

저소음 사류팬과 역방향 디퓨저를 이용한 원거리 기류 제어 기술

서형준

삼성전자 생활가전사업부

hj.seo@samsung.com

서론

에어컨 구조 및 설치 형태는 주거 문화에 영향을 받는다. 특히 국내의 경우는 아파트 문화의 발달로 스탠드형 에어컨 위주로 발전된 시장이다. 아파트의 특성은 거실과 주방이 전체 건축 면적의 50% 수준을 차지하고, 거실과 주방의 경계에 벽체가 없는 개방된 구조이므로 직사각형에 가까운 구조로 되어있다. 따라서 이러한 주거 환경에 알맞도록 소비자 요구에 대응한 제품을 개발하기 위해서는 하기와 같은 요구 사항이 반영되어야 한다.^(1,2)

- 1) 거실과 주방의 냉방 부하에 대응 가능
- 2) 에어컨 실내기에서 토출된 냉각기류가 에어컨이 설치된 공간인 거실에서부터 주방공간까지 도달할 수 있어야 함

에어컨 실내기는 열교환기, 팬모터, 팬과 이들의 부품을 고정하는 실내기 구조 프레임 등으로 구성되어 있다. 제품의 효율을 향상시키기 위해서는, 제품의 구성하는 열교환기, 팬, 팬모터 등과 같은 부품들의 효율을 향상시키는 연구뿐만 아니

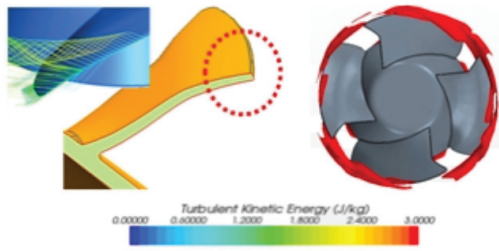
라, 특히 열교환기와 팬을 효율적으로 배치해서, 유로저항을 최소화하여야 고효율 저소음 시스템을 구축할 수 있다.

본 연구에서는 국내시장에서 가장 보급률이 높은 스탠드 에어컨의 소형화와 원거리 기류구현을 동시에 만족하는 고효율, 저소음 사류팬과 역방향 디퓨저 설계기술들에 대해, 부품별로 개선 내용을 상세히 기술하였고 유동해석 및 시험평가를 통해 그 원리와 효과에 대한 검증 결과를 기술하였다.

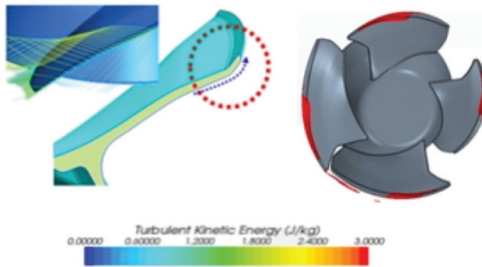
고효율 저소음 사류팬 설계기술

회전의 팁 형상 변경에 따른 유동소음 저감

그림 1은 사류 팬의 저소음 구현을 위해 적용한 윙 팁 형상과 그에 대한 유동해석 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 회전의 최외곽 끝 단과 벨 마우스 사이에서 발생하는 불규칙한 유동교란이 높은 난류에너지를 발생시키고 있는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 팁 부근의 유동교란은 출구부 후단의 고정익 디퓨저와의 간섭에 의해 유동소음

