

2021년 송풍기 및 환기시스템 분야 연구동향

이경용*

1. 서 론

2021년 한 해 동안 송풍기 및 환기시스템 관련 총 2편의 논문이 게재되었고 학술대회 기간에 총 25편(하계 14편 및 동계 11편)의 논문이 발표되었다. 지난 3년간 송풍기 및 환기시스템 분야의 학술지 및 학술대회 논문은 아래 표와 같으며 COVID-19의 영향으로 학술행사의 참여가 제한적인 상황에서 점차 발표논문 수가 증가하고 있는 상황이다.

		2019년	2020년	2021년
논문		5	1	2
학술 대회	하계	19	11	14
	동계	9	8	11
합계		33	20	27

2021년 한국유체기계학회를 통해 게재 및 발표된 논문은 주로 특수 기능을 포함한 송풍기 및 송풍기가 적용되는 시스템 관련 연구내용이며 제목은 아래와 같다.

<논문>

- 1) 축류팬 임계속도 예측에 대한 연구
- 2) 스위치를 가지는 축류 팬의 성능예측 방법

<학술대회>

- 1) 축류팬의 실속 방지 장치로서 2차원 평판의 적용에 관한 수치적 연구
- 2) 입상반 필터층 소재에 따른 미세먼지 및 에어로졸 제거 특성 분석
- 3) 슬랫-슬롯을 적용한 임펠러 형상이 송풍기 유동 특성에 미치는 영향
- 4) 학교 교실 중앙공조시스템의 공기리턴 위치에 따른 실내 기류특성 분석
- 5) 가변익이 적용된 송풍기 기술 개발
- 6) 저압 축류팬의 양방향 유동-구조 연성 해석
- 7) 축류팬 임계속도 예측을 위한 구조해석 사례

- 8) 전동기 구동 방식에 따른 송풍기의 특성 비교
- 9) 제연용 벽부형 축류 송풍기 개발 과제 진행 및 성과
- 10) 제연용 벽부형 축류 송풍기 설계 및 시험결과
- 11) 벽부형 축류팬을 위한 2 및 3차원 안내깃의 설계와 적용
- 12) 제연용 벽부형 송풍기의 열용력해석에 대한 연구
- 13) CFD를 이용한 수소연료전지용 재생형 블로워의 유동 해석
- 14) 학교 중앙공조시스템을 위한 고성능 AHU 내부 유동 최적화
- 15) 가변익이 적용된 송풍기 기술 개발 - 1차년도
- 16) 가변익 제트 팬의 설계 및 성능예측
- 17) 가변 피치 메카니즘의 기구학적 해석에 관한 연구
- 18) 가변익 송풍기의 날개 각도 조절 메커니즘 분석을 통한 전동식 액추에이터 적용성 검토
- 19) 55kW급 축류팬 가변부하 환경에 따른 볼 베어링 동적 특성 연구
- 20) 대리모델 기반의 송풍기 특성 맵 구성 방안 연구
- 21) 천음속 축류 팬 스톨 발달 시험연구
- 22) 학교 중앙공조시스템의 리턴디퓨저 위치에 따른 실내 공기질 분석
- 23) 송풍기 상사설계에서 레이놀즈수가 미치는 영향
- 24) 다중 흡입 사이클론 집진기의 성능 및 유동 특성에 대한 수치적 연구
- 25) 소형 제트팬의 전산유체역학적 해석

본 연감에서는 위의 논문들의 연구내용을 요약 및 분석하여 2021년 송풍기 및 환기시스템 분야의 연구내용 및 동향을 정리하고자 한다.

2. 연구 내용 및 동향

국정근 등⁽¹⁾은 축류팬의 임계속도에 대한 유한요소해석을 통해 운전속도별 최대응력을 도출하고 재료강도학적으로 탄성영역과 소성영역의 이론을 적용하여 안전계수를 도출하였

* 한국생산기술연구원 탄소중립산업기술연구부
E-mail : chrisst@kitech.re.kr

으며 과속도 시험을 통해 임계속도를 파악하여 정적구조해석을 통해 예측된 결과와 비교하였다.

