

2024 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회

2024 KSES Annual Spring Conference

2024. 4. 17(수)~19(금)

부산 부경대학교 대연캠퍼스



한국태양에너지학회
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY

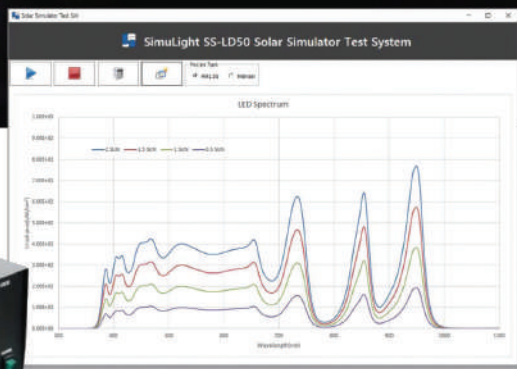
세종특별자치시 한누리대로 249 에스제이타워 804호(나성동)
·전화: 044-864-1977 ·팩스: 044-864-1978 ·이메일: solar@kses.re.kr



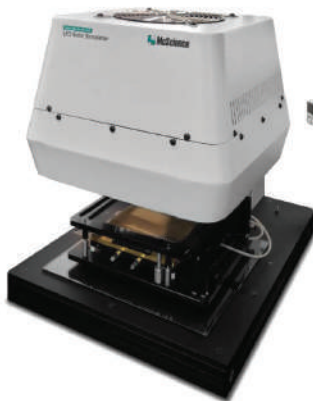
SimuLight LED50 / 150 / 300 LED Solar Simulator (MPPT 포함)

LED Solar Simulator는 복수의 LED를 광원으로 사용하는 인공 태양광원 제품으로써, IEC 60904-9, ASTM E927 그리고 JIS C8912 등에서 규정하는 인공 태양광원의 국제 품질 규격을 준수합니다. 스펙트럼 일치도, 조사 면적 균일도, 광 안정도의 성능 모두 A 등급을 만족하며, 태양전지의 효율 측정 장시간 신뢰성 평가에 적용할 수 있습니다. 추가적으로, 개별 LED 구동 전류를 제어하는 방식으로 전체 조사 스펙트럼 분포 및 광량을 변경할 수 있는 기능을 제공합니다.

- Multi-LED
- +
- Class AAA
- +
- Controllable
- +
- Spectrum
- +
- Irradiance



- Solar Simulator
- Multiple LED Light Source
- Class AAA Performance
- Solar Cell Efficiency Measurement
- PV Device Long Term Test (MPPT)
- Controllable Spectrum & Irradiance



LED Solar Simulator(SS-LED150)



LED Solar Simulator(SS-LED300)

2024 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회

2024 KSES Annual Spring Conference

2024. 4. 17(수)~19(금)
부산 부경대학교 대연캠퍼스



한국태양에너지학회
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY

세종특별자치시 한누리대로 249 에스제이타워 804호(나성동)
·전화: 044-864-1977 ·팩스: 044-864-1978 ·이메일: solar@kses.re.kr

“본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.”

CONTENTS

■ 초대의 글	5
■ 서문	6
■ 축사	7
■ 2024 한국태양에너지학회 춘계학술대회 조직위원회 구성	8
■ 2024 한국태양에너지학회 춘계학술대회 프로그램위원회 구성	9
■ 진행 일정	10
■ Special Session	11
■ Oral Session	14
건물에너지설비 Building Energy System (BES)	14
제로에너지건물 Zero Energy Building (ZEB)	15
건축환경 Building Environment Engineering (BEE)	16
태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)	18
태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)	20
풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)	21
신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)	22
자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)	23
에너지저장 및 섹터커플링 Energy Storage System & Sector Coupling (ESS&SC)	24
태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)	25
에너지정책 및 기업기술 Energy Policy & Corporate Technology (EP&CT)	26
■ Poster Session	27
■ 참가 및 등록안내	33
■ 주요 행사일정 및 장소	34
■ 구두 및 포스터 발표 안내	36
■ 좌장 및 발표자 숙지사항	37
■ 발표장 안내도	38
■ 부경대학교 오시는 길	39



초대의 글



존경하는 한국태양에너지학회 회원님과, 회원사 여러분, 그리고 태양에너지 연구에 관심이 많으신 전문가 여러분들을 2024년 한국태양에너지학회 춘계학술대회에 여러분들을 초대합니다.

최근 전쟁과 기상이변 등 급격하고 어려운 상황들이 전개되어 가고 있는 상황으로 작년 말 개최된 COP28 최종 합의문에 기후변화의 원인인 지구온난화를 일으키는 주체로 '화석연료'를 공식적으로 지목하게 되었으며, 2050년 탄소중립을 실현하기 위하여 화석연료에서 벗어나는 에너지전환을 명시하는 큰 성과를 얻게 되었습니다. 따라서, 전 세계적으로 RE100과 탄소국경조정제도 등 태양에너지의 가치는 더욱더 높아만 가고 있는 상황이나 우리 대한민국에서는 그리 녹록치만은 않은것 같습니다. 국내 태양광 설치와 관련된 인허가 등 규제 문제와 중국의 저가공세, 더디기만 한 풍력발전, 역할 재정립의 태양열, CHPS 시행에 따른 연료전지의 확대에로 등의 종합적인 상황전개가 신재생에너지와 관련된 기술의 발전과 영역확대가 더욱더 절실한 상황인 듯 합니다.

이를 개선해 보기 위하여 우리 태양에너지학회는 2024년 춘계학술대회를 한반도 최남단의 글로벌 해양도시 부산에 위치한 부경대학교에서 개최합니다.

새롭게 돌아오는 새싹과 봄꽃이 만발한 부경대학교 캠퍼스를 찾아와 주시면

'신재생에너지 및 건물에너지, 에너지신산업, 에너지 정책 등' 11개 분야의 다양한 프로그램들을 만나 보실수 있을 것입니다. 특히, 태양열 융합, 저탄소 모듈개발, 수소태양광, 에너지 믹스 등 특별세션을 마련하였으니 여러분들의 많은 관심과 토론을 통하여 교류의 장이 될 수 있도록 정성껏 준비하였습니다.

한국 태양에너지학회 회원 및 회원사 여러분, 그리고 재생에너지에 관심이 많으신 여러분!

국내외의 에너지정책과 최신 연구 및 산업동향 등을 확인할 수 있는 "2024년 한국 태양에너지학회 춘계학술대회"에 참석하시어 산학연정의 전문가들과 기술정보 교류의 장이 되길 기원합니다.

2024. 4

2024년 한국태양에너지학회 춘계학술대회

조직위원장 김 의 경 올림

서문

존경하는 한국태양에너지학회 회원 및
특별회원사 여러분께

안녕 하십니까. 2024년 한국태양에너지학회 춘계학술대회 공동 프로그램위원장 고석환, 도성록입니다. 벚꽃이 한창인 지금 춘계학술대회를 개최하게 되어 매우 설레고, 회원 여러분들을 빨리 만나 뵙고 싶네요. 이번 학술대회는 부산의 부경대학교에서 개최하게 되었습니다. 맛있는 먹거리와 광안대교의 야간 뷰가 인상적인 도시입니다.



이번 학술대회를 준비하면서 많은 회원 분들 뿐만 아니라 학기 중에 대학교 내에서 공간의 임대 및 활용이 매우 어렵다는 것을 다시 한번 느끼게 되었습니다. 학술행사 공간이 넉넉한 상태에서 프로그램을 구성하지 못해 아쉬움이 있긴 하지만, 최선을 다했으니 너그럽게 이해해주시기 바랍니다.

이번 학술대회는 태양광에너지, 태양열융합, 풍력에너지, 신재생융합, 자원량평가, 에너지저장 및 섹터커플링, 태양수소에너지, 정책세션, 건물에너지설비, 건축환경, 제로에너지건물 세션으로 총 11 분과로 구성을 하였으며, BIPV, 수소에너지, 에너지믹스, 저탄소모듈 등의 특별세션도 준비되어 알찬 프로그램을 완성하였습니다.

이번 학술대회의 주요발표 아젠다는 탄소중립, BIPV, 인공지능, RE100, 섹터커플링 등 현재 이슈가 되고 있는 미래 재생에너지 기술에 관한 연구결과가 발표될 예정입니다. 금번 춘계학술대회는 태양에너지 및 건축에너지 기술에 대한 최신 연구동향을 엿볼 수 있는 좋은 기회가 될 것으로 기대됩니다.

본 학술대회 준비를 위해 많은 조직위원회 및 프로그램위원회 위원님들이 노력과 헌신을 해주셨습니다. 특히 프로그램 구성에 힘써 주신 분과위원장님과 위원님들께 감사의 말씀을 드립니다. 춘계학술대회 준비에 힘써주신 김의경 조직위원장님, 박창대 회장님, 그리고 사무국 엄지선 과장님께도 감사의 말씀을 드립니다. 마지막으로 성공적인 학술대회를 개최를 후원해 주시는 특별회원사와 학회 이사님들께도 감사의 말씀 드립니다.

2024. 4

2024년 한국태양에너지학회 춘계학술대회
프로그램위원장 **고 석 환, 도 성 록** 올림

축사



한국태양에너지학회 회원 및 과학기술인 여러분께

2024년도 한국태양에너지학회 춘계학술대회에 참석해주신 우리 학회 회원 및 과학기술인 여러분을 환영합니다.

우리 학회는 매년 2회의 학술대회를 개최하고 있습니다. 이번 춘계학술대회는 봄을 가장 먼저 맞이할 수 있는 부산 부경대학교에서 4월17일부터 19일까지 3일간의 일정으로 개최합니다. 이번 학술대회도 건물에너지설비, 제로에너지건물, 건축환경, 태양광에너지, 태양열융합, 신재생융합, 풍력에너지, 자원량평가, 에너지저장, 태양수소에너지의 10개 분과로 구성되어 진행됩니다. 본 학술대회를 통하여 태양에너지와 건물에너지를 비롯한 재생에너지에 대한 최신 연구 동향과 결과들을 접할 수 있습니다. 수준높은 구두 발표 및 포스터 발표를 통하여 회원들간의 활발한 소통과 정보 교류가 이루어집니다.

한편, 올해는 다른 어느해보다 재생에너지 분야의 어려움이 예상됩니다. 정부의 R&D 예산 감축에 더해 재생에너지의 비중을 낮추는 정책적 변화가 크게 체감되는 한 해가 될 것으로 예상됩니다. 여러 지면을 빌어 말씀드렸지만, 가장 나쁜 상황은 앞으로 좋아질 일만 남았다는 의미와도 같습니다. 우리 학회도 마찬가지이지만 우리 학회와 함께 가는 회원님 및 특별회원사들에게도 어둠속에서 밝은 미래를 준비하는 도광양晦(韜光養晦)의 한해가 되기를 기원합니다. 또한 이번 학술대회가 그런 기회의 장이 되기를 바랍니다.

이번 학술대회의 준비를 위하여 많은 분들이 노력해주셨습니다. 김의경 조직위원장님과 고석환 및 도성록 프로그램 위원장께 감사드립니다. 또 학기 중임에도 발표회장 준비를 많은 노력을 해주신 부경대학교 왕재필 및 신동운 부회장님께도 특별한 감사를 드립니다. 김홍욱 부회장님, 사무국 엄지선 과장님 등 조직위원회와 프로그램위원회 위원님들도 많은 노력을 해주셨습니다. 또한 우리 학회의 특별회원사를 비롯하여 후원기업들에게도 감사를 전합니다.

햇살이 눈부신 4월 따뜻한 부산에서 좋은 학술 축제를 준비하였습니다. 학술발표대회는 학술분야의 축제입니다. 유익한 정보와 교류는 물론 재미있는 학술대회를 위하여 많은 준비를 하였으니, 부디 많이 오셔서 유익하고 즐거운 시간을 가지시길 바랍니다.

2024. 4
사단법인 한국태양에너지학회
회장 박창대 올림

2024 한국태양에너지학회 춘계학술대회 조직위원회 구성

분 과	이 름	소 속
조직위원회	김의경	인천대학교
1) 총무	김홍욱	에이블에너지
2) 재무	박인	에코다
3) 전시/협찬	임병주	한국기계연구원
4) 프로그램	고석환	한국에너지기술연구원
	도성록	한밭대학교
5) 강좌/워크숍	신동윤	부경대학교
6) 홍보/출판	최성우	한국에너지공단
7) 사무국	엄지선	한국태양에너지학회

2024 한국태양에너지학회 춘계학술대회 프로그램위원회 구성

분과	이름	소속	역할
1. 프로그램위원회	고석환	한국에너지기술연구원	프로그램위원장
	도성록	한밭대학교	프로그램위원장
1) 건물에너지설비 Building Energy System (BES)	박병용	한밭대학교	분과위원장
	이광호	고려대학교	분과위원
	신민재	한양대학교	분과위원
	김동수	한밭대학교	분과위원
2) 제로에너지건물 Zero Energy Building (ZEB)	윤석민	성균관대학교	분과위원장
	최영진	경기대학교	분과위원
	김주욱	조선대학교	분과위원
	임현우	건국대학교	분과위원
3) 건축환경 Building Environment Engineering (BEE)	이규남	부경대학교	분과위원장
	박상훈	인천대학교	분과위원
	이동석	계명대학교	분과위원
	김철	부경대학교	분과위원
4) 태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)	배수현	한국에너지기술연구원	분과위원장
	임종철	충남대학교	분과위원
	강동원	중앙대학교	분과위원
	우성민	충북테크노파크	분과위원
5) 태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)	임병주	한국기계연구원	분과위원장
	조성훈	한국기계연구원	분과위원
	정재용	세한에너지(주)	분과위원
	이도성	한국태양열융합협회	분과위원
6) 풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)	이광세	한국에너지기술연구원	분과위원장
	박세명	한국에너지기술연구원	분과위원
	이송준	한국에너지기술연구원	분과위원
7) 신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)	김진희	공주대학교	분과위원장
	강은철	한국에너지기술연구원	분과위원
	김종현	한국폴리텍대학	분과위원
	최취웅	전남대학교	분과위원
8) 자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)	김진영	한국에너지기술연구원	분과위원장
	이윤곤	충남대학교	분과위원
	윤창열	한국에너지기술연구원	분과위원
	조상민	에너지경제연구원	분과위원
9) 에너지저장 및 섹터커플링 Energy Storage System & Sector Coupling (ESS&SC)	김성수	한국공학대학교	분과위원장
	김경민	한국지역난방공사	분과위원
	이경호	한국에너지기술연구원	분과위원
10) 태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)	심욱	한국에너지공과대학교	분과위원장
	김정규	성균관대학교	위원
	서동한	한국에너지공과대학교	위원
	진경석	고려대학교	위원
11) 에너지정책 및 기업기술 Energy Policy & Corporate Technology (EP&CT)	최성우	한국에너지공단	분과위원장
	권태훈	한국에너지공단	분과위원
	우성민	충북테크노파크	분과위원

진행 일정

- 일 시 : 2024년 4월 17일(수) ~ 19일(금)
- 장 소 : 부산 부경대학교 대연캠퍼스

4월 17일 (수요일)							
Time	미래관	동원장보고관		공학2관	공학1관		
	소민홀 (213호)	리더십홀 (307호)	동원아카데미홀 (104호)	공동강의실4 (106호)	창의공작소 (1F)	소회의실 (208호)	중회의실 (209호)
12:30~14:00	학술대회 접수 및 등록(동원장보고관 로비)						
14:00~15:40		특별세션1 (태양열융합협회)	특별세션2 저탄소모듈개발		튜토리얼 (대학원생)		
15:40~16:00	휴식 (20분)						
16:00~18:00	특별세션3 (수소에너지)					태양광공사협회	
17:30~18:30	제2차 이사회 - 더맛(외부)						
18:30~20:30	Welcome Party - 더맛(외부)						

4월 18일 (목요일)							
Time	미래관	동원장보고관		공학2관	공학1관		
	소민홀 (213호)	리더십홀 (307호)	동원아카데미홀 (104호)	공동강의실4 (106호)	창의공작소 (1F)	소회의실 (208호)	중회의실 (209호)
09:00~09:30	Poster Presentation-check in time						
09:30~11:00	신재생융합 1	태양광에너지 1	건축환경 1	태양열융합	태양수소에너지 1		에너지저장 및 섹터커플링
11:00~11:20	휴식(20분)						
11:20~11:35	개회식(소민홀)						
11:35~12:15	초청강연 I : 국내외 에너지정책동향(한국에너지공단 이상훈 이사장) 초청강연 II : 에너지분야의 지자체 거버넌스 구축방향(녹색에너지연구원 황규철 원장) (소민홀)						
12:15~13:00	중식(45분) - 타보로(동원장보고관1F)						
13:00~14:30	신재생융합 2	태양광에너지 2	건축환경 2	특별세션5 에너지믹스	태양수소에너지 2		상생협업체 간담회
14:30~14:50	휴식(20분)						
14:50~16:20	특별세션4 (BIPV)	에너지정책 및 기업기술	건물에너지 1	제로에너지건물 1	자원량평가		건축환경3
16:20~16:30	휴식 (10분)						
16:30~17:30	Poster Session / Presentation(동원장보고관 109호)						
17:30~18:00	만찬 장소 이동(버스)						
18:00~20:00	경품추첨 및 만찬 - 그랜드애플(외부)						

4월 19일 (금요일)							
Time	미래관	동원장보고관		공학2관	공학1관		
	소민홀 (213호)	리더십홀 (307호)	동원아카데미홀 (104호)	공동강의실4 (106호)	창의공작소 (1F)	소회의실 (208호)	중회의실 (209호)
09:30~11:10		태양광에너지 3	건물에너지 2	제로에너지건물 2	풍력에너지		[풍력전문위]
11:10~11:30	휴식(20분)						
11:30~12:10	시상식/폐회식(소민홀)						

Special Session

일시 : 2024년 4월 17일(수)~18일(목)

장소 : 부경대학교(동원장보고관(307호), 동원장보고관(104호), 미래관(213호), 공학2관(106호))

4월 17일(수)		
태양열융합협회	부경대학교(동원장보고관(307호)) 14:00~15:40	좌장 : 정 재 용(세한에너지)
STC-S-1 14:00~14:30	신재생에너지 정책동향 및 주요 제도 35 류지현 [†] (한국에너지공단 신재생지원사업실)	
STC-S-2 14:30~15:00	제로에너지건축(Zero Eenerg Building) 신재생에너지 적용기술과 효과 36 최성우 [†] (한국에너지공단 건물에너지실)	
STC-S-3 15:00~15:20	태양광·열 복합모듈(PVT)을 이용한 융합 시스템의 전기 및 열 성능 분석 37 문병용 [†] , 조성구((주)이맥시스템)	
STC-S-4 15:20~15:40	공기식태양열 설비 시스템에 관한 소개 38 송호석 [†] (공기식태양열협동조합), 김경구(기술영업본부)	
저탄소모듈개발	부경대학교(동원장보고관(104호)) 14:00~15:40	좌장 : 배 수 현(한국에너지기술연구원)
LCM-S-1 14:00~14:30	태양광 제조의 탄소배출 줄이기 위한 로드맵 41 Moonyong Kim [†] , Sisi Wang, Li Wang, Brett Hallam(School of Photovoltaic and Renewable Energy Engineering, University of New South Wales)	
LCM-S-2 14:30~14:40	저탄소 태양광 모듈 연구 개발 어영주(한국에너지기술연구원)	
LCM-S-3 14:40~14:50	저탄소 태양광 모듈용 소재 개발 이용환(한국전자기술연구원)	
LCM-S-4 14:50~15:00	저탄소 태양광 모듈용 전극 소재 개발 정채환(한국생산기술연구원)	
LCM-S-5 15:00~15:10	저탄소 태양광 모듈용 소재 개발 정인환(한양대학교)	
LCM-S-6 15:10~15:20	저탄소 태양광 모듈 재활용 기술 박병욱(충북테크노파크)	
LCM-S-7 15:20~15:30	저탄소 태양광 모듈 소재 회수 기술 김준기((주)원광에스앤티)	
LCM-S-8 15:30~15:40	저탄소 태양광 모듈 소재 회수 기술 박종성(국립경상대학교)	
인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 연구단	부경대학교(미래관(213호)) 16:00~18:00	좌장 : 조 현 석(인하대학교)
HE-S-1 16:00~16:15	레이저 천공을 통해 물질 전달이 향상된 MWCNT/PTFE 복합재 기반 기계확산층 45 엄태식(인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 KIURI 연구단), 이은상, 이상익 [†] (인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 KIURI 연구단/인하대학교 기계공학과)	

HE-S-2 16:15~16:30	제어가 가능한 자기유변 햅틱 장치 응용 시스템 연구 46 박유진 [†] , 이은상(인하대학교 수소기반차세대기계시스템 키우리 연구단)
HE-S-3 16:30~16:45	옥수수 부산물을 활용한 바이오 연료 및 케미컬의 종류, 생산 공정 및 경제적 분석 47 장민수 [†] , 이은상(인하대학교)
HE-S-4 16:45~17:00	신재생에너지 전력 저장장치 (B-ESS, H-ESS)의 경제성 분석 48 최순호 [†] (인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 키우리연구단), 이은상(인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 키우리연구단/인하대학교 기계공학과)
HE-S-5 17:00~17:15	열분해유 가스화를 통한 수소 생산 공정해석 49 정재용 [†] , 이은상(인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 KIURI 연구단)
HE-S-6 17:15~17:30	도시가스의 수소 혼합 시 연소기기에 미치는 영향 분석 50 유준상 [†] (인하대학교 KIURI 연구단), 이은상(인하대학교 기계공학과)
HE-S-7 17:30~17:45	세륨 산화물을 활용한 열화학 이단계 수분해 사이클 프로세스의 열역학적 성능 평가 51 이규희, 조현석(인하대학교 수소기반 기계시스템 키우리연구단), 이은상 [†] (인하대학교 기계공학과)
HE-S-8 17:45~18:00	금속산화물 기반 고온 열화학 싸이클 반응을 통한 수소 생산 및 인공항공유 SAF 생산 연구 52 조현석 [†] (인하대학교 수소 기반 차세대 기계시스템 키우리 연구단)

4월 18일(목)

BIPV	부경대학교(미래관(213호)) 14:50~17:00	좌장 : 김 진 희(공주대학교)
14:50~14:55	개회 및 인사말씀 김진희(BIPV 전문위 위원장) 김준태(공주대학교)	
BIPV-S-1 14:55~15:15	SolarSkin 모듈 기술과 부산 에코델타시티 커뮤니티 센터 적용 사례 민용기(신성이엔지)	
BIPV-S-2 15:15~15:35	BIPV 기술동향 및 시공사례 양연원(SK솔라에너지)	
BIPV-S-3 15:35~15:55	BIPV 인허가 및 시공사례 홍정원((주)바인딩)	
BIPV-S-4 15:55~16:15	벽면 BIPV 시공 기술별 특징 비교 박성진((주)SG에너지)	
BIPV-S-5 16:15~16:35	공급자 관점에서의 BIPV 보급 장애요인 분석 및 활성화 방안 제안 정수경(서울연구원)	
16:35~17:00	자유토론	
에너지믹스	부경대학교(공학2관(106호)) 13:00~14:03	좌장 : 윤 창 열(한국에너지기술연구원)
EM-S-1 13:00~13:15	시장점재량 플랫폼 기반 태양광 보급 시나리오 개발 55 윤창열, 김보영, 김진영(한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구실), 김현구(한국에너지기술연구원 재생에너지연구소)	

EM-S-2 13:15~13:27	국내외 소형모듈원자로(SMR) R&D 동향 56 박근엽, 이은제, 이지민 [†] , 이영준(한국원자력연구원 정책연구부)
EM-S-3 13:27~13:39	중소형원자로의 미래 에너지시장 참여방안 제언 57 윤경수 [‡] , 조재만, 이영우(한국원자력연구원 경제성분석실), 이영준(한국원자력연구원 정책연구부)
EM-S-4 13:39~13:51	태양광 보급전망 모형의 개발 및 적용 사례 58 조상민 [‡] , 장연재(에너지경제연구원 재생에너지정책연구실)
EM-S-5 13:51~14:03	미래 전력망 통합 분석 플랫폼 개발 59 이승렬 [‡] , 신동준, 이상호(한국전기연구원 전력망연구본부)

Oral Session 건물에너지설비 Building Energy System (BES)

일시 : 2024년 4월 18일(목)~19일(금)
 장소 : 부경대학교(동원장보고관(104호))

4월 18일(목)		
BES Session 1	부경대학교(동원장보고관(104호)) 14:50~16:10	좌장 : 김 동 수(국립한밭대학교)
BES-O-1 14:50-15:05	어린이집의 에너지 소비성능 평가 방법론 개발 63 박진형, 조재완 [†] (인하대학교 스마트시티공학과)	
BES-O-2 15:05-15:20	VRF 시스템 실내기 증발온도 설정에 따른 냉방 에너지 사용량 평가 64 진산, 장아민, 김민호(한밭대학교 건축설비공학과), 도성록(한밭대학교 설비공학과)	
BES-O-3 15:20-15:35	Random Forests (RF) 기반 기계학습 모델을 활용한 PMV 예측 성능 평가 65 이성주, 강은호(한밭대학교 건축공학과), 김민성(한밭대학교 전자공학과), 서영훈, 윤종호, 김동수 [†] (한밭대학교 건축공학과)	
BES-O-4 15:35-15:50	기계학습 기반 최적 냉방 설정 온도 예측 모델 개발 66 최광원, 조재완 [†] (인하대학교 스마트시티공학과)	
BES-I-1 15:50-16:10	디지털 전환을 통한 지속 가능한 건물 에너지 관리: 한국에너지기술연구원의 디지털 캠퍼스 구축 사례 67 최하늘, 한광우, 이성진, 서병모, 김종훈(한국에너지기술연구원 에너지ICT연구단)	

4월 19일(금)		
BES Session 2	부경대학교(동원장보고관(104호)) 09:30~10:45	좌장 : 박 병 용(국립한밭대학교)
BES-O-5 09:30-09:45	기후 조건에 따른 데이터센터 이코노마이저 에너지 성능 비교평가 연구 68 함세현(고려대학교 기계공학과), 김용찬 [†] (고려대학교 기계공학부)	
BES-O-6 09:45-10:00	유인 우주기지 설비 및 에너지하베스팅 기술 개발을 위한 연구 69 임한솔 [†] , 안호상(한국건설기술연구원 건축에너지연구소), 조현미(한국건설기술연구원 건축연구본부), 김세현, 김태연, 박상환, 정재원(한양대학교 건축공학과)	
BES-O-7 10:00-10:15	육상양식장 디지털트윈을 위한 데이터 결측값 처리 방법론 검토 70 구자빈(서울시립대학교 건축학부), 김지원(서울시립대학교 도시과학연구원), 조수현, 문선혜(서울시립대학교 건축학부), 조성균(한국전자통신연구원 농축해양수산지능연구센터), 곽영훈 [†] (서울시립대학교 건축학부)	
BES-O-8 10:15-10:30	중양아시아 건조기후 지역의 히트펌프시스템 효율지표기준 제시 71 오인수(국립한밭대학교 건축설비공학과), 조진균, 박병용 [†] (국립한밭대학교 설비공학과)	
BES-O-9 10:30-10:45	MPC 구현을 위한 기계학습 기반 제어 지향 건물 모델의 성능 분석 72 타립아부, 조재완 [†] (인하대학교 스마트시티공학과)	

Oral Session 제로에너지건물 Zero Energy Building (ZEB)

일시 : 2024년 4월 18일(목)~19일(금)

장소 : 부경대학교(공학2관(106호))

4월 18일(목)		
ZEB Session 1	부경대학교(공학2관(106호)) 14:50~16:20	좌장 : 최 영 진(경기대학교)
ZEB-I-1 14:50-15:10	GIS 및 EnergyPlus 시뮬레이션을 활용한 도시 단위 건물 음영/일사 데이터베이스 구축 75 이동혁 [†] (한국산업기술시험원 에너지기기센터)	
ZEB-O-1 15:10-15:24	디지털 트윈 기반의 BEMS 적용을 통한 건물에너지 효율화 방법 76 황재민(성균관대학교 건설환경공학부), 김지원(성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공), 윤성민 [†] (성균관대학교 건설환경공학부/성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공)	
ZEB-O-2 15:24-15:38	주거용 빌딩 에너지 손실 추정을 통한 도시 탄소중립 평가 방안에 관한 연구 77 김수연, 문수인, 오지원, 허모랑, 오재호 [†] (나노웨더)	
ZEB-O-3 15:38-15:52	재생에너지 융복합시스템 연계 넷-제로에너지 주택 에너지 성능 실증분석 78 이승섭, 김지현(대전대학교 대학원 건축공학과), 임희원(다이슨스피어(주)), 신우철 [†] (대전대학교 건축공학과)	
ZEB-O-4 15:52-16:06	지붕형 경사면 BIPV의 온도특성 및 발전성능 평가를 위한 모듈온도 예측 모델 수립 79 송광현, 강은호, 김동수, 윤종호 [†] (국립한밭대학교 건축공학과)	
ZEB-O-5 16:06-16:20	한국의 다양한 기후조건에 대한 상업용 건축물 대상 Green Wall과 Green Roof의 적용성 분석 80 이세민(한양대학교 대학원 스마트시티공학과), 신민재 [†] (한양대학교 ERICA 건축학부)	

4월 19일(금)		
ZEB Session 2	부경대학교(공학2관(106호)) 09:30~11:08	좌장 : 윤 성 민(성균관대학교)
ZEB-I-2 09:30-09:50	태양열원 연계 지열원 복합냉난방시스템 성능 향상에 관한 실험적 연구 81 황지현 [†] (성원이엔아이)	
ZEB-O-6 09:50-10:03	그린리모델링 사업 건축물에서의 요소별 에너지 소요량 영향도 분석 82 유아인, 최영진 [†] (경기대학교 건축공학과)	
ZEB-O-7 10:03-10:16	태양광시스템 적용을 위한 설계도서 기반 입면 설계 및 발전량 분석 연구: 국내 공동주택 중심 83 최민주, 이효문, 김동수 [†] , 윤종호(국립한밭대학교 건축공학과)	
ZEB-O-8 10:16-10:29	데이터센터 이코노마이저 제어에 따른 냉방 에너지 사용량 및 IT 장비 운용 환경 평가 84 장아민, 진산, 김민호(한밭대학교 건축설비공학과), 도성록 [†] (한밭대학교 설비공학과)	
ZEB-O-9 10:29-10:42	빅데이터 기반 전국 건축물의 그린리모델링에 따르는 1차 에너지소요량 절감량 예측 85 석윤진 [†] , 김용, 최순기, 한슬기, 홍예진, 홍두화(에너지엑스(주) 경영부문 연구팀)	
ZEB-O-10 10:42-10:55	시스템 COP 향상과 소음 저감 및 순환펌프 수명 증가가 가능한 VVVF 변유량 제어 지열냉난방시스템 연구 ... 86 정의권(동호엔지니어링), 김범준, 박태준, 전준태, 임선우, 최주엽 [†] (광운대학교 전기공학과)	
ZEB-O-11 10:55-11:08	이코노마이저 외기도입 허용 상한기준 설정에 따른 냉방 시스템 영향 평가 87 김민호, 진산, 장아민(한밭대학교 건축설비공학과), 도성록 [†] (한밭대학교 설비공학과)	

Oral Session 건축환경 Building Environment Engineering (BEE)

