

## 2018년 송풍기 및 환기시스템 분야 연구동향

이경용\*

### 1. 서 론

연일 미세먼지 지수가 관심 받고 있는 2018년 한 해동안 송풍기 및 환기시스템 관련 총 2편의 논문이 게재되었고 학술대회 기간에 총 28편(하계 13편 및 동계 15편)의 논문이 발표되었다. 대부분 환기가 필요한 공간에서 요구하는 성능을 만족하기 위한 송풍기 설계에 대한 내용이며 최적설계를 위한 연구도 포함하고 있다. 또한 최근 ICT 및 IoT 기술을 접목한 송풍기 운전감시에 대한 연구내용도 소개되고 있으며 해당 논문들의 제목은 아래와 같다.

#### <논문>

- 1) 타워 새도우에 의한 2 MW급 풍력터빈의 추력 특성 확인
- 2) 고정압 축류팬의 형상 변수가 공력학적 성능에 미치는 영향

#### <학술대회>

- 1) CFRP 분진 회수를 위한 흡입모듈 재설계 및 흡입성능 평가
- 2) 송풍기 성능평가 방법 및 표준화 동향
- 3) FanDAS-SimricsMP 결합을 통한 축류 송풍기 개발
- 4) FanDAS-PIAnO 결합을 통한 축류 송풍기 최적설계
- 5) 보조채널을 갖는 재생형 송풍기에 대한 연구
- 6) 광산 작업장에서 풍관을 이용한 환기유동 특성
- 7) 정방향 운전위주의 가역형 축류팬 개발
- 8) 정방향 운전위주의 가역형 축류팬 공력설계
- 9) 축류팬 원통형 소음기 기초 설계 및 해석
- 10) 정방향 운전위주의 가역형 축류팬에 대한 구조해석
- 11) 정방향 운전위주의 축류팬 스마트 유지관리 및 방법
- 12) 플라스틱 축류 팬의 유동-구조 연성해석을 통한 변형 특성에 관한 연구
- 13) 유체-구조 연성해석 방법을 이용한 축류형 팬의 진동 특성 연구
- 14) 정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발-2차년도 개발 계획
- 15) 지하공간 환기용 축류팬의 날개 및 안내깃 최적화

- 16) 입구부 허브캡 형상이 축류팬 성능에 미치는 영향에 대한 수치해석적 연구
- 17) Pod 형상을 가진 원통형 소음기의 설계변수에 따른 소음 특성 해석
- 18) 정방향 운전위주의 가역형 축류팬 날개 설치각도에 따른 구조해석
- 19) 가역형 축류팬의 회전체 동역학적 해석 및 고찰
- 20) IoT 기술에 기반한 축류팬 감시 시스템 개발
- 21) 4.0 kPa 고정압 축류팬의 모델링 설계방법 연구
- 22) 진공청소기용 팬-모터의 시스템-레벨 분석
- 23) 허브 소형화에 의한 에어컨 실외기용 축류팬의 성능개선
- 24) 엠티전식 덕티드 팬의 공력 특성에 대한 수치적 연구
- 25) 후향익 원심 송풍기 설계 및 성능곡선 해석 프로그램 개발
- 26) FANDAS CODE를 이용한 축류팬의 설계변수에 따른 성능 및 소음특성 해석
- 27) 소형 회전의 환경제어계통 송풍기의 익단 간극이 성능에 미치는 영향
- 28) 공기청정기 출구 덕트형상에 따른 원심팬 성능 분석연구

본 연감에서는 위의 논문들의 연구내용을 요약 및 분석하여 2018년 송풍기 및 환기시스템 분야의 연구내용 및 동향을 정리하고자 한다.

### 2. 연구 내용 및 동향

강문수 등<sup>(1)</sup>은 2 MW 풍력터빈을 대상으로 타워 새도우에 의해 블레이드와 로터에 발생하는 추력 변동의 특성을 살펴 보았다. 타워 새도우에 의한 풍속의 변동은 포텐셜 흐름 모델(potential flow model)을 적용하였고 GL(Germanischer Lloyd)로부터 인증된 풍력터빈의 해석을 위한 전문적인 상용 S/W인 GH Bladed를 이용하였으며 타워 새도우에 의해 블레이드와 로터에 발생하는 추력을 계산하여 추력 변동의 크기와 주파수의 특성을 살펴보았다.