이찬⁽²⁾은 산업체에서 쉽게 사용할 수 있는 전진 스윙 축류팬의 관통류 해석을 이용한 성능예측방법을 제안하고 예측 정확도 검증을 위해 서로 다른 설계 사양, 설계 방식 및 운전 조건을 가지는 다양한 스윙된 축류 팬 모델들에 대해 성능예측을 수행하였으며 성능예측 결과를 시험 및 CFD 결과들과 비교하여 전 유량 범위내에서 정압 및 효율 곡선을 예측함에 있어서 적합한 방법임을 입증하였다.

김용인 등⁽³⁾은 축류팬의 실속 방지를 위한 2차원 평판을 입구에 적용하고 수치해석을 통해 설계 유량점 근처의 성능을 유지하면서 실속 영역의 성능이 현저히 개선된 결과를 제시하였다.

김동빈 등⁽⁴⁾은 공장 배기등 고온의 기체 내 입자 처리에 활용된 입상반 필터 소재를 활용하여 각각의 물리적 특성에서 대기 중 미세먼지 농도 저감효과를 실험적으로 측정하여 확인하였다.

윤중용 등⁽⁵⁾은 송풍기 내부의 흐름 안정과 난류 운동에너지 감소를 시키기 위해 슬랫-슬롯을 적용한 임펠러 형상을 고안하였으며 수치해석을 통해 최적형상의 효과를 분석하였다.

손성완 등⁽⁶⁾은 국내 학교의 실내 환기성능을 수치해석기법을 사용하여 모사하고 상부 및 하부의 배기 위치에 따른 실내 유동을 분석하여 환기 및 교차 감염 방지에 유리한 배기방식을 평가하였다.

이상열 등⁽⁷⁾은 서보모터를 접목한 소형 및 대형 가변의 축류 송풍기 개발 과제의 소개를 통해 연구방법, 연구목표 및 기대효과를 설명하였다.

박이준 등⁽⁸⁾은 유동-구조 연성해석의 일환으로 저압 플라스틱 축류 팬에 대한 양방향 연성해석 모델 및 방법을 제시하고 연성해석 결과를 통해 팬 블레이드 표면의 유동 특성과 팬 블레이드의 진동특성 간의 상호작용을 규명하였다.

국정근 등⁽⁹⁾은 고속철도 본선 환기용 축류팬의 구조안정성을 검증하기 위해 운전속도를 해석 변수로 지정하여 정적 구조해석을 수행하고 최대응력 결과로부터 구조안정성을 예측하였다.

김래은 등⁽¹⁰⁾은 송풍기의 구동방식에 따른 특성을 비교하고 송풍기의 효율향상을 위한 효과적인 구동방식에 대한 기술을 하였다.

최용욱⁽¹¹⁾은 제연용 벽부형 축류 송풍기 개발 관련 과제의 진행 및 성과에 대한 내용으로 제연용 벽부형 축류 팬의 최적설계, 시제품 제작 및 평가를 통해 확보된 신뢰성 및 시리즈 설계 내용을 소개하였다.

정철영 등⁽¹²⁾은 제연용 벽부형 송풍기의 날개형상 설계 및 3차원 유동해석을 통해 설계요구조건을 만족하는 송풍기 설계 과정을 설명하였고 시제품 제작 및 평가를 통해 성능향상

방안을 제시하였다.

김용인 등⁽¹³⁾은 벽부형 축류팬을 위한 안내깃 설계에 관한 수치해석적 연구로서 축류팬 수단의 모터 지지대를 안내깃으로 활용하는 방안에 대해 정압 회복 효과를 확인하였다.

국정근 등⁽¹⁴⁾은 제연용 벽부형 송풍기의 열응력해석을 통해 고온에 따른 송풍기의 구조안정성에 대한 검증을 위해 3차원 송풍기 형상을 사용하여 구조해석을 수행하고 고온 조건에서의 변형량을 예측하였다.

이지섭 등⁽¹⁵⁾은 수소연료전지 시스템의 미반응 수소의 재순환을 위해 적용된 재생형 송풍기의 성능예측을 위한 방법으로 공기를 작동유체로 사용하는 환경에서 수치해석 방법을 검증하고 수소를 사용한 수치해석을 통해 압력구배 및 성능곡선 등을 예측하였다.

손성완 등⁽¹⁶⁾은 11,000 CHM 급의 풍량을 공급하는 AHU 모델의 내부유동을 수치해석기법을 사용하여 모사하고 유동의 불균일 및 재순환 등이 발생하는 부분을 개선한 수정 모델을 제시하여 유동저항 감소를 확인하였다.

