

2023년 에너지/환경기계 분야 연구동향

최종웅*

1. 서 론

2023년도 에너지·환경기계 분야에는 하계 학술대회에서는 11편, 동계 학술대회에서는 18편의 논문이 발표되었다. 하계 학술대회에서 발표된 논문에는 일반세션으로 1편, 특별세션으로 물산업기자재 요소기술에 대하여

9편 포스터세션 1편이 발표되었으며, 동계 학술대회에서 발표된 논문에는 일반세션으로 4편, 특별세션으로 Water Tech. 부문 5편, Water Energy 5편, 다부처 수열에너지 4편이 발표되었다.

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

2. 에너지·환경기계분야

하계 학술대회 에너지·환경기계 분과 연구내용으로 일반세션에서는 이지은 등⁽¹⁾은 담수와 전력을 동시에 생산하여 추가적인 에너지 소비 없이 담수를 생산할 수 있는 TEPG (Transpiration Driven Electrokinetic Power Generator) 기반의 WEP(Water and Electrokinetic Power Production) 모듈을 개발하였다. 또한, WEP 모듈의 담수와 전력 생산 성능에 영향을 미치는 주요 작동조건(공급수의 농도, 외기 온도 등)에 대해 WEP 시스템의 성능평가를 수행하였으며, 실제 해수를 사용한 성능평가를 통해 담수와 전기를 동시에 생산할 수 있는 WEP 모듈의 적용 가능성을 평가하였다. 그 결과로 해수를 사용한 WEP 모듈의 전압 생산량이 수돗물과 탈이온수에 비해 각각 150%, 500% 높음을 제시하였다. 특별세션에서는 광기정 등⁽²⁾은 수력현대화사업 및 스마트발전소 구축에 대하여 소개하였다. 김태균 등⁽³⁾은 시화조력 수차발전기 냉각수 시스템 수질개선 필터링 기술로서 최하부 드레인 배관 부재로 냉각수 배수가 불가능하며, 폐수 보관일수 및 용량 한계에 따른 폐기물의 다량 발생, 화학세정의 불가능, Fe 농도 저감 미미 등의 문제로 밀폐형 순환방식의 수차발전기 냉각수에 대한 수계 안정화 필요성을 언급하였다. 이를 해결하기 위한 하나의 방안으로 Fe 이온 필터링기 설비를 개

발하여 Fe 이온을 순차적인 필터링을 통한 냉각수를 안정화시키는 기술에 대하여 소개하였다. 서석현 등⁽⁴⁾은 시화호 조력발전소에서 발간한 조력발전소 특화기술 44선에 대하여 소개하였다. 특화기술은 조력발전의 발전계획 운영관리 5선, 기계설비 운영관리 17선, 전기설비 운영관리 19선, 해양관리 3선으로 분야별 분류 및 체계화하였다. 전병준 등⁽⁵⁾은 국내 서해안 최초 관리동 해수열 냉난방 실증시스템('21, 20RT) 운영 성과를 토대로 조력문화관에 확대 도입하기 위한 해수열 에너지 가치를 제고하였으며, 무한한 해양에너지 개발 및 상용화를 촉진하고, 청정에너지 확산을 통해 2050 탄소중립, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성을 위한 정부정책에 대하여 선도적으로 이행하였다. 조력문화관 해수열 냉난방 시스템 도입에 대한 대내외 환경 및 SWOT 분석, 운영여건 분석, 기본 구상 및 추진 방안에 대하여 소개하였다. 문인식 등⁽⁶⁾은 500 RT급 하천수 열원 수열에너지 하이브리드 시스템 설비 구축에 따른 실증 데이터를 확보하기 위하여 냉방 시운전에 대하여 소개하였으며, 기존 설비는 보일러/흡수식 냉동기로 냉난방을 공급하는 시스템에서 수열원 히트펌프(친환경)와 열원 하이브리드 설비로 냉난방을 공급하는 설비로 변경·구축한 수열에너지 시스템에 대한 냉방 시운전에 대하여 발표하였다. 이종권 등⁽⁷⁾은 친환경선박의 현재와 미래라는 주제로 추진배경, K-water 낙동강유역 관리선박 현황, 친환경 선박의 현재 기술동향, 미래 친환경 선박 비전 및 기술에 대하여 소개하였다. 김동휘 등⁽⁸⁾은 정수장 배슬러지 슬러지 균등화 개선방안 연구를 통하여 배슬러지 내의 사각지대 해소를 적체슬러지 해소, 용해성 방간 및 악취 감소, 청소작업 필요성이 대폭 줄어들어 따른 운영 및 유지관리 효율성을 확보하였으며, 슬러지 균등화로 배출수 처리 공정을 안정적으로 운영 가능함을 결과로 제시하였다. 또한 배슬러지내 회전왕복식 교반기를 적용함으로써 슬러지 적체해소 및 균등화로 배출수 처리시설 안정성 제고등 상당한 개선 효과가 예상된다는 기대효과에 대하여 발표하였다. 김지훈 등⁽⁹⁾은 수도사업장 최대 에너지 소비 설비인 펌프에 대한 성능관리 종합개선 방안을 마련하여, 탄소중립 가속화를 도모하기 위한 펌프 성능개선 방안에 대하여 소개하였다. 펌