타워 새도우에 의해 블레이드에 발생하는 추력 변동은 정

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

상상태 값 대비 최댓값으로의 변동 크기는 최솟값으로의 변동 크기에 비하여 상대적으로 매우 작았으며 타워 새도우에 의해 허브에 발생하는 추력 변동의 경우, 120도의 위상차를 가지는 세 블레이드에서의 비대칭 추력의 중첩은 추력 변동의 최솟값에서는 영향을 주지 않았으나, 추력 변동의 최댓값에는 약간의 영향을 주었다고 확인하였다.

또한 타워 새도우에 의해 발생하는 추력 변동의 진폭(피크-피크 값)은 블레이드와 허브 모두 풍속이 커짐에 따라 점점 증가하여 정격풍속 근처 12 m/s 대비 정지풍속 24 m/s에서 추력 변동의 피크-피크 값은 블레이드에서는 약 80%, 허브에서는 약 100% 증가하였다.

끝으로 타워 새도우가 작용할 때 발생하는 추력 변동의 주파수 특성은 블레이드와 허브 모두에서 로터 회전 주파수의 세 배인 3P 성분이 가장 큼을 확인할 수 있었고, 고조파 성분의 크기 또한 확연히 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 향후 타워의 지름과 오버행의 비를 조정하면서 추력 변동 특성을 분석하여 타워 새도우에 의해 발생하는 동하중의 저감을 위한 최적의 비를 찾는 연구를 추가해야 한다고 제안하였다.

양상호 등<sup>(2)</sup>은 축소 모델 축류팬 시제품의 성능시험 결과를 바탕으로 유동해석을 실시하여 공력성능을 확인하였고, 고정압 축류팬의 동익(rotor) 및 정익(stator)의 날개 수, 그리고 허브 비(hub ratio) 변화가 공력학적 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 유동특성을 분석하기 위하여 삼차원 Reynoldsaveraged Navier-Stokes (RANS) 해석을 수행하였다.

연구 결과로부터 실 송풍기 대비 62.5%의 축소 모델 축류팬으로 성능시험 한 결과를 바탕으로 실 송풍기의 성능을 확인하였고 고정압 축류팬에 대한 RANS해석 결과의 신뢰성 검증을 통해 성능곡선 결과는 전체적으로 잘 일치하는 경향을 보여 수치해석 결과의 신뢰성을 검증하였다.

특히 실험을 통해 예측이 어려운 동익 및 정익의 날개 개수와 허브비를 변화하며 성능을 예측하여 추후에 30 km 이상의 초장대 해저터널이나 육상터널, 철도터널, 지하차도 등의 환기 및 제연용 송풍기로서 4.0 kPa 이상의 고정압 축류팬으로 사용이 가능하며, 고효율 최적설계 및 시리즈화 설계로 광산이나 산업용 축류팬으로 점차 사용 용도를 넓힐 수 있을 것으로 예상하였다.

서준원 등<sup>(3)</sup>은 드릴링/위터젯 복합가공시스템 국산화 개발을 위한 연구의 일환으로 실험과 수치해석을 병행하여 절삭가공시 회전수에 따른 CFRP 분진 회수를 위한 기본 및 재설계 흡입모듈의 작동점 및 흡입성능을 평가하는 연구를 수행하였다. 그 결과, 기본모델 대비 재설계 모델은 선행연구를 통해 예측된 결과와 유사하게 시스템 저항곡선이 변화함을 확인하여 분진 회수를 위한 고효율, 고흡입 운전이 가능하도록 블로워 사양선정 및 흡입모듈 설계가 적절하게 이루어졌음을 확인하였다.

이봉수<sup>(4)</sup>는 송풍기 성능평가 방법 및 표준화 동향에 대해 설명하며 국내 송풍기 업계에서 성능평가와 관련하여 인지하고 있어야 할 내용에 대해 언급하였다. 특히 국내의 송풍기 산업의 발전과 함께 변화하는 표준화 동향도 제시하였다.

김재효 등<sup>(5)</sup>은 아파트 단지 내에 매설된 전력구 내의 냉각을 위한 풍량과 정압을 낼 수 있는 축류 송풍기를 설계하고 그에 대한 성능을 유동 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 축류 송풍기의 설계요구사항을 만족하는 송풍기를 FanDAS 프로그램을 이용하여 설계하였고 설계된 송풍기에 대해서 SimericsMP 프로그램으로 유동해석을 수행하여 성능을 확인하였다. 그 결과로 실제 제품을 제작하고 실험을 통해 성능 검증을 진행할 예정이다.