이상열 등⁽¹⁷⁾은 가변익이 적용된 소형(55kW) 축류 송풍기 개발과 관련하여 연구방법, 연구목표 및 기대효과를 설명하였다.

이찬 등⁽¹⁸⁾은 축류 팬의 3차원 익렬 설계방식이 가변의 운전 시 팬 성능 및 효율에 미치는 영향을 검토하기 위한 설계 및 성능예측 연구를 수행하여 운전범위 및 효율을 예측하는데 효과적인 방식을 각각 제시하였다.

국정근 등⁽¹⁹⁾은 가변의 송풍기를 대상으로 기구학 해석을 통해 모터 입력각에 따른 날개 각도 변화와 가변 피치 메카니즘 구동에 필요한 모터 토크를 산출하여 최적의 링크 메카니즘에 대한 연구를 수행하였다.

김래은 등⁽²⁰⁾은 가벽의 축류 송풍기의 날개 각도 조절을 통한 풍량 조절 방식에 대해 기존 사용방식인 유압식 액추에이터를 대체할 전동식 액추에이터의 장단점을 소개하였다.

안별 등⁽²¹⁾은 55kW급 축류팬의 가변부하 환경에 따른 베어링의 동적 특성에 대한 연구결과를 제시하였다.

신용우 등⁽²²⁾은 송풍기의 운전속도와 정압 및 효율 정보를 바탕으로 Kriging 기반의 대리모델 구성방안을 제시하고 그 결과에 대해 고찰하여 송풍기의 특성맵을 예측하는 방안을 소개하였다.

임병준 등⁽²³⁾은 천음속 팬의 스톨발생 특성을 관찰하기 위해 시험을 수행하고 성능곡선 및 FFT 분석을 통해 스톨발생 특성을 설명하였다.

손성완 등⁽²⁴⁾은 학교 중앙공조시스템의 리턴디퓨저 위치에 따른 실내공기질 분석을 위해 공기 흐름과 관련된 학교 교실의 IAQ를 수치 시뮬레이션과 실험 측정을 통해 교실 내 공기의 온도, 속도분포 및 공기령 등을 분석하였다.

손승현 등⁽²⁵⁾은 산업용 원심 송풍기를 대상으로 상사설계에서 레이놀즈수가 성능에 미치는 영향을 분석하기 위해 원

본모델에 대해 수치해석을 수행하고 비속도 기준으로 상사한 모델의 성능을 비교 분석하였다.

르 당 코이 등⁽²⁶⁾은 다중 흡입 사이클론 집진기의 성능 및 유동 특성에 대한 수치적 연구를 위해 흡입부의 개수 및 면적을 설계변수로 정의하고 성능이 향상된 최적형상을 제시하였다.

이지섭 등⁽²⁷⁾은 전동식 가변익 송풍기와 유사한 소형 제트팬 모델에 대해 가변익 운전예에 따른 유동장, 성능 및 효율곡선의 예측을 위해 CFD 방법을 이용하여 해석을 수행하고 해석과 시험결과간의 비교를 통해 해석방법의 신뢰성을 검증하였다.

3. 결 론

위와 같이 2021년 한국유체기계학회 송풍기 및 환기시스템 부문에 발표된 총 27편의 논문(2편) 및 학술대회 발표논문(25편)들이 요약 및 분석 되었다.

최근 미세먼지 및 바이러스로 인한 실내 공기질 향상을 위한 노력으로 송풍기를 활용한 환기 시스템 관련 연구와 특수목적 송풍기 개발 및 송풍기 운전 성능 향상을 위한 추가 장치를 적용을 위한 연구가 진행되고 있다. 향후 관련 연구의 진행과정에서 파생되는 논문 및 학술대회 발표가 지속될 것으로 예상된다.

