

송풍기와 환기시스템 및 풍력발전 분야의 연구동향

이장호*

1. 서 론

2012년 한 해 동안 유체기계저널에 게재된 송풍기 및 환기 시스템 분야와 풍력분야의 논문 수는 각각 5편과 10편으로 전체 게재된 논문의 약 25%에 달한다. 저자는 지난해부터 유체기계저널에 게재된 풍력분야 논문을 송풍기분야에 포함시켜 다루고 있는데, 이는 전체 논문의 16%에 해당되는 풍력분야 논문이 어디선가 요약되어야 하며, 송풍기와 풍력블레이드의 기술이 유사하다는 이유 때문이다. 회전속도와 공기유속의 상대풍속이 익형에 입사되는 각도에 따라 변화되는 양력을 구동력으로 삼아 회전하는 풍력발전기는 에너지 흐름이 송풍기와 반대방향이지만, 그 원리에서는 크게 다르지 않다.

본 논문에서는 이들 분야의 연구내용을 요약하고 동향을 분석하는 방법으로 2012년 한 해 동안의 연구결과를 정리하고자 한다.

2. 송풍기와 환기시스템 분야

2012년 유체기계저널에 게재된 송풍기 및 환기 시스템 분야의 논문 수는 총 5편으로 전체논문의 약 8%정도 되는데, 이는 2011년의 5편과 유사하며, 2009년과 2010년의 12편과 11편에 비해서는 다소 못 미치는 것이다. 연구개발 발표회에서는 총 4편의 논문이 발표되었다.

유체기계 저널에 게재된 5편의 논문 중 해석 논문은 4편이고, 실험논문은 1편이다. 해석논문에 사용된 solver는 주로 솔리드웍스나 CFX와 같은 상용코드 들이 사용된 것으로 나타났다.

정철영 등⁽¹⁾은 송풍기 블레이드 스테킹 중심축의 위치가 일부 변화하더라도 송풍기의 성능에 미치는 영향이 미비하다는 선행연구를 기초로 블레이드 중심축의 변화와 구조 안전성에 대해 연구한 결과, 스테킹 위치가 각 블레이드 형상의 무게중심점과 가까울수록 변형량이 적고, 고유 진동수는 스테킹 위치에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 해석적자는 송풍기 블레이드상의 곡률기반 격자수 보다 적어도 되

나, 곡률 격자가 변형량의 변화에 보다 안정적인 것으로 나타났다. 이 연구의 해석 도구로는 솔리드웍스가 사용되었다.

김주형 등⁽²⁾은 축류팬에 대해 삼차원 정상 및 비정상상태의 RANS 해석을 수행하고, 팬 날개면에서 시간의 변화에 따른 압력 섭동값을 추출하였으며, 그 값을 이용하여 양력으로 변환하기 위해 날개면의 곡률에 따른 법선 벡터를 계산하여 시간에 따라 변화하는 양력벡터의 방향과 크기를 회전하는 날개면의 음향원에 대해 계산하였다. 그리고 이 값과 FW-H 방정식을 이용하여 음압을 구하고 소음 특성을 분석하였다. 그 결과, 팬 날개의 주기적인 회전으로 인해 발생하는 1, 2 및 3차 날개통과주파수 특성이 잘 나타나는 것으로 확인되었고, 관측점 거리 변화에 따른 음압 및 주파수 특성이 타당한 경향을 보이는 것으로 확인되었다. 이 연구는 삼차원 비정상 RANS 해석과 FW-H 방정식을 결합한 해석방법이 빈번하게 바뀌는 기하학적 날개 형상에 따른 소음 특성을 고려한 축류팬의 설계에 유용하게 적용될 수 있다는 것을 밝혔다.

이찬 등⁽³⁾은 송풍기 설계 및 성능-소음 해석을 위한 FanDAS 소프트웨어와 3차원 유동해석 코드인 CFX 를 결합하여, 비교적 단순하면서도 효율적인 송풍기 개발 체계 및 절차를 제안하였다. 즉, FanDAS 를 이용한 매개변수 분석을 통해 송풍기 최적설계를 결정하고 CFX의 유동해석을 이용하여 검증하는 과정인데, 저자들은 샘플 송풍기의 시작품을 제작하고 이의 실험을 통해 제안한 방법의 타당성을 제시했다.

