

## 송풍기 분야 연구동향

박 원 규\*

### 1. 서론

2003년도의 국내 뎀 및 송풍기 분야의 주요 연구동향을 요약하여 소개한다. 2003년도에도 국내 전문학술지와 학술대회들을 통해 많은 수의 뎀 및 송풍기 논문들이 발표되었지만, 본 원고는 그 중에서도 국내의 터보기계 관련 전문 학술지인 유체기계저널 및 유체기계공업학회 연구개발발표회 논문집, 대한기계학회 논문집(B), 한국전산유체공학회지 및 학술대회 논문집, 대한설비공학회 논문집, 한국소음진동공학회 논문집 등에 2003년도 게재된 뎀 및 송풍기 분야의 논문을 중심으로, 이 분야의 연구동향을 분석하였다. 2003년도에 상기 학술지에 게재된 논문은 총 15 편(대한기계학회 논문집: 3편, 설비공학논문집: 3편, 유체기계저널: 5편, 한국전산유체공학회지 및 학술대회논문집: 3편, 한국소음진동공학회논문집: 1편)이며, 유체기계공업학회 연구개발 발표회를 통해 발표된 논문은 6편으로 뎀 및 송풍기 관련 설계, 유동, 성능 및 소음에 이르는 각 분야에 있어서 심도 있는 연구 및 기술 개발이 폭넓게 이루어졌다. 또한 논문 내용의 분석을 통해, 2003년도 이루어진 연구결과들이 송풍기 및 뎀에 대한 다양한 형태의 형상설계, 최적화, 기초 실험, 성능시험 및 유동/소음 해석 등의 방법들에 의해 시도되었다는 점을 알 수 있으며, 이를 통해 국내 송풍기 및 뎀 연구가 점차적으로 그 깊이와 폭을 넓혀가고 있음을 알 수 있다. 그러므로, 본 원고는 2003년도 학술지에 게재된 15 편과 유체기계공업학회 연구개발 발표회를 통해 발표된 논문 6편의 내용을 분석, 요약하여, 송풍기 및 뎀 관련 산업계, 연구계 및 학계의 향후 연구에 도움을 주고자 한다.

### 2. 연구 내용의 분석

#### 2.1 학술지 논문

먼저 유체기계저널에 발표된 총 5편의 논문들은 소

음 저감, 최적 설계, 전산 해석을 위한 수치적 기법에 대한 연구 내용을 포함하고 있다.

문정주 등<sup>(1)</sup>의 “관류 익형송풍기의 유동해석에 대한 난류모델 및 수치도식의 영향에 관한 연구”에서는 난류모델과 대류항의 수치도식이 관류 익형 송풍기의 내부 유동을 전산 해석하는데 미치는 영향을 수치적 방법 및 실험적 방법으로 검토하였다. 그리고 실험치와 비교된 결과에서 주어진 유동장내의 수치적 해석 방법에 표준  $k-\epsilon$  난류모델이 적합함을 보여주고 있으며, 수치도식에 따른 계산결과의 차이는 작지만 단순 LPS 도식의 사용은 적절치 못함을 보여주었다.

전완호 등<sup>(2)</sup>의 “축류뎀 설계, 성능 및 소음 해석 프로그램 개발”에서는 저소음 축류뎀에 대한 연구를 보다 효율적으로 수행하기 위해서 뎀의 설계, 성능 해석, 유동 및 소음 해석을 수행할 수 있는 프로그램이 개발되었다. 성능 해석 및 소음 계산을 위한 비정상 유동장은 수치적 해석 방법을 이용해서 계산되었다. 그리고 계산된 것의 하중변화를 이용해서 뎀 소음을 수치적으로 예측하였다. 개발된 프로그램은 Lohmann의 실험과 잘 일치함을 보여주었다.

김재원<sup>(3)</sup>의 “고 흡입저항을 가진 원심 송풍기” 논문에서는 원심 뎀 입구 측에서 큰 정압이 걸리는 공기 청정용 필터를 장착하여 풍량과 소음에 불리한 조건을 갖고 있는 뎀의 뎀날개 형상 개선, 케이싱 스크롤의 경사각 등의 구체적인 최적 설계 조건과 성능 특성을 제시하였다.

