

2024년 송풍기 및 환기시스템 분야 연구동향

김성*†

Research Trends of Fan and Ventilation System in 2024

Sung Kim*†

Key Words : Fan(송풍기), Ventilation System(환기시스템), Design Optimization(설계 최적화), Optimum Operating System(최적 운영 시스템), Research Trends(연구 동향)

ABSTRACT

In this paper, a research trend was analyzed on the fan and ventilation system by analyzing published papers, summer and winter academic conference papers in 2024. To enhance the performance of industrial fans and contribute to global efforts toward carbon neutrality and zero-carbon energy, important research has been conducted on the optimum design of fans. Since energy conservation is essential for achieving carbon neutrality, extensive research has been actively pursued to develop high performance fans and energy-efficient ventilation systems.

1. 서 론

2024년 한 해 동안 송풍기 및 환기시스템 관련 총 2편의 논문이 게재되었고 학술대회 기간에 총 20편(하계 6편 및 동계 14편)의 논문이 발표되었다. 지난 3년간 송풍기 및 환기시스템 분야의 학술지 및 학술대회 논문은 아래 표와 같다. 전년도 대비 게재 논문 및 하계 학술대회 발표논문은 감소하였으나 동계 학술대회 발표논문은 증가하였다.

2024년 한국유체기계학회를 통해 게재 및 발표된 논문은 주로 산업용 송풍기 개발과 탄소 중립 및 무탄소 에너지에 대한 문제를 해결하기 위해, 가변의 송풍기 운영 시스템 개발 및 분석 관련 연구내용이며 제목은 아래와 같다.

Table 1 Published paper and conference paper

		2022	2023	2024
Published paper		3	4	2
Confer ence	Summer	8	12	6
	Winter	12	8	14
Total		23	24	22

〈설계 분야 논문 및 학술대회〉

- 1) 가변의 축류 송풍기의 최적 설계 및 성능 특성
- 2) 전동기 효율 향상을 위한 냉각팬 최적화 기술 개발
- 3) 대형 가변의 축류 송풍기의 설계 및 성능 예측
- 4) 3kW급 가변속 EC 팬의 기본 설계 및 CFD 해석
- 5) 가변익이 적용된 송풍기 기술 개발 - 2단계
- 6) AADO 기술을 이용한 OpenFOAM 기반 터보기계 최적 설계 프로세스 구축

〈성능분석 분야 학술대회〉

- 1) 수치해석을 통한 덕트형 송풍기 시험장치의 정류격자 유동 특성 분석
- 2) 송풍기의 국내외 에너지효율관리 인증제도 소개
- 3) 차량용 냉각 팬의 공력 성능에 대한 수치해석적 연구
- 4) 고속 유도전동기 내부 팬에 따른 냉각 성능 검증
- 5) 플레넘 송풍기의 시험 방법 및 송풍기 에너지 지수(FEI) 평가 방법에 관한 연구
- 6) 송풍기용 전동기의 국내외 효율인증제도 동향
- 7) 실제 데이터에 기반한 다층 퍼셉트론(MLP) 구조의 송풍기 성능 예측에 관한 연구
- 8) 유체기기 부분부하별 유동특성 분석 및 가변 제어 기술

* 한국생산기술연구원 산업에너지연구부문(Industrial Energy R&D Department, Korea Institute of Industrial Technology)

† 교신저자, E-mail : ks2928@kitech.re.kr

- 을 이용한 이상유동 회피 제어
- 9) 시험 및 해석을 이용한 라디에이터 팬의 성능 특성 연구
- 10) 정밀 공조구역 공조기의 설계지표 도출을 위한 실험적 연구

〈구조분석 분야 논문 및 학술대회〉

- 1) 유한요소해석을 이용한 가변익 송풍기 상사모델에 대한 구동 특성 분석과 구조안전성에 대한 연구
- 2) 가변속 송풍기용 외전형 PM 전동기 설계 기술
- 3) EC-Fan 구동용 가변속 드라이브 설계 기술
- 4) 가변익 소형 송풍기 최적모델에 대한 동특성 및 구조안전성에 대한 연구
- 5) 송풍기 날개 각도 조절용 전동식 액추에이터 추력 증대 설계
- 6) 회전기기의 구조 성능평가 및 최적설계 소프트웨어 개발

본 논문에서는 위의 논문들의 연구내용을 요약 및 분석하여 2024년 송풍기 및 환기시스템 분야의 연구내용 및 동향을 정리하고자 한다.

