

2024년 펌프 및 수차 분야 연구동향

심현석*†

Research Trends in Pumps and Hydraulic Turbines in 2024

Hyeon-Seok Shim*†

Key Words : Pumps(펌프); Hydro-turbines(수차); Pump-turbines(펌프-수차)

ABSTRACT

This paper compiles research papers published in the Journal of the Korean Society for Fluid Machinery and presented at summer and winter annual meetings of the Korean Society for Fluid Machinery in 2024 in the field of pumps and hydraulic turbines. It aims to analyze the quantitative research trends in this field by examining the variations in the number of papers over the past three years. Furthermore, the papers published in 2024 are classified according to research methods and research fields to analyze the current research trends and provide fundamental statistical data for future research development.

1. 서 론

본 논문에서는 2024년도 펌프 및 수차 분야에서 한국유체기계학회 논문집과 한국유체기계학회 하계/동계 학술대회에서 발표된 논문을 집계하였다. 최근 3년간 투고 방법별 및 기기 유형별 논문 수 변화를 분석하여 국내 펌프 및 수차 분야의 정량적 연구 동향을 검토하고자 하였다. 아울러, 2024년에 게재된 논문을 연구 방법과 연구 분야별로 분류하여 국내 펌프 및 수차 분야의 연구 현황을 분석하고, 향후 연구 발전 도모를 위한 기초 통계 자료를 제공하고자 한다.

2. 투고 방법별 분류

Table 1은 최근 3년(2022~2024년) 동안 펌프 및 수차 분야에서 발표된 논문 수를 투고 방법별로 분류하여 나타낸 것이다. 전체 논문 수를 보면, 2024년 발표된 논문은 총 81편으로, 최근 3년간 발표된 논문 중 가장 많은 편수를 기록했다. 이는 2024년에도 펌프 및 수차 분야에서의 연구가 활발히 진행되고 있음을 의미한다.

유체기계학회 논문집에 게재된 논문의 경우, 2024년에는 총 8편이 심사를 통과하여 제27권 2호~6호에 게재되었다^(1~8). 이는 2022년과 동일한 수준이며, 2023년(5편)에 비해 증가

Table 1 Number of papers by submission type in pump and hydraulic turbine fields(2022-2024)

투고방법		논문 수(편)		
		2022년	2023년	2024년
논문집		8	5	8
하계 학술대회	일반 세션	4	10	17
	특별 세션	26	20	18
동계 학술대회	일반 세션	13	10	20
	특별 세션	27	22	18
합 계		78	67	81

한 수치이다. 최근 3년간 하계학술대회에서 발표된 일반 세션 및 특별 세션 논문의 경향을 비교하면, 일반 세션의 논문 수는 4편(2022년), 10편(2023년), 17편(2024년)^(9~25)으로 증가한 반면, 특별 세션의 논문 수는 26편(2022년), 20편(2023년), 18편(2024년)^(26~43)으로 감소하는 추세를 보였다. 동계학술대회에서도 유사한 경향이 나타났으며, 일반 세션의 논문 수는 13편(2022년), 10편(2023년), 20편(2024년)^(44~63)으로 2024년에 많이 증가한 것으로 확인되었다. 반면, 특별 세션의 논문 수는 27편(2022년), 22편(2023년), 18편(2024년)^(64~81)으로 감소하는 경향을 보였다. 이는 최근 학술대회 조직위원회에서 내실 강화를 위해 일반 세션 활성화를

* 국립창원대학교 기계공학부(Department of Mechanical Engineering, Changwon National University)

† 교신저자, E-mail : hsshim@changwon.ac.kr

적극적으로 유도한 영향인 것으로 생각된다. 또한, 국내 연구기관과 대학에서의 펌프와 수차 분야에 관한 기본 연구가 한층 활발해진 것으로도 이해된다.

3. 기기 유형별 분류

Table 2는 최근 3년간(2022~2024년) 펌프 및 수차 분야에서 발표된 논문 수를 기기 유형별로 분류하여 나타낸 것이다. 2024년 출판된 펌프 관련 논문은 총 38편으로, 2022년의 53편보다는 많이 감소하였으나, 2023년(33편)과 유사한 수준을 보였다. 2024년 출판된 수차 관련 논문은 총 23편으로, 2023년(28편)보다 다소 감소하였다. 2024년 펌프-수차 관련 논문은 13편으로, 기존(2022년 4편, 2023년 3편)보다 대폭 증가하여 주목할 만하다. 2024년에는 기타 분야의 논문 발표도 7건으로 증가하였다.