손정민 등<sup>(4)</sup>의 “익렬 날개 후단 소음의 저감” 논문에서는 날개 후단의 형상 변화에 따른 후단에 의한 소음레벨을 설치각에 따라 분석하였다. 보통 설치각 25°에서 가장 낮은 소음 레벨을 보이고 압력면이 잘린 형상이 부압면이 잘린 형상보다 소음레벨이 낮았으며 틈니 형상이 소음레벨을 낮추는데 일조한다는 사실을 확인하였다.

류호선<sup>(5)</sup>의 “축류뎀 성능향상 및 소음 저감 방법 고찰”에서는 기존의 논문과 특허를 중심으로 문헌 조

\* 부산대학교 기계공학부  
E-mail : wgpark@pusan.ac.kr

사를 통한 팬의 성능 향상과 소음 저감 방법에 대해 제시하였다. 기존의 문헌을 통해 발표된 팬 주위 유동 현상을 분류하여 이에 근거한 방안을 해설, 제시하였으며, 성능 향상과 소음 저감을 위해서는 팬의 유동 특성은 물론 시스템 전체의 유동을 고려해야만 만족할 만한 결과를 얻을 수 있음을 보여주었다.

대한기계학회 논문집의 논문 3편에서는 소음 저감 및 최적 설계를 위한 실험적, 해석적 방법을 적용하여 연구하였다.

이공희 등<sup>(6)</sup>은 “전향 축류형 팬에서의 익단 누설 유동 구조” 논문에서 축류형 팬의 성능과 소음 특성에 밀접한 관련이 있는 익단 누설 유동의 특성을 3차원 LDV 장치를 이용한 실험과 상용 코드인 FLUENT를 이용해 얻은 수치 해석 결과로부터 파악하였으며, 익단 누설 유동의 소음 해석 및 제어 기법 개발을 위한 기초를 마련하였다.

조용 등<sup>(7)</sup>은 “비정상 점성유동 해석에 의한 부등피치 횡류팬의 BPF 순음 주파수 변조 특성 예측” 논문에서 부등피치 횡류팬을 사용할 경우 BPF음이 주파수 변조된 이산소음(discrete noise)으로 변조되는 특성을 수치적 방법으로 예측하였으며, 블레이드 피치간격과 스테빌라이저의 압력 요동 사이의 상호관계를 조사하여 주파수 변조 특성을 예측할 수 있는 수학적 모델을 제시하였다.

서성진 등<sup>(8)</sup>의 “삼차원 Navier-stokes 해석과 반응면기법을 이용한 원심다익송풍기의 최적설계”에서는 다익 원심 송풍기를 대상으로 설부의 위치와 곡률 반경, 스크롤의 확대각 및 임펠러의 폭 등의 네 가지 설계변수를 사용하여 효율 향상을 위한 3차원 유동해석을 바탕으로 수치 최적 설계기법을 적용한 효과적인 최적설계 기법을 제시하였다. 적절한 수치적 기법의 적용으로 계산시간을 단축하여 효율적인 최적화가 가능하였으며, 각 설계변수에 대한 민감도 분석을 통해 설부의 원주 방향 위치 및 스크롤의 확대각이 효율에 민감한 인자임을 보여주었다.

한국전산유체공학회지와 학술대회 논문집을 통해 발표된 총 3편의 논문은 송풍기 성능 향상을 위한 전산 해석과 실험적 방법으로 이를 검증하였다.

김재원 등<sup>(9)</sup>은 “송풍기 설부 주변 유동의 개선에 관한 연구” 논문에서 후향익을 가진 대용량 원심 송풍기의 성능 개선을 위해 수치해석의 결과를 반영한 선행 설계와 실험을 통해 연구하였으며, 유동에 큰 영향을 미치는 팬의 사양은 유지하면서 설계 변경이 용이한

케이싱의 개선으로 정압 상승 및 효율 향상을 얻는 공학적 성능 향상을 제시하였다.

