

송풍기와 환기시스템 및 풍력분야의 연구동향

이장호*

1. 서 론

지난해 우리학회에 발표된 송풍기 및 환기 시스템 분과의 논문을 검토한 결과, 연구개발 발표회에서 12편이 발표되었고 학술지에 5편이 게재되었다. 그리고 최근 몇 년간 꾸준히 증가하고 있는 풍력분야 논문을 검토한 결과, 연구개발 발표회에서 15편이 발표되었고 9편의 논문이 학술지에 게재되었으며 이중 3편의 논문은 송풍기 및 환기시스템 분과로 분류되어 게재되었다.

저자는 본 특집에서 2011년도 송풍기 및 환기시스템 분과의 연구 동향과 함께 비슷한 이론을 기준으로 에너지의 흐름이 반대로 적용되는 풍력터빈의 연구동향도 함께 다루고자 한다.

2. 송풍기와 환기시스템 분야

2011년 유체기계공업학회지의 학술지에 게재되거나 연구개발 발표회에 발표된 논문을 분석하면, 축류형 송풍기 분야에 3편의 논문이 게재되고, 6개의 연구가 발표되었으며, 원심형 송풍기 분야에 1편의 논문이 게재되고 4편의 연구가 발표되었다. 그리고 환기시스템 및 그 외 송풍기 분야에 1편의 논문이 게재되고 2편의 연구가 발표되었다.

2.1 축류형 송풍기

최형준 등⁽¹⁾은 유해가스 흡입영역 확대를 위한 공기차단막형성용 송풍과 유해가스 흡배송이 동시에 가능하도록 이중 덕트를 적용한 흡배송 송풍기를 개발하고 그 효과를 실험적으로 규명하였다. 이 연구에서는 공기 차단막 송풍으로 유해물질 흡입영역이 30% 이상 확대되는 것이 실험적으로 확인되었으며, 공기차단막 형성을 위한 송풍과 유해물질 배출을 위한 흡배송이 동시에 하나의 송풍기로 작동될 수 있음을 보였다.

김주형 등⁽²⁾은 연구발표회에서 축류팬의 3차원 RANS 해석을 이용한 소음 특성을 발표하였으며, 기술적으로 RANS 해석과 FW-H방정식을 결합한 해석방법의 유용성을 보였다. 정철영 등⁽³⁾은 블레이드 스캐팅 중심축의 변화가 구조안정성에 미치는 영향이 성능에 미치는 영향만큼 미비한지에 대해

여 발표하였으며, 메쉬 격자 모양에 따른 변화가 확인되었다. 이찬 등⁽⁴⁾은 축류팬 해석프로그램의 매개변수 분석을 통해 최적화된 송풍기 설계 결과를 CFX를 이용한 유동해석으로 검증하는 방법으로 연구를 수행하고 시험으로 검증하는 일련의 효율적인 개발체계를 발표하였다. 박준영 등⁽⁵⁾은 근사대칭형 캠버라인을 가지는 가역송풍기의 중요설계변수들이 가역송풍기 성능에 미치는 영향에 대하여 발표하였으며, 이봉수 등⁽⁶⁾은 모터 내장형 블로워에 대한 시험방법을 개발에 대하여 발표하였다.

김정엽⁽⁷⁾은 터널내 병렬로 2대 설치된 제트팬의 수치해석을 통해 제트팬 상호간의 이격거리가 터널의 환기 특성에 미치는 영향을 검토하였다. 이 연구에서는 제트팬의 이격거리가 넓어지면 제트팬에서 분출되는 제트류 사이의 상호 간섭에 의한 마찰손실이 감소하여 환기량이 증가하는 것이 확인되었다.

김준형 등⁽⁸⁾은 터널환기용 제트팬의 성능을 향상시키기 위하여 3차원 RANS해석과 최적화기법을 결합하여 사용하였다. 이 연구에서는 약 1.2%의 효율향상이 기대되는 설계 변수의 조합과 함께 시험결과와의 비교를 통해 그 타당성이 제시되었다.

2.2 원심형 송풍기

장춘만 등⁽⁹⁾은 생활폐기물 관로이송 설비의 집하장에 설치되는 터보블로어의 고효율 설계를 위하여 터보블로어 볼류트케이싱의 최적화 결과를 바탕으로 터보블로어의 주요 설계인자인 임펠러 입출구 각도를 반응면기법을 이용하여 분석하였다. 이 연구에서는 수치해석을 통해 터보블로어의 상세한 내부유동장이 분석되었으며, 약 3.6% 정도의 효율향상이 기대되는 최적의 입출구 각의 조합이 제시되었다.