2. 송풍기 및 환기 시스템 설계 분야

2.1 연구동향

송풍기 및 환기 시스템 설계 분야에서는 1편의 논문이 게재되었으며, 5편의 학술대회 발표논문이 발표되었다. 설계 분야의 연구동향을 분석하면, 주로 가변익 송풍기 및 가변속 팬의 설계에 관한 연구가 진행되었다. 최근 송풍기 및 환기 시스템 설계 분야에서는 가변익 송풍기 및 가변속 팬의 설계에 대한 연구가 집중적으로 수행되고 있다. 특히, 설계 단계에서 기본 설계 기법과 최적화 기법을 조합하여 목표 성능을 만족하는 형상을 도출하는 연구가 활발히 진행되었다. 가변익 송풍기는 송풍기의 운전 조건에 따라 날개의 각도를 조절하여 효율을 극대화하는 기술을 포함하고 있다. 이와 관련하여 최적의 설계변수를 도출하기 위한 연구가 진행되었으며, 공기역학적 해석을 통한 형상 최적화 연구가 중요하게 이루어졌다. 가변속 팬은 전력 소모를 최소화하면서도 최적의 풍량을 유지하는 것이 핵심이며, 이를 위해 전동기 및 제어 시스템과의 조합을 고려한 설계 연구가 진행되었다. 송풍기 및 팬의 에너지 효율성과 성능 최적화가 지속적으로 요구되고 있으므로 이에 따라 송풍기 및 팬의 설계 분야에서는 기본 설계 기법과 최적화 기법을 활용하여 최적의 형상을 도출하는 연구가 활발히 진행되었다.

2.2 주요 연구 내용

이찬 등⁽¹⁾은 가변익 축류 송풍기의 성능향상을 위한 최적

설계를 최적화 기법 및 CFD를 활용하여 수행하였다. 가변익 축류 송풍기의 설계변수는 익형 설계변수로 정립하여 최적 설계를 수행하였고, 최적 설계된 형상은 가변에 따른 성능곡선 특성을 체계적으로 분석하였다.

오영진 등⁽²⁾은 전동기 효율 향상을 위해, 전동기 냉각팬의 최적 설계를 수행하였고 냉각팬의 형상에 따른 냉각성능을 체계적으로 분석하였다.

이찬 등⁽³⁾은 대용량 고압의 대형 가변익 축류 송풍기의 에너지 절감을 위하여 축류 송풍기의 설계 및 성능 예측에 관한 연구를 수행하였다. 축류 송풍기는 익형타입으로 설계하였으며, 축류 송풍기 성능은 송풍기 피치각 변화에 따른 성능변화를 비교분석하였다.

무트타즈 아드난 등⁽⁴⁾은 가변속 EC 팬의 기본설계를 수행하고, EC 팬의 회전수 변화에 따른 공력학적 성능특성을 정밀하게 분석하였다.

이상열 등⁽⁵⁾은 가변익 축류 송풍기 기술 개발과 관련하여 획기적인 에너지 절감을 위한 송풍기 운전 상태진단 모니터링 시스템 플랫폼 기술의 연구내용 및 결과에 관하여 설명하였다.

최병열 등⁽⁶⁾은 가변익 대형 송풍기 최적화를 위한 자동화 프로세스 구축 및 성능검증에 관한 연구를 수행하였다. 또한, 자동화 프로세스의 정확도 향상을 위한 개선방안도 제시하였다.