* 한국수자원공사
E-mail : jwchoi@kwater.or.kr

프 성능개선 방안으로 성능관리 기준의 명확화와, 펌프 조기 성능개선 기반 마련으로 성능관리 기준을 보완하고, 시설관리 시스템 내실화 및 운영통합시스템 연계 구축으로 성능관리 관리시스템 체계화와, 펌프 설계효율 향상 및 관련 신기술 적용 확대 방안 마련으로 고효율 펌프 구매 및 신기술 활용 확대에 대하여 소개하였다. 추성훈 등⁽¹⁰⁾은 정수장 기반 소수력 연계 그린수소 생산시설 및 부생수소 활용에 관한 자체 기술 개발 과제 일환으로 그린수소 연구동향 및 출력제한에 따른 P2G 모델을 제안하였다. 포스터 세션에서 서현석 등⁽¹¹⁾은 상용 CFD 프로그램인 ANSYS FLUENT를 이용하여 수소저장탱크, 열교환기 등 주요 수소설비의 형상 및 치수를 고려한 내부 공간에서 기체 수소 누출 시 누출 수소에 대한 확산 및 유동특성에 대한 3차원 수치해석을 진행하였으며, 지하공간 내부로 유입되는 기체 수소의 유량변화, 지하공간 천장 영역에서 형성되어 있는 배기구 위치 및 면적 변화, 그리고 공기 유입구 변화에 따른 누출수소의 공간 내 확산현상 및 배기성능을 파악하였다. 그 결과로서 계산 공간 내 수소 누출 시 환기유량이 증가할 경우 공간 내 누출 수소로 인한 정체 영역 및 평균 수소농도가 감소하게 되며, 이는 배기구를 통해 누출된 수소가 효과적으로 배출되며, 계산 공간 내 배기구 개수 증가로 인한 배기면적 증가는 공간 내 누출 수소로 인한 수소농도를 감소시키고, 누출된 수소의 배기성능을 확보하기 위해서는 지하공간 상단부에 효과적인 배기구 설계가 반드시 필요함을 언급하였다. 그리고 계산 공간 내 유입구 개수가 증가 할 경우 외부 공기의 유입속도가 저하되어 공간 내에 누출수소로 인한 정체영역이 증가하게 되고, 이는 시간이 지나도 수소농도가 증가되는 원인을 제시하였으며, 유입구의 형상비 변화를 통해 유입속도를 변화시켜 배기성능을 향상시킬 수 있는 설계가 고려되어야 함을 제시하였다.