이호호 등⁽⁴⁾은 다익팬의 임펠러 폭에 대한 허브 높이의 비를 설계인자로 고려하여 실험을 통해 성능 특성을 입증하고 전산해석을 통해 내부유동 특성을 고찰하였다. 다익팬은 임펠러의 축 방향으로 공기가 흡입되어 원심력을 받아 반경 방향으로 토출되는 구조로 되어 있어서 임펠러 출구에서 나온 유동은 스크롤을 돌면서 감속되어 속도에너지가 압력에너지로 변환된다. 이때 축 방향으로 들어온 공기가 반경 방향으로 빠져 나가면서 허브에 의해 유로가 축소되는 결과가 초래하게 되고 유동과 성능이 영향을 받게 된다. 연구결과, 임펠러의 폭에 대한 허브의 상대 높이가 작아지면 유로가 확장되어 그만큼 유동 손실이 줄어들지만 일정 비율 이하가 되면 유동과 성능에 영향을 미치지 않고 오히려 축 방향으로 들어온 유체가 반경방향으로 토출될 때 일정한 높이의 허브가 존재함에 따라 유체의 흐름과 성능이 향상되는 효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 정풍량 환기팬에서 BLDC

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

모터가 차지하는 허브 높이를 임펠러 폭의 25 % 이하로 한다면 유동이 원활하고 효율이 향상된다는 유용한 연구결과가 제시되었다.

이경용 등⁽⁵⁾은 사이드 채널형 링블로워의 입출구 유동장 개선을 위해 대칭적으로 위치한 두 개의 임펠러홈(impeller groove)내부에 유로(flow path)를 형성하고, 유로(inner flow path)의 효과를 확인하기 위해 블로워 전체를 대상으로 전산해석을 수행하였으며, 설계점 유량(design flow rate) 조건에서 블로워 전체의 압력상승(pressure rise)과 효율을 비교분석 하였다. 연구결과, 임펠러홈의 내부 유로를 통해 작동유체가 이동되고 유동이 안정화 되는 것으로 나타났으며, 동일한 성능에서 효율이 증가하는 것으로 나타났다.

한편, 유체기계 연구발표회에서 장춘만 등⁽⁶⁾은 원심송풍기의 성능 개선에 대해 발표하였고, 허만웅 등⁽⁷⁾은 전산프로그램을 이용한 터보블로워의 고효율 최적설계에 대해 발표하였으며, 이찬 등⁽⁸⁾은 재생형 송풍기의 공력음향학적 성능 해석에 대해 발표하였고, 양상호 등⁽⁹⁾은 터널 화재발생시 연기확산 지연을 위한 에어커튼 시스템에 대해 발표하였다.

3. 풍력발전분야

2012년 유체기계저널에 게재된 풍력발전 분야의 논문 수는 총 10편으로 전체논문의 약 17%정도이며, 2011년에 게재된 논문 수 9편과 비교하여 유사한 수준인 것으로 나타났으며, 연구개발 발표회에서도 총 12편의 논문이 발표되어 2010년 13편, 2011년 15편에 이어 연구결과가 꾸준히 발표되고 있는 것으로 나타났다.

풍력 발전분야에 게재된 총 10편의 논문을 구체적으로 살펴보면, 공력 및 유동해석 분야에 3편, 구조 및 동특성에 관한 분야에 4편, 제어분야 2편, 그리고 건물풍력분야에 1편인 것으로 나타났다.

풍력블레이드의 공력 및 유동해석 분야에서 모장오 등⁽¹⁰⁾은 1MW급 풍력블레이드를 BEM기법으로 설계하고 상용전산 코드를 활용하여 공력성능을 평가하는 방법으로 설계의 타당성을 입증한 연구결과를 제시하였고, 이준용 등⁽¹¹⁾도 1kW 급 풍력블레이드의 설계 및 해석에 유사한 연구방법을 적용하였으나, 서남권 도서지역의 풍자원 해석에 근거하여 설계풍속을 결정하였다. 강덕훈 등⁽¹²⁾은 다수의 소형 직류 팬을 덕트의 한쪽에 배치하고 다른 쪽으로 불어내는 방식의 디지털 풍동을 개발하고 이를 활용하여 풍력블레이드용 익형을 개발한 연구 결과를 제시하였다. 실험결과 신규 익형은 기존 익형에 비해 양력계수가 평균 8%증가하고 항력계수는 16% 감소하여 양항비가 기존대비 20% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