양승용 등<sup>(6)</sup>은 송풍기 최적설계를 위해 해석과 최적화를 위해 각각 FanDAS와 PIAAnO 프로그램을 사용하고, 유한체적법(FVM)을 사용하는 CFD 코드인 SimericsMP로 설계안을 검증하였다. 축류 송풍기 설계와 최적화 소프트웨어를 결합해, 인력으로 감당할 수 없는 상당한 수의 디자인을 합리적인 시간 내에 검토하여, 최적설계 안이 도출될 수 있음을 확인하였고 그 설계안의 신뢰성을 높이기 위해서는 검증 수단도 함께 고려될 필요가 있음을 확인하였다.

마재현 등<sup>(7)</sup>은 보조채널을 갖는 재생형 송풍기의 공력특성을 분석하기 위해 삼차원 Reynolds-averaged Navier-Stokes(RANS) 해석을 수행하였다. 해석 결과로부터 보조채널을 갖는 재생형 송풍기가 보조채널이 없는 기준형상과 비교하여 임펠러 회전에 따라 더 큰 전압력 상승을 보였고 이에 따라 효율이 증가하는 것을 확인하였다.

박종명 등<sup>(8)</sup>은 막장을 가진 광산 작업장에서 급기 풍관만 있는 경우에 풍관의 위치에 따른 유동특성을 분석하고 풍관의 위치에 따른 최적설계를 수행하였다. 그 결과로 광산 작업면과 급기 풍관 사이에 많은 복잡한 와류가 생성되며 특히 풍관 하단에 큰 주 와류가 발생하고 급기 풍관의 위치에 따른 유선분석, 공기평균연령등의 수치결과를 이용하여 풍관의 최적설계를 위한 분석을 수행하였다.

양상호 등<sup>(9)</sup>은 정·역회전 가역 성능은 그대로 유지하면서 정방향 운전에서 축류팬의 효율을 높여 축류송풍기 에너지 효율등급(FEG) 단체 인증에서 FEG 85 이상 공인인증을 목표로 하여 글로벌 시장 진출에서 국제경쟁력을 갖는 고효율 축류팬을 개발하는 과제를 소개하였다. 또한 4차 산업 도래에 따른 현신에 발맞추어 송풍기의 성능 및 수명을 좌우하는 베어링 진동 및 온도, 외력에 의한 설치 변형, 압력 및 소비전력, 역회전 감시 등을 실시간 모니터링 할 수 있는 ICT, IoT, AI 기반의 무선 스마트센서와 스마트 유지관리 시스템을 개발하여 공익설비의 운전 효율향상과 수명연장을 위한 방안을 제시하였다.

김성 등<sup>(10)</sup>은 지하철 환기용 축류팬 설계를 위해 축류팬의 주요 구성품인 임펠러 및 안내깃의 공력설계를 수행하였다.

효율 향상을 위한 축류팬 설계를 위해 임펠러는 익형 설계변수로 정립하였고, 안내깃은 시제품 제작이 용이한 2D 타입의 날개각 분포로 설계변수를 정립하였다. 설계된 축류팬 임펠러 및 안내깃의 성능은 수치해석을 이용하여 검증하였다.

박종진 등<sup>(11)</sup>은 지하철 환기용 송풍기 성능에 미치는 영향을 최소화 하고 소음기의 성능향상을 목적으로 원통형 구조를 갖는 소음기의 기초적인 설계와 소음저감 성능해석을 진행하였다. 축류팬의 성능 및 소음을 고려한 설계 민감도를 수행하고 설계변수 변화가 전압, 효율 및 소음특성에 미치는 영향 분석을 통하여 고효율, 고성능, 저소음 설계 범위를 결정하였다. 또한 축류팬의 소음원 스펙트럼을 예측하고 흡음재 장착 pod를 가지는 원통형 타공벽면 소음기에 대한 기초 설계와 해석을 진행하였다.

