

에어컨 실외기 풍량증가를 통한 성능 향상 및 상대적 원가절감

김재열*, 최승현⁺, 김성현⁺⁺, 기석호⁺⁺⁺, 윤성운⁺⁺⁺⁺

(Manuscript received: Aug, 16, 2011 / Revised: Mar, 22, 2012 / Accepted: May, 8, 2012)

Improved Performance Through Air Conditioner Outdoor Fan Airflow Increase and Relative Cost Reduction

Jae-Yeol Kim*, Seung-Hyun Choi⁺, Sung-Hyun Kim⁺⁺, Suk-Ho Ki⁺⁺⁺, Sung-Un Yoon⁺⁺⁺⁺

Abstract

Spread of household air conditioning system is continued to be increased. Axial fan in the external unit of air conditioning system is for ventilation and air supplying unit, and the related products have been widely adopted as household electronics, automobile engine, big sized blower in factory, tunnel, and subway.

In this study, commercial 3-winged propeller fan is modified to shape and modified to 2-winged fan for the airflow increase and cost reduction. Using 3D modelling, the fan shape is modified, and analysis flow is adopted to provide the way to airflow increase and reduce cost while maintaining the same wind capacity.

Key Words : Outdoor propeller fan(실외기 프로펠러 팬), Increased airflow(풍량증가), Relative cost reduction(원가절감), 3D Modelling(3차원 모델링), Analysis flow(유동해석)

1. 서론

축류 팬(axial fan)은 지하철 환기 시스템이나 터널 환기 시스템과 같이 비교적 큰 유량을 필요로 하는 대단위 시설물뿐만 아니라 일반 산업기계, 조선, 공조 등의 다양한 분야에 사용되고 있으며, 최근에는 전자제품의 냉각장치, 에어컨 실외기, 냉장고 등과 같은 가전제품에서도 적극 활용되고 있다. 일반적으로 축류 팬은 사용 목적에 따라 다양한 크기와 형태가 존재하며, 특히 유량, 압력, 효율 등은 축류 팬의 성능을 대표하는 주요 인자로 축류 팬의 설계나 선정에 있어 가장 중요한 요소로 여겨

져 왔다. 그러나 실생활과 밀접한 관련이 있는 냉장고나 에어컨 실외기 등에 사용되는 축류 팬의 경우에는 앞서 언급한 송풍특성과 더불어 소음특성이 매우 중요한 설계인자로 여겨지고 있으며, 따라서 최근에는 축류 팬의 소음특성에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다⁽¹⁻²⁾. 축류 팬 설계 시 제품이 사용되어질 공간에 적합한 취출 풍량, 정압상승 및 도달거리뿐 만 아니라 모터의 정격부하와 운전 시간 등을 고려하여야 한다. 이를 만족시키기 위해서 생산자 측에서는 다양한 임펠러와 모터 그리고 케이스 등을 각각의 경우에 따라 조합하여 사용하는 방법을 이용한다. 이중 모터 및 케이스의 경우는 그 경우의 수가 그리

* 조선대학교 메카트로닉스공학과
+ 조선대학교 첨단부품소재공학과
++ 조선대학교 첨단부품소재공학과(정밀기계설계공학전공)
+++ 서영대학교 자동차과
++++ 교신저자, 조선대학교 기계공학과 (suyoon@chosun.ac.kr)
주소: 501-759 광주광역시 동구 서석동 375

많지 않아 크게 문제가 되지는 않지만, 임펠러의 경우는 설계 자체가 난이하여 다양한 팬 제품을 제작하는데 큰 걸림돌이 되고 있다. 이를 극복하기 위하여 생산자 측에서는 임펠러 생산과정에서 준비된 몇 가지 종류의 허브(hub)와 날개(blade) 조정이 임펠러 조립공정에서 아주 간단하게 이루어 질 수 있기 때문이다.

본 연구에서는 기존의 3엽 프로펠러 팬 형상의 변형을 통한 성능 향상을 위하여 3D Modelling 통해 유동 해석 및 Mock-up 제작을 하여 풍동 실험을 진행하여 풍량증가를 위한 방안을 제시 하였으며, 3엽 프로펠러 팬을 2엽 프로펠러 팬으로 전환하여 모델링하고 유동해석을 수행하여 기존의 3엽 프로펠러 팬과 새로이 모델링한 2엽 프로펠러 팬의 유동해석 결과와 비교 분석을 통하여 동일 풍량을 유지하면서 원가 절감을 시킬 수 있는 방안을 제시 하였다.