일시 : 2024년 4월 18일(목)

장소 : 부경대학교(동원장보고관(104호), 공학1관 중회의실(209호))

4월 18일(목)		
BEE Session 1	부경대학교(동원장보고관(104호)) 09:30~11:00	좌장 : 김 철(국립부경대학교)
BEE-I-1 09:30-10:00	가상센서 기반 실내 온열환경 모니터링 방법 91 이동석 [†] (계명대학교 건축공학과), 신혜진, 권성진(계명대학교 건축학부)	
BEE-O-1 10:00-10:15	창문형 액체식 제습 환기시스템의 제습 능력에 관한 실험적 연구 92 구자빈(서울시립대학교 건축학부), 이우형(서울시립대학교 도시과학연구원), 정효범, 강동화(서울시립대학교 건축학부), 박현욱(위즈시스템), 최동희 [†] (서울대학교 건설환경종합연구소).	
BEE-O-2 10:15-10:30	주거건물에서 실내공기질 장기 모니터링을 통한 기존 환기시스템의 환기성능 검토 93 신현국 [†] , 김동호(재)한국건설생활환경시험연구원	
BEE-O-3 10:30-10:45	저에너지 공동주택을 위한 저온 복사난방 시스템 최적화 시뮬레이션 연구 94 장형문(국립부경대학교 융복합인프라기술연구소), 서로사(국립부경대학교대학원건축·소방공학부), 이규남 [†] (국립부경대학교건축공학과)	
BEE-O-4 10:45-11:00	건물 재실자 데이터 시스템 개발 및 활용 방안 95 이종원 [†] , 이승연(한국건설기술연구원 건축에너지연구소)	
BEE Session 2	부경대학교(동원장보고관(104호)) 13:00~14:30	좌장 : 이 규 남(국립부경대학교)
BEE-I-2 13:00-13:30	웨어러블 냉방장치가 심박변이도와 여성 건강에 미치는 영향 96 Atefeh Tamaskani Esfehankalateh, 임재한 [†] (이화여자대학교 건축도시시스템공학과)	
BEE-O-5 13:30-13:45	개별환경제어시스템(PECS)을 이용한 난방기 재실자 온열감 개선 효과 분석 97 김이경, 류소임, 김철 [†] (국립부경대학교 건축공학과)	
BEE-O-6 13:45-14:00	여름철 태양에너지를 적용한 동시냉난방 시스템의 효율성 분석 98 이석현, 이유진, 신대욱 [†] (군산대학교 건축공학과)	
BEE-O-7 14:00-14:15	주거환경에서의 3대 난제에 대한 공동주택 거주자의 인식 조사 99 정진희(한국건설기술연구원 건축연구본부), 김철(국립부경대학교 건축공학과), 이윤규 [†] (한국건설기술연구원 건축연구본부)	
BEE-O-8 14:15-14:30	에너지 하베스팅 센서 모듈을 활용한 건물에너지 효율 개선 방안 100 정우성(영남대학교 일반대학원 건축학과), 김효준(비텍), 임종필, 김정훈, 문승언(한국전자통신연구원 초지능창의연구소 소재부품연구본부 스마트소재연구소), 조영홍 [†] (영남대학교 공과대학 건축학부)	
BEE Session 3	부경대학교(공학1관 중회의실(209호)) 14:50~16:20	좌장 : 조 구 상(선문대학교)
BEE-O-9 14:50-15:05	공동주택의 태양광 패널 배치를 위한 태양광 시스템 최적 설계 프로그램 개발 연구 101 박상훈(인천대학교 도시건축학부), 김동우 [†] (독립연구자)	
BEE-O-10 15:05-15:20	수냉각 내부차양의 열성능 평가에 관한 실험적 연구 102 서로사, 박종호(국립부경대학교대학원건축·소방공학부), 이규남 [†] (국립부경대학교 건축공학과)	
BEE-O-11 15:20-15:35	건물 에너지 관리 시스템을 위한 모델링 접근법 비교 103 전병기, 김덕우 [†] (한국건설기술연구원)	

BEE-O-12 15:35-15:50	변풍량시스템의 팬 추적 제어에 따른 에너지소비량 분석 104 김경원(영남대학교 일반대학원 건축학과), 김효준(비텍), 이진현(영남대학교 건축연구소), 조영흠(영남대학교 공과대학 건축학부)
BEE-O-13 15:50-16:05	현장 가상센싱 방법을 활용한 고층주거건물 주요 출입부 개폐에 따른 연돌효과 압력분포 분석 105 송지환(성균관대학교 건설환경공학부), 김지원(성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공), 조정훈, 강기남(현대건설 기술연구원), 윤성민(성균관대학교 건설환경공학부/성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공)
BEE-O-14 16:05-16:20	선형회귀 기반 전기변색유리 예측제어 적용에 따른 건물에너지 및 시각적 쾌적성 평가 106 서영훈, 강은호, 이성주, 윤종호, 김동수(국립 한밭대학교 건축공학과)

Oral Session 태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)

일시 : 2024년 4월 18일(목)~19일(금)
 장소 : 부경대학교(동원장보고관(307호))

4월 18일(목)		
PVE Session 1	부경대학교(동원장보고관(307호)) 09:30~11:05	좌장 : 김 수 민(구미전자정보기술원)
PVE-I-1 09:30~09:50	ITO 기판 적용 P1 Laser Scribing 공정 최적화 109 Vijay C. Karade, 김세웅, 정인영(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 고민재(한양대학교 화학공학과), 박주형, 조준식, 황인찬, 곽지혜(한국에너지기술연구원 태양광연구단), Santosh S. Sutar, Tuckaram D. Dongale(Shivaji University), 윤재호(한국에너지공과대학교 재생에너지공학과), 김기환, 어영주(한국에너지기술연구원 태양광연구단)	
PVE-O-1 09:50~10:05	곡면 지붕면을 활용한 박막 태양광발전 실증연구 110 박정재(한국수력원자력(주) 재생에너지처), 김기환(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 최용우(주)솔란드, 윤재호(한국에너지공과대학교 에너지공학부)	
PVE-O-2 10:05~10:20	잔류 가스 분석을 통한 산업 규모 저압 화학 기상 증착 공정의 실시간 모니터링 111 이상희, 김문세, 송희은, 박성은, 조유애, 김용진, 정경택, 강민구(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 김가현(충북대학교 물리학과)	
PVE-O-3 10:20~10:35	페태양광 모듈 재활용을 통한 친환경 수소 생산 기술 112 이용환, 박노창(한국전자기술연구원 차세대전지연구센터)	
PVE-O-4 10:35~10:50	태양광 인버터의 DC 아크 검출에 필요한 FFT와 DWT 기법 비교 분석 연구 113 전준태, 박태준, 임선우, 도진호, 이효준, 김범준(광운대학교 전기공학과), 이영권(주)금비전자, 최주엽(광운대학교 전기공학과)	
PVE-O-5 10:50~11:05	Utilizing Built-in Temperature Sensor to Predict the Components Temperature in PV Inverter: "A Step Towards Fire Safety Management of PV System." 114 Muhammad Farooq(University of Science and Technology (UST)/Korea Institute of Machinery and Materials, Carbon Neutral Energy Machinery Research Institute, New Energy Plant Technology), Byung-Ju Lim, Sung-Hoon Cho(Korea Institute of Machinery and Materials, Carbon Neutral Energy Machinery Research Institute, New Energy Plant Technology), Ga-Ram Lee, Chang-Dae Park(University of Science and Technology (UST)/Korea Institute of Machinery and Materials, Carbon Neutral Energy Machinery Research Institute, New Energy Plant Technology)	
PVE Session 2	부경대학교(동원장보고관(307호)) 13:00~14:35	좌장 : 우 성 민(충북테크노파크)
PVE-I-2 13:00~13:20	국내 산업단지의 에너지 자립화를 위한 신재생 에너지 인프라 구축 운영 및 실증 사례 연구 115 김수동(대연씨앤아이 신사업부)	
PVE-O-6 13:20~13:35	동서형 태양광발전시스템 개발 현황 및 국내 도입효과에 대한 연구 116 이항주, 심훈, 신민희(주)제이에이치에너지 기술연구소)	
PVE-O-7 13:35~13:50	에너지생산소비 체계 구축을 위한 신재생에너지 연계형 전력변환장치 개발 117 반충현, 김한구, 임승범(주)이온, 심훈(주)제이에이치에너지, 우성민(충북테크노파크)	
PVE-O-8 13:50~14:05	태양광 기반 비즈니스 모델 및 사례 118 박대현, 최성산(엔라이트)	
PVE-O-9 14:05~14:20	신재생 자원확대를 위한 가상발전소 사업자의 역할 119 장병훈(한국전력정보(주))	
PVE-O-10 14:20~14:35	국가태양광표준화로드맵 연계 MLPE 표준화 전략 및 추진방안 120 신정현, 이승재, 김승주, 조성대, 주창기, 전무이, 황수현, 김범수, 한동훈(한국기계전기전자시험연구원)	

4월 19일(금)		
PVE Session 3	부경대학교(동원장보고관(307호)) 09:30~11:05	좌장 : 배 수 현(한국에너지기술연구원)
PVE-I-3 09:30~09:50	산업단지 에너지자급자족 인프라 구축 및 운영 사업 소개 121 오원욱 [†] (충북테크노파크 차세대에너지센터)	
PVE-O-11 09:50~10:05	태양광기업공동활용연구센터 모듈 라인 122 배수현 [†] (한국에너지기술연구원 태양광연구단)	
PVE-O-12 10:05~10:20	인공지능 및 인버터 데이터를 이용한 태양광 O&M 기술 123 신우균, 주영철, 황해미, 고석환 [†] (한국에너지기술연구원 신재생시스템연구실)	
PVE-O-13 10:20~10:35	설치 조건에 따른 양면 태양전지 모듈 후면 일사량 추정 모델 기초 연구 124 유석훈, 정지윤, 권시은, 이하빈, 이경수 [†] (한국공학대학교 에너지-전기공학과)	
PVE-O-14 10:35~10:50	설치 유형별 태양광발전시스템 출력 패턴에 따른 전력계통 안정화 기여도 연구 125 정지윤, 유석훈, 권시은, 이하빈, 이경수 [†] (한국공학대학교 에너지-전기공학과)	
PVE-O-15 10:50~11:05	인공신경망을 이용한 초월회귀 방식의 페로브스카이트 광학 물성 예측 연구 126 김수민 [†] (구미전자정보기술원 실감미디어연구센터), Syed Dildar Haider Naqvi, 강민구, 송희은, 안세진(한국에너지기술연구원 태양광 연구실)	

Oral Session 태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)

일시 : 2024년 4월 18일(목)

장소 : 부경대학교(공학2관(106호))

4월 18일(목)		
STC Session	부경대학교(공학2관(106호)) 09:30~11:00	좌장 : 임 병 주(한국기계연구원)
STC-I-1 09:30~09:45	태양광열복합 모듈과 히트펌프 융합 기술 동향 및 사례 분석 129 주홍진 [†] , 김민휘, 안영섭, 이왕제(한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 신재생시스템연구실)	
STC-O-1 09:45~10:00	산업공정의 열부하에 따른 태양열 히트펌프 열공급시스템 경제성 분석 130 임병주, 조성훈(한국기계연구원 탄소중립기계연구소), 이기람, Farooq Muhammad, 박창대(한국기계연구원 탄소중립기계연구소/과학기술연합대학원대학교 플랜트기계공학과)	
STC-O-2 10:00~10:15	에너지 자립형 온실 적용 태양열&지열 히트펌프 하이브리드 시스템 구축 및 실증 131 강성걸 [†] , 정재용, 남현규(세한에너지(주) 기업부설연구소)	
STC-O-3 10:15~10:30	소규모 열네트워크 내 태양광·열 시스템 활용 열에너지 공유를 통한 에너지절감 가능성 분석 132 박경은, 최원종, 홍주영(충남대학교 스마트시티건축공학과), 김하늘, 김종규, 김민휘 [†] (한국에너지기술연구원 신재생시스템연구실)	
STC-O-4 10:30~10:45	태양열시스템 고장감지 원격 모니터링시스템 133 이승섭(대전대학교 대학원 건축공학과), 김일권, 임희원(다이슨스피어(주)), 이왕제, 이경호(한국에너지기술연구원 신재생시스템연구실), 신우철 [†] (대전대학교 건축공학과)	
STC-O-5 10:45~11:00	투명 태양 복사에너지 능동 제어 기술 고찰 134 임미경 [†] (한국기계연구원 나노융합연구본부), 송재만(경희대학교 기계공학과), 김광섭, 전수완, 전성재, 김현돈, 김재현(한국기계연구원 나노융합연구본부)	

Oral Session 풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)

일시 : 2024년 4월 19일(금)

장소 : 부경대학교(공학1관(창의공작소_1F))

4월 19일(금)		
WEC Session	부경대학교(공학1관(창의공작소_1F)) 09:30~11:00	좌장 : 이 승 준(한국에너지기술연구원)
WEC-O-1 09:30~09:45	클럼프 웨이트 적용을 통한 부유식 해상풍력용 와이어 계류 시스템의 성능 개선에 대한 수치적 연구 137 김동은(제주대학교 풍력특성화협동과정), 김재훈, 박찬민, 배윤혁(홍익대학교 기계시스템디자인공학과), 김응수(포스코)	
WEC-O-2 09:45~10:00	풍력발전의 출력성능 신뢰성 지표에 관한 연구 138 이광세 [†] , 광성조, 이승준(한국에너지기술연구원)	
WEC-O-3 10:00~10:15	초대형 풍력 터빈의 2엽 및 3엽 블레이드의 성능 및 하중 특성 분석 139 박세명 [†] , 유철, 광성조, 황성목, 권대용(한국에너지기술연구원)	
WEC-O-4 10:15~10:30	머신러닝 기반 해상풍력단지 파고예보 모델 개발 연구 140 이승준, 광성조, 이광세 [†] (한국에너지기술연구원)	
WEC-I-1 10:30~11:00	ICT 기반 해상풍력발전단지 통합 운영관리 시스템 개발 141 광성조 [†] , 강민상, 이광세, 강승진, 이선근(한국에너지기술연구원)	

Oral Session 신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)

일시 : 2024년 4월 18일(목)

장소 : 부경대학교(미래관(213호))

4월 18일(목)		
REC Session 1	부경대학교(미래관(213호)) 09:30~10:50	좌장 : 최 휘 응(전남대학교)
REC-O-1 09:30~09:50	간접증발 냉각기 연계 에어컨 성능 실험적 평가 145 김성빈, 문광암, 안병화(부경대학교 냉동공조공학과 대학원), 최휘응(전남대학교 냉동공조공학과), 최광환(부경대학교 냉동공조공학과)	
REC-O-2 09:50~10:10	양방향 열거래를 위한 허브축열시스템의 냉/난방기간 실증운영결과 분석 146 김득원, 이동원, 허재혁(한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실), 허준, 민경천(지오렛에너지)	
REC-O-3 10:10~10:30	BIPV 시스템의 열전달특성 및 발전성능 분석 - 3차원 동적 열전달해석 방법론을 중심으로 - 147 정수빈(공주대학교 에너지시스템공학과), 김진희(공주대학교 그린에너지기술연구소), 김준태(공주대학교 그린스마트건축공학과/에너지시스템공학대학원)	
REC-O-4 10:30~10:50	제로에너지빌딩과 BIPV 정책 동향 148 이현영, 남혜령, 김경식, 김서훈, 박종빈(KIEL연구원 그린에너지본부 제로에너지팀)	
REC Session 2	부경대학교(미래관(213호)) 13:00~14:30	좌장 : 김 진 희(공주대학교)
REC-I-1 13:00~13:30	태양광·열 복합모듈(PVT)을 이용한 융합 시스템의 국내·외 시장 현황 149 문병용, 조성구(주)이맥스시스템)	
REC-O-5 13:30~13:50	태양열 공기-물 가열기 연계 급탕용 히트펌프 시스템 운전방식에 따른 실험 성능 평가 150 문광암, 김성빈, 안병화(부경대학교 냉동공조공학과 대학원), 최휘응(전남대학교 냉동공조공학과), 최광환(부경대학교 냉동공조공학과)	
REC-O-6 13:50~14:10	공기식 PVT 시스템이 연계된 공기 열원 히트펌프 시스템의 성능 및 특성 분석 151 김상명(공주대학교 에너지시스템공학과), 김진희(공주대학교 그린에너지기술연구소), 김준태(공주대학교 그린스마트건축공학과/에너지시스템공학과)	
REC-O-7 14:10~14:30	퍼지로직을 활용한 태양-지중열원 히트펌프 냉난방 시스템 최적 운전제어 연구 152 김유진, 이의준, 신형기, 강은철(KIER 에너지변환연구실)	

Oral Session 자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)

일시 : 2024년 4월 18일(목)

장소 : 부경대학교(공학1관(창의공작소_1F))

4월 18일(목)		
RER Session	부경대학교(공학1관(창의공작소_1F)) 14:50~16:15	좌장 : 김 진 영(한국에너지기술연구원)
RER-I-1 14:50-15:10	재생에너지 발전비용 세계 동향과 국내 재생에너지 발전비용 분석 155 이근대 [†] (에너지경제연구원 재생에너지정책연구실)	
RER-I-2 15:10-15:30	데이터기반 감소차원 모델링을 이용한 에너지 예측 156 박성군 [†] (서울과학기술대학교 기계자동차공학과)	
RER-O-1 15:30-15:45	Pseudo global warming을 이용한 미래 기후 전망 기법 소개 및 활용 방안 157 이민규, 김창기 [†] , 김진영, 오동건(한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구실)	
RER-O-2 15:45-16:00	해상풍력 바람지도 개발을 위한 NWP 모델의 물리적 민감도 연구 158 오동건 [†] , 김진영, 김창기(신재생빅데이터연구실 한국에너지기술연구원), 김현구(재생에너지연구소 한국에너지기술연구원)	
RER-O-3 16:00-16:15	육상풍력 자원지도 생산을 위한 NWP-CFD 축소화 방법의 신뢰성 평가와 입력매개변수 최적화 159 김정현, 문현구(서울과학기술대학교 기계자동차공학과), 김진용, 김건훈, 김현구(한국에너지기술연구원 재생에너지연구소), 박성군 [†] (서울과학기술대학교 기계자동차공학과)	

Oral Session 에너지저장 및 섹터커플링 Energy Storage System & Sector Coupling (ESS&SC)

일시 : 2024년 4월 18일(목)

장소 : 부경대학교(공학1관(209호))

4월 18일(목)		
ESS&SC Session	부경대학교(공학1관(209호)) 09:30~11:00	좌장 : 이 중 훈(한국에너지기술평가원)
ESS&SC-O-1 09:30~09:50	국내외 섹터커플링 추진동향과 주요이슈 김경아 [†] (한국기계전기전자시험연구원)	
ESS&SC-O-2 09:50~10:10	플러스 DR제도 활성화를 위한 장애요인과 기술적 대안 김은환 [†] (한국전력거래소)	
ESS&SC-O-3 10:10~10:30	P2H실증연구 현황과 최적운영을 위한 기술적 시사점 김영민 [†] (제주에너지공사)	
ESS&SC-O-4 10:30~10:40	불확실한 환경에서의 에너지 R&D전략 이중훈 [†] (한국에너지기술평가원)	
10:40~11:00	재생에너지 확대를 위한 섹터커플링 관점의 과제 패널토의	

Oral Session 태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)

일시 : 2024년 4월 18일(목)

장소 : 부경대학교(공학1관(창의공작소_1F))

4월 18일(목)		
S2H Session 1	부경대학교(공학1관(창의공작소_1F))	10:10~11:10 좌장: 심 욱(KENTECH)
S2H-I-1 10:10-10:40	광전기화학적 수소 및 산소 생산을 위한 맥신 기반 전극 소재 개발 및 활용 163 정경화 [†] (한국에너지공과대학교 에너지 공학부)	
S2H-I-2 10:40-11:10	전기화학적 변환을 통한 산업전구체 합성 164 진경석 [†] (고려대학교 화학과)	
S2H Session 2	부경대학교(공학1관(창의공작소_1F))	13:00~14:00 좌장: 진 경 석(고려대학교)
S2H-I-3 13:00-13:30	C3N4기반 소재의 페로브스카이트 태양전지 전자수송층의 적용 및 성능 분석 165 서동한 [†] (한국에너지공과대학교 에너지 공학부)	
S2H-I-4 13:30-14:00	Photoelectrochemical Solar Energy Conversion with Tailored Nanostructures 166 김정규 [†] (성균관대학교 화학공학과)	

Oral Session 에너지정책 및 기업기술 Energy Policy & Corporate Technology (EP&CT)

일시 : 2024년 4월 18일(목)

장소 : 부경대학교(동원장보고관(307호))

4월 18일(목)		
EP&CT Session	부경대학교(동원장보고관(307호)) 14:50~16:20	좌장 : 최 성 우(한국에너지공단)
EP&CT-I-1 14:50~15:00	신재생에너지 정책 추진 방향 박강훈 [†] (한국에너지공단 신재생정책실)	169
EP&CT-O-1 15:00~15:10	국내의 태양광 산업 현황 및 전망 정규창 [†] (한화솔루션 큐셀부문)	170
EP&CT-O-2 15:10~15:20	지역상생형 RE100 충주산업단지 표준모델 실증사업 우성민 [†] (충북테크노파크 차세대에너지센터), 안영대(금강전기산업), 장병훈(한국전력정보)	171
EP&CT-O-3 15:20~15:30	계획입지제도 도입을 대비한 재생에너지 입지 분석 시스템 개발 김혜진, 문주영, 박성호 [†] , 김희경(한국전력공사 전력연구원 데이터사이언스랩), 임재섭, 최봉석(한국전력공사 디지털전환실), 양성수, 김승희(한국전력공사 재생e대책실)	172
15:30~15:40	Q&A	
EP&CT-O-4 15:40~15:50	BIPV의 화재안전을 위한 전력전자 시스템 연구 홍석훈 [†] , 박철영, 임수창((주)티이에프)	173
EP&CT-O-5 15:50~16:00	학교시설의 AI BEMS 구축 조용진 [†] ((주)제이에이치 에너지)	174
EP&CT-O-6 16:00~16:10	제로에너지건축물(Zero Eenerg Building) 신재생에너지 최적화설계 방안 이도형 [†] ((주)네드 차세대 에너지 디자인 연구소)	175
16:10~16:20	Q&A	

Poster Session

일시 : 2024년 4월 18일(목)

장소 : 동원장보고관(109호)

건물에너지설비 Building Energy System (BES)

좌장 : 김홍욱(에이블에너지)

BES-P-1	공동주택의 녹색건축인증 취득현황 분석 179 윤요선 [†] , 장대희(한국건설기술연구원 건축연구본부 녹색건축센터)
BES-P-2	기존 건물의 효과적인 그린리모델링을 위한 레트로 커미셔닝 프로세스 제안 180 조경주 [‡] , 조동우(한국건설기술연구원 건축에너지연구소), 장대희(한국건설기술연구원 건축연구본부)
BES-P-3	단독주택에 설치된 태양광 시스템과 연료전지의 연계를 위한 운영 기법 연구 181 정영선 [†] (한국건설기술연구원 건축에너지연구소)

제로에너지 건물 Zero Energy Building (ZEB)

좌장 : 김홍욱(에이블에너지)

ZEB-P-1	온실가스 감축을 위한 건축물에너지 정책방안: 뉴욕과 서울을 중심으로 182 김예원 [†] , 유기형(한국건설기술연구원)
ZEB-P-2	도시 탄소 중립을 위한 주거용 빌딩 에너지 손실 추정 방안에 관한 연구 183 김수연, 문수인, 오지원, 허모량, 오재호 [†] (나노웨더)
ZEB-P-3	5kW급 건물 일체형 고효율 싱글드 태양광 시스템 구축 및 계획 184 김민섭(전남대학교 전기공학과/한국생산기술연구원 에너지나노그룹), 윤성민, 박민준, 조은애, 전기석, 신진호, 이은비, 김유진, 정채환 [†] (한국생산기술연구원 에너지나노그룹)

건축환경 Building Environment Engineering (BEE)

좌장 : 김홍욱(에이블에너지)

BEE-P-1	현장실증시험을 통한 저소득층 에너지 리트로핏 전략 연구 185 김서훈 [†] , 남혜령, 김경식, 이현영, 박종빈(한국키엘연구원 그린에너지본부)
BEE-P-2	태양열을 이용한 창호부착형 환기유닛의 외기 예열 성능 연구 186 홍채민, 박상훈 [†] (인천대학교 도시건축학부)
BEE-P-3	현회 측정 및 ECW 제어의 자동화를 활용한 시 쾌적성 향상에 관한 연구 187 이준영(한밭대학교 건축공학과), 김민상(한밭대학교 전자공학과), 유태원(한밭대학교 컴퓨터공학과), 최윤석(한밭대학교 전자공학과), 김동수, 윤종호 [†] (한밭대학교 건축공학과)

풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)

좌장 : 황혜미(한국에너지기술연구원)

WEC-P-1	재해석자료기반 해상풍력 지역적 변동성 분석 188 김진영 [†] , 오동건, 김현구(한국에너지기술연구원)
---------	--

신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)

좌장 : 황혜미(한국에너지기술연구원)

REC-P-1	태양열을 활용한 500W-급 소형 PVT-ORC 발전 모듈 설계 189 김하성(한국생산기술연구원 에너지나노그룹/한양대학교 기계공학부), 김영원 [†] (한국생산기술연구원 에너지나노그룹)
REC-P-2	투광형 박막 모듈이 적용된 창호형 BIPV 시스템 열 및 전기적 특성 분석 190 이인호, 김진주(공주대학교 대학원 건축공학과), 양진영(공주대학교 대학원 에너지시스템공학과), 김진희(공주대학교 그린에너지기술연구소), 김준태 [†] (공주대학교 그린스마트건축공학과/에너지시스템공학과(대학원))
REC-P-3	3D 그래핀에 고정된 ZIF-67 촉매의 산소발생반응전극 연구 191 최다임(경상국립대학교 에너지공학과), Komal Patil(경상국립대학교 미래융합기술연구소), 서동한 [†] (한국에너지공과대학 에너지공학부), 박종성 [†] (경상국립대학교 에너지공학과/경상국립대학교 미래융합기술연구소)

자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)

좌장 : 김진영(한국에너지기술연구원)

RER-P-1	시공간 태양광 발전량 데이터 소개 및 활용 192 오명찬, 김창기, 김보영, 윤창열, 김현구 [†] (한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구소)
RER-P-2	캠퍼스 주차타워의 태양광 발전 및 에너지 저장 시스템 설계와 기술적 잠재량 분석 193 홍지민, 최요순 [†] (국립부경대학교 에너지자원공학과)
RER-P-3	해의 해상풍력 바람지도 생산 기술 조사 194 김진영 [†] , 오동건, 김창기, 김현구(한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구소)
RER-P-4	위성영상 기반 일사량 데이터의 해상도 향상을 위한 디퓨전 모델 활용 연구 195 구지윤(서울대학교 에너지시스템공학부), 박형동 [†] (서울대학교 에너지자원공학과/서울대학교 에너지자원신기술연구소)
RER-P-5	풍력분야 국가중점데이터 풍속 가속비율 생산 및 검증 196 김보영 [†] , 김진영, 김창기(한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구소), 김현구(한국에너지기술연구원 신재생에너지연구소)
RER-P-6	태양열발전(CSP) 및 태양연료 개발 동향 (IEA SolarPACES 제105차 집행위원회) 197 강용혁 [†] , 김창기, 김진영, 김보영, 오명찬, 윤창열, 김현구(한국에너지기술연구원)

에너지저장 및 섹터커플링 Energy Storage System & Sector Coupling (ESS&SC)

좌장 : 황혜미(한국에너지기술연구원)

ESS&SC-P-1	재사용 배터리를 활용한 이동형 ESS의 피크부하 대응 및 탄소 배출 감축 효과 198 주재현, 이근형, 김미성 [†] (한국화학융합시험연구원)
ESS&SC-P-2	상변화물질(PCM)을 이용한 열에너지 저장 및 성능향상 기술 개발 199 김성수 [†] (한국공학대학교 융합기술에너지대학원), 이종훈(한국에너지기술평가원)

태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)

좌장 : 진경석(고려대학교)

S2H-P-1	나노임프린트 리소그래피와 전기증착으로 형성된 주기적 배열을 가진 BiVO4/WO3 나노로드에 의한 PEC 성능 향상 ... 200 이효영(한국기계연구원 나노리소그래피연구센터/연세대학교 화공생명공학과), 최준혁(한국기계연구원 나노리소그래피연구센터), 박종혁(연세대학교 화공생명공학과), 이지혜 [†] (한국기계연구원 나노리소그래피연구센터)
---------	--

S2H-P-2	BiVO4 광전극 기반 태양광수전해의 효율향상을 위한 BiVO4 나노 입자 크기 제어 201 이지혜 [†] (한국기계연구원 나노융합연구본부), 임한이(한국기계연구원 나노융합연구본부/연세대학교 기계공학과), 김종백(연세대학교 기계공학과)
S2H-P-3	DFT 계산을 통한 비스무트에서의 질소 및 질소산화물 환원반응 연구 202 이동규, 안태용, 정유진, 최동인(한국에너지공과대학교), 김태훈(전남대학교 신소재공학부), 김민철, 김정규(성균관대학교 신소재공학부), 심욱 [†] (한국에너지공과대학교)
S2H-P-4	저가 구리-철 촉매를 활용한 지속가능한 전기화학적 요소 합성 203 최진욱, 안태용, 임효정, 최동인(한국에너지공과대학교 에너지공학부), 심욱 [†] (한국에너지공과대학교 에너지공학부/닐사이언스)
S2H-P-5	수소 생산을 위한 니켈과 구리의 결합 효과를 기반으로 한 이중금속 기반 촉매에서의 친환경 암모니아 산화 204 조찬민, 전민서, 최동인(한국에너지공과대학교 에너지공학부), 심욱 [†] (한국에너지공과대학교 에너지공학부/닐사이언스)
S2H-P-6	몰리브덴 디칼코제나이드 촉매를 이용한 지속가능한 전기화학적 암모니아 합성 205 임효정, 최진욱, 최동인, 심욱 [†] (한국에너지공과대학교 에너지공학부)
S2H-P-7	산소발생전극촉매의 효율 향상을 위한 ZIF-67과 IrO2의 복합촉매 전극 개발 206 조세연(경상국립대학교 에너지시스템공학과), 서동한(한국에너지공과대학교 에너지공학부), 박종성 [†] (경상국립대학교 에너지공학과)
S2H-P-8	비등방성각으로 산소공극생성을 통한 Co-MOF 산소발생반응전극의 효율 향상 연구 207 조유진(경상국립대학교 에너지시스템공학과), Komal Patil(경상국립대학교 미래융합기술연구소), 박종성 [†] (경상국립대학교 에너지공학과)
S2H-P-9	효율적이고 내구성이 우수한 다성분 수전해 촉매의 이중계면 특성에 대한 이해 208 최동인 [†] , 최진욱, 수브라마니 수렌드란(한국에너지공과대학 에너지공학부), 김준영(한국에너지공과대학 에너지공학부/닐사이언스), 문대준(한국에너지공과대학 에너지공학부), 심욱(한국에너지공과대학 에너지공학부/닐사이언스)

태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)

좌장 : 황혜미(한국에너지기술연구원)