펌프의 기기 별 논문 발표 사례를 살펴보면, 원심펌프의 경우 축 슬리브 설계 인자가 성능에 미치는 영향⁽⁶⁾, 입구 직경 변화에 따른 흡입 성능 변화⁽⁹⁾, 평균 유선 해석의 계수 보정을 통한 예측 정확도 개선⁽¹⁴⁾, 유동 불안정성과 성능 곡선 간의 상관관계 분석⁽¹⁸⁾, 디지털 트윈 ROM(reduced order model) 개발을 위한 실험 및 해석^(33,80) 등의 연구가 수행되었다. 축류펌프에 관한 연구는 ‘가변형 중대형 펌프 기술 개발’ 과제^(26,68)의 일환으로 활발히 진행되었으며, 입구 유동 각이 유동 불안정성과 성능에 미치는 영향⁽¹⁾, 설계 및 부분 부하 운전 구간에서의 비정상 유동 구조 분석⁽⁷⁾, 가변형 입구 안내 깃 제작 및 평가⁽²⁸⁾, 가변형 입구 안내 깃에 의한 성능 및 유동 특성 변화⁽²⁹⁾, 디퓨저 베인 설계 최적화⁽²⁷⁾, 팁 간극에 따른 성능 및 흡입 특성⁽⁶⁹⁾과 관련된 연구가 보고되었다. 사류펌프에 대한 연구로는 세미오픈 케이싱 익단 간극이 수력 성능과 흡입 성능에 미치는 영향⁽⁵³⁾, 가이드 베인 보호 장치 적용⁽¹⁵⁾과 관련된 사례가 보고되었다. 이와 함께 액체 로켓 엔진용 전기펌프⁽⁵²⁾, 고형물 이송 펌프⁽²²⁾, LPG 사이드 채널 펌프⁽⁴⁾, 듀얼 시린지 펌프⁽⁶³⁾, 마이크로펌프⁽⁶²⁾ 등 특수한 형태의 펌프 연구도 진행되고 있음을 확인할 수 있다.

수차의 논문 발표 사례를 살펴보면, 프란시스 수차와 관련된 논문은 한국수력원자력의 ‘수력/양수 기술개발 국산화 및

기술자립’ 및 ‘유연화 운전 대응 고효율 수차발전시스템 기술개발’ 특별 세션을 통해 다수 발표되었다. 해당 세션에서는 수차 러너 블레이드의 수력/구조 설계^(67,74,75), 스테이 베인 구조 안정성 평가⁽⁷³⁾, 틸팅 패드 저널 베어링 시험 장치 개발⁽⁷²⁾ 등 구성요소 관련 연구뿐만 아니라, 수력 설계 검증용 성능 시험 설비 개발^(42,43), 통합 제어 시스템 국산화⁽⁶⁶⁾ 등 수차 시스템 전반에 관한 다양한 연구가 소개되었다. 벌브 수차 논문의 경우 낙차에 따른 캐비테이션 발생 특성⁽⁴⁶⁾, 입구 안내 베인 각도가 성능에 미치는 영향⁽⁵⁵⁾이 발표되었으며, 횡류 수차의 경우 원호 기반 도립형 노즐 설계법⁽¹⁰⁾이 논의되었다. 또한, 수차 가이드 베인 서보모터 국산화⁽²⁴⁾, 수차 발전기 로터-베어링 동역학 설계 및 문제 개선⁽²⁵⁾, 틸팅 패드 베어링 윤활 성능 분석⁽²¹⁾, 소수력 운영에 따른 발전량 및 판매 수익⁽⁵⁹⁾ 등 다양한 분야에서의 연구가 진행되었다.

펌프-수차 논문의 경우, 유동 특성과 관련된 연구로는 비속도에 따른 S-곡선 영역의 유동 특성과 임펠러 각도의 영향을 분석한 연구가 발표되었다^(2,5,11,12). 한편, 소형 양수 발전(Micro Water Energy Storage System, Micro-WESS)에 대한 기술 동향⁽³⁷⁾, 1MW급 소형 양수발전 시스템 설계⁽⁵⁰⁾, 발전전동기 설계⁽⁵¹⁾ 등이 소개되었으며, 이는 전력 계통의 안정화를 위한 소형 양수 발전의 필요성이 증가하고 있음을 시사한다. 이 외에도 양수 발전소 방류 터널 설비⁽⁴⁷⁾ 및 입구 밸브⁽⁵⁴⁾ 등 부수 기기와 관련된 연구도 발표되었다.

