

2017년 송풍기 및 환기시스템 분야 연구동향

이경용*

1. 서 론

2017년 한 해 동안에 총 3편의 논문이 게재되었고 학술대회 기간에 총 15편(하계 7편 및 동계 8편)의 논문이 발표되었다. 최근 미세먼지 및 환경오염과 관련하여 환기시스템 및 송풍기의 관심도가 높아지는 시점에서 환기 및 공기청정 시스템에 적용되는 송풍기의 성능향상 및 소음감소에 대한 연구가 진행되었으며 해당 논문들의 제목은 아래와 같다.

〈논문〉

- 1) 진공청소기용 팬모터 어셈블리의 시스템레벨 분석
- 2) 대형 풍력발전기용 소형 모터-발전기 시스템 설계
- 3) 재생형 송풍기를 위한 소음기 개발

〈학술대회〉

- 1) CFRP 분진 회수를 위한 흡입모듈 및 블로어 성능평가
- 2) Winglet을 이용한 축류형 팬의 성능 개선 및 소음 저감에 관한 연구
- 3) 비속도 1,200~1,600인 고정압 축류팬 개발
- 4) 덕적도 풍력 시스템 설치 타당성 검토연구
- 5) 케이싱 입출구 유동손실 설계변수를 통한 블로어 성능 개선 연구
- 6) 자동차용 HVAC 시스템 시로코헨의 소음원특성 분석
- 7) 모달 분석을 통한 팬 소음 저감
- 8) 차량 공조용 블로어의 공력성능 향상을 위한 휠 및 스크롤 최적설계
- 9) 플라스틱 축류 팬의 유동-구조 연성해석을 통한 변형 특성 고찰
- 10) 동익 피치각 및 디퓨저 각도가 축류팬의 공력 성능에 미치는 영향
- 11) 지하 공간 환기를 위한 원심제트스트림 팬 개발
- 12) 지게차 축류형 냉각팬의 전산소음해석
- 13) 공기청정기의 터보팬 설계 인자에 따른 유량 성능
- 14) 축류팬의 압력 손실 분포를 통한 유동 특성이 효율에 미치는 영향 분석
- 15) 스케일링 함수를 이용한 지게차 냉각팬의 소음원 분석

본 연감에서는 위의 논문들의 연구내용을 요약 및 분석하여 2017년 송풍기 및 환기시스템 분야의 연구내용 및 동향을 정리하고자 한다.

2. 연구 내용 및 동향

박창환 등⁽¹⁾은 팬, 모터 및 유동저항의 상호관계를 고려하여 전체 유량 영역에서 팬-모터 어셈블리와 이를 장착한 시스템의 특성을 예측하는 시스템-레벨 설계기술인 ACE (Air-moving Characteristics Estimation) 소프트웨어를 이용하여 진공청소기용 팬-모터 어셈블리의 시스템-레벨 분석을 수행하였다. 팬-모터 어셈블리의 특성과 진공청소기 시스템의 유동저항 계수를 이용하여 시스템의 성능특성을 예측하였고, 예측된 결과는 실제 진공청소기의 성능 측정을 통해 검증하였다. ACE의 예측결과는 압력은 4.5% 이내, 효율은 6% 이내에서 실험 결과와 잘 일치하였다. 또한, 모터의 유동저항이 팬-모터 어셈블리의 성능에 미치는 영향을 일정 유량조건에서 모터의 유동저항과 일정 교축조건에서의 유동저항의 비로 정의되는 유동저항비(Flow Resistance Ratio, FRR) 값으로 정량화 하였으며, FRR은 오리피스 직경 기준의 효율 감소를 고려할 때에도 정성적인 설계 변수로 활용 가능하다는 것을 확인하였다. 모터의 유동저항에 의해 어셈블리의 효율 감소가 큰 S2 모델의 FRR 값을 9.0%에서 2.4% 수준으로 개선한 모델의 성능 평가를 통해 실제 팬모터 어셈블리의 효율 증가를 확인하였다.

임채욱⁽²⁾은 수 MW급 풍력발전기와 동일한 응답특성을 나타내는 소형 모터-발전기 시스템의 설계에 관하여 살펴보았는데, 최적모드제인을 이용하는 토크 제어 방법을 적용하여 발전기의 응답 성능을 확인함을 통하여 설계 파라미터들을 선정할 수 있음을 보였다.