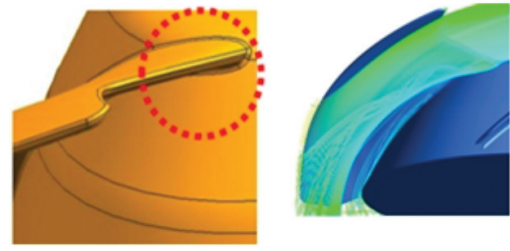


(1) 기존형상

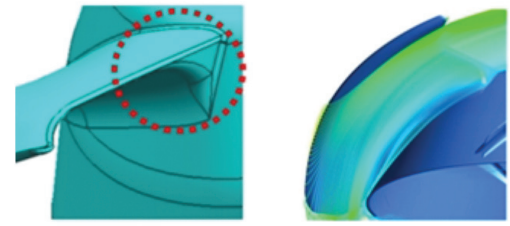


(2) 개선형상

[그림 1] 회전익의 팁 형상 개선안 및 유동해석결과



(1) 기존형상



(2) 개선형상

[그림 2] 허브 내측부 개선형상 및 유동해석결과

을 상승시키는 원인이 됨을 확인하였다.⁽³⁻⁶⁾

본 연구에서는 회전익의 압력면과 부압력면의 압력 차에 의해 발생하는 팁-볼텍스(Tip-vortex)의 영향을 완화시키기 위해 그림에서 보는 바와 같이 날개 최외곽 끝 단부 형상을 부압력면 방향으로 곡부적인 회전익 팁 형상을 개선하여 적용하였다. 이 부분의 유동해석 결과, 유동교란영역에서 난류에너지 저감을 확인하였고, 소음 평가 시 기존형상대비 소음레벨 약 1 dBA 저감효과를 확인하였다.

허브형상 개선에 따른 유동흐름 향상

그림 2는 사류 팬의 유동성능 향상을 위해 고안된 회전익 허브형상과 그에 대한 유동해석 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 기존의 허브영역에 형성된 불안정한 유동은 사류팬 사면과 회전익이 만나는 협소한 구간에서 발생되는데 이곳에서 내측 유로부의 유동교란을 발생시켜 유동성

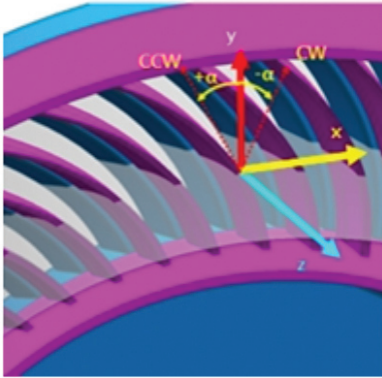
능 저하의 원인이 됨을 확인하였다.

본 연구에서는 이와 같은 유동 불안정을 야기시키는 날개와 허브가 만나는 접촉부 형상을 곡면형상으로 전 구간 변경 적용하였다. 이 부분에 대해 유동해석 결과 그림 2와 같이 기존형상대비 유동손실 없이 유동흐름이 원활하게 형성됨을 확인하였으며, 소음 평가 결과 소음레벨 약 0.5 dBA 저감을 확인하였다.

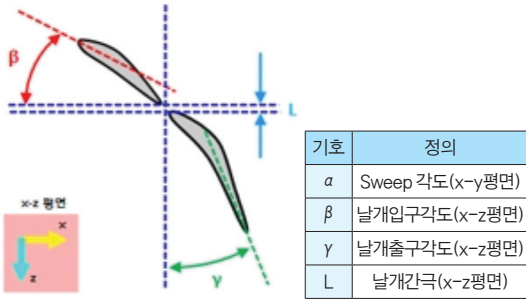
원거리 기류구현을 위한 디퓨저 설계기술

사류팬 후류 고정형 디퓨저 설계인자

일반적으로 축류팬 후단에 적용되는 디퓨저 설계는 그림 3과 같이 허브부터 팁까지 반경방향으로의 몇 개의 캐스케이드 2차원(x-z평면) 블레이드 인자설계(β, γ)를 통해 이루어지고 있다. 특히 사류팬 후단부에 적용되는 디퓨저 설계는 사류팬 허브면을 통해 나타나는 반경방향(y방향)