기타 논문의 경우, 하계 학술대회에서 진행된 ‘PHM(prognostics and health management) & 디지털트윈 솔루션’과 동계 학술대회의 ‘방위산업 분야 유체기계를 위한 PHM & AI 솔루션’ 특별 세션을 통해 많은 연구가 소개되었다. 해당 세션에서는 송풍기⁽⁸¹⁾, 풍력 터빈⁽³²⁾, 가스터빈^(35,79), 방위 산업^(77,78) 등 다양한 분야에서의 인공지능과 디지털 트윈 플랫폼 개발 사례가 공유되었으며, 이를 통해 향후 펌프 및 수차 분야에서의 적용 가능성을 환기시키는 계기가 되었다.

4. 연구 방법별 분류

연구 방법을 기술 개발, 설계, 사례 분석, 해석 및 실험으로 분류하였으며, 2024년도에 발표된 펌프 및 수차 분야 논문의 연구 방법별 개수와 비율을 Table 3에 정리하였다. 표에서 확인할 수 있듯이, 총 81편의 논문 중 해석과 관련된 논문이 36편(44.4%)으로 가장 큰 비중을 차지하였으며, 설계 및 기술 개발 논문이 27편(33.4%)으로 그 뒤를 이었다. 현장에서의 문제 식별 및 해결과 관련된 사례 분석 논문은 10편(12.3%), 실험 논문은 8편(9.9%)이 보고되었다.

2024년도 논문 중 가장 높은 비율을 차지하는 해석 연구는 주로 3차원 CFD 해석을 활용하여 펌프 및 수차의 성능과 유동 특성을 분석한 내용이 대부분이었다. 또한, 캐비테이션

Table 2 Number of papers by machine type in pump and hydraulic turbine fields(2022-2024)

기기 유형	논문 수(편)		
	2022년	2023년	2024년
펌프	53	33	38
수차	21	28	23
펌프-수차	4	3	13
기타	0	3	7
계	78	67	81

Table 3 Number of papers by research type in pump and hydraulic turbine fields(2024)

연구 방법	논문 수(편)	비율(%)
설계/기술개발	27	33.4
사례분석	10	12.3
해석	36	44.4
실험	8	9.9
계	81	100

모사 및 흡입 성능 해석을 위한 공기/물 분율 모델 및 캐비테이션 모델을 적용한 연구도 발표되었다. 이 외에도 평균유선 해석법을 적용한 1차원 성능 해석⁽¹⁴⁾, 회전체 시스템의 동특성 해석⁽⁶⁴⁾, 30MW 수차 가이드 베인 구조 해석⁽⁷³⁾, 수차 러너의 dry/wet 모드 해석⁽⁷⁴⁾, 킬팅 패드 스러스트 베어링의 윤활 성능 해석⁽²¹⁾ 등이 소개되었다.

펌프 및 수차 분야에서 두 번째로 높은 비율을 차지하는 설계·기술 개발 연구는 주로 국책 과제를 통해 수행된 연구들이 포함되었다. 주요 내용으로는 연구 과제 개요^(26,68), 성능 시험 설비 구축 사례^(42,43), 현장 효율 시험 절차 개발⁽⁴¹⁾, 수력/양수 개발 사례⁽³⁶⁾, 통합 제어 시스템 국산화⁽⁶⁶⁾ 등이 있다. 또한, 인공지능을 기반으로 한 건전성 관리⁽⁷⁷⁾, 기계학습 기반 성능 예측⁽⁸¹⁾, 압축기 공진 회피 기술⁽⁷⁹⁾, 최적 운전 알고리즘 구축⁽³⁵⁾ 등의 플랫폼 개발 사례도 발표되었다.

사례 분석 논문은 주로 수력·양수 발전소에서 발생하는 문제를 식별하고 해결하는 연구가 많았다. 주요 내용으로는 수력 발전소 수차 진동 저감⁽²³⁾, 수차 안내깃 서보모터 성능 복구 사례⁽²⁴⁾, 수차 로터-베어링 시스템의 현장 트러블슈팅⁽²⁵⁾, 양수 발전소 지하 방류 터널 침수 방지 고도화⁽⁴⁷⁾, 양수 발전소 입구 밸브 정비⁽⁵⁴⁾, 수차 가이드 베인 서보모터 동작 부조화 현상 고찰⁽⁵⁷⁾ 등이 포함되었다.