우선 2 MW 풍력발전기를 대상으로 최적모드제인을 이용하는 토크 제어 방법을 적용하였을 때의 응답 성능을 확인하였다. 최적주속비 풍속 구간은 5.3~9.3 m/s임을 확인하였고, 이 구간에서 계단 풍속에 대한 발전기 속도 응답을 구하

* 한국생산기술연구원 열유체시스템그룹(Korea Institute of Industrial Technology, Thermal & Fluid System R&D Group)
E-mail : chrisst@kitech.re.kr

였다. 발전기 속도의 응답은 오버슈트가 없는 1차 시스템의 응답 특성과 비슷함을 확인하였고, 이를 바탕으로 응답 성능이 되는 시상수가 8.6초로 매우 느린 응답 특성을 가짐을 확인하였다.

다음으로 2 MW 풍력발전기와 동일한 최적주속비 풍속 구간과 시상수를 가지도록 3.5 kW 소형 모터-발전기 시스템을 설계하였는데, 이때 출력제어 모사를 위하여 출력계수는 2 MW와 동일한 자료를 사용하였다. 최적모드제인을 이용하는 토크 제어 방법을 적용하여 발전기의 응답 성능을 확인함을 통하여, 기어박스의 증속비는 5이고 로터 반경은 2.05 m 이고 플라이휠의 질량 관성모멘트는 1.77 kgm^2 로 선정하였다. 이와 같이 설계된 3.5 kW 소형 모터-발전기 시스템은 최적 주속비 풍속 구간은 5.3~9.3 m/s이고 시상수가 8.6초로 2 MW 풍력발전기와 동일한 응답 성능을 보임을 확인하였다.

전관호 등⁽³⁾은 연료전지용 재생형 송풍기에 적합한 소음기 개발 연구를 수행하였다. 재생형 송풍기의 소음특성인 이산주파수 소음과 광대역주파수 소음을 저감하고자, 다공 흡음형 소음기를 설계 제작하였다. 다공형 소음기 설계로 이산주파수 소음 성분을 현저히 저감시켰고, 동시에 흡음재를 통하여 고주파수영역의 광대역 소음 성분을 추가적으로 저감시킬 수 있었다. 제작된 소음기를 재생형 송풍기에 부착하여 소음 성능을 평가한 결과로 23 dB의 송풍기 소음을 저감하였다. 이러한 연구결과로서, 재생형 송풍기의 소음을 저감시키기 위하여 다공 흡음형 소음기가 매우 효과적으로 사용될 수 있음을 보였다.

서준원 등⁽⁴⁾은 스피너를 이용해 탄소섬유복합재(CFRP) 가공시 발생하는 분진 흡입을 위한 최적의 블로어 사양 선정 및 흡입모듈설계를 위해 실험과 수치해석을 병행하여 흡입용 블로어의 성능평가 및 전체 시스템 저항곡선 산출에 관한 연구를 수행하였다. 연구결과를 통해 블로어의 현수준을 분석하고 흡입모듈의 형상 재설계 및 흡입용 블로어 개선점을 통해 기존 작동점에서의 성능 대비 전반적인 사양이 개선되는 작동점을 얻었으며, 분진 회수를 위한 고효율 운전이 가능하도록 블로어 선정 및 흡입모듈이 설계가 적절하게 이루어졌음을 확인하였다.

김효상 등⁽⁵⁾은 축류팬의 성능 개선과 소음 저감에 관하여 연구과정에서 성능 시험 중 팬이 구조적으로 퍼지는 것이 확인되어 구조적으로 변형을 줄이고 또한 유체의 역류를 방지하기 위하여 팬의 tip부분에 winglelet을 설치하여 winglelet의 유무에 따라 성능을 해석과 시험을 통하여 비교검증을 하였고 소음측정을 통하여 검증하였다. 그 결과, 성능해석과 성능시험의 결과가 비교적 잘 일치하였고 winglelet이 있는 경우 성능이 향상하고 소음이 감소하는 효과를 확인하였다.

양상호 등⁽⁶⁾은 터널 환기용 대풍량 및 고정압 축류팬의 성능평가를 위해 모델 송풍기를 제작하고 날개 개수 및 각도에

따른 성능을 측정하여 상사를 통해 비속도 1,200~1,600급 축류팬으로 사용이 가능하다는 것을 확인하였다.

알사지드 등⁽⁷⁾은 덕적도 풍력 시스템의 설치 타당성을 검토하기 위해 해당 지역의 바람 특성(속도 및 방향) 정보와 풍력 발전 시스템의 사양을 적용하여 지역 특성에 맞는 최적 풍력 발전 시스템을 제안하였다.