3. 송풍기 및 환기 시스템 성능분석 분야

3.1 연구동향

송풍기 및 환기 시스템 성능분석 분야에서는 10편의 학술대회 발표논문이 발표되었다. 송풍기 및 환기 시스템의 성능을 분석하기 위해 다양한 기법이 활용되고 있으며, 특히 수치해석과 성능시험을 기반으로 수행한 연구가 주목받고 있다. 또한, 송풍기의 중요한 성능 지표인 에너지 효율 지수 및 에너지 절약 효과를 고려한 연구가 활발히 진행되었다. 수치해석 기법을 이용하면 송풍기의 유동 특성과 성능을 미리 예측할 수 있어 설계 및 최적화에 중요한 역할을 한다. 이와 관련하여 전산유체역학을 활용한 해석 연구가 진행되었으며, 이를 통해 송풍기의 형상 및 운전 조건에 따른 성능 변화를 예측하는 연구가 수행되었다. 송풍기의 실험적 성능 분석을 위해 송풍기 성능시험 방법에 의하여 수행되었으며, 특히 송풍기의 에너지 효율을 평가하는 인증 제도에 대한 연구가 이루어졌다. 송풍기의 성능은 에너지 절약과 직결되는 중요한 요소이다. 최근 연구에서는 성능 분석을 위한 수치해석 및 실험적 검증이 활발하게 이루어지고 있으며, 송풍기의 효율을 높이기 위한 다양한 평가 방법에 관한 연구가 활발히 진행되었다.

3.2 주요 연구 내용

엄대현 등⁽⁷⁾은 송풍기 성능측정을 위한 송풍기 시험장치의 정류격자 유동특성을 수치해석을 이용하여 분석하였다. KS B 6311 규격에 의해 제작된 덕트형 송풍기 성능 시험장치 내부에 설치된 사각형 격자 모양의 정류 격자를 통과하는 유동을 수치적으로 모사하였고, 내부 유동장의 특성을 CFD를 통해 계산 및 분석을 수행했다.

송화영 등⁽⁸⁾은 에너지 효율 관리 대상 품목인 송풍기의 에너지 효율 관리 인증 제도를 소개하였다. 미국 DOE에서 개발되어 시행하고 있는 송풍기 에너지 지수(FEI)에 대해서 중점적으로 소개하고 국내의 송풍기 에너지 효율 관리 인증제도의 실효성 제고를 위한 개선 방향을 연구하였다.

엄대현 등⁽⁹⁾은 차량 냉각에 쓰이는 냉각 팬의 공력성능을 수치해석을 이용하여 분석하였다. 차량용 냉각 팬 형상에 따른 성능을 체계적으로 분석하였고 특히, 최적 설계점의 성능을 정밀하게 분석하였다.

박은진 등⁽¹⁰⁾은 산업용 전동기의 냉각 성능 향상을 위하여 고속 유도전동기 내부 팬의 냉각 성능 검증에 관한 연구를 수행하였다. 전동기 내부 팬의 공력학적 성능은 성능시험을 통하여 분석하였으며, 전동기 내부 팬의 풍량에 따른 전동기 냉각 성능은 수치해석 및 시험을 통하여 분석 및 검증하였다.

송화영 등⁽¹¹⁾은 HVAC 시스템용 플레넌 송풍기의 공력학적 성능을 객관적으로 분석하기 위하여 효율 평가 방법 중 FEI(Fan energy index)를 활용하여 송풍기 에너지 효율을 평가 및 분석하였다.

이우열 등⁽¹²⁾은 송풍기용 전동기의 국내 및 국외 효율인증제도 현황을 분석하였다. 또한, 국내 및 국외 효율인증제도 방향도 제시하였다.

이소연 등⁽¹³⁾은 송풍기 실제 데이터를 이용하여 송풍기 성능 예측에 관한 연구를 수행하였다. 송풍기 실제 데이터는 다층 퍼셉트론 구조를 이용하여 체계적으로 분석하였다.

양현모 등⁽¹⁴⁾은 축류형 유체기계의 성능곡선 특성인 새들 현상에 관한 연구를 성능시험을 통하여 수행하였다. 축류형 유체기계의 부분부하별 유동특성을 분석하여 새들 현상을 회피하는 방안에 관하여 연구하였다.

유승우 등⁽¹⁵⁾은 차량 내부에 설치되는 라디에이터 팬의 성능을 수치해석 및 성능시험을 이용하여 체계적으로 분석하였다. 또한, 수치해석 및 성능시험 결과의 비교분석 및 결과 차이에 관한 오차율도 분석하였다.