실험 연구에서는 펌프-수차 효율 측정을 위한 열역학적 방법 고찰⁽¹⁷⁾, 축류 펌프의 입구 안내 깃 각도 변화에 따른 수력 성능 및 흡입 성능 연구^(44,56), 디지털 트윈 ROM 개발을 위한 펌프 이상 현상(마모, 파울링) 모사 및 성능 특성 관측^(33,80) 등의 연구가 보고되었다.

5. 연구 분야별 분류

펌프 및 수차 분야의 연구를 유동, 구조, 시스템/계통, 시험평가, 플랫폼/인공지능, 정책, 전자기 및 회전체/진동으로 분류하였으며, 2024년도에 발표된 연구 방법별 논문 수와 비율을 Table 4에 정리하였다. 총 81편의 논문 중 유동과 관련된 논문이 36편(44.4%)으로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 시스템/계통 관련 논문이 13편(16.0%)으로 그 뒤를 이었다. 인공지능 및 디지털 트윈 플랫폼과 관련된 논문은 10편(12.3%)이 보고되었으며, 구조, 시험평가, 정책, 전자기, 회

Table 4 Number of papers by research field in pump and hydraulic turbine fields(2024)

연구 분야	논문 수(편)	비율(%)
유동	36	44.4
구조	4	4.9
시스템/계통	13	16.0
시험평가	5	6.2
AI 기반 플랫폼 개발	10	12.3
정책	4	5.0
전자기	4	5.0
회전체/진동	5	6.2
계	81	100

전체/진동 분야 논문은 4~5편으로 유사한 수준을 보였다.

유동 관련 논문에서는 주 유로 형상 변수 변화에 따른 유동 특성을 다룬 연구들이 발표되었다. 주요 연구 주제로는 임펠러 출구 각도⁽⁵⁾, 입구 직경⁽⁹⁾, 익단 간극 비⁽⁶⁹⁾, 입구 안내 깃 각도⁽⁵⁶⁾, 비속도⁽²⁾, 자오면 형상⁽⁷⁵⁾ 등이 있으며, 가이드 베인 보호 장치⁽¹⁵⁾와 폐쇄형 임펠러와 케이싱 사이 간극⁽⁵⁸⁾ 등 이차 유로 내 유동 특성 분석 연구도 포함되었다. 또한, 고압 관내 환경에서의 피그 세척 능력⁽⁶¹⁾과 초미세 기포 발생기의 내부 유동 특성⁽⁸⁾ 등 특수 유동 현상에 대한 연구도 발표되었다.

시스템/계통 분야 논문에서는 가변형 운전이 가능한 중대형 펌프 시스템 기술 개발 연구^(26,68), 수력 설계 검증을 위한 모델 수차의 기계 및 유체 계통 개발⁽⁴²⁾, 전기 및 예측제어 계통 개발⁽⁴³⁾, 1MW급 펌프-수차의 기초 설계 및 유동/구조 해석⁽⁵⁰⁾, 유량 제어 방식에 따른 축류펌프의 에너지 절감 운전 시나리오⁽¹⁶⁾ 등이 다뤄졌다.

AI 기반 플랫폼 개발 연구로는 시계열 AI 기반 진공 펌프 이상 감지 기술⁽²⁰⁾, 펌프 시스템의 AVR 기반 가시화 기술⁽³⁰⁾, 다층 퍼셉트론(MLP) 구조를 활용한 송풍기 성능 예측⁽⁸¹⁾ 등의 논문이 보고되었다.

기타 분야 논문으로는 물 에너지 저장 기술의 미래 전망(정책)⁽³⁸⁾, 용융염 펌프 회전축 밀봉 구조 개념 연구(구조)⁽⁶⁰⁾, 열역학적 방법을 이용한 펌프-수차 효율 시험 기술 개발(시험평가)⁽¹⁷⁾, 양수 발전용 동기 발전전동기 설계(전자기)⁽⁴⁹⁾, 30MW급 수차-발전기 회전체 시스템의 동적 특성 분석(회전체/진동)⁽⁶⁴⁾ 등이 소개되었다. 이를 통해 펌프 및 수차 분야에서 다양한 연구 관점이 반영되었으며, 연구 주제의 폭이 한층 넓어졌음을 확인할 수 있었다.