STC-P-1	태양열 집열기와 연계한 소규모 유기랭킨사이클용 축열터빈 설계 및 성능평가 209 고용준, 김현석, 김영원 [†] (한국생산기술연구원 에너지나노그룹)
STC-P-2	열원 종류에 따른 고온히트펌프의 경제적 타당성 분석 210 이가람(과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과/한국기계연구원 탄소중립기계연구소), 임병주, 조성훈(한국기계연구원 탄소중립기계연구소), Farooq Muhammad, 박창대 [†] (과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과/한국기계연구원 탄소중립기계연구소)

태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)

좌장 : 배수현(한국에너지기술연구원), 신우균(한국에너지기술연구원)

PVE-P-1	태양광 패널 특성 평가를 통한 등급 분류 및 재사용 실증 연구 211 홍석현, 문대환, 한승헌, 김정훈, 박병욱 [†] (충북테크노파크 차세대에너지센터)
PVE-P-2	태양광 모듈의 각도 변화를 고려한 실내 인공광원 출력 측정 방법에 관한 연구 212 강승모, 김성현, 임종록, 조재욱, 정태희, 김성원 [†] (한국산업기술시험원 신재생에너지기술센터)
PVE-P-3	건물형태양광(BIPV) 시스템의 실용용 조건을 반영한 안정성 모의시험 213 김성현, 강승모, 임종록, 최태준, 정태희, 김성원 [†] (한국산업기술시험원 신재생에너지기술센터)

PVE-P-4	수소화 질화규소 박막의 특성과 태양전지 제조공정에 미치는 영향 214 김문세(한국에너지기술연구원 태양광연구단/고려대학교 에너지환경대학원), 이진영(충북대학교 물리학과), 심서우, 김도희(한국에너지기술연구원 태양광연구단/충북대학교 물리학과), 김용진(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 임규현(한국에너지기술연구원 태양광연구단/고려대학교 에너지환경대학원), 송희은, 박성은, 조윤애, 정경택(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 이해석(고려대학교 에너지환경대학원), 강민구, 이상희(한국에너지기술연구원 태양광연구단), 김가현(충북대학교 물리학과)
PVE-P-5	IR 레이저 스크라이빙에 의한 HJT 셀 분할 시 출력 감소를 최소화에 대한 연구 215 이은비(한국생산기술연구원 에너지나노그룹/연세대학교 화공생명공학과), 정채환, 윤성민, 조은애(한국생산기술연구원 에너지나노그룹), 전기석(한국생산기술연구원 에너지나노그룹/연세대학교 화공생명공학과), 김민섭, 신진호, 김유진, 박민준(한국생산기술연구원 에너지나노그룹)
PVE-P-6	교차 전극과 멀티 채널을 활용해 광학 및 열 제어가 가능한 유연한 투명 히터 216 이정현, 김준동(인천대학교 전기공학과)
PVE-P-7	고기능성 파장 제어 기능을 가지는 ITO/Ag/ITO/ Ag/ITO 다층구조의 설계와 응용 방안 217 최찬혁, 김준동(인천대학교 전기공학과)
PVE-P-8	온습도 에이징에 의한 EVA sheet 광투과도 변화 분석 218 정재성, 최원규(한국전자기술연구원 차세대전지연구센터)
PVE-P-9	태양광 폐모듈에서 발생하는 실리콘의 고도 재활용을 위한 마이크로웨이브 유전자열방식의 질화규소 제조방법 219 류승환, 정희경(주)에이치에스솔라에너지, 박형기(한국생산기술연구원)
PVE-P-10	전력계통 안정화를 위한 태양광 발전소 설치 방법에 대한 연구 220 최진호, 남우준, 우성민(충북테크노파크 차세대에너지센터)
PVE-P-11	페로브스카이트 필름 계면에서의 전하 추출 및 재결합 속도 특성 연구 221 김선규, 이원중, 이사드 조비아, 윤시원, 한혜지, 아드난 무하메드, 장효식, 임종철(충남대학교 에너지과학기술대학원)
PVE-P-12	태양광 모듈의 고전압 누설 전류 분석 222 배수현(한국에너지기술연구원 태양광연구단)
PVE-P-13	태양광 폐패널 재활용을 위한 실리콘 및 유기금속 연속 회수 기술 개발 223 김준기, 황민, 노청민, 임별이, 서광민, 윤대식, 이도윤(주)원광에스앤티)
PVE-P-14	Optimal Solar Cell Sorting Method for High Module Production Reliability 224 Minseo Kim(Korea Institute of Energy Research, Photovoltaics Research Team/Korea University, Department of Energy and Environmental Policy), Yong-Jin Kim, Yunae Cho, Sang-Hee Lee, Min Gu Kang, Hee-eun Song, Kyung Taek Jeong, Sungeun Park(Korea Institute of Energy Research, Photovoltaics Research Team)
PVE-P-15	250kW 태양광시스템의 RTU 데이터에 대한 고장진단 평가 및 데이터 유효성 평가 225 고석환, 신우균, 황해미, 주영철, 주홍진, 안영섭(한국에너지기술연구원 신재생시스템연구실)
PVE-P-16	고성능 p-PERC 태양전지용 AlOx 보호층 최적화 조사 및 연구 226 정민수(고려대학교 에너지환경대학원/한국에너지기술 연구원), 김용진, 이상희, 조윤애, 정경택, 송희은, 강민구, 박성은(한국에너지기술 연구원), 강윤목(고려대학교 에너지환경대학원)
PVE-P-17	Optimal Choice of n-type Wafer for Industrial High Efficiency Silicon Solar Cells 227 Cheolwook Kwon, Soohyun Bae, Sanghee Lee, Hee-Eun Song, Mingu Kang, Sungeun Park, Young-joo Eo [†] (Department of Photovoltaic Research, Korea Institute of Energy Research), Hae-Seok Lee(Graduate School of Energy and Environment, Korea University)
PVE-P-18	충북형 스마트에너지그리드 구현을 위한 에너지 원스탑플랫폼 구축설계 228 우성민, 남우준, 최진호(충북테크노파크 차세대에너지센터)
PVE-P-19	고효율 결정질 실리콘 태양전지를 위한 AlOx 층의 패시베이션 및 열 안정성 향상 229 김도희(충북대학교 물리학과/한국에너지기술연구원 태양광 연구단), 김용진, 이상희, 조윤애, 정경택, 박성은, 강민구, 송희은(한국에너지기술연구원 태양광 연구단), 김가현(충북대학교 물리학과)

PVE-P-20	마이크로그리드 통합운영체계를 위한 두성리마을 에너지데이터 분석 230 우성민 [†] , 남우준, 최진호(충북테크노파크 차세대에너지센터)
PVE-P-21	CYTOP 막을 통한 c-Si 태양광 셀의 신뢰성 제고 231 송지원, 고재환, 김충일, 이수운, 송형준 [†] (서울과학기술대학교 안전공학과)
PVE-P-22	건물 적용 태양광 모듈의 음영 패턴에 따른 출력 손실 저감 회로 설계 232 노요한, 김주희, 이재형 [†] (성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과)
PVE-P-23	터널링 산화막 패시베이션 접촉 태양전지의 인 도핑된 폴리실리콘 패시베이션 특성에 대한 열처리 효과 233 심서우(한국에너지기술연구원 태양광연구단/충북대학교 물리학과), 김용진, 김도형, 이상희, 조윤애, 정경택, 박성은, 송희은, 강민구 [†] (한국에너지기술연구원 태양광연구단), 김가현 [†] (충북대학교 물리학과)
PVE-P-24	TOPCon 태양전지의 SiNx:H 층의 수소 함량에 따른 영향 234 임규현(고려대학교 에너지환경대학원/한국에너지기술연구원 태양광연구단), 이진영(충북대학교 물리학과), 심서우, 김도희(한국에너지기술연구원 태양광연구단/충북대학교 물리학과), 김문세(고려대학교 에너지환경대학원/한국에너지기술연구원 태양광연구단), 김용진, 이상희, 정경택, 강민구, 송희은, 조윤애 [†] (한국에너지기술연구원 태양광연구단), 이해석(고려대학교 에너지환경대학원), 김가현 [†] (충북대학교 물리학과)
PVE-P-25	M12 n-TOPCon Cell을 이용한 대면적 모듈개발 및 실증 235 김지현 [†] ((재)녹색에너지연구원/전남대학교 광공학협동과정), 남건희(주)탑산
PVE-P-26	R.F 마그네트론 스퍼터링 방식을 사용하여 제작한 BIPV용 컬러유리의 특성 분석 236 유승철(국립한밭대학교 전기공학과), 김동수(국립한밭대학교 건축공학과), 최원석(국립한밭대학교 전기공학과)
PVE-P-27	재활용 가능한 블록형 태양광 모듈 프레임의 시뮬레이션 기반 구조해석 연구 237 박세용 [†] , 김준희, 김한중(구미전자정보기술원 나노전자소재부품연구센터)
PVE-P-28	딤러닝을 이용한 탐곤 태양전지 랩어라운드 클래스 분류 238 김준희 [†] , 김한중, 박세용(구미전자정보기술원 나노전자소재부품연구센터)
PVE-P-29	태양광 발전소의 모듈 배치 방향에 따른 일일 발전량 및 패턴이 전력망 부하 균형에 미치는 영향 239 류승환, 정회경, 김동영, 송혁근 [†] ((주)에이치에스솔라에너지)
PVE-P-30	동시 열기상 증착법으로 증착된 칼코지나이드계 AgBiS2 박막에서의 황화처리 조건 연구 240 최민호(경상국립대학교 에너지시스템공학과), 김수환(경상국립대학교 미래융복합기술연구소), 강상원, 서형원(경상국립대학교 에너지시스템공학과), 박종성 [†] (경상국립대학교 에너지시스템공학과/경상국립대학교 미래융복합기술연구소)
PVE-P-31	탄소나노튜브 기반 페로브스카이트 태양전지 효율 향상을 위한 페로브스카이트 광활성층 최적화 연구 241 고산산(성균관대학교 신소재공학과), 신성식 [†] (성균관대학교 나노과학기술학과)
PVE-P-32	태양광열 모듈을 위한 열 관리 요소 기술의 성능평가에 관한 연구 242 이원희, 노주형, 이민주, 공민석 [†] (가천대학교 설비·소방공학과)
PVE-P-33	노후 태양광 모듈의 불량유형 분석 243 김한열 [†] , 허재혁, 이정연, 서명건, 양수미(극동대학교 친환경에너지공학과)
PVE-P-34	노후 태양광 모듈의 실증연구를 통한 운용효율 분석 244 이정연 [†] , 김한열, 허재혁, 서명건, 양수미(극동대학교 친환경에너지공학과)
PVE-P-35	재사용 태양광 모듈과 신규 모듈 간 출력 효율 분석(50kW : ECO, 50kW : New Bifacial PV module) 245 허재혁 [†] , 이정연, 김한열, 서명건, 양수미(극동대학교 친환경에너지공학과)
PVE-P-36	초월회귀방식을 이용한 인공신경망 기반 태양전지 에미터 식각 공정의 식각 반응 속도 예측 기술 개발 246 김수민 [†] (구미전자정보기술원 실감미디어연구센터)
PVE-P-37	건물일체형 태양광발전시스템의 안전한 유지보수를 위한 가이드라인 247 장주희 [†] , 김종민, 오수정(전기안전연구원)

PVE-P-38	열전소자를 활용한 태양광 모듈 모니터링용 무선 IoT센서	248
	이용환 [†] , 윤석인, 박노창 [†] (한국전자기술연구원 차세대전지연구센터)	
PVE-P-39	균열 기반 분리 기술을 통한 저탄소 초박형 실리콘 기판 제조 기술	249
	이용환 [†] , 박노창 [†] (한국전자기술연구원 차세대전지연구센터)	
PVE-P-40	태양광 폐 모듈의 실리콘 재활용에 응용가능한 고분자 제거 습식 전처리 공정 기술개발	250
	김수환(경상국립대학교 미래융복합기술연구소), 박종성 [†] (경상국립대학교 에너지공학과)	
PVE-P-41	무기 페롭스카이트 태양전지의 고효율화 전략	251
	이동건(중앙대학교 스마트시티학과), 강동원 [†] (중앙대학교 에너지시스템공학부)	

Special Session

태양열융합협회



신재생에너지 정책동향 및 주요 제도

Renewable Energy Policy Trends and Major Systems

류지현*[†]

jihyun Ryu*[†]

*한국에너지공단 신재생지원사업실

Abstract : 실현가능한 탄소중립을 위한 우리나라 신재생에너지 정책동향과 기후변화 핵심대응 수단으로 태양광, 풍력을 중심으로 재생에너지를 육성하고자 하는 각종 보급사업 지원제도를 소개합니다.

Key Words : 신재생에너지 정책동향(Renewable energy policy trends), RE100

[†] Corresponding author, E-mail: iam@energy.or.kr

후 기

본 자료는 국내 신재생에너지 동향에 관한 정책 자료입니다.

제로에너지건축(Zero Eenerg Building) 신재생에너지 적용기술과 효과

Zero Eenerg Building, Renewable Energy Application Technology and Effects

최성우*[†]

sung-woo Choi*[†]

*한국에너지공단 건물에너지실

Abstract : 국토교통부 2050년 탄소중립로드맵(‘21.12)의 제로에너지건축물(ZEB) 의무화로드맵에 따라, 정부는 2030년 전 건물 1등급 수준으로 제로에너지인증 의무화를 강화 예정이며, 건물부문의 주요정책으로 제로에너지건축 확대를 2023년 3월 제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획을 발표 제로에너지건축물의 핵심기술에는 에너지부하를 원천적으로 낮추는 패시브기술과 고효율설비를 설치하여 에너지효율을 높이는 액티브기술, 또한 건물자체에서 에너지생산하여 에너지를 자립할수 있는 신재생에너지기술이 필요함.

본 연구에서는 특히, 제로에너지건축에서 에너지자립을 달성할 수 있는 다양한 신재생에너지 적용 기술과, 제로에너지건축물에서의 에너지원별 적용기술을 분석하고, 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」의 “신재생에너지 공급의무비율”과 제로에너지건축에서의 “자립율”의 산정 방법 차이, 신재생에너지원별 자립율 산정방법등을 분석하였음.

또한, 제로에너지건축의 5등급부터 1등급까지 에너지자립율 달성에 따른 공사비 증가율에 따른 투자비를 산출하여 제로에너지건축에 따른 투자경제성을 분석하였으며, 기존 설계에서 제로에너지 건축이 불가능하였던 건축물을 제로에너지건축물로 최적화 설계 사례를 분석하였음

Key Words : 제로에너지건축(ZEB), 패시브기술(Passive Technology), 액티브기술(Active Technology), 신재생에너지기술(New&Renewable Technology), 신재생에너지 공급의무비율, 에너지자립율

[†]Corresponding author, E-mail: sungwoo@energy.or.kr

후 기

본 내용은 ZEB인증 활성화를 위한 자체 연구 및 검토 내용입니다

태양광·열 복합모듈(PVT)을 이용한 융합 시스템의 전기 및 열 성능 분석

Electrical & Thermal Performance Analysis on Convergence System Using Photovoltaic-thermal Module

문병용*[†], 조성구*

Byung-yong Mun*[†], Sung-goo Cho*

*(주)이맥스시스템

Abstract : 글로벌 2050년 탄소중립을 실현하기 위한 방안으로 신재생에너지로의 에너지 전환과 에너지원의 효율 향상 및 수송과 히팅 부문에서의 전력화가 이슈화 되고 있다. 특히 전세계 총 에너지 사용량의 절반을 차지하고 있는 열 부문의 탈 탄소화 없이는 탄소중립이 불가능함은 이미 알려진 사실이다. 열부문의 탈탄소화는 최종사용처에서의 재생열 에너지 사용과 재생전력을 이용한 열공급의 두가지 방향으로 볼 수 있으며, 특히 전력을 이용한 열부문의 탈탄소화의 핵심은 히트펌프의 사용이라고 볼 수 있다. 히트펌프는 열과 전기를 모두 필요로 하는 기기이다. 이러한 점을 감안할 때 신재생에너지원중 열과 전기를 동시에 생산하는 태양광열(PVT)복합모듈을 이용하는 융합시스템이 그 용도면에서 매우 적합하다고 할 수 있다. 최근 유럽에서는 건물과 산업부문의 열공급을 PVT와 히트펌프를 이용하는 융합시스템을 이용하여 공급하는 사례가 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 이러한 추세에 따라 단위 설치면적당 신재생에너지생산량이 많은 고성능의 PVT모듈이 요구되고 있다. 본 연구에서는 국내에서 개발된 PVT모듈의 실제 사용성능과 해외 제품과의 성능을 분석하고 종합적인 ROI 개선을 위한 방안에 대하여 논하고자 한다.

Key Words : PVT복합모듈(Photovoltaic & Thermal module), 탄소중립(Carbon neutral), PVT융합시스템(PVT convergence system), 에너지 전환(Energy transition), 전력화(Electrification), ROI(Return on investment)

[†] Corresponding author, E-mail: solexsgc@gmail.com

후 기

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20173010140800).

공기식태양열 설비 시스템에 관한 소개

A Introduction to Solar Air Thermal Systems

송호석*[†], 김경구**

Ho-suk Song*[†], Gyeong-gu Kim**

*공기식태양열협동조합, **기술영업본부

Abstract : 세계 선진국들은 자국의 미래 탄소중립을 달성하기 위한 방안으로 건물의 제로에너지화를 추구하고 있습니다. 건축물 분야는 전세계적으로 에너지를 가장 많이 소비하는 분야이고, 지속적으로 증가하고 있습니다. 국제에너지기구 IEA에 따르면, 건물 에너지 효율이 향상되지 않을 경우 건축물과 에너지사용 설비의 지속적인 증가로 2050년까지 에너지 사용량이 50% 증가가 예상됩니다. 이런 배경으로 국내에서는 2004년부터 신재생설치의무화 사업을 시행하였고, 2024년 현재 공공 건물의 경우 예상에너지 사용량의 34%를 신재생 에너지설비로 충당하여야 합니다. 위와 같이 법적 기준 규모의 신재생설비를 설치하기 위한 건물 공간의 부족으로 인해 현업에서는 건물 일체형 및 고효율 신재생설비의 필요가 대두되고 있는 추세입니다. 이에 대한 대안으로 건물일체형으로 설치 가능한 고효율 신재생 설비인 공기식태양열 설비 시스템에 관해 기술 개요 및 설치 사례등에 관해 설명하고자 합니다.

Key Words : 신재생설치의무화, 제로에너지(ZEB), 공기식태양열 설비 시스템(Solar Air Thermal System)

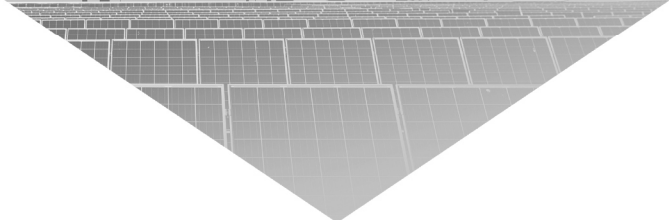
[†]Corresponding author, E-mail: neosolar@solarvito.com

후 기

본 자료는 공기식태양열 기술개요 및 사례에 관한 안내 자료입니다.

Special Session

저탄소모듈개발



태양광 제조의 탄소배출 줄이기 위한 로드맵

A Roadmap to Reduce the Carbon Footprint of Photovoltaic Manufacturing

Moonyong Kim^{*†}, Sisi Wang^{*}, Li Wang^{*}, Brett Hallam^{*}

^{*}School of Photovoltaic and Renewable Energy Engineering,
University of New South Wales, Sydney, NSW, 2052, Australia

Abstract : In 2023, the global photovoltaic (PV) capacity surpassed 1.6 TW. However, to achieve the goal of net zero emissions, the world needs to scale up significantly, aiming for over 10 TW and 60 TW by 2030 and 2050, respectively. This scaling is crucial for replacing fossil fuel-based technologies with PV, thereby reducing carbon dioxide (CO₂) emissions from electricity generation. Moreover, electricity can substitute for gas in heating or cooking through the use of heat pumps and induction cookers. However, the production of crystalline silicon (c-Si) modules involves energy- and carbon-intensive processes, potentially resulting in substantial emissions during manufacturing, primarily through indirect emissions stemming from electricity demand. This study aims to identify the primary sources of emissions in the manufacturing process and propose strategies to mitigate them.

Key Words : decarbonisation, crystalline silicon solar cells, MG-Si, poly-Si, modules, carbon dioxide

[†] Corresponding author, E-mail: moonyong.kim@unsw.edu.au

Special Session

인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 연구단



레이저 천공을 통해 물질 전달이 향상된 MWCNT/PTFE 복합재 기반 기체확산층

Gas Diffusion Layer based on MWCNT/PTFE Composite with Improved Mass Transfer via Laser Perforation

엄태식*, 이은상*^{**,†}, 이상의*^{**,†}

Taesik Eom*, Eun Sang Lee*^{**,†}, Sang-Eui Lee*^{**,†}

*인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 KIURI 연구단, **인하대학교 기계공학과

Abstract : 기체확산층(Gas diffusion layer, GDL)은 고분자 전해질막연료전지(Polymer electrolyte membrane fuel cell, PEMFC)의 필수 구성 요소 중 하나이다. GDL은 연료인 수소/산소를 전달할 뿐만 아니라 연료전지 내의 물을 적절하게 관리하는 역할을 한다. 전해질막은 젖은 상태를 유지함과 동시에 물의 범람(water flooding)으로 인한 기체가 전달 기공의 막힘 현상을 예방하기 위해서는 적절한 물의 저장 및 배출 능력이 필요하다. 본 연구에서는 MWCNT/PTFE 복합필름에 레이저를 이용하여 구멍을 뚫어 GDL을 제작하였다. 복합 필름 기반 GDL은 높은 압축성 및 전기적 특성뿐만 아니라, 레이저 처리된 구멍 표면은 친수성을 가지며 수분 배출 경로로 사용된다. 그 결과, 상용 GDL 대비 고전류밀도에서 전압강하가 감소하였으며, 궁극적으로 최대 출력도 증가하였다. 본 기술은 순간적으로 높은 출력을 요구하는 교통분야에 적용되는 연료전지 기술에 적용 가능한 것으로 기대된다.

Key Words : 고분자 전해질막연료전지(Polymer electrolyte membrane fuel cell), 기체확산(Gas diffusion layer), 다중벽탄소나노튜브(Multi-wall carbon nanotube), Polytetrafluoroethylene(PTFE), 레이저 천공(Laser perforation)

[†] Corresponding author, E-mail: selee@inha.ac.kr

후 기

본 연구는 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2021M3H1A1064135).

제어가 가능한 자기유변 햅틱 장치 응용 시스템 연구

Research on Application Systemas of Conteollable Magneto-Rheological Haptic Device

박유진*[†], 이은상*

Yu-Jin Park*[†], Eun-Sang Lee*

*인하대학교 수소기반차세대기계시스템 키우리 연구단

Abstract : 본 연구는 제어 가능한 자기유변(MR) 햅틱 장치의 응용 시스템에 대한 연구를 다룬다. 햅틱 기술은 가상 현실, 의료 시뮬레이션, 재활 등 다양한 분야에서 인간-컴퓨터 상호작용에서 촉각적 피드백을 가능하게 함으로써 큰 관심을 받고 있다. 자기유변 햅틱 장치는 자기장에 의해 스마트 소재의 레오로지컬 특성을 활용하여 촉각적 피드백을 제공하는데 있어 제어성과 적응성을 제공한다. 본 연구는 MR 햅틱 시스템의 설계, 구현 및 잠재적 응용 분야에 대해 조사된 내용을 공유한다. 또한, 실험적 검증과, 프로토타입 개발을 통해 제어 가능성을 향상시키기 위한 가능성에 중점을 둔다. 즉, 본 연구는 햅틱 기술의 발전과 다양한 응용 분야로의 통합에 기여하고자 한다.

Key Words : 자기유변재료 (Magnetorheological Materials), 햅틱 장치 (Haptic Device)

[†] Corresponding author, E-mail: eugene5059@inha.ac.kr

후 기

이 연구는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021M3H1A106413511)

옥수수 부산물을 활용한 바이오 연료 및 케미컬의 종류, 생산 공정 및 경제적 분석

Production Process and Economic Analysis of Bio Fuels and Chemicals Using Corn Stover

장민수*[†], 이은상*

Minsoo Jang*[†], Eunsang Lee*

*인하대학교

Abstract : Corn stover (CS) is recognized as a major agricultural residue worldwide, constituting 27.2% of all agricultural waste. CS offers considerable economic and environmental advantages as a raw material for the production of biofuels and biobased chemicals via both carbohydrate and lignin pathways. However, the financial sustainability of biorefineries utilizing CS is currently being evaluated in light of several challenges, including supply chain logistics, the efficiency and cost of conversion technologies, the scalability of technologies tailored to specific products, and competitive pressures from sugar and starch-based alternatives. This work delves into main three sections: 1) the possible obtainable viable products from the conversion of CS into biofuels and chemicals, 2) their market potential, 3) Pretreatment process, 4) Thermochemical process, 5) Bio chemical process 6) Technical bottleneck of each process. Particularly, this work highlights the significance of efficiently utilizing CS, especially abundant in the US's mid-west states, in enhancing the country's energy security and sustainability. By investigating and analyzing the market potential of biofuels and value-added chemicals produced through microbial or biochemical conversion, this research contributes to the understanding of CS's role in developing economically and environmentally sustainable biorefinery processes. This research aids to guide which aspects of technologies should be advanced, thus guidelines for further research related to corn stover usage. Ultimately, this research boosts the corn stover related industry, more profitable on corn farming industry, therefore enhance the food securities.

Key Words : 옥수수 부산물(Corn Stover), 바이오 연료(Bio fuel), 바이오 리파이너리(Bio refinery), 화학적 전환 (Chemical Conversion), 전처리(Pretreatment)

[†] Corresponding author, E-mail: msjang@inha.ac.kr

신재생에너지 전력 저장장치 (B-ESS, H-ESS)의 경제성 분석

Economic Analysis of Renewable Energy Storage (B-ESS, H-ESS)

최순호*[†], 이은상*^{**, **}

SunHo Choi*[†], EunSang Lee*^{**, **}

*인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 키우리연구단, **인하대학교 기계공학과

Abstract : 국내 신재생에너지의 보급률이 빠르게 증가하면서 제주도에서는 신재생에너지(태양광, 풍력)의 출력제어가 실시되고 있다. 풍력발전의 경우 비교적 빠른 2015년부터 진행되었고, 2022년부터는 태양광사업자에 출력제어로 풍력발전에 비해 영세한 태양광 사업자의 지속적 민원이 발생하고 있다. 출력제어에 대한 횡수는 지속해서 증가하고 있어 이를 해결하기 위해 출력제어 최소화를 위한 다양한 완화대책을 내놓고 있다. 하지만, 장기적인 출력제어 현상은 제주도 뿐만 아니라 태양광 발전이 많이 보급된 내륙에서도 진행되고 있는 문제점이다.

출력제어 문제를 대응하기 위해 일시적으로 전력을 저장하는 방법으로 배터리 기반 ESS (B-ESS)를 설치하고 있지만 B-ESS의 경우 저장 기간과 용량 측면에서 뚜렷한 한계를 가진다. B-ESS의 단점을 극복하기 위해 수소를 기반으로 한 H-ESS가 대두되고 있으며, 일반적으로 에너지저장시간에 따른 저장비용 측면에서 H-ESS가 유리한 특징을 가진다. 잉여전력 저장에 대한 이슈가 점차 높아지는 시점에서 새롭게 주목받는 수소 저장의 경제성을 분석하였다.

Key Words : B-ESS(Battery Energy Storage System), H-ESS(Hydrogen Energy Storage System), 출력제어(Curtailment), 신재생에너지(Renewable energy)

[†] Corresponding author, E-mail: shchoi9306@gmail.com

후 기

“이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구 인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.NRF-2021M3H1A106413514)”

“This research was supported by the Korea Initiative for fostering University of Research and Innovation(KIURI) Program of the National Research Foundation(NRF) funded by the Korean government (MSIT) (No.NRF-2021M3H1A106413514).”

열분해유 가스화를 통한 수소 생산 공정해석

Hydrogen Production Simulation through Gasification of Pyrolysis Oil

정재용*[†], 이은상*

Jaeyong Jeong*[†], Eunsang Lee*

*인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 KIURI 연구단

Abstract : 전 세계적으로 자원순환에 대한 관심이 높아지면서 폐플라스틱 열분해를 통한 자원순환 기술이 선호되고 있다. 하지만 폐플라스틱은 폐기물로 각종 오염물질이 섞여 있으며 수집 및 선별 과정에서 일부 제거가 되지만 완벽하게 분리되지 않는다. 따라서 오염물질이 섞여 있는 폐플라스틱을 열분해하게 된다면 생성물 또한 오염물질이 섞여 있을 수 있게 된다. 이렇게 생성된 열분해유는 폐플라스틱의 주요 활용 방법인 납사 전환이 어려워 지기 때문에 활용하기 어렵게 된다. 이러한 저급 열분해유를 가장 효율적으로 고부가화 할 수 있는 방법은 가스화 공정이 될 수 있다. 저급 열분해유를 가스화하게 된다면 수소를 생산할 수 있을 뿐만 아니라 가스화 공정 중 오염물질을 제거할 수 있게 된다.

본 연구에서는 열분해유로부터 수소를 얻기 위한 가스화 공정을 aspen plus 공정해석 프로그램을 사용하였으며 수소 생산에 적합한 열분해유 가스화 공정의 운전 조건과 수소 생산량을 확인해 보았다.

Key Words : 폐플라스틱(Waste plastic), 가스화(Gasification), 열분해유(Pyrolysis oil), 수소(Hydrogen)

[†] Corresponding author, E-mail: jaeyong@inha.ac.kr

후 기

이 연구는 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (No. NRF-2021M3H1A1064135)

도시가스의 수소 혼입 시 연소기기에 미치는 영향 분석

Analysis of the Effects of Hydrogen Blending in City Gas on Gas Appliances

유준상*†, 이은상**

Junsang Yoo*†, Eunsang Lee**

*인하대학교 KIURI 연구단, **인하대학교 기계공학과

Abstract : 현재 우리나라에서 사용되는 도시가스는 통상 13A로 명명되는 단일 가스그룹이다. 13A 단일 가스그룹은 메탄(CH₄)을 주성분으로 하는 가스 중 웨버지수(WI)의 범위가 52.75~57.78MJ/Nm³ (12,600~13,800kcal/Nm³)인 가스를 주로 지칭하며, 일본 JIS의 13A 가스그룹을 그대로 차용하였다. 하지만 현재 사용하는 도시가스에서 메탄이 주성분이기 때문에 가스기기에 사용 시 이산화탄소(CO₂)를 배출하게 되며, 이는 지구 온난화를 야기하게 된다. 따라서 도시가스를 사용하는 모든 가스기기의 탄소 배출량을 줄이기는 어려운 실정이기 때문에 전 세계적으로 도시가스 망에 무탄소 연료인 수소를 사용하는 방안을 도입하려고 하고 있다. 하지만 현재 사용하는 가스기에 수소를 직접 사용하는 것을 불가능하기 때문엔 우선 도시가스에 수소를 혼입하여 사용하려고 하고 있으며, 이는 본격적인 수소화 사회를 넘어가기 전에 탄소중립을 달성하기 위한 기술적 가교 역할을 할 것으로 보고 있다. 본 연구는 도시가스에 수소 혼입 시 웨버 지수(Webbe Index), 연료 유량 변화, 당량비 변화 등의 연구하였으며, 각각의 물성 변화가 가스기에 어떤 영향을 미치는지를 분석하였다.