최민철 등⁽¹⁶⁾은 정밀 공조구역의 작업 환경조건 개선을 위하여 정밀 공조구역의 온/습도를 안정적으로 유지할 수 있는 제습 운전 및 설계지표에 관한 연구를 성능시험을 통하여 수행하였다. 또한, 공조 설비비용 및 에너지 절감을 위한 개선 방안도 제시하였다.

4. 송풍기 및 환기 시스템 구조분석 분야

4.1 연구동향

송풍기 및 환기 시스템 구조분석 분야에서는 1편의 논문이 게재되었으며, 5편의 학술대회 발표논문이 발표되었다. 송풍기의 구조 해석을 통해 송풍기의 하중 분포와 강도를 분석하여 안정성을 평가하는 연구가 진행되었다. 또한, 가변속 팬의 모터 및 인버터 설계, 가변의 송풍기의 날개 각도제어를 위한 액추에이터 설계, 구조 설계 및 성능평가를 위한 최적 설계 프로그램에 관한 연구가 진행되었다. 가변의 송풍기 및 가변속 팬의 구조적 안정성은 장기간 운전 시 신뢰성을 확보하는 데 중요한 요소이다. 이에 따라 구조해석을 기반으로 한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 가변의 송풍기 및 가변속 팬의 구조 설계 및 성능 평가를 위한 연구가 활발히 진행되었다.

4.2 주요 연구 내용

국정근 등⁽¹⁷⁾은 가변의 송풍기의 구조안전성을 정적구조 해석을 통하여 검증하였다. 가변의 송풍기의 날개 설치 각도별로 구조안전성을 평가하기 위해 상용 프로그램을 이용하여 응력 및 변형을 계산하고 정격 운전속도에 따른 파손 위험성 및 편형에 따른 가변의 송풍기의 구조안전성을 분석하였다.

폴 살바짓 등⁽¹⁸⁾은 가변속 송풍기용 전동기 설계를 위해, 기존 전동기를 분석 및 전동기 토폴로지에 따른 형상 파라미터를 분석한 후에 각 토폴로지의 기초 모델을 도출 및 성능을 검증하였다.

장푸름 등⁽¹⁹⁾은 인버터, 모터 및 Fan이 일체형인 EC-Fan의 가변속 드라이브 설계에 관하여 연구하였다. EC-Fan의 수명 연장 및 에너지 절감을 위한 가변속 드라이브를 체계적으로 설계하였다.

국정근 등⁽²⁰⁾은 가변의 소형 송풍기 최적모델의 구조안전성에 관한 연구를 수행하였다. 구조안전성 분석을 위해, 임펠러 구동 특성은 구조해석을 통하여 분석하였고 송풍기의 안전성을 객관적으로 검토하였다.

윤성준 등⁽²¹⁾은 송풍기 날개 각도를 효과적으로 제어하기 위하여 전동식 액추에이터 설계에 관한 연구를 수행하였다. 전동식 액추에이터의 추력 증대가 가능한 형상을 제시하였고, 구조해석을 통하여 성능을 검증하였다.

한솔지 등⁽²²⁾은 송풍기를 포함한 유체기계의 구조 설계 및 성능평가를 위한 구조 최적설계 프로그램 개발에 관한 연구를 수행하였다.

5. 결 론

위와 같이 2024년 한국유체기계학회 송풍기 및 환기시스템 부문에 발표된 총 22편의 논문(2편) 및 학술대회 발표논문(20편)들이 요약 및 분석되었다.

세계적인 현안인 탄소 중립 및 무탄소 에너지에 대한 해결을 위해서는 에너지 절감은 필수적이며, 그에 따른 송풍기 성능향상 설계 및 에너지 절감을 위한 송풍 시스템 연구가 활발히 진행되었다. 앞으로도 성능향상 및 에너지 절감을 위한 송풍기 및 환기시스템 관련 연구가 지속될 것으로 예상된다.

