◎ 총 설

DOI: https://doi.org/10.5293/kfma.2021.24.2.060
ISSN (Print): 2287-9706

2020년 송풍기 및 환기시스템 분야 연구동향

이경용*

1. 서 론

2020년 한 해 동안 송풍기 및 환기시스템 관련 총 1편의 논문이 게재되었고 학술대회 기간에 총 19편(하계 11편 및 동계 8편)의 논문이 발표되었다. 지난 3년간 송풍기 및 환기시스템 분야의 학술지 및 학술대회 논문은 아래 표와 같으며 2020년 COVID-19의 영향으로 연구활동이 원활하지 못했던 상황과 하계 및 동계 학술대회가 모두 온라인으로 개최된 영향을 받아 감소되었다고 예상된다.

게재 및 발표된 논문은 주로 송풍기를 구성하는 주변 요소(소음기, 케이싱, 입구부 및 그릴)에 대한 영향성 분석에 대한 내용, 일반적인 송풍기 내부유동에 대한 분석 내용, 송풍기 운전 모니터링 관련 내용 및 송풍기 날개를 포함한 구조물의 구조해석에 대한 내용이다. 2020년 한국유체기계학회를 통해 발표된 논문 제목은 아래와 같다.

〈논문〉

1) 지하 환기용 축류 팬을 위한 원통형 소음기 개발

〈학술대회〉

1) 축류팬 성능 해석을 위한 MRF 영역과 슈라우드 형상에 관한 연구
2) 입구형상이 임펠러 성능에 미치는 영향에 대한 수치해석적 연구
3) 정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발-4차년도 개발
4) 축류휀의 날개 두께 분포 변화에 의한 팁 누설 와류궤적에 관한 수치적 연구
5) 가역형 축류팬의 임계속도 예측에 대한 연구
6) Pod형 원통형 소음기에 의한 고정압 축류팬의 소음저감
7) LPWA기반 모니터링 시스템 개발
8) 디지털 트윈 기술을 활용한 22kW 스마트 제트팬 모터 베어링 및 기울기 상태 진단기술
9) 가정용 공기청정기 성능개선을 위한 원심휀의 적용 및 평가에 관한 연구
10) 제연용 축류 송풍기 임펠러의 온도변화에 따른 구조안전성 변화 연구
11) CFD해석 및 실험을 통한 선풍기 그릴 영향 분석 연구
12) 정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발-4차년도 개발결과
13) 저유량 영역에서 축류휀의 실속 특성에 관한 수치적 연구
14) 축류팬의 운전속도에 따른 구조해석
15) 날개 후연 두께에 따른 축류휀의 성능 및 불균일 압력 분포에 관한 수치적 연구
16) 환기 제연기능을 갖는 벽부형 축류 송풍기 개발 소개
17) 제연용 벽부형 축류 송풍기 기초설계 및 개발진행
18) 날개 설치각에 의한 벽부형 축류휀의 성능 특성에 관한 수치적 연구
19) 유한요소해석을 이용한 벽부형 축류팬의 구조해석

		2018년	2019년	2020년
논문		2	5	1
학술대회	하계	13	19	11
	동계	15	9	8
합계		30	33	20

본 연감에서는 위의 논문들의 연구내용을 요약 및 분석하여 2020년 송풍기 및 환기시스템 분야의 연구내용 및 동향을 정리하고자 한다.

2. 연구 내용 및 동향

김동현 등(1)은 대형 축류 팬의 소음을 보다 효과적으로 저감시키기 위하여 2개의 환형 공기층을 갖는 다공 흡음 Pod형 원통형 소음기의 개발 연구를 수행하였다. 소음기 해석을 위해 상용 유한요소해석 프로그램을 사용하였고 기존 문헌의 소음기 모델의 성능시험 결과를 통해 해석 프로세스를 검증하였다. 설계 방법으로 우선 유한요소해석을 적용하

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

여 소음기 설계변수 각각의 투과손실 영향 분석과 민감도 분석을 통하여 소음 저감 성능에 주요 영향을 미치는 최적 설계변수를 선정하였다. 이후 축류 팬과 소음기의 설치공간을 고려하여 설계변수 제한 조건을 선정하였고 최적화 알고리즘을 적용한 최적설계를 수행하여 축류 팬의 소음을 최대로 저감 시킬 수 있는 소음기에 대한 최적 설계변수 값을 도출하였다. 해당 소음기를 제작하고 소음기 성능평가 실험을 진행하여 대형고압 축류팬의 소음을 기존대비 19dB(A) 정도까지 효과적으로 저감할 수 있음을 보였다.

변성준 등(2)은 축류팬의 성능해석을 수행하는데 있어 MRF(Multiple Reference Frame)영역과 슈라우드(shroud) 형상의 관계에 따라 팬 성능 해석에 미치는 관계를 연구하였다. MRF 영역을 고정하고 슈라우드 형상을 세가지로 변경하면서 팬 성능 데이터를 비교하여 MRF 영역의 크기와 모양이 같더라도 MRF 영역을 포함하고 있는 슈라우드의 형상이 팬 성능 결과에 영향을 미치는 것을 확인하였고 해석을 위한 슈라우드 형상이 MRF 영역의 운동량을 잘 반영할 수 있도록 MRF 영역을 충분히 포함하고 있어야 한다는 결론을 도출하였다.

김무성 등(3)은 양흡입형 원심 송풍기의 입구덕트의 형상으로 발생하는 유동 불균일 상태를 확인하고 형상 최적화를 통해 입구 덕트 형상이 임펠러로 유입되는 유동 불균일에 미치는 영향을 수치해석적으로 분석하였다. 연구결과로부터 입구 덕트 형상이 송풍기의 효율을 감소시키고 입구 덕트에 의해 임펠러 입구로 유입되는 유동이 불균일하여 손실이 증가한다고 제안하였다.

이상열 등(4)은 광역철도 및 지하철 환기용 축류팬 개발에 대한 4차년도 과제 결과에 대해 설명하며 개발 제품의 자체 성능시험 결과, 내열시험 결과 및 스마트 유지관리 시스템에 대한 소개를 하였다.

김용인 등(5)은 NACA 3512 익형을 기초로 지하공간 환기용 축류휀 날개의 최대 두께 위치 변화에 따른 공력학적 현상을 수치해석적으로 분석하였다. 연구결과로부터 날개의 팁(tip) 누설 와류의 궤적이 익형의 최대 두께 위치가 후연에 위치할수록 하류를 향하고 날개 입구부의 역류 구간은 최대 두께 위치가 후연을 향할수록 점차 감소하는 것을 확인하였다.

국정근 등(6)은 지하철도 및 광역철도 환기용 축류형 송풍기의 비대칭 익형 날개와 허브를 대상으로 구조해석을 수행하여 회전속도별 임계속도를 검토하여 최대응력이 발생하는 부품과 위치 및 개선방향을 제시하였다.

김동현 등(7)은 100 및 260 마력급 축류팬의 소음 저감을 위해 Pod형 원통형 소음기를 설계하고 제작 및 성능평가를 수행하여 100마력 축류팬은 19 dB(A), 260 마력 축류팬은 26 dB(A)의 소음 저감성능을 확인하였다.

김판수 등(8)은 지하공간 환기용 축류팬을 대상으로 LPWA 기반 모니터링 시스템 개발 내용을 설명하였다. KC 접합인증, 무선 LoS 6 Km 무선통신 신뢰성 테스트 결과, 무선 데이터 DB 저장 및 알람 기능, 무선 데이터 모니터링 기능 지원등에 대한 결과를 제시하였다.

공준상 등(9)은 디지털 트윈 기술을 활용하여 22kW 스마트 제트팬의 모터 베어링 건전성 및 기울기 진단 기술에 대한 연구를 수행하여 전반적인 진단 체계를 2D에서 3D인 디지털 트윈으로 관리하여 효율적인 진단이 가능한 진단 기술을 개발하였다. 해당 기술을 적용하여 유체기기의 볼베어링 손상 진단을 증강현실로 나타내고 실제 신호와 비교하여 검증하였다.

김용인 등(10)은 가정용 공기청정기의 성능개선을 위해 축류휀을 적용한 기존 제품을 수치해석적으로 분석하고 원심휀을 적용한 개선 제품을 제안하여 기존대비 3.2배의 유량을 추가 확보하여 공기청정기 성능을 극대화 하였다.

정철영 등(11)은 제연용 축류 송풍기 임펠러의 온도 변화에 따른 구조 안전성 변화를 분석하여 고온조건(300℃)에서의 구조 안전성을 확인하고 추가적인 연구 및 수정보완을 위해 선진사 모델의 임펠러를 분석하였다. 연구결과로부터 송풍기의 재질변화나 구조적으로 고온 환경에 대한 안전성 확보를 위해 임펠러 목부 형상변경이 필요하다고 제안하였다.

서현국 등(12)은 선풍기 전면 그릴의 형태에 따른 유동특성을 이해하기 위해 실험(가시화 및 속도측정실험) 및 CFD 해석 방식으로 분석을 수행하여 선풍기 성능에 중요한 역할을 하는 선풍기 바람특성을 확인하였다. 전면그릴로 인하여 유동의 와류세기, TKE 세기 및 전반부 유동 속도가 감소함을 확인하였고 그릴 형상에 따라 유동특성이 변화하여 유동도달거리가 증가함을 확인하였다.

이상열 등(13)은 정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발 과제의 4차년도 추가 연구수행 내용을 설명하였다. 축류팬의 과속도시험을 수행하여 주파수 증속을 통해 최대 90Hz 조건에서 약 35분간 기동한 결과로 임펠러 안전성 확보 및 액체침투탐상검사법 결과를 제시하였다.

김용인 등(14)은 75kW급 지하공간 환기용 축류휀의 실속 영역에 대한 수치해석 분석을 위해 저유량 영역에서의 난류 모델에 대한 검토를 수행하고 실험을 통해 검증하였다. 연구결과로부터 축류휀의 실속 영역 분석을 목적으로 수치해석을 수행하는 경우 SST RM 난류 모델을 적용이 필요하고 이는 저유량 영역에서 날개 슈라우드 부근에 발달하는 재순환 유동에 기인한다고 설명하였다.

국정근 등(15)은 축류팬의 운전속도 변화에 따른 구조 안전성을 분석하기 위해 날개 및 허브를 대상으로 구조해석을 수행하고 구조안정성을 평가하였으며 날개의 변위를 확인하여 팁 간극의 간섭 가능성을 검증하였다. 축류팬의 회전수 변화에 따라 최대응력의 변화를 관찰하여 1600rpm에서 안전계수가 1.03으로 재료의 항복점에 근접하고 있으며 소성

변형이 발생할 수 있는 회전수 구간으로 제시하였다. 또한 변위는 검증한 회전수 구간에서 팁 간극과 비교하여 여유가 있다고 결론지었다.

김용인 등(16)은 축류휀의 날개 후연 두께가 설계 유량의 성능에 미치는 영향성과 슈라우드 부근의 날개 표면에 형성되는 불균일 압력 분포에 대해 수치해석으로 분석하였다. 결과로부터 축류휀의 날개 후연 두께가 감소할수록 전압 및 효율이 모두 증가하여 동시에 날개 슈라우드 부근의 불균일 압력 분포가 개선될 수 있으며 성능을 우선하는 설계의 경우는 날개 두께에 대한 추가 후가공이 필요하다고 제안하였다.

정철영 등(17)은 환기 및 제연기능을 갖는 벽부형 축류 송풍기 개발 과제의 소개를 통해 과제 도출을 위한 비 R&D 과제 진행사항과 원천기술 확보을 위한 스타기업 R&D 과제 선정과정을 설명하였다.

정철영 등(18)은 벽체에 직접 부탁이 가능하고 고온 조건에서도 운전이 가능한 제연용 축류 송풍기의 기초설계 및 개발진행에 대해 설명하였다. 기초설계의 유동해석 결과로부터 기존모델 대비 유량 및 압력 모두 향상된 것을 확인하였다.

김용인 등(19)은 지하공간 환기 및 제연을 목적으로하는 벽부형 축류휀의 날개 설치각에 대한 수치해석적 분석을 진행하였고 수치해석 결과는 선진사 제품을 대상으로 수행한 성능시험을 통해 검증하였다. 연구결과로부터 벽부형 축류휀의 설치각 감소에 따라 성능곡선은 저유량 영역으로 이동하며 최적의 성능을 갖는 설치각이 존재함을 확인하였다.

국정근 등(20)은 벽부형 축류팬의 구조해석을 위해 유한요소해석법을 활용하여 고유진동수와 정적구조해석을 수행하였고 각 구성요소에서 구조안정성이 확보되며 변위해석 결과와 팁 여유 간극의 비교를 통해 외부 케이싱과 간섭이 없을 것으로 예측하였다.

3. 결 론

위와 같이 2020년 한국유체기계학회 송풍기 및 환기시스템 부문에 발표된 총 20편의 논문(1편) 및 학술대회 발표논문(19편)들이 요약 및 분석 되었다.

최근 3년간 논문 게재가 늘어나는 추세였으나 COVID-19로 학술행사 축소 및 취소, 대학 비대면 수업 및 연구기관의 연구활동 위축 등으로 논문 게재가 현저히 줄어들었다. 그러나 국내외 학술행사의 성공적인 온라인 개최로 학술대회 발표는 크게 감소하지 않아 학술대회를 통해 소개된 연구내용이 학술지 논문 제출로 연결되도록 노력이 필요하다.

또한 대부분의 학술대회 발표내용이 송풍기 관련 과제의 연구개발 내용임을 감안하면 송풍기 및 환기시스템 관련 분야의 과제 도출을 위한 다양한 노력과 현재 진행되는 과제의 결과를 학술대회 발표 및 학술지 논문으로 연계하는 과정이 필요하다.

References

(1) 김동현, 길현권, 이찬, 2020, “지하 환기용 축류 팬을 위한 원통형 소음기 개발,” 한국유체기계학회 논문집, 제23권 제5호, pp. 5~14.

(2) 변성준, 변현택, 여환걸, 2020, “축류팬 성능 해석을 위한 MRF 영역과 슈라우드 형상에 관한 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(3) 김무성, 주원구, 유재홍, 송기형, 김범석, 2020, “입구형상이 임펠러 성능에 미치는 영향에 대한 수치 해석적 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(4) 이상열, 양상호, 2020, “정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발 – 4차년도 개발,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(5) 김용인, 이상열, 이경용, 양상호, 최영석, 2020, “축류휀의 날개 두께 분포 변화에 의한 팁 누설 와류 궤적에 대한 수치적 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(6) 국정근, 조병관, 양상호, 최영석, 2020, “가역형 축류팬의 임계속도 예측에 대한 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(7) 김동현, 박이준, 길현권, 이찬, 2020, “Pod형 원통형 소음기에 의한 고정압 축류팬의 소음저감,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(8) 김판수, 김근섭, 신동수, 여명구, 이상기, 2020, “LPWA기반 모니터링 시스템 개발,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(9) 공준상, 김정완, 곽원일, 하윤석, 김판수, 양상호, 이전국, 이용복, 2020, “디지털 트윈 기술을 활용한 22kW 스마트 제트팬 모터 베어링 및 기울기 상태 진단기술,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(10) 김용인, 이슬기, 손용진, 김정훈, 이우헌, 이경용, 최영석, 2020, “가정용 공기청정기 성능개선을 위한 원심휀의 적용 및 평가에 관한 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(11) 정철영, 최용욱, 2020, “제연용 축류 송풍기 임펠러의 온도변화에 따른 구조 안전성 변화 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(12) 서현국, 최준혁, 김정우, 2020, “CFD해석 및 실험을 통한 선풍기 그릴 영향 분석 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

(13) 이상열, 양상호, 2020, “정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발 – 4차년도 개발 결과,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.

(14) 김용인, 양현모, 이상열, 이경용, 양상호, 최영석, 2020, “저유량 영역에서 축류휀의 실속 특성에 관한 수치적 연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.

(15) 국정근, 조병관, 최영석, 양상호, “축류팬의 운전속도에 따른 구조해석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.

(16) 김용인, 이찬, 최영석, 2020, “날개 후연 두께에 따른 축류휀의 성능 및 불균일 압력 분포에 관한 수치적 연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.

(17) 정철영, 2020, “환기 및 제연기능을 갖는 벽부형 축류 송풍기 개발 소개,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
(18) 정철영, 최용욱, 이경용, 국정근, 2020, “제연용 벽부형 축류 송풍기 기초설계 및 개발진행,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
(19) 김용인, 서원재, 최용욱, 정철영, 이경용, 최영석, 2020, “날개 설치각에 의한 벽부형 축류휀의 성능 특성에 관한 수치적 연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
(20) 국정근, 조병관, 이경용, 정철영, 2020, “유한요소해석을 이용한 벽부형 축류팬의 구조해석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.