

## 2019년 펌프 및 수차 분야 연구동향

김성민\*

### 1. 서 론

2019년 국내 펌프 및 수차 분야의 연구동향 분석을 위해 2019년 한국유체기계학회 논문집과 한국유체기계학회 하계 및 동계 학술대회 발표논문 초록집에 게재된 논문을 조사하였다. 펌프, 수차 및 펌프터빈 분야에서 발표된 논문은 각각 20편, 28편 및 26편으로, 총 74편의 논문이 2019년에 발표되었다.

표 1은 펌프 및 수차 분야에서 발표된 논문을 분류 기준에 따라 정리한 것이며, 전년도 대비 수차와 펌프터빈 분야의 논문 수가 감소하였다. 펌프 분야에서는 다양한 펌프의 성능 향상과 최적설계 연구가 수행되었으며, 수차 분야에서는 중·대수력용 수차발전기 및 수력발전소의 연구개발, 그리고 펌프터빈 분야에서는 양수발전소의 핵심수력설비에 대한 연구개발이 중점적으로 진행되었다.

표 1 분류 기준 별 논문 수

분류 기준		논문 수 (편)	
		2019년	
펌프	논문집		6
	하계학술대회	일반세션	6
		특별세션	1
	동계학술대회	일반세션	7
수차	논문집		3
	하계학술대회	특별세션	16
		동계학술대회	일반세션
	특별세션		6
펌프터빈	논문집		6
	하계학술대회	특별세션	8
		동계학술대회	일반세션
	특별세션		8
합계		74	

### 2. 펌프 분야 관련 연구

펌프 분야에서는 산업용 펌프와 특수형 펌프의 성능향상과 최적설계에 대한 연구가 진행되었다.

원심펌프<sup>(1-7)</sup>에 대해서는 펌프의 형상 및 운전 조건에 따른 성능향상과 최적설계에 대한 연구와 다단 원심펌프에 대한 연구가 수행되었으며, 축류펌프<sup>(8)</sup>에 대해서는 형상 설계에 따른 성능 특성에 대한 연구가 발표되었다.

또한, 단일채널펌프<sup>(9)</sup>와 터보펌프<sup>(10)</sup> 등의 특수펌프 성능향상을 위한 심도 있는 연구도 진행되었다. 원자로의 펌프 핵심 부품에 대한 안전성 평가<sup>(11,12)</sup>와 비상 디젤 발전기의 엔진용 고압 연료분사 펌프의 진단 기술 개발<sup>(13,14)</sup> 및 원자로 열전달계통 펌프의 성능 평가<sup>(15)</sup>에 대한 연구가 수행되었으며, 재생형 펌프<sup>(16,17)</sup>, 게이트 펌프<sup>(18,19)</sup>와 펌프 섀프<sup>(20)</sup> 등의 펌프에 대해 산업계 환경을 고려한 성능향상 연구가 진행되었다.

### 3. 수차 분야 관련 연구

수차 분야에서는 중·대수력용 수차발전기의 고성능화를 위한 현장 사례 연구가 주로 진행되었으며, 다양한 종류의 수차에 대해 실용화 목적의 개발 연구와 모형수차의 성능 시험 및 평가 연구가 수행되었다.

프랑스수차에 대해서는 형상 설계 및 운전조건에 따른 유동 구조와 성능 최적화에 대한 연구<sup>(21,22)</sup>가 발표되었다. 또한, 중·대수력용 모델수차의 성능 평가 설비의 적절성<sup>(23)</sup>에 대한 고찰도 있었다.

축류형 수차에 대해서는 벌브형 수차의 형상에 따른 성능 특성 연구<sup>(24)</sup>가 발표되었고, 축류형 및 횡류형 모델수차의 시험에 대한 고찰<sup>(25)</sup>이 수행되었다. 또한, 소수력용 수차의 설계 및 성능 특성 파악을 위한 연구<sup>(26)</sup>가 진행되었다.

한편, 학술대회 특별세션을 통해 많은 연구가 발표되었다. “중규모 수력 플랜트 평가 기술” 특별세션<sup>(27-31)</sup>에서는 수력 플랜트의 성능 평가 및 감시, 노후도 평가에 대한 연구, 그리고 수차 모델의 캐비테이션 특성에 대한 연구가 발표되었다.