김동훈 등<sup>(10)</sup>의 “횡류팬의 최적 설계 방안” 논문에서는 실험 결과치를 바탕으로 상용 코드인 STAR-CD를 이용하여 기하학적 형상과 유동상태가 복잡한 횡류팬에 대한 블레이드 갯수와 형상, 그리고 임펠러와 스테빌라이저 간격 등을 변화시킴으로써 최적 설계를 위한 위의 변수들의 조건을 실험적으로 증명하였다.

김재원 등<sup>(11)</sup>의 “원심형 송풍기에 있어서 전향익과 후향익의 특성 차이에 관한 연구” 논문에서는 원심팬에 전향익과 후향익을 설치했을 때의 유동을 전산을 통해 해석하고 이를 풍동을 사용한 유량 측정 실험과 정압 상승 측정 실험을 통해 확인 하였다. 성능 실험의 결과에서 두 송풍기의 토출 유량 차이는 날개 형상에 따라 유발 되는 익차 출구에서의 절대속도 차이에 의해 유발 됨을 보여주었다. 그리고 전향익 송풍기는 입구 영역에, 후향익 송풍기에서는 출구 영역에 유로 확장이 필요함을 확인하였다.

한국소음진동공학회 논문집을 통해 발표된 김철홍 등<sup>(12)</sup>은 “화력 발전용 보일러 덕트-팬 시스템의 진동현상에 대한 연구: 입구측 와류에 의한 과대진동 사례” 논문에서 대형 원심형 팬 및 덕트 시스템에서 발생할 수 있는 여러 진동 사례를 현장 사례 중심으로 측정 및 실험, 분석하였으며, 결과에서 대형 원심형 팬의 부분 부하영역에서 발생하는 입구측 큰 와류는 다른 요인에 비해 비교적 크고, 팬 출구측 덕트의 피로 손상을 야기함을 보여주었다. 그리고 이러한 입구측 큰 와류는 압력 도설(dorsal) 편을 설치하여 제어 혹은 방지할 수 있음을 보여주었다.

마지막으로 대한설비공학회 논문집에서 역시 총 3편의 송풍기 및 팬 관련 논문이 발표되었으며, 이공희 등<sup>(13)</sup>의 “블레이드 하중이 축류형 팬에서의 팁 누설 유동구조에 미치는 영향” 논문은 3차원 LDV 측정과 상용 코드인 FLUENT를 이용한 유동 계산을 통해서 축류형 팬의 성능 및 소음 특성과 밀접한 관련이 있는 팁 누설 유동 특성을 파악하였으며, 팁 누설 유동의 말림(roll-up), 와류의 궤적, 속도와 난류강도 등의 유동 특성이 블레이드 하중 변화에 상당한 영향을 받는 것을 보여주었다.

이재효 등<sup>(14)</sup>은 “저소음 패키지형 공기조화기의 실내기 개발에 관한 연구” 논문에서 실내기의 팬 자체 소음 저감 및 관련부품의 최적화로 시스템 소음 저감을 위해 수치해석을 반영한 선행 설계와 실험을 통해

시스템 전체의 저항은 약 20%소음은 약 4~6dBA 감소시켰으며, 패키지형 공기조화기의 소음 감소를 위해서는 팬 자체의 소음뿐만이 아니라 전체 시스템의 조화가 필요함을 보여주었다.

류계홍 등<sup>(15)</sup>은 “도로터널 제트팬 모형 실험” 논문에서 상용 코드인 Phoenics를 사용하여 터널 내의 공기 유동을 예측하고 모형 터널 실험을 통해 종류식 환기 방식에서 제트팬 가동시의 공기 유동 특성을 분석하여, 터널 내 제트팬 설치 위치 변화에 따른 유동 특성과 제트팬 효율 변화를 보여주었다. 그리고 터널 천장 부위 마찰손실 감소 방안과 터널하반부 역류 방지를 위한 제트팬 자체의 개선 등 설치 위치 이외의 터널 내부 제트팬의 효율 증대를 위한 향후 연구 방향을 제시해주었다.