2. CFD(Computational Fluid Dynamic) Program

2.1 CFdesign

본 연구에서 사용한 CFD 상용 코드는 Blue Ridge Numeric, Inc사 CFdesign이다. CFdesign은 Catia v.5, UG NX, Pro/Engineer Wildfire, Solidworks, Solidege, Inventor 등 대부분의 3D CAD에서 클릭 한번으로 3차원 형상을 손실 없이 CFdesign으로 넘기며 3D CAD내에서 정의한 각종 부품, 물성, 이름 등의 카드 정보도 그대로 받아들여, 경계조건, 물성설정 등 CFD에 바로 사용할 수 있는 해석프로그램이다. 또한, 대부분의 상용 CFD SW들이 FVM(Finite Volume Method)이라 보존법칙(conservation law)을 충실히 구현하도록 상대적으로 물리학적 개념이 강조된 소프트웨어인 반면에 CFdesign은 FEM(Finite Element Method)이라 미분방정식의 차분 개념을 사용한다. CFdesign은 자체적으로 층류/난류, 내부/외부, steady/transient, 비압축성/압축성, 아음속/천음속/초음속 유동에 대한 유동해석 뿐만 아니라, 전도/자연대류/강제대류/복사 열전달 해석을 복합적으로 수행하고, Motion 모듈을 이용하면 유체 내부에 있는 고체의 선형/회전/orbital/nutation 및 이들의 혼합운동에 유동의 변화 등을 해석할 수 있다⁽³⁾. 일반적으로 회전기계에 의한 유동 특성을 해석하는 경우 유동장을 정상 상태로 고려할 수 있고, 경계조건을 결정하기가 쉽다는 장점 때문에 대부분 상대좌표계를 사용하여 해석된다. 본 연구에서는 축류팬의 임펠러 내부의 유동을 3차원 비압축성 정상유동으로 간주하기 위하여 상대좌표계를 사용하였다.

2.2 Flow analysis on existing 3-winged propeller fan

프로펠러 팬으로의 형상 변형을 위한 기초 연구로서 기존의 3엽 프로펠러 팬의 유동해석을 수행하였다.