\* 성균관대학교 기계공학부  
E-mail : smkim@skku.edu

“중규모 수력플랜트 설계 기술” 특별세션<sup>(32-35)</sup>에서는 수력플랜트 및 수차발전기의 건설 설계 및 제어 기술에 대한 연구가 발표되었다. “수력/양수 발전 기술” 특별세션<sup>(36-38)</sup>과 “수력양수 발전설비 현대화 기술개발” 특별세션<sup>(39-41)</sup>에서는 수차발전기의 현장 시험 및 사례에 대한 고찰이 있었다. “수력차압밸브 대체를 통한 전력생산 및 제어시스템 개발” 특별세션<sup>(42-45)</sup>에서는 지역난방 열수송관 내 미활용에너지를 이용한 수차발전시스템 개발에 대한 연구 결과가 발표되었고, “환경기계-수열 등 물에너지 활용 기술” 특별세션<sup>(46)</sup>에서는 수력설비의 현대화 사례와 모델수차 시험 장치에 대한 발표가 있었다. “수력발전 현상 효율 시험” 특별세션<sup>(47,48)</sup>에서는 시공기준 개정(안) 및 수력설비의 현장효율 시험방안에 대한 발표가 있었다.

#### 4. 펌프터빈 분야 관련 연구

펌프터빈 분야에서는 양수발전소 펌프터빈의 운전성능 및 운영기술에 대한 연구 결과가 활발히 발표되었다.

프란시스형 펌프터빈의 유동특성<sup>(49-52)</sup>에 대한 연구와 벌터빈 흡출관의 최적화 연구<sup>(53,54)</sup>가 수행되었다. 또한, 재생에너지 저장장치용 펌프터빈의 설계 연구<sup>(55,56)</sup>와 양수발전소 운영 시 발생한 수격 현상의 시험 및 분석 결과<sup>(57,58)</sup>도 발표되었다.

학술대회 특별세션을 통해서도 많은 발표가 진행되었다. “한국수력원자력 양수발전 기술개발” 특별세션<sup>(59-62)</sup>과 “양수발전용 펌프터빈 이상 및 천이현상 대응 유동특성 예측기술 개발” 특별세션<sup>(63-66)</sup>에서는 다양한 운전조건에서 펌프터빈의 성능 및 특성에 대한 연구가 수행되었으며, “수력양수 발전설비 현대화 기술개발” 특별세션<sup>(67,68)</sup>에서는 발전설비의 시험 및 관리에 대한 고찰이 있었다. 그리고 “수력/양수 R&D 활성화” 특별세션<sup>(69-74)</sup>에서는 관련 사업 및 기술개발의 현황과 향후 추진방향에 대한 발표가 있었다.

#### 5. 결 론

2019년 한국유체기계학회 논문집과 한국유체기계학회 하계 및 동계 학술대회에서 발표된 논문을 바탕으로 2019년 펌프, 수차, 그리고 펌프터빈 분야의 연구동향에 대해서 살펴 보았다. 펌프 분야에서는 펌프의 성능향상과 최적설계 연구가 수행되었으며, 수차 분야에서는 중·대수력용 수차발전기의 현대화 사업에 따른 연구개발이 지속적으로 진행되어 수력플랜트 설비의 운전 및 현장 사례에 대한 고찰이 다수 발표되었다. 특히, 터빈펌프 분야에서는 양수발전소 설비의 현대화 및 성능향상을 목표로 대용량 펌프터빈의 설계와 다양한 운전조건에서의 성능 특성에 대한 연구가 중점적으로 수행됨을 알 수 있었고, 이는 2016년에 펌프터빈 분야 연구가

점진적으로 진행되었던 점<sup>(75)</sup>을 감안하면 연구의 진척이 상당하여 고무적이라 할 수 있다.