동계 학술대회 에너지·환경기계 분과 일반세션에서전민규 등⁽¹²⁾은 TDLAS(Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy) 측정장치를 2차원으로 구성하여 프로판-공기 예혼합화염의 소화과정을 실시간으로 계측하였으며, 실시간 온도 및 농도장을 함께 평가함으로써 배기가스의 시간 평균 농도 측정결과를 분석하였다. 그 결과로서 2차원 TDLAS 측정장치를 활용하여 연소 후 생성물인 H₂O 가스의 흡광도 분석을 통해 연소상태를 실시간 평가하였으며, TDLAS의 광학측정 배열을 mesh 형태로 구성하였으며, 2차원 온도 및 농도장을 동시에 재구성하여 1점 표본 측정의 한계를 극복하여 500ms 시간 간격의 정확한 정보를 제공함으로써 광학식 흡수분광법을 응용한 배기가스의 시간 평균 농도 측정 결과를 분석 가능함을 제시하였다. 구경민 등⁽¹³⁾은 이차전지용 CNT(Carbon Nano Tube) 도전재의 초기 응집된 입자를 분산하기 위하여 인터랙션 챔버를 통과시켜 전단력, 충돌, 공동현상을 발생시켜 응집된 입자크기를 분리시키

고 균질화하는 유로를 개발중에 있으며, CNT 입자의 특성에 적절한 용매를 사용하여 분산액을 조성하고, 목적에 부합하는 분산 형상을 구현하였다. 인터랙션 챔버의 유로 설계방향은 이차전지 도전재에 적합한 이온 전도성을 높이며 도전재의 사용량을 줄이면서 전기전도도가 높일 수 있는 CNT 도전재를 제작하는 것이 본 연구의 목표이다. 궁극적으로 이차전지의 배터리 성능과 수명을 높이는 것이며, CNT 도전재의 균일 고분산 기술을 확보하기 위하여 CNT 입자특성에 따른 인터랙션 챔버 개발에 대하여 소개하였다. 이호준 등⁽¹⁴⁾은 마이크로채널 고압 분산장비를 이용한 이차전지 CNT 도전재 분산 주제로 소음이 적은 서보모터형으로 고압을 구현하고 마이크로채널을 가진 분산시스템으로 고장예측이 가능한 고압분산 장비 개발에 대하여 발표하였다. 고은정 등⁽¹⁵⁾은 차량 압력, 진동 등 도로의 미활용 에너지를 압전소자를 통해 회수하고, 회수한 에너지로 블랙아이스 동결을 억제하는 방법인 V2H(Vibration to Heat) 시스템의 기초 성능을 분석하였다. 그 결과로서 겨울철 폭설에 의한 교통사고 중 블랙아이스로 인한 피해 대응 방안을 위해 V2H 시스템의 기초성능을 분석하여 LabScale 단위에서의 분석을 위해 압전소자, 다이오드, 커패시터, Paltier 소자를 사용하여 회로를 구성하였으며, Paltier 소자에서 열이 발생함을 확인하였다. 이 결과를 토대로 실제 현장에서 적용될 V2H 시스템의 압력소자, 가열소자, Sorption 소재를 선정 및 설계에 대하여 소개하였다.

특별세션에의 Water Tech. 부분에서는 조인준 등⁽¹⁶⁾은 유량제어 기능을 개선한 역류방지 볼밸브에 대하여 소개하였다. 펌프장의 볼밸브는 유량제어 기능이 미흡하여 이를 개선하기 위한 방안으로 볼밸브 내부 유동특성으로 발생하는 Cavity를 감소시켜 유량제어밸브 기능을 복원하고 유압식 조작으로 개폐력 및 체크밸브 기능을 유지하는 디스크 형상 개선 방안과 디스크 구조 또는 재질을 이원화하여 볼밸브의 경량화와 시공성을 향상시키는 방법에 대하여 발표하였다. 박소정 등⁽¹⁷⁾은 정수장의 청결한 이미지 제고와 국민 요구 충족을 위해 정수처리 공정 관리강화 일환으로 단일 설비로 유량제어가 가능하고, 컵 모양 여과망 도입, 통수단면적을 확보, 자동세척시스템 및 일체형 배구가 가능한 필터 볼밸브에 대하여 소개하였다. 서현우 등⁽¹⁸⁾은 정수공정 운영중 연속적 소형생물 여과를 위한 여과망 자동세척 및 폐색감시로 유출 여과장치 최적 운영으로서 관부자재 활용, 제한공간 내 통수능을 극대화하여 여과면적 확보, 주기적 자동세척을 위한 세척 시스템을 자체 개발하였으며, 차압을 활용한 감시강화를 위한 폐색감시 모델 개발, 밸브실용 패키지 모델을 자체 개발 및 실증에 대하여 발표하였다. 이현기 등⁽¹⁹⁾은 성능개선 주기 단축과 효율 향상 도모를 위하여 펌프설비 및 유량계 운영관리를 위한 수도사업장 설비관리 종합개선 방안에 대하여 고찰하였다. Hiroki-Domon 등⁽²⁰⁾은 한국형 On-Site 고농도 차염발생장치 설치 모델 연구에 대하여 소개하였다.

