

펌프 및 수차 분야 연구동향

이종철*

1. 서 론

2009년도 국내에 발표된 펌프 및 수차 분야의 주요 연구동향을 요약하여 소개하고자 한다. 2008년도와 마찬가지로 유체기계공학회의 유체기계저널과 유체기계연구개발발표회 논문집, 대한기계학회의 대한기계학회논문집과 춘계·추계학술대회 논문집에 발표된 논문을 펌프 분야, 수차 분야, 그리고 미세유체기계 분야로 구분하여 국내에서 발표된 펌프 및 수차 관련 연구들을 살펴보았다. 총 41편이 발표된 2008년도와 비교하여 2009년도에는 34편이 발표되었다. 펌프 분야 및 미세유체기계 분야에서는 발표 논문수가 증가하였고 수차 분야는 감소하였는데, 이는 해양에너지 발전설비 연구가 부품개발을 넘어 시스템 구축으로 확장되었기 때문으로 사료된다.

2. 펌프 분야

펌프 효율향상을 위하여 활발한 연구가 진행되었으며, 연구 방법에 따라 각각 실험적 연구와 해석적 연구로 구분하였다. 펌프 분야 발표논문 중 실험논문은 4편이 발표되었고, 해석논문은 19편이 발표되었다.

실험적 논문은 임펠러 등과 같은 단품레벨 성능 테스트가 아니라 펌프 시스템레벨 개발 및 시험에 관하여 발표되었다. 박철우 등⁽¹⁾은 최적 시스템의 공학적 성능 평가 및 조합 기술을 확립하여 유류 펌프 시스템을 개발하고자 하였고, 정기철 등⁽²⁾은 발전소 및 담수화 설비용 사류펌프를 개발하고자 자체 확립한 펌프 개발 프로세스에 따라 연구를 진행하였다. 홍순삼 등⁽³⁾은 추력 30톤급 터보펌프 조립체에 대하여 고온의 공기로 터빈을 구동하여 실회전수 성능시험을 수행하였고, 이영호 등⁽⁴⁾은 와방지 장치(anti-vortex device)가 장착된 해외 프로젝트 흡수정(sump) 모델의 유용함을 시험을 통해 입증하였다.

2008년보다 해석논문의 비중이 크게 증가하였는데 이는 수치해석기법 및 최적화기법이 더욱 발달되고 널리 보급됨으로

써 단품 및 시스템 구체화 단계 이전의 개념설계 과정에서 수치해석을 통한 설계 타당성 검토 프로세스가 거의 확실히 도입되었기 때문으로 사료된다. 최창호 등⁽⁵⁾은 Fine/Turbo 프로그램을 이용하여 인듀서 블레이드 수, 두께, 각도 등이 수력성능에 미치는 영향을 파악하였고 작은 크기의 역류를 가지면서 양정저하를 최소화한 인듀서를 설계하였다. 또한 이들은 입구압력 변화에 따른 인듀서 블레이드 주위 기포 발생과 이에 따른 유동장 및 성능 변화 계산결과를 실험결과와 비교하였다⁽⁶⁾. 이형남 등⁽⁷⁾은 STAR-CD 프로그램을 이용하여 직경비가 다른 조건에 대한 분사펌프의 입구조건과 구동관로 노즐의 끝단 위치를 변화시켜가면서 계산을 수행하였고, 유량 효율에 대한 추정값을 제시함으로써 장치의 성능개선이나 새로운 성능평가를 할 수 있도록 하였다. 한지웅 등⁽⁸⁾은 COMMIX-1AR/P 코드를 이용하여 KALIMER-600 원자로 풀내부 열유동 분포에 대한 정상운전해를 도출하였으며, 펌프회전차의 유무에 따른 과도 해석을 수행하여 풀내부의 소동 냉각재 거동 특성 및 노심 냉각 특성에 대한 관성 모멘트 영향을 분석하였다. 이영호 등⁽⁹⁾은 ANSYS CFX 프로그램을 이용하여 흡수정 7개로 구성된 펌프장 모델에 대하여 각 흡수정 채널에서의 유동분포에 따른 유동균일성을 상세하게 검토하였으며, 단일 흡수정에 대한 Anti-submerged vortex device 유무에 따른 유동특성 및 AVD 설치시의 전체 펌프장 모델에 대한 각 흡수정의 유동특성을 확인한 결과 펌프장 설계 시 상류로부터의 균일한 유동 유입분포를 고려한 펌프장 설계가 중요한 요소임을 확인하였다. 또한 이들은 정수장 설계 및 운전조건이 적정한가를 규명하는데 CFD 기법을 이용하였다⁽¹⁰⁾. 정경남 등^(11,12)은 ANSYS CFX 프로그램과 실험계획법을 이용하여 발전용으로 사용되는 수직펌프를 개발함에 있어 정격효율이 기존모델의 수준 이상을 유지하면서 흡입성능이 개선되도록 임펠러 입구직경 등에 관한 효과적인 형상설계를 수행하였다. 손채훈 등⁽¹³⁾은 ANSYS CFX 프로그램을 이용하여 WOODGROUP의 TJ9000 모델(유량 1.1 m³/min, 헤드 1587 m, 3570 rpm)의 펌프요소 대하여 유동해석을 수행하였고, 양정 56.5 m, 효율 91.2%인 볼류트 펌프를 설계하였다. 최영석 등⁽¹⁴⁻¹⁶⁾은 ANSYS CFX 프로그