## 2.2 연구개발발표회 논문

유체기계공업학회에서는 2003 유체기계개발 발표회를 통해 송풍기와 관련된 많은 논문들이 발표되었다. 동 학술대회 송풍기 session을 통해서 발표된 총 6편의 논문들 중에서, 최영석 등<sup>(16)</sup>은 “자동제어계측을 이용한 송풍기 성능시험”에서 한국생산기술연구원에 구축된 송풍기 성능시험 장치를 소개하였다. 그리고 산업기술기반조성사업의 일환으로 구축된 동 시험장치에 적용된 완전자동화 계측 방법에 대한 설명과 장점에 대해 소개하였다.

최범석 등<sup>(17)</sup>의 “가변속 터보블로워의 성능특성에 관한 연구” 논문은 단단 가변속 제어형 고압 송풍기 개발을 위해 가변속제어형 고속 전동기를 채용한 원심형의 고속 송풍기를 설계, 제작하여 그 성능을 확인하였다. 또한 송풍기 내부 유동해석을 통해 세부적인 유동특성을 보여주었다.

서성식 등<sup>(18)</sup>은 “원심다익송풍기의 고효율 설계를 위한 수치최적설계” 논문에서 송풍기 정압에 대한 제한조건이 부과된 상태에서 삼차원 Navier-Stokes 해석과 반응면기법을 이용하여 최적설계기법을 적용하였다. 그 결과, 1~2%의 효율감소만으로도 성공적인 최적화가 가능하다는 것을 확인 할 수 있었다.

김형섭 등<sup>(19)</sup>의 “임펠러 직경비 및 리어가이더 형상 변화가 횡류팬 성능에 미치는 실험적 연구” 논문에서는 임펠러 형상을 설계하여 임펠러의 직경비가 0.7~0.8인 횡류팬의 설계가 타당하며 최대 유량계수가 높을 수록 좋은 성능을 나타낸다고 실험으로 증명하였다.

특히 제 2 아르키메데스 나선형을 사용하면 형상에서 뿐만 아니라 운전 특성에서도 좋은 성능을 나타낸다.

유인태 등<sup>(20)</sup>은 “유전자 알고리즘을 이용한 축류 송풍기 설계최적화”에서는 3차원 유동 해석이 쉽지 않은 복잡한 송풍기 내부의 유동을 해석하기 위하여 전역적 최적화 작업으로 널리 사용되는 유전자 알고리즘을 이용하여 임의의 운전점에 대하여 송풍기의 효율과 총소음도를 고려한 다목적 최적화에 대하여 논하였다. 설계자의 의사가 적극적으로 반영하기 위해 제어가능한 설계해를 구하는 방법을 제시하였으며 이는 기존의 가중합 방법보다 효과적임을 알 수 있었다.

장춘만 등<sup>(21)</sup>은 “축류팬 익단누설와류의 수치적 해석” 논문에서 축류팬의 익단누설와류 구조 및 박리 특성을 수치적 해석 방법을 이용하여 분석하였으며, 두 종류의 서로 다른 날개 틈을 갖는 축류팬에서 틈 간격에 따른 누설유량 및 누설 속도 벡터 특성을 각각 분석하였다.

## 3. 결론

2003년 한 해도 국내 송풍기 분야 연구의 수준과 깊이가 설계, 해석, 실험 및 시험 분야에 있어서 한층 더 심화되었음을 2003년도 국내에서 발표된 논문들을 통해 알 수 있었다. 특히 2003년 논문들에서 주목할 만한 점은 올해도 대부분 기업과의 산학 협동을 통해 이루어진 연구 결과가 큰 비중을 차지하는 가운데 기업 회원들의 연구 활동이 대폭 증대되었음과 함께 학문적인 연구 역시 꾸준히 병행되어졌으며, 전산해석 결과가 선행 설계에 반영되어지는 비중이 높아지는 등이다. 이를 통해 국내 송풍기 산업계에도 좀 더 체계적이고 지속적인 연구/개발 체계가 점차 그 자리를 잡아가고 있음을 알 수 있었다.