#### References

- (1) 김상훈, 심현석, 김광용, 2019, “부분 디퓨저 베인의 배열이 원심펌프의 수력성능에 미치는 영향”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 2호, pp. 5~13.
- (2) 김노형, 2019, “원심펌프 내부의 유동특성 해석”, 한국유체기계학회 논문집 22권 6호, pp. 56~61.
- (3) 광명, 최영도, 2019, “성능 개선을 위한 다단 원심펌프 임펠러의 자오면 형상 최적화 설계에 대한 연구”, 한국유체기계학회 논문집 제 22권 3호, pp. 41~48.
- (4) 심현석, 김광용, 2019, “별류트의 단면적이 원심펌프의 흡입 성능에 미치는 영향에 대한 수치적 연구”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 103~104.
- (5) Cheng Tang, 김요환, 김운제, 2019, “다목적 최적화 기법을 이용한 원심 펌프 임펠러의 수력학적 설계”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 105~106.
- (6) Ming Guo, 최영도, 2019, “새로운 수력 설계으로 고압 다단 원심펌프의 소형화 및 성능 향상”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 107~108.
- (7) Rahmadio Catur Putra, 김운제, 2019, “Influences of Impeller Blade Wrap Angle and Outlet Angle to the Single-Blade Pump Performance”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 29~30.
- (8) 김운성, 김광용, 권혁빈, 2019, “Swept 임펠러를 갖는 수중 축류펌프의 형상 변수가 수력학적 성능에 미치는 영향”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 3호, pp. 19~27.
- (9) Thi Hong Minh Hoang, Ming Gou, 최영도, 2019, “블레이드 형상 따른 단일 채널 펌프의 유동 특성 연구”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 66~67.
- (10) 강병윤, 최창호, 2019, “깃 없는 디퓨저의 폭 변화가 터보 펌프의 수력성능에 미치는 영향에 관한 수치해석적 연구”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 308~309.
- (11) 조석, 김석, 배병언, 조운제, 전우진, 운영중, 김연식, 2019, “SBO 조건에서의 APR1400 원자로냉각재펌프 축밀봉체 성능검증시험”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 222~223.
- (12) 이성현, 이재한, 김성균, 김태완, 2019, “지진 하중을 받는 PGSFR 일차열전달계통 펌프의 구조건전성 평가”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 138~139.
- (13) 운영철, 이혁순, 2019, “원전 비상디젤발전기 연료분사펌프 진단신호 분석”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 4호, pp. 37~42.
- (14) 운영철, 이혁순, 2019, “원전 비상디젤발전기 연료분사펌프 진단신호 분석”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회