References

- (1) Lee, C., Kim, S. Y., Kim, S. W., Byun, H. T., Yang, S. H., 2024, "The Optimal Design and Performance Characteristics of a Variable-pitch Axial Flow Fan," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 27, No. 6, pp. 23~29.
- (2) Oh, Y. J., Yang, S. J., Shin, Y. W., Choi, J. R., 2024, "A Development of Cooling Fan Optimization Technology for Efficiency Improvement in an Industrial Motor," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (3) Lee, C., Choi, J. M., Hwang, J. S., Jo, H. J., Nahm, S. H., Lee, S. Y., Yang, S. H., 2024, "The Design and Performance Prediction of a Large-capacity and Variable-pitch Axial Flow Fan," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (4) Mumtaz, A., Shahzer, M. A., Roh, M. S., Lee, Y. W., Choi, Y. S., Kim, J. H., 2024, "Design and CFD analysis of 3 kW EC fan impeller for various seed," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (5) Lee, S. Y., Yang, S. H., 2024, "Development of Axial flow Fan Applying Variable Pitch Control Technology – Stage 2," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (6) Lee, H. J., Choi, B. Y., Choi, D. H., Lee, C., Yang, S. H., Kim, J. H., 2024, "Development of OpenFOAM-based turbomachinery design optimization process with AADO technologies," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (7) Eom, D. H., Son, Y. J., Yang, H. M., Choi, Y. S., Lee, K. Y., 2024, "Numerical Analysis of Straightener Flow Characteristics of Duct-type Blower Test Device," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (8) Song, H. Y., Lee, B. S., 2024, "An introduction to certification regulation of energy efficiency management for fans in domestic and overseas," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (9) Eom, D. H., Kim, S. M., 2024, "Numerical study on the aerodynamic performances of a automotive cooling fan," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (10) Park, E. J., Jung, S. W., Jun, J. T., Jo, H. Y., Choi, Y. S., 2024, "Verification of Cooling Performance of Internal Fan in High-Speed Induction Motor," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (11) Song, H. Y., Jang, H. J., Wee, S. W., Lee, B. S., 2024, "A study on the test method and evaluation method using fan energy index(FEI) for plenum fan," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (12) Lee, W. Y., Kang, B. G., Kang, S. M., 2024, "Trends in Domestic and International Efficiency Certification Systems for Fan Motors," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (13) Lee, S. Y., Kim, J. Y., Ha, Y. S., Lee, Y. B., 2024, "Predicting the Performance of Blower Systems using Multi-Layer-Perceptron Architecture with Real Data," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (14) Yang, H. M., Eom, D. H., Kim, J. B., Lee, K. Y., Chung, J. T., Choi, Y. S., 2024, "Analysis of flow characteristics by partial load in turbomachinery and control to avoid abnormal flow using variable control technology," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (15) Yu, S. W., Yang, K. Y., Kim, G. Y., Kim, D. Y., 2024, "Experiments and CFD calculation on the Performance of a Radiator Fan," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (16) Choi, M. C., Mok, I. S., Lee, S. B., Choi, Y. H., 2024, "An experimental study on the optimization of design index of AHU for precision air-conditioning zone," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (17) Kook, J. K., Cho, B. K., 2024, "A Study of Driving Characteristics and Structural Safety of Scaled Model of Variable Pitch Axial Flow Fan Using Finite Element Analysis," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 27, No. 2, pp. 31~39.
- (18) Paul, S., Jo, C. W., Han, P. W., Choi, J. H., Chun, Y. D., 2024, "Outer Rotor PM Motor for Variable Speed Fan," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (19) Jang, P. R., Choi, J. R., Choi, J. H., 2024, "Variable speed drive design technology for EC-Fan operation," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.

- (20) Kook, J. K., Cho, B. K., Lee, K. J., 2024, "A Study on Dynamic Characteristics and Structural Safety of Optimal Model of Variable Pitch Small Axial Fan," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (21) Yoon, S. J., Kim, J. S., Shin, H. J., Kim, R. E., 2024, "Design of Electric Actuator With High Thrust for Variable Pitch Axial Flow Fan," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (22) Han, S. J., Choi, Y. H., Jin, H. U., Park, M. J., Yoon, G. H., 2024, "Development of CAE software for dynamic analysis and optimization method of high-speed rotating machine," Korean Society for Fluid Machinery, 2024, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.