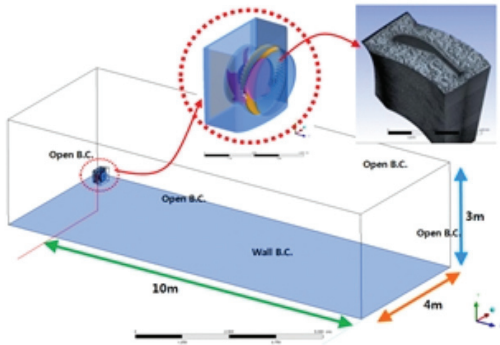


(1) 디퓨저 토출기류 3차원 설계인자



(2) 케이스케이드 2차원 설계인자

[그림 3] 디퓨저 블레이드 설계인자 정의



[그림 4] 사류팬-디퓨저 유동해석 경계조건

속도성분으로 인해 스위프방향 및 스위프각($\pm a$) 설계가 반드시 추가로 고려되어야 한다.

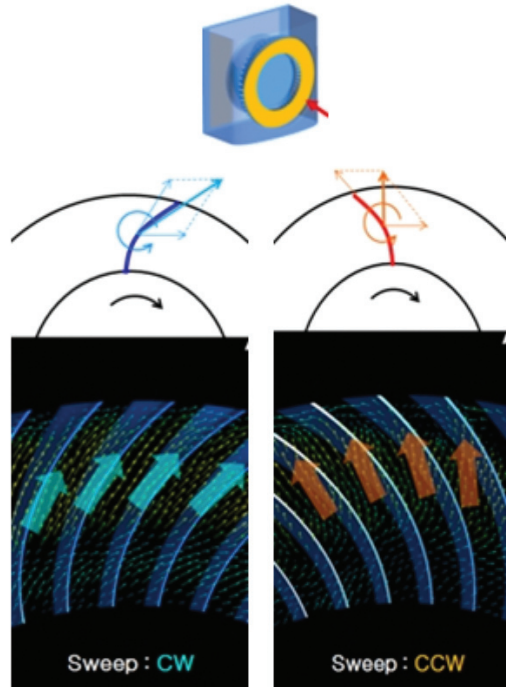
본 연구에서는 디퓨저 스위프방향에 따른 토출기류의 변화에 대해 시계방향(CW)과 반시계방향(CCW)으로 스위프방향을 설계하여 유동해석 하

였다. 본 연구에 적용된 유동해석 경계조건은 그림 4와 같이 열려진 공간에 회전하는 사류팬과 정지된 디퓨저로 구성하였다. 특히 디퓨저 날개면 주위 유동을 보다 정확하게 분석하기 위해 그림과 같이 보다 작은 격자 크기를 선정하여 적용하였다.

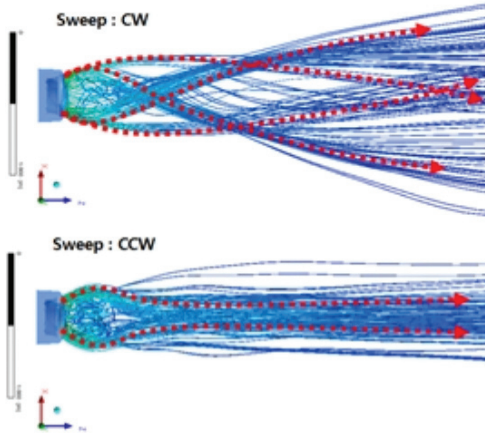
Diffuser Sweep angle에 따른 토출기류특성

그림 5는 디퓨저 날개 후단에서의 속도 벡터를 나타내고 있다. 디퓨저 스위프방향에 따라 토출기류의 반경방향 속도벡터가 시계방향과 반시계방향으로 나뉘어지고 있으며, 이는 디퓨저 스위프방향이 토출기류 반경방향 속도성분을 제어하는 중요 인자로 작용하고 있음을 알 수 있다.

그림 6은 원거리 기류의 기류특성을 나타내고 있다. 디퓨저 스위프방향이 시계방향인 경우, 토출



[그림 5] 디퓨저 스위프방향에 따른 후단부 속도벡터



[그림 6] 디퓨저 스위프방향에 따른 원거리 기류특성

기류는 큰 나선 형태로 선회하며 퍼져 나가는 기류가 형성되는 반면, 시계 반대방향인 경우는 선회기류 없이 중앙으로 모아지는 형태의 기류가 형성되는 것을 확인할 수 있다.

