

# 2023년 펌프 및 수차 분야 연구동향

윤종현\*

## 1. 서 론

2023년 국내 펌프 및 수차 분야의 연구동향을 분석하기 위하여 2023년 한국유체기계학회 논문집과 한국유체기계학회 하계 및 동계 학술대회 발표논문 초록집에 발표된 논문을 조사하였다. 펌프 분야에서 33편, 수차 분야에서 28편, 펌프 터빈 분야에서 3편, PHM&디지털트윈 솔루션 분야에서 3편의 논문이 발표되어 총 67편의 논문이 2023년에 발표되었다.

표 1은 펌프 및 수차 분야에서 발표된 논문을 분류 기준으로 정리한 것이며, 전년도 대비 펌프 분야의 논문 수는 감소하였고, 수차 분야의 논문 수는 증가하였으며, 펌프터빈 분야의 논문 수는 감소하였다.

표 1 분류 기준 별 논문 수 (2022년, 2023년)

분류 기준		논문 수 (편)		
		2022년	2023년	
펌프	논문집	4	5	
	하계 학술대회	일반세션	4	8
		특별세션	16	6
	동계 학술대회	일반세션	10	7
		특별세션	19	7
	수차	논문집	4	0
하계 학술대회		일반세션	0	1
		특별세션	8	12
동계 학술대회		일반세션	3	1
		특별세션	6	14
펌프터빈		하계 학술대회	일반세션	0
	특별세션		2	0
	동계 학술대회	일반세션	0	2
		특별세션	2	0
PHM&디지털트윈 솔루션	하계 학술대회	특별세션	0	2
	동계 학술대회	특별세션	0	1
합계		78	67	

## 2. 펌프 분야 관련 연구

펌프 분야에서는 산업용 펌프와 특수형 펌프 등 다양한 펌프들의 성능 및 효율 향상과 최적설계, 수명 예측 분석 시스템에 대한 연구가 수행되었다.

사류펌프<sup>(1-5)</sup>에 대해서는 전산유체해석을 이용하여 형상 변수에 따른 성능 변화 및 임펠러 형태에 따른 내부 유동장의 변화에 대한 연구가 진행되었다. 원심펌프<sup>(6-9)</sup>에 대해서는 유동현상 개선 및 효율 증가를 위한 전산유체해석을 진행 및 디지털 트윈을 이용한 연구와 다단 원심펌프에 대한 연구가 수행되었다. 축류펌프<sup>(10-23)</sup>에 대해서는 가변 IGV에 대한 모델링을 진행하여 펌프의 성능을 시험하는 연구와 설계유량과 설계유량의 80%에 해당하는 저유량 조건에서의 성능해석, 입구 안내깃 후단에 발생하는 선회유동의 수치적으로 모사하여 펌프의 효율 및 내부 유동장 분석에 대한 연구가 진행되었다.

또한 터보펌프<sup>(24)</sup>, 재생형 펌프<sup>(25)</sup>, 원자로 냉각 펌프<sup>(26)</sup>, 냉각수 펌프<sup>(27)</sup>, 유로 펌프<sup>(28)</sup>에 대해서도 성능 시험 및 향상을 위한 심도 깊은 연구가 진행되었다. 유압실린더<sup>(29)</sup>에 IoT, 빅데이터, AI 기술을 접목한 지능형 유압실린더 고장예지보전 기술 개발을 위한 연구도 시행되었다.

한편, 하계 및 동계 학술대회에 구성된 펌프 관련 특별세션<sup>(30-33)</sup>에서는 유연화 운전 대응 고효율 수차발전 시스템 기술개발에 대한 연구와 4차 산업시대의 기술발전과 펌프 기술의 결합을 보였는데, 펌프의 성능 예측을 디지털트윈 모델을 사용하여 계산 시간과 비용을 절감하고 잔여 수명 예측을 위한 시스템 구축 연구가 발표되었다.

## 3. 수차 분야 관련 연구

수차 분야에서는 수력발전기나 로터, 프란시스 수차의 구조적 건전성 및 성능 개선을 위한 연구가 진행되었다.