* 강릉원주대학교 기계자동차공학부
E-mail : jcleee01@gwnu.ac.kr

램을 이용하여 원심펌프 측면흡입구 형상 변화에 따른 유동특성 변화를 계산하였으며, 효율적으로 단면적을 제어하는 측면흡입구 변수를 정립하여 제시하였다. 또한 이들은 CFD 계산 시 실험계획법을 적용하여 Double volute형 원심펌프의 임펠러와 별류트 최적 설계를 수행하였고, 수두 및 효율이 기존 모델에 비하여 상승됨을 확인하였다⁽¹⁷⁾. 그리고 역설계 방법을 적용하여 일반형 발라스트 펌프의 임펠러를 설계하고 입구부의 측면흡입구 및 출구부의 별류트를 포함한 펌프 전체 성능을 CFD를 통해 예측하였다⁽¹⁸⁾. 이상욱 등⁽¹⁹⁾은 ADINA 8.6 프로그램을 이용한 2차원 기어 펌프에서의 유체-구조 연성해석을 수행하여 펌프 내부의 비정상 상세 유동장 해석과 동시에 로터에 작용하는 구조응력 분포를 계산하였다. 신병록 등⁽²⁰⁾은 ANSYS CFX 프로그램을 이용하여 2가지 형태의 양흡입형 원심펌프 내부 임펠러에 대하여 유량변화에 따른 유동해석을 실시하였고, 내부유동장의 순환 유동, 압력 손실, 비정상 유동 등 양흡입형 원심펌프 내부 유동을 조사하였다. 이찬희 등⁽²¹⁾은 ANSYS CFX 프로그램과 실험계획법을 이용하여 임펠러, 측면흡입구, 별류트를 설계하였고, 이들을 조합한 선박용 클리링 펌프에 대한 수치해석을 통하여 설계 요구 사항을 만족하는 설계를 완료하였다. 이도형 등⁽²²⁾은 FLUENT 프로그램을 이용하여 다이아프레이밍타입 정량펌프에서 발생하는 캐비테이션을 줄이기 위한 수치해석을 수행하였고, 주요 설계변수를 변경함으로써 캐비테이션 발생이 개선됨을 확인하였다. 장세명 등⁽²³⁾은 COMSOL 프로그램을 이용하여 원반형 경계층 펌프 회전차 내부의 유동특성을 계산하였고, 유동계산결과를 이용하여 무차원 계수 및 펌프 성능을 구하는 방법을 제시하였다.