Key Words : 수소(Hydrogen), 도시가스(City gas), 당량비(Equivalence ratio), 혼입률 (Mixing rate), 웨버지수(Webbe Index)

†Corresponding author, E-mail: jsyoo@inha.ac.kr

후 기

이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021M3H1A1064135)

세륨 산화물을 활용한 열화학 이단계 수분해 사이클 프로세스의 열역학적 성능 평가

Thermodynamic Performance Evaluation of the Cerium Oxide-Based Thermochemical Two-Step Water Splitting Cycle Process

이규희*, 조현석*, 이은상**†

Gyu Hee Lee*, Hyun Seok Cho*, Eun Sang Lee**†

*인하대학교 수소기반 기계시스템 키우리연구단, **인하대학교 기계공학과

Abstract : 본 연구는 태양열을 활용하여 수소를 생산하는 세륨 산화물 기반의 열화학적 이단계 물 분해 사이클의 열역학적 성능을 평가하였다. 수소 생산을 위한 태양열 활용 방법에는 태양광으로 발전된 전기를 이용한 전기분해와 태양열을 직접 열원으로 사용하는 열화학적 사이클로 나뉜다. 태양열을 집중하여 고온 열에너지를 화학 반응에 필요한 열로 전환하는 태양열 기반 열화학 이단계 분해 사이클을 통해 수소를 생산하는 방법을 탐구했다. 동일한 화학 반응을 이용하여 이산화탄소의 분해 반응을 통해 CI 공정에 사용이 가능한 일산화탄소를 생산하는 반응에 대해서도 열역학적 효과를 조사하였다. 물과 이산화탄소 분해의 효과를 평가하는 데 핵심적인 요소인 반응기 내의 온도와 압력, 그리고 반응을 활성화시키는데 필요한 다양한 종류 및 형태의 금속 산화물 촉매이며, 본 연구에서는 세륨 산화물을 기반으로 한 2단계 산화-환원 사이클 과정을 분석했다. 세륨 산화물 촉매의 열 환원 및 물 분해 공정에서의 최적 조건을 탐색하고, 사이클의 열역학적 효율에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 세륨 산화물에 인접한 물, 이산화탄소에 의해 결정 구조 및 전자 구조 변화에 따른 열역학적 에너지의 변화에 대해서 연구하였다. 모델링을 통해 얻은 결과는 세륨 산화물 기반 촉매의 효율적인 설계 및 세륨 산화물을 활용한 열화학 이단계 수분해 사이클 프로세스에 기여할 것으로 기대한다.

Key Words : 태양열에너지(Solar thermal energy), 열화학적 수분해(Thermochemical water splitting), 세륨산화물(Cerium oxide), 2단계 산화-환원 사이클(Two-step redox cycle)

† Corresponding author, E-mail: leees@inha.ac.kr

후 기

이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 혁신성장 선도 고급연구인재 성장지원(KIURI) 시범사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021M3H1A1064135).

금속산화물 기반 고온 열화학 사이클 반응을 통한 수소 생산 및 인공항공유 SAF 생산 연구

High Temperature Thermochemical Cycle Reaction by Metal Oxide for Production of H₂ and Sustainable Aviation Fuel (SAF)

조현석*†

Hyunseok Cho*†

*인하대학교 수소 기반 차세대 기계시스템 키우리 연구단

Abstract : 본 연구는 태양열 에너지를 이용하여 고온 열화학 사이클 반응을 통한 수소 및 지속 가능한 항공 연료(SAF, E-fuel)의 생산에 관한 것이다. 주요 목표는 태양열을 활용하여 열에너지를 공급하는 집광 시스템을 개발하고, 이를 통해 CeO₂ 및 M-CeO₂ (M: 전이금속계 Fe, Mn, Ni, Co 등)를 반응 매체(촉매)로 사용하여 물 분해 및 이산화탄소 분해 반응을 진행하는 것이다. 이 과정에서 열화학 이단계 사이클 반응이 이루어지며, 금속산화물의 환원반응은 1300~1500℃ 에서, 산화반응은 약 1000℃ 에서 온도 스윙을 통해 진행된다. 실험적 연구는 실험실 단계에서 시작하여 대형 플랜트 사이즈로의 스케일업을 거쳐, 고정층 반응기에서 유동층 반응기로의 개선 과정을 통해 수행되었다. 이 과정에서 생성된 수소와 일산화탄소(합성가스)는 F-T 반응을 통해 케로신으로 합성되며, 최종적으로 생산된 케로신은 SAF로 활용된다. 본 연구는 태양열을 이용한 친환경적이고 지속 가능한 항공 연료 생산 방법을 제시함으로써, 화석 연료 의존도 감소와 온실가스 배출 저감에 기여할 수 있는 새로운 대안을 모색하는 것을 목표로 한다.

이와 같은 접근 방식은 에너지 생산의 지속 가능성을 향상시키고, 환경 친화적인 항공 연료의 대규모 생산 가능성을 탐색함으로써, 에너지 및 환경 분야에서의 중대한 도전 과제를 해결하는 데 새로운 가능성을 제시한다.

Key Words : 열화학 사이클(thermochemical cycle), 금속산화물(metal oxide), 태양연료(Solar fuel), 인공항공유(Sustainable aviation fuel), 수소생산(hydrogen), 탄소중립연료(E-fuel)

† Corresponding author, E-mail: danielcho@inha.ac.kr

후 기

This research was supported by the Korea Initiative for fostering University of Research and Innovation (KIURI) Program of the National Research Foundation (NRF) funded by the Korean government (MSIT) (No. NRF-2021M3H1A106413514)

Special Session

에너지믹스



시장잠재량 플랫폼 기반 태양광 보급 시나리오 개발

Development of Photovoltaic Energy Deployment Scenarios Based on Market Potential Platform

윤창열*, 김보영*, 김진영*, 김현구**†

Changyeol Yun*, Boyoung Kim*, Jinyoung Kim*, Hyungoo Kim**†

*한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구실, **한국에너지기술연구원 재생에너지연구소

Abstract : 국가계획 수립의 기초자료로 활용되는 태양광 시장잠재량은 조건의 설정에 따라 다양한 결과가 도출된다. 지자체별로 상이한 이격거리 규제를 적용하거나, 정부의 이격거리 가이드라인을 기준으로 하는 등 여러 조건이 적용될 수 있으며, 도출된 결과는 태양광의 보급 한계량 추정을 위한 근거로 사용된다. 이러한 잠재량 연산결과는 적용되는 시공간 조건에 따라 민감하게 변화하기 때문에, 모델에 적용되는 LCOE(Levelized Cost of Energy, 균등화 발전비용)와 토지활용성(설치불가지역)에 대한 세밀한 분석과 철저한 검토가 요구된다. 태양에너지는 특히 일사량에 의한 이용률(capacity factor)과 토지 임대료에 영향을 받으며, SMP(System Marginal Price, 계통한계가격)와 REC(Renewable Energy Certificate, 신재생에너지 공급인증서) 등 다양한 요소를 고려해야 한다. 본 연구에서는 개발 중인 시장잠재량 플랫폼을 활용하여 건물벽면형, 영농형, 수상형 태양광 설비에 대해 다양한 조건에서의 신규 시나리오를 제시하였다. 이러한 시나리오 결과물은 국가 에너지 정책 수립의 근거자료로 지원될 예정이다. 국내 재생에너지 잠재량 연구는 현재 태양광, 풍력에 집중되어 있으나 열 분야(태양열, 지열, 바이오, 수열)와 수력, 폐기물, 해양 등으로 확산될 필요가 있으며, 에너지 시스템 전반에 걸친 통합적인 접근이 요구된다.

Key Words : 시장 잠재량(Market potential), 태양광(Photovoltaic), 시나리오(Scenario), 에너지계획(Energy plan), 탄소중립(Carbon neutrality),

† Corresponding author, E-mail: hyungoo@kier.re.kr

국내외 소형모듈원자로(SMR) R&D 동향

Small Modular Reactor: Global R&D Trends

박근엽*, 이은제*, 이지민*[†], 이영준*

Gunyeop Park*, Eun Je Lee*, Ji-Min Lee*[†], Young Joon Lee*

*한국원자력연구원 정책연구부

Abstract : 전 지구적 기후위기와 에너지 공급불안에 대응하여 세계 각국은 전방위적 노력을 지속하고 있다. 특히 원자력은 그러한 탄소중립 달성과 에너지안보 확보 두 가지 대과제를 동시에 만족시킬 수 있는 안정적 에너지원으로서 각국의 전략기술로 급부상하였다. 미국, 프랑스, 일본 등 주요국의 에너지 정책은 원전을 적극 활용하는 방향으로 뚜렷하게 나타나고 있으며, 유럽연합은 친환경 경제활동 분류체계에 원자력을 포함시키며 원자력의 역할을 강조하였다. 현재, 기존 대형원전 대비 안전성을 혁신적으로 높이고, 건설 비용 및 기간을 단축시키며, 다양한 응용성 및 확장성을 두루 갖춘 다목적 소형모듈원자로(SMR) 개념이 주목받고 있다. SMR은 일반적으로 원자로의 주요기기를 모듈형으로 설계하고 전기출력이 300 MWe 이하인 차세대원자로의 한 형태이다. 대형원전의 오랜 경험을 통해 입증된 경수로(LWR) 기술뿐만 아니라, 소듐냉각고속로(SFR), 고온가스로(HTGR), 용융염원자로(MSR) 등 제4세대 비경수로 기술을 SMR에 적용할 수 있다. 캐나다 정부에 따르면, 노후 석탄화력발전 대체, 오지·광산, 중공업 증기공급 등 2030년부터 2040년까지 연간 146조원의 시장 규모를 예측하는 등, 여러 기관이 SMR 수요가 지속적으로 증가할 것이라 전망하고 있다. 그 뿐만 아니라, 수소생산용 청정 열 공급, 선박추진 동력원, 대규모 데이터센터용 분산형 전력 공급 등 SMR을 적용가능한 분야가 점차 확대되고 있다. 국제원자력기구에 따르면 전 세계적으로 80여종 이상의 SMR이 개발 중이며, 기술우위에 기반한 미래 시장선점을 위해 개발 경쟁이 격화되고 있다. 우리나라 정부는 원자력의 전략적 중요성을 인지하고, 국정과제, 12대 국가전략기술, 신성장 4.0 전략 등을 통해 SMR의 경쟁력 강화를 위한 연구개발 집중을 재차 강조하고 있다.

Key Words : 탄소중립(Carbon neutrality), 에너지안보(Energy security), 원자력(Nuclear energy), 소형모듈원자로 (Small modular reactor), 차세대원자로(Advanced nuclear reactor)

[†] Corresponding author, E-mail: jmlee0915@kaeri.re.kr

중소형원자로의 미래 에너지시장 참여방안 제언

A Proposal for Small and Medium-sized Nuclear Reactors to Participate in Future Energy Markets

윤경수*[†], 조재완*, 이영우*, 이영준**

Kyungsoo Yoon*[†], Jai Oan Cho*, Youngwoo Lee*, Young Joon Lee**

*한국원자력연구원 경제성분석실, **한국원자력연구원 정책연구부

Abstract : 전 세계적으로 그간 원전분야는 안정적인 무탄소 전력 공급만을 담당해온 대형원전에서 다양한 활용성을 지닌 중소형원자로로의 기술도입 확장을 모색하고 있으며 이로 인하여 막대한 잠재적 수요시장이 창출될 것이라는 전망이다. 이에 우리나라도 국산형 중소형원자로를 토대로 글로벌 시장을 선도·선점하기 위하여 초격차 기술개발을 본격화하고 있는 상황이다. 본 발표에서는 노형별 중소형원자로에 대한 기술개발 현황 및 정책적·법제도적 제반여건을 토대로 내수시장을 고려한 미래 에너지시장 참여를 도모하기 위한 연계 사업화 모델을 제시해보고 나아가 고부가가치 원전수출 패키지화를 위한 선순환 구조를 확립시키는 것을 목표로 한다. 이러한 사업성을 고려한 연계 사업화 모델을 구상함으로써 중소형원자로 운영사업자의 시장기반 수익성을 보장하고 중소형원자로의 이용증진에 따른 국가·국민적 편익을 극대화하는 해법을 마련하는데 기여한다. 마지막으로 해당 사업화 모델이 실물경제체계에서 구현되기 위하여 보완이 필요한 주요 현안과 규제개선 방안에 대한 정책제언을 한다. 이러한 제언들은 기존 발전용원자로운영자인 한수원 및 신규 시장 참여자들의 중소형원자로 사업화 전략 수립에 있어 큰 틀을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

Key Words : 중소형원자로(Small and medium-sized reactors), 소형모듈형원자로(Small Modular Reactors), 사업모델(Business Model), 미래에너지시장(Future Energy Market), 분산에너지(Distributed Energy)

[†]Corresponding author, E-mail: yoonks@kaeri.re.kr

태양광 보급전망 모형의 개발 및 적용 사례

Development and Application of a Photovoltaic Deployment Forecasting Model

조상민*[†], 장연재*

Sangmin Cho*[†], Yenjae Chang*

*에너지경제연구원 재생에너지정책연구소

Abstract : 본 연구는 국가계획 수립의 기초자료로 활용할 수 있는 태양광 보급전망 모형의 개발과 이의 실제 적용사례에 관한 것이다. 보급전망은 확산모형에 기반하고 있으며 시장잠재량 모형과 연계하여 모형의 활용성과 전망 결과의 현실성을 확보하고자 노력하였다. 2005년 이후의 국내 연도별 태양광 보급실적을 바탕으로 확산모형의 주요 모수들(a, b)을 추정하였고 주요 모수 중 하나인 잠재량(m)은 시장잠재량 모형을 통해 추정한 태양광 시장잠재량을 외생적으로 대입하였다. 시장잠재량은 지리적요인, 기술적요인, 규제요인, 경제적요인 등을 반영하여 산정하였으며 최근의 기초지자체별 태양광 이격거리 규제를 반영함으로써 시장잠재량 분석결과, 나아가 보급전망 결과의 현실성을 높였다. 보급전망은 1차적으로 전국 단위로 수행한 후, 250개 기초지자체별 보급가능 잔여량을 기반으로 각 기초지자체별로 배분하였다. 기초지자체별 보급전망을 수행한 이유는 태양광 보급이 늘어날수록 각종 규제의 영향을 받는 기초지자체별 보급가능 잔여량과 계통 수용성이 중요한 고려 요소가 되기 때문이다. 보급가능 잔여량은 1차적으로 시장잠재량과 실제 보급실적과의 차이로 도출하였고 이격거리 규제의 강화 시점을 고려하여 보정하였다. 본 연구에서 개발한 모형의 장점은 시장잠재량을 현실적으로 고려하였다는 점, 국가 전체는 물론 지자체별 혹은 지역별 전망치를 제시할 수 있다는 점, 이격거리 규제 완화 등 정부 정책 변화를 반영한 시나리오 분석이 가능하다는 점 등이다.

Key Words : 확산모형(Diffusion model), 태양광(Photovoltaics), 시장잠재량(Market potential), 기초지자체(Local government), 이격거리(Setback distances)

[†] Corresponding author, E-mail: smin0621@keei.re.kr

미래 전력망 통합 분석 플랫폼 개발

Development of Integrated Analysis Platform for Future Power Grid

이승렬*[†], 신동준*, 이상호*

Seoung-Ryul Lee*[†], Dong-Joon Shin*, Sang-Ho Lee*

*한국전기연구원 전력망연구본부

Abstract : 국내 전력시스템은 현재 전력부문 탄소중립 목표 달성을 위한 중대한 시련을 맞이하고 있다. 2050 탄소중립 목표를 달성하기 위해 전력부문은 재생자원의 적극적 도입과 석탄 등 화석연료 자원의 빠른 대체를 진행하고 있으며, 이러한 급진적 전력수급환경 변화는 전력자원과 전력계통 계획 및 운영에 심각한 도전과제를 던져주고 있다.

본 논문은 2050 탄소중립 환경에서 전력망과 자원을 계획하고 운영하기 위해 요구되는 통합 분석 플랫폼의 개념을 정립하고 이의 기초 모델이 되는 전력망 분석 도구 및 전력자원 계획 도구의 개발 내용을 정리하였다.

미래 전력망 통합 분석 플랫폼의 가장 기초를 이루는 모듈은 전력망 분석 모듈로 주어진 시나리오에 대해 전력망 신뢰도를 자동으로 분석하고 결과를 도출해 준다. 이 모듈을 기반으로 미래 전력망에 대해 사용자가 검토해보고 싶은 다양한 시나리오를 검토할 때 적절한 발전원 구성, 발전예측, 송전망 구성 등을 제안하고 자동화된 분석 과정을 통해 종합적인 검토를 수행하는 전력망 통합 분석 플랫폼을 구현하고 있다.

전력망 모듈에 기반하여 개발중인 두 번째 분석도구 레이어는 전력자원 계획 도구이다. 사회적 중요성이 더욱 커질 전력자원의 특성을 고려하여 전력공급의 복원력을 계획단계에서 반영할 수 있는 계획도구를 목표로 시작품 개발을 진행중이다.

본 미래 전력망 통합 분석 플랫폼은 기존과는 다른 특성을 지닌 다양한 자원이 분산되어 계획되고 운영될 미래 탄소중립 전력망 환경에 대응하여 전력망과 자원을 동시에 최적화 시킬 수 있는 도구로 활용될 수 있을 것이다.

Key Words : 탄소중립 전력망(Carbon neutral power system), 전력망 분석 플랫폼(Power grid analysis platform), 전력망 계획 도구(Power system planning tool), 전력시스템 복원력(Power system resilience), 다계층 분석 플랫폼(Multi-layer analysis platform)

[†] Corresponding author, E-mail: srlee@keri.re.kr

Oral Session

건물에너지설비

Building Energy System (BES) Session 1, 2



어린이집의 에너지 소비성능 평가 방법론 개발

Development of a Methodology for Evaluating the Energy Consumption Performance of Daycare Centers

박진형*, 조재완*[†]

Jinhyung Park*, Jaewan Joe*[†]

*인하대학교 스마트시티공학과

Abstract : 본 연구는 어린이집에서의 에너지 소비성능을 평가하기 위한 새로운 방법론 개발에 중점을 두고 수행되었다. 전통적으로 사용되는 단위면적당 에너지 사용량(EUI) 지표는 건물의 실제 운영 특성을 제대로 반영하지 못하는 한계를 가지고 있어, 때로는 편향된 결과를 도출한다. 이를 개선하기 위해, 본 연구는 건물의 물리적 특성(건물인자), 주변 환경 조건(환경인자), 건물의 운영 특성(특성인자), 그리고 사용자의 행동 패턴(행태인자)을 포함하는 다차원적 평가 지표를 개발하는 데 집중하였다. 데이터 수집 단계에서부터 시작하여, 전처리 및 속성 분석을 통해 정규화된 에너지 데이터를 구축하였다. 이후, 열관류율을 기준으로 변수를 통제하고 군집화 기법을 적용하여, 각 군집의 데이터 특성을 분석하였다. 이러한 데이터 특성을 바탕으로 회귀 모델을 개발하였으며, 이 모델을 통해 예측된 에너지 사용량을 실측 값과 비교한 결과, 평균 R² 값이 0.7로 나타나, 모델의 우수성을 확인할 수 있었다.

Key Words : 어린이집(Daycare Centers), 군집화(Clustering), 공공데이터 연계(Linked Open Data(LOD)), 회귀모델(Regression model), 행태(Behavioral factors)

[†] Corresponding author, E-mail: jjoe@inha.ac.kr

후 기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행된 과제입니다. (과제번호 : RS-2023-00244769)

VRF 시스템 실내기 증발온도 설정에 따른 냉방 에너지 사용량 평가

Evaluation on Cooling Energy Usage of VRF System with Various Evaporating Set Point Temperatures

진산*, 장아민*, 김민호*, 도성록**†

San Jin*, Ahmin Jang*, Minho Kim*, Sung Lok Do**†

*한밭대학교 건축설비공학과, **한밭대학교 설비공학과

Abstract : 전 세계적으로 급격한 기후변화를 방지하기 위해 주요하게 여겨지는 탈탄소화·전기화 측면에서 우수한 VRF(Variable Refrigerant Flow) 시스템은 많은 상업 및 거주용 건물에 설치되고 있다. VRF 시스템은 단일의 실외기에 다수의 실내기를 냉매배관으로 연결하여 실내 부하에 따라 냉매유량을 제어하는 히트펌프 시스템이다. VRF 시스템은 각 실내기를 개별적으로 제어하여 실별 부하 변동에 즉각적인 대응이 가능하며, 냉·난방이 동시에 가능하기 때문에 다양한 용도의 공간에 대한 사용자의 요구를 충족시킬 수 있다는 장점을 갖는다. VRF 시스템은 전자 팽창 밸브를 통해 냉매유량, 인버터 압축기의 회전 속도를 제어함으로써 실내기의 증발온도를 유지한다. VRF 시스템이 부분 부하 상황에서 운전될 경우, 증발온도는 VRF 시스템의 에너지 사용량에 많은 영향을 미치는 요소이다. 그러나 일반적으로 증발온도는 고정되어 운전되고 있으며, VRF 시스템의 에너지 성능을 향상시키기 위해서 실내 부하에 상응하는 증발온도 제어가 필요하다. 이에 앞서, 증발온도와 에너지 사용량의 관련성에 대한 분석이 선행되어야 한다. 따라서 본 연구는 증발온도에 따른 VRF 시스템의 에너지 사용량을 평가하였다. 이를 위해 에너지 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus를 이용하여 상업용 건물, VRF 시스템 모델링 및 에너지 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션 결과를 기반으로 증발온도에 따른 VRF 시스템 에너지 사용량을 평가하였다.

Key Words : VRF 시스템(VRF system), 증발온도(Evaporating temperature), 에너지 사용량(Energy usage), 에너지 시뮬레이션(Energy simulation)

† Corresponding author, E-mail: sunglokdo@hanbat.ac.kr

Random Forests (RF) 기반 기계학습 모델을 활용한 PMV 예측 성능 평가

Implementation of Random Forests (RF)-Based Data-Driven Model for Building Predictive Mean Vote (PMV) Forecasting

이성주*, 강은호*, 김민성**, 서영훈*, 윤종호*, 김동수*†

Seongju Lee*, Eun Ho Kang*, Minsung Kim**, Younghun Seo*,
Jongho Yoon*, Dongsu Kim*†

*한밭대학교 건축공학과, **한밭대학교 전자공학과

Abstract : 제로에너지건축물 의무화로 인해 국내 건물에너지관리시스템(Building Energy Management System, BEMS)의 적용이 확대 되고있다. BEMS는 건물의 실내환경과 에너지 사용량을 실시간으로 측정하고, 측정된 데이터를 바탕으로 건물에너지시스템 운영을 최적화하여 에너지 효율성을 향상시키고 운영 비용을 절감할 수 있는 기술이다. BEMS를 적용하여 재실자의 열쾌적성 향상과 에너지 절감을 위해서는 실내환경과 건물에너지 사용량의 적절한 예측이 필요하다. 이를 위해 다양한 HVAC 제어 기술이 적용되고 있으며, 최근 HVAC 시스템과 열쾌적성(PMV) 지표를 연계한 고도화된 냉·난방 제어 기술이 주목받고 있다. PMV 기반 예측 제어는 여섯가지 변수(온도, 습도, 기류, 평균복사온도, 착의량, 활동량)를 고려하여 재실자의 열쾌적성을 판단하고, 판단된 지표를 반영해서 적절한 냉·난방 설정온도를 결정한다. 위 변수에서 평균복사온도에 대한 데이터 수집은 추가적인 측정장비의 설치환경으로 데이터 측정이 다른 변수에 비해 어려움이 있으며, 대부분 고가의 장비를 활용하기 때문에 제한된 환경조건에서 실험을 진행한다. 따라서 열쾌적성 지표를 반영한 냉·난방 최적화 제어는 MRT를 현장에서 효과적으로 예측할 수 있는 방법이 주요 기술이다. 이를 위해 다양한 머신러닝(Machine Learning) 모델과 입력변수 조건에 따라 MRT 예측에 관한 많은 연구가 진행되었다. 그러나 실제 현장에서 실용적으로 적용하기 위해서는 여전히 다양한 형태의 연구와 데이터 분석이 요구된다. 따라서 본 연구는 Random Forest (RF) 기반 기계학습모델을 활용하여 실내 평균 복사온도(Mean Radiation Temperature, 이하 MRT)값과 PMV(Predicted Mean Vote, PMV)값을 예측할 수 있는 모델을 구축하고 시뮬레이션과 실측 데이터를 바탕으로 예측 정확성을 검증하였다. MRT와 PMV 예측 모델은 시뮬레이션과 실측데이터를 기반으로 개발했으며, MRT 예측 모델은 실내 공간에 대한 표면 정보와 표면온도를 입력변수로 가정하고 구축하였다. PMV 예측 모델은 실내에서 측정된 공기온도와 상대습도를 적용하고, 앞서 예측한 MRT 값을 입력하여 모델을 구축하였다. 활동량(Met)과 착의량(Clo)은 일반적인 사무소 공간을 가정하고 고정된 값으로 모델을 구축했다. 실내 풍속의 경우 내부환경에 따라 변동이 큰 변수이므로, 실측된 풍속데이터를 통계적인 방법을 이용하여 고정값을 결정하고 모델에 반영하였다. 개발된 모델의 예측결과와 시뮬레이션/실측데이터를 비교한 결과, MRT와 PMV 결과에 대한 변동계수는 20% 이하, 결정계수는 0.8 이상으로 나타나 제어 알고리즘의 활용 가능성을 확인하였다. 따라서 예측모델 검증을 통해 적절히 예측된 PMV 결과를 냉·난방 제어기술에 적용할 수 있음을 확인하였으며, 위 모델을 이용하여 추후 연구에서는 HVAC 제어시스템의 연간 에너지 성능과 열쾌적성 향상을 평가할 예정이다.

Key Words : 머신러닝(Machine learning), 열쾌적성(Thermal Comfort), PMV(Predicted Mean Vote), MRT (Mean Radiation Temperature), 예측 시뮬레이션 (Predictive Simulation)

† Corresponding author, E-mail: dongsu.kim@hanbat.ac.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20228500000020), 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00266248, 건물형 태양광산업 생태계 대응 전문 인력 양성)

기계학습 기반 최적 냉방 설정 온도 예측 모델 개발

Development of Setpoint Trajectory Prediction Model through Machine Learning

최광원*, 조재완*[†]

Kwangwon Choi*, Jaewan Joe*[†]

*인하대학교 스마트시티공학과

Abstract : 실제 건물에서의 모델기반 예측 제어(MPC) 구현은 건물 모델링, 실시간 최적화, HVAC 시스템과 최적 제어 결과와의 실시간 연계 등의 상당한 엔지니어링 비용이 소모된다. 따라서 본 연구는 실시간 최적화 과정을 생략하며 효율적인 결과를 도출하는 방법을 모색하고자 한다. 이를 위해, 기계학습 기반의 실내 설정 온도 예측 모델을 구축하였다. 본 연구의 과정은 다음과 같다. 먼저 대상 건물에서의 기 측정된 데이터를 활용하여 건물의 동적 특성을 반영하는 grey-box 모델을 구축한다. 구축된 grey-box 모델을 기반으로 MPC 시뮬레이션을 수행한다. 이후, 일사량 및 외기온도 데이터를 활용하여, 시뮬레이션을 통해 도출된 최적 냉방 설정 온도 프로파일을 예측하는 기계학습 모델을 개발한다. MPC 시뮬레이션 결과와의 비교 및 분석을 통해 본 연구에서 개발된 모델의 예측성능을 검증하였으며, 추후 실제 건물에 적용하여 실증할 예정이다.

Key Words : 회귀 모델(Regression model), 기계 학습(Machine learning), 그레이박스 모델(Grey-box model), 모델기반 예측 제어(Model-based predictive control), 설정 온도 스케줄(Setpoint temperature schedule)

[†] Corresponding author, E-mail: jjoe@inha.ac.kr

디지털 전환을 통한 지속 가능한 건물 에너지 관리: 한국에너지기술연구원의 디지털 캠퍼스 구축 사례

Sustainable Building Energy Management Through Digital Transformation: A Case Study of Digital Campus Development at Korea Institute of Energy Research

최하늘*, 한광우*, 이성진*, 서병모*, 김종훈*[†]
Haneul Choi*, Gwangwoo Han*, Sungjin Lee*,
Byeongmo Seo*, Jonghun Kim*[†]
*한국에너지기술연구원 에너지ICT연구단

Abstract : 최근 과학기술정보통신부는 ‘디지털 전환을 통한 탄소중립 촉진방안’을 발표하며 건물 에너지를 포함한 전 산업 부문에서 디지털 전환의 중요성을 강조했다. 이에 따라, 한국에너지기술연구원은 건물 부문의 에너지 효율을 극대화하고자 디지털 트윈 기반의 건물에너지관리시스템 개발에 주력하고 있다. 본 연구는 한국에너지기술연구원 대전 본원에 구축된 ‘디지털 캠퍼스’의 구축 사례를 소개한다. 디지털 캠퍼스는 현재 9개 건물 군에 성공적으로 도입되었으며, 향후 확대될 예정이다. 구축 과정은 세 단계로 이루어졌다: 첫째, 전력, 가스, 열에너지 계측·통신 장비를 설치하여, 정밀한 에너지 생산·소비량 측정을 가능하게 했다. 둘째, 신규 계측 데이터와 기존 데이터(실내외 환경, 설비 운영 등)를 통합하는 데이터베이스를 구축하여 건물 운영에 필요한 포괄적 정보를 수집했다. 셋째, 건물과 주변 환경을 3D 모델링하고, 에너지관리시스템 설치확인 업무 운영규정에서 제시하는 주요 기능을 구현한 소프트웨어를 개발했다. 향후 디지털 캠퍼스에서 수집되는 데이터를 활용하여 비효율 운전 모니터링, 고장 진단 등 건물 관리자의 의사결정 지원 솔루션을 개발할 예정이다. 나아가 관리자 개입 없이 건물의 자율적 운영을 가능하게 하는 기술을 개발하고자 한다.

Key Words : 건물에너지관리시스템(Building energy management system), 건물자동화시스템(Building automation system), 디지털 트윈(Digital twin), 건물 에너지 효율(Building energy efficiency)

[†] Corresponding author, E-mail: jonghun@kier.re.kr

후 기

본 연구는 2023년도 한국에너지기술연구원의 재원으로 기술료재투자사업의 지원을 받아 수행하였습니다(과제 번호: C3-8605).