구조 및 동특성 분야에서 강병윤 등⁽¹³⁾은 풍력블레이드의 복합재 물성 적용기법 중 등가물성치 기법이 간단하면서도 모달해석이나 좌굴해석 등에 유용하게 적용될 수 있다는 연구결과를 제시하였고, 홍철현 등⁽¹⁴⁾은 복합재를 이용한 대형 풍력발전타워의 기술개발 동향을 분석하였으며, 한정영 등⁽¹⁵⁾은 필라멘트 와인딩 공법을 이용한 복합재 타워의 고유진동수 해석을 수행하였다. 장윤정 등⁽¹⁶⁾은 양방향로터(Dual rotor) 소형풍력발전시스템에 사용되는 복합재 블레이드를 대상으로 이의 공력해석 및 이를 이용한 구조시험을 실시하였다. 시험과정의 모든 절차는 국제시험규격인 IEC 61400-2에 근거하여 수행되었다. 이 연구에서는 CFD 해석 코드에 의해 정격 및 극한 풍속 조건에서 공력 및 설계하중이 도출되고 이를 토대로 IEC 61400-2의 구조시험관련 요구조건에 따라 플랩방향(Flapwise)과 에지방향(Edgewise)에 대한 실규모 구조시험이 진행되는 방법으로 복합재 블레이드의 구조적건전성이 평가되었다.

제어 및 건물풍력 분야에서 임채욱 등⁽¹⁷⁾은 풍력 터빈의 최적 주속비 구간을 활용하는 토크제어 구간에서 로터속도 비선형 파라미터를 제어계인으로 사용함으로 발전기의 응답을 더 빠르게 하고 출력파워를 향상할 수 있음을 보였으며, 이 연구진의 또 다른 구성원들은 설계풍속 이상의 과출력 제어 구간에서 계인-스케줄링을 사용하면 페루프 피치계의 고유진동수를 작게 하여 드라이브-트레인 진동모드에 대한 피치 제어의 영향이 줄어들고 피치 응답이 안정화된다는 것을 확인하였다⁽¹⁸⁾. 신재렬 등⁽¹⁹⁾은 건축물(군)에서 발생하는 풍력에너지 집중효과(Wind Energy Concentration) 즉, 풍속이 국부적으로 증가되는 특성을 활용하여 풍력발전량을 증대시키는 것이 가능한 에어포일 형태의 단면 형상을 지닌 집풍장치를 대상으로 전산유체역학과 풍동실험을 활용하여 그 성능과 특성을 평가하였다. 이들의 연구에서는 여러 가지 단면의 전산해석으로부터 단면의 최적형상이 도출되었고, 도출된 최적형상의 집풍장치와 대상 건축물 모형에 대해 3차원 전산해석 및 풍동실험을 통해 집풍장치의 성능이 평가되었다.

4. 결 론

지금까지 2012년도 유체기계의 송풍기와 환기시스템 및 풍력분야의 연구동향을 살펴본 결과, 송풍기나 풍력블레이드에 대해 유동해석을 기반으로 성능이나 효율 등을 해석하는 연구들이 주로 이루어지는 것으로 나타났으며, 다익팬의 허브 높이 최적화, 고유 익형의 개발, 소형풍력블레이드의 내구성 평가 등에 대해 실험적인 접근방법이 사용되었다.

그리고 상용수치해석 코드의 발달로 사이드 채널형 링블로어와 같은 복잡한 형상의 내부 유동까지도 수치 해석적 접근 방법이 활용되었으며, 회전하는 날개의 유동해석결과를 유동소음을 성공적으로 분석하는 것으로 나타났다. 나아가

공력 설계된 풍력블레이드의 성능평가에도 실험에 의한 평가 대신에 수치해석적 방법을 활용한 평가 방법이 적용되어 1MW급 27m의 풍력 블레이드와 1 KW 급 1.2m 풍력 블레이드에 수치성능 평가가 각각 연구되었다.