- 초록집, pp. 271~276.
- (15) 김다용, 윤현기, 김성훈, 2019, “연구용 원자로에서 역지벨브 설치에 따른 펌프 관성서행유량 감소에 대한 설계영향 분석”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 233~234.
  - (16) 장춘만, 박종훈, 이상문, 2019, “새로운 임펠러 형상을 갖는 미세버블펌프 개발”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 109~110.
  - (17) Sajid Ali, Aya Elkamhawy, 장춘만, 이상문, 2019, “미세버블펌프의 성능에 따른 작동변수의 영향에 관한 실험 분석”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 310~311.
  - (18) 광명, 천전무, 이영범, 최영도, 2019, “축류형 및 엘보우형 게이트펌프장 모델의 공기흡입 유동특성”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 5호, pp. 54~61.
  - (19) Quang Huy Nguyen, Zhenmu Chen, 최영도, 2019, “게이트 펌프 섹트 모델의 벨마우스 형상에 따른 공기 유입 흐름 특성”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 31~32.
  - (20) Thi Hong Minh Hoang, Ming Gou, 최영도, 2019, “벨마우스 형상 따른 펌프 섹트 모델 유동 특성”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 64~65.
  - (21) 김승준, 최영석, 조용, 최종용, 김진혁, 2019, “프란시스 수차 모델의 블레이드 내 와류 특성에 대한 수치해석적 분석”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 2호, pp. 30~37.
  - (22) Ujjwal Shrestha, 최영도, 2019, “프란시스 수차 모델 성능 최적화를 위한 고정유로 설계변수에 관한 연구”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 35~36.
  - (23) 최종용, 조용, 홍성택, 조현식, 차상훈, 2019, “수력플랜트 모델수차 성능시험을 위한 시험설비 적절성에 관한 연구”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 2호, pp. 46~52.
  - (24) 부비엠투엔, 천전무, 최영도, 2019, “벌브형 수차 모델의 허브 직경비 변화에 따른 성능 특성”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 3호, pp. 5~11.
  - (25) 김선우, 조용, 한정재, 최종용, 2019, “모델수차 러너 유무에 따른 Winter-Kennedy 시험의 지수값 영향에 관한 연구”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 312~313.
  - (26) 백건용, 주원구, 서광민, 이재엽, 2019, “마이크로 수력터빈에서 싱글블류트와 듀얼블류트의 성능해석”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 299~300.
  - (27) 김선우, 안인수, 한정재, 조용, 최종용, 오운령, 2019, “수력플랜트 성능평가 검증기술 - IEC60193 기반 모델수차 성능 분석에 관한 연구”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
  - (28) 박노현, 하성복, 2019, “수력플랜트 성능시험을 위한 모델수차의 제작 [모델수차의 흡출관부 제작방법에 관한 연구]”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
  - (29) 정주택, 2019, “수력 플랜트 상태 및 성능 감시 시스템 연구 개발”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
  - (30) 윤석준, 김중용, 2019, “수력설비 노후도 평가”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
  - (31) 김승준, 최영석, 김진혁, 조용, 최종용, 2019, “러너 블레이드 두께에 따른 프란시스 수차 모델의 와류 캐비테이션 특성”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 20~21.
  - (32) 오주열, 2019, “중규모 수력플랜트 발전부 코어형상 변경을 통한 파형 개선 방안”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
  - (33) 황영철, 정호, 2019, “중규모 프란시스 터빈 주축부 제조 기술 국산화 연구”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
  - (34) 조용, 조태영, 권오극, 최종용, 유승열, 조현식, 김국일, 고영주, 윤민지, 정상민, 2019, “중규모급 수력플랜트 압력맥 동시현 결과 분석에 관한 연구”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
  - (35) 윤정현, 정순형, 임덕영, 2019, “수력플랜트 발전기 제어 시스템 설계”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
  - (36) 조용, 조태영, 최종용, 한정재, 박성찬, 조용찬, 2019, “열역학법을 이용한 50MW급 프란시스 수차의 현장효율시험”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 126.
  - (37) 하운석, 김정완, 이용복, 2019, “500kW급 소수력 발전용 수차 러너의 실링 유닛(Sealing Unit) 설계를 위한 CFD 기반의 유동해석 및 퇴적물로 인한 상호 연계성 연구”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 127.
  - (38) 최성필, 조영천, 하현천, 2019, “대형 수직형 수차발전기 가이드베어링 축진동 및 온도 저감 사례연구”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 128~129.
  - (39) 이혁순, 2019, “출력변화에 따른 수차 진동변화 원인고찰”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 163.
  - (40) 이찬혁, 2019, “프란시스 수차 입구벨브 성능분석 및 최적화 적용”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 165.
  - (41) 하성복, 2019, “수력설비 성능 현대화를 위한 현장 실측 기술”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 166.
  - (42) 양영민, 홍영우, 박종훈, 김경민, 2019, “지역 난방 설비 내 열 수송관 압력차를 활용한 차압 발전 시스템의 제어 시스템”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 111~112.
  - (43) 양현모, Arijant Sonawat, 김승준, 최영석, 김진혁, 김경민, 2019, “열수송관용 용적식 수차의 수력학적 성능시험 평가”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 113~114.
  - (44) 박영수, 전성수, 이교범, 2019, “미활용 차압 에너지를 위한 수차 발전용 전력변환시스템”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 115~116.

