

2021년 펌프 및 수차 분야 연구동향

김성민*

1. 서 론

2021년 국내 펌프 및 수차 분야의 연구동향을 분석하고자 2021년 한국유체기계학회 논문집과 한국유체기계학회 하계 및 동계 학술대회 발표논문 초록집에 발표된 논문을 조사하였다. 펌프 분야에서 40편, 수차 분야에서 27편, 펌프터빈 분야에서 3편의 논문이 발표되어 총 70편의 논문이 2021년에 발표되었다.

표 1은 펌프 및 수차 분야에서 발표된 논문을 분류 기준별로 정리한 것이며, 전년도 대비 펌프 분야의 논문 수는 증가하였고, 수차 분야의 논문 수는 감소하였으며, 펌프터빈 분야의 논문 수는 동일하다. 펌프 분야에서는 펌프 성능 향상 및 최적설계 연구, 수차 분야에서는 중·대수력용 수차발전기 및 수력플랜트의 기술 개발, 그리고 펌프터빈 분야에서는 양수발전소 펌프터빈의 성능 향상에 대한 연구가 활발히 진행되었다.

표 1 분류 기준 별 논문 수

분류 기준		논문 수 (편)	
		2021년	
펌프	논문집		4
	하계학술대회	일반세션	6
		특별세션	10
	동계학술대회	일반세션	4
		특별세션	16
수차	논문집		4
	하계학술대회	특별세션	11
		일반세션	1
	동계학술대회	특별세션	11
논문집		1	
펌프터빈	하계학술대회	특별세션	1
		특별세션	1
	동계학술대회	특별세션	1
합계			70

2. 펌프 분야 관련 연구

펌프 분야에서는 산업용 펌프와 특수형 펌프의 성능 향상 및 최적설계에 대한 연구가 발표되었다.

원심펌프^(1~8)에 대해서는 펌프의 구조와 형상 설계 및 유동 특성에 따른 성능 연구와 양흡입 펌프, 다단 원심펌프에 대한 연구가 발표되었다. 축류펌프^(9~15)에 대해서는 임펠러 및 가이드 베인 등 펌프 요소의 형상변화에 따른 성능 특성에 대한 연구가 진행되었고, 사류펌프^(16, 17)에 대해서는 유동 및 캐비테이션 특성에 따른 펌프 설계에 관한 연구가 수행되었다.

또한, 터보펌프^(18~21)와 마이크로버블 펌프⁽²²⁾ 등의 특수펌프에 대해서도 성능향상을 위한 심도 있는 연구가 수행되었다. 배수펌프⁽²³⁾, 펌프섬프⁽²⁴⁾, 원자로냉각재 펌프^(25, 26), 환형 제트펌프⁽²⁷⁾, LNG 펌프^(28, 29), 수중펌프^(30~34), 기어펌프⁽³⁵⁾, 2 베인 펌프^(36, 37) 등의 펌프에 대해 산업계 적용을 위한 연구도 발표되었다.

한편, 하계 및 동계 학술대회에 구성된 펌프 관련 특별세션^(38~40)에서는 펌프 국산화 기술 개발을 위해 펌프 구조 진동, 제작 방법, 정밀 안전진단 등에 대한 심도 있는 연구가 진행되었다.

3. 수차 분야 관련 연구

수차 분야에서는 중·대수력용 수차발전기의 효율 및 성능 향상을 위한 연구가 활발히 진행되었으며, 다양한 모델수차의 성능시험 및 수치해석적 연구가 진행되었다.

프랑스수차^(41~46)에 대해서는 중·대수력용 수차의 흡출관 내 형성되는 와류 특성에 대한 수치해석적 연구, 그리고 터빈 러너와 헤드커버의 구조설계를 통해 수차 효율 및 안정성을 확보하는 연구가 수행되었다.

소수력 발전용 수차^(47, 48)에 대해서는 배관 내 물레방아 수차 형상을 적용하여 수치해석을 통해 마이크로 소수력 발전용 터빈의 유동 특성에 관한 연구가 진행되었으며, 조류형 소수력 수차⁽⁴⁹⁾에 적합한 러너의 최적형상을 도출하기 위한

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

머신러닝 기반 최적설계 연구와 용적형 수차⁽⁵⁰⁾의 수력성능 향상을 위해 새로운 형상의 터빈을 사용하는 연구도 발표되었다.

한편, 하계 및 동계 학술대회의 수차 관련 특별세션을 통해서도 많은 연구가 발표되었다. “중규모 수력플랜트 설계 기술” 특별세션^(51~53)에서는 수력플랜트 발전기 제어 시스템 제작과 현장 성능시험 방안 및 수차 발전기 시험 절차에 관한 연구가 진행되었고, “중규모 수력플랜트 평가 기술” 특별세션^(54~57)에서는 모델수차를 활용한 시험 및 성능시험 검토 방법과 발전설비 종합적 노후도 평가기법 개발에 관한 연구가 수행되었다. “중규모 수력플랜트 건설기술 개발 I” 특별세션^(58~60)에서는 중규모급 수력플랜트의 성능 개선과 메인 발전부 조립 시험 절차 및 발생가능 문제점 고찰에 관한 연구가 진행되었고, “중규모 수력플랜트 건설기술 개발 II” 특별세션^(61~63)에서는 모델 및 실물 수차 진동 분석과 효율 시험 및 캐비테이션에 관한 연구가 발표되었다. 또한, 머신러닝 기반 최적설계를 이용한 휴대용 수력 터빈⁽⁶⁴⁾에 관한 연구, 중·대형 수력발전용 수력성능 검증기술⁽⁶⁵⁾에 관한 연구, 중·대형 수력발전용 터빈 기술개발⁽⁶⁶⁾에 관한 연구, 그리고 펌프수차의 모형 시험방법⁽⁶⁷⁾에 관한 연구가 수행되었다.

4. 펌프터빈 분야 관련 연구

펌프터빈 분야에서는 양수발전소 펌프터빈의 운전성능 향상과 유동 특성 및 양수발전설비 운영기술에 관한 연구가 수행되었다.

양수발전용 펌프터빈⁽⁶⁸⁾의 펌프수차 모델의 수차 모드에서 캐비테이션 수에 따라 발생하는 가시화된 와류와 그에 따른 유동 및 압력 특성에 대해 규명하는 연구가 진행되었다.

한편, 하계 및 동계 학술대회의 펌프터빈 관련 특별세션을 통해서도 연구가 발표되었다. “유체기계 베어링 및 실 2” 특별세션⁽⁶⁹⁾에서는 양수발전소 수차로 인한 고진동 현상을 가이드 베인 달힘속도 및 초기 가이드 베인 공간 조절하여 보완하는 연구가 수행되었고, “펌프 및 수차 국산화 개발 기술 소개 I” 특별세션⁽⁷⁰⁾에서는 양수발전 가이드 베인 유동 특성 분석에 관한 연구가 진행되었다.

5. 결 론

2021년도 한국유체기계학회 논문집과 한국유체기계학회 하계 및 동계 학술대회에서 발표된 논문을 바탕으로 2021년 펌프, 수차, 그리고 펌프터빈 분야의 연구동향에 대해서 살펴보았다. 펌프 분야에서는 펌프의 성능 및 최적설계에 대한 연구가 발표되었고, 산업계 적용을 위해 다양한 종류의 펌프에 관한 연구도 활발히 진행되었다. 수차 분야에서는 중·대 수력용 수차발전기의 효율과 성능 향상을 위한 시험 및 수치

해석적 연구가 진행되었고, 특히, 중규모 수력플랜트 특별세션을 통하여 발전기 제어 시스템 및 수력플랜트의 성능 개선에 대한 연구가 활발히 수행되었다. 펌프터빈 분야에서는 양수발전설비의 운영기술 및 양수발전소 펌프터빈의 유동 특성에 따른 운전성능 향상에 관한 연구가 중점적으로 진행되고 있음을 확인할 수 있었다. 2022년에도 펌프 및 수차 분야의 지속적인 발전을 위해 관련된 기초 및 심화연구가 활발히 진행되어 우수한 연구성과가 발표되기를 기대한다.

References

- (1) Hoang, T. H. M., Truong, V. A., Shrestha, U., and Choi, Y. D., 2021, “Optimization of the Meridional Plane Shape Design Parameters in a Screw Centrifugal Pump Impeller,” *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 24, No. 4, pp. 15~25.
- (2) Shamsuddeen, M. M., Ma, S. B., Kim, S., Yoon, J. H., Kim, T. H., Lee, K. H., Jung, C., and Kim, J. H., 2021, “Numerical investigation of a multistage centrifugal pump equipped with a helico-axial guide vane for flow correction,” *Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting*, pp. 127~128.
- (3) Yun, Y. and Lee, H., 2021, “A Study on Operation Performance and Vibration Changes due to Damage to Internal Components of Double Suction Pump,” *Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting*, pp. 117~118.
- (4) Jang, H. J. and Suh, J., 2021, “Flow Characteristics according to the Impeller Eye Diameter of a Double Suction Pump,” *Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting*, pp. 213~214.
- (5) Son, J., Kim, J., Lee, J., and Suh, J., 2021, “A Study on leakage according to balancing device’s design parameters of centrifugal high-pressure multistage pumps,” *Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting*, pp. 215~216.
- (6) Kim, D. J., Kang, B. Y., and Choi, C. H., 2021, “Pump Test Using Multi-hole Orifice,” *Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting*, pp. 217~218.
- (7) Baek, S., Ryu, K., and Park, J., 2021, “Diagnostic Study of Centrifugal Pump Using Blade Passage Frequency (BPFs),” *Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting*, pp. 138~139.
- (8) Kim, S., Ma, S. B., Yoon, G. H., Lee, J. Y., Park, H. B., Seo, J. W., and Kim, J. H., 2021, “Development of a Portable Pump used for Initial Response to Prevent Flooding the Small Boats in the Mission of Korea Coast Guard,” *Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting*, pp. 445~446.

- (9) Kim, S., Ma, S. B., and Kim, J. H., 2021, "A Numerical Study on Performance and Shape of Axial-flow pump impeller for Various specific speeds," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 229~230.
- (10) Lee, N., 2021, "Reducer-type Stirrer Design Study : Banana-type Stirrer Design," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 50~51.
- (11) Ma, S. B., Nguyen, D. A., Kim, S., and Kim, J. H., 2021, "A Study on Design Optimization for Improving Hydrodynamic Performance of Axial Flow Pump Part. 1," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 13~14.
- (12) Ma, S. B., Nguyen, D. A., Kim, S., and Kim, J. H., 2021, "A Study on Design Optimization for Improving Hydrodynamic Performance of Axial Flow Pump Part. 2," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 15~16.
- (13) Kim, Y. S., Hwang, D. H., Lee, C. M., and Oh, M. S., 2021, "Unsteady flow analysis of the effects of inlet guide vane and pitch angle on the hydraulic performance of an axial flow pump," Proceedings of the KSFM Winter Seogwipo, Republic of Korea, Conference, pp. 17~18.
- (14) Lim, J. and Song, S. J., 2021, "URANS Computations for Low Flow Rate Regions of Axial-Flow Pump with Inlet Guide Vanes," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 19~20.
- (15) Lee, J. and Hong, H., 2021, "Development of Variable Operating Technology for Medium and Large Size Pump," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 447~448.
- (16) Kim, Y. I., Yang, H. M., Lee, K. Y., and Choi, Y. S., 2021, "Analysis of Cavitation Characteristics of a Mixed-flow Pump with Different Aspect Ratio of Impeller Leading Edge," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 233~234.
- (17) Kim, Y. I., Yang, H. M., Lee, K. Y., and Choi, Y. S., 2021, "A Study on Suppression of Recirculating and Reattaching Flow at Low Flow Rates of a Mixed-flow Pump," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 436~437.
- (18) Bae, J. H., Kwak, H. D., Choi, C. H., and Choi, J. S., 2021, "High Frequency Signals Analysis of Real-propellant Test for 7-tonf Turbopump Using Anti-rotating Floating Ring Seal," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 5, pp. 30~36.
- (19) Bae, J. H., Kwak, H. D., Choi, C. H., and Choi, J. S., 2021, "High Frequency Signals Analysis of Real-propellant Test for 7-tonf Turbopump Using Anti-rotating Floating Ring Seal," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 40~41.
- (20) Kim, D. J., Kang, B. Y., and Choi, C. H., 2021, "Design Trend of Turbopump Inducer," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 371~372.
- (21) Kwak, H. D., Choi, C., Lee, W., and Yoon, H., 2021, "Rocket Engine Elecpump - Development Status of Technology Demonstration Model," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 219~220.
- (22) Ali, S. and Jang, C. M., 2021, "Performance and Uncertainty Analysis of a Microbubble Pump with a Novel 'S-shape' impeller according to Flowrates," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 237~238.
- (23) Lee, Y. and Kim, K. Y., 2021, "A Study on Hydraulic Transient Phenomenon in a Rainwater Pumping Station," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 2, pp. 20~27.
- (24) Shrestha, U. and Choi, Y. D., 2021, "Bellmouth Shape Optimization for the Suppression of Flow Instability in a Pump Sump Model," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 5, pp. 49~57.
- (25) Cho, S., Kim, S., Bae, B. U., Cho, Y. J., Jeon, W. J., Youn, Y. J., and Kim, Y. S., 2021, "Production test results of Reactor Coolant Pump of Shin-Hanul 1&2 plants," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 140~142.
- (26) Lee, S., 2021, "Current Status of Hydropower Design and Performance Test Technology Development of Nuclear Reactor Cooling Pump," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 163.
- (27) Shrestha, U. and Choi, Y. D., 2021, "Improvement of Hydraulic and Suction Performances of an Annular Jet Pump by J-Groove installation," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 231~232.
- (28) Ha, Y. and Lee, Y., 2021, "Research on Eye and Inter-stage Sealing Unit Geometry for On-shore High Pressure Multiple-Stage LNG Pump using CFD," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 275~276.
- (29) Jang, H. J. and Suh, J., 2021, "Analysis of leakage and rotordynamic coefficient of labyrinth seal of LNG fuel pump," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 171~173.
- (30) Lee, S., Moon, J., and Lee, J., 2021, "Submersible motor pump applying suction side induction technology and real-time monitoring system," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 54~55.
- (31) Suh, S. H., Rakibuzzaman, M., Song, K. C., and Song, K. H., 2021, "A study on performance improvement of a submersible drainage pump," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 148~149.
- (32) Suh, S. H., Song, K. C., and Song, K. H., 2021, "Development of emergency response operation mode for

- a submersible pump,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 150~151.
- (33) Suh, S. H., Rakibuzzaman, M., and Kim, H. H., 2021, “Cavitation and clogging analyses of a submersible drainage pump,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 152~153.
- (34) Lee, K., Won, J. G., Yoon, J., and Hwang, H. S., 2021, “Numerical Study on Blade Shape Optimization to Improve the Efficiency of Axial Submersible Pumps,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 438~439.
- (35) Lee, Y., 2021, “Flow Analysis of EOP GEROTOR Using ANSYS CFX and Twin mesh,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 119~120.
- (36) Kim, S., Ma, S. B., and Kim, J. H., 2021, “Analysis on the Performance of 2 Vane Pump with Variation of Meridional Plane,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 342~343.
- (37) Kim, S., Ma, S. B., and Kim, J. H., 2021, “Design of 2 Vane Pump Impeller for High Total Head and Low Flow-Rate,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 443~444.
- (38) Jung, J., 2021, “Example of Pump Structure Vibration Using Vibration Visualization Technology,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 125~126.
- (39) Lee, J., Kim, S., Moon, Y., and Hong, H., 2021, “Technology Development of Medium and Large Size Pump with Variable Operation : Selection of Basic Model and Manufacturing Method,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 11~12.
- (40) Ahn, C. H., Lee, J., Ha, S., and Lee, Y., 2021, “Precision Safety Diagnosis of Pump and Steel-Floodgate,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 118~119.
- (41) Kim, S. J., Cho, Y., Choi, J. W., Hyun, J. J., Kim, S. W., and Kim, J. H., 2021, “Flow Characteristics according to the Air-injection in the Draft Tube of a Francis Turbine Model,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 3, pp. 24~31.
- (42) Cho, T. Y., Ko, S., Cho, Y., and Bae, K., 2021, “Evaluation of Modernized 50MW Hydropower Plant Using Thermodynamic Method,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 6, pp. 30~36.
- (43) Jung, H., Heo, H., and Hwang, Y., 2021, “Manufacturing Procedure of 45MW-class Francis Turbine Runner,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 149~150.
- (44) Kim, S. J., Cho, Y., and Kim, J. H., 2021, “Vortex Characteristics in Draft Tube of a Francis Turbine Model with Air-injection,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 218~219.
- (45) Jung, H., Heo, H., and Hwang, Y., 2021, “Structural Design and Stability Study of 45MW-class Francis Turbine Head Cover,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 45~46.
- (46) Shahzer, M. A., Kim, S. J., Cho, Y., and Kim, J. H., 2021, “A Numerical study on Fins mounted on the Draft Tube in a Francis Turbine model,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 97~98.
- (47) Jang, S., Je, Y. W., Ji, H. G., and Kim, Y. J., 2021, “A Numerical Study on Flow Characteristics of Turbine Using Undershot Waterwheel Shape for Micro Hydropower in Water Pipe,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 3, pp. 42~52.
- (48) Moon, I. S., Kim, H. D., Cha, H. U., and Cho, Y., 2021, “Prediction of Inlet Velocity for a Low-head Hydro Power Plant by Computational Fluid Dynamics,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 221~222.
- (49) Ma, S. B., Park, H., Kim, S. J., Kim, S., and Kim, J. H., 2021, “Optimization Design for Improving the Hydraulic Performances of the Portable Hydro-Turbine Enomad UNO,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 5, pp. 16~23.
- (50) Sonawat, A. and Kim, J. H., 2021, “Effect of Fluid Properties on the Hydraulic Performance of a Positive Displacement Turbine,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 7~8.
- (51) Yu, J., 2021, “Important Test Procedure and Purpose of Turbine Synchronous Generator for Medium Scale Hydropower Plant,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 151~152.
- (52) Park, S., Jung, J., Yoon, M., Lee, S., Cha, H., Kim, C., and Kim, Y., 2021, “Plan for Field Performance Test of Medium Scale Hydropower Plant,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 153~154.
- (53) Kim, J., 2021, “Production of Hydropower Plant Generator Control System,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 155~156.
- (54) Kim, S., Kim, J., Chu, S., Kim, T., Kim, H., Ahn, I., Kwon, Y., and Cho, Y., 2021, “Efficiency Test Method Using Developed Model Turbine and Analysis of Efficiency Results,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 210~211.
- (55) Park, N., 2021, “Review and Method of Model Turbine and Field Performance Test,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 212~213.
- (56) Jung, J., 2021, “Development of Monitoring System for Turbine Vibration Measurement Results and Status/Performance,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 214~215.
- (57) Choi, H. and Kim, J., 2021, “Development of

- Comprehensive Aging Evaluation Technique for Power Generation Facility,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 216~217.
- (58) Yu, J., 2021, “Test Procedure and Purpose of Assembling the Main Power Generation Part of a Turbine Synchronous Generator for a Medium Scale Hydropower Plant,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 47~48.
- (59) Park, S., Yoon, M., Kim, C., Park, J., Ma, J., Kim, H., and Cho, H., 2021, “Consideration of Possible Problems During Demonstration of Medium Scale Hydropower Plant,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 49~50.
- (60) Bae, K., Cho, Y., Ahn, I., and Cho, T., 2021, “Examples of Performance Improvement of Medium Scale Hydropower Plant through Improvement of Turbine Runner,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 51~52.
- (61) Jung, J., 2021, “Vibration of Model and Real Turbine, and Results and Analysis of Stress Wave Measurement,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 94~95.
- (62) Park, N., 2021, “Efficiency Test Study of Francis 50MW Using ADM Method,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 96.
- (63) Kim, H., Kim, J., Chu, S., Kim, T., Ahn, I., and Cho, Y., 2021, “Cavitation Study Using Model Test of Medium Scale Hydropower Plant,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 99~100.
- (64) Ma, S. B., Park, H., Kim, S. J., Kim, S., and Kim, J. H., 2021, “Optimization design for improving the hydraulic performances of the Enomad UNO (Portable hydro-turbine),” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 344~345.
- (65) Park, N., 2021, “Localization Empirical Study of Model Turbine for Hydropower Performance Verification,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 114~115.
- (66) Jung, H., Heo, H., Hwang, Y., and Hwang, Y., 2021, “Status of Localization Technology Development for Hydropower Turbine,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 112~113.
- (67) Kim, H., Suh, S. H., and Kim, Y. J., 2021, “Revision(draft) of Model Test Method for KS B 6016-1975 Pump Turbine,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 154~155.
- (68) Kim, S. J., Suh, J. W., Yang, H. M., Park, J., and Kim, J. H., 2021, “Vortex Characteristics in the Draft Tube at Turbine Mode of a Pump Turbine in a Laboratory-Scale Model,” The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 6, pp. 12~21.
- (69) Lee, H. and Yoon, Y., 2021, “A Study on Turbine Vibration Phenomenon of Pumped Storage Power Plant,” Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting, pp. 115~116.
- (70) Park, J., Lee, W., and Lim, H., 2021, “Analysis of Flow Characteristics of Guide Vane During Transient Operation of Pumped Storage Power Generation,” Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting, pp. 116~117.