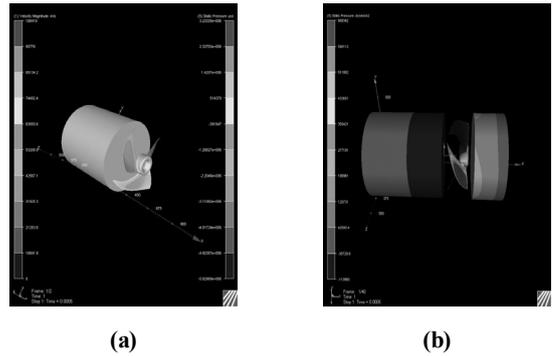


Fig. 1 Pressure line diagram for propeller fan

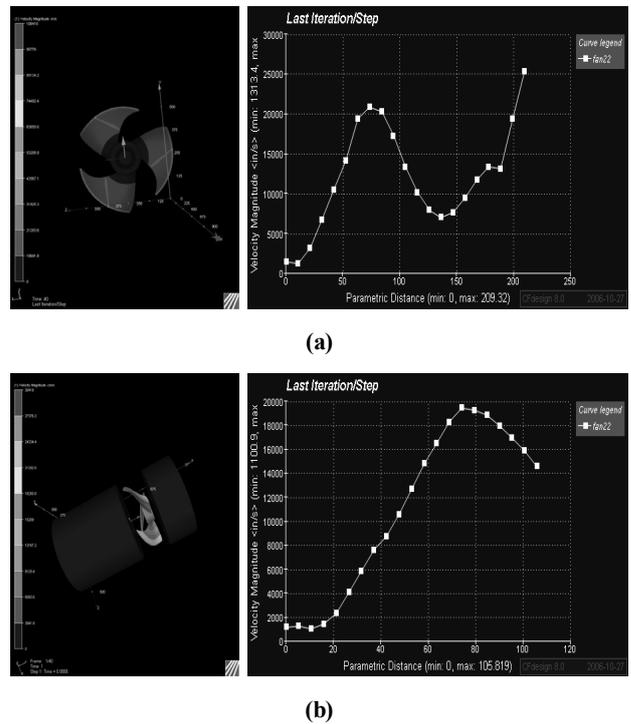


Fig. 2 Speed line diagram for propeller fan

기존 $\varnothing 420$ 프로펠러 팬의 CFD해석 후 압력 분포를 분석한 결과 프로펠러 팬이 회전하면서 팬 날개 전면부쪽에 압력이 많이 받고 있는 것을 확인할 수 있었다. 즉, Fig. 1에서 나타나 있는 것과 같이 압력을 많이 받고 있는 부분은 갈색 및 붉은색으로 표현되어 있는 것을 알 수 있으며, Fig. 2에서 나타나 있는 것과 같이 속도분포 분석 결과는 프로펠러 팬이 회전하면서 팬 날개의 허브 중심에서 약 12cm, 20cm위치에 속도가 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

2.3 CFD analysis condition

CFD 해석 조건 설정으로 입구와 출구의 압력은 0으로 설정하였고, 실제 실외기의 상황을 고려하여 입구쪽 온도만 설정해 주었다. Degrees per Time Step 3°로 총 240 step, 즉 2바퀴를

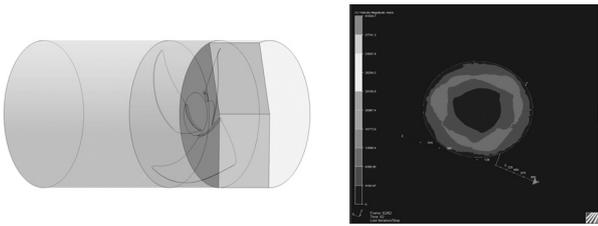


Fig. 3 Flow rate distribution at outlet

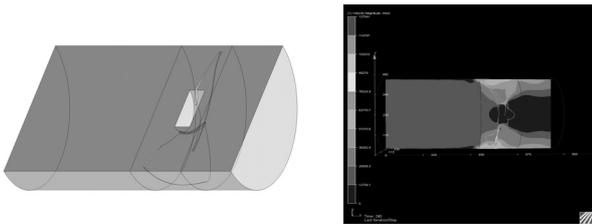


Fig. 4 Flow rate distribution at the center

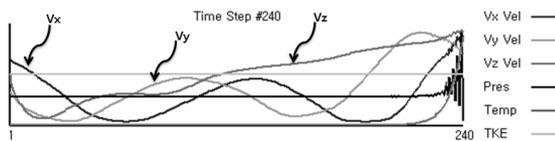


Fig. 5 Flow speed at each direction (x, y, z)

돌렸으며 5Step 마다 1개의 결과 값을 산출하도록 설정하였다. 해석 결과는 다음 Fig. 3과 같이 출구측의 유동량 분포, Fig. 4 중심 단면의 유동량 분포, Fig. 5 유동량과 각 방향(x, y, z) 유동속도를 분석하였다.

2.4 Mock-up제작

기존 $\varnothing 420$ 프로펠러팬의 CFD해석 결과를 바탕으로 블레이드 전연부에 30%, 100%의 덤폴을 적용, 허브 반경과 평행하게 유로를 형성(중양부, 30%-70%), 블레이드 전연부 끝단으로 수렴하도록 유로를 형성(중양부, 30%-70%, 10%-60%-90%), 블레이드 전연부에 가이드 팬스 형성(중양부, 30%-70%, 10%-60%-90%)하여 Mock-up을 제작하여 풍동실험을 수행하여 성능을 평가하였다. 성능 평가결과 기존 팬과의 큰 차이는 나타나지 않았다.