Water Energy 특별세션에서 채동훈 등⁽²¹⁾은 4차 산업혁명에 따른 데이터산업의 급격한 발전으로 빅데이터를 위한 데이터센터 시설수요가 급증함에 따라, 댐이 보유하고 있는 수열에너지 부존량을 발전용량으로 환산할 경우, 저수량 월 1% 활용 기준 약 600MW이다. 소양강댐은 그 중 21.9% (133MW)의 연평균 7°C 풍부한 청정 심층수를 보유하고 있으며, 이를 활용한 수열에너지로 데이터센터 내 냉방 공급시 국가적 미션인 온실가스 감축, 신재생에너지 보급확대에 크게 기여할 것으로 예상된다. 강원도 춘천의 수열에너지 융복합 클러스터 사업의 성공적 도입으로 신기후체제에 대응하는 K-water형 물·에너지·도시 NEXUS 모델을 제시하였다. 광정기 등⁽²²⁾은 다목적댐 양수발전 개발여건 및 향후방향 주제로 국내의 개발현황 및 정책환경, 개발여건, 사업 추진 전략 그리고 기대효과 및 향후 방향에 대하여 소개하였다. 김찬용 등⁽²³⁾은 그린수소사업 추진현황 및 향후 계획에 대하여 발표하였다. 남현우 등⁽²⁴⁾은 알칼리인 수전해 스택의 압력·온도에 따른 효율변화 모델링 주제로 수전해 장치 생성물의 온도는 동일하게 설정하여 수전해 장치내에서 각 구성품 간의 온도차는 발생하지 않으며, 물의 온도와 양을 조절하여 수전해 장치의 온도를 조절하였다. 수전해장치로부터 외부로의 열손실은 대류에 의한 것으로 가정하였으며, 재순화시키는 물의 양은 필요한 물의 양보다 많으며 이를 통해 온도를 조절한다는 가정의 시스템 모델을 설정하여 시뮬레이션 모델을 검증하였다. 김태형 등⁽²⁵⁾은 부산 에코델타 스마트시티 조성 배경, 스마트빌리지 에너지 기술 구성, 열에너지 거래 혁신기술, 도시 단위 에너지자립 기술을 제안하였으며, 국내 최초 제로에너지 1등급 주택단지를 조성하여, 전국 단독 주택 대비 에너지 비용 약 70%가 절감됨을 고찰하였다. 다부처 수열에너지 특별세션 부분에서 조용 등⁽²⁶⁾은 터보 압축기, 자기베어링 및 갭센서 관련 핵심 기술 확보 및 향상을 통한 수열원용 친환경 대용량 히트펌프 개발 및 적용한 사무용 건물의 500 RT급 수열 하이브리드 시스템 구축에 관하여 소개하였다. 서정식 등⁽²⁷⁾은 국내 하천수 온도분포를 이용한 수열원 히트펌프의 계절 성능계수 개발 연구로서 계절 성능계수 및 온도변을 소개하고 국내 하천수 온도 분포와 계절 성능계수 적용결과에 대하여 발표하였다. 정현준 등⁽²⁸⁾은 수열시스템 통합 설계 플랫폼 Web 기반 프로그램을 개발하였으며, GUI 구성 개념도, 입력정보 Web 기반 GUI 구현, 출력정보 Web 기반 GUI 구현에 대하여 소개하였다. 김범석 등⁽²⁹⁾은 수열원 프리쿨링에 유리한 소양강댐에 구축된 100 RT급 냉방시스템 실증플랜트에서 최적운전제어를 실증하기 위하여 수열원 온도, 냉동기, 펌프 및 팬의 유량 데이터를 기반으로 수열원 프리쿨링, 기계식 냉방, 수열원-기계식 복합운전이 가능한 최적 운전제어시스템을 개발하고 운영하였다. 실증 플랜트는 취수시스템, 수열시스템, 서버룸#1(수열원), 서버룸#2(공기열원)으로 구성하였으며, 서버룸 상면 제어 온도