- (45) 김경민, 박성용, 오문세, 2019, “판교 지역난방 공급지역 내 열수송관 압력차와 유량을 이용한 전력생산량 분석”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 117.
- (46) 차호운, 하필수, 2019, “수력설비 현대화 사례 및 모델수차 시험장치 구축”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
- (47) 조용, 김현동, 윤민지, 조태영, 박종대, 김창근, 김진태, 2019, “수력설비 현장효율시험 방안”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
- (48) 조용, 김현동, 윤민지, 조태영, 박종대, 김창근, 김진태, 2019, “수력설비 시공기준 개정(안) 소개”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
- (49) 서준원, 김승준, 김진혁, 양현모, 주원구, 황태규, 이강희, 쉬레스트 우즈왈, 천편무, 조현규, 최영도, 박준관, 최영석, 2019, “양수발전용 펌프터빈 해석기법 정립에 관한 연구”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 2호, pp. 22~29.
- (50) 김승준, 서준원, 최영석, 박준관, 박노현, 김진혁, 2019, “펌프터빈의 터빈 모드에서 흡출관 내 선회수에 따른 세차 와류 특성”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 5호, pp. 5~12.
- (51) 채희천, 백경민, 2019, “양수가동시 펌프터빈에서 발생한 이상 굉음에 대한 고찰”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 306~307.
- (52) 양진우, 장군, 박준관, 2019, “CFD를 이용한 프란시스 수차 Vortex Rope 거동분석”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 305.
- (53) 쉬레스트 우즈왈, 패트릭 마크 싱, 최영도, 2019, “J-Groove를 이용한 펌프터빈 흡출관 유동 불안정성 억제”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 6호, pp. 5~13.
- (54) Quang Huy Nguyen, Viet Luyen Vu, 최영도, 2019, “벌브 터빈 흡출관 J-groove 형상 최적화”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 33~34.
- (55) 쉬레스트 우즈왈, 패트릭 마크 싱, 최영도, 2019, “재생에너지 저장장치용 3kW 펌프터빈 모델 설계 및 실험 연구”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 4호, pp. 19~28.
- (56) Ujjwal Shrestha, 최영도, 2019, “3kW급 펌프터빈모델에 관한 실험적 연구”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 172~173.
- (57) 이영범, 김경엽, 2019, “양수발전소의 수력학적 과도현상에 관한 연구(I)”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 5호, pp. 35~43.
- (58) 이영범, 김경엽, 2019, “양수발전소의 수력학적 과도현상에 관한 연구(II)”, 한국유체기계학회 논문집 제22권 5호, pp. 44~53.
- (59) 김승준, 최영석, 김진혁, 서준원, 박준관, 양진우, 박노현, 김현석, 2019, “펌프터빈의 터빈 모드 내 저유량 영역의 유동 특성 분석”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 191~192.
- (60) 최성원, 이민형, 김준수, 정세영, 김대겸, 2019, “양수발전 펌프 터빈의 부분부하 및 과부하 운용조건에서의 유동 해석”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 193~195.
- (61) 박준관, 장군, 양진우, 2019, “양수수차 부분부하 운전에서 따른 진동특성 분석”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
- (62) 임제순, 나운용, 박준관, 2019, “양수터빈 소프트 스프링 고착발생 원인분석”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집.
- (63) 서준원, 김승준, 김진혁, 최영석, 주원구, 박준관, 2019, “양수발전용 펌프터빈의 펌프 모드 내 경계면 조건에 따른 성능 특성 분석”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 245~246.
- (64) 서준원, 최영석, 김진혁, 박준관, 주원구, 2019, “실물 및 축소모델 해석을 통한 펌프터빈의 터빈 천이영역 내 성능 특성 비교분석”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 247~248.
- (65) 이강희, 한우범, 황태규, 박준관, 2019, “Vortex Rope에 의한 펌프터빈 흡출관의 압력맥동 분석”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 249~250.
- (66) Ujjwal Shrestha, 조현규, 최영도, 박준관, 2019, “유동 균일성 개선을 위한 스테이 베인 형상 최적화”, 2019 한국유체기계학회 하계학술대회 초록집, pp. 251~252.
- (67) 김희정, 2019, “오일 오염도 최적 관리로 발전설비 최적화”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 164.
- (68) 박준관, 2019, “양수 발전설비 현대화 모델수차 성능시험”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 162.
- (69) 박준관, 2019, “한국수력원자력 수력양수 사업현황 및 기술개발 방향”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 47.
- (70) 박노현, 2019, “금성이앤씨 수력양수분야 R&D 성과 및 추진방향”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집.
- (71) 김성수, 2019, “수력 현대화사업 기술개발 추진전략”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 48.
- (72) 조태영, 조용, 최종용, 하필수, 구도형, 김진태, 황재혁, 2019, “K-water 수력사업 및 R&D 추진현황”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집, pp. 77.
- (73) 정호운, 허효원, 황영철, 조용, 최종용, 2019, “신한정공 수력발전용 수차설비 기술개발 현황”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집.
- (74) 지영익, 2019, “대양수력의 수력발전기술개발 성과 및 방향”, 2019 한국유체기계학회 동계학술대회 초록집.
- (75) 최영도, 2017, “2016년 펌프 및 수차 분야 연구 동향”, 한국유체기계학회 논문집 제20권 2호, pp. 85~88.