윤상훈 등⁽¹⁰⁾은 연구 발표에서 다익 원심팬의 설계변수 변화에 따라 성능예측 프로그램을 발표하였다. 이 연구에서는 누설유량, 유동차단, 미끄럼계수, 그리고 압력손실 모델이 결합된 평균유선 해석 기법이 사용되었으며, 프로그램의 해석결과는 실험과 비교되었다. 장춘만 등⁽¹¹⁾ 고효율 원심송풍기 설계인자를 분석에 대하여 발표하였으며, 이호호 등⁽¹²⁾은 정풍량 환기팬의 허브높이가 팬의 성능에 미치는 영향에 대하여 발표하였다. 양상훈 등⁽¹³⁾은 200 MW 기력발전소의 2,000 Hp 보일러의 압입송풍팬의 고장에 따른 정비와 복구

* 국립군산대학교 기계자동차공학부
E-mail : jangho@kunsan.ac.kr

과정에 대하여 발표하였다. 이 발표에서 압입송풍팬의 고장 원인은 바다에 접해있는 발전소에서 해풍이 송풍기에 흡입되어 임펠러 블레이드의 용접 비드면을 침식되게 하는 염분 부식과 피로로 추정되었다.

2.3 환기시스템 및 그 외 송풍기

김준형 등⁽¹⁴⁾은 실험계획법과 수치해석 기법을 이용하여 웬과 덕트설계 작업을 수행하였으며 웬과 덕트의 시스템 성능을 기존 모델과 수치해석적으로 비교하였다. 이 연구에서는 압력 차 약 4%, 효율이 약 2% 상승되는 웬이 설계되고, 이에 따른 덕트의 설계 안이 제시되었으며, 웬과 덕트시스템의 종합효율은 기존모델에 비해 7% 정도 향상되는 것으로 나타났다.

이경용 등⁽¹⁵⁾은 사이드 채널형 링블로워의 임펠러 내부 유로에 따른 성능변화를 CFD로 검토한 내용에 대하여 발표하였다. 이 연구에서 저자들은 성능개선을 위해 내부유로가 존재하는 임펠러 홈을 제안했는데, 임펠러 홈의 내부 유로를 통해 작동유체가 자유롭게 이동함으로 이동손실이 감소한다고 발표하였다. 차경훈 등⁽¹⁶⁾은 시로코 웬의 임펠러 폭에 대한 단의 높이 및 흡입구에 근접해있는 상단 임펠러 내 블레이드 각의 변화에 따른 시로코 웬의 성능 영향에 대하여 발표하였다.

3. 풍력분야

우리 학회의 연구개발 발표회에서 발표된 풍력분야 논문은 2010년 13편에서 2011년 15편으로 증가되었으며, 학술지에 게재된 논문 수도 9편으로 대폭 증가되었다. 논문게재와 연구발표를 구체적인 분야 별로 살펴보면, 풍력터빈의 해석 및 제어 분야에서 각각 4편 게재와 7편의 발표가 있었으며, 동특성 및 구조분야에서 3편의 게재와 5편의 발표가 있었고, 제어분야에서 1편의 게재와 건물풍력과 바람자원 분야에서 2편의 게재와 3편의 발표가 있었다.

3.1 풍력터빈의 공력해석 및 설계

모장오 등⁽¹⁷⁾은 풍력블레이드를 여러 영역으로 구분하여 나누고 운동량이론을 적용시키는 BEMT를 적용하여 피치제어, 실속제어 블레이드의 설계가 가능한 해석코드를 개발하고 이를 정밀한 유체해석용 상용코드로 검증한 결과 6.5% 이내 일치하는 결과를 제시하였다.

김요한 등⁽¹⁸⁾은 상용코드를 이용하여 64 m 풍력블레이드의 운전 중 변형이 공력에 미치는 영향을 해석고 10% 이내 성능변화 가능성을 제시하였다.

정진환 등⁽¹⁹⁾은 초기 기동특성이 안 좋은 H-다리우스형 수직축 풍력블레이드의 일부분에 에어포켓을 두고 이 포켓이 기동특성에 미치는 영향을 해석하였다. 이 연구에서 저자들은 풍속 5 m/s에서 에어포켓 설치에 따른 기동토크가 평균

100% 이상 향상된다는 연구결과를 제시하였다.

