

펌프 및 수차 분야 연구동향

이종철*

1. 서론

2010년도 국내에 발표된 펌프 및 수차 분야의 주요 연구 동향을 유체기계공업학회(KFMA) 유체기계저널 및 유체기계 연구개발 발표회 논문집, 대한기계학회(KSME) 대한기계학회논문집 및 춘·추계학술대회 논문집에 발표된 논문을 요약하여 소개하고자 한다.

2. 펌프 분야

펌프에 대한 2010년도 연구실적은 논문집 게재 9편 및 학술대회 발표논문 16편 등 총 25편으로 2008년도 이래 꾸준한 연구성과를 나타내고 있다. 연구대상으로 채택된 펌프 종류 또한 동력학적 펌프와 용적식 펌프 모두 고르게 분포된 것을 확인할 수 있었다. 특히 수치해석기법 및 최적화기법이 더욱 발달되고 널리 보급됨으로써 오랫동안 해석적 연구의 난제로 여겨지고 있는 3차원 효과, 캐비테이션, 미소 간극 등이 고려된 발전적인 결과가 도출되었다.

전산해석기술을 이용한 연구 논문을 정리하면 다음과 같다. 김광용⁽¹⁾ 등은 입축사류펌프 내의 3차원 유동특성을 파악하고자 ANSYS CFX 프로그램을 이용하여 수치해석을 수행하였다. 수치해석의 타당성을 검증하기 위하여 실험결과와 비교하였고, 수치해석을 통한 사류펌프 내부의 유동 특성을 파악하여 향후 RANS 해석과 대리모델을 결합한 최적설계를 수행할 시 기존 사류펌프의 성능 향상을 도모하기 위한 최적설계의 기초자료를 마련하고자 하였다. 신병록⁽²⁾ 등은 ANSYS CFX 프로그램을 이용하여 유량변화가 성능에 미치는 영향과 순환 유동의 발생, 압력 손실, 비정상 유동 등 양흡입형 원심 펌프 내부 3차원 유동특성을 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. 최창호⁽³⁾ 등은 Fine/Turbo 프로그램을 이용하여 입구압력 변화에 따른 인두서 블레이드 주위 기포 발생과 이에 따른 유동장 및 성능 변화 계산결과를 실험결과와 비교하였다. 이상욱⁽⁴⁾ 등은 회전용적형 기어 펌프의 내부유동을 2차원 유동장으로 가정된 뒤, FLUENT 프로그램의 동적격자기법(moving dynamic meshing technique)을 적용하여 수치해석을 수행하였고, 로

터 회전수의 변화 및 로터와 케이싱 사이의 간극 변화에 따른 비정상 유동장 및 맥동압력 변화를 고찰하였다. 장세명⁽⁵⁾ 등은 COMSOL 프로그램을 이용하여 원반형 경계층 펌프 회전차 내부의 층류 및 난류 유동특성을 축대칭 경계조건을 부여하여 계산하였고, 유동계산결과를 이용하여 무차원 계수 및 펌프 설계에 필요한 파라미터를 찾고자 하였다. 이진우⁽⁶⁾ 등은 해양광물자원 이송용 사류형 펌프의 내부유동 및 유연관형상변화에 따른 펌프성능 변화를 ANSYS CFX 프로그램으로 해석하여, 펌프의 성능향상에 필요한 기본적인 자료를 확보하고 성능개선을 위한 방법을 검토하였다. 권순국⁽⁷⁾ 등은 SMART 원자로의 사류형 원자로냉각재펌프의 축소모형에 대한 수력성능을 예측하기 위하여 설계점을 포함한 다양한 탈설계점에서의 해석을 ANSYS CFX 프로그램으로 수행하였고, 축소모형에 대한 homologous 곡선을 생성할 기초를 완성하였다. 서용권⁽⁸⁾ 등은 액셀 피스톤 펌프 내의 유압유체 유동과 토출압 맥동의 생성과정을 이해하기 위하여 ANSYS CFX 프로그램으로 3차원 해석하였는데 시뮬레이션 모델의 수렴성 향상 및 강건성 확보를 위하여 밸브 플레이트 주위의 격자계는 육면체 격자로 구성하였으며, 수치해석시 필요한 오일의 밀도와 압력의 관계는 실험식을 적용하여 실험결과와의 일치성을 확인하였다. 최영석⁽⁹⁾ 등은 고전적 설계 방법 및 역설계 방법을 이용하여 사류펌프를 설계하였고, 기존 대비 효율 및 헤드성능 향상을 확인하였다. 김광용⁽¹⁰⁾ 등은 양배수용 입축사류펌프의 베인 디퓨저에 대하여 3차원 RANS 해석과 신경회로망기법을 결합한 수치최적설계를 수행하였고, 기준형상 대비 8.61% 향상된 효율을 얻었다. 김진영⁽¹¹⁾ 등은 원자력발전소 냉각수 순환펌프로 많이 사용되는 콘크리트 벌루트 펌프에 적합한 임펠러를 설계하였고 Stepanoff가 제시하는 벌루트 설계 기준을 ANSYS CFX 프로그램을 이용하여 검증하였다. 또한 일반적인 벌루트, 이중 벌루트, 디퓨저를 갖는 벌루트에서의 반경방향 축추력 변화를 비정상 유동해석을 통하여 고찰하였다. 그밖에 대한기계학회 춘·추계학술대회에 발표된 펌프 관련 수치해석 연구결과는 참고문헌⁽¹²⁻¹⁹⁾을 참고하기 바란다.

