

배풍기 효율 최적화를 위한 시스템 설계(II)

배진환, 안진우, 이동희
경성대학교

Design of Exhauster System for High Efficiency Drive(II)

Jinhwan Bae, Jinwoo Ahn, Dong Hee Lee
Kyungsung University

ABSTRACT

기존의 배풍기 효율을 높이기 위해서 모터와 제어방식 그리고 임펠러 형상에 변화를 주는 시스템 설계에 관한 연구다. 본 논문에서는 임펠러 속도는 5500rpm으로 증가시키고 크기는 320mm에서 250mm로 줄였으며 효율과 최대 풍량을 향상시키기 위해 임펠러의 Hub/Tip 비율을 줄이며, 날개각도에 변화를 주는 방식을 제안한다. 여기서 Hub/Tip 비율이 줄어들면 임펠러 날개의 면적이 늘어나 유량이 증가하게 되고, 임펠러 중심 거리에 따른 날개 각도를 변화시키면 배풍기 속도에 대한 풍압과 풍량이 달라져 배풍기의 효율을 높일 수 있다. 설계된 구동용 SRM과 임펠러의 설계에 따른 운전 특성을 시뮬레이션을 통해 해석하고자 한다.

1. 서 론

기존의 축류 배풍기 효율을 높이기 위해 전동기와 구동드라이브 그리고 임펠러의 형상에 변화를 주어 배풍기의 효율을 높이기 위한 시스템 설계를 구상하였다. 배풍기는 실내 또는 장치 내 기체의 배출에 사용되기 때문에 풍압보다 풍량이 중요하다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 배풍기 풍량을 향상시키기 위해 전동기의 속도를 향상시키고 위해 속도에 맞는 임펠러를 설계한 뒤 임펠러의 속도와 압력을 통해 얻은 출력에 적합한 전동기를 선정하는 방식으로 배풍기 시스템을 설계하고자 한다. 선정된 전동기는 스위치드 릴럭턴스 전동기(이하, SRM)로 고정자에만 권선이 있고 회전자에는 영구자석이나 권선이 없는 구조로 제작이 용이하고 견고하며 고온이나 고속 등의 열악한 환경에 적용하기 유리한 전동기이다. 타 전동기에 비해 고속에서의 가변속이 유리하고 가격경쟁력이 높은 전동기로 본 논문에서 선정하였다. 제어기는 독립제어가 가능한 비대칭 컨버터가 사용된다. 기존 배풍기의 풍량과 시스템 효율은 향상시키고 출력은 유지하는 것을 이번 시스템 최적화 설계의 목표로 잡았다. 풍량을 증가시키기 위해 임펠러 설계 방식은 Cordier diagram을 사용하여 속도에 맞는 크기를 선정하였고 기존 임펠러의 Hub/Tip 비율을 줄여서 유량을 향상시켰다. 또한 유량, 압력 그리고 임펠러중심에서의 거리에 따른 날개의 각도를 수정하는 방식을 사용하였다. 선정된 전동기를 임펠러에 적용하기 위해 FEA를 사용하여 토크 및 인덕턴스 특성을 분석하였다. 설계된 임펠러 형상은 Turbomachinery Fluid Flow와 전산 유체역학(CFX)을 이용해 시뮬레이션 내용을 정리 하였다.

제안된 임펠러는 기존의 임펠러에 비해 사이즈를 줄이고 출력은 동일하며 효율을 높게 설계하였다. 또한 전동기는 SRM을 선정하였다. 선정된 이유는 SRM은 기존의 타 전동기보다 제작이 단순하기 때문에 전체 시스템의 가격경쟁력이 높기 때문에 선정하였다. 선정된 SRM이 임펠러 적용에 적합성을 위해 토크 및 인덕턴스 특성을 해석하였다.

2. 임펠러 및 SRM 설계

2.1 임펠러 설계 및 특성

그림 1의 Cordier diagram는 시험을 기반으로 한 펌프 또는 팬 크기의 대략적인 지표이다.^[1]본 연구에서는 25°C의 공기밀도 $1.185kg/m^3$ 를 사용하였다. 그림 1의 블레이드에 대한 속도 삼각형은 속도 삼각형을 이용하여 임펠러 각도를 계산하는 방법이다. 여기서 V_2 의 값은 outlet부분에서 유체가 빠져나가면서 발생하는 손실 값이다.

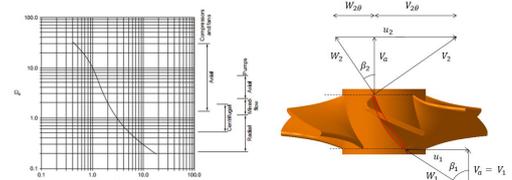


그림 1 Cordier 다이어그램 및 블레이드에 대한 속도삼각형
Fig. 1 Cordier diagram and Velocity Triangle for blades

2.1.1 임펠러 블레이드 각도 계산

그림 1의 블레이드에 대한 속도 삼각형을 이용하여 임펠러 각도를 계산하는 방법이다. 여기서 V_2 의 값은 outlet부분에서 유체가 빠져나가면서 발생하는 손실 값이다. 블레이드의 형상은 Hub에서 Tip사이에서 반지름이 변함에 따라 각속도가 변하게 된다. 이로 인해 inlet과 outlet부분의 임펠러 블레이드 각도가 변하게 된다.^[2]