기후 조건에 따른 데이터센터 이코노마이저 에너지 성능 비교평가 연구

Comparative Energy Performance Evaluation of Data Centers using Economizer at Various Regions

함세현*, 김용찬**†

Se Hyeon Ham*, Yongchan Kim**†

*고려대학교 기계공학과, **고려대학교 기계공학부

Abstract : The need of data centers is increasing exponentially, and their power demand is increasing significantly owing to its important role in data processing and storage. Recently, the free cooling method through an economizer has been used to reduce power consumption in data centers. However, studies on achieving high energy efficiency and reducing power consumption for data center operations are limited. Moreover, owing to the weather-dependent nature of the free cooling methods, a regional analysis is essential. The objective of this study is to compare and optimize the free cooling method for the data centers using an economizer according to the region. TRNSYS was used to model data center systems. Two types of economizers including air-side economizer (ASE) and water-source economizer (WSE) systems were modeled with three weather data sets including Ottawa, Seoul, and Cairo. As a result, at a server room temperature of 27 °C, the power usage effectiveness (PUE) was 0.11 lower in the WSE than that in the ASE. However, the lower the room temperature, the greater the decrease in the PUE of the WSE. In Ottawa, the ASE had an advantage owing to low temperature. However, in Cairo, the WSE had an advantage owing to high temperature and dry air.

Key Words : 데이터센터(Data center), 이코노마이저(Economizer), 프리쿨링(Free cooling), 트랜시스(Tmsys)

† Corresponding author, E-mail: yongckim@korea.ac.kr

유인 우주기지 설비 및 에너지하베스팅 기술 개발을 위한 연구

Research for Developing Facility and Energy Harvesting Technologies for Manned Space Habitation

임한솔*[†], 안호상*, 조현미**, 김세현***, 김태연***, 박상환***, 정재원***
 Hansol Lim*[†], Hosang Ahn*, Hyun Mi Cho*, Jae-Weon Jeong**,
 Seheon Kim**, Taeyeon Kim**, Sang-Hwan Park**

*한국건설기술연구원 건축에너지연구소, **한국건설기술연구원 건축연구본부,
 *** 한양대학교 건축공학과

Abstract : 미국, 유럽, 중국 등은 정부 주도하에 달 기지 건설 계획을 경쟁적으로 추진하고 있으며, 국제우주기구는 달 지상 탐사 및 유인 기지 건설을 위해 협력하고 있으나 한국은 관련 기술 개발이 부족한 실정이다. 따라서 우주 경쟁에서 후진국으로 전락하지 않기 위해 기존의 추격형 국제협력에서 벗어나 새로운 접근방식의 연구를 수행하여 국제 우주미션의 선도국으로 성장할 수 있는 기반 기술을 개발하는 것이 본 연구과제의 목표이다. 본 발표에서는 한국건설기술연구원에서 수행하고 있는 유인 우주기지 핵심기술 협력 개발 연구과제의 전반에 대해서 소개하고 그 중 설비 및 에너지하베스팅 기술 개발에 대한 내용을 보다 상세하게 다룬다. 설비는 내부 열 환경 유지 시스템에 대한 내용과 극한 온도편차 활용 에너지 하베스팅 기술 두 가지 항목으로 크게 이루어져 있고, 최근 기술 동향과 현재까지 연구를 통해 설정된 개발 방향에 대해 논의하고자 한다.

Key Words : 우주기지(Space habitation), 공기조화(Air conditioning), 건물 부하(Building thermal load), 에너지하베스팅(Energy harvesting),

[†] Corresponding author, E-mail: hansollim@kict.re.kr

후 기

본 연구는 2024년도 한국건설기술연구원 주요사업의 재원으로 ‘유인 우주기지 건설 핵심기술 협력 개발’의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (과제번호: 20240182-001).

BES-O-7

육상양식장 디지털트윈을 위한 데이터 결측값 처리 방법론 검토

Study of Data Inputation Methodology for Digital Twin of Land-based Fish Farm

구자빈*, 김지원**, 조수현*, 문선혜*, 조성균***, 곽영훈*†
Jabin Goo*, Jiwon Kim**, Suhyun Cho*, Sunhye Mun*,
Sengkyoun Jo***, Younghoon Kwak*†

*서울시립대학교 건축학부, **서울시립대학교 도시과학연구원,
***한국전자통신연구원 농축해양수산지능연구센터

Abstract : 지속적인 수산물 수요의 증가와 기후변화로 인한 수산자원의 고갈, 양식장의 노후화 및 고령화는 안전한 수산물 확보에 어려움을 야기하고 있다. 이러한 문제의 대응 방안으로써 ICT와 디지털 트윈 기술을 활용한 스마트 양식은 디지털 공간에 가상의 양식장을 구축하고 실제 양식장과 데이터 및 제어 연동을 통해 다양한 시뮬레이션 분석과 예측을 수행함으로써 운영 및 생산에 있어 효율 향상이 가능하다. 디지털 트윈을 위한 데이터 구축은 디지털 트윈 구현에 있어 성공을 위한 핵심 요인으로, 데이터의 품질은 시뮬레이션 모델의 예측 성능과 제어의 타당성에 직접적인 영향을 미친다. 따라서, 효과적인 디지털 트윈 적용을 위해서는 기존의 육상양식장에서 활용되는 센서 및 기기의 노후화와 다습한 실내 온열 환경으로 인해 발생하는 잦은 결측치를 처리하고 분석할 수 있는 방법론 마련이 필수적이다. 하지만 육상양식장 측면에서 결측치 처리 방법론에 따른 성능 비교에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 뱀장어를 양식하는 순환여과식 육상양식장을 대상으로 실제 기기별 에너지 사용량과 수질 데이터를 수집하고, 결측값 발생 매커니즘과 결측값 발생 빈도를 고려해 결측값을 임의로 생성한 뒤 통계기법과 기계학습 기반 방법을 활용하여 결측값 대치 정확도를 비교 및 분석하였다. 본 연구 결과를 통해 육상양식장의 디지털 트윈 적용에 있어 데이터 품질 확보를 위한 결측치 처리 방법론 검토에 활용할 수 있다.

Key Words : 육상양식장(Land-based fish farm), 순환여과식(Recirculating Aquaculture system), 디지털트윈(Digital twin), 결측값 대치(Data imputation), 데이터 기반 모델(data-driven model)

† Corresponding author, E-mail: ikyh2@uos.ac.kr

후 기

본 연구는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-00225, 최적의 수산 양식 설계·운영을 위한 디지털 아쿠아 트윈 핵심 플랫폼 기술 개발). 본 연구는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022RIA2C1004879). 본 연구는 2024년도 서울시립대의 지원을 받아 수행된 연구임(202403279002).

중아시아 건조기후 지역의 히트펌프시스템 효율지표기준 제시

Establishing a Baseline for Heat Pump System Efficiency Metrics in the Central Asian Dry Climate Region

오인수*, 조진균**, 박병용**†

Insoo Oh*, Jinkyun Cho**, Beungyong Park**†

*국립한밭대학교 건축설비공학과, **국립한밭대학교 설비공학과

Abstract : 개발도상국인 우즈베키스탄, 인도, 아프리카와 같이 산업근대화 및 도시개발이 급격하게 개발되는 지역은 에너지소비기기의 보급 증가에 따른 에너지 사용량이 증가되고 있다. 본 연구에서는 중아시아 건조기후 지역에서 사용되는 냉방시스템 중 히트펌프시스템을 대상으로 국제표준에 부합하는 효율지표기준 제시를 목적으로 한다.

신흥 경제국과 개발도상국에서 사용되는 냉방용 히트펌프시스템의 기술 수준 조사를 실시하였다. 브라질, 인도, 인도네시아, 멕시코, 남아프리카 등 여러 국가에서 현재 시행 중인 최저 에너지 소비 효율 기준(MEPS: Minimum Energy Performance Standard)은 3.00~3.20 W/W로 조사되었다.

ISO 16358에 따르면 표준기후 그룹에 따른 히트펌프의 계절별성능계수를 산출하도록 제시되고 있다. 그러나 중아시아 지역의 기후 분석을 통한 효율지표제시에 대한 연구사례는 한정적이다.

ANSI/ASHRAE Standard 169에 따르면 우즈베키스탄은 Group 1(warm-dry), Group 3*(mixed-dry) 기후 그룹화 되어 있다. 도시화와 인구밀도가 높은 Tashkent, Samarqand, Bukhara, Fergana, Namangan, Andijon 6개 도시에 대한 Energy-plus 표준 기상 데이터 분석을 통해 냉방기간에너지 소비효율 산출 근거를 마련하고자 한다. 구체적으로 도시별 기상데이터 분석을 통해 냉방이 필요한 외기온도 별 총 냉방 시간을 평균화하여 냉방 필요 시간 비율을 산정하고 냉방계절별성능계수(CSPF) 산출을 위한 기초 자료를 마련한다.

A사 제품의 ISO 5151 표준시험을 통해 산출된 냉방능력과, 소비전력량 데이터를 이용해 6개 도시의 냉방 외기온도 및 냉방 필요 발생 시간 결과를 이용해 계절별성능계수를 산출하였다. 산출 결과 CSPF 3.58(-)로 중국의 낮은 등급 CSPF 3.50(-) 수준이며, 인도네시아의 중상위 기술 수준인 CSPF 3.05(-)보다 높은 수준이다.

Key Words : 에너지효율(Energy Efficiency), 히트펌프시스템(Heat pump systems), 아이에스오 5151(ISO 5151), 에너지소비효율기준(Energy performance standards), 냉방능력(Cooling loads)

† Corresponding author, E-mail: bypark@hanbat.ac.kr

MPC 구현을 위한 기계학습 기반 제어 지향 건물 모델의 성능 분석

Performance Analysis of Machine Learning-based Control-oriented Building Models to Implement Model Predictive Control

타립아부*, 조재완*[†]
Abu Talib*, Jaewan Joe*[†]
*인하대학교 스마트시티공학과

Abstract : Model-based predictive control (MPC) strategy for heating, ventilation, and air-conditioning systems presents an opportunity to solve building energy related issues. Such an approach relies on the development of a model (e.g., white-box, black-box, and grey-box model) to precisely forecast building thermal dynamics and make control-related decisions. Building energy simulation tools, such as EnergyPlus and TRNSYS have been developed to simplify the physics based modeling process. However, model calibration is time-consuming because of required parameters, making them unsuitable for MPC studies. The grey box model structure is adopted due to its accuracy and simplicity. However, developing such models requires a physical model, bounds, and initial parameter values based on building descriptions such as geometry and materials and an identification algorithm to estimate those parameters. Hence technical expertise, engineering knowledge, and time is required. On the other hand, machine learning-based building models are garnering attention because of their low engineering cost, computation time, and construction effort requirements. This study presents a comparative analysis of various machine learning models such as multilayer perceptron, long-short term memory, gauss process regression, decision tree, support vector regression, and transformer, for multistep ahead prediction of building thermal dynamics. Actual data from a flexible research platform in Oak Ridge National Lab (US) are employed for estimation and validation purposes. The results highlight the feasibility of using machine learning models, particularly identifying which model best predicts thermal dynamics for MPC studies.

Key Words : 건물 에너지 모델 (Building Energy model), Gauss process regression, Support vector regression, 신경망 (Neural network), 의사결정 나무 (Decision tree), Model-based predictive control, 멀티스텝 예측 (Multi-step ahead prediction)

[†] Corresponding author, E-mail: jjoe@inha.ac.kr

Oral Session

제로에너지건물

Zero Energy Building (ZEB) Session 1, 2



GIS 및 EnergyPlus 시뮬레이션을 활용한 도시 단위 건물 음영/일사 데이터베이스 구축

Development of Urban-scaled Database for Building Shading and Incident Solar Radiation Using GIS and EnergyPlus Simulation

이동혁*†

DongHyuk Yi*†

*한국산업기술시험원 에너지기센터

Abstract : 최근 탄소중립 및 제로에너지 건축이 대두됨에 따라 도시 단위 건물 에너지 평가가 중요해지고 있고, 건물 에너지 평가의 객관성을 위해서는 건물 설계 정보와 더불어 건물 간 기하학적 상호작용에 의한 음영 효과를 고려할 필요가 있다. 하지만, 현재 건물 에너지 평가에서 이런 건물 외적 요인에 대한 에너지 정규화는 논의되고 있지 않으며, 이는 같은 성능을 지녔음에도 불구하고 입자 조건에 따라 불리한 결과를 얻는 건물이 존재할 수 있음을 뜻한다. 이와 관련해서, 본 연구에서는 지리정보시스템 (GIS)과 건물 에너지 동적 시뮬레이션 (EnergyPlus)를 연계하여 음영 효과에 대한 에너지 정규화 지표를 개발하기 위한 기반 데이터베이스를 구축하는 과정을 다루고자 한다. GIS는 공간정보를 매개로 한 도시 빅데이터로써, 본 연구에서는 행정안전부에서 개발한 도로명 주소 전자 지도 데이터베이스가 활용되었고, EnergyPlus는 인접 건물의 영향을 고려하여 건물별 외피 유입 일사 및 음영 데이터를 생성하기 위한 가상 실험 도구로써 활용되었다. 현재는 프로토타입으로써 서울시 25개 구를 대상으로 하여 건물 음영/일사 데이터베이스가 구축되었으며, 향후 연구자들에게 공공 데이터 형태로 배포하여 도시 단위 건물 에너지 연구 및 제로 에너지 건축의 확산에 이바지하고자 한다.

Key Words : 데이터베이스(Database), 지리정보시스템(Geographic information system), 에너지플러스(EnergyPlus), 도시 단위 시뮬레이션(Urban-scaled simulation), 건물 간 상호작용(Interaction between buildings)

† Corresponding author, E-mail: dhyi@ktl.re.kr

디지털 트윈 기반의 BEMS 적용을 통한 건물에너지 효율화 방법

Building Energy Efficiency using the Application of Digital Twin-based BEMS

황재민*, 김지원**, 윤성민*.*†

Jaemin Hwang*, Jiwon Kim**, Sungmin Yoon*.*†

*성균관대학교 건설환경공학부, **성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공

Abstract : 건물 에너지 효율화를 위해 Building Energy Management System(BEMS) 시스템 적용이 확대되고 있지만, 단순한 모니터링 및 관리 차원을 넘어 운영단계에서의 에너지절감과 효율 향상을 위한 구체적인 방법에는 아직 한계가 존재한다. 한편, 디지털 트윈(Digital Twin, DT)은 실제건물과 가상모델 사이의 데이터와 운영정보의 상호작용에 관한 개념으로 활발히 연구되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 디지털 트윈 기반의 건물에너지관리시스템을 제안하고자 한다. 디지털 트윈 개념을 기존 BEMS에 결합하면, 물리적 건물과 건물의 가상 모델 간의 유기적 소통이 가능하게 된다. 가상모델은 운영단계에서의 대상건물의 물리적 거동을 묘사하는 수학적 모델로 정의되며, 이는 실제 건물에서 전달받은 데이터와 건물의 물리적 거동을 기반으로 건물에너지효율화 정보를 제공할 수 있다. 이를 위해, 본 연구에서 제안하는 디지털 트윈 기반의 건물에너지관리시스템(DT-BEMS)은 디지털 트윈의 가상모델을 기반으로 하는 쾌적지표(PMV) 가상센서, 에너지 sub-metering 가상센서, 그리고 Holistic Operational Signature(HOS) 분석방법으로 구성된다. PMV 가상센서를 통해 실내 벽면에서 측정된 온습도로 재실구역의 PMV를 얻어내고, 에너지 sub-metering 가상센서를 통해 냉난방 에너지 사용량을 각 공간별로 분배한다. 가상센서를 적용해 얻은 데이터에 에너지 효율 분석방법인 HOS 개념을 적용하면, 건물의 에너지 사용 패턴을 유형화하여 운영 단계 에너지 사용량을 절감할 수 있는 정보를 제시할 수 있다. 본 연구에서는 국내 오피스 건물의 BEMS 데이터를 활용하여 디지털 트윈 기반의 BEMS 모델을 구축하였다. 이를 통해 실제 건물의 데이터가 가상 모델을 거쳐 에너지효율화 정보로 다시 대상건물에 전달되는 유기적인 과정을 구현하였다.

Key Words : 디지털 트윈(Digital twin), 건물에너지관리시스템(BEMS), 건물 에너지 효율화(Building energy efficiency), 건물 에너지 진단(Building energy diagnosis), 가상센서(Virtual sensor)

† Corresponding author, E-mail: S.Yoon@skku.edu

후 기

이 논문은 2022년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호 : No. 2022R1C1C1008541).

주거용 빌딩 에너지 손실 추정을 통한 도시 탄소중립 평가 방안에 관한 연구

A Study on the Urban Carbon Neutrality Evaluation Method by Estimating Energy Loss in Residential Buildings

김수연*, 문수인*, 오지원*, 허모랑*, 오재호*[†]

Suyeon Kim*, Suin Moon*, Jiwon Oh*, Morang Huh*, Jaiho Oh*[†]

*나노웨더

Abstract : 온실가스 배출의 대부분을 차지하는 에너지 분야에서 1/4 가량을 차지하는 건물 에너지를 관리하는 것은 탄소 중립을 이루는데 중요하다. 건물의 에너지 손실은 바닥, 외벽, 창호 등 다양한 범위에서 일어나는데, 창호에서 발생하는 열 에너지 손실은 최대 40%에 이른다. 도시 차원에서 건물 에너지를 관리하기 위해서 도시 건물 창호에서 발생하는 열 에너지 손실을 추정할 수 있는 방안이 필요하다. 이전 연구에서는 연직 온도에 따라 건물 한 동의 창호에서 발생하는 열에너지 손실량을 추정하였다. 본 연구에서는 고해상도 기상 데이터 생산 플랫폼 알파멧으로 실시간 연직 기온 데이터를 생성하고, 이를 사용하여 도시 전체의 주거용 건물에서 발생하는 열에너지 손실량을 추정하였다. 대상 지역으로 울산광역시를 선택하고, 고도를 일정한 구간으로 나누어 해당 고도 구간에 속하는 주거 건물을 층을 기준으로 분류하였다. 각 구간의 대표 건물을 선정하고, 대표 건물의 열에너지 손실을 추정한 후, 구간의 빈도수와 곱하여 도시 전체의 주거용 건물 창호에서 발생하는 열에너지 손실량을 추정하였다, 이러한 방법은 건물의 해발고도와 연직 온도를 고려하여 에너지 손실을 추정하기 때문에, 기존 방식인 지상 기온만을 사용한 추정 방법과 비교하여 더 정확한 결과를 얻을 수 있다. 따라서 이 결과는 도시 차원에서 열에너지 손실량을 추정하거나 건물 에너지 관리를 위한 자재별 효율을 비교할 때 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : 탄소중립(Carbon Neutrality), 건물 에너지(Building Energy), 열 손실 관리(Heat loss mangement), 실시간(Real-time), 스마트 빌딩(Smart Building)

[†] Corresponding author, E-mail: jjho2023@gmail.com

후 기

본 성과는 환경부의 재원을 지원받아 한국환경산업기술원 "신기후체제 대응 환경기술개발사업"의 연구개발을 통해 창출되었습니다. (2022003570008)

재생에너지 융복합시스템 연계 넷-제로에너지 주택 에너지 성능 실증분석

Demonstration Energy Performance Analysis of Net-Zero Energy House with Renewable Energy Hybrid Systems

이승섭*, 김지현*, 임희원**, 신우철***†

Song Seop Lee*, Ji Hyun Kim*, Hee Won Lim**, U Cheul Shin***†

*대전대학교 대학원 건축공학과, **다이슨스피어(주), ***대전대학교 건축공학과

Abstract : 본 연구에서는 PV, PVT, 공기열원 히트펌프 시스템이 적용된 실증 제로에너지 주택의 적용 시스템 성능 분석 및 에너지 성능 평가를 진행하였다. 분석대상 주택은 충청남도 공주시에 소재하는 연면적 166.3㎡, 건축면적 113.5㎡의 2층 단독주택으로, 태양광 모듈 6.0kWp와 태양광/열 모듈(이하 PVT) 1.4kWp, 공기열원 히트펌프 9kW가 적용되었다. 주택에 구축한 원격 모니터링시스템의 1분 간격 실증 데이터를 분석한 결과, 연간 주택 전력 사용량은 8,303kWh, PV 및 PVT의 발전량은 8,416kWh로 에너지자립률(Energy independence rate)은 1.01로 나타났다. 주택 전력사용량 중 공기열원 히트펌프가 3,897kWh로 가장 높았으며 플러그 부하가 2,628kWh, 에어컨(Air conditional)이 559kWh 순으로 나타났다. 연간 히트펌프의 난방공급열량은 5,476kWh, 난방 COP는 2.7, 급탕공급열량은 1,240kWh, 급탕 COP는 2.29로 대부분의 히트펌프 가동은 난방공급으로 운전되었으며 난방 COP가 급탕 COP보다 높게 나타났다.

Key Words : 공기열원 히트펌프(Air source heat pump), 에너지자립률(Energy independence rate), 재생에너지(Renewable energy), 제로에너지(Zero energy), 히트펌프 성적계수(Coefficient of performance)

† Corresponding author, E-mail: shinuc@dju.ac.kr

후 기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20220810100020).

지붕형 경사면 BIPV의 온도특성 및 발전성능 평가를 위한 모듈온도 예측 모델 수립

Development of a Prediction Model to Evaluate Temperature Behaviors and Power Generation Performance for Roof-type Slope BIPV

송광현*, 강은호*, 김동수*, 윤종호*[†]

Kwanghyun Song*, Eunho Kang*, Dongsu Kim*, Jongho Yoon*[†]

*국립한밭대학교 건축공학과

Abstract : 건물일체형태양광발전(Building Integrated Photovoltaic, 이하 BIPV) 시스템은 온도 상승에 따라 발전성능이 저하되며, 특히 지붕형 BIPV 시스템의 경우, 우리나라 위도상 온도 상승으로 인한 발전성능의 변화폭이 더욱 크다. 이러한 이유로 지붕형 BIPV 시스템을 안정적으로 운용하고 요구되는 용량을 적절히 산정하기 위해서는 BIPV의 온도특성을 사전에 예측하여 고려할 필요가 있다. 따라서 BIPV 시스템의 온도특성 상태에 대한 예측 기술의 개발이 필요하며, 특히 BIPV 모니터링 시스템에 쉽게 적용이 가능하도록 많은 계산자원을 요구하지 않는 경량형 예측 모델의 개발이 필요하다.

이에 본 연구는 미국 Sandia Lab에서 개발된 Sandia Module Temperature Model과 PVWatts를 기반으로 실측데이터를 활용하여 지붕형 BIPV 시스템의 온도 및 발전량 예측 모델을 수립하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 지붕형 BIPV 모듈을 적용한 full scale mock-up을 구축하였으며 각 설치된 모듈의 후면 환기 유무에 따라 실측 실험을 진행하였다. 이후 실측 실험을 통해 수집된 온도 및 발전성능 데이터에 기반하여 온도 모델의 주요 매개변수를 추정하였으며 수립된 해석모델의 신뢰성을 검증하였다. 연구 결과, 해당 모델은 ASHRAE에서 제시한 조건을 만족하고 오차분포의 95% 신뢰구간은 2℃ 미만으로 나타났다. 향후 국내 기상조건에 따른 지붕형 BIPV의 온도특성을 검토하기 위해 본 예측 모델에 국내 표준기상조건데이터를 적용하고 국내 지역별 연간 온도특성을 조사할 예정이다.

Key Words : 건물일체형 태양광 시스템(Building integrated photovoltaic system), 지붕형 BIPV(Roof-type BIPV), 태양광 모듈 온도특성(PV module temperature characteristic), 발전 예측 모델(Power generation prediction model)

[†] Corresponding author, E-mail: jhyoon@hanbat.ac.kr

후 기

이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00266248, 건물형 태양광산업 생태계 대응 전문 인력 양성)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20203040010330)

한국의 다양한 기후조건에 대한 상업용 건축물 대상 Green Wall과 Green Roof의 적용성 분석

Analysis of the Applicability of Green Wall and Green Roof for Commercial Buildings to Various Climatic Conditions in South Korea

이세민*, 신민재**†

Semin Lee*, Minjae Shin**†

*한양대학교 대학원 스마트시티공학과, **한양대학교 ERICA 건축학부

Abstract : 2020년 통계 기준 대한민국에서 건물의 최종에너지 소비량은 국가 전체 에너지 소비량의 20%를 차지하고 있다. 이러한 상당한 양의 에너지 소비를 차지하는 건물의 에너지 소비를 절감하는 다양한 방법 중 Green Wall과 Green Roof을 건물에 적용하는 방법이 있다. Green Wall과 Green Roof의 를 다룬 연구들은 많지만 다양한 기후조건에서 Green Wall과 Green Roof를 적용하였을 때 달성할 수 있는 에너지 절감과 어떤 Green Wall과 Green Roof를 적용하였을 때 가장 효과적인 에너지 절감을 달성할 수 있는지에 대해 연구는 적은 편이다. 본 연구에서는 Green Wall과 Green Roof의 적용성 검토를 위해 한국의 중부지방과 남부지방 그리고 북부지방으로 기후조건을 나누고, 상업용 건물에 적용되는 Green Wall과 Green Roof의 구성을 분석하여 건물 에너지 시뮬레이션 소프트웨어인 EnergyPlus를 활용하여 에너지 절감량을 확인하였다.

Key Words : Green wall, Green roof, 기후조건(Climatic conditions), 에너지플러스(Energyplus)

† Corresponding author, E-mail: mshin@hanyang.ac.kr

태양열원 연계 지열원 복합냉난방시스템 성능 향상에 관한 실험적 연구

A Study on the Performance Improvement of the Solar Thermal Energy Assisted Geothermal Heat Pump System

황지현*[†]

Jihyun Hwang*[†]

*성원이엔아이

Abstract : Solar heat and geothermal heat are new and renewable energy sources that can significantly contribute to achieving zero-energy building mandates and reducing energy consumption in the building sector. In the case of the geothermal heat pump system, there is a problem in that the heating performance is deteriorated due to the drop in the underground temperature due to the imbalance of heating and cooling loads in domestic climatic conditions. The purpose of this study is to improve the long-term performance degradation of the geothermal heat pump system due to the imbalance in the cooling and heating load in Korea. To improve the primary side performance of the geothermal heat source heat pump through the solar heat source, we will examine the design plan of the solar heat source and geothermal heat source combined cooling and heating system. Also, It is can reduce the power consumption of the geothermal heat exchanger and the circulation pump of the underground heat exchanger. An empirical experiment was conducted on a medium-sized office building to evaluate the performance of the solar and geothermal heat and cooling system. As a result, the primary side performance improvement effect of the geothermal heat pump through the solar heat source was confirmed. In addition, it was tested that the power consumption of the geothermal heat pump could be reduced by about 20% by operating the solar heat source and the geothermal source.

Key Words : 태양열원 및 지열원 복합 냉난방시스템(Solar assisted ground coupled heat pump), 부하 불균형(Load imbalance), 성능 향상(Performance improvement)

[†] Corresponding author, E-mail: flyhigh3167@gmail.com

후 기

본 연구는 2020년도 국토교통부의 재원으로 도시건축연구사업의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다. (과제번호: 20AUDP-B099686-06).

그린리모델링 사업 건축물에서의 요소별 에너지 소요량 영향도 분석

Analysis of Energy Requirement Impact by Target Elements in Green Remodeling Buildings

유아인*, 최영진*[†]

Ain Yoo*, Youngjin Choi*[†]

*경기대학교 건축공학과

Abstract : 최근 전 세계적으로 여러 기상이변 현상이 발생함에 따라 온실가스의 발생과 모든 분야에서 에너지 소요량 감축이 주목받고 있다. 이에 따라 국내에서는 ‘2050 탄소중립’ 정책을 추진하고 있으며, 그 일환으로 국내 건축 분야에서 “녹색건축물 조성 지원법” 등을 제정하고 시행하여, 건축물의 에너지 성능을 향상하기 위한 노력을 기울이고 있다. 본 연구에서는 그린리모델링 사업을 진행하는 건축물 15개소를 대상으로 요소별 데이터를 실측하였다. 또한 에너지 시뮬레이션 TRNSYS 프로그램을 이용하여 대상 건축물의 에너지 소요량과 리모델링 전·후의 에너지 사용량 감소율을 분석하고, 도출한 결과를 통해 그린리모델링 사업의 방향성을 제시하고자 한다. 단위면적당 연간 에너지 분석 결과, 요구량은 그린리모델링을 통해 평균 42.8% 감소하였으며, 요소별 에너지 사용량은 난방 52.2%, 냉방 26.5%의 절감율을 보였다. 본 연구 결과를 통해 향후 그린리모델링 사업 진행시의 대상 건축물의 그린리모델링 항목을 계획하는 데 있어 방향성을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

Key Words : 그린리모델링(Green remodeling), 에너지 소요량(Energy requirements), 에너지 시뮬레이션(Energy simulation), 온실가스(Greenhouse gases)

[†] Corresponding author, E-mail: yjchoi@kyonggi.ac.kr

태양광시스템 적용을 위한 설계도서 기반 입면 설계 및 발전량 분석 연구: 국내 공동주택 중심

Investigation of Front-view Design and Power Generation for Building-integrated Photovoltaic Installations Based on Practical Architecture Drawings: Focused on Domestic High-rise Apartments

최민주*, 이효문*, 김동수*[†], 윤종호*

Minjoo Choi*, Hyomun Lee*, Dongsu Kim*[†], Jongho Yoon*

*국립한밭대학교 건축공학과

Abstract : 공동주택 제로에너지건축 의무화 조기 적용에 따라 2023년부터 제로에너지 건축물 인증 의무 대상 건물에 공동주택이 포함되었다. 공동주택은 일반건축물과 달리 단위 연면적(1m²) 당 옥상 면적이 작아 옥상을 활용한 태양광발전시스템만으로는 제로에너지 달성을 위한 자립률 확보에 어려움이 있다. 공동주택의 제로에너지화를 달성하기 위해서는 옥상 태양광 외에 추가적인 신재생에너지 기술 적용이 필요하며, 해당 기술 중 하나로 외벽면 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)을 제안하고 있다. 공동주택 벽면에 효율적으로 BIPV를 적용하기 위해서는 공동주택 입면에 대한 분석이 선행되어야 하며, 입면 분석 결과에 기초한 태양광발전 시스템 적용 방안이 전략적으로 필요하다. 따라서 본 연구는 국내 공동주택의 도면 특성을 조사하고, 조사된 입면도 형태를 바탕으로 BIPV 입면 설계를 수행하였다. 분석을 위해 국내 67개 공동주택 단지를 대상으로 입면도 조사를 실시하였다. 공동주택 유형을 비교적 작은 면적이 주를 이루는 임대(50m² 이하)와 큰 면적이 주를 이루는 분양(50m² 이상)으로 분류하였으며, 가장 많은 양을 차지하는 세대 면적을 중심으로 대표 세대를 선정 및 분석하였다. 각 대표 세대의 층고, 외벽 길이, 창 크기 등의 입면 분석 수행을 통해 빈도가 가장 높은 값을 활용하여 표준 입면 디자인을 도출하였으며, BIPV 설치 가능 영역 검토하였다. 임대 공동주택의 대표 세대는 26m², 37m², 46m²이고 분양 공동주택의 대표 세대는 55m², 74m², 84m² 대상으로 진행했다. 최근 3년 동안의 KS 인증 PV 모듈 분석을 통해 입면에 적용될 2가지 크기의 BIPV 모듈을 설계하였으며, 각 대표 세대 입면에 설치할 수 있는 용량과 발전량을 분석하였다.