펌프 개발 및 성능 시험에 관한 연구논문을 정리하면 다음과 같다. 유일수⁽²⁰⁾ 등은 정유, 석유 화학플랜트에서 사용되는 수직배렬형 원심펌프에 관한 설계 및 제작, 성능 검증의 전주기적 개발과정을 수행하였으며, 시제품 효율이 71.2%로

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

선진기술사와 동등한 성능을 확인하였다. 정기철⁽²¹⁾은 펌프 유동해석 및 성능예측, 모델펌프 구조설계 및 제작, 성능시험 및 최적형상 도출 등의 펌프 개발 프로세스를 통하여 고효율 고흡입성능 사류펌프를 개발하였다. 김진선⁽²²⁾ 등은 액체질소를 작동유체로 한 극저온 시험설비를 이용하여 액체로켓엔진에서 산화제를 승압하여 연소실로 이송시키는 산화제펌프의 성능시험을 수행하였으며, 산화제펌프에 대한 성능특성을 파악하였다. 권순국⁽²³⁾ 등은 경제적인 시험수행을 위하여 수력학적 상사성을 가지는 SMART 원자로냉각재펌프 축소모형을 이용하여 펌프입구 유입유량변화에 따른 설계점 및 탈-설계점에서의 수력성능 시험을 수행하였다. 남덕우⁽²⁴⁾ 등은 LPLi 시스템에 사용되는 임펠러 타입의 내장형 펌프와 베인 타입의 외장형 펌프의 성능평가를 수행하여 국내에서 처음으로 개발되는 LPG 외장형 연료펌프의 특성을 LPG연료조성에 따라 고찰하였다. 김용열⁽²⁵⁾ 등은 열역학적 측정방법에 의해 측정된 각 펌프의 효율측정 자료를 바탕으로 펌프 가동 대수에 따른 전력원 단위가 최소가 되는 펌프 조합선정기법을 분석하였으며, 이 기법을 G취수장 취수펌프에 적용한 결과 발생하는 에너지 절감 효과를 고찰하였다.

3. 수차 분야

소수력발전 및 파력발전의 핵심부품인 수차 자체에 관한 연구가 활발했던 2008년~2009년과 비교하여 2010년에 발표된 논문 10편을 살펴보면 해양에너지 발전설비 연구가 성능개선 및 최적설계 등으로 확장되고 있음을 알 수 있다. Lee⁽²⁶⁾ 등은 횡류수차의 성능을 향상시키기 위하여 새로운 방식의 공기주입법을 제안하였으며, 수차의 공기주입량에 따른 성능변화의 관계를 ANSYS CFX 프로그램을 이용하여 해석하였다. 해석결과 검토를 통하여 러너유로에 형성된 공기층이 유입흐름과 러너 중심축의 충돌손실을 감소시키고 러너유로 내부의 재순환하는 흐름을 억제시키는 작용을 하기 때문에 수차의 효율이 증가하는 것을 확인하였다. 손성우⁽²⁷⁾ 등은 횡류수차에서 흡출관의 변화가 성능에 미치는 영향에 관해서는 불명확한 점들이 남아있기에 횡류수차 흡출관 길이 및 형상에 따른 내부 유동 변화에 대하여 ANSYS CFX 프로그램을 이용하여 검토하였다. 최현준⁽²⁸⁾ 등은 프란시스 수차 설계를 위한 최적 파라미터를 도출하고 효율향상을 도모하기 위하여 프란시스 수차 설계현황 파악, 수차 설계 및 기초자료 분석을 통한 3차원 모델링, 수차 러너의 유동특성 분석 및 무차원화를 통한 적정 사이즈를 결정하고 프란시스 수차의 성능특성을 분석하였다. 박지훈^(29,30) 등은 마이크로 튜블러 수차의 성능특성을 분석하기 위하여 러너 베인의 각도를 임의의 각도로 고정시키고 가이드 베인 각도 변화에 따른 ANSYS CFX 프로그램 계산결과를 분석함으로써 성능특성을 고찰하였다. 노형운^(31,32) 등은 T1DD를 통한 저효율 프