프란시스 수차<sup>(34-43)</sup>에 대해서는 형상 모델링에 따른 성능 분석 연구, 비정상 상태에서의 유동 특성 분석을 위한 수치해석적 연구와 내부의 공동 현상, 진동, 공명, 마찰과 같은

\* 한양대학교 기계공학과 (Department of Mechanical Engineering, Hanyang University, Ansan 15588, Republic of Korea)  
E-mail : yooncsmd@gmail.com

현상에 의한 성능 분석 연구 및 노후화된 수력설비의 성능을 대체하기 위한 분석 연구가 발표되었다. 프란시스 수차에 관한 연구는 이번 하계 및 동계 학술대회에 구성된 펌프 관련 특별세션 중 ‘유연화 운전 대응 고효율 수차발전 시스템 기술개발’ 세션에서 모두 발표되었고 이에 맞춰 노후화된 시설의 대체나 성능 최적화에 연구가 집중 수행되었다. 수력발전기<sup>(44~47)</sup>에 대해서는 실제 사용 중인 발전소 내부의 노후화된 시설의 이상 검출 및 분석과 성능 개선 연구가 발표되었다.

또한 CFD를 통한 횡류수차<sup>(48)</sup>의 설계 방법론 제시와 성능 개선 연구, 수차 터빈에 포함되는 수차 베어링<sup>(49~51)</sup>의 구조 및 해석 결과에 따른 성능 최적화 연구, 노후 수차<sup>(52~55)</sup>의 진동 통계를 이용한 관리 및 감시 시스템에 관한 연구, 모델링을 통한 성능 시험<sup>(56~57)</sup> 및 개선 방향성 제시에 관한 연구, 수력양수 발전소 주기기인 러너<sup>(58)</sup>의 설계 및 성능 검증용 모델수차 설계에 관한 연구가 수행되었다.

한편, 하계 및 동계 학술대회의 수차 관련 특별세션을 통해서도 많은 연구가 발표되었다. 디지털 트윈<sup>(59~61)</sup>을 이용한 터빈의 가상 모델링 및 건전성 진단 시스템에 대한 연구가 발표되었다.

#### 4. 펌프터빈 분야 관련 연구

펌프터빈 분야에서는 양수발전소 펌프터빈의 운전성능 향상 및 정비를 위한 리프팅 시스템<sup>(62)</sup> 최적설계, 임펠러 형상에 따른 펌프터빈 성능 분석<sup>(63)</sup>과 양수발전의 미래와 전망<sup>(64)</sup>에 대한 연구가 진행되었다.

이번 2023년 하계 및 동계 학술대회에서는 펌프터빈 관련 특별세션을 통해 연구가 발표되지 않았다.

#### 5. PHM&디지털트윈 시스템 분야 관련 연구

PHM&디지털트윈 시스템 분야는 2023년 하계 및 동계 학술대회 특별 세션을 통해 발표되었고 노후된 시설의 유지보수를 위한 시스템이나 빅데이터를 정리하여 체계를 구축하는 연구가 진행되었다. 건전성 예측 및 관리인 PHM (Prognostics and Health Management)에 관한 연구로 상태기반 예지정비(CBM+)<sup>(65)</sup>와 장비 맞춤형 신뢰성 향상 지원 체계 구축<sup>(66)</sup>에 대한 연구가 발표되었다.

또한 디지털트윈 시스템 분야에서는 기계학습(Machine Learning)을 활용한 해석 기반 디지털트윈 성능 향상 연구<sup>(67)</sup>가 발표되었다.

#### 6. 결 론

2023년 한국유체기계학회 논문집과 한국유체기계학회 하계와 동계 및 학술대회에서 발표된 논문을 중심으로 2023년

펌프, 수차 그리고 펌프터빈 분야의 연구동향에 대해서 살펴 보았다. 펌프 분야에서는 형상 변형에 따른 성능 향상에 관한 연구와 유체전산해석을 통한 내부 유동장 해석 및 분석 연구가 수행되었다. 수차분야에서는 수력발전소의 노후화된 수차 이상을 감지하는 시스템, 유연한 대체 방안, 프란시스 수차에 관한 성능 분석과 내부 유동장 분석 연구가 수행되었다. 펌프터빈 분야에서는 양수발전소 펌프터빈의 운전성능 향상 및 관련 주변 설비의 최적설계, 임펠러 형상에 따른 성능 분석 연구가 수행됨을 확인할 수 있었다. 2024년에도 펌프 및 수차 분야의 지속적인 발전을 이루기 위해 관련된 기초 및 심화 연구가 활발히 진행되어 우수한 연구성과가 발표되기를 기대한다.