마재현 등⁽⁸⁾은 연료전지용 재생형 블로워를 대상으로 설계 프로그램인 FANDAS-Regen을 사용하여 기본 형상을 설계하고 입출구부의 형상변화에 따른 성능변화를 실험 및 유동해석을 통해 비교 분석하여 성능향상을 확인하였다.

변형조 등⁽⁹⁾은 자동차용 HVAC 시스템의 블로워와 덕트에서 발생하는 소음을 측정하여 전달함수와 소음원 함수를 비교 분석하였다. 결과로부터 블로워 및 HVAC 시스템의 조합에 따라 소음모드 및 소음원 특성을 분석할 수 있다는 가능성을 제시하였다.

김호민 등⁽¹⁰⁾은 축류팬 날개의 강도보강용 갈비(rib)의 유무에 따른 공진모드, BPF 및 하모닉 주파수의 분석을 위해 성능 및 소음 특성을 측정하고 팬 모달 분석을 통해 팬 날개의 주요 공진 모드 주파수와 이극자 소음원의 차이가 발생하는 경우에 소음이 저감한다는 결과를 도출하였다.

마상범 등⁽¹¹⁾은 자동차 공조용 원심 다익 블로워의 소형화 및 공력성능 향상을 위해 휠 및 스크롤 형상 최적설계를 수행하고 공력성능 분석 및 내부 유동장 해석을 통해 휠 직경이 약 9% 감소하고 정압력비가 약 12.6% 상승된 모델을 개발하였다.

김효상 등⁽¹²⁾은 플라스틱 재질의 축류팬을 설계하고 공기 역학적 현상에 의한 구조변형을 규명하기 위한 해석방법을 개발하여 팬의 유동해석 및 구조진동해석을 수행하여 구조적인 변형 및 주파수 특성을 예측하였다.

양상호 등⁽¹³⁾은 제트팬 임펠러의 피치각 및 디퓨저 각도에 의한 성능변화를 수치해석적으로 확인하였다. 그 결과, 임펠러의 피치각의 변화에 따라 성능이 민감하게 변화하는 것을 확인하였다.

정철영 등⁽¹⁴⁾은 지하 공간의 환기용으로 사용되는 팬(유인 팬, 축류 제트스트림 팬 및 원심 제트스트림 팬)을 대상으로 환기성능을 수치해석적으로 분석하였다. 임의의 지하 공간에 대상 팬을 장착한 상황을 모사하고 지하 공간의 기류를 분석하여 효과적인 팬을 제안하였다.

이용일 등⁽¹⁵⁾은 지게차 엔진룸 내부의 소음해석을 위해 엔진룸 내부의 유동해석을 수행하고 엔진형상으로 인한 불균일한 유동을 고려한 냉각팬 날개의 비정상 양력분포를 바탕으로 소음분석을 수행하였다. 그 결과, 팬의 회전으로 인한 BPF 및 이산소음 특성을 분석할 수 있었으며 불균일한 입구 유동특성을 갖는 냉각팬 설계시 설계도구로 사용할 수 있다고 제안하였다.

조준현⁽¹⁶⁾은 터보팬 형상의 공기청정기가 갖는 풍량 특성

에 대해 해석적으로 연구를 하였으며 터보팬의 날개 및 하우징의 내부 유동특성을 분석하였다. 하우징 내부의 공기 흐름과 터보팬 형상과의 상관 관계 및 설계 인자들을 도출하였으며 향후 풍량 증가 및 집진 성능 효율의 개선을 위한 주요 인자 값을 확인한 성과를 소개하였다.

정재혁 등⁽¹⁷⁾은 에어컨 실외기용 축류팬의 손실을 정의하기 위해 수치해석을 수행하고 정제압력손실계수의 3차원 분포를 도출하여 손실의 발생 위치와 원인에 따른 분류를 수행하였다. 손실 분석을 통해 각 손실의 원인과 비중을 확인하였고 손실계수와 효율과의 관계로부터 효율 개선을 위한 연구에 활용이 가능하다고 제안하였다.

변형조 등⁽¹⁸⁾은 지게차의 냉각 팬 모듈에서 발생하는 소음을 분석 및 평가하기 위하여 소음을 측정하고 스케일함수를 이용하여 전달함수와 소음원 함수를 비교하여 분석하였다. 분석을 위해 팬 형상, 팬과 슈라우드 간격 및 회전수를 변화하며 소음 특성을 분석하였다. 결과로부터 각각의 변화에 따른 팬소음의 와동소음의 기여도를 파악할 수 있다고 결론지었다.