Key Words : 제로에너지 건축물(Zero energy building), 공동주택(High-rise apartment), 입면도(Front-view design), 건물형태양광시스템(Building-integrated photovoltaic), 발전량(Power generation)

[†] Corresponding author, E-mail: dongsu.kim@hanbat.ac.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20223B10100020, RS-2023-00266248(건물형 태양광산업 생태계 대응 전문 인력 양성))

데이터센터 이코노마이저 제어에 따른 냉방 에너지 사용량 및 IT 장비 운용 환경 평가

Evaluation of Cooling Energy Consumption and Operational Environment of Data Center IT Equipment Based on Economizer Control

장아민*, 진산*, 김민호*, 도성록**†

Ahmin Jang*, San Jin*, Minho Kim*, Sung Lok Do**†

*한밭대학교 건축설비공학과, **한밭대학교 설비공학과

Abstract : 클라우드, 인공지능 등의 분야가 확대되면서, 인터넷 데이터를 처리하고 관리하는 데이터센터의 중요성이 증대되고 있다. 데이터센터 국내 설치 개소는 2022년 147개였으며, 2029년에는 732개까지 증가할 것으로 전망되었다. 2022년 데이터센터 에너지 사용량은 1,762MW이며, 2029년 에너지 사용량은 49,397 MW로 예상되었다. 데이터센터에서 사용되는 에너지는 IT 장비, 냉방 시스템 등이 있으며, 냉방 시스템은 전체 에너지 사용량에 40% 이상을 차지하여 해당 부분에서의 절감이 필요하다. 냉방 시스템의 에너지 사용량 절감 방법은 급기 온도와 급기 풍량 조절, 이코노마이저 제어 도입 등이 있다. 이코노마이저 제어는 실내 온열환경 요소 값보다 낮은 값의 외기를 도입하여 냉방 부하를 감소시킨다. 이코노마이저 제어는 데이터센터에 적용되었을 때, 냉방 에너지가 절감될 것으로 기대된다. 그러나 데이터센터에 적용된 이코노마이저 제어가 ASHRAE TC 9.9에서 제시하고 있는 IT 장비 운용 환경 기준에 만족하는 지에 대한 연구가 필요하다. 본 연구는 냉방 에너지 절감과 IT 장비 운용 환경 기준 만족을 위해 데이터센터 냉방 시스템에 EnergyPlus에 제시된 이코노마이저 제어를 적용하여 이코노마이저 최적 제어 방법을 탐색하고자 한다. 이에 실측된 IT 장비와 냉방시스템의 에너지 사용량 데이터를 기반으로 데이터센터 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 또한 본 연구는 개발한 데이터센터 모델에 이코노마이저 제어를 적용하여 냉방 에너지 사용량과 IT 장비 운용 환경을 평가하였다.

Key Words : 데이터센터(Data center), IT 장비(IT equipment), 냉방 시스템(Cooling system), 이코노마이저(Economizer)

† Corresponding author, E-mail: sunglokdo@hanbat.ac.kr

빅데이터 기반 전국 건축물의 그린리모델링에 따르는 1차 에너지소요량 절감량 예측

Prediction of Primary Energy Savings Following Green Remodeling of Nationwide Buildings on Big Data

석윤진*[†], 김용*, 최순기*, 한슬기*, 홍예진*, 홍두희*
Younjin Seok*[†], Yong Kim*, Soongi Choe*, Seul-Ki Han*,
Yejin Hong*, Doohwa Hong*

*에너지엑스(주) 경영부문 연구팀

Abstract : 기후 위기에 대응하고자 2030년 온실가스 감축목표(NDC) 상향과 함께 주요국의 탄소중립 목표 선언이 이어지면서, 국내에서도 ‘2050 탄소중립 녹색성장 추진 전략’에 따라 건물 부문에서는 건축물의 에너지 효율화를 주요 추진 과제로 삼고, 실현 방안으로 신축 건축물과 기존 건축물을 구분하여 규제와 인센티브를 병행하는 정책을 추진하고 있다. 신축 건축물의 경우 제로에너지건축물 인증 의무화 등으로 에너지 효율이 일정 수준을 보여주고 있지만, 기존 건축물은 그린리모델링을 위한 규제, 금융과 기술지원 및 인센티브 등 정책수단의 부족으로 활성화가 어려운 상황이다. 특히 국내 건축물의 노후화는 지속적으로 증가하고 있으며 국내 건축물 중에서 15년 이상된 노후 건축물은 전체의 75% 이상 차지하고 있다. 따라서 건물부문 온실가스 배출량을 감축하기 위해서는 노후 건축물의 에너지 효율을 개선하는 그린리모델링이 시급한 상황이다.

이에 본 연구에서는 그린리모델링 활성화를 위해 접근성 높은 그린리모델링 지원 서비스로써 전국 건축물을 대상으로 그린리모델링에 따르는 1차에너지소요량 절감량 예측 데이터를 생산 및 구축하였다. 데이터 구축을 위해 공공데이터를 활용하여 건축물 정보 및 기상청 데이터를 수집하고, 건물의 태양광 발전 잠재량 데이터를 가공하였으며, 전국 건축물을 대상으로 사업 수행 전 그린리모델링에 따르는 1차에너지 소요량을 사전에 예측하고자 하였다. 이를 통해 향후 노후 건축물에 대한 성능개선과 지속적인 운영·관리에 활용 가능할 것으로 판단된다.

Key Words : 그린리모델링(Green remodeling), 1차 에너지소요량(Primary energy consumption), 에너지 절감량(Energy savings), 빅데이터(Big data),

[†] Corresponding author, E-mail: younjinn@naver.com

시스템 COP 향상과 소음 저감 및 순환펌프 수명 증가가 가능한 VVVF 변유량 제어 지열냉난방시스템 연구

Research on VVVF Variable Flow Control Geothermal Heating and Cooling System that Can Improve System COP, Reduce Noise, and iNcrease Circulation Pump Lifespan

정의권*, 김범준**, 박태준**, 전준태**, 임선우**, 최주엽**†
Euikwon Jeong*, Beomjun Kim**, Taejun Park**, Juntae Jeon**,
Sunwoo Lim**, Juyeop Choi*†
*동호엔지니어링, **광운대학교 전기공학과

Abstract : 대부분의 지열냉난방시스템은 정유량 운전방식으로 운영되며 직입기동 방식은 신호에 따라 가동과 정지를 반복하는 단순 기동방식으로 잦은 기동과 정지에 따른 충격 토크는 전압 및 전류 스파이크에 의해 모터 기어 및 절연체에 영향을 미쳐 수명이 저하되는 결과를 가져온다. 본 연구에서 개발한 제품은 소비전력 절감을 위해 전압 및 주파수를 가변 제어하는 VVVF 제어방식을 적용하여 순환펌프 출력값을 제어하여 모터의 수명 증가, 시스템 부하 감소, 소음 저감 효과를 확보할 수 있다. 또한 수요측의 요구량(부하)으로 지열히트펌프의 운전전류값에 기초하여 지열수 순환펌프 출력값(VVVF 제어)을 조정함으로써 부하에 대응하는 순환펌프 가동을 가능하게 하였다. 최대부하가 발생하는 빈도가 적음에도 불구하고 충분한 여유율을 가지고 설계된 정유량 운전방식의 순환펌프는 통상적으로 실제 요구 유량보다 많은 유량을 공급하는데 이 기능을 포함시킴으로서 에너지 소비를 절감하였다. 상기 기술들을 적용한 결과로 시스템 COP 향상이 이루어져 동일 에너지(열량)를 공급함에 있어서 소비되는 에너지(전기)가 줄어들었으며, 통상 20년의 운영기간을 고려할 시 이 변유량 제어방식을 채택할 경우 적은 에너지 및 비용으로 냉난방시스템을 운영할 수 있어 건물, 원예시설 등 다양한 곳에 적용이 가능하고 신재생에너지시설의무화사업이 적용되는 국가 및 지방자치단체, 공공기관 건물, 아파트 등 대규모 공동주택, 원예시설 등에 활용이 기대되어진다.

Key Words : 지열 냉난방(Geothermal heating and cooling), 전압/속도 제어(VVVF control), 변유량 제어(Variable flow control), COP 향상(COP improvement), 소음 저감(Noise reduction), 순환 펌프 수명 증가(Circulation pump lifespan increase)

† Corresponding author, E-mail: juyeop@kw.ac.kr

후 기

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 디지털 신기술 인재양성 혁신융합대학사업의 연구결과입니다.

이코노마이저 외기도입 허용 상한기준 설정에 따른 냉방 시스템 영향 평가

Effects of Cooling System According to Varying Economizer Limit Set-point

김민호*, 진산*, 장아민*, 도성록**†

Minho Kim*, San Jin*, Ahmin Jang*, Sung Lok Do**†

*한밭대학교 건축설비공학과, **한밭대학교 설비공학과

Abstract : 이코노마이저는 외기조건(건구 온도, 절대 습도, 엔탈피, 그리고 노점 온도 등)에 따라 외기도입률을 조정하여 외기를 냉방 시스템에 이용하는 에너지 절감 제어이다. 외기도입률은 외기도입 허용 상한기준 이하의 외기조건에서 최대, 외기도입 허용 상한기준 이상의 외기조건에서 최소로 제어된다. 즉, 외기도입 허용 상한기준은 외기도입률을 판단하는 척도이다. 그러나 국내 지역의 외기조건에 따른 외기도입 허용 상한기준은 제시되고 있지 않다. 또한, ASHRAE Standard 90.1은 미국 지역의 외기조건에 따라 외기도입 허용 상한기준을 제시하고 있으나 해당 기준을 국내 지역의 이코노마이저 제어에 적용하기 위해서는 검토가 필요하다. 외기도입 허용 상한기준이 높은 값으로 설정될 경우 불필요한 외기 도입이 발생하여 냉방 에너지 사용량이 증가한다. 반면 외기도입 허용 상한기준이 낮은 값으로 설정될 경우 도입 조건의 외기를 도입하지 못하여 이코노마이저 제어로 인한 에너지 절감 효과가 미미해진다. 따라서, 외기도입 허용 상한기준에 대한 신뢰성 확보가 중요하다. 이에 본 연구는 건물 에너지 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus를 이용하여 외기도입 허용 상한기준 설정이 냉방 시스템에 미치는 영향을 평가하였다.

Key Words : 이코노마이저(Economizer), 외기도입 허용 상한기준(Economizer limit set-point), 외기도입률(Outdoor air intake rate), 에너지 사용량(Energy consumption)

† Corresponding author, E-mail: sunglokdo@hanbat.ac.kr

Oral Session

건축환경

Building Environment Engineering (BEE) 1, 2, 3



가상센서 기반 실내 온열환경 모니터링 방법

Virtual Sensor-based Monitoring of Indoor Thermal Environment: A Novel Approach

이동석*[†], 신혜진***, 권성진**

Dongseok Lee*[†], Hye-Jin Shin***, Sung-Jin Kwon**

*계명대학교 건축공학과, **계명대학교 건축학부

Abstract : 건물 냉난방 설비는 실내 공간을 제어 대상으로 하며, 그 목적은 재실자의 온열 쾌적을 목표로 한다. 그러므로 설비된 모든 유형의 냉난방 시스템들이 운전되기 위한 기준값이나 목표치는 재실자가 경험하는 종합적인 온열환경을 반영하여야 한다. 평균복사온도(MRT)는 주변환경으로부터 인체표면에 입사되는 복잡한 장파와 단파 복사에너지의 영향을 하나의 온도 단위를 갖는 값으로 변수화 한 것을 말한다. 이는 인체가 느끼는 온열환경에 약 절반정도의 영향을 주는 것으로 보고된 바 있다. 현대 건물에서 MRT는 측정 센서의 설치 한계, 측정 난이성 등의 이유로 계측 대상 인자에서 제외되고 있다. 대부분 공기온도의 설정값을 이용해 실내 공조제어와 바닥난방, 차양 등의 다양한 시스템들이 제어되고 있다. 이중 차양장치는 유일하게 실내공간이 아닌 외부의 물리적 환경요소(공기온도, 일사량, 조도 등)를 기반으로 제어되기도 한다. 복사 냉난방, 차양 등의 시스템은 실내 공간의 단파 및 장파 복사량을 직접 제어하는 장치이므로 이를 효과적으로 제어하기 위해서는 실내 복사온도의 측정은 중요하다고 할 수 있다. 본 연구는 가상센서를 기반으로한 실내 온열환경의 평가와 모니터링, 그리고 냉난방 제어시스템의 제어 방법을 다룬다. 실험을 통해 도출된 본 연구의 결과는 위에서 언급한 문제점에 대한 두 가지 해결방안을 제시한다. 첫 번째, 가상센서 모델은 기존 센서만을 활용하므로 건물에 추가 센서 설치에 대한 비용적, 공간적 부담을 줄일 수 있다. 두 번째, 가상센서 모델은 하나의 센서로 두 가지 (대류, 복사) 제어시스템의 동시 제어를 위한 입력변수를 도출할 수 있다. 본 연구를 통해 개발된 가상센서 알고리즘은 재실자에게 실내 온열환경에 대한 더 많은 물리 환경 정보를 제공하고 효과적인 냉난방 시스템의 동시 제어가 가능하도록 기여할 것으로 판단된다.

Key Words : 온열환경(Thermal environment), 평균복사온도(Mean Radiant Temperature), 표면온도(Surface temperature), 가상센서(Virtual sensor)

[†] Corresponding author, E-mail: dslee@kmu.ac.kr

후 기

본 연구는 2024년 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (NRF-2022R1C1C2007250)

창문형 액체식 제습 환기시스템의 제습 능력에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Dehumidification Performance of a Window-type Liquid Desiccant Ventilation System

구자빈*, 이우형**, 정효범*, 강동화*, 박현욱***, 최동희****†

Jabin Goo*, Woohyoung Lee**, Hyobeom Jung*, Dong Hwa Kang*,
Hyunwook Park***, Dong Hee Choi****†

*서울시립대학교 건축학부, **서울시립대학교 도시과학연구원, ***위즈시스템,
****서울대학교 건설환경종합연구소

Abstract : 기후변화로 인해 한국의 여름철 외부환경이 고온다습한 아열대 기후로 변화함에 따라, 쾌적한 실내 환경 유지를 위해서는 실내의 적정 온습도 조절이 필수적이다. 일반적으로 습도 조절에 사용되는 냉각식 제습 시스템은 제습량을 쉽게 조절할 수 있는 장점이 있으나, 과냉각과 재가열 과정에 따라 에너지 효율성 측면에서 단점이 있다. 이에 반해, LiCl과 같은 액체식 제습제를 활용한 액체식 제습 시스템은 잠열 냉방을 통해 습도 제어가 수행됨에 따라 에너지 절약 잠재력을 보일 수 있다. 그러나 기존 연구들은 대부분 건물에 설치된 공조시스템 또는 단일 제습부에서의 개별적인 성능 분석에 초점이 맞춰져 있으며, 주거 건물에서의 실내 공간 제습 효과와 활용 가능성에 대한 실험적 평가는 드물다. 따라서, 본 연구에서는 주거 건물에 활용 가능한 창문형 액체식 제습 환기시스템 모듈을 제안하고, 고온다습한 조건에서의 제습 능력 평가 실험을 통해 창문형 액체식 제습 환기시스템의 활용 가능성을 제시하였다. 액체식 제습제는 LiCl 수용액을 활용하였으며, 얇은 막 형태로 분출될 수 있도록 하였다. 유입 공기는 창문형 액체식 제습 환기시스템 모듈의 하단에서 상단으로 공기가 이동하여 용액을 통과하면서 제습이 이루어지도록 유도하였다. 실험은 외부 영향을 최소화한 86.1m³의 독립된 공간에서 25°C, 60%의 실험 조건으로 1시간 동안 수행하였다. 전체 데이터는 1분 단위로 측정하였다. 실험 결과, 제습 시작 후 유출입부의 평균 상대 습도는 각각 62%, 43%로 19%의 유의미한 제습 능력을 나타내었다. 향후 연구에서는 다양한 실험 및 제어 조건에서의 제습 능력 평가를 통해 최적의 제습 운영 방안을 제시하고자 한다.

Key Words : 창문형 환기(Window-type ventilation), 파사드 시스템(facade system), 액체식 제습(Liquid desiccant), 제습 능력(Dehumidifying Performance), 실험적 연구(Experimental study)

† Corresponding author, E-mail: mejoy1@snu.ac.kr

후 기

본 연구는 2022년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : NRF-2021R1A2C2014552).

주거건물에서 실내공기질 장기 모니터링을 통한 기존 환기시스템의 환기성능 검토

Investigation on Ventilation Performance of Existing Ventilation Systems through Long-term Indoor Air Quality Monitoring in Residential Buildings

신현국*[†], 김동호*

Hyunkook Shin*[†], Dongho Kim*

*(재)한국건설생활환경시험연구원

Abstract : 미세먼지 발생일이 증가하면서 실내 재실 시간이 증가하고 있다. 실내에 재실 중에는 휘발성 유기화합물(VOCs), 이산화탄소(CO₂), 라돈가스 등 유해물질에 노출되어 실내공기질 관리가 필요한 상황이다. 이에 30세대 이상의 공동주택에서는 자연환기설비 또는 기계환기설비를 설치하도록 규정하고 있다. 공동주택에서는 주로 기계환기설비는 전열교환환기장치를 적용하고 있다. 전열교환환기장치는 단위세대를 단일 존으로 취급하여 공간에 대한 0.5회 이상의 환기가 이루어지도록 설계되어 있다. 같은 규모의 세대일지라도 재실자의 밀집 장소 및 밀집 정도, 재실 현황, 재실자의 활동 상태, 주방 및 욕실 팬의 작동 상황에 따라 필요한 환기량이 달라질 수 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 전열교환환기장치를 활용하여 실제 공동주택 주거건물을 대상으로 수면시 재실자수에 따른 CO₂ 농도 변화를 약 30일 동안 측정하고 그 결과를 고찰하였다. 이를 바탕으로 향후 주거건물에서 재실자에 따른 실내공기질을 능동적으로 관리하기 위한 환기시스템의 개선 방안에 대해 논의하였다.

Key Words : 실내공기질(Indoor air quality), 환기 시스템(Ventilation systems), 이산화탄소(Carbon dioxide, CO₂), 장기모니터링(Long-term monitoring), 주거건물(Residential buildings)

Key Words : hkshin@kcl.re.kr

후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00211783).

저에너지 공동주택을 위한 저온 복사난방 시스템 최적화 시뮬레이션 연구

Simulation Study on the Optimization of Low-temperature Radiant Floor Heating Systems for Low-energy Apartments

장형문*, 서로사**, 이규남***†

Xinwen Zhang*, Rosa Seo**, Kyunam Rhee***†

*국립부경대학교 융복합인프라기술연구소, **국립부경대학교 대학원 건축·소방공학부,

***국립부경대학교 건축공학과

Abstract : 지역난방을 채택한 공동주택에서는 필요 열량을 공급하기 위해 외기온에 따라 온수온도를 변화시키는 외기보상제어를 적용하고 있다. 외기보상제어는 일반적으로 외기온을 독립변수로 하는 1차 함수인 외기보상 곡선에 따라 이루어지며, 이러한 외기보상 곡선의 기울기나 절편은 건물의 열손실 특성에 따라 변화하는 특성이 있다. 그러므로 건물의 단열 수준에 따라 적합한 외기보상 곡선을 적용하는 것은 난방에너지 절감 뿐 아니라 실내 열쾌적 확보에 있어서도 매우 중요한 과제라고 할 수 있다. 본 연구에서는 단열 수준이 매우 향상된 저에너지 공동주택의 경우, 기존의 외기보상 곡선에 의해 결정되는 온수온도에 비해 더 낮은 온수온도로도 운전될 수 있음에 착안하여, 저에너지 공동주택에 적합한 저온 복사난방 시스템의 최적대안을 도출하기 위해 수행되었다. 이를 위해 TRNSYS 시뮬레이션으로 공동주택 모델을 구성하고, 적용 가능한 외기보상 곡선의 범위 내에서 난방에너지와 불쾌적(PPD)을 최소화할 수 있는 대안을 탐색하기 위한 최적화 시뮬레이션을 수행하였다. TRNOPT를 활용하여 수행된 최적화 시뮬레이션 결과, 난방 에너지와 PPD 사이에 형성되는 전형적인 Trade-off 관계를 확인하였으며, 이를 2차원 평면으로 가시화하여 에너지와 쾌적의 절충안을 도출하는 방안을 제시하였다. 본 연구는 저온 복사난방 시스템의 운전 방안 도출에 유용하게 활용될 수 있을 것이나, 건물의 단열 수준과 사용행태 등을 종합적으로 고려하여 외기보상 곡선을 일반화할 수 있는 후속 연구가 필요하다고 사료된다.

Key Words : 바닥복사난방(Radiant floor heating), 외기보상제어(Outdoor temperature reset control), 열쾌적(Thermal comfort), 난방에너지(Heating energy), TRNOPT 시뮬레이션(TRNOPT simulation)

† Corresponding author, E-mail: knrhee@pknu.ac.kr

후 기

이 논문은 2021년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호 : NRF-2021R1A3059500).

건물 재실자 데이터 시스템 개발 및 활용 방안

Development and Application of Occupant Behavior Data Hub

이종원*[†], 이승연*

Jongwon Lee*[†], Seungeon Lee*

*한국건설기술연구원 건축에너지연구소

Abstract : 본 연구는 저비용-광역적-동시다발적으로 건물정보, 실내환경성능(Indoor Environmental Quality, 이하 IEQ), 재실자 행태 데이터의 수집 및 분석을 개선하기 위해 재실자 데이터 허브 개발을 통한 새로운 접근 방식을 제안한다. 재실자 만족도와 건물 성능을 평가하는데 있어 위치 기반 서비스와 같은 디지털 기술을 활용하여 IEQ 데이터의 공간적으로 상세한 설문조사와 3차원 분석을 용이하게 한다. 플랫폼은 위치 기반 설문조사를 공공데이터 건물 속성 연계 정보와 주소 정제 알고리즘을 통해 GIS 공간데이터로 통합한다. IEQ 설문 항목은 벤치마크를 위해 건물 실내 레이아웃, 열적 쾌적성, 공기 질, 조명 및 소음 환경 만족도와 같은 주요 IEQ 요소를 포함한다. 플랫폼은 IEQ와 재실자 정보를 체계적으로 건물별, 층별, 존별로 축적할 수 있으며, 이는 공간적이고 직관적인 IEQ 평가 및 분석을 위한 기반을 제공한다. 향후 연구 방향은 종합적인 재실자와 실내 환경 평가를 위한 데이터베이스 확장과 에너지 사용과 연계하여 건물성능평가를 개선하고자 한다.

Key Words : 재실자행태(Occupant behavior), 실내환경성능(Indoor Environmental Quality), 위치기반설문(Location-based survey), 건물정보(Building information), 존정보(Zone information), 지리정보시스템(GIS)

[†] Corresponding author, E-mail: jongwonlee@kict.re.kr

후 기

본 연구는 2024년도 한국건설기술연구원 주요사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20240163-001).

웨어러블 냉방장치가 심박변이도와 여성 건강에 미치는 영향

Evaluating the Impact of Wearable Cooling Devices on Heart Rate Variability and Woman's Health

Atefeh Tamaskani Esfehankalateh*, 임재한*[†]

Atefeh Tamaskani Esfehankalateh*, Jae-Han Lim*[†]

*이화여자대학교 건축도시시스템공학과

Abstract : It is critical to comprehend how different physical activities, both high- and low-intensity, may affect heart rate variability(HRV) in unsteady environment, particularly in light of growing industrialization and global warming. These elements increase the risk to one's health and productivity by intensifying heat stress and thermal discomfort. This study is to investigate how clothing types affect heart rate variability(HRV) during physical exertion in female employees, a population that frequently experiences gender inequality and lengthy workdays in industrial environments. This study compares the physiological reactions to fan-attached cooling jackets(CJs) and short-sleeve shirts(SH-S) in unstable environments to investigate how these clothing items affect heart rate variability(HRV), a vital sign of autonomic nervous system activity. The conclusions include understanding the role of specific garment types in modulating HRV during both high and low-intensity activities, thereby offering insights into optimizing thermal comfort and reducing heat stress among female industrial workers. This investigation is poised to contribute valuable data towards the development of gender-specific thermal comfort solutions, enhancing occupational health and efficiency in heat-stressed environments.

Key Words : 열 스트레스 완화(Heat Stress Mitigation), 생리신호 모니터링(Physiological Sensor Monitoring), 심박 변이도(Heart Rate Variability), 여성 근로자 건강(Woman Worker's Health)

[†] Corresponding author, E-mail: limit0@ewha.ac.kr

후 기

본 연구는 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업(중견연구자지원사업)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : NRF-2024R1A2C2007911).AAA-O-0000

개별환경제어시스템(PECS)을 이용한 난방기 재실자 온열감 개선 효과 분석

The Effect of Personal Environmental Control System (PECS) for Heating on the Thermal Sensation of Occupants

김이경*, 류소임*, 김철*[†]

Yikyung Kim*, Soim Ryu*, Chul Kim*[†]

*국립부경대학교 건축공학과

Abstract : 겨울철 실내 난방을 진행할 때 국부적으로 발생하는 복사열의 불균형은 실내 재실자의 쾌적성을 저해하며 인체에 생리적인 영향을 끼친다. 따라서, 본 연구에서는 겨울철 개별환경 제어가 가능한 난방기기(PECS)를 이용하여 재실자의 온열감에 미치는 영향을 분석하고 실내의 온열 환경 개선방안을 모색하였다. 이를 위해 부산 소재 P 대학교 건축관 내 강의실 2개를 선정하고 겨울철 에너지 절약을 위한 설정온도를 반영하여 각각 18°C, 22°C로 설정하였다. 재실자를 상대로 3종류의 PECS(Neck band, Desk fan, Feet heating)를 사용하여 국부적인 난방을 진행하였다. 일정한 시간 경과 후 각 PECS를 사용한 재실자에 대한 설문은 통해 온열감 개선여부(i.e; PMV, TSV, TCV, OTA)를 조사하고 이를 실측 데이터인 실내 온습도, 실내기류, 복사온도를 바탕으로 분석한 물리적 온열환경과 비교하여 재실자가 느끼는 온열감과 온열 환경의 개선을 분석하였다. 분석 결과, 설문조사에 따른 TSV 값을 비교분석 했을 때 PECS를 사용할 경우 더 쾌적하다고 느껴졌으며 Desk fan과 Feet heating이 Neck band에 비해 더 높은 개선 효과를 보였다. PECS의 사용은 재실자의 전반적인 만족도 향상에 기여하며 이는 신체 적용 부위에 따라 효과적인 차이가 있다. 더 나아가 PECS 기기의 조합에 따라 효용성이 증가할 것으로 사료된다.

Key Words : 온열환경 개선(Improvement of thermal environment), 개별환경제어시스템(PECS), 난방기(Heating season), 열쾌적(Thermal comfort)

Key Words : chulkim@pknu.ac.kr

후 기

이 논문은 2022년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호: NRF-2022R1A2C2011667).

여름철 태양에너지를 적용한 동시냉난방 시스템의 효용성 분석

Effectiveness Analysis of Simultaneous Cooling and Heating System with Solar Energy in Summer

이석현*, 이유진*, 신대욱*[†]

Seokhyun Lee*, Yujin Lee*, Dae Uk Shin*[†]

*군산대학교 건축공학과

Abstract : 동시냉난방시스템(Simultaneous cooling and heating system, SHCs)은 히트펌프 한 번의 작동으로 냉방 부하와 난방 부하를 제거할 수 있는 시스템이다. 따라서 냉방과 난방이 동시에 필요한 건물에 매우 효과적인 시스템이나, 냉방과 난방의 사용량이 항상 동일하지 않으므로 보조 열원 기기의 사용이 불가피하다. 한 건물에서 냉방 부하가 난방 부하보다 많이 걸린다고 가정할 때, 동시냉난방 시스템으로 제거되지 못하는 냉방 부하는 보조 냉방기기를 사용해야 한다. 국내 여름철의 경우, 건물에서 발생하는 냉방 부하는 난방 부하에 비해 높다. 이러한 환경에서의 동시냉난방 시스템은 생산한 난방에너지의 사용량이 적어 보조 열원 기기의 작동이 많아진다. 보조 열원 기기의 사용을 줄이면서 동시냉난방 시스템의 사용을 늘리기 위해서는 동시냉난방 시스템의 난방에너지를 소비해야 한다. 이를 위해 흡수식 냉동기(Absorption chiller)를 활용하여 미사용된 난방에너지를 냉방에너지로 전환하여 사용하였다. 또한 시스템 전체의 에너지 사용량을 줄이기 위하여 태양광(Solar photovoltaic) 에너지를 활용할 수 있는 PV 패널을 설치하여 시스템에 사용되는 전력의 일부를 생산하였으며, 흡수식 냉동기 작동을 위해 재생기에 필요한 열은 태양열(Solar heat) 에너지를 활용하였다. 본 논문에서는 여름철, 냉방부하가 난방부하보다 많이 걸리는 건물을 대상으로 하였을 때, 기존 동시냉난방 시스템의 에너지 사용량과 태양에너지를 적용한 동시냉난방 시스템의 에너지사용량을 비교하고자 한다.

Key Words : 동시냉난방 시스템(Simultaneous cooling and heating), 흡수식 냉동기(Absorption chiller), 태양에너지(Solar energy), 태양광(Solar photovoltaic), 태양열(Solar heat)

[†] Corresponding author, E-mail: daeuk.shin@kunsan.ac.kr

후 기

본 연구는 2022년도 의 한국연구재단의 재원으로 기본연구 사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호: 2022R1F1A10630651140182064070101).

주거환경에서의 3대 난제에 대한 공동주택 거주자의 인식 조사

A Study on the Perceptions of Residents Regarding Three Major Problems in Apartment Buildings

정진희*, 김철**, 이윤규*[†]

Jinhee Jeong*, Chul Kim**, Yungyu Lee*[†]

*한국건설기술연구원 건축연구본부, **국립부경대학교 건축공학과

Abstract : 전 세계는 지난 수년간 코로나19 팬데믹으로 인하여 자발적 혹은 강제적인 활동 제한을 경험하였다. 국가 및 시기별로 차이가 있으나, 각국의 정부가 강력한 방역정책을 실시하면서 사람들이 실내, 특히 거주지에서 체류하는 시간이 급증하였고, 휴식 및 여가 이외에도 재택근무, 비대면 학습, 자가 격리치료 등의 다양한 활동이 자택에서 집중적으로 이루어졌다. 이로 인하여 주거환경에서의 재실자 만족감이 매우 중요한 요소로 부각되었는데, 코로나19 이전에는 온열 쾌적감이나 실내공기질로 인한 건강영향에 관심이 집중되었다면, 팬데믹 이후부터 재실자를 둘러싼 모든 환경 요소로 그 영역이 확대되었다. 따라서 본 연구는 주거환경에서 빈번하게 발생할 수 있는 문제인 생활소음, 실내공기질, 그리고 생활폐기물 부문에 대한 실거주자 대상의 설문조사를 실시하여 주요 쟁점과 문제인식 수준, 해결의사 등을 파악하고자 수행되었다. 조사대상은 국내 주거형태의 50% 이상을 차지하는 공동주택 거주자로 선정하였으며, 조사결과를 수렴하여 향후 해당 문제의 개선기술 개발 및 실질적 해결 방안을 마련하기 위한 기초자료를 생산하고자 하였다.