3. 수차 분야

소수력발전 및 파력발전의 핵심부품인 수차 자체에 관한 연구가 활발했던 2008년에 비하여 2009년에 발표된 논문을 살펴보면 해양에너지 발전설비 연구가 부품개발을 넘어 시스템 구축으로 확장되고 있음을 알 수 있다. 허남건 등⁽²⁴⁾은 시화호에 조력발전소와 연계한 대규모 해류발전단지 발전기 배치 설계에 활용될 수 있도록 STAR-CD 프로그램을 이용하여 바다 측과 호수 측 해류발전기의 배치에 따른 해류발전기간의 간섭 효과에 대해 수치해석 하였고, 최적화된 배치, 발전가능 범위 그리고 해류발전기 설치거리에 대하여 연구하였다. 김창구 등⁽²⁵⁾은 직접구동터빈을 2차원 조파수조에 설치하여 파고와 파주기에 따른 실험을 수행한 결과, 터빈성능은 파고에 거의 비례하여 유량, 압력 그리고 회전수가 증가하며 일정 파주기 이상에서 급격한 성능 증가가 나타남을 확인하였다. 이연주 등⁽²⁶⁾

은 수차에서 발생하는 유체여기진동의 주원인인 선회와류의 발생, 성장, 소멸 상태를 실시간으로 측정하였고, 선회와류 상태를 정량화할 수 있는 판단기준을 마련하여 실제 현장 수차에 적용함으로써 최적의 급기를 실시하여 유체여기진동을 저감하였다. 조철희 등⁽²⁷⁾은 복합배치 수평축 조력발전 로터의 간섭 성능을 고찰하기 위하여 유향, 유속을 변화하여 다양한 실험적·해석적 연구를 수행하였으며, 유향이 회전축에 수평하도록 유향 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 장치가 필요하며 전방 로터의 회전속도가 회전각보다 더 큰 간섭요인으로 작용함을 확인하였다. 도덕희 등⁽²⁸⁾은 선형 부유물이 유입되더라도 발전에 장애가 없도록 발전시스템 회전축을 유연하게 한 어류형 조류발전 시스템에 관한 연구를 수행하였는데, 4D-PTV 측정시스템을 이용하여 Blade 형상과 날개 각도에 따른 수평자유축 조류발전시스템 모델 주변의 유속-전압 상관관계를 측정하고 결과를 발표하였다. 최동호 등⁽²⁹⁾은 시화호 조력발전소 운영 모델을 수립하여 운영 방식을 체계적으로 정립하였으며, 조력발전소 발전량에 영향을 미치는 운전요소를 검토 분석하여 조위별 최대 에너지를 생산하기 위한 단류식 창조발전의 조력발전소 최적운전 모델의 기준을 제시하였다.

4. 미세유체기계 분야

최근에는 일반적인 펌프와 수차 이외에 의료 및 분석 장비의 핵심부품인 미세유체기계와 반도체 및 디스플레이 산업에 필수적인 진공펌프에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 김대현 등⁽³⁰⁾은 암 환자 통증 조절을 위한 캄-팔로워 구동 방식의 마이크로펌프 모듈, 약물의 저장과 리필이 가능한 약물 저장고 모듈, 그리고 체외에서 약물 주입 패턴을 조절할 수 있는 무선 통신 및 제어기 모듈을 제안하였고, 해석 및 실험을 통해 각 모듈의 설계 변수를 도출하고 약물 주입 펌프 시제품을 제작하였으며 체외 실험을 통해 성능을 확인하였다. 허남건 등⁽³¹⁾은 STAR-CD 프로그램을 이용하여 연동형 마이크로펌프의 유동 특성에 대해 수치해석하였고, 수치해석 결과로부터 각 작동조건에 따른 채널 내 유동특성과 압력-유량 성능곡선을 확인하여 연동형 마이크로펌프 설계가 가능한지 고찰하였다. 양상식 등⁽³²⁾은 CFD-ACE 프로그램을 이용한 수치해석 및 동작실험을 통하여 마이크로 채널의 위치와 형상에 따른 마이크로 펌프 동작 성능 차이를 밝히고자 하였으며, 우수한 성능을 갖는 마이크로 펌프는 약물 전달 장치에 적합한 특성을 나타냄을 확인하였다. 김대중 등⁽³³⁾은 작동유체가 탈이온수인 전기침투펌프의 성능을 유량과 압력 그리고 전류로 측정하였고 기존의 다공성 유리를 이용한 실험결과와 단위전압당 유량과 단위전류당 유량