란시스 수차의 효율을 89%까지 향상시킨 결과를 발표하였으며, 이를 정격낙차 수차효율 시험을 통해 검증하였다. 그밖에 대한기계학회 춘·추계학술대회에 발표된 수차 관련 연구결과는 참고문헌⁽³³⁻³⁵⁾을 참고하기 바란다.

4. 결론

지금까지 2010년도 국내에 발표된 펌프 및 수차 분야의 주요 연구동향을 유체기계공업학회(KFMA) 유체기계저널 및 유체기계 연구개발 발표회 논문집, 대한기계학회(KSME) 대한기계학회논문집 및 춘·추계학술대회 논문집에 발표된 펌프 분야 25편 그리고 수차 분야 10편의 논문을 중심으로 간단히 정리해 보았다. 펌프 연구분야에서는 오랫동안 해석적 연구의 난제로 여겨지고 있는 3차원 효과, 캐비테이션, 미소간극 등이 고려된 발전적인 결과가 도출되었으며, 수차 연구분야에서는 해양에너지 발전설비 연구가 성능개선 및 최적설계 등으로 확장되고 있음을 알 수 있었다. 향후에도 지속적으로 우수한 연구결과들이 발표되어 국가 기간산업 활성화에 일조할 수 있기를 희망한다.

참고문헌

- (1) 김진혁, 안형진, 김광용, 2010, “양배수용 사류펌프 내 삼차원 유동에 대한 수치적 연구,” 유체기계저널, 제13권, 제1호, pp. 17~22.
- (2) 안영준, 신병록, 2010, “양흡입 원심펌프에 있어서 유량변화의 영향에 관한 수치해석적 연구,” 유체기계저널, 제13권, 제6호, pp. 51~56.
- (3) 최창호, 노준구, 김진한, 2010, “터보펌프용 인듀서에 대한 캐비테이션 유동해석,” 유체기계저널, 제13권, 제3호, pp. 49~53.
- (4) 이종호, 박종원, 김태구, 이상욱, 2010, “회전용적형 기어펌프 유동의 2차원 수치해석,” 유체기계저널, 제13권, 제5호, pp. 17~21.
- (5) 정수윤, 장세명, 양재삼, 2010, “원반형 경계층 펌프의 전산설계,” 유체기계저널, 제13권, 제2호, pp. 12~18.
- (6) 이진우, 최영도, 이영호, 윤치호, 박종명, 2010, “해양광물자원 개발을 위한 사류형펌프의 내부유동 해석,” 유체기계저널, 제13권, 제5호, pp. 11~16.
- (7) 권순국, 박진석, 유제용, 이원재, 2010, “스마트 원자로냉각재펌프의 축소모형에 대한 수력성능 예측,” 대한기계학회 논문집A, 제34권, 제8호, pp. 1059~1065.
- (8) 정종현, 김중기, 서용권, 2010, “액셀 피스톤 펌프내 유압유 유동에 대한 수치해석적 연구,” 대한기계학회논문집B, 제34권, 제2호, pp. 129~136.
- (9) 최영석, 김성, 이경용, 김준호, 2010, “사류펌프 임펠러 및 디퓨저 최적설계,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 168~169.