와 취수부에 유입되는 댐심층수의 수온을 고려하여 운전모드 전환, 공기조화시스템의 세부적 제어가 되도록 개발하였다. 에너지 성능측정 모듈 개발을 통하여 운전설비 상태와 소비에너지를 실시간 분석하여 댐심층수 열원을 활용한 프리쿨링의 효과를 실증에 대하여 소개하였다.

3. 결론

2023년 한국유체기계학회 하계·동계 학술대회에 발표된 논문을 중심으로 연구동향을 간단히 정리하였다. 총 29편의 논문이 발표되었으며, 에너지 분야에서는 수열에너지, 수력에너지, 수소에너지에 대한 연구 및 발표가 활발하게 진행되었다. 환경기계 분야에서 다양한 주제로 실험적 방법과 수치적 방법을 통한 연구가 진행되었다. 하계 학술대회에서는 수력현대화 및 조력발전소 특화기술, 수열에너지의 실증에 대하여 고찰하였으며, 동계 학술대회에서는 환경기계, Water Tech., Water Energy 이용기술, 다부처 수열 주제 중심으로 연구가 진행되었다. 앞으로도 해당 분야에서 새로운 주제가 제기될 것이고 이에 대한 활발한 연구가 진행될 것으로 예상된다.

References

- (1) Lee, J. U., and Kim, Y. D., 2023, "Development and performance evaluation of a WEP module for simultaneous production of fresh water and electrokinetic power," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (2) Kwak, J. K., Cho, T. Y., Lee, S. W., Ha, S. J., and Park, S. S., 2023, "Hydropower Modernization project and Smart Hydroplant Construction," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (3) Kim, T. G., Kwak, H. J., Bang, J. H., Jun, B. J., Kum, M. S., Kim, B. S., and Cho, S. I., 2023, "Sihwa Tidal Power Turbine Generator Cooling Water System Water Quality Improvement Filtering Technology," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (4) Seo, S. H., Jeong, J. G., Kwak, H. J., Jun, B. J., Lee, S. Y., Kim, T. G., and Jo, G. Y., 2023, "Specialized Technology in the field of Tidal Power Generation Machinery," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (5) Jun, B. J., Kwak, H. J., Jeong, J. H., Seo, S. H., and Lee, S. Y., 2023, "Basic Concept for Introducing a Seawater Heating and Cooling System at the Tidal Cultural Center," Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (6) Moon, I. S., Cho, Y., Kim, T. H., and Kim, H. D., 2023, "Test Drive of the Hydrothermal Energy Hybrid System Cooling with River Water Heat Source in the 500 RT