3. 3D Modelling 및 CFD해석

3.1 3엽 프로펠러 팬 CFD 해석

본 연구를 수행하면서 겪었던 시행 착오를 바탕으로 풍량을 최대한 높일 수 있는 Idea를 도출하여 그에 따른 3D Modelling을 하여 CFD해석을 수행하였다. 일반적으로 팬을 설계하는 데

Table 1 Performance evaluation for propeller fan after modification

Fan type	Item	Volumetric Flowrate(m ³ /s)	Performance rate of increment
existing 3-winged propeller fan		2.57275	-
propeller fan after modification		3.72814	45%

에 있어서 좋은 성능을 낼 수 있도록 고려해야 할 변수는 팬의 회전속도, 블레이드(blade)각도 및 날개 수, 블레이드의 형상 등이 있다. 이중 날개의 입구와 출구사이의 손실을 최소화하고 정압상승을 최대화 하기 위한 가장 중요한 요소로 날개의 형상을 들 수 있다⁽⁴⁾. 또한 CAD모델이 존재하지 않아 3차원 측정기를 이용하여 역으로 기존 팬 형상을 모델링 한 후 성능 향상을 위한 형상변형을 수행하였다⁽⁵⁾.

본 연구에서는 프로펠러 팬 단면형상을 기존의 볼록한 부분을 오목하게 변형시킴으로써 볼록한 부분을 타고 빠져나가는 손실유량을 잡고, 프로펠러 팬 후연부의 각도를 2° 증가시켜 원주 방향으로 휘어져 나가는 유량을 잡으며, 팬 날개의 크기를 10mm 늘리고 허브의 크기를 10mm 줄임으로써 팬 날개의 면적을 넓히고, 전연부의 길이 역시 늘려서 3D Modelling을 수행하였다. 형상 변형 시킨 프로펠러 팬의 CFD 해석결과 기존 프로펠러 팬과 비교하여 풍량이 약 45%증가되었음을 알 수 있었다. 그러나 기존 팬 대비 상대적 원가 절감부분에서의 문제점이 있었으며, Voltage 설정은 210V~230V 까지 10V씩 증가 시키며 성능을 측정한 결과 소모 동력에는 크게 차이가 없었으나 소음은 약 0.2dBA이상 기존 팬이 우세하였다.

3.2 2엽 프로펠러 팬 CFD 해석

원가 절감에 부합하기 위하여 기존 3엽 프로펠러팬 형상에서 2엽 프로펠러 팬으로 형상을 변형시켜 풍량은 기존팬과 동일하거나 높이는 방안에 대하여 아이디어를 찾고 그에 따른 3D Modelling 및 Cfdesign 프로그램을 통한 유동해석을 수행하였다. 2엽 프로펠러 팬의 기본 설계조건으로는 Max Diameter 420mm, Thickness of Blade 3mm 로 하였으며, 허브의 직경은 Blade의 크기에 따라 적절히 변경하였다. 해석 조건으로는 3엽 프로펠러 팬과 동일하게 주어 해석을 진행하였다. 2엽 프로펠러 팬은 총 11개 타입으로 형상 변형 시켜 그 성능별 순위를 정하여 보았다. 이 중 Type 6이 성능이 가장 좋았으며, Type 2와 Type 5가 그 다음으로 성능이 좋음을 알 수 있었다. 그러나 각 Type들의 문제점이 허브쪽에서의 풍량은 거의 없음을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 허브쪽에 풍량을 증가 시킬