국정근 등<sup>(12)</sup>은 철도 터널의 환기 및 제연, 배연을 담당하는 정방향 운전 위주의 가역형 축류팬을 개발함에 있어 임펠러의 구조적인 결함에 의한 파손의 위험성을 미리 예측하기 위해 구조해석을 통한 안정성을 검증해 보았다. 축류팬의 날개, 허브, 축, 허브캡의 주요부품에 대해 날개의 설치각도와 회전수 별 운전조건에 대해 구조해석을 진행하였다. 그 결과, 주요 구성품 중 허브캡에서 최대응력이 발생하였고 특정 날개설치 각도를 제외하고 다른 각도에서는 최대응력의 변화와 관련이 없음을 확인하였다. 또한 회전수 증가에 따라 각 구성품의 최대응력이 증가되는 현상도 예측하였다.

김판수 등<sup>(13)</sup>은 축류팬의 상시 운전상태의 감시를 위해 진동(3축 진동), 베어링 온도, 권선온도 등을 센서를 통하여 측정하고 4차 산업의 6대 분야 중 하나인 사물인터넷 무선통신(LoRa)을 이용하여 데이터 전송기술을 접목, 사용자와 개발자 서버 및 모바일 기기로 동시 전송되어 이상 유/무를 즉시 파악할 수 있는 스마트 유지관리시스템 체계를 구축하는 개발을 진행하였다. 이 결과를 토대로 설비의 유지보수 및 관리적인 측면에서 미연에 감지가 가능하도록 하여, 그에 따른 설비의 안전성, 유지비 등을 절감할 수 있다.

김효상 등<sup>(14)</sup>은 냉동공조용으로 사용되는 축류팬의 공기역학적 현상에 의한 구조변형을 규명할 수 있는 해석방법을 개발하여 유동해석을 하고 그 결과를 적용하여 구조진동해석을 하였고 해당 연구방법을 실제 플라스틱 팬에 적용하여 변형을 관찰하였다. 구조진동해석을 통해 허브보다는 팁에서, 후연보다는 전연에서 응력을 많이 받고 현저한 변형이 발생함을 관찰하였고 유동 및 진동해석을 FFT 분석하여 팬의 주파수 특성을 확인하였다. 끝으로 모달해석을 통하여 팬의 고유진동수와 FFT 결과로부터 팬의 특성을 파악하였다.

김성연 등<sup>(15)</sup>은 CFD(전산유체역학)를 이용하여 냉동공조용 축류팬의 유동해석을 하였고 CFD 해석결과를 토대로 유동압력에 의한 팬의 구조진동해석을 진행하였다. 그 결과, 팬의 전연에서 변형량이 가장 크고 등가응력은 날개가 고정되어있는 허브부분에서 가장 크게 나타난 것을 확인하였다.

이상열 등<sup>(16)</sup>은 지하철 환기용 축류팬을 대상으로 임펠러 익형 형상을 비대칭 익형으로 설계하여 역회전 가역 성능을 유지하면서 정방향 운전에서의 효율을 높이고 축류송풍기 에너지 효율 등급(FEG) 단체 인증에서 FEG 85 이상 공인인증을 목표로 국제 경쟁력을 갖는 고효율 축류팬 개발 과제를 소개하였다. 또한 4차 산업혁명에 발 맞추어 관리자의 접근이 어려운 지하철 본선 환기용 축류팬의 유지보수 편의성 확보를 위한 축류팬의 성능 및 수명을 좌우하는 베어링의 온도, 진동, 수평유지 및 운전감시 등의 실시간 모니터링이 가능한 ICT/IoT 기반의 무선 스마트 센서와 스마트 유지관리 시스템을 개발하여 공익설비의 운전 효율향상과 수명연장을 목표로 진행되는 과제를 설명하였다.

김용인 등<sup>(17)</sup>은 지하공간 환기용 축류팬의 공력학적 최적 설계를 통해 목표치를 만족하는 범위 내에서 효율의 극대화를 도모하였다. 축류팬의 날개 및 안내깃을 최적화 대상으로 선정하였으며 날개의 팁 간극(tip clearance)을 고려하였다. 최적화를 위해 2k 일부요인 배치법을 통해 날개 허브 및 슈라우드의 깃 각도와 안내깃 전연의 깃각도를 주요설계변수로 선정하였고 반응표면기법을 통해 최적모델을 도출하여 기존모델 대비 전압효율이 약 1.7% 상승한 설계 결과를 제시하였다.

이슬기 등<sup>(18)</sup>은 지하철 환기용 축류팬을 대상으로 삼차원 정상상태 수치해석을 수행하여 허브캡의 유무 및 형상에 따른 축류팬의 공력학적 성능 및 내부 유동 특성을 규명하였다. 허브캡의 유무에 따라 내부유동의 차이에 의한 효율의 증감을 확인하였으며 허브캡 형상에 따라 효율이 저하되는 경향이 나타났지만 허브캡의 유무와 비교하여 미비하다는 결과를 제시하였다.