으로 비교를 통해 장단점을 고찰한 결과, 고분자막을 이용함으로써 단위전압당 유량과 단위전류당 유량을 모두 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 오세홍 등⁽³⁴⁾은 기존 압전형 마이크로 펌프의 단점을 보완하고 보다 향상된 성능을 얻기 위하여 MHD 원리를 이용한 마이크로 펌프를 고려했으며, 수치해석을 통해 입·출구에서의 유동제어를 모사하고 자기장의 세기 및 튜브의 내경에 따른 펌프의 유동특성 및 펌핑성능을 예측하였다.

참고문헌

(1) 이재욱, 장병대, 이춘영, 박철우, 2009, “유류 이송 차량용 정량 펌프 시스템 개발,” 대한기계학회 추계학술대회 논문집, pp. 1994~1998.

(2) 김준호, 김덕수, 김현식, 전상규, 정기철, 2009, “사료펌프 개발을 위한 실험적 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 303~306.

(3) 홍순삼, 김대진, 김진선, 김진한, 2009, “액체로켓엔진용 터보펌프의 고온 성능시험,” 대한기계학회논문집B, 제33권, 제12호, pp. 933~938.

(4) 김창구, 김문오, 최현준, 이영호, 김휴곤, 2009, “해외 프로젝트 심프모델 시험 사례,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 125~128.

(5) 최창호, 김진한, 2009, “터보펌프용 인듀서 블레이드 수가 성능에 미치는 영향에 대한 연구,” 유체기계저널, 제12권, 제2호, pp. 52~57.

(6) 최창호, 노준구, 김진한, 2009, “터보펌프용 인듀서에 대한 캐비테이션 유동해석,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 211~215.

(7) 손현철, 박길문, 고현선, 이행남, 2009, “분사펌프에 연결된 구동관로 위치변화에 따른 유동특성,” 대한기계학회논문집B, 제33권, 제4호, pp. 215~224.

(8) 한지웅, 어재혁, 이태호, 김성오, 2009, “펌프 회전자의 관성 모멘트 제공에 의한 KALIMER-600 원자로 풀 과도 성능 분석,” 대한기계학회논문집B, 제33권, 제6호, pp. 418~426.

(9) 최종웅, 최영도, 임우섭, 이영호, 2009, “다중 흡수정을 갖는 펌프장 모델의 유동균일성 해석,” 유체기계저널, 제12권, 제4호, pp. 14~22.

(10) 이승엽, 김창구, 김경엽, 이영호, 2009, “CFD에 의한 심프모델 유동해석,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 45~48.

(11) 정경남, 박종후, 김용균, 김해천, 2009, “원심형 수직펌프의 흡입성능 향상 연구,” 대한기계학회 유체공학부문 춘계학술대회 논문집, pp. 126~131.

(12) 정경남, 박종후, 김용균, 김해천, 2009, “산업용 수직펌프의 흡입성능 향상 연구,” 대한기계학회논문집B, 제33권, 제11호, pp. 909~915.

(13) 임준석, 배위섭, 손채훈, 2009, “원유생산용 볼류트 펌프의

유동장 모사와 설계,” 대한기계학회 추계학술대회 논문집, pp. 2417~2420.