## 참고문헌

- (1) 문정주, 서성진, 김광용, 2003. “관류 익형송풍기의 유동해석에 대한 난류모델 및 수치도식의 영향에 관한 연구”, 유체기계저널 제6권 제1호, pp. 23~29.
- (2) 전완호, 백승조, 김창준, 2003. “축류팬 설계, 성능 및 소음 해석 프로그램 개발”, 유체기계저널 제6권 제1호, pp. 66~71.
- (3) 김재원, 2003. “고 흡입저항을 가진 원심 송풍기”,

- 유체기계저널 제6권 제2호, pp. 15~22.
- (4) 손정민, 김희중, 이승배, 조성민, 2003. “익렬 날개 후단소음의 저감”, 유체기계저널 제6권 제3호, pp. 7~14.
  - (5) 류호선, 2003. “축류팬 성능향상 및 소음 저감 방법 고찰”, 유체기계저널 제6권 제3호, pp.64~68.
  - (6) 이공희, 명환주, 백제현, 2003. “전향 축류형 팬에서의 익단 누설 유동 구조”, 대한기계학회논문집 B권 제27권 제7호, pp. 883~892.
  - (7) 조용, 문영준, 2003. “비정상 점성유동 해석에 의한 부등피치 횡류팬의 BPF 순음 주파수 변조 특성 예측”, 대한기계학회논문집B권 제27권 제3호, pp. 286~293.
  - (8) 서성진, 김광용, 2003. “삼차원 Navier-stokes 해석과 반응면기법을 이용한 원심다익송풍기의 최적설계”, 대한기계학회논문집B권 제27권 제10호, pp. 1457~1463.
  - (9) 김재원, 박진원, 2003. “송풍기 설부 주변 유동의 개선에 관한 연구”, 한국전산유체공학회지 제8권 제1호, pp. 1~7.
  - (10) 김동훈, 박형구, 2003. “횡류팬의 최적 설계 방안”, 한국전산유체공학회지 제8권 제4호, pp. 50~57.
  - (11) 김재원, 박진원, 2003. “원심형 송풍기에 있어서 전향익과 후향익의 특성 차이에 관한 연구”, 한국전산유체공학회 춘계학술대회논문집, pp. 165~170.
  - (12) 김철홍, 주영호, 2003. “화력 발전용 보일러 덕트-팬 시스템의 진동현상에 대한 연구: 입구측 와류에 의한 과대진동 사례”, 한국소음진동공학회논문집 제13권 제3호, pp. 194~201.
  - (13) 이공희, 명환주, 백제현, 2003. “블레이드 하중이 축류형 팬에서의 팁 누설 유동구조에 미치는 영향”, 설비공학논문집 제15권 제4호, pp.294~304.
  - (14) 이재효, 조성철, 김태현, 2003. “저소음 패키지형 공기조화기의 실내기 개발에 관한 연구”, 설비공학논문집 제15권 제6호, pp. 518~523.
  - (15) 류재홍, 유용호, 김진, 2003. “도로터널 제트팬 모형 실험”, 설비공학논문집 제15권 제8호, pp. 630~640.
  - (16) 최영석, 김진권, 2003. “자동제어계측을 이용한 송풍기 성능시험”, 2003 유체기계개발 발표회 논문집.
  - (17) 최범석, 박무룡, 황순찬, 박준영, 2003. “가변속 터보블로워의 성능특성에 관한 연구”, 2003 유체기계개발 발표회 논문집.
  - (18) 서성진, 김광용, 2003. “원심다익송풍기의 고효율 설계를 위한 수치최적설계”, 2003 유체기계개발 발표회 논문집.
  - (19) 김형섭, 김동원, 윤태석, 박성관, 김윤제, 2003. “임펠러 직경비 및 리어가이더 형상변화가 횡류팬 성능에 미치는 실험적 연구”, 2003 유체기계개발 발표회 논문집.
  - (20) 유인태, 안철오, 이상환, 2003. “유전자 알고리즘을 이용한 축류 송풍기 설계최적화”, 2003 유체기계개발 발표회 논문집.
  - (21) 장춘만, 김광용, 2003. “축류팬 익단누설와류의 수치적 해석”, 2003 유체기계개발 발표회 논문집.