Key Words : 인식 조사(Perception Survey), 생활소음(Living Noise), 실내공기질(Indoor Air Quality), 생활폐기물(Household Waste), 주거환경(Residential Environment)

[†]Corresponding author, E-mail: yglee@kict.re.kr

후 기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다 (과제번호: RS-2022-00144050)

에너지 하베스팅 센서 모듈을 활용한 건물에너지 효율 개선 방안

A Study on Improving Building Energy Efficiency using Energy Harvesting Sensor Module

정우성*, 김효준**, 임종필***, 김정훈***, 문승언***, 조영흠****†
Woosung Jung*, Hyojun Kim**, Jongpil Im***, Jeonghun Kim***,
Seungeon Moon***, Younghum Cho****†

*영남대학교 일반대학원 건축학과, **비텍,

***한국전자통신연구원 초지능창의연구소 소재부품연구본부 스마트소재연구실,

****영남대학교 공과대학 건축학부

Abstract : 무선 통신 센서는 건물 공조시스템 모니터링 및 제어에 활발하게 사용되고 있다. 하지만 IoT(Internet of Things) 기기와 같은 무선 통신 센서는 배터리와 같은 에너지 저장 장치를 사용한다. 배터리는 저장 용량의 한계로 주기적인 교체가 필요하며, 유지 관리가 요구된다. 센서에 사용되는 배터리를 대체하는 기술로 에너지 하베스팅이 있다. 에너지 하베스팅은 신재생 에너지 발전의 한 종류로, 주변 환경에서 발생하는 자연적인 에너지를 전기로 변환하는 기술 또는 과정을 의미한다. 이러한 에너지 하베스팅 센서 모듈을 활용하여 건물 에너지 효율화가 가능하다. 본 연구에서는 에너지 하베스팅 센서 모듈을 통해 건물 내 재실 상황을 판단하고 그에 따른 에너지 소비량을 분석하고자 한다. 이를 위해 대학교 실험실을 Test-Bed로 선정하여 에너지 하베스팅 기반 통합 센서 모듈을 설치하였으며, 실험을 통해 통합 센서 모듈의 재실 감지 성능을 평가하였다. 재실 감지 기반의 공조 시스템 On/Off 제어에 따른 건물 에너지 절감량을 Trnsys 18을 통해 비교 분석하였다. 시뮬레이션 결과, 재실 감지 모니터링 주기를 30분, 15분으로 설정하였을 때, 연중 공조 에너지 사용량은 재실 감지를 수행하지 않는 기존 방안 대비 각각 12%, 17% 절감 가능한 것을 확인하였다.

Key Words : 에너지하베스팅(Energy harvesting), 건물 에너지 관리시스템(Building energy management system), 건물 에너지 효율(Building energy efficiency), 재실감지(Occupancy sensing)

† Corresponding author, E-mail: yhcho@ynu.ac.kr

후 기

본 연구는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : NRF-2021M1A2A2061335)

공동주택의 태양광 패널 배치를 위한 태양광 시스템 최적 설계 프로그램 개발 연구

A Study on the Development of an Optimal Solar Panel Design Program for the Arrangement of Photovoltaic System in Residential Buildings

박상훈*, 김동우**†

Sanghoon Park*, Dongwoo Kim**†

*인천대학교 도시건축학부, **독립연구자

Abstract : 제로에너지건물(ZEB)이 민간 영역에까지 확대됨에 따라 건물에서 에너지 절약 뿐만 아니라 에너지 생산이 더욱 필수적으로 요구되는 가운데, 태양광(Photovoltaic, PV) 시스템은 건물 내 에너지 생산 비율을 높이는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 에너지 자급비율(Energy Self-Sufficiency Ratio, ESSR)에 따라 ZEB를 단계적으로 설계하고 운영하기 위해서는 PV 시스템에서 발전할 수 있는 에너지 생산량을 정확히 예측하고 계산하는 것이 필수적이다. 이 때 PV 시스템의 발전량은 PV 패널의 설치 면적과 위치에 크게 의존하며, 따라서 PV 패널의 발전량이 최대가 되도록 PV 패널의 설치 면적과 위치를 결정하는 태양광 패널의 최적 설계가 필요하다.

본 연구에서는 PV 시스템의 최적 설계가 가능하도록 태양광 시스템의 최적 설계 프로세스를 개발하였다. 본 설계 프로세스를 활용하여 요구 발전량을 만족시키기 위한 PV 패널의 설치 면적과 위치를 결정할 수 있다. 본 연구에서 개발한 프로세스는 스케치업(SketchUp)을 이용한 프로그램으로 구현되었다. 본 프로그램을 이용한 태양광 시스템의 최적 설계 결과, PV 패널의 설치 위치와 면적을 최적화함으로써 기존 설계 대비 설계 용량을 1.7% 감소시키면서 예상 발전량을 2.8% 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 프로그램에 의한 태양광 발전량 예측값이 태양광 시스템이 시공된 아파트에서 실제로 측정된 태양광 발전량과 유사함을 확인하였다. 본 연구에서 개발된 태양광 시스템 최적 설계 프로세스는 건물의 요구 태양광 발전량에 따라 PV 시스템을 설계하고, 향후 유사한 프로그램을 개발하는데 유용하게 활용될 것이다.

Key Words : 태양광시스템(Photovoltaic system), 태양광 최적 설계 프로그램(Optimal Solar Panel Design Program), 공동주택(Daylighting), 제로에너지건물(Zero energy buildings)

† Corresponding author, E-mail: aekdw@gmail.com

후 기

이 성과는 2021년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R111A3050403).

수냉각 내부차양의 열성능 평가에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Thermal Performance Evaluation of Water-cooled Interior Shades

서로사*, 박종호*, 이규남**†

Rosa Seo*, Jongho Park*, Kyunam Rhee**†

*국립부경대학교 대학원 건축·소방공학부, **국립부경대학교 건축공학과

Abstract : 차양 장치는 건물의 외부나 내부에 설치되어 직접적인 일사를 차단함과 동시에 반사면으로 자연채광을 실내로 유입시키는 역할을 한다. 이러한 차양 장치를 실내에 설치하고 그 표면을 직접적으로 냉각시킬 경우 외주부의 열환경 개선에 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 이에 따라 본 연구에서는, 베네시안 블라인드 형태의 내부 차양에 수배관을 부착한 수냉각 내부차양의 하절기 열성능을 평가하였다. 이를 위해 바닥면적 3.7 m x 3.7 m 인 test-bed 에 1.6 m x 1.8 m 크기의 창호에 수냉각 내부차양을 설치하였다. 내부차양의 냉각을 위해서는 Test-bed의 주된 냉방시스템은 수방식의 Fan coil unit (FCU)을 적용하여, FCU 운전을 위한 냉수를 내부차양에 공급할 수 있도록 하였다. 인공 기후 챔버를 활용하여 외기온은 30 °C 로 유지하였으며, solar simulator를 설치하여 466 W 의 일사부하와 내부부하 600 W를 재현하여 총 1,066 W의 냉방부하를 모사하였다. 평가 case는 내부차양의 slat 각도를 변수로 하여 0°, 45°, 90° 세 가지 case로 분류하였다. 또한 각 case에서 FCU과 내부차양에 냉수를 병렬로 공급하는 방식, FCU을 통과한 냉수를 내부차양에 공급하는 직렬운전 방식으로 세분하여 총 6가지의 평가 case를 설정하였다. 일사 부하, 내부 부하장치, FCU fan 은 지속적으로 가동하였으며, test-bed 온도에 따라 pump를 on/off 하는 방식으로 제어하였다. 열성능 평가 결과, 병용운전 여부와 관계없이 slat을 닫을수록 작용온도가 감소하며, slat 각도가 90°, 병용운전을 하지 않았을 때 외주부의 수직온도차가 1.68 °C, 병용운전 했을 때는 2.95 °C 로 가장 작게 나타났다. 또한, PMV 의 경우 slat 각도 90°, 병용운전 시 0.13 으로 가장 neutral 상태에 가깝게 나타났다. 에너지 소비량의 경우 병용운전을 하며 slat 각도가 증가할 때 에너지 소비량이 감소하여, slat 각도가 90°, 병용운전 시 18 % 로 가장 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이를 통해, 수냉각 내부차양 장치가 활성화 되지 않았음에도 창에서 유입되는 일사부하를 일부 차단함과 동시에 병용운전 시 차양 장치가 냉각면으로 작용하여, 외주부의 실내 열쾌적 및 에너지 소비량에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구는 냉방기를 대상으로 고정된 냉수온도에 따른 열성능만 분석되었으므로, 다양한 냉수온도에 따른 열성능 평가 및 동절기 난방 상황에서의 열환경 및 에너지 성능 평가가 필요하다.

Key Words : 내부차양(Interior shade), 열적활성화(Thermal activation), 복사냉방(Radiant cooling), 열쾌적(Thermal comfort), 냉방에너지(Cooling energy), 목업실험(Mock-up test)

† Corresponding author, E-mail: knrhee@pknu.ac.kr

후 기

이 논문은 2022년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호 : NRF-2022R1A2C2011667).

건물 에너지 관리 시스템을 위한 모델링 접근법 비교

Comparative Analysis of Modeling Approaches for Building Energy Management Systems

전병기*, 김덕우*[†]

Byung Ki Jeon*, Deuk Woo Kim*[†]

*한국건설기술연구원

Abstract : 건물에서 설비 및 공조 장치의 효율적인 운전계획 수립을 위해서는 건물 에너지 동특성을 모사할 수 있는 해석 모델이 필요하다. 모델링 접근법은 (1) TRNSYS와 EnergyPlus와 같은 상세 프로그램 기반의 접근법, (2) 물리법칙 기반의 RC (Resistance-Capacitance) 모델링 접근법, (3) 데이터 기반(data-driven) 모델링 접근법으로 구분할 수 있다. 첫 번째 접근법은 완전한 (full-fledged) 시뮬레이션 엔진 기반의 방법으로써, 고해상도 결과를 얻을 수 있으나 무거운 연산량, 많은 입력 변수가 요구된다. 두 번째 접근법은 물리적 관계를 단순화(선형 방정식 기반)하여 모사하는 방법으로써 가벼운 연산량, 적은 입력 변수 등이 장점이나, 모델 단순화로 인한 정확도 하락의 단점이 있다. 세 번째 접근법은 최신 딥러닝, 기계학습 알고리즘을 기반으로 모델링하며, 우수한 시계열 데이터 모사 능력, 손쉬운 기술 패키징(현장 적용성) 등의 장점이 있다. 다만, 데이터 의존성이 높으므로 현장 데이터 수집환경(해상도, 결측 등)에 따라 모델 신뢰성이 크게 좌우된다.

주택 등과 같이 소규모 건물을 대상으로 설비 및 공조 장치의 운전계획을 수립하는 경우, 적정 모델링 접근법이 중요하며, 건물내 한정된 자원(저사양 월패드 등)의 활용성 까지 고려해야한다. 본 연구에서는 전술한 각 접근법 중 두 번째 (RC 모델링), 세 번째(data-driven 모델링) 접근법에 대해, 실제 공동주택 건물의 에너지 관리 시스템 환경에서의 적용성과 성능을 비교하고자 한다. RC 모델의 경우 5개의 열저항과 4개의 열용량을 갖는 일반적인 형태의 건물 RC 모델을 개발하고 PSO(Particle Swarm Optimization) 최적화 알고리즘을 통해 주요 파라미터를 보정 하였다. 딥러닝 모델은 시계열 데이터 학습에 유리한 LSTM(Long Short-Term memory) 알고리즘으로 모델을 구성해 성능을 분석하였다.

Key Words : 건물 에너지 모델(Building energy model), RC 모델(Resistance-Capacitance model), 최적화 알고리즘 (Optimization algorithm), 딥러닝(Deep learning)

[†] Corresponding author, E-mail: deukwookim@kict.re.kr

후 기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다(No.RS-2023-00244769).

변풍량시스템의 팬 추적 제어에 따른 에너지소비량 분석

Analysis of Energy Consumption by Fan-Tracking Control of Variable Air Volume System

김경원*, 김효준**, 이진현***, 조영흠****†

Kyungwon Kim*, Hyojun Kim**, Jinhyun Lee***, Younghum Kim****†

*영남대학교 일반대학원 건축학과, **비텍, ***영남대학교 건축연구소,

****영남대학교 공과대학 건축학부

Abstract : 변풍량 시스템에서 풍량 제어 시 각 존으로 충분한 풍량을 공급하고 적절한 외기를 도입 시키며 건물을 양압으로 유지해야 한다. 건물의 양압을 유지하기 위해서는 변풍량시스템의 적절한 환기팬 제어가 필요하다. 환기팬 제어 방식 중 팬 추적 제어 방식은 환기팬 속도가 급기팬 속도와 비례하여 운전하는 방식이다. 급기팬은 각 존으로 연결된 터미널 댐퍼의 운전에 따라 팬 정압을 유지하도록 조절되며, 낮은 댐퍼 개도율에서 상대적으로 환기풍량이 커지는 상황이 발생할 수 있다. 그로 인해 건물 실내가 외부에 비해 음압이 되면 외부로부터 침기가 발생하고 이는 냉난방 부하의 증가로 이어질 수 있다. 이에 본 연구에서는 변풍량 시스템의 팬 추적 제어 시 건물에서 발생하는 압력차와 그에 따른 에너지 소비량을 분석하였다. 변풍량 시스템의 운전 시 실내외 압력차를 실험을 통해 측정하고자 변풍량 시스템이 설치된 대학 실험실을 대상 공간으로 선정하여 팬속도 및 터미널 댐퍼 개도율 변화에 따른 압력차를 측정하였다. 이때 발생한 압력차로 인한 침기 부하가 에너지 소비량에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

Key Words : 변풍량 시스템(Variable air volume system), 팬 추적 제어(Fan-Tracking control), 실내외 압력차 (Indoor-outdoor pressure difference), 에너지 소비량(Energy consumption), 침기 부하(Infiltration load)

† Corresponding author, E-mail: yhcho@ynu.ac.kr

후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2022R1A2B5B01002618).

현장 가상센싱 방법을 활용한 고층주거건물 주요 출입부 개폐에 따른 연돌효과 압력분포 분석

Analysis of Stack-driven Pressure Changes caused by Opening and Closing of Main Entrance Doors in a High-rise Residential Building Using In-situ Virtual Sensing Method

송지환*, 김지원**, 조정훈***, 강기남***, 윤성민*.*†
 Jihwan Song*, Jiwon Kim**, Jeonghoon Jo***,
 Kinam Kang***, Sungmin Yoon*.*†

*성균관대학교 건설환경공학부, **성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공,
 ***현대건설 기술연구원

Abstract : 겨울철 연돌효과는 고층건물의 상층부 공기유동경로의 압력차를 증가시킨다. 특히, 건물의 주요 출입부가 개방됨에 따라 건물의 중성대는 하강하며, 이에 따라 상층부 연돌효과 압력차는 크게 증가할 수 있다. 따라서, 고층주거건물에서 재실자 출입에 따른 주요 출입부 개폐상태는 고층부 세대의 연돌효과 압력 문제를 크게 야기할 수 있다. 본 연구에서는 현장 가상센싱 방법을 활용하여 건물의 주요 출입부 개방에 따른 연돌효과 압력 분포 변화를 관측하고자 한다. 모든 출입부가 닫혀 있는 건물의 기본적인 상태부터, 로비 및 지하층의 출입부를 1개 층씩 열었을 때 건물의 전체 연돌효과 압력분포를 가상센싱 기술을 통해 관측하였다. 또한, 각 Case 별 최고층 세대 현관문의 압력과 50 Pa 기준 문제층의 개수를 비교하였다. 그 결과, 건물 출입이 가장 잦은 출퇴근 시간에는 출입부가 다 닫혀있을 때 대비 출입부가 모두 열렸을 때의 최고층 세대 현관문의 압력이 17 Pa 증가하였으며 문제 층수는 8개 늘어났다. 가장 추운 겨울철 조건에서는 그 압력이 24 Pa이 증가하였으며 문제 층수는 9개 늘어났다. 본 연구결과는 고층주거건물에서의 출입부 개폐 상태에 따른 연돌효과 압력분포의 변화를 정량적으로 제시하며, 건물운영단계에서의 주요 출입문 자동 제어기술과 이를 위한 현장 가상센싱 기술의 중요성을 연돌효과 압력차 저감 측면에서 시사한다.

Key Words : 압력차(Pressure difference), 연돌효과(Stack effect), 현장 가상 센싱(In-situ virtual sensing), 고층주거 건물(High-rise residential buildings)

† Corresponding author, E-mail: s.yoon@skku.edu

후 기

이 논문은 2022년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호 : No.2022R1C1C1008541).

선형회귀 기반 전기변색유리 예측제어 적용에 따른 건물에너지 및 시각적 쾌적성 평가

Assessment of Building Energy and Visual Comfort Improvements with Electrochromic Glass based on Linear Regression-Based Control

서영훈*, 강은호*, 이성주*, 윤종호*, 김동수*[†]

Younghun Seo*, Eunho Kang*, Seongju Lee*, Jongho Yoon*, Dongsu Kim*[†]

*국립 한밭대학교 건축공학과

Abstract : 제로에너지 건축물 의무화 정책으로 인해 부하 저감 기술, 고성능 창호 기술, 신재생에너지 기술 등 기존 기술의 한계를 극복할 수 있는 차세대 기술이 요구되고 있다. 고성능 창호 기술 중 전기변색유리는 가장 관심받는 기술로 전압을 인가하여 투과율의 조절이 가능하다. 그러나 전기변색유리를 적절한 제어전략 없이 운영할 경우 필요 이상의 조명작동, 난방부하 등 추가적인 에너지 손실을 초래할 수 있다. 따라서 본 연구는 시각적 쾌적도 예측을 위한 선형회귀모델을 기반으로 전기변색창호의 예측 제어 알고리즘을 개발하고, 개발된 알고리즘을 건물에너지 시뮬레이션 에너지 관리 시스템(Energy Management System; EMS)에 적용하여 연간 에너지 사용량 및 시각적 쾌적도 향상을 분석하였다.

선형회귀 기반 예측모델은 시뮬레이션을 통해 산출된 데이터 결과를 이용하여 구축되었다. 모델은 전기변색유리 OFF상태의 예측 모델, ON 상태의 예측 모델 2가지로 나뉘어지며 이에 따라 전기변색유리가 ON인 경우와 OFF인 경우 2가지 유형의 데이터셋을 이용하여 학습되었다. 예측에 필요한 입력변수는 예측모델의 출력과 상관계수를 산출하여 상관계수가 0.4 미만인 입력변수는 제외하였다. 예측모델 구축 완료 후, 해당 모델을 시뮬레이션 프로그램에 입력함으로써 예측모델 기반 제어 알고리즘이 적용된 건물에너지 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션 결과, 전기변색유리의 제어 시 연간 냉난방에너지 사용량은 3~10% 감소하였으며, 현회는 약 10%이상 감소한 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 전기변색유리의 적용 건물을 예측모델 기반제어를 적용함으로써 개선효과를 정량적으로 도출하였다. 하지만 시스템의 제어 입력 상태가 ON/OFF 두 조건만을 갖도록 적용되었기 때문에 에너지 절감과 시쾌적도 향상에 제한적인 효과를 보였다. 추후 연구를 통해서 전기변색유리의 확장된 제어 단계를 적용하고 실내 냉·난방 시스템 성능에 미치는 영향을 분석할 계획이다.

Key Words : 전기변색창호(Electrochromic Window), 선형회귀(Linear Regressions), 시쾌적(Visual Comfort), 건물에너지 시뮬레이션(Building energy simulation), 냉·난방 에너지(cooling and heating energy)

[†] Corresponding author, E-mail: dongsu.kim@hanbat.ac.kr

후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. 2022R1A2C1 092138).

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00266248, 건물형 태양광산업 생태계 대응 전문 인력 양성)

Oral Session

태양광에너지

Photovoltaic Energy (PVE) 1, 2, 3



ITO 기판 적용 P1 Laser Scribing 공정 최적화

P1 Laser Scribing Process Optimization for Indium Tin Oxide Substrates

Vijay C. Karade*, 김세웅*, 정인영*, 고민재**, 박주형*. 조준식*, 황인찬*,
곽지혜*, Santosh S. Sutar***, Tuckaram D. Dongale***, 윤재호****,
김기환*, 어영주*†

Vijay C. Karade*†, Saewoong Kim*, Inyoung Jeong*, Min Jae Ko**,
Joo Hyung Park*, Jun-Sik Cho*, Inchan Hwang*, Jihye Gwak*,
Santosh S. Sutar***, Tukaram D. Dongale***, Jae Ho Yun,*
Kihwan Kim,* Young-Joo Eo*†

*한국에너지기술연구원 태양광연구단, **한양대학교 화학공학과, ***Shivaji University,
**** 한국에너지공과대학교 재생에너지공학과

Abstract : Present study employes a picosecond laser (532 nm) for selective P1 laser scribing on the indium tin oxide (ITO) layer and subsequent fine-tuning of P1 scribing conditions with machine learning (ML) techniques. Initially, the scribing is performed by varying different laser parameters and further evaluate them via an optical microscope and two probe resistivity measurements. The classification and regression tree (CART)-based ML analysis revealed that median pulse energy $<5.7 \mu\text{J}$ insufficient to separate the adjacent scribing regions. While pulse energy $>5.7 \mu\text{J}$, APL $>35\%$, LSO $>46\%$, and processing speed $\geq 1250\text{mm s}^{-1}$ gives $\geq 16 \mu\text{m}$ of scribing width. Further, the decision tree (DT) analysis showed that pulse energy of $\geq 8.1 \mu\text{J}$, and LSO $\geq 37\%$ are required for electrically isolated lines. The feature importance score suggests that laser fluence and pulse energy determined the scribing width, whereas electrical isolation strongly depends on LSO and processing speed. Finally, the ML achieved conditions experimentally validated and reassessed via scanning electron microscope, and atomic force microscopy aligns well with optical microscope measurements.

Key Words : 레이저 스크라이빙(Laser scribing), 태양광모듈(Solar module), ITO 기판(ITO substrates)

† Corresponding author, E-mail: yjeo@kier.re.kr

후 기

This research was financially supported by national R&D programs through the Korea Institute of Energy Research (KIER) (grant nos. C3-2401 and C3-2402). The National Research Foundation of Korea (NRF) (grant nos. 2022M3J1A1063019 and 2023R1A2C2003612) funded by the Ministry of Science and ICT. This work was also partly supported by Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government (MOTIE) (grant no. RS-2023-00303745)

곡면 지붕면을 활용한 박막 태양광발전 실증연구

The Field Demonstration Study of Curved Roof- top PV System Utilizing the Light PV Module

박정재*, 김기환**, 최용우***, 윤재호****†

Jung-Jae Park*, Kihwan Kim**, Yongwoo Choi***, Jae Ho Yun****†

*한국수력원자력(주) 재생에너지처, **한국에너지기술연구원 태양광연구단, ***(주)솔란드,

****한국에너지공과대학교 에너지공학부

Abstract : The solar power generation market has experienced rapid growth in recent years, with a shift in the trajectory of the solar industry towards building-integrated solar solutions due to limitations in ground-based installation sites. Building-integrated Photovoltaics(BIPVs) gain attention for their potential to efficiently utilize land resources and contribute to the spatial utilization of buildings. While current BIPVs systems primarily focus on utilizing roof surfaces for solar energy generation, the exploration of building facades(vertical surfaces) for solar power generation is essential for future advancements. To address this, a novel approach is required to reduce the weight of conventional silicon solar modules. The purpose of this study is to design, manufacture, and conduct a demonstration study on thin-film solar modules that are lightweight and flexible for attachment to the exterior of roofs. The manufactured thin-film solar modules have a conversion efficiency of 13.8% and have achieved technical completeness by obtaining KS certification(KS C 8562) for thin-film solar modules. To verify the performance and applicability of curved thin-film solar modules, a demonstration study on curved roof solar module was conducted. The scale of the demonstration system is 7.36 kWp, and the generation amount was analyzed over a period of 27 months. During the demonstration period, the monthly average capacity factor was 15%, showing superior results compared to the utilization rate in the same region.

Key Words : 경량(Light weight), 유연(Flexible), 박막 태양광 모듈(Thin film solar module), 실증 실험(Experimental study), 지붕형 태양광(Roof-top photovoltaic)

† Corresponding author, E-mail: jhyun@kentech.ac.kr

후 기

본 연구는 2016년도 국토교통부의 재원으로 도시건축연구사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 00000-00000).

잔류 가스 분석을 통한 산업 규모 저압 화학 기상 증착 공정의 실시간 모니터링

In situ Monitoring of Industrial-Scale Low-Pressure Chemical Vapor Deposition Process through Residual Gas Analysis

이상희*[†], 김문세*, 송희은*, 박성은*, 조윤애*, 김용진*, 정경택*,
강민구*[†], 김가현**[†]

Sang Hee Lee*[†], Munse Kim*, Hee-eun Song*, Sungeun Park*, Yunae Cho*,
Yong-Jin Kim*, Kyung Taek Jeong*, Min Gu Kang*[†], Ka-Hyun Kim**[†]

*한국에너지기술연구원 태양광연구단, **충북대학교 물리학과

Abstract : Maintenance of industrial-scale equipment demands more effort and cost compared to that of laboratory-scale equipment, necessitating the use of predictive maintenance techniques to mitigate unforeseen outcomes. In this work, the in situ monitoring of industrial-scale low-pressure chemical vapor deposition equipment using a residual gas analyzer (RGA) is demonstrated. The RGA provides reactions of precursor gases by tracing the concentration and composition of residual gases within vacuum reactors. Furthermore, RGA analysis enables the prediction of the growth rate of the thin-film, providing insight into thin-film growth dynamics during the process. In situ monitoring using RGA can be applied to diverse semiconductor fabrication processes, including thin-film growth, oxidation, reactive ion etching, and ion implantation, owing to its compatibility with vacuum processes. This study addresses the existing difficulties in the exploration of RGA monitoring techniques for industrial-scale equipment and bridges the disparity between laboratory-scale and industrial-scale processes.

Key Words : 화학기상증착법(Chemical vapor deposition), 잔류가스분석기(Residual gas analyzer), Phosphosilicate glass, 박막성장률(Thin-film growth rate), 예측 유지보수(Predictive Maintenance)

[†] Corresponding author, E-mail: mgkang@kier.re.kr, lshee@kier.re.kr, kahyunkim@chungbuk.ac.kr

폐태양광 모듈 재활용을 통한 친환경 수소 생산 기술

Green Hydrogen Production Technology via Recycling of Waste Photovoltaic Modules

이용환*, 박노창*[†]

Yonghwan Lee*, Nochang Park*[†]

*한국전자기술연구원 차세대전지연구센터

Abstract : 실리콘 기반 태양광 모듈은 전 세계적으로 효율적이고 환경 친화적인 태양 에너지 전환 시스템으로 널리 사용되고 있다. 이와 함께 수명을 다한 태양광 모듈의 처리 및 재활용은 미래에 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 본 연구에서는 폐태양광 모듈을 재활용하여 태양 에너지를 다양한 형태의 에너지로 변환할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 재활용된 태양광 모듈은 태양광 파장인 600 nm에서 약 92%의 에너지를 흡수하여 온도를 약 74°C까지 상승시키는 열 에너지로 변환할 수 있음을 보여준다. 또한, 40mm x 40mm 크기의 재활용된 태양광 모듈을 사용하여 열전 발전기(TEG)에 연결된 하이브리드 장치를 개발하여, 1 sun 조사 (AM1.5G) 조건하에서 최대 2.14 mW의 전력을 발생시킬 수 있음을 보여주었다. 더불어, 이 하이브리드 장치는 알칼리 수전해 시스템과 DC/DC 컨버터를 통합하여 외부 전력 도움 없이 친환경적인 그린수소 연료를 생산할 수 있음을 증명하였다. 이러한 제안된 방법은 폐태양광 모듈을 다재다능한 재생 에너지 생성 시스템으로 변환하는 새로운 접근 방식을 제공한다.

Key Words : 폐태양광 모듈(end-of-life photovoltaic module), 광흡수체(solar absorber), solar-thermal conversion(광-열 전환), 수소 생산(hydrogen generation)

[†]Corresponding author, E-mail: ylee@keti.re.kr

후 기

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00303745, 탄소배출이 적고 재활용이 용이한 모듈 소재 및 공정 기술개발)

태양광 인버터의 DC 아크 검출에 필요한 FFT와 DWT 기법 비교 분석 연구

Comparative Analysis of FFT and DWT Techniques for DC Arc Detection of Solar Inverters

전준태*, 박태준*, 임선우*, 도진호*, 이효준*, 김범준*, 이영권**, 최주엽*[†]
Juntae Jeon*, Taejun Park*, Sunwoo Lim*, Jinho Do*, Hyojun Lee*,
Beomjun Kim*, Youngkwon Kim**, Juyeop Choi*[†]

*광운대학교 전기공학과, **(주)금비전자

Abstract : 태양광 시스템 내부에서 발생하는 병렬 아크의 경우는 두 지점 간의 전압차가 커서 고장 전류가 크기에 기존의 차단기로도 차단이 가능하지만 직렬 아크의 경우 고장 전류가 크지 않기에 고장 검출이 용이하지 않다. PV 패널 사이를 연결하는 커넥터의 연결부위 및 접속함에 연결된 체결 부위의 접속 불량으로 DC 아크가 발생될 때, DC 아크의 발생은 0.07초에서 형성이 되고 0.5초의 아크가 1초 이상 스파크 현상으로 지속되면 전기화재가 발생한다. 더불어 밀폐된 접속함에서의 아크 발견은 거의 이루어질 수 없고, 접속함뿐만 아니라 전기가 사용되는 모든 물질에서 일어날 수 있으므로 DC 아크 감지차단기를 통해 아크 발생 시 태양광 인버터가 자동으로 전기를 차단하고자 한다. 따라서 본 연구에서는 PV 시스템에서의 DC 직렬 아크의 위험성 및 아크가 전기화재로 이루어지는 시간을 고려하여 0.5초 내에 DC 직렬 아크를 빠르게 검출하는 것을 목표로 하고, 그 방법으로 아크의 주파수 특성을 빠르게 분석하고 식별하기 위해 최근 주파수 분석 방법 중 가장 널리 쓰이는 Fast Fourier Transform(FFT)과 Discrete Wavelet Transform(DWT), 두 주파수 분석 방법을 비교 분석한 후 가장 정확하며 효율적인 DC 아크를 검출하는 알고리즘을 구현하였다. 전체적인 구성은 임의로 아크의 형태를 가지는 입력신호를 구현한 후, 아크 특정 주파수 성분 검출을 위해 대역 통과 필터(BPF)를 적용하여 노이즈 제거 및 아크에 의한 이외의 성분을 제거한 후 ADC를 수행하여 전류값을 디지털 신호로 변환하고, 필터링된 신호를 이용하여 고속 주파수 변환(FFT)과 이산 웨이블릿 변환(DWT)을 통해 신호처리 과정을 거쳤다. 마지막으로 특정 주기별로 주파수 성분의 에너지를 계산한 후, 총 에너지 임계값을 설정하여 특정값을 초과할 경우 아크로 판단하였다.

Key Words : 태양광 인버터(solar inverters), DC 아크 검출(DC arc detection), 대역 통과 필터(Band pass filter), 고속 주파수 변환(Fast fourier transform), 이산 웨이블릿 변환(Discrete wavelet transform)

[†] Corresponding author, E-mail: juyeop@kw.ac.kr

후 기

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 디지털 신기술 인재양성 혁신융합대학사업의 연구결과입니다.