(14) 김성, 최영석, 이경용, 2009, “원심펌프 측면흡입구의 유동특성에 관한 수치해석적 연구,” 유체기계저널, 제12권, 제6호, pp. 7~12.

(15) 김성, 최영석, 이경용, 김준형, 박형호, 2009, “저비속도형 In-line type 원심펌프 설계,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 129~130.

(16) 김성, 최영석, 이경용, 김준호, 2009, “비속도 380급 사료펌프의 흡입성능 향상에 관한 수치해석적 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 310~311.

(17) 김준형, 최영석, 박필재, 2009, “Double volute형 원심펌프 성능 개선,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 41~42.

(18) 이경용, 최영석, 김성, 이찬희, 2009, “역설계 방법을 이용한 In-Line Ballast Pump 설계,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 216~217.

(19) 이중호, 김태구, 이상욱, 2009, “기어펌프 유동의 2차원 수치해석,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 43~44.

(20) 안영준, 신병록, 2009, “양흡입 원심펌프의 CFD 성능해석,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 49~53.

(21) 이찬희, 박필재, 최영석, 2009, “선박용 카고 탱크 클리닝 펌프 수력 설계,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 131~136.

(22) 김상우, 김진욱, 김도연, 이도형, 2009, “정량펌프에서의 Cavitation 발생 억제에 위한 수치 해석적 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 137~142.

(23) 정수윤, 장세명, 양재삼, 2009, “원반형 경계층 펌프의 전산 설계,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 218~223.

(24) 이승호, 이상혁, 장경수, 이정은, 허남건, 2009, “조력발전소와 연계한 해류발전단지의 활용에 대한 유동해석적 연구,” 유체기계저널, 제12권, 제3호, pp. 38~43.

(25) 김창구, 최영도, 황영호, 이영호, 2009, “파랑조건이 파력발전용 직접구동터빈의 파랑조건에 미치는 영향,” 대한기계학회 유체공학부문 춘계학술대회 논문집, pp. 90~91.

(26) 박한영, 조성수, 라병필, 김진훈, 박종호, 이연주, 2009, “수차에서 발생하는 유체여기진동 저감방안 연구,” 유체기계저널, 제12권, 제5호, pp. 13~18.

(27) 조철희, 이강희, 임진영, 노유호, 2009, “복합매치 수평축 조류발전 로터의 간섭성능 고찰,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 435~440.

(28) 도덕희, 조호재, 최진형, 이재민, 이연원, 윤양일, 스킨키요미, 2009, “4D-PTV에 의한 수평자유축 조류발전시스템 유동특성 분석,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 455~458.

(29) 최등호, 김만기, 김현한, 김경엽, 2009, “단류식 창조발전의 조력발전소 최적운영모델에 관한 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 443~448.

- (30) 백두진, 박준우, 홍소영, 이철한, 김광기, 조영호, 김대현, 2009, “암 환자 통증 조절을 위한 이식형 약물 주입 펌프 개발,” 유체기계저널, 제12권, 제3호, pp. 31~37.
- (31) 이나리, 이상혁, 허남건, 2009, “연동형 마이크로펌프의 유동에 대한 수치해석적 연구,” 유체기계저널, 제12권, 제4호, pp. 37~43.
- (32) 전도한, 양상식, 2009, “모세관 인력으로 작동되는 열공압형 마이크로 펌프의 형상이 성능에 미치는 영향,” 대한기계학회 논문집B, 제33권, 제10호, pp. 778~782.
- (33) 권길성, 박철우, 김대중, 2009, “단위전압당 고유량 용액 이송을 위한 고분자막 전기침투펌프의 개발,” 대한기계학회 추계학술대회 논문집, pp. 3051~3056.
- (34) 오세홍, 안용준, 김창녕, 2009, “MHD유체를 이용한 압전디스크 구동방식 마이크로 펌프의 내부유동 특성과 펌핑성능에 대한 수치해석적 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 337~338.