이준용 등⁽²⁰⁾은 5 MW급 해상풍력터빈 블레이드에 서남권 해상의 풍향 및 파도와 조류의 조건을 적용한 대한 기초연구 결과를 발표하였으며, 강덕훈 등⁽²¹⁾은 풍력터빈 블레이드의 익형개발을 위해 실험실 규모에서 사용할 수 있는 디지털 풍동을 개발하고 이를 이용한 실험결과를 기존실험결과와 비교하였다. 저자들은 새로 개발된 풍동에서 평균풍속 4.5 m/s와 난류강도가 약 4% 정도 되는 것으로 측정하였으며 이 풍동이 익형개발에 유용하게 사용될 수 있음을 발표하였다. 김동주 등⁽²²⁾은 H자 형의 수직축 항력형 풍력블레이드에 대하여 실험과 2차원 계산을 수행하였으며, 실험으로 측정된 성능과 함께 2차원 계산의 한계성에 대하여 발표하였다.

임재욱⁽²³⁾은 비선형 공기역학적 토크가 풍력터빈의 거동에 미치는 영향에 대해 연구하였는데, 공력토크를 로터속도, 피치각, 풍속에 대해 각각 편미분하여 식을 유도하고 동작점에서 공력토크에 미치는 영향도를 조사하는 방식을 적용하였다. 이 연구팀들은 또한 연구발표회에서 최적 주속비 구간에서 로터속도 비선형 파라미터를 이용한 풍력터빈의 토크 제어⁽²⁴⁾, 풍력터빈 축 진동 응답에 대한 피치제어-스캐줄링 효과⁽²⁵⁾, 그리고 MW급 풍력터빈에 대한 토크모드 제어의 응답⁽²⁶⁾에 대하여 발표하였다. 저자들은 이들 연구에서 풍력 블레이드의 공력특성이 풍력시스템 제어 전반적인 과정에 매우 중요한 영향을 미치고 있음을 표현하였다. 한편, 김세운⁽²⁷⁾ 등은 풍속, 발전시간, 회전속도의 데이터를 바탕으로 풍력터빈의 발전량 추정하는 신경망 기반의 전력추정기법을 개발하여 발표하였는데, 향후 풍력시스템의 고장진단을 위한 기초자료로 유용할 것으로 여겨진다.

3.2 풍력터빈의 동특성 및 구조

김동현 등⁽²⁸⁾은 6kW급 수직축 H-다리우스형 풍력터빈 블레이드에 대하여 공력을 해석과 구조안전성 해석을 수행하였다. 이 연구에서 저자들은 풍하중, 관성력, 중력 등의 하중을 복합적으로 적용하여 해석하는 방법을 적용하였다.

강병운 등⁽²⁹⁾은 프리프레그 공법으로 제작된 풍력블레이드의 웨어웹과 스파캡에 각각 서로 다른 glass-epoxy와 carbon-epoxy를 적용하여 모달해석을 수행하였다. 저자들은 이 연구에서 carbon-epoxy의 진동수가 모드별로 평균 약 10% 정도 크게 나타나는 결과와 함께 두 경우 모두, 각 모드의 주파수가 블레이드 공진주파수보다 4배 이상 크게 나타나는 결과를 제시하였다.

김영일 등⁽³⁰⁾은 풍력블레이드의 로터허브에 non parametric 형상 최적화 기법을 적용하여 약 13% 정도 경량화 설계된 허브를 도출하고 이 설계안이 응력증가가 1% 미만이라는 해석결과를 제시하였다.

손성우 등⁽³¹⁾ 등은 연구발표회에서 대형 해상풍력발전시스템 타워 내부에 설치하는 서비스리프트의 구조해석결과를

발표하였으며, 홍철현 등⁽³²⁾은 대형풍력터빈의 타워에 대한 복합재 적용의 필요성에 대하여 발표하였고, 한정영 등⁽³³⁾은 대형풍력터빈의 타워에 대하여 필라멘드 와인딩 공법의 복합재를 적용하고 동특성에 대한 해석 결과를 발표하였다. 저자들은 이들 연구에서 대형풍력 타워의 복합재 적용가능성을 구체적으로 표현하였다. 한편, 장윤정 등⁽³⁴⁾은 소형풍력 블레이드의 내구성시험에 대하여 발표하였는데, 저자들은 공력해석을 통해 얻은 설계하중을 국제시험규격인 IEC 61400-2에 적용하는 방법을 사용하였다. 이홍영⁽³⁵⁾은 풍력 발전기 드라이브 트레인의 동적해석 및 모사에 대하여 발표하였다.

3.3 건물풍력과 바람자원해석

조강표 등⁽³⁶⁾은 건축물주변의 풍자원 평가를 위해 건축물의 인동간격과 변장비를 변수로 풍동실험을 수행하고 건축물 주위의 유동특성에 대한 정보를 정리하였다. 이 연구에서는 단독 건물과 쌍풍이 건물이 함께 검토되었다.