- (10) 김진혁, 진정희, 김광용, 2010, “최적화 기법을 통한 사류 펌프의 고효율 설계,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 31~32.
- (11) 김진영, 정경남, 김용균, 2010, “수치해석을 활용한 콘크리트 벌루트 펌프 설계,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 33~34.
- (12) 윤정의, 장재훈, 2010, “비 막힘형 2엽 수중 슬러리 펌프의 개발,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 422~427.
- (13) 강광수, 김유곤, 2010, “이중 원심펌프형 회전체에 의한 유동장 혼합 효과에 대한 수치해석,” 대한기계학회 유체공학부문 춘계학술대회 논문집, pp. 135~136.
- (14) 조지훈, 신동훈, 정태용, 2010, “상용 CFD코드를 이용한 가정용 연료전지용 원심펌프 유동해석에 관한 연구,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 3118~3123.
- (15) 유일수, 박무룡, 윤의수, 2010, “수두 곡선 기울기를 고려한 원자로 냉각제 펌프의 수력설계,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 3324~3329.
- (16) 임준석, 손채훈, 2010, “원심펌프용 임펠러의 형상에 따른 수력학적 효율 향상에 관한 수치해석적 연구,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 3335~3338.
- (17) 정경남, 김진영, 박종후, 김용균, 김해진, 2010, “원유비축기지용 유중펌프의 형상설계,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 2982~2986.
- (18) 최윤환, 이연원, 이태기, 정호윤, 박영규, 2010, “전동기 일체형 유압펌프의 유동특성에 관한 연구,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 3134~3139.
- (19) 김영주, 우남섭, 권제기, 정소걸, 박의섭, 김정식, 2010, “해수펌프용 2단 사류펌프의 임펠러 성능해석 연구,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 3017~3021.
- (20) 유일수, 윤의수, 박무룡, 김성기, 2010, “비속도 150급 수직배럴형 10단 원심펌프 개발,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 170~171.
- (21) 정기철, 2010, “고효율 고흡입성능 사류펌프 개발,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 160~167.
- (22) 김진선, 홍순삼, 김대진, 최창호, 김진한, 2010, “액체질소를 이용한 산화제펌프의 극저온 성능시험,” 대한기계학회 논문집B, 제34권, 제4호, pp. 391~397.
- (23) 권순국, 박진석, 장기중, 이원재, 2010, “설계점 및 탈-설계점에서의 SMART 원자로냉각제펌프 축소모형에 대한 수력성능시험,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 2978~2981.
- (24) 남덕우, 김창업, 박철웅, 최교남, 임종한, 2010, “자동차용 LPG 외장형 펌프의 연료 조성에 따른 특성연구,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 3581~3586.
- (25) 김용열, 노한선, 박태진, 2010, “고펌프성능곡선을 이용한 최소 전력원단위 펌프조합선정에 관한 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 35~39.
- (26) Young-Do Choi, Byeong-Rog Shin, Young-Ho Lee, 2010, “Air Layer Effect on the Performance Improvement of a Cross-Flow Hydro Turbine,” 유체기계저널, 제13권, 제4호, pp. 37~44.
- (27) 손성우, Morihito Inagaki, 최영도, 2010, “소수력용 Cross-Flow 수차의 내부유동 해석,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 105~106.
- (28) 최현준, 노형운, 김유택, 이영호, 2010, “CFD에 의한 500kW 급 프란시스 수차의 유동해석에 관한 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 107~108.
- (29) 박지훈, 김유택, 황영철, 이영호, 2010, “CFD에 의한 마이크로 튜블러 수차의 성능개선에 관한 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 109~110.
- (30) 이낙중, 박지훈, 황영호, 김유택, 이영호, 2010, “CFD에 의한 러너 베인 개도에 따른 튜블러형 상반전 수차 특성,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 111~112.
- (31) 노형운, 서상호, 이영호, 김진형, 박종문, 김종수, 김태권, 오석영, 하필수, 정종현, 김광홍, 2010, “TIDD를 통한 저효율 프란시스 수차의 효율 향상에 대한 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 589~596.
- (32) 노형운, 서상호, 이영호, 김진형, 박종문, 김종수, 김태권, 오석영, 하필수, 정종현, 김광홍, 2010, “IEC60041 코드에 의한 러너교체 전후 프란시스 수차성능의 실험적 고찰,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 597~602.
- (33) 하필수, 오석영, 정종현, 노형운, 서상호, 2010, “역설계 및 CFD를 통한 저효율 프란시스 수차의 성능향상,” 대한기계학회 유체공학부문 춘계학술대회 논문집, pp. 106~111.
- (34) 백남철, 김윤제, 2010, “소수력 축류 터빈의 Hydrofoil 최적설계에 관한 연구,” 대한기계학회 유체공학부문 춘계학술대회 논문집, pp. 30~31.
- (35) 노형운, 서상호, 김진형, 김태권, 오석영, 하필수, 정종현, 김광홍, 2010, “러너교체 전후 프란시스 수차성능의 실험적 고찰,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 3303~3306.