- Level,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (7) Lee, J. K., Jung, S. Y., and Jang, S. M., 2023, “The Present and Future of Eco-friendly Ships,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (8) Lee, J. H., and Kim, D. H., 2023, “Improvement Plan for Sludge Equalization of the Water Purification Plant Sludge,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (9) Kim, J. H., Ryu, K. S., Im, D. H., Hyeon, I. S., and Lee, H. K., 2023, “Pump Performance Improvement Plan at K-water’s Water-works Plant to reduce Energy Costs,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (10) Choo, S. H., Kim, S. M., Nam, H. W., Lee, J. U and Jo, H. S., 2023, “Research Trends for the Green Hydrogen and Proposal of the P2G Model,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (11) Seo, H. S., and Hwang, I. J., 2023, “Numerical Study on the Diffusion Characteristics and Ventilation under Hydrogen Leakage in the Underground Hydrogen Facilities,” Proceedings of the KSFM 2023 Summer Annual Meeting.
- (12) Jeon, M. G., Kim, H. H., and Yoon, S. H., 2023, “Measurement of Time-Averaged Concentration of Exhaust Gas using Absorption Spectroscopy,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (13) Koo, K. M., and Lee, H. J., 2023, “A Study of Interaction Chamber of Dispersion Equipment for CNT based Conductive Materials of Lithium Secondary Battery,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (14) Lee, H. J., and Goo, K. M., 2023, “Dispersion of Conductive Additive of Carbon Nanotube in Secondary Batteries using Microchannel High-pressure Dispersion Equipment,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (15) Ko, E. J., Song, T. W., Kim, Y. M., Ko, J. W., and Oh, S. J., 2023, “Basic Performance Analysis of V2H (Vibration-To-Heat) System Based on Road Vibration Energy,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (16) Cho, I. J., Park, S. J., and Park, M. K., 2023, “Backflow Prevention Ball Valve with Improved Flow Control Function,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (17) Park, S. J., Nam, Y. H., Jeon, K. S., and Hyun, J. J., 2023, “Innovation in Small Spaces : Game Changer Filter Ball Valve in Tap Water Quality Control,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (18) Seo, H. W., Jeon, O. P., Choi, B. S., Oh, S. B., and Kang, J. S., 2023, “Optimal Operation of the Larva Filtration Device through Automatic Cleaning and Blockage Monitoring of the Filter net for Continuous Filtration of small Organisms during Water Purification Process Operation,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (19) Ryu, K. S., Im, D. H., Kim, J. H., Hyeon, I. S., and Lee, H. K., 2023, “Comprehensive Improvement Plan for K-water Waterwork Facility Management,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (20) Domon, H., Ohara, M., Kim, J. H., Park, J. D., and Jeon, K. H., 2023, “Study on Installation of Korean Model On-Site High Concentration Sodium Hypochlorite Generation System,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (21) Chae, D. H., Kim, K. R., Im, J. G., Kim, D. J., and Noh, S. H., 2023, “Hydrothermal Cluster Utilizing Deep Water from Soyang River Dam,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (22) Cho, T. Y., Jeong, H. G., Lee, S. W., Park, S. S., and Kwak, J. K., 2023, “Multi-purpose Dam Pumped Storage Development Conditions and Future Direction,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (23) Jung, H. B., and Kim, C. Y., 2023, “Green Hydrogen Business Progress Status and Future Plans,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (24) Choo, S. H., Nam, H. W., Kim, S. M., Lee, J. E., and Jo, H. S., 2023, “Modeling of Efficiency Changes according to Pressure and Temperature of Alkaline Water Electrolysis Stack,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (25) Park, H. J., Choi, J. S., and Kim, T. H., 2023, “Introduction and Proposal of the Energy-Independent City Technologies in Busan Eco Delta Smart City,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (26) Cho, Y., Jeong, Y. C., Choi, J. W., Ahn, S. H., Kim, T. H., Kim, H. D., and Song, S. I., 2023, “Construction of a 500 RT Hydrothermal Hybrid System in an Office Building,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (27) Seo, J. S., Cho, Y., Yun, L., Jang, K. C., Song, S. I., and Jeong, Y. C., 2023, “Development on a seasonal performance factor of water source heat pumps using temperature distributions of river in Korea,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (28) Jeong, H. J., Shin, J. W., and Yun, L., 2023, “Web-based WSHP system integrated design platform program development,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.
- (29) Kim, B. S., Song, S. G., Choi, J. W., and Lee, J. B., 2023, “Development of an Optimal Operation Control and Performance Measurement Module for a DC Free-cooling HVAC System with Water-thermal Source,” Proceedings of the KSFM 2023 Winter Annual Meeting.