김용이⁽³⁷⁾는 건물과 풍력을 일체화시킨 기존 디자인에 대하여 정리하고 향후 건물풍력의 방향성을 제시하였다.

신재렬 등⁽³⁸⁾은 건물의 옥상 층 구조물을 집풍이 가능한 형태로 변경하고 풍력터빈의 설치위치는 검토하는 연구결과를 발표하였으며, 조강표 등⁽³⁹⁾은 건물일체형 풍력터빈의 성능평가 방법에 대하여 발표하였다. 이 연구에서는 건물 형태에 따른 건물주변 유동분포가 자세히 발표되었다. 김진훈⁽⁴⁰⁾은 제주의 해상풍력 발전의 개발사례에 대하여 발표하였다.

4. 결 론

지금까지 살펴본 2011년도 유체기계와 송풍기와 환기시스템 및 풍력분야의 연구동향에서, 송풍기 분야의 꾸준한 연구와 함께 풍력분야의 연구가 활성화가 확인되었으며, 풍력분야의 논문 발표 수는 이미 송풍기 분야의 논문 수 보다 많은 것으로 나타났다. 이와 같은 풍력분야 연구 활성화 경향은 정부의 신재생에너지 활성화 정책과 맞물려 당분간 지속될 것으로 보인다.

한편, 풍력분야의 기술은 기본적으로 공력적인 측면에서 송풍기 분야와 같은 이론이 적용되며, 에너지 흐름이 반대인 만큼 풍력분야 꾸준한 연구증가는 송풍기 분야를 포함한 유사기술과 학문 그리고 유사 분야의 산업발전에 일정 부분 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

- (1) 최형준, 박영하, 안국영, 조수용 2011, “축류형 흡배송 송풍기의 성능에 관한 실험적 연구,” 유체기계저널, 제14권, 4호, pp. 19~24.
- (2) 김주형, 김진혁, 신승열, 김광용, 이승배, 2011, “공력음향학을 이용한 축류팬의 삼차원 소음 해석,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 65~70.
- (3) 정철영, 고희환, 박준영, 2011, “축류 블레이드의 스테킹 방식에 의한 구조 안정성 연구,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 481~486.
- (4) 이찬, 길현권, 조계현, 2011, “FanDAS-CFX 결합을 통한 고효율-저소음 축류 송풍기의 개발,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 625~630.
- (5) 박준영, 최범석, 서정민, 정철영, 고희환, 2011, “가역송풍기의 설계변수들이 성능에 미치는 영향,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 487~488.
- (6) 이봉수, 권오용, 권화길, 송화영, 한성필, 2011, “산업용 블로워 시험평가 방법에 대한 연구,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 637~638.
- (7) 김정엽, 2011, “제트팬 이격거리에 따른 터널내 환기특성에 관한 수치적 연구,” 2011 유체기계저널, pp. 25~30.
- (8) 김준형, 윤준용, 김진혁, 김광용, 최영석, 양상호, 2011, “RSA 기법을 활용한 터널 환기용 제트팬의 최적 설계,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 479~480.
- (9) 장춘만, 양상호, 2011, “터보블로어 설계인자의 성능특성 연구,” 유체기계저널, 제14권, 2호, pp. 47~51.
- (10) 윤상훈, 박현우, 이열, 조용호, 이찬, 2011, “HEV용 다익 원심팬의 공력학적 설계 연구,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 73~74.
- (11) 장춘만, 이종성, 양상호, 2011, “고효율 원심송풍기 설계인자 분석,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 489~490.
- (12) 이호호, 정진택, 최항철, 이윤표, 신유환, 정재구, 2011, “허브 형상에 따른 정풍량 환기팬의 유동과 성능특성,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 540~545.
- (13) 양상호, 김경엽, 2011, “화력발전소 보일러 압입송풍기의 긴급복구사례,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 631~636.
- (14) 김준형, 최영석, 윤준용, 박성관, 현석호, 2011, “김치 냉장고용 팬 및 덕트 시스템 성능 개선,” 유체기계저널, 제14권, 4호, pp. 45~51.
- (15) 이경용, 최영석, 정경호, 박운진, 2011, “사이드 채널형 링 블로워의 임펠러 내부 유동에 따른 성능변화 분석,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 546~550.
- (16) 차경훈, 김진혁, 김광용, 2011, “다단형 임펠러를 갖는 주거환기용 시로코팬의 성능특성 연구,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 551~552.
- (17) 모장오, 김범석, 김만용, 최영도, 이영호, 2011, “날개요소 운동량 이론을 이용한 피치제어형 수평축 풍력터빈 블레이드 설계 및 성능평가 소프트웨어 개발,” 유체기계저널, 14권, 제2호, pp. 5~10.
- (18) 김요한, 김동현, 황미현, 김경희, 황병선, 홍은성, 2011, “공탄성 변형효과를 고려한 5MW급 풍력발전 블레이드의 피치각에 따른 성능해석,” 유체기계저널, 14권, 제3호, pp. 39~44.