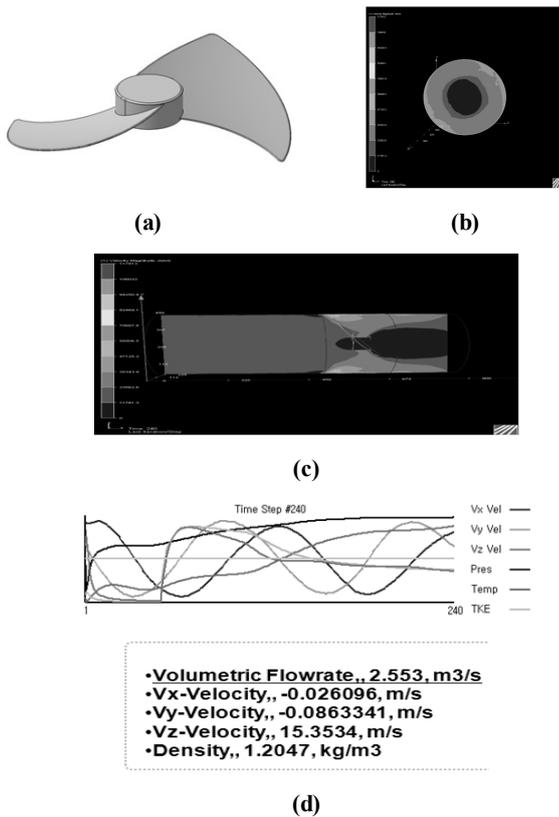


Fig. 6 Type 6-1 CFD analysis

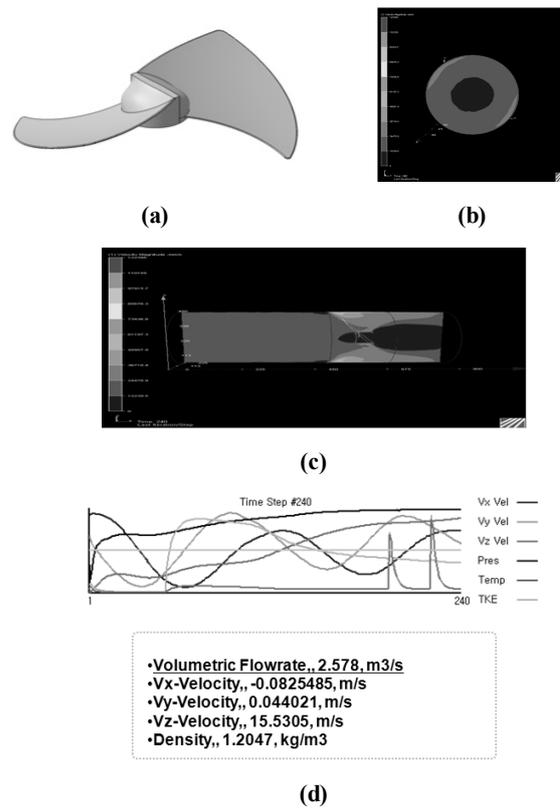


Fig. 7 Type 6-2 CFD analysis

수 있는 방안을 모색하여 보았고, 성능이 좋은 Type6을 선정하여 기존 팬과 면적 및 체적을 비교하여 원가 절감과 풍량증가라는 두 가지 모두 만족시킬 수 있는 방안을 찾아보았다.

3.3 2엽 프로펠러 팬 성능 개선

11개 Type의 CFD해석 결과를 바탕으로 성능이 좋았던 Type 6에 대하여 기존 3엽 팬 면적 및 체적을 비교해 보았으며 문제점으로 지적된 허브쪽에서의 유량을 증가시키기 위한 방안으로 허브의 형상을 변형시켜 보았다.

또한 CFD 해석을 통하여 기존 3엽팬이 가지는 체적유량과 같은 체적유량 성능을 가지도록 블레이드의 면적과 각도를 미세 조정하였다. 팬 허브쪽 유량을 증가시키기 위한 방안으로 허브의 형상을 블레이드 각에 맞추어 연장하여 팬의 역할을 할 수 있도록 개선하였다.

Fig. 6-8에서 보는 바와 같이 기존 3엽 프로펠러 팬의 성능과 동일한 수준의 성능을 가지며 원가절감을 위한 프로펠러팬의 원재료비 절감 목적을 달성하기 위해 2엽 프로펠러팬을 설계가 가능하였다.

기존 팬 1개의 무게가 0.5kg일 경우 최대 18%의 재료를 절감 가능하므로 상당한 원가 절감효과를 얻을 수가 있다.