#### References

- (1) Shrestha, U., Moon, J. G., and Choi, Y. D., 2023, "Performance and internal flow of a mixed flow pump with semi-open casing by casing gap ratio and impeller blade shape", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 451-452.
- (2) An, H. J., Kim, Y. I., and Jeong, J. H., 2023, "Numerical Analysis of Internal Flow and Cavitation Phenomenon for a Mixed-Flow Pump with RANS-based CFD Methodology", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 485-490.
- (3) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2023, "Effect of blade shape on the performance of a mixed flow pump with semi-open casing", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 295-296.
- (4) Yu, J. Y., Kim, D. S., and Jung, J. H., "Hydraulic Design Optimization of a Reactor Coolant Pump used for Small Modular Reactor", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 25, No. 4, pp. 5-12.
- (5) An, H. J., Kim, Y. I., and Jeong, J. H., "Numerical Analysis of Internal Flow and Cavitation Phenomenon for a Mixed-Flow Pump with RANS-based CFD Methodology", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 5, pp. 20-26.
- (6) Lee, J. E., Ahn, H. J., Jeong, S. B., and Jeong, J. H., 2023, "Numerical Study on Centrifugal Pump Design for EWP in a Electric Vehicle", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 371-372.
- (7) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2023, "Effect of working fluid temperature on the multistage centrifugal pump performance and structural stability", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 293-294.

- (8) Shrestha, U., Kang, W. T., and Choi, Y. D., 2023, "Application of digital twin to examine the centrifugal pump performance and operation characteristics", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 297-298.
- (9) Shrestha, U., Kim, D. H., and Choi, Y. D., "Thermodynamic Characteristics of the Hydraulic and Suction Performances by the Working Fluid Temperature of Multistage Centrifugal Pump", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 6, pp. 90-99.
- (10) Baek, J. M., Yoo, I. S., Kim, S. W., Lim, Y. C., Kim, B. J., and Choi, W. C., 2023, "Experimental investigation of pressure pulsation and characteristics in axial-pump with adjustable inlet guide vane", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 360-361.
- (11) Son, Y. J., Kim, Y. I., Yang, H. M., Lee, K. Y., Yoon, J. Y., and Choi, Y. S., 2023, "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", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 362-369.
- (12) Kim, S. M., Hong, H. S., Bae, B. G., and Lee, J. B., 2023, "Development of Variable Operation Medium and Large-Scale Pump Technology - 3rd Year Results and Future Research Directions", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 88-89.
- (13) Nguyen, D. A., Kim, S., and Kim, J. H., 2023, "Improvement in Energy Performance of an Axial-Flow Pump by using Hydrofoil Profile for Inlet Guide Vane", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 90-91.
- (14) Sonawat, A., Kim, Y. S., and Hwang, D. H., 2023, "Performance characteristics of axial flow pump with variable IGV at off design conditions", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 92-93.
- (15) Choi, W. C., Yoo, I. S., Kim, S. W., and Baek, J. M., 2023, "Performance Testing Study of Axial Flow Pump with Variable Inlet Guide Vanes (IGV)", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 94-95.
- (16) Lim, J. Y., and Song, S. J., 2023, "Analysis of the Impact of Impeller Wake Loss by Flow rate Change of Axial Flow Pump with IGV", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 96-97.
- (17) Son, Y. J., Kim, Y. I., Yang, H. M., Lee, K. Y., Yoong, J. Y., and Choi, Y. S., 2023, "A Numerical Study on the Hydrodynamic Performance Characteristics with Various Inlet Flow Direction of an Axial Flow Pump", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 602-603.
- (18) Song, H. Y., Han, S. P., Lee, J. W., Lee, E. W., and Lee, B. S., 2023, "An Experimental Study on the Effect of Cavitation in Valve on the Pump Performance Testing", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 606-608.
- (19) Hong, H. S., Kim, S. M., Bae, B. G., and Lee, J. B., 2023, "Development of Variable Operation Medium and Large-Scale Pump Technology - 2nd Year Results and Future Research Directions", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 351-352.
- (20) Nguyen, D. A., Kim, S., Jeong, S. Y., and Kim, J. H., 2023, "A systematic analysis of energy performance of an axial flow pump using new DV hub profile", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 353-354.
- (21) Kim, Y. S., Hwang, D. H., Lee, C. M., Kim, W. J., and Oh, H. S., 2023, "Variable IGV design and assembly of axial flow pumps and Measurement of angular control accuracy", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 355-356.
- (22) Lim, J. Y., and Song, S. J., 2023, "URANS Investigation of Impeller Wake Decay Process in an Axial Flow Pump", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 357-358.
- (23) Lee, H. J., Choi, B. L., Choi, D. H., Kim, S., and Kim, J. H., "Design Optimization of Axial-flow Pump Impeller on Various Flow Rates", The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 26, No. 6, pp. 41-49.
- (24) Kang, B. Y., Kwak, H. D., and Kim, D. J., 2023, "Effect of the Unbalance Mass of Rotating Machinery on Vibration in Turbopumps", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 566-567.
- (25) Kang, J. W., Park, J. Y., Park, Y. J., Lee, Y. M., Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2023, "CFD analysis on the performance and internal flow of a ultra-fine bubble generator for the dissolution of CO<sub>2</sub> gas", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 453-454.
- (26) Cho, S., Cho, Y. J., Kim, S., Bae, B. U., and Jeon, W. J., 2023, "Pressure Pulsation Characteristic of RCP for APR1400", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 480-482.
- (27) Hong, S. H., Kim, K. H., and Yoon, H. M., 2023, "A Study on the Performance Evaluation System of Cooling Water Pumps for Vehicles in Low Temperature Environments",

- Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 483-484.
- (28) Nguyen, D. A., Roh, M. S., Kim, S., Jeong, S. Y., and Kim, J. H., "Hydraulic Characteristics of a Single-channel Pump Designed by the Affinity Law", *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 26, No. 5, pp. 7-19.
- (29) Baek, S. H., Choi, Y. D., and Choi, K. H., 2023, "Sustainable Product Insight with AI and PHM Strategies", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 449-450.
- (30) Sun, K. H., Lee, S. H., Jeon, B. C., and Hur, G. C., 2023, "Prognosis and Extraction of Health Index for Diagnosis of Rotating Machinery", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 140-141.
- (31) Kang, J. W., Park, J. Y., Kang, H., Shrestha, U., Kang, W. T., and Choi, Y. D., 2023, "Digital twin development of a centrifugal pump model for the pump performance by experimental and numerical studies", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 24-25
- (32) Park, S., Yoo, J. B., Ji, C. H., and Jeon, I., 2023, "Research on power saving and information utilization through pump flow calculation and control methods.", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 30-31.
- (33) Kang, W. T., Heo, Y. G., Baek, S. H., Lee, D. H., and DNDE Inc, 2023, "Development of ROM to Predict Performance of Centrifugal Pump by Using Ansys Hybrid Digital Twin Model Twin", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 50-51.
- (34) Roh, M. S., Shahzer, M. A., and Kim, J. H., 2023, "Numerical study on unsteady flow characteristics of a Francis turbine with a specific speed 210-class", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 123-124.
- (35) Park, J. G., Im, H. B., Park, E. S., Ock, J. H., Choi, J. W., and Kim, S. J., 2023, "Characteristics of pressure fluctuations subjected to flexible operation of a 30MW-class Francis turbine", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 190-191.
- (36) Joo, W. G., Kim, G. E., Ahn, S. H., Lee, S. H., Cho, S. P., Chu, S. M., Kim, S. J., Park, J. W., and Im, H. B., 2023, "Calculation Method of 2D Flow for Meridional flow Path Design in Francis Turbines", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 273-274.
- (37) Shahzer, M. A., Roh, M. S., Kim, S., and Kim, J. H., 2023, "A comprehensive investigation of hydraulic performances of a Francis turbine using a multi-objective optimization technique", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 269-270.
- (38) Lee, S. H., Jeong, D. H., Kim, J. I., Chu, S. M., Kim, Y. S., and Cho, S. P., 2023, "A study on the Design Variables and Optimal Design of Francis Turbine Runner with Partial Load-High Efficiency for Flexible Operation", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 136-137.
- (39) Roh, M. S., Kim, S., Hwang, T. G., Kim, S. J., Park, J. G., and Kim, J. H., 2023, "Design and Numerical Analysis Study of Francis Turbine Runner Thickness Considering Velocity Variation", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 142-143.
- (40) Park, J. G., Im, H. B., Park, E. S., Ock, J. H., Kim, S. J., and Cho, S. Y., 2023, "Investigation of transient and their effects on the Francis turbine subjected to flexible operation", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 220-221.
- (41) Hwang, T. G., and Kim, J. S., 2023, "Construction of Open Platform for Turbine Design Data Base", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 226-227.
- (42) Shahzer, M. A., Murshid, S. M., Roh, M. S., Kim, S., and Kim, J. H., 2023, "Optimizing meridional shape of the Francis turbine's blade for higher hydraulic performances", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 433-434.
- (43) Ahn, S. H., Kim, G. E., Joo, W. G., Lee, S. H., Cho, S. P., Chu, S. M., Kim, S. J., Park, J. W., and Im, H. B., 2023, "Study on the Algorithm and Its Application for Francis Turbine Preliminary Design", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 437-438.
- (44) Eom, J. W., Kim, S. J., Ahn, D. H., Lee, W. J., Kim, Y. W., and Oh, Y. T., 2023, "Structural Design of a 30MW-Class Hydropower Generator using Finite Element Analysis", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 116-117.
- (45) Kang, S. W., 2023, "Civil structure repair · reinforcement and engineering cases of old hydroelectric power plants", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 118-120.
- (46) Heo, W. S., and Lee, B. H., 2023, "Research on the source of Malfunction Chilbo Hydro Power Plant #3unit", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 604-605.
- (47) Oh, Y. T., Ahn, D. H., Lee, W. J., Kim, S. J., Kim, Y. W., and Uhm, J. W., 2023, "Analysis of Thermal Load

- Characteristics in a 30MW Hydroelectric Generator", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 138-139.
- (48) Ham, S., Ehsan, A., Lee, J. W., and Ha, H., 2023, "Design methodology of the nozzle rear-wall shape for inverted cross-flow turbine.", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 560-561.
- (49) Lee, S. H., Jeong, D. H., Kim, J. S., Chu, S. M., Kim, Y. S., Cho, S. P., and Jang, S. H., 2023, "Design of balancing holes and ribs for runner to reduce axial thrust of francis", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 192-193.
- (50) Jeong, Y. S., Choi, S. P., Jo, Y. C., and Jo, H. J., 2023, "Characteristic Analysis and Design of Water Lubrication Bearing for 30MW Water turbine", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 194-195.
- (51) Jeong, Y. S., Choi, S. P., Jo, Y. C., and Jo, H. J., 2023, "Characteristic Analysis of Thrust Bearing for 30MW Hydraulic Turbine Generator", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 224-225.
- (52) Kim, C. W., Kang, J. G., Lee, S. B., Sun, K. H., and Hur, G. C., 2023, "Verification of abnormalities detection method using fault simulation data for aged hydropower turbine", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 121-122.
- (53) Hur, G. C., Sun, K. H., Kang, J. G., and Lee, S. B., 2023, "Condition Monitoring and Vibration Analysis of Aged Hydropower Turbine", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 196-197.
- (54) Kang, J. G., Kim, C. W., Lee, S. H., and Shin, Y. H., 2023, "Literature Survey/Standard Analysis for the Standardization of Condition Monitoring Technology of Hydro-turbine", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 439-440.
- (55) Hwang, T. G., and Kim, J. S., 2023, "Activation Plan for DB Based Turbine Design Platform", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 271-272.
- (56) Kim, S. J., Park, J. G., Im, H. B., Ock, J. H., Lee, W. P., and Lee, C. H., 2023, "Verification for design of a hydraulic turbine by a model test", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 267-268.
- (57) Bang, J. S., Lee, D. H., Kim, J. H., Kim, S., Roh, M. S., and Shahzer, M. A., 2023, "Procedure of Stress and Fatigue Analysis Considering Pressure Pulsation of Hydro Turbine Runner", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 222-223.
- (58) Kim, S. J., Park, J. W., Im, H. B., Min, D. J., Lee, W. P., Kim, J. J., Choi, J. H., Kim, J. S., and Lee, C. H., 2023, "Design Requirements for the Performance Test Facilities of a Model Turbine", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 435-436.
- (59) Park, L. K., Lee, S. M., Hwang, B. C., and Park, J. J., 2023, "Development of Digital Physics Twins in Doosan Enerbility", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 26-27.
- (60) Kim, D. J., and Ko, Y. W., 2023, "Development of Battle-ship propulsion and auxiliary system health diagnosis system", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 28-29.
- (61) Hwang, M. K., Cho, K. H., Choi, Y. H., and Kim, S. H., 2023, "Development of Surrogate Model for Predicting Remaining Life of Turbine Rotor Operation Modes", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 56-57.
- (62) Cho, Y. H., and Cho, M. K., 2023, "Optimal design of lifting system for maintenance of two stage pump turbine in Pumped-storage power plant", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 562-565.
- (63) Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2023, "Numerical analysis of unsteady flow phenomenon of a pump turbine model according to specific speed variation", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 358-359.
- (64) Kwon, C. S., 2023, "Pumped Storate Hydropower: The future and prospects", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 291-292.
- (65) Hwang, Y. Y., and Son, J. S., 2023, "Method of Weapon System CBM+ based on Data-Driven", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting, pp. 21-23.
- (66) Cho, Y. H., Lee, T. H., Lee, J. J., and Park, J. W., 2023, "Development of equipment life cycle for reliability evaluation", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 52-53.
- (67) Ahn, Y. K., 2023, "Improve the performance of simulation based digital twins with Machine Learning", Korean Society for Fluid Machinery, 2023, Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting, pp. 54-55.