References

- (1) Kook, J. K., Cho, B. K., Yang, S. H., 2021, "A Study on the Prediction of Critical Speed of Axial fan," The KSFJ Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 4, pp. 26~32.
- (2) Lee, C., 2021, "A Performance Prediction Method of the Axial Flow Fans with Blade Sweep," The KSFJ Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 5, pp. 24~29.
- (3) Kim, Y. I., Lee, S. Y., Yang, H. M., Lee, K. Y., Yang, S. H., Choi, Y. S., 2021, "Numerical Study on Application of Two-Dimensional Plate as an Anti-Stall Device for an Axial Flow Fan," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (4) Kim, D. B., Jang, C. M., 2021, "Investigation of the fine dust aerosol removal characteristics for different granule in the granular filtration method," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (5) Yoon, J. W., Kim, Y. J., 2021, "Effect of Impeller Configuration with Slat-Slot in the Flow Characteristics," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (6) Son, S. W., Jang, C. M., 2021, "Indoor Air Flow Characteristics according to Air Return Position of Central Air Conditioning System in School Classroom," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (7) Lee, S. Y., Yang, S. H., 2021, "Development of Axial flow Fan Applying Variable Pitch Control Technology," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (8) Park, Y. J., Kil, H. G., Lee, C., 2021, "2-Way Flow-Structure Coupled Analysis of a Low-pressure Axial Flow Fan," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (9) Kook, J. K., Cho, B. K., 2021, "Structural Analysis case of Predicting Critical Speed of Axial Fan," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (10) Kim, R. E., Kim, M. H., Lee, J. K., Seo, J. M., 2021, "Comparison of the Characteristics of Blowers According to Motor Driving Method," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (11) Choi, Y. U., 2021, "Progress and Result of Design Project of Wall Mounted Axial Flow Fan for Smoke Ventilation," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (12) Jeong, C. Y., Lee, K. Y., Kook, J. K., 2021, "Design and Test Result of Wall Mounted Axial Flow Fan for Smoke Ventilation," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (13) Kim, Y. I., Choi, Y. U., Jeong, C. Y., Lee, K. Y., Choi, Y. S., 2021, "Design and Application of Two- and Three-Dimensional Guide Vanes For a Wall-mounted Axial Flow Fan," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (14) Kook, J. K., Cho, B. K., Lee, K. Y., Jung, C. Y., 2021, "A Study on the thermal stress analysis of Wall-mounted Axial Flow Fan," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (15) Lee, J. S., Kim, J. H., Lee, G. M., Lee, C., 2021, "Flow Analysis of a Regenerative Blower For Hydrogen Fuel Cell Using CFD Technique," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (16) Son, S. W., Jang, C. M., 2021, "Optimization of High Performance AHU Internal Air Flow for School Central Air Conditioning System," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (17) Lee, S. Y., Yang, S. H., 2021, "Development of Axial flow Fan Applying Variable Pitch Control Technology – First Year," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
- (18) Lee, C., Kil, H. G., Lee, S. Y., Yang, S. H., 2021, "The Design and Performance Prediction of a Variable-Pitch Jet Fan," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
- (19) Kook, J. K., Cho, B. K., Yang, S. H., 2021, "A Study on the Kinematic Analysis of the Variable Pitch Mechanism," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
- (20) Kim, R. E., Kim, S. M., Lee, J. K., Seo, J. M., 2021, "Review of Applicability of Electric Actuator Through

- Analysis on the Blade Variable Mechanism for the Axial Flow Fan,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (21) An, B., Ha, Y. S., Lee, Y. D., Lee, J. K., Lee, Y. B., 2021, “A Study on the Dynamic Characteristics of Ball Bearing according to Variable Load for 55kW Class Axial Fan,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (22) Shin, Y. W., Yang, S. J., 2021, “A Study on Constructing the Surrogate Model of a Blower’s Characteristic Curve and Performance Map,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (23) Lim, B. J., Park, T. C., Choi, Y. H., Choi, J. H., 2021, “Experimental Study of Stall Inception in a Transonic Axial Fan,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (24) Son, S. W., Jang, C. M., 2021, “Indoor Air Quality Analysis according to The Location of The Return Diffuser in School Classroom,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (25) Son, S. H., Kim, M. S., Kim, B. K., Joo, W. G., Kim, B. S., Song, K. H., Yu, J. H., 2021, “Effect of Reynolds number on Air blower similarity design,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (26) Le, D. K., Son, H. J., Na, S. Y., Kim, M. J., Yoon, J. Y., 2021, “Numerical investigation on the performance and flow characteristics of novel designs of multi-inlet cyclone separator,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (27) Lee, J. S., Noh, E. J., Kim, D. Y., Lee, G. M., Kim, J. H., Lee, C., 2021, “Computational Fluid Dynamics Analysis of Small Jet Fan,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.