 냉각팬이 아닌 다수의 냉각팬이 동시에 구동되며, 각각의 냉각팬은 바로 뒤에 장착되어 있는 소형 모터에 의해 구동된다. 대용량 변압기 냉각팬 주위에 대해 유동해석모델 (Figure 2)을 구축하였으며, 3차원 유동소음해석을 수행하여 Figure 3과 같은 유동 양상을 확인하였다.

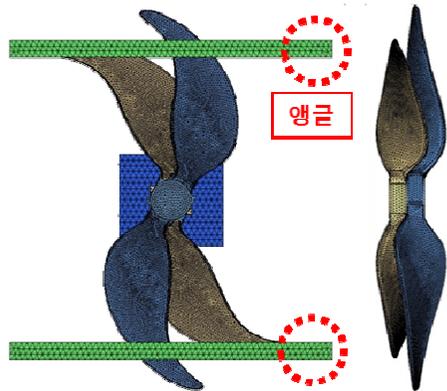


Figure 2 냉각팬 및 주위 구조

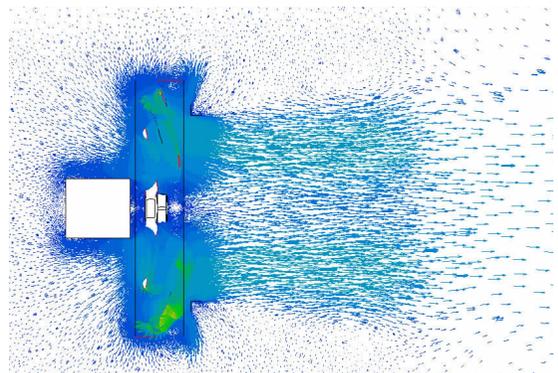


Figure 3 변압기 냉각팬 주위 유동 속도 분포

† 현대중공업 동역학연구소
E-mail : htkim7@hhi.co.kr
Tel : (052)202-9097, Fax : (052)202-5495
* 현대중공업 동역학연구소

위의 해석 결과는 변압기의 실제 구동 시, 냉각팬이 60 Hz, 900 rpm 으로 회전하는 조건에서 수행되었으며, 상용 CFD 해석 프로그램인 SC/TETRA를 이용하였다. 유동 해석 결과에서 확인할 수 있듯이 블레이드 앞에 설치되어 있는 앵글(Angle)에 의하여 유동의 교란이 상당히 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한 본 변압기에 장착되는 냉각팬의 경우에는 유동을 가이드 해줄 수 있는 장치가 전혀 없기 때문에 풍량이 분산되는 영향이 있음을 확인할 수 있다. 이러한 점들은 변압기 냉각 효율 측면에 있어서 불리한 영향으로 작용하므로, 이에 대한 개선이 필요하다고 판단된다.

3. 냉각팬 주위 구조 변경에 따른 냉각 및 소음 특성 파악

본 장에서는 변압기 냉각팬 및 냉각팬 주위 구조 변경을 통하여 냉각 성능을 향상시키고, 이를 통해 소음 저감을 위한 냉각 성능의 마진을 확보할 수 있는 방안을 강구하였다. 냉각 성능의 마진을 확보하면 냉각팬 개수를 줄이거나 회전수 및 날개 직경을 축소하는 방향으로 소음을 저감할 수 있기 때문이다.

3.1 비등각(Uneven) 냉각팬의 최적 각도 선정

현재의 냉각시스템에서 냉각 효율을 최대한으로 증가시키기 위하여 비등각 냉각팬의 블레이드 사이 각도를 변경함에 따른 냉각 성능을 Figure 4에 나타낸 시험 장치를 통하여 검증하였다. 블레이드 사이의 각도를 A ~ D 타입으로 4종류로 제작하여 단일 면적의 덕트를 통과하는 풍속, 즉 풍량으로 비교하였으며, 다음과 같이 특정 A의 각도를 갖는 비등각 냉각팬의 경우, 다른 각도에 비하여 약 9% 정도의 유량 상승 효과를 확인하였다. 유량 측정과 함께 덕트 끝단에서의 소음 수준을 측정하였으며, Table 1에 나타낸 바와 같이 각도 변경에 따라 전체 소음 수준은 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다. 따라서 동일한 소음 수준을 유지하면서 최적의 냉각 성능을 갖는 냉각팬의 최적 각도를 선정하였다고 판단된다.

Table 1 블레이드 각도 별 유량 및 소음 측정 결과

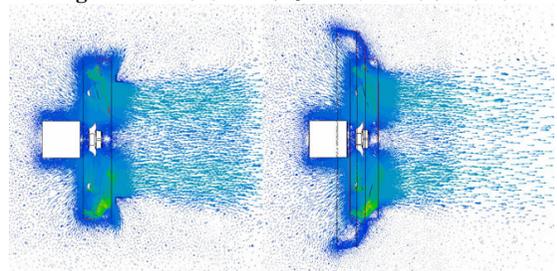
블레이드 각도	A	B	C	D
유량[CMS]	4.08	3.76	3.81	3.51
소음[dBA]	69.6	70.0	69.3	69.8

3.2 유동가이드(Flow Guide) 장착

유동가이드는 기계류의 냉각팬에서 나오는 바람을 강제적으로 통과시키게 함으로써 냉각 성능을 향상시키기 위하여 적용되는 장치이다. 이를 적용하여 냉각 성능이 향상되는 효과를 검증하기 위하여 유동 소음 해석을 수행하였으며, 적용 전, 후의 비교 결과를 Figure 5에 정리하여 나타내었다. 유동의 직진성이 향상되어 열교환기로 향하는 유량이 해석 결과 약 8% 증가된 경향을 확인하였다.



Figure 4 냉각성능 측정을 위한 시험 장치



(a) 개선 전 (b) 개선 후

Figure 5 유동가이드 적용 전, 후 유동 속도 분포

이와 같이 유동가이드가 적용된 모델에 대하여 3차원 유동소음해석을 수행하였으며, 해석 결과 약 1 dB의 소음 저감 효과가 나타나는 것을 확인하였다. 본 해석 결과 역시 냉각팬에 대한 유동소음 시험장치(Figure 5)를 이용하여 검증하였으며 역시 동일한 경향을 확인할 수 있었다. 따라서 유동가이드를 설치하는 것은 냉각 및 소음 성능을 동시에 향상시키는 데에 도움이 될 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 논문에서는 비등각 냉각팬의 최적 각도를 결정함과 동시에 유동가이드를 적용함에 따라 냉각 성능이 각각 8%, 9% 향상되는 효과를 확인하였다. 따라서 동일한 냉각 성능을 유지한다고 가정하면 약 3 dB의 소음 저감 효과가 있을 것으로 판단된다. 또한 유동 가이드의 경우에는 추가적인 소음 저감 효과 1 dB를 확인하였다. 이러한 결과를 대용량 변압기의 저소음 설계에 성공적으로 적용할 수 있음을 확인하였다.