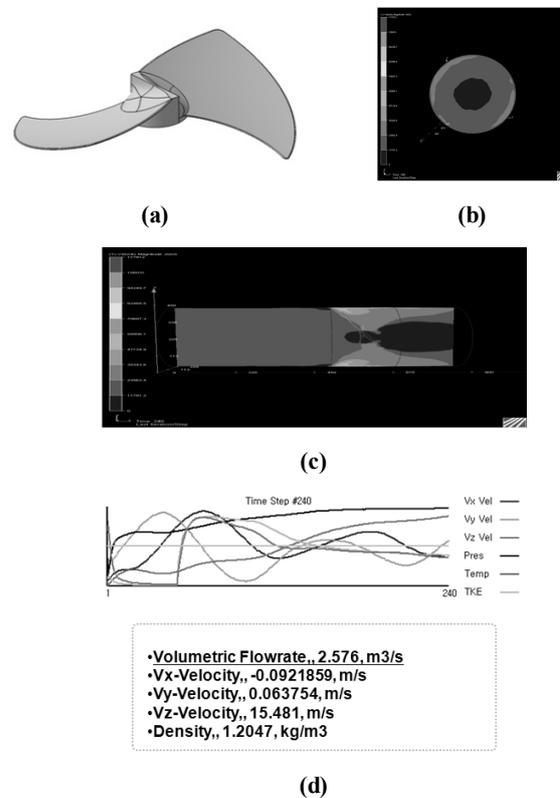


Fig. 8 Type 6-3 CFD analysis

Table 2 Comparison of 2-winged propeller fan with the existing fan (area, volume, performance)

Type	Area	Volume	Weight
6	0.082	2.602	0.431
6-1	0.074	2.307	0.382
6-2	0.074	2.307	0.382
6-3	0.074	2.307	0.382
existing fan	0.09	2.82	0.467

Type	Comparison of existing fan (Weight)	Volumetric Flowrate	Performance rate of increment
6	92%	2.82	10%
6-1	82%	2.55	-1%
6-2	82%	2.578	0%
6-3	82%	2.576	0%
existing fan	-	2.57	-

4. 결론

본 연구의 목적은 기존의 에어컨 실외기에 사용되는 축류팬의 풍량증가를 통한 성능 향상과 실외기 제작 원가를 절감하는데 있다. 이를 위하여 3D Modelling 기법을 이용하여 프로펠러팬의 형상을 변형시켰으며, 그 결과물을 CFDesign 해석틀을 이용하여 그 성능을 예측하여 보았다.

- (1) 소음·진동감소 및 풍량증가를 위하여 기존 팬 CFD 해석 결과를 바탕으로 Mock-up제작을 하여 성능평가를 하였으나 그 결과 기존팬과 비교하여 풍량에는 큰 차이를 보이지 않았고, 소음·진동면에서 기존 팬이 우세하였다.
- (2) 기존 3엽 프로펠러팬의 3D Modelling 을 통한 형상 변형시킨 후 CFdesign 이라는 CFD 상용 프로그램으로 유동해석을 한 결과 약 45%의 성능 증가가 가능하였다.
- (3) 원가 절감 차원에서 3D Modelling으로 2엽 프로펠러팬 11

개 Type을 1차로 설계하여 CFD해석을 수행하였고, 그 중 성능이 좋은 Type을 선정하여 2차 3D Modelling 설계를 하여 CFD해석을 수행 분석한 결과 형상변형시킨 2엽 프로펠러팬과 기존 3엽 프로펠러팬의 성능은 동일 하면서 무게는 약 18% 감소시키는 설계가 가능 하였다.

후 기

“이 논문은 2008학년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음”

References

- (1) Kim, H. J., Sin, D. S., Kim, W., and Jeon, W. H., 2006, “Numerical study on the Flow Noise Source of the Machine Room Axial Flow Fan of a Refrigerator,” *Proc. of KFMA 2006 Spring Conference*, pp. 1002~1006.
- (2) Kang, S. Y., Lee, T. G., Ryu, I. K., and Lee, J. H., 2005 “Performance of an Axial Turbo Fan by the Revision of Impeller Pitch Angle,” *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, Vol. 17, No. 3, pp. 268~276.
- (3) CFdesign Technical Reference : Upfront CFD, Copyright(c) 1992-2005 Blue Ridge Numerics Inc.
- (4) Choi, S. R., Han, C. Y., and Park, K., 1999 “A Study on the Optimized Parting Surface Creation for a Micro Fan,” *Proc. of KSMTE 1999 Autumn Conference*, pp. 245~250.
- (5) Hwang, J. D., Jung, J. Y., and Jung, Y. G., 2004 “A Study on the Application of Reverse Engineering for Impeller using Polynomial Regression,” *KSMTE Vol. 13, No. 5* pp. 103~109.