3. 결 론

위와 같이 2017년 한국유체기계학회 송풍기 및 환기시스템 부문에 발표된 총 18편의 논문(3편) 및 학술대회 발표논문(15편)들이 요약 및 분석 되었다.

본과의 특별세션으로 구성된 발표논문(하계 5편 및 동계 4)들이 주를 이루고 있으며 전체적으로 송풍기 설계, 성능평가 및 소음분석에 대한 내용을 다루고 있다. 특히 최근 연구동향을 반영하듯이 설계 및 분석 과정에서 실험으로 검증된 수치해석적 방법을 적용하여 결과의 신뢰도를 높이는 연구결과가 다수 발표 되었다. 또한 풍력발전용 시스템, 진공청소기, 연료전지, 분진회수기, 터널 환기, 자동차 공조, 중앙비 및 공기청정기와 같이 다양한 적용분야에 대한 연구가 진행되어 향후 해당 연구분야의 발전과 함께 송풍기 및 환기시스템에 대한 연구도 활발히 진행 될 것으로 예상된다.

References

- (1) 박창환, 박경현, 장경식, 2017, “진공청소기용 팬-모터 어셈블리의 시스템-레벨 분석,” 한국유체기계학회 논문집, 제20권 제1호, pp. 5~14.
- (2) 임채욱, 2017, “대형 풍력발전기용 소형 모터-발전기 시스템 설계,” 한국유체기계학회 논문집, 제20권 제1호, pp. 48~52.
- (3) 전관호, 이찬, 길현권, 2017, “재생형 송풍기를 위한 소음기 개발,” 한국유체기계학회 논문집, 제20권 제4호, pp.

- 37~42.
- (4) 서준원, 김진혁, 최영석, 주원구, 김효영, 김태곤, 이석우, 2017, “CFRP 분진 회수를 위한 흡입모듈 및 블로어 성능 평가,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 57~58.
- (5) 김효상, 이찬, 여환걸, 2017, “Winglet을 이용한 축류팬의 성능 개선 및 소음 저감에 관한 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 59~60.
- (6) 양상호, 김경엽, 최영석, 이경용, 허만웅, 2017, “비속도 1,200~1,600인 고정압 축류팬 개발,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 61~62.
- (7) 알사지드, 이상문, 김철규, 전석윤, 장춘만, 2017, “덕적도 풍력 시스템 설치 타당성 검토연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 63~64.
- (8) 마재현, 정경호, 김병삼, 김재호, 2017, “케이싱 입출구 유동손실 설계변수를 통한 블로워 성능 개선 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 65~66.
- (9) 변형조, 김석우, 이경암, 공태운, 이승배, 2017, “자동차용 HVAC 시스템 시로코팬의 소음원특성 분석,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 329~330.
- (10) 김호민, 변형조, 이문수, 위승우, 이승배, 2017, “모달 분석을 통한 팬 소음 저감,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, pp. 331~332.
- (11) 마상범, 김광용, 강인근, 한규익, 조환규, 2017, “차량 공조용 블로워의 공력성능 향상을 위한 휠 및 스크롤 최적설계,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 153~154.
- (12) 김효상, 박종진, 김성연, 이찬, 길현권, 2017, “플라스틱 축류 팬의 유동-구조 연성해석을 통한 변형 특성 고찰,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 155~156.
- (13) 양상호, 김경엽, 허만웅, 2017, “동익 피치각 및 디퓨저 각도가 축류팬의 공력 성능에 미치는 영향,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 157.
- (14) 정철영, 마상범, 김광용, 김진혁, 2017, “지하 공간 환기를 위한 원심제트스트림 팬 개발,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 158~159.
- (15) 이용일, 이승배, 2017, “지게차 축류형 냉각팬의 전산소음 해석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 329~330.
- (16) 조준현, 2017, “공기청정기의 터보팬 설계 인자에 따른 유량 성능,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 331~332.
- (17) 정재혁, 주원구, 2017, “축류팬의 압력 손실 분포를 통한 유동 특성이 효율에 미치는 영향 분석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 333~334.
- (18) 변형조, 이준표, 이승엽, 이승배, 2017, “스케일링 함수를 이용한 지게차 냉각팬의 소음원 분석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집, pp. 382~383.