이와 같이 시간과 비용적인 측면에서 유리한 것으로 여겨지는 수치해석 접근 방법이 연구자들에게 선호되고 앞으로 확대 될 것으로 예상되므로 엄밀한 실험데이터에 근거한 검증 연구들이 함께 이루어져야 유체 유동과 이에 연관된 공력이 적용되는 송풍기와 풍력블레이드의 기술발전에 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

- (1) 정철영, 고희환, 박준영, 2012, “축류 블레이드의 스테킹 방식에 의한 구조 안정성 연구,” 유체기계저널 제15권 제1호, pp. 46~51.
- (2) 김주형, 김진혁, 신승열, 김광용, 이승배, “공력음향학을 이용한 축류팬의 삼차원 소음 해석,” 유체기계저널 제15권 제5호, pp. 48~53.
- (3) 이찬, 길권현, 조계현, 2012, “FanDAS-CFX 결합을 통한 고효율-저소음 축류 송풍기의 개발,” 유체기계저널 제15권 제5호, pp. 37~41.
- (4) 이호호, 최향철, 2012, “허브 형상에 따른 정풍량 환기팬의 유동 성능특성,” 유체기계저널 제15권 제2호, pp. 57~62.
- (5) 이경용, 최영석, 2012, “사이드 채널형 링블로워의 임펠러 내부 유로에 따른 성능변화 분석,” 유체기계저널 제15권 제4호, pp. 67~71.
- (6) 장춘만, 이종성, 전현준, 양상호, 2012, “플랜트용 원심송풍기 성능개선 연구,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집
- (7) 허만웅, 김진혁, 차경훈, 김광용, 정철영, 고희환, 2012, “통합형 전산프로그램을 이용한 터보블로워의 고효율 최적설계,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집
- (8) 이찬, 길권현, 김강천, 김준곤, 마재현, 경경호, 2012, “재생형 송풍기의 공력음향학적 성능 해석 방법,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집
- (9) 양상호, 김경엽, 최영석, 김남구, 2012, “터널 화재발생시 연기확산 지연을 위한 에어커튼 시스템에 대한 연구,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집
- (10) 모장오, 이영호, 2012, “1MW급 수평축 풍력터빈 블레이드 설계 및 CFD에 의한 공력성능 평가,” 유체기계저널 제15권 제1호, pp. 21~26.
- (11) 이준용, 최낙중, 윤한용, 최영도, 2012, “서남권 도서지역에 적합한 1kW급 수평축 풍력터빈 로터 블레이드 설계 및 유동해석,” 유체기계저널 제15권 제3호, pp. 5~11.
- (12) 강덕훈, 우영진, 이장호, 2012, “디지털 풍동을 활용한 풍력발전기 날개 단면 형상 개발에 관한 연구,” 유체기계저널 제15권 제5호, pp. 42~47.
- (13) 강병운, 한정영, 홍철현, 문병영, 2012, “물성치 적용 기법에 따른 하이브리드 풍력블레이드 동적특성 해석에 관한 연구,” 유체기계저널 제15권 제2호, pp. 5~11.
- (14) 홍철현, 정재훈, 강병운, 문병영, 2012, “복합재를 이용한 대형 풍력 발전용 타워 기술개발 동향분석,” 유체기계저널 제15권 제4호, pp. 50~54.
- (15) 한정영, 홍철현, 정재훈, 문병영, 2012, “대형 해상풍력발전용 필라멘트 와인딩 복합재 타워의 동적 특성에 관한 연구,” 유체기계저널 제15권 제4호, pp. 55~60.
- (16) 장윤정, 정진환, 이장호, 강기원, 2012, “공력해석 및 구조시험을 통한 소형 복합재 블레이드의 구조 안전성 평가,” 유체기계저널 제15권 제2호, pp. 63~68.
- (17) 임채욱, 김상균, 2012, “최적 주속비 구간에서 로터속도 비선형 파라미터를 이용한 풍력터빈의 토크제어,” 유체기계저널 제15권 제2호, pp. 30~35.
- (18) 임채욱, 조준철, 2012, “풍력터빈 축 진동 응답에 대한 피치 게인-스케줄링의 효과,” 유체기계저널 제15권 제2호, pp. 36~40.
- (19) 신재렬, 박재근, 김한영, 김대형, 2012, “디지털 풍동을 활용한 풍력발전기 날개 단면 형상 개발에 관한 연구,” 유체기계저널 제15권 제4호, pp. 42~49.