6. 결 론

2024년 한국유체기계학회 논문집과 한국유체기계학회 하계·동계 학술대회에서 발표된 논문을 중심으로 2024년 펌

프 및 수차 분야의 연구 동향을 살펴보았다. 연도별 논문 분석 결과, 일반 세션 논문의 꾸준한 증가로 학술대회의 내실이 강화되고 있음을 확인할 수 있었으며, 과거에는 펌프 및 수차 분야에 집중되었던 연구가 최근에는 펌프-수차 연구와 기타 관련 분야로 확대되고 있다는 점이 긍정적으로 평가된다. 연구 방법 및 연구 분야별 논문 분석 결과, 각각 해석 및 유동 관련 논문이 절반을 차지하는 것으로 나타났으며, 학문적 다양성을 확보하기 위해서는 보다 폭넓은 연구 방법과 다양한 연구 분야에서 활발한 연구가 이루어질 필요가 있다. 2025년에도 펌프 및 수차 분야의 지속적인 발전을 위해 관련된 기초 및 심화 연구가 활발히 이루어지고, 우수한 연구 성과가 발표되기를 기대한다.

References

- (1) Son, Y. J., Kim, Y. I., Yang, H. M., Lee, K. Y., Yoon, J. Y., and Choi, Y. S., 2024, "Effect of Absolute Flow Angle at the Inlet of Axial Pump on the Slopes of Performance Curve and Unstable Flow Phenomena in Low Flow Rates," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 27, No. 2, pp. 7-14.
- (2) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2024, "Comparison on the Pump Turbine Hydraulic Performance and Internal flow in S-Curve Region by Specific Speed," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 27, No. 2, pp. 57-67.
- (3) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2024, "Influence of Tip Clearance Gap Thickness on the Performance and Internal Flow of Mixed Flow Pump with Semi-open Casing," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 27, No. 3, pp. 5-13.
- (4) Kwak, Y. J., Kim, J. Y., Choi, M. J., and Chang, K. S., 2024, "Numerical Study on Prediction of Cavitation Performance of LPG Side Channel Pump," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 27, No. 3, pp. 27-39.
- (5) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2024, "Effect of Pump Turbine Impeller Blade Angle in the S-Curve Region While Operating in Turbine Mode," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 27, No. 3, pp. 54-64.
- (6) Shrestha, U., Kim, D. H., and Choi, Y. D., 2024, "Effect of Shaft Sleeve Design on the Hydraulic and Suction Performances of Two-stage Centrifugal Pump," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 27, No. 4, pp. 16-27.
- (7) Lim, J. Y., Kim, J. H., Yoo, I. S., Choi, W. C., and Song, S. J., 2024, "Unsteady Flow Field Analysis in an Axial Flow Pump at Design Flow Rate and Partial Flow Rate," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 27, No. 5, pp. 5-15.
- (8) Shrestha, U., Jang, D. H., and Choi, Y. D., 2024, "CFD Analysis on the Internal Flow of Swirling Ultrafine Bubble Generator for CO₂ Gas Dissolution," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 27, No. 6, pp. 14-22.
- (9) Oh, K. S., and Kim, J. H., 2024, "Effects of Inlet Diameter on Cavitation in Centrifugal Pumps," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (10) Ham, S. W., Adeeb, E., Lee, J. W., and Ha, H. J., 2024, "A new nozzle design method for the inverted cross-flow turbine based on circular arcs," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (11) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2024, "Influence of pump turbine impeller inlet blade angle in turbine mode on the S-Curve inclination angle," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (12) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2024, "Hydraulic performance and internal flow in S-Curve region by specific speed of pump turbine," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (13) Lee, Y. C., Murshid, S. M., Park, K. S., and Lee, S. M., 2024, "Double-Suction Pump Design and Analysis with Cadence Fidelity and Concept NREC," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (14) Shim, H. S., 2024, "Improvement on Accuracy of Performance Prediction for Centrifugal Pumps by Loss Model Correction of Meanline analysis," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (15) Kim, P. J., Kim, D. H., Lee, J. Y., and Choi, Y. D., 2024, "A Study on Application of Guide Vane Protection Device For Mixed Flow Pump," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (16) Son, Y. J., Eom, D. H., Yang, H. M., Lee, K. Y., Yoon, J. Y., and Choi, Y. S., 2024, "Energy-Saving Operation Scenario of Axial Flow Pumps according to Flow Control Methods," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (17) Park, J. W., Kim, S. J., Park, S. H., and Kim, J. J., 2024, "Uncertainty in Efficiency Measurement for a pump turbine with the Thermodynamic Method according to the Draft Tube Flow," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (18) Shim, H. S., and Kim, K. Y., 2024, "Development of Variable Operation Medium and Large-sized Pumping Technology," *Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting*.
- (19) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2024, "Effect of tip

- clearance gap ratio on the suction performance of mixed-flow pump with semi-open casing,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (20) Lee, H. Y., Kang, M. K., and Jung, H. Y., 2024, “Improving AI-Based Anomaly Detection for Vacuum Pumps in Time Series,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (21) Lee, A. S., Kim, Y. J., Lee, B. H., and Jang, S. Y., 2024, “A Lubrication Performance Analysis of Hydro-Power Turbine/Generator Application Tilting Pad Thrust Bearing Dimple-Textured at Land Area,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (22) Sung, D. J., Choi, C. B., Lee, J. B., and Kang, D. H., 2024, “Study on the Balancing and Performance Correlation of Waste Pumps using CFD,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (23) Kim, T. W., Kim, J. L., and Yang, J. W., 2024, “Improved Bearings To Reduce Vibration In Hydroelectric Power Plants,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (24) Lee, C. H., Yang, C. D., and Park, S. H., 2024, “A Study on Localizing of Recovery Technical for Guide Vane Servo Motor,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (25) Lee, A. S., Kim, Y. C., and Chung, J. T., 2024, “A Dynamic Design-Model Establishment of Hydro-Power Turbine/Generator Rotor-Bearing System and Site High-Vibration Troubleshooting,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (26) Hong, H. S., Kim, S. M., Bae, B. G., and Lee, J. B., 2024, “Development of Variable Operation Medium and Large-sized Pumping Technology,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (27) Nguyen, D. A., Kim, S., and Kim, J. H., 2024, “Optimization of the diffuser vane in an axial-flow pump for improving energy performance,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (28) Sonawat, A., Kim, Y. S., and Hwang, D. H., 2024, “Design and modifications of VIGV associated with axial flow pump,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (29) Lim, J. Y., and Song, S. J., 2024, “Unsteady numerical analysis of the impact of IGV angle variation on the unsteady flow field in an axial flow pump,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (30) Kwak, C. S., Baek, M. K., and Kim, S. J., 2024, “Construction of a digital twin model of the pump circulation system and development of AVR-based visualization technology,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (31) Lim, D. S., Kwon, Y. K., and Kim, Y. B., 2024, “Development of a remote performance and vibration monitoring system for centrifugal pumps,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (32) Hwang, D. H., Kang, D. W., and Kim, D. H., 2024, “Development Status of DOOSAN Digital Twin & Introduction of Real-Time State Diagnostics Technology for Wind Turbine Blades,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (33) Kang, J. W., Kang, H., Yang, H. D., Shrestha, U., Kang, W. T., and Choi, Y. D., 2024, “Experimental study on the centrifugal pump performance by the parameters of impeller wearing ring clearance gap and pipe fouling diameter for digital twin ROM generation,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (34) Kim, N. G., Seo, D. W., Huh, T. S., and Hwang, G. H., 2024, “IoT sensor-based AI-ROM hybrid platform development and application cases,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (35) Ha, Y. S., Kim, J. Y., Lee, S. Y., and Lee, Y. B., 2024, “Research on Optimal Operation of Compressor utilizing Multi-Layer Perceptron and Polynomial Curve Fitting,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (36) Ko, K. H., 2024, “Current and Future Development of Pumped Storage Hydropower Technology,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (37) Kim, J. K., Seo, S. W., Yoo, J. Y., and Min, Y. H., 2024, “The Study on the Localization of The Micro-Water Energy Storage System for Stabilization of Electric Power Grid,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (38) Hwang, T. K., Kim, J. S., and Choi, K. S., 2024, “Future of Water Energy Storage Technology,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (39) Kim, K. H., Chu, S. M., Kim, Y. S., Kim, C., Cho, S. P.,

- Chang, J. Y., and Jang, S. H., 2024, "30MW Hydro turbine design," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (40) Choi, J. W., Kim, S. J., Jeon, S. B. N., Park, J. G., and Ko, K. H., 2024, "Development of technology for stability evaluation of the hydraulic facilities by flexible operation," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (41) Park, S. H., and Park, J. G., 2024, "Development of the pump-Turbine Field Efficiency Measurement Test Using the Thermodynamic Method," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (42) Park, J. H., Bae, D. S., Yoon, E. S., Kim, H. J., Park, J. G., Kim, S. J., and Ko, K. H., 2024, "Development of model turbine test facility for hydraulic design verification: mechanical and fluid system," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (43) Cha, J. H., Park J. H., Bea, D. S., Yoon, E. S., Park, J. G., Kim, S. J., and Ko, K. H., 2024, "Development of model turbine test facility for hydraulic design verification: Electrical and I&C System," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Summer Annual Meeting.
- (44) Baek, J. M., Kim, B. J., Yoo, I. S., Kim, S. W., Lim, Y. C., and Choi, W. C., 2024, "A Study on the Cavitation Performance Characteristics of Axial Flow Pumps as a Function of Inlet Guide Vane Angle," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (45) Yang, H. D., Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2024, "Numerical analysis on the performance of swirling ultrafine bubble generator for CO₂ gas dissolution," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (46) Son, S. H., Joo, W. G., Jun, B. J., Kim, T. K., Hyun, J. J., Ahn, S. H., Cho, Y., Lee, S. Y., Kwak, H. J., Choi, J. W., Jin, S. H., and Cho, S. I., 2024, "Numerical Study on Cavitation Characteristics of Bulb Turbines under Different Head Conditions," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (47) Lee, J. S., and Park, W. J., 2024, "The enhancement of flood prevention through facility improvement in the discharge tunnel of a pumped-storage underground power plant," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (48) Lee, Y. C., Jang, Y. C., and Murshid, S. M., 2024, "Optimization of impeller using response surface method in a double-suction pump," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (49) Seo, S. W., Kim, B. K., Yang, Y. M., Hong, Y. W., and Kim, W. Y., 2024, "Optimal design of synchronous generator motor for pumped-storage hydropower by adjusting design parameters," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (50) Kim, B. K., Yang, Y. M., Seo, S. W., Hong, Y. W., and Kim, W. Y., 2024, "Optimal Design of 1MW Class Pump-Turbine System," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (51) Hong, Y. W., Kim, B. K., Yang, Y. M., Seo, S. W., Hong, Y. W., and Kim, W. Y., 2024, "Mechanical design of 1MW-class generator-motor for Micro water energy storage system," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (52) Jeong, M. G., Kwak, H. D., and Huh, H. I., 2024, "Performance Test of a 3 tonf Class Elec Pump for a Liquid Rocket Engine," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (53) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2024, "Effect of tip-clearance gap ratio on the suction performance of mixed flow pump with semi-open casing," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (54) Jeon, O. M., and Choi, J. H., 2024, "Case Study on the Maintenance of Main Inlet Valve Pumped Storage Power Plan," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (55) Son, S. H., Joo, W. G., Jun, B. J., Kim, T. K., Hyun, J. J., Anh, S. H., Cho, Y., Lee, S. Y., Kwak, H. J., Choi, J. W., Jin, S. H., and Cho, S. I., 2024, "Effect of Inlet Guide Vane Angle on Bulb Turbine Performance," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (56) Jang, Y. J., Lee, B. S., Lee, J. W., Lee, E. W., and Song, H. Y., 2024, "An Experimental Study on the Performance Variation of Vertical Axial Pump with Different IGV Angles," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (57) Yang, J. T., 2024, "Turbine Guide Vane Servomotor Movement Dissonance Phenomenon Analysis," Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (58) Hwang, S. B., and Shim, H. S., 2024, "Flow characteristics inside a Cylinder-Rotating Disk with different Angular Momentum Conditions at Annular Tip

- Clearance,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (59) Cho, S. Y., and Han, Y. K., 2024, “A Study on the Relationship between Lower Dam Operation and Small Hydro Power Generation and Sales Revenue,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (60) Yoo, Y. H., Kim, S. J., and Yeo, D. Y., 2024, “Concept to Prevent Molten Salt Contact with Shaft Seals of Molten Salt Reactor Pumps,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (61) Jung, W. D., Kim, E. H., Lee, S. H., and Park, K. H., “An analysis of the pig cleaning ability at high water pressure,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (62) Park, J. H., Zou, Y. T., Li, Y. H., Li, L. G., Zhang, M. Q., Na, S. Y., Son, H. J., and Yoon, J. Y., 2024, “Flow Analysis of a Tesla Valve Micropump Using Asymmetric Fluid Resistance,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (63) Lee, J. H., Seo, B. S., Hong, J. P., Lee, J. W., and Jung, I. H., 2024, “Non-Damaging Extra cellular Vesicle Isolation Method Using a Dual Syringe Pump,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (64) Kim, S. J., Oh, Y. T., Ahn, D. H., Lee, W. J., Eom, J. W., Kim, Y. W., Ock, J. H., and Choi, J. W., 2024, “Dynamic Analysis of the 30MW Hydro Runner-Generator Rotor System,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (65) Jeong, Y. S., Choi, S. P., Jo, Y. C., Jo, H. J., and Choi, J. W., 2024, “Characteristics analysis and design of 30MW hydroelectric generator bearings,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (66) Cho, J. Y., Park, J. M., and Park, E. S., 2024, “Domestic production of Hydro-electric power plant Integrated control system (DCS),” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (67) Joo, W. G., Kim, G. E., Lee, S. H., Cho, S. P., Chu, S. M., Kim, S. J., and Park, J. G., 2024, “Meanline Analysis of Francis Turbine,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (68) Kim, S. M., Hong, H. S., and Lee, J. B., 2024, “Development of Variable Operation Medium- and Large-sized Pumping Technology,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (69) Nguyen, D. A., and Kim, J. H., 2024, “A correlation between cavitation and tip clearance in an axial-flow pump,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (70) Kim, Y. S., Sonawat, A., and Hwang, D. H., 2024, “Unsteady analysis of the effects of IGV with different axis position on the torque of the driving unit,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (71) Lim, J. Y., and Song, S. J., 2024, “Numerical Analysis of the Effect of Hub/Tip Clearance of Inlet Guide Vane on Pump Performance,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (72) Cho, H. W., Kim, Y. W., Song, Y. C. and Kim, T. H., 2024, “A Test Rig for Measurements of Static and Dynamic Performance for Tilting Pad Journal Bearing,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (73) Cho, S. Y., Lee, S. H., Lim, D. H., Jeong, D. H., Seo, Y. B., and Choi, J. W., 2024, “Evaluation of Structural Integrity & Modeling for Stay vane of 30MW Francis Turbine,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (74) Bang, J. S., Lee, D. H., Lee, S. H., Chu, S. M., Choi, J. W., and Park, J. G., 2024, “Comparison of Francis Runner’s Dry/Wet Mode Analysis Results Using Full and Cyclic Symmetry Models,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (75) Shahzer, M. A., Roh, M. S., Kim, S., and Kim, J. H., 2024, “Enhancing part-load operating range of a Francis turbine by modifying meridional shape of the runner blade,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (76) Kim, S. J., Choi, J. H., Kim, J. J., Park, S. H., Choi, J. W., Park, J. G., and Ko, K. H., 2024, “Design and Development of Performance Testing Facility for Model Turbine in Hydraulic Design Verification,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (77) Kim, D. J., Ko, Y. W., and Park, C. Y., 2024, “Development of Status-based Diagnostic SW for Battleship Propulsion System,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (78) Kim, D. H., Lee, S. H., and Kim, B. S., 2024, “Intelligent Unmanned Ship Research through Imitation Learning of based on Behavior Cloning,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (79) Kim, S. M., Kim, S. R., and Heo, Y. S., 2024,

- “Development of Resonance Avoidance Design Technology for Gas Turbine Compressor Airfoil Using ANSYS SimAI,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (80) Kang, W. T., Kim, S. J., and Park, C. Y., Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2024, “An Experimental and Computational Study on Performance Variation of Centrifugal Pumps for Digital Twin ROM Development,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.
- (81) Lee, S. Y., Kim, J. Y., Ha, Y. S., and Lee, Y. B., 2024, “Predicting the Performance of Blower System using Multi-Layer-Perceptron (MLP) Architecture with Real Data,” Korean Society for Fluid Machinery, Proceedings of the KSFM 2024 Winter Annual Meeting.