Utilizing Built-in Temperature Sensor to Predict the Components Temperature in PV Inverter: “A Step Towards Fire Safety Management of PV System.”

Muhammad Farooq^{*,**}, Byung-Ju Lim^{**}, Sung-Hoon Cho^{**},
Ga-Ram Lee^{*,**}, Chang-Dae Park^{*,**†}

^{*}University of Science and Technology (UST),

^{**}Korea Institute of Machinery and Materials, Carbon Neutral Energy Machinery Research
Institute, New Energy Plant Technology

Abstract : The global market for photovoltaic energy systems is growing very fast to produce clean and sustainable energy, aiming to minimize our reliance on fossil fuels and achieve carbon neutrality. However, with the increasing trend the fire safety is a critical concern in PV systems which not only affect the reliability but also lead to huge economic losses. It is thus important to develop a smart O&M system for the safety of PV plants. The reliability of PV systems highly depends on the PV Inverter which is the integral part of the system. For this reason, developing a fire safety management system for PV Inverter will enhance the safety of whole plant.

This study focuses on the development of ICT based fire prevention technology for small capacity PV systems. We aim to provide a comprehensive understanding of critical components in PV inverter which can cause the fire incidents. Our research introduces the novel approach to prevent inverter fires by utilizing only the built-in temperature sensor to predict the temperature of the critical components within the PV inverter to enhance the overall safety of PV installations.

Key Words : Photovoltaic, Built-in temperature sensor, fire prevention, O&M

[†] Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

국내 산업단지의 에너지 자립화를 위한 신재생 에너지 인프라 구축 운영 및 실증 사례 연구

Empirical Case Study of Construction and Operation of New and Renewable Energy Infrastructure for Energy Independence in Domestic Industrial Complexes

김수동*†

Soodong Kim*†

*대연씨앤아이 신사업부

Abstract : 국내 정부에서는 산업단지를 디지털화, 무탄소화, 에너지 자립화하여 경쟁력 있고 환경친화적인 제조공간으로의 전환을 추진하고 있다. 이를 위해 스마트그린산단 촉진사업을 공모하여 지자체, 공공기관, 민간기업 등의 참여를 유도하고 있다. 그중 본 연구에서 소개하는 실증 대상 지역인 군산국가산업단지는 1998년에 조성되어 현재까지 생산 5조 6,623억원, 수출 1,024백만불, 고용 9,332명('22년 9월 기준)의 실적을 가지고 있으며, 주력산업은 기계, 운송장비, 철강 등 자동차, 조선사업 등 운송장비 관련 소재, 부품업종이 중심되어 오고 있다. 그러나 현대중공업(2017년 7월경) 및 GM대우 군산공장(2018년 5월경)이 잇달아 철수하면서 최근 5년간 군산시 경제성장률 및 고용률이 부진해오고 있는 상황이다. 또한 노후화된 산업환경으로 인해 전력사용량은 제조업 수의 감소에도 불구하고 증가추세를 보이고 있어, 산단의 에너지 효율성에 대한 공급 관리와 관련 인프라 조성에 대한 연구사업이 필요한 상황이다.

이에 산업통장자원부 산하 한국산업단지공단에서는 2023년 9월부터 2025년 12월까지 국내 공기업 발전사인 한국서부발전 컨소시엄을 통해 군산국가산업단지 에너지자급자족 인프라 구축을 완료하고 특수목적법인(SPC, Special Purpose Company)을 통한 운영사업을 추진하고 있다. 본 사업을 통해 다양한 분산 에너지원인 태양광, 소수력, 소형풍력 등을 적용하여 전력 거래 모델을 구축하고 통합 에너지 관리 플랫폼 개발, 적용을 통해 에너지의 공급·수요 예측으로 최적화 운영을 통한 수익을 창출할 예정이다. 또한 군산 산업단지 환경에 적합한 지역특화사업으로 컨테이너 형태의 복합 ESS와 전기차 충전 인프라를 적용한 메가스테이션 구축으로 지역 내 화재, 폭발에 안전한 전기차 충전 서비스와 편의점, 미디어아트 문화공간 등의 편의 시설 제공을 통해 지역 내 복합서비스 공간을 제공할 예정이다.

Key Words : 신재생 에너지(new and renewable energy), 에너지 자립(energy independence), 신재생 에너지 인프라(new and renewable energy infrastructure), 에너지 관리 플랫폼(energy management platform), 메가스테이션(mega station)

† Corresponding author, E-mail: korang@dycni.com

동서형 태양광발전시스템 개발 현황 및 국내 도입효과에 대한 연구

A Study on the Development Status of East-West PV System and the Effects of Introduction

이항주*[†], 심훈*, 신민희*

Hanju Lee*[†], Hun Sim*, Minhee Shin*

*(주)제이에이치에너지 기술연구소

Abstract : 정부는 제10차 전력수급기본계획에서 원전과 재생에너지 중심의 전원믹스 방안을 발표하였으며, 주로 신재생 보급의 경우 설치/운영이 간편한 태양광 중심으로 확산이 이루어지고 있다. 전체 신재생에너지원 중 태양광 발전비중이 가장 높은 비중을 차지하고 있고 태양광 보급 확대가 앞으로 이루어질 것으로 전망하고 있다. 하지만, 태양광의 전원 비중이 크게 증가됨에 따라 출력 변동성 문제로 신재생 출력제한 조치가 빈번히 발생하는 Duck-Curve 현상이 심화되고 있어 이러한 계통운영적 측면의 문제를 해소하기 위한 태양광 발전 분산화를 기술 개발이 필요한 것으로 보인다. 태양광은 기상 요소 중 일사량에 가장 큰 영향을 받으며, 태양광 모듈의 경사각 및 설치 방향에 따라 발전량 차이가 발생되며, 국내의 경우 태양광 모듈의 설치 방향은 정남향인 180도. 경사각은 35도 이내를 범위를 권장하고 있다. 정남형 태양광의 경우 날씨가 맑은 정오 시간 때에 발전이 집중되어 있으며, 동서형의 경우 발전시간이 오전 및 늦은 오후 시간 때에 발전이 집중되기 때문에 정남향으로 설치되는 태양광발전의 분산으로 계통운영 안정성 확보와 신재생 발전의 효율적인 에너지 공급 및 소비가 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 기존 정남형 중심의 태양광발전시스템과 범용적으로 활용할 수 있는 이중경사형 타입의 동서형 태양광발전시스템을 개발하고자 한다. 적용대상은 박공지붕(산단), 평슬라브(건물)이며 주요목표는 구조적으로 취약한 노후산단적용가능 발전시스템 확보, 고효율양면모듈활용 및 알베도를 통한 효율확보, 구조물 최적설계(자재최소화), 시공법 간소화(시공시간 단축), 누수기법(유로설계 등), 화재안전진단 등의 기술이 개발 및 적용될 예정으로 정남형 태양광 대비 유사발전량 및 경제성을 확보하기 위한 동서형태양광발전시스템의 개발과정 및 현황에 대해 기술한다.

Key Words : 동서형태양광(East-West PV System), 신재생 출력제한(Renewable output limit), 일사량(solar radiation), 발전 분산화(Decentralization of power generation), 이중경사형(double sloping type)

[†] Corresponding author, E-mail: hangss@jh-co.kr

후 기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 신재생에너지핵심기술개발(R&D)사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : RS-2023-00243098).

에너지생산소비 체계 구축을 위한 신재생에너지 연계형 전력변환장치 개발

Development of a Power Conversion System that can be Combined with Renewable Energy to Build an Energy Production System

반중환*†, 김한구*, 임승범*, 심훈**, 우성민***

Chung-Hwan Ban*†, Han-Goo Kim*, Seung-Beom Lim*,
Hoon-Sim**, Sung-Min Woo***

*(주)이온, ***(주)제이에이치에너지, ***충북테크노파크

Abstract : 본 논문에서는 신재생 설비의 출력 변동성 영향을 근본적으로 차단하기 위해서 생산된 전력을 수요처에서 전량 소비되는 구조 전환을 위한 DC 커플링 기반 신재생 에너지 연계형 전력변환장치를 제안한다. 제안되는 시스템은 국내·외 도서 산간 등의 불안정한 전기 공급이 이루어지는 지역에 비상전원 또는 에너지 절감을 위해 적용 될 수 있으며, 기존 AC커플링 기반의 전력구조에서 DC커플링 기반으로 변환함으로써 전력변환 손실을 저감 할 수 있다. 제안하는 DC 커플링 기반 전력변환 시스템은 계통연계형 인버터와 PV용 DC/DC컨버터, 배터리 충방전용 DC/DC컨버터, DC배전용 LVDC DC/DC 컨버터를 제안한다. 여기서 계통연계형 인버터는 3레벨 인버터를 적용함으로써 기존 2레벨 인버터에 비하여 낮은 계통 전류 전고조파 왜율(THD)와 높은 효율 등의 장점을 가지며, PV용 DC/DC컨버터도 3레벨 토폴로지를 적용하여 정격전압의 1/2로 낮출수 있으므로 전압스트레스에 유리할 수 있다. 배터리 충방전용 DC/DC컨버터는 절연형으로서 상시 양방향 운전과 함께 스위칭 손실 및 전류 리플이 기존의 풀브릿지 컨버터에 비하여 상대적으로 낮은 DAB 토폴로지를 적용하였으며, DC 배전용 LVDC DC/DC 컨버터는 LLC 토폴로지를 적용하여 전구간 ZVS 동작으로 효율을 높일수 있는 장점을 가진다. 제안하는 DC배전용 LVDC 절연형 DC/DC 컨버터의 1차측 구조는 일반적인 LLC 컨버터와 동일한 토폴로지로 적용하였으며, 2차측 구조는 센터탭 방식에 스위치를 추가하여 넓은 출력 범위에 적용할수 있는 장점을 가진다. 이에 본 논문에서는 UPS 기능을 적용하여 계통 단락시 비상전원으로도 사용할 수 있는DC 커플링 기반의 5kW 가정용 ESS를 위한 전력변환 시스템 토폴로지를 제안한다.

Key Words : 신재생에너지(Reneable Energy), 직류 커플링(DC Coupling), 교류/직류 컨버터(AC/DC Converter), 직류/직류 컨버터(DC/DC Converter), 에너지저장장치(Energy storage system)

† Corresponding author, E-mail: deepsky01@naver.com

후 기

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “지역혁신클러스터육성(R&D)(P0025363)”사업의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

태양광 기반 비즈니스 모델 및 사례

PV Project-based Business Models and Cases

박대현*[†], 최성산*

Daehyun Park*[†], Sungsan Choi*

*엔라이트

Abstract : 현재 태양광 프로젝트는 사업주의 필요성, 부지 확보 여부, 인허가 여부, 부지에 대한 유형, 신용도, 탄소배출 저감 필요성, RE100 필요성 등을 고려하여 다양한 사업유형으로 결정되고 있다. 이러한 사업유형에서 필수적으로 고려되는 것은 각 사업유형에서 발생하는 경제성 측, 향후 발생할 것으로 예상되는 예상 매출액이며, 본 논문은 파생되어 있는 태양광 사업 모델을 정리하고 해당 사례를 통해 예상되는 매출액을 산정한다. 추가적으로 현재 태양광 기반의 비즈니스 모델에 대한 사례를 제시한다.

Key Words : 태양광 발전(Photovoltaics), RE100(Renewable energy 100), PPA(Power purchase agreement), RPS(Renewable portfolio standard), 자가소비(Self-consumption)

[†] Corresponding author, E-mail: daehyun.park@enlighten.kr

신재생 자원확대를 위한 가상발전소 사업자의 역할

The Role of Virtual Power Plant Operators for Expanding Renewable Energy Resources

장병훈*†

Byunghoon Chang*†

*한국전력정보(주)

Abstract : 가상발전소(VPP)는 ICT 및 자동제어기술을 기반으로 다양한 곳에 위치한 분산에너지 자원을 연결·제어해 하나의 발전소처럼 운영하기 위한 시스템으로, 분산에너지 자원이 증가하면서 일어날 수 있는 계통운영의 기술적 문제를 해결할 수 있다는 측면에서 최근 매우 각광받는 기술이다. 정부에서는 온실가스감축, 재생에너지 확대 등 RE100의 조기 실현을 위하여 4차산업형 신재생에너지 확보 및 상용화 기술에 대한 중요성을 강조하면서 2040년까지 총 발전량의 30-35%를 재생에너지로 보급한다는 제3차 에너지 기본계획을 발표하였다. 에너지 기본계획의 1차 목표로 2030년까지 총 63.8 GW의 재생에너지 보급이 제시된 가운데 현재 신재생에너지 중 가장 큰 비중을 차지하는 태양광발전의 효율성에 대한 제도적 방법론 역시 논의되고 있다. 특히, 전체 태양광 발전 설치용량의 약 92.1%를 차지하고 있는 1 MW 이하 소규모 발전사업의 경우, 설비 및 발전량은 점차적으로 높아지고 있는데 반해 소용량으로 산재되어 분포되어 있다. 따라서, 현재의 전력시장 운영체제로는 소규모 발전사업자의 전력도매시장 진출이 용이하지 않아 송배전을 통해 소모되는 에너지에 대한 효율성이 떨어질 수 밖에 없다. 이는 전력계통 운영 담당기관인 한국전력거래소가 정확한 발전용량을 사전에 확인하기 어렵기 때문에 발생하는 한계점이라 볼 수 있으며, 최근 해외 주요국에서는 이를 해결하기 위한 방법으로 가상발전소(Virtual Power Plant, VPP)라는 개념을 도입하여 효율화시키는 제도적 방안을 마련하고 있다.

우리나라에서도 태양광 등 친환경자원으로 대표되는 분산에너지를 새로운 경제적 부가가치를 창출하는 산업으로 육성하여, 궁극적으로 민간이 주도하는 탄소중립 이행을 도모할 목적으로, 2023년 6월13일 분산형 수요공급시스템으로의 전환을 위해 기존 에너지관련법령 및 제도정비에 대한 요구에 대응하는 「분산에너지 활성화 특별법」을 제정·공포하였다. 여기에는 공포일로부터 1년이 경과한 2024년6월14일부터 시행하고, 세부적인 내용을 담은 시행령과 시행규칙에 통합발전소(VPP) 제도 등에 대한 내용을 포함하고 있다.

한국전력거래소(KPX)에서는 재생에너지 입찰형 실시간 시장을 제주지역에 도입하여, 재생에너지의 간헐성과 변동성에 대응하기 위한 방안을 마련하였다. 특히, 제주 재생에너지 비중이 큰 지역으로 금년 1분기 중 시장 개설을 목표로 삼고 있으며 2025년까지 전국으로 확대할 계획이다. 제주 시범사업은 ‘재생에너지 전력시장 입찰’ 즉, 태양광 등 재생에너지가 단독 또는 통합발전소(VPP) 형태로 입찰에 참여하는 것으로 사업자들은 하루전시장, 실시간시장에 발전량과 가격을 입찰하게 된다. 또한 ‘실시간시장’으로서, 재생에너지는 실제 전력공급 시점에 가까워질수록 당연히 발전량 예측이 정확하게 되지만 현재는 하루전에 예측한 발전량 데이터로만 관리되고 있어, 기존 하루전시장 이외에 실시간에 인접한 시장을 개설할 예정이다. 특히, ‘예비력시장’의 개설을 통해 전력수급 변동에 대비해 예비전력(예비력)을 확보하여, 실시간으로 예비력을 결정하는 최적화 작업을 추진한다. 여기에는 ‘이중정산(Two-Settlement)제도’를 도입하여, 기존 전력시장의 하루전시장의 낙찰 결과만 정산에 반영되는 것과 달리, 하루전 낙찰량은 하루전시장 가격으로, 하루전시장 낙찰량 대비 실시간 변동량은 실시간시장 가격으로 이중 정산하게 된다.

본 발표에서는 정부의 태양광 자원 확대를 위한 정책에 따라 공포된 분산에너지활성화특별법의 시행을 위해 마련된 KPX의 분산에너지 실시간 입찰시장에 효과적으로 대응하기 위한 가상발전소(VPP) 통합운영 플랫폼에 대한 주요기능을 소개한다.

Key Words : 가상발전소(VPP, Virtual Power Plant), 실시간전력거래시장(Real Time Power Trading Market), 전력거래플랫폼(Power Trading Platform), RE100(RE100)

† Corresponding author, E-mail: happy@hepi.co.kr

국가태양광표준화로드맵 연계 MLPE 표준화 전략 및 추진방안

MLPE Standardization Plan by National Solar Energy Standardization Roadmap

신정현*[†], 이승재*, 김승주*, 조성대*, 주창기*, 전무이*, 황수현*, 김범수*, 한동훈*
Jeong Hyun Shin*[†], Seung Jae Lee*, Seung Joo Kim*, Sung Dae Cho*,
Chang Ki Ju*, Soo Hyun Hwang*, Beumsu Kim*, Donghun Han*

*한국기계전기전자시험연구원

Abstract : 제로에너지빌딩(Zero Energy Building, ZEB)은 건물에서 소비되는 에너지를 자체적으로 생산하여 자급자족하는 건축물이다. 제로에너지빌딩에서 필요한 전기를 효과적이고 안전하게 생산하기 위해서는 건물일체형태양광모듈(Building Integrated Photovoltaic, BIPV)과 모듈레벨전력변환기기(Module Level Power Electronics, MLPE)가 융합하여 건축물에 적절하게 반영되어야 한다. 이를 위해서는 컬러 및 소재다변화, 내화기준이 강화된 BIPV가 필요하다. 또한 이용효율 및 안전성강화, 급속차단이 반영된 MLPE도 필요하다.

MLPE는 모듈에 부착되어 전압, 전류, 파형을 변환하여 성능, 안전성을 향상시키는 전력변환장치이다. MLPE의 세부종류는 직류에서 직류로 변환하는 파워옵티마이저와 직류에서 교류로 변환하는 마이크로인버터 2종류가 있다. MLPE는 국제적으로 보급이 확대되고있으며, 기존의 이용률 향상 기능에서 나아가 급속차단기능을 통한 안전성 확보가 핵심 요소가 되고 있다.

본 연구에서는 국가태양광표준화로드맵과 연계한 MLPE 표준화 전략 및 추진 방안을 산학연관 전문가들과 함께 개발하여 이를 공유하고자 한다. IEC TC82 국제태양광표준화기구, 미국 NEC 및 UL, 국내 표준화 기구에서 논의되는 주요한 MLPE 표준 제·개정 동향을 분석하고 공유하고자 한다. 이를 통해 국내·외 태양광 산업 환경의 변화에 따른 우리나라 태양광 산업계의 MLPE 대응 전략을 제시하고, MLPE 표준화에 우리나라 태양광 산업계전문가의 의견을 반영할 방법을 모색하고자 한다.

Key Words : 제로에너지빌딩(Zero Energy Building), 모듈레벨전력변환기기(Module Level Power Electronics), 마이크로인버터(Micro Inverter), 파워옵티마이저(Power Optimizer), 급속차단(Rapid Shutdown)

[†] Corresponding author, E-mail: jhs@ktc.re.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 국가표준기술개발 및 보급사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제의 결과물입니다. (과제번호 : 20022345 / 과제명 : 태양광 발전기술 표준화 및 보급 활성화 기반 구축).

산업단지 에너지자급자족 인프라 구축 및 운영 사업 소개

Introduction to Industrial Complex Energy Self-sufficiency Infrastructure Construction and Operation Project

오원욱*[†]

Wonwook Oh*[†]

*충북테크노파크 차세대에너지센터

Abstract : 태양광 발전 시스템의 입지의 부족의 대안으로 산업단지 내 태양광 발전의 관심이 증가하고 있다. 산단 태양광은 2030년 기준 57GW의 보급 잠재량을 가진 것으로 예상되며, RE100 및 ESG 기업 경쟁력 강화 및 지역 에너지 자립, 온실가스 감축, 지역경제 활성화 등의 장점을 갖고 있다. 한국산업단지공단은 스마트그린산단촉진사업을 추진하면서 산업단지 에너지자급자족 인프라 구축 및 운영사업을 시행하고 있다. 본 발표에서는 청주산단에 구축중인 사업을 소개할 예정이다. 산업단지 내 공장 지붕, 건물 옥상, 주차장 등의 유휴부지에 자가소비형 태양광과 임대형(매전형) 태양광을 구축중이다. 임대형의 경우 생산된 전기를 RE100을 희망하는 기업에게는 판매하는 방식으로 추진중이다. 이를 통해서 산업단지의 에너지 자립률을 높이고, 온실가스 감축 및 탄소중립 실현, 기업의 RE100 이행을 목표로 향후 산단 태양광의 설치 확대가 예상된다.

Key Words : 산단 태양광(Industrial complex PV system), RE100(RE100), 온실가스 감축(Greenhouse gas reduction), 전력거래(Power Purchase Agreement)

[†] Corresponding author, E-mail: wwoh@cbtp.or.kr

태양광기업공동활용연구센터 모듈 라인

Introduction of PV Module Manufacturing Line in CAST (Center for Advanced Solar PV Technology)

배수현*[†]

Soohyun Bae*[†]

*한국에너지기술연구원 태양광연구단

Abstract : 국내 태양광 산업의 발전 및 중국 중심의 태양광 시장에서 글로벌 경쟁력 확보가 중요함. 셀/모듈 소재, 부품, 장비 기업에서 활용 가능한 양산에 근접한 R&D 설비에 대한 요구를 수용하기 위해 한국에너지기술연구원은 2020년도 산업부에너지기술기반확충사업의 일환으로 “태양광 양산성 검증과 차세대 기술 개발을 위한 100MW급 파일럿 라인 기업공동활용연구센터 구축” 과제를 수행하고 있음. 현재 태양광 모듈 제작 및 신뢰성을 평가하기 위한 장비가 구축 및 셋업 단계에 있고, 본 발표에서는 현재 구축되는 설비의 소개 및 향후 활용 방안에 대한 소개를 진행함.

Key Words : 태양광기업공동활용연구센터 (CAST)

[†] Corresponding author, E-mail: soohyunbae@kier.re.kr

인공지능 및 인버터 데이터를 이용한 태양광 O&M 기술

PV O&M Technology Using Artificial Intelligence and Inverter Data

신우균*, 주영철*, 황혜미*, 고석환*[†]

Woogyun Shin*, Youngchul Ju*, Hyemi Hwang*, Sukwhan Ko*[†]

*한국에너지기술연구원 신재생시스템연구실

Abstract : 국내 태양광 누적 설비용량은 2023년 기준 총 24 GW가 설치되었으며, 국내 전체 신재생에너지 규모의 76.3%이다. 최근 10년간 급격하게 설치 량이 증가하였지만, 탄소중립 및 RE100/CF100을 달성하기 위해서는 지금보다 많은 용량이 설치되어야만 한다. 하지만, 태양광의 설치 증가 및 대형화에 따라 태양광 발전소의 성능을 유지 및 관리하는 비용이 증가함에 따라 효율적으로 발전소의 성능을 관제하는 기술의 필요성이 증가하고 있다. 본 논문에서는 태양광의 인버터 데이터를 이용한 머신러닝 학습을 통해 태양광 발전소의 성능을 추정하고 고장을 진단하는 방법을 제안한다. 태양광 인버터에서 측정하는 전압 및 전류 데이터와 일사량 및 모듈 온도와 태양광 물리 모델을 이용해 생성된 전압 및 전류 데이터를 학습 데이터로 하여 머신러닝 모델을 회귀 학습하였다. 고장에 따른 태양광의 전압과 전류의 분포 특성을 이용해 고장 코드를 생성하여 k-NN 알고리즘을 이용해 지도 학습을 하였다. 학습된 회귀학습 모델과 k-NN 알고리즘을 연구원 내 태양광 발전소 데이터를 이용하여 검증 및 평가하였다.

Key Words : 태양광 O&M (PV Operation&Maintenance), 인버터 데이터(Inverter data), 기계 학습(Machine learning), 데이터 분류(Data Classification), 고장 진단(Fault diagnosis)

[†] Corresponding author, E-mail: korea19@kier.re.kr

후 기

본 연구는 2022년도 한국에너지기술평가원 신재생에너지핵심기술사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (과제번호 : 20223030010200).

설치 조건에 따른 양면 태양전지 모듈 후면 일사량 추정 모델 기초 연구

A Preliminary Study on the Estimation Model for Rear-side Irradiation of Bifacial PV Modules under Installation Conditions

유석훈*, 정지윤*, 권시은*, 이하빈*, 이경수*[†]

Seokhun Yoo*, Jiyun Jeong*, Sieun Kwon*, Habin Lee*, Kyungsoo Lee*[†]

*한국공학대학교 에너지·전기공학과

Abstract : 최근, 태양전지 모듈 시장에서 양면 태양전지 모듈의 설치 비율이 증가하고 있다. 양면 태양전지 모듈은 전면뿐 아니라 후면에 도달하는 일사량을 활용해 추가적인 전기 에너지를 생산하는 특징이 있다. 하지만, 양면 태양전지 모듈 후면 일사량 성분은 태양전지 모듈 설치 조건에 따라 좌우되며 출력값을 정량적으로 추정하기 어렵다. 본 논문에서는 양면 태양전지 모듈 후면 일사량을 정량적으로 확인하기 위하여 3가지 설치 조건을 구성하여 실증 실험을 진행하였다. 또한, 실증 모델과 같은 시뮬레이션 모델을 구현하여 모듈 후면 일사량에 대한 View Factor(VF) 방식과 Ray Tracing(RT) 방식을 적용하였다. 이를 통해 시뮬레이션에 기반한 후면 일조량 추정 모델의 적절성과 타당성을 분석하였다.

Key Words : 양면 태양전지 모듈(Bifacial PV Module), 후면 일사량(Rear-side Irradiation), 추정 모델(Estimation Model), 뷰 팩터(View Factor, VF), 레이 트레이싱(Ray Tracing, RT)

[†]Corresponding author, E-mail: kyungsoolee@tukorea.ac.kr

후 기

이 논문은 2024년도 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 지원을 받아 수행된 연구임(DX기반 탄소공급망 환경 전문인력 양성).

PVE-O-14

설치 유형별 태양광발전시스템 출력 패턴에 따른 전력계통 안정화 기여도 연구

Study on Power System Stability depending on the Installation Type of the Photovoltaic System Output Patterns

정지윤*, 유석훈*, 권시은*, 이하빈*, 이경수*[†]

Jiyun Jeong*, Seokhun Yoo*, Sieun Kwon*, Habin Lee*, Kyungsoo Lee*[†]

*한국공학대학교 에너지·전기공학과

Abstract : 최근 급속한 태양광발전시스템의 전력계통 연계에 대한 계통 운영 방식은 태양광발전설비 출력을 제한(curtailment)하여 전력계통 안정도를 향상하는 방향으로 진행하고 있다. 하지만, 최근 태양광발전시스템 설치 형태는 공장, 건물, 주차장 등의 다양한 유희부지를 활용하여 진행되고 있으며 이는 기존의 태양광발전 출력 패턴이 다양한 발전 출력 패턴으로 변화되고 있음을 보여준다. 따라서 본 논문은 실제 다양한 설치 유형에 따른 태양광발전시스템 발전 출력 특성을 분석하고, 이를 대규모로 상정하여 설치 유형별 출력 특성과 분산 정도에 따라 전력계통 안정화 기여도를 평가한다.

Key Words : 태양광발전시스템(Photovoltaic system), 설치 형태(Installation type), 전력계통(Power system), 안정화(Stabilization), 출력제한(Curtailment)

[†]Corresponding author, E-mail: kyungsoolee@tukorea.ac.kr

후 기

이 논문은 2024년도 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 지원을 받아 수행된 연구임(DX기반 탄소공급망 환경 전문인력 양성).

인공신경망을 이용한 초월회귀 방식의 페로브스카이트 광학 물성 예측 연구

Optical Characterization Prediction with Artificial Neural Network of Perovskite Using a Hyperregression Method

김수민^{*†}, Syed Dildar Haider Naqvi^{**}, 강민구^{**}, 송희은^{**}, 안세진^{**}

Soo Min Kim^{*†}, Syed Dildar Haider Naqvi, Min Gu Kang,

Hee-eun Song^{**}, SeJin Ahn^{**}

*구미전자정보기술원 실감미디어연구센터, **한국에너지기술연구원 태양광 연구실

Abstract : 4성분계 페로브스카이트 태양전지는 메탈암모늄, 포름아미디늄, I3, Br3의 비율을 변화시켜 태양전지 효율을 높이고 안정성을 확보하는 것을 목표로 활발히 연구가 진행되고 있다. 그러나 페로브스카이트 물질의 화학량론비를 변경하면 물리화학적 광전 특성이 변화하게 되기 때문에 4성분계 페로브스카이트의 물리적 특성을 연구하기가 어렵다. 본 연구에서는 다양한 화학량론적 비율을 갖는 페로브스카이트 물질의 광학적 특성을 엘립소메트리(ellipsometry)를 이용하여 측정하고, 그 결과를 광학 시뮬레이션 모델을 이용하여 분석하였다. 기존의 통계적 회귀분석 방법으로는 조성에 따른 스펙트럼 패턴을 분석하기 어렵기 때문에 n차원 변수에 대한 초월회귀분석이 가능하도록 인공신경망(ANN) 구조를 구축하였다. 마지막으로, 페로브스카이트 물질의 제작에 사용된 화학량론적 비율과 파장 범위를 훈련된 인공지능 모델에 입력하여 광학적 특성이 엘립소미터로 측정한 결과와 유사한 것을 확인하였다. 엘립소메트리 분석을 통해 추출된 굴절률과 흡광계수는 시편의 색상 변화와 일치하는 경향을 보이며, 문헌에 보고된 것과 유사한 형태를 갖는다. 검증된 인공지능 모델을 이용하여 페로브스카이트의 광학적 특성을 예측하면 일반적인 회귀분석법으로는 분석이 불가능한 매우 복잡한 패턴 변화를 관찰할 수 있다. 이러한 광학적 특성의 변화는 조성 변화에 따른 패턴의 급격한 변화에도 잘 유지되는 것을 확인할 수 있다. 결론적으로, 간단한 빅데이터 구축 방법을 이용하여 박막재료의 스펙트럼 패턴에 대하여 n차원 변수를 이용한 초월회귀분석을 수행할 수 있다.

Key Words : 인공신경망(Artificial neural network), 초월회귀(Hyperregression), 광학 스펙트럼(Optical spectrum)

[†] Corresponding author, E-mail: smkim83@geri.re.kr

후 기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20183010014320), conducted under the framework of the Research and Development Program of the Korea Institute of Energy Research (C3-2403).

Oral Session

태양열융합

Solar Thermal Convergence (STC)



STC-I-1

태양광열복합 모듈과 히트펌프 융합 기술 동향 및 사례 분석

Analysis of Trends and Cases of Photovoltaic Thermal module and Heat Pump Convergence Technology

주홍진*[†], 김민휘*, 안영섭*, 이왕제*

Hongjin Joo*[†], Minhwi Kim*, Youngsub An*, Wangje Lee*

*한국에너지기술연구원 재생에너지연구소 신재생시스템연구실

Abstract : 태양광열 복합 모듈과 히트펌프의 융합 기술은 냉/난방 및 온수 부하에 필요한 열 에너지 및 전기 에너지 수요를 동시에 충족시킬 수 있으며, 특히 재생에너지 설치 면적이 제한된 건물에 있어서 재생에너지 활용을 극대화 할 수 있는 중요 기술로 부각되고 있다. PVT-SAHP 기술은 기존의 SAHