

2021년 환경기계 분야 연구동향

김도형*

1. 서 론

2021년도 환경기계 분야에는 논문 2편이 논문집에 게재되었고 하계 학술대회에서는 16편, 동계 학술대회에서는 22편의 논문이 발표되었다. 학술대회에서 발표된 논문에는 특별세션으로 중규모 수력플랜트 설계기술 관련 4편, 평가기술 관련 5편, 건설기술 관련 8편, 수열에너지 연구 및 사업동향 관련 5편, 물에너지-물산업기자재 요소기술 관련 10편, 수열에너지 국책 R&D 기술개발 관련 4편이 포함되어 있으며 일반세션으로 2편이 발표되었다.

본 논문에서는 상기 논문의 연구내용을 간략히 살펴보고 연구 동향을 분석하고자 한다.

2. 환경기계분야

조태영 등⁽¹⁾은 국내 운영 중인 노후화된 수력발전소의 현대화가 필요한 시기가 도래하고 있고 일부 발전소는 이미 현대화가 진행되었음을 언급하였다. 합천수력발전소에서 진행된 현대화 작업 사례를 들어 수차의 효율에 큰 영향을 끼치는 러너의 현대화 전후의 성능 변화를 비교·분석하기 위하여 기존 러너와 신규 러너가 설치된 수차에 대해 정밀도가 높은 센서를 활용한 열역학법 효율시험을 적용하여 러너의 개대체가 수차효율에 끼치는 영향을 분석하였다.

안민호 등⁽²⁾은 가스터빈 가동 초기 또는 가스터빈 저부하 운전 시에 발생하는 질소산화물이 촉매층에 들어가기 전에 탄화수소계(HC) 환원제와 암모니아계(NH₃) 환원제를 배기가스 중에 분사하여 Fast SCR반응을 유도하고 이 반응을 통해 질소산화물이 저감되는 현상에 대한 실험을 수행하였으며, 실제 복합화력 발전설비의 배기가스 조건을 동일하게 구현한 융합탈질 실증설비에 적용하여 Fast SCR 반응의 탈질 성능의 향상되는 것을 보여주었다.

하계 학술대회 환경기계 분과 특별세션 중 수열에너지 연구 및 사업동향에 대하여 소개되었다. 김재울 등⁽³⁾은 댐심층수와 열교환을 통해 최근 증가하고 있는 데이터 센터에서 발생한 열을 냉각하는 방법에 대한 연구를 소개하였고, 추성훈

⁽⁴⁾은 소양강댐의 기존 관로의 배관을 이용하는 경우에 취수 가능한 유량을 전산유체해석방법을 이용하여 평가하고 이때 예측된 수량이 공기조화기 pilot-plant에 필요한 양보다 상회함을 보였다. 한정재⁽⁵⁾는 수열에너지를 활용한 수처리 공정의 계절별 주요 설계인자에 대하여 연구하였으며, 김영준 등⁽⁶⁾은 한강유역에 잠재된 수열에너지의 단계별 발굴량을 평가하고 이와 관련한 수열에너지 사업 발굴·도입·확대하는 방안에 대한 검토연구를 수행하였으며, 조용⁽⁷⁾은 하천수의 수열에너지를 이용하는 냉난방 및 재생열 하이브리드 시스템 기술 개발연구를 수행하여 해당 시스템에 요구되는 열교환 기술, 시스템 성능향상 기술, 설계·구축·운영 기술 등에 대하여 소개하였다.

중규모 수력플랜트 설계 기술과 평가기술도 특별세션에서 소개되었다. 설계 기술에서 정호윤 등⁽⁸⁾은 45MW급 프란시스 터빈 러너의 설계·제작과정 등의 진행사항을 보여주고 완성을 위해 요구되는 주요 공정에 대하여 소개하였으며, 유정호⁽⁹⁾는 45MW급 수차 동기발전기 조립 후 기기 구조적, 전기적 안정성 확보를 위한 평가기법과 발전기 설계에 대한 평가 기준을 제시하였으며, 박성순 등⁽¹⁰⁾은 중규모급 수력플랜트의 현장성능시험에 대하여 소개하고 정확한 수차의 효율을 얻기 위해서 유량을 정확히 측정하는 것이 중요함을 보였다. 김진영⁽¹¹⁾은 수차제어시스템 제작에 대하여 발표하고 시스템 국산화의 의미와 이후 기여도에 대하여 언급하였다. 평가 기술에서 김선우 등⁽¹²⁾이 모델수차 성능시험 설비의 교정을 통한 불확도 산정, 재현성 시험을 통한 신뢰도 확보, 모델수차의 성능시험을 통해 작성한 모델 Hill chart를 발표하였다. 박노현⁽¹³⁾은 IEC 60193규정에 의한 모델수차 설계, 제작, 설치, 시험결과와 현장 실증시험에 대한 검토 결과를 소개하였으며, 러너 제작에 관련된 일련의 과정과 검수에 대하여 소개하였으며, 정주택⁽¹⁴⁾은 모델 수차 시험장치에 대한 진동을 측정하는 방법을 보이고 이를 통해 운전 상태와 성능을 감시하는 시스템을 소개하였다. 최현수 등⁽¹⁵⁾은 발전설비의 노후도를 평가하기 위한 평가시스템의 개발 상황과 적용사례를 발표하였으며, 김승준 등⁽¹⁶⁾은 프란시스 수차 모델의 저유량 영역운전 시 흡출관 내 발생하는 와류를 제어하기 위한

* (주)엔플럭스
E-mail : kimdh@anflux.com

방법으로 러너 콘으로부터 공기 주입하는 과정에 대한 3상 유동 비정상 수치해석을 수행하여 흡출관 내 공기 주입 유량에 따라 세차 와류 발생 억제에 미치는 영향을 확인하였다. 일반세션에서 강웅 등⁽¹⁷⁾은 굴뚝 내부의 3차원 유속분포를 모사한 시험장치에서 S형 피토프관과 3차원 피토프관을 이용하여 유속을 측정하는 실험을 수행하였으며 각 장치의 특성을 평가하였다.

동계 학술대회 환경기계 분과 특별세션 중 물에너지-물산업기자재 요소기술 분야에서 윤슬비 등⁽¹⁸⁾은 댐심층수를 열원으로 하는 취수시스템의 핵심요소 중 하나인 스트레이너의 개구율, 유량 등에 따른 차압을 측정하여 설계유량 조건에서 요구되는 차압을 만족하는 스트레이너의 형태를 찾기 위한 연구를 수행하였으며, 김동진 등⁽¹⁹⁾은 가압장 설비의 안정성 확보와 용수공급이 중단되지 않도록 평촌, 팔도, 부곡 가압장의 설비 점검을 통해 메인 유입밸브에 문제점을 파악하고 이를 해결하는 과정에 대하여 소개하였고, 이준희 등⁽²⁰⁾은 다목적댐과 연계된 사업 진행 시 발생하는 문제들에 대하여 고찰하였다. 박승훈⁽²¹⁾은 기후 변화로 인한 장마기간 변동, 극한호우 등으로 인해 수문동작이 빈번하게 요구되고 있으며, 홍수조절을 위한 개폐 중 수문사고는 재난으로 직결되므로 수문의 이상 징후를 사전에 발견하기 위하여 필요한 안전관리체계를 구축하는 과정을 발표하였고, 백송현 등⁽²²⁾은 원심펌프의 진단을 위한 저주파수대역에서 원심펌프 BPF에 대한 연구를 소개하였으며, 정재훈 등⁽²³⁾은 재생에너지 기반의 수소 생산에 대한 기술동향을 소개하였고, 김병국 등⁽²⁴⁾은 인라인 가압장에 설치된 수충격방지설비의 안정성을 검토하기 위한 해석을 수행하여 가압장 후단에 수충격예지밸브 사용 시 오히려 관로시스템의 안정성이 저하됨을 보였다. 김진중 등⁽²⁵⁾은 사업장 탄소중립 실현을 위한 수열에너지 표준설계모델을 개발하기 위하여 고려하여야 하는 설계인자를 제시하고 이를 고려한 표준설계모델을 제시하였으며, 조태영 등⁽²⁶⁾은 물산업 혁신을 위한 사업 추진 배경과 물산업 혁신성장 지원제도를 소개하였고, 박중윤 등⁽²⁷⁾은 송수관망에서 발생하는 공동현상에 대한 원인분석과 공동현상을 방지하기 위한 방안을 발표하였다.

특별세션 중 중규모 수력플랜트 건설 기술 개발세션에서 정호윤 등⁽²⁸⁾은 구조해석을 통해 45MW급 프란시스 터빈의 헤드커버의 안정성을 연구하였고, 유정호⁽²⁹⁾는 중규모급 수력플랜트용 수차 동기발전기 메인발전부의 시운전 전, 시운전 시 수행하여야 할 중요검사 항목과 시험방법에 대하여 소개하였다. 박성순 등⁽³⁰⁾은 중규모급 수력플랜트 실증 시 발생 가능한 문제점에 대하여 고찰하였으며, 배강호 등⁽³¹⁾은 수차 효율을 측정하기 위한 방법을 제시하고 중규모급 수력플랜트의 수차 러너 개선 전후의 성능개선 사례를 소개하였다. 정주택⁽³²⁾은 모델 및 실물 수차 진동 및 스트레스 웨이브 측정 결과와 이에 대한 분석 결과를 제시하였고, 박노현⁽³³⁾은

ADM법을 이용하여 수행한 50MW 프란시스 수차의 효율 시험에 대하여 소개하였으며, 모하메드 아부 사저 등⁽³⁴⁾은 프란시스 수차 모델의 흡출관 벽면 핀 부착 여부, 부착된 핀의 형태에 대한 수치모사를 수행하여 핀의 부착이 압력구역을 감소시키고, 핀이 없는 조건에서의 유동과는 다른 유동특성을 보이는 것을 제시하였다. 김현동 등⁽³⁵⁾은 모델 수차의 검수/설치 검수를 통해 불확도를 평가하고 validation test를 수행하여 성능시험 결과의 타당성을 검토한 후 모델 수차에 대하여 효율시험을 수행하고 그 결과를 소개하였다.

특별세션 중 수열에너지 국책 R&D 기술개발세션에서 공형진 등⁽³⁶⁾은 열펌프 시뮬레이션과 냉매분석 등을 통해 수처리 공정에 적용 가능한 히트펌프 설계에 대한 연구를 수행하였고, 신재우 등⁽³⁷⁾은 하천수를 히트펌프의 열원으로 사용하는 경우 열원으로 사용된 하천수가 취수 및 재방류 시 수생태계에 미치는 영향을 확인하기 위한 연구를 수행하였다. 조해진 등⁽³⁸⁾은 부산에 조성되고 있는 스마트시티의 에너지 효율 향상을 위하여 적용하는 분산열 네트워크에 적용되는 수열에너지관련 기술을 소개하였으며, 조용 등⁽³⁹⁾은 하천수의 수열에너지를 활용하는 하이브리드 수열시스템 기술 개발에 대하여 소개하였다. 마지막으로 일반세션에서 이범준 등⁽³⁰⁾은 전세계적인 냉방기기의 수요 증가로 인해 야기되는 지구 온난화를 방지하기 위하여 최근 관심이 높은 Low-GWP 냉매를 활용한 냉방시스템의 연구가 활발함을 소개하고 자연 냉매인 공기를 활용한 냉동 사이클에 대한 성능 분석을 수행하였으며 압축기 및 팽창기의 등엔트로피 효율이 성능계수 및 냉동 용량에 가장 큰 민감도를 보이는 것을 소개하였다.

3. 결 론

2021년 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 하계·동계 학술대회에 발표된 논문을 중심으로 연구동향을 간단히 정리하였다. 총 40편의 논문(논문집 2편, 학술대회 38편)이 발표되었으며 중규모 수력플랜트 설계·평가 기술, 중규모 수력플랜트 건설기술, 수열에너지 연구 및 사업동향, 물에너지-물산업기자재 요소기술, 수열에너지 국책 R&D 기술개발, 미세먼지 저감 기술, 유량측정 기술, 공기 냉매 시스템의 성능 분석 등 다양한 분야에 대하여 실험적 방법과 수치적 방법을 통한 연구 결과를 확인하였다. 앞으로도 해당 분야에서 새로운 주제가 제기될 것이고 이에 대한 활발한 연구가 진행될 것으로 예상된다.

References

- (1) Cho, T. Y., Ko, S. K., Cho, Y., and Bae, K. H., 2021, "Evaluation of Modernized 50MW Hydropower Plant using Thermodynamic Method," KSFJ Journal of Fluid

- Machinery, Vol. 24, No. 6, pp. 30~36.
- (2) Ahn, M. H., Kim, S. W., and Lee, S. B., 2021, "NOx Reduction Analysis from Hybrid De-NOx Facility of Combined Cycle Power Plant," KSFJ Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 6, pp. 62~66.
 - (3) Kim, J. Y., Yoon, I. G., and Kim, H. Y., 2021, "A Study on the Power Construction Reduction of IDC Free-cooling HVAC System with Dam Deep Water Source," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (4) Choo, S. H., 2021, "A Study on the Review of the Water Intake of Deep Dams of the Pre-cooling Hydrothermal System Considering the Natural Water Level," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (5) Hyun, J. J., 2021, "A Study on Major Design Factors of Water Treatment Process using Hydrothermal Energy," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (6) Kim, Y. J., Hyun, J. J., and Choi, M. J., 2021, "Measures to Revitalize the Hydrothermal Energy Business in the Han River Basin," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (7) Cho, Y., 2021, "Research on the Development of Hydrothermal Energy Heating and Cooling System Technology using River Water," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (8) Jung, H. Y., Heo, H. W., and Hwang, Y. C., 2021, "45MW Class Francis Turbine Runner Manufacturing Process," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (9) Yoo, J., 2021, "Important Test Procedure and Purpose of Water Wheel Synchronous Generator for Mid-scale Hydropower Plant," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (10) Park, S. S., Jung, J. H., Yoon, M. J., Lee, S. W., Cha, H. W., and Kim, C. B., 2021, "Measures for Field Performance Testing of Mid-scale Hydropower Plants," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (11) Kim, J. Y., 2021, "Hydro Plant Generator Control System Production," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (12) Kim, S. W., Kim, J. H., Choo, S. H., Kim, T. H., Kim, H. D., Ahn, I. S., Kwon, Y. H., and Cho, Y., 2021, "Efficiency Test Method and Analysis of Efficiency Results using the Development Model Hydro Turbine," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (13) Park, N. H., 2021, "Model Hydro Turbine Field Performance Test Review and Method," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (14) Jung, J. T., 2021, "Hydro Turbine Vibration Measurement Results and Condition/Performance Monitoring System Development," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (15) Choi, H. S. and Kim, J. W., 2021, "Development of Comprehensive Aging Evaluation Technique for Power Generation Facilities," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (16) 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 KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (17) Kang, W., Choi, Y. M., Trang, N. D., Lee, S. H., and Shin, J. W., 2021, "Greenhouse Gas Smoke-stack Flow Measurement by 3-Dimensional Velocity Probe," Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
 - (18) Yoon, S. B., Choo, S. H., Lee, G. H., and Kim, Y. J., 2021, "Study on the Measurement of the Strainer Pressure Loss in the Water Intake System," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
 - (19) Kim, D. J., Jung, S. Y., Lee, S. H., and Kim, G. I., 2021, "Pyeongchon/Paldo/Bugok Pressurization Plant Main Inlet Valve Replacement through Continuous Manual Method, Underwater Shutoff Work, Temporary Piping Installation, etc.," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
 - (20) Lee, J. H. and Hong, S. H., 2021, "Consideration of Problems that arise during New Projects through the Connection of Multi-purpose Dam," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
 - (21) Park, S. H., 2021, "Nangang Dam Smart Floodgate Safety Management System Construction," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
 - (22) Baek, S. H., Ryu, G. S., and Park, J. I., 2021, "Centrifugal Pump Diagnostic Study using Blade Passage Frequencies (BPFs)," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
 - (23) Jung, J. H., Park, S. S., and Kim, J. H., 2021, "Research on Green Hydrogen Production Based on Renewable Energy," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
 - (24) Kim, B. K., Park, G. S., and Park, T. J., 2021, "Analysis of Stability Effects of Inline Pressurization Plant Water Impact Prevention Equipment," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
 - (25) Kim, J. J., Choi, H. Y., Park, B. W., and Park, S. J., 2021, "Development of Hydrothermal Energy Standard Design Model for Carbon-neutral (Net-Zero) Water Purification Plant," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
 - (26) Cho, T. Y. and Jung, J. H., 2021, "Water Industry Innovative Growth Support System," Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
 - (27) Park, J. Y., Kim, J. M., and Seo, M. S., 2021, "Prevention of Cavitation by Water Pipe Network,"

- Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (28) Jung, H. Y., Heo, H. W., and Hwang, Y. C., 2021, "45MW Class Francis Turbine Head Cover Structural Design and Stability Study," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (29) Yoo, J. H., 2021, "Main Power Generation Unit Assembly Test Procedure and Purpose of Water Wheel Synchronous Generator for Medium-scale Hydropower Plant," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (30) Park, S. S., Yoon, M. J., Kim, C. B., Park, J. S., Ma, J. A., Kim, H. J., and Cho, H. S., 2021, "Consideration of Possible Problems when Demonstrating Mid-scale Hydropower Plants," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (31) Bae, K. H., Cho, Y., Ahn, I. S., and Cho, T. Y., 2021, "A Case of Performance Improvement of Mid-scale Hydro Power Plant through Improvement of Water Wheel Runner," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (32) Jung, J. T., 2021, "Model and Real Hydraulic Turbine Vibration and Sress Wave Measurement Results and Analysis," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (33) Park, N. H., 2021, "Francis 50MW Efficiency Test Study Using ADM Method," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (34) 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.
- (35) Kim, H. D., Kim, J. H., Choo, S. H., Kim, T. H., Ahn, I. S., and Cho, Y., 2021, "Cavitation Study using Model Test of Mid-scale Hydropower Plant," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (36) Gong, H. J. and Park, Y. J., 2021, "A Study on Heat Pump Design Applicable to Water Treatment Process," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (37) Shin, J. W. and Yun, R., 2021, "Recovery of River Temperature after Utilization of the Hydrothermal Energy," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (38) Cho, H. J. and Kim, T. H., 2021, "Introduction of Smart City Hydrothermal Energy and Innovative Heat Trading Technology," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (39) Cho, Y., Kim, T. H., Kim, H. D., Song, S. I., and Moon, I. S., 2021, "Development of Medium-to-large Hydrothermal System Technology using River Water," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (40) Lee, B. J., Cho, J. J., Hur, G. C., Shin, H. K., Cho, J. H., and Choi, B. S., 2021, "Analysis of a Reverse Brayton Cycle using Air Refrigerant," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.