- (19) 정진환, 강기원, 김범수, 이장호, 2011, “H-다리우스 블레이드의 형상 변화에 따른 기동특성 해석,” 유체기계저널, 14권, 제3호, pp. 45~50.
- (20) 이준용, 손성우, 최영도, 2011, “5MW급 수평축 풍력터빈 로터 블레이드 설계 및 성능해석,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 509~510.
- (21) 강덕훈, 우영진, 이장호, 2011, “디지털 풍동을 활용한 풍력 발전기 날개 단면 형상 개발에 관한 연구,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 579~585.
- (22) 김동주, 오브가 바우더즈, 신승열, 이상권, 이승배, 2011, “진산 유체 기법을 통한 H-Type 수직축 풍력 터빈의 성능 평가,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 663~668.
- (23) 임채욱, 2011, “가변속도 가변피치 풍력터빈의 공기역학적 토크의 비선형 특성에 관한 고찰,” 유체기계저널, 14권, 제2호, pp. 29~34.
- (24) 임채욱, 김상균, 2011, “최적 주속비 구간에서 로터속도 비선형 파라미터를 이용한 풍력터빈의 토크제어,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 448~452.
- (25) 임채욱, 조준철, 2011, “풍력터빈 축 진동 응답에 대한 피치 게인-스케줄링의 효과,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 452~457.
- (26) 임채욱, 서강운, 2011, “MW급 풍력터빈에 대한 토크모드 제어의 응답,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 501~506.
- (27) 김세운, 문대선, 김상현, 김성호, 2011, “다양한 측정 데이터를 이용한 풍력발전기 발전량 추정에 관한 연구,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 586~588.
- (28) 김동현, 최현철, 이종욱, 류경중, 김성복, 김광어, 남효우, 이명구, 2011, “6kW급 수직축 풍력발전기 형상 및 구조설계,” 유체기계저널, 14권, 제2호, pp. 52~58.
- (29) 강병윤, 한정영, 홍철현, 문병영, 2011, “경량화 복합재를 이용한 풍력 블레이드 개발과 해석에 관한 연구,” 유체기계저널, 14권, 제2호, pp. 59~64.
- (30) 김영일, 문성영, 이지현, 이연승, 문병영, 2011, “형상 최적설계법을 이용한 풍력발전기 로터 허브 개발에 관한 연구,” 유체기계저널, 14권, 제3호, pp. 59~64.
- (31) 손성우, 최영도, 장호철, 최낙준, 2011, “풍력터빈 타워 서비스리프트 설계,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 511~512.
- (32) 홍철현, 한정영, 정재훈, 강병윤, 문병영, 2011, “복합재를 이용한 대형 풍력 발전용 타워 개발에 관한 연구,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 567~571.
- (33) 장윤정, 이장호, 강기원, 정진환, 2011, “공력해석 및 구조시험을 통한 h형 복합재 블레이드의 구조 안정성 평가,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 572~578.
- (34) 한정영, 홍철현, 정재훈, 문병영, 2011, “대형 해상풍력발전용 필라멘트 와인딩 복합재 타워의 동적 특성에 관한 연구,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 651~656.
- (35) 이홍영, 2011, “풍력발전기 Drive Train의 Multibody Dynamic Simulation 소개,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 113~121.
- (36) 조강표, 정승환, 신승화, 2011, “풍자원 평가를 위한 건축물 주변의 유동특성,” 유체기계저널, 14권, 제3호, pp. 50~58.
- (37) 김용이, 2011, “건물 일체형 풍력시스템 디자인 고찰,” 유체기계저널, 14권, 제4호, pp. 64~69.
- (38) 신재렬, 박재근, 김한영, 김대영, 2011, “건물 풍력발전을 위한 집풍장치 성능 연구,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 458~464.
- (39) 조강표, 다니 페르위타 사리, 이성민, 정승환, 2011, “고층 건축물의 건물일체형 풍력발전을 위한 공력성능평가,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 657~662.
- (40) 김진훈, 2011, “제주 해상 풍력발전 개발 사례,” 2011 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 310~311.