박종진 등<sup>(19)</sup>은 축류팬의 소음을 저감하고자 Pod 형상을 가진 원통형 소음기의 소음특성 해석을 수행하였다. 소음기의 소음저감 성능을 나타내는 투과손실 TL(Transmission Loss)을 ANSYS Harmonic Acoustics를 활용하여 설계변수 변화에 따른 투과손실을 예측하여 설계변수가 소음저감 특성에 미치는 영향을 알아보았다.

국정근 등<sup>(20)</sup>은 정방향 운전 위주의 가역형 축류팬에서 임펠러 날개 설치각도에 따른 구조해석을 통해 임펠러 구조안정성에 미치는 영향을 검증해 보았다. 결과로부터 설치각도의 변화에 대해 응력 및 안전율을 초과 허브캡에 대해 변화가 없으며 허브 및 날개는 설치각도 변화와 유사하게 변화하였다. 또한 원심력에 의한 임펠러의 반경방향 변위값 결과로부터 외부케이스와 간섭이 발생할 위험은 없는 것으로 예측하였다.

최복성 등<sup>(21)</sup>은 가역형 축류팬의 회전체 동역학적 해석 및 고찰을 통해 축류팬의 축계 및 날개의 고유진동 특성에 따른 동역학적 해석을 수행하고 위험 회전수 등을 확인하였다.

김판수<sup>(22)</sup>는 IoT 기술에 기반한 축류팬 감시 시스템을 소

개하며 축류팬이 작동되는 상태에서 측정되는 진동, 온도 및 기타 상태감시 항목에 대해 계측하여 처리하는 내용을 다루었다.

양상호 등<sup>(23)</sup>은 송풍기의 기하학적 및 역학적 상사성이 충족되는 축소 모델팬을 설계하여 규정에 따른 송풍기 성능시험을 실시하고 그 결과를 실제 송풍기의 성능으로 환산하는 방법을 소개하였다. 그 결과로부터 4.0 kPa 압력의 실송풍기와 모델 송풍기의 기하학적 및 역학적인 상사를 바탕으로 한 모델팬 설계와 모델팬에서 얻어진 성능시험결과에 라테우 계수를 대입하여 무차원곡선화 하는 방법에 대해 제시하였다.

박창환 등<sup>(24)</sup>은 진공청소기를 대상으로 팬, 모터 및 유동저항의 상호관계를 고려하여 전체 유량 영역에서 팬-모터 어셈블리와 이를 장착한 시스템의 특성을 예측하는 시스템-레벨 설계 프로그램(ACE, Air-moving Characteristics Estimation)의 성능예측 특성을 실제 진공청소기를 이용하여 검증하고 모터의 유동저항이 팬-모터 어셈블리에 미치는 영향을 살펴보았다. 그 결과, ACE를 통한 예측결과가 압력은 4.5% 이내, 효율은 6%이내에서 실험 결과와 잘 일치하였다. 또한 모터의 유동저항에 의해 어셈블리의 효율감소가 큰 모델의 유동저항비를 개선한 모델을 통해 실제 팬-모터 어셈블리의 효율 증가를 확인하였다.

정재혁 등<sup>(25)</sup>은 에어컨 실외기용 축류팬을 대상으로 허브 vortex의 발생과 날개에 미치는 영향을 최소화하여 팬의 성능을 향상시키기 위해 허브 형상을 개선한 팬을 설계하고 수치해석 및 실험적으로 성능을 확인하였다. 설계 개선의 성과를 실험을 통하여 확인한 결과, 허브 형상 개선에 의해 동일한 풍량 조건에서 팬모터 소비전력 5% 감소 및 팬소음 1.3 dB 감소됨을 확인하였다.

김우열 등<sup>(26)</sup>은 수치해석을 통해 엠티전식 덕트덕 팬의 로터간 거리와 덕트의 후방 확산각을 변화해가며 외부 유동이 없을 때, 제자리 비행 공력 특성을 비교하였다. 그 결과, 덕트 확산각이 0°, 회전익간 간격이 160mm일 때 덕트덕 팬의 최대 추력이 발생함을 확인하였고 덕트 확산각이 0° 및 6°인 두 경우 로터간 간격이 증가함에 발생된 최대 추력 또한 증가함을 확인하였다.

오건재<sup>(27)</sup>는 후향익 원심 송풍기 설계 및 성능곡선 해석 프로그램의 개발을 통해 설계 사양의 입력, 최적치의 계산, 설계 변수의 계산, 성능 곡선의 계산, 성능 곡선의 출력 및 설계변수의 출력 등의 구성을 갖고 팬 유동에 대한 구체적인 지식이 없는 현장 엔지니어가 편하게 사용할 수 있도록 개발된 설계 소프트웨어를 소개하였다.

김동현 등<sup>(28)</sup>은 축류팬의 설계 변수에 따른 성능, 효율 및 소음 특성을 해석하기 위하여 FanDAS code를 사용하였고 계산결과를 토대로 축류팬의 설계변수들이 전압, 효율 및 총소음도에 어떻게 영향을 분석하였으며 더 나아가 고효율/저소음 축류팬의 설계를 도출하였다. 설계 결과로부터 허브비,

시위길이 및 날개 개수에 따른 영향성을 분석하였고 설계목표를 만족하는 변수의 범위를 제안하였다. 또한 축류팬 개발 시 소음을 저감시키기 위해서 부착되는 소음기를 고려하는 경우에 고려해야 할 날개 개수를 제시하였다.

김재훈 등<sup>(29)</sup>은 환경제어시스템에 사용되는 소형 회전익 송풍기의 간극 크기에 따른 송풍기의 성능 변화를 수치해석으로 확인하였다. 그 결과, 회전하는 날개 끝 간극에서 발생한 누설 유동은 와류를 만들며 뒷전으로 전파되어 압력손실이 발생하고 간극의 크기는 성능에 영향을 미치는 중요 인자이므로 설계와 가공에 반영되어야 하며 연구대상 송풍기의 간극을 제한하는 결과를 도출하였다.

신용식 등<sup>(30)</sup>은 공기청정기용 원심팬의 출구 덕트형상 변화에 대해 수치해석적인 방법으로 성능을 확인하였다. 그 결과, 덕트 출구의 형상의 차이를 두고 모터를 정지한 후 모터 회전시와 같은 질량 유량을 준 결과에서 간소화된 덕트에서 실제 덕트의 약 1.6배 가량의 압력강하가 발생한 내용과 간소화된 덕트 형상의 경우 실제모델과 비교했을 때 출구부에서 난류에너지가 크게 발생된다는 점을 확인하였다.

### 3. 결 론

위와 같이 2018년 한국유체기계학회 송풍기 및 환기시스템 부문에 발표된 총 30편의 논문(2편) 및 학술대회 발표논문(28편)들이 요약 및 분석 되었다.

전반적으로 송풍기 설계 및 최적화 소프트웨어를 적용한 설계 및 검증관련 내용 이 주를 이루고 있으며 대부분 전산유체역학(CFD)을 활용하여 설계 결과에 대한 성능예측을 수행하였다. 과거 발표된 논문과 비교하여 특이한 사항은 송풍기 형상설계 및 성능평가 관련 내용과 함께 최근 이슈가 되고 있는 ICT 및 IoT 기술을 접목하여 송풍기의 운전감시 시스템에 대한 연구가 추가로 수행된 점이다. 해당 결과는 향후 송풍기 및 환기시스템 관련 산업의 발전을 위해 나아갈 방향을 제시한 연구내용이라고 생각된다.

그러나 다양한 연구내용을 다룬 28편의 발표논문에 비해 1년간 2편의 논문만 게재되어 학술대회를 통해 발표된 연구 개발 결과의 활발한 논문 게재 및 학술대회 논문의 질적 향상을 위한 노력이 필요하다고 판단된다.

### References

- (1) 강문수, 임채욱, 2018, “타워 새도우에 의한 2 MW급 풍력 터빈의 추력 특성 확인,” 한국유체기계학회 논문집, 제21권 제5호, pp. 5~12.
- (2) 양상호, 김경엽, 허만웅, 2018, “고정압 축류팬의 형상 변수가 공력학적 성능에 미치는 영향,” 한국유체기계학회 논문집, 제21권 제6호, pp. 32~38.
- (3) 서준원, 김진혁, 최영석, 주원규, 김효영, 김태곤, 이석우,