2.1.2 임펠러 시뮬레이션

기존의 설계된 임펠러의 특성은 그림 3과 같다. 그림 3에서와 같이 속도는 3400rpm을 가지며 압력과 유량은 각각 450Pa, $1m^3/s$ 를 갖는다. 제안된 임펠러의 특성은 그림 4에서 보여준다. 제안된 임펠러의 특성은 전동기 속도가 5500rpm일 때 배풍기 압력 contour와 유동의 vector이다. 해석 결과를 통해서 기

존의 임펠러와 비교 했을 때 압력 차는 유지되었고 유량은 증가했다는 것을 확인할 수 있다. 효율 그래프 그림 5를 통해서 기존의 임펠러보다 효율이 4.6% 증가했음을 확인 할 수 있고 표 1을 통해 기존의 임펠러와 제안된 임펠러의 사양을 확인할 수 있다.^[3]

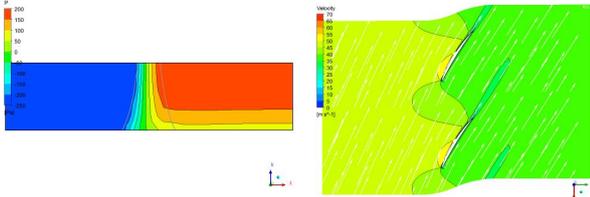


그림 3 기존의 임펠러 특성
Fig. 3 Characteristic of conventional impeller

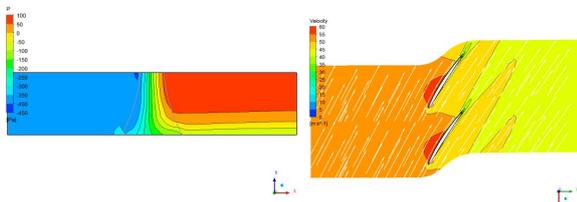


그림 4 제안된 임펠러 특성
Fig. 4 Characteristic of proposed Impeller

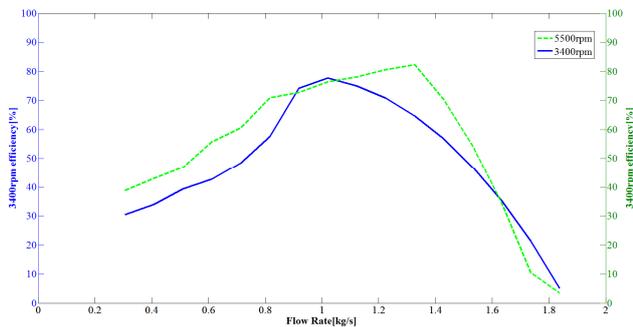


그림 5 배풍기 3400rpm과 5500rpm의 효율 그래프
Fig. 5 Efficiency graph of 3400rpm and 5500rpm exhauster

표 1 배풍기 3400rpm과 5500rpm의 성능비교
Table 1 Performance comparison of 3400rpm and 5500rpm exhauster

과라미터	기존의 임펠러	제안된 임펠러
속도 [rpm]	3400	5500
크기 [mm]	320	250
Hub/Tip	0.5	0.4
효율 [%]	77.7	82.3
유량 [m^3/s]	1	1
압력 [Pa]	563.8	597.2

2.2 선정된 SRM의 특성 해석

선정된 SRM의 특성을 해석하기 위해 FEA 해석을 수행하였다. 선정된 SRM의 크기는 고정자 외경이 106mm, 스택은 51mm 효율은 95%, 공극 0.3mm이며 표 2와 같다.

표 2 3상 6/4 SRM의 성능
Table 2 Performance of 3-phase 6/4 SRM

과라미터	3상 6/4 SRM
고정자 외경 [mm]	106
스택 [mm]	51
공극 [mm]	0.3
효율 [%]	95

2.2.1 모터 시뮬레이션

그림 6은 각각 회전자 위치에 대한 토크 값과 인덕턴스에 대한 그래프이다. 해석 결과를 통해서 정격 토크 값과 임펠러의 값을 확인할 수 있다. 선정된 SRM의 제품은 그림 7에서 보여준다.

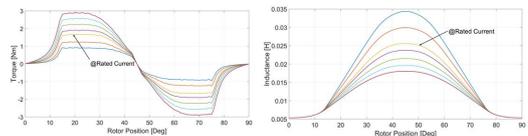


그림 6 토크 및 인덕턴스 프로파일
Fig. 6 Torque and inductance profile



그림 7 3상 6/4 SRM
Fig. 7 3-phase 6/4 SRM

4. 결론

본 연구에서는 기존의 배풍기 임펠러 크기와 속도 그리고 날개의 각도를 변형함으로써 배풍기의 출력은 유지하고 효율은 4.6% 증가시켰다. 그리고 유동해석을 통해 Hub와 인접한 두 날개사이에서 유동박리가 일어나는 것을 확인 했고 이 부분은 수두손실과 소음의 원인으로 생각된다. 이것을 해결하기 위해서는 날개 Tip 간극을 줄여 유동을 안정시켜야 한다.

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 에너지인력양성사업으로 지원받아 수행한 인력양성 성과입니다. (No. 20164010200940)

참고 문헌

- [1] A. T. Sayers, HYDRAULIC AND COMPRESSIBLE FLOW TURBOMACHINES, McGraw Hill, Inc. pp. 239 300, 1990.
- [2] S. L. Dixon, C. A. Hall, Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery, SEVENTH EDITION, Inc. pp. 39 68
- [3] Jaehoon Kim, "Development Test and Evaluation of an Axial Fan for the Environmental Control System in Aircraft", KSAS, Vol. 2016, No. 11, pp. 608 609, 2016, November.