주택환경조건 시험결과

유동 해석을 통해 분석된 스위프방향 특성 및 원거리 기류 효과를 확인하기 위해 시계 방향(CW)과 반시계 방향(CCW)으로 스위프된 디퓨저를 스탠드 에어컨에 적용하여 유동 특성을 확인하였다. 그림 7은 스위프 방향에 따른 수직 온도분포로, 파란색이 많은 경우 차가운 기류가 도달함

을 의미한다. 반시계 방향으로 적용된 디퓨저 형상이 시계 방향 스위프 대비 기류 직진성 및 원거리 특성이 우수한 것을 확인할 수 있다.

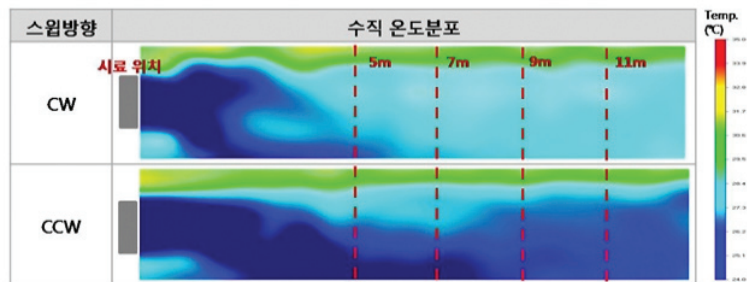
결론

본 연구에서는 스탠드 에어컨의 콤팩트 화와 원거리 기류구현이 가능한 저소음 고효율 사류팬 설계, 역방향 디퓨저에 대한 설계에 대해 원리 및 적용 효과를 유동해석과 주택환경 시험을 통해 검증하였다.

사류팬 최외곽 날개 끝 단부 형상을 부압력면 방향으로 곡면 형상을 적용할 때, 벨마우스와 날개 사이의 틈 볼텍스 영향을 현저히 저감시켜 약 1.0 dBA의 소음저감효과가 나타남을 확인하였다.

유동 불안정을 야기시키는 날개 압력면과 팬 허브면이 만나는 접촉부 형상을 전 구간 곡면형상으로 변경할 때, 유동흐름이 원활하여 약 0.5 dBA의 소음저감이 개선되었다.

열유동해석을 통해 디퓨저 구조의 스위프방향이 토출기류의 반경방향 속도성분을 제어하는 중요 인자임을 확인하였으며, 주택환경 시험평가를 통해 스위프방향이 반시계방향인 경우, 선회기류 없이 중앙으로 모아지는 원거리 기류를 형성시킬 수 있음을 확인하였다.



[그림 7] 스위프방향에 따른 기류 온도 분포

참고문헌

1. ASHRAE Standard 113-1990, Method of testing for room air diffusion, ASHRAE.
2. ASHRAE Standard 55-1992, Thermal environmental conditions for human occupancy, ASHRAE.
3. Fukano, T., Takamatsu, Y., and Kodama, Y., 1986, The Effects of tip clearance on the noise of low pressure axial and mixed flow fans, Journal of Sound and Vibration, Vol. 105, pp. 291-308.
4. Inoue, M., and Kuroumaru, M., 1989, Structure of tip clearance flow in an isolated axial compressor rotor, ASME J. Turbomachine., Vol. 111, pp. 250-256.
5. Ro, S. H. and Cho, K. R., 1998, Numerical analysis on the blade tip clearance flow in the axial rotor – the variation of leakage vortex with tip clearance, Transactions of the KSME Series B, Vol. 22, No. 3, pp. 336-345.
6. Fukano, T. and Jang, C.-M., 2004, Tip Clearance noise of axial flow fans operating at design and off-design condition, Journal of Sound and Vibration, Vol. 275, pp. 1027-1050. 