- 2018, “CFRP 분진 회수를 위한 흡입모듈 재설계 및 흡입 성능평가,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 71~72.
- (4) 이봉수, 2018, “송풍기 성능평가 방법 및 표준화 동향,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 73.
- (5) 김재효, 송근수, 이찬, 2018, “FanDAS-SimricsMP 결합을 통한 축류 송풍기 개발,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 74~75.
- (6) 양승용, 박창현, 송근수, 이찬, 2018, “FanDAS-PIAnO 결합을 통한 축류 송풍기 최적설계,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 76~77.
- (7) 마재현, 허만용, 김병삼, 정경호, 2018, “보조채널을 갖는 재생형 송풍기에 대한 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 81~82.
- (8) 박종명, 조영도, 박계순, 이동길, 2018, “광산 작업장에서 풍관을 이용한 환기유동 특성,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 83~84.
- (9) 양상호, 이상열, 김경엽, 2018, “정방향 운전위주의 가역형 축류팬 개발,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 87~88.
- (10) 김성, 양현모, 이슬기, 이경용, 최영석, 양상호, 2018, “정방향 운전위주의 가역형 축류팬 공력설계,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 89~90.
- (11) 박종진, 김효상, 김동현, 이찬, 길현권, 2018, “축류팬 원통형 소음기 기초 설계 및 해석,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 91~92.
- (12) 국정근, 전성민, 조병관, 양상호, 2018, “정방향 운전위주의 가역형 축류팬에 대한 구조해석,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 93~94.
- (13) 김판수, 신동수, 여명구, 이상기, 2018, “정방향 운전위주의 축류팬 스마트 유지관리 및 방법,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 95~96.
- (14) 김효상, 박종진, 김동현, 이찬, 길현권, 2018, “플라스틱 축류팬의 유동-구조 연성해석을 통한 변형 특성에 관한 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 321~322.
- (15) 김성연, 김승현, 김철휘, 김효상, 이찬, 여환걸, 2018, “유체-구조 연성해석 방법을 이용한 축류형 팬의 진동특성 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 393~394.
- (16) 이상열, 김경엽, 양상호, 2018, “정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발-2차년도 개발 계획,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 147~148.
- (17) 김용인, 이슬기, 김성, 양현모, 이경용, 양상호, 최영석, 2018, “지하공간 환기용 축류팬의 날개 및 안내깃 최적화,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 149~150.
- (18) 이슬기, 이경용, 양상호, 최영석, 2018, “입구부 허브캡 형상이 축류팬 성능에 미치는 영향에 대한 수치해석적 연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 151~152.
- (19) 박종진, 김동현, 길현권, 이찬, 2018, “Pod 형상을 가진 원통형 소음기의 설계변수에 따른 소음 특성 해석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 153~154.
- (20) 국정근, 이종현, 김완태, 조병관, 양상호, 2018, “정방향 운전위주의 가역형 축류팬 날개 설치각도에 따른 구조해석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 181~182.
- (21) 최복성, 하윤석, 이진국, 이용복, 2018, “가역형 축류팬의 회전체 동역학적 해석 및 고찰,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 183.
- (22) 김판수, 2018, “IoT 기술에 기반한 축류팬 감시 시스템 개발,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 184.
- (23) 양상호, 김경엽, 2018, “4.0 kPa 고정압 축류팬의 모델링 설계방법 연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 185~186.
- (24) 박창환, 이종대, 신동진, 2018, “진공청소기용 팬-모터의 시스템-레벨 분석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 241~242.
- (25) 정재혁, 주원구, 2018, “허브 소형화에 의한 에어컨 실외기용 축류팬의 성능개선,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 243~244.
- (26) 김우열, 김성민, 2018, “엠티전식 덕트덕 팬의 공력 특성에 대한 수치적 연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 245~246.
- (27) 오건제, 2018, “후향익 원심 송풍기 설계 및 성능곡선 해석 프로그램 개발,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 367~368.
- (28) 김동현, 박종진, 권오상, 고동현, 최정근, 이찬, 길현권, 2018, “FANDAS CODE를 이용한 축류팬의 설계변수에 따른 성능 및 소음특성 해석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 369~370.
- (29) 김재훈, 오민석, 김창환, 황현진, 안성민, 안정민, 2018, “소형 회전의 환경제어계통 송풍기의 익단 간극이 성능에 미치는 영향,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 371~372.
- (30) 신용식, 김정우, 2018, “공기청정기 출구 덕트형상에 따른 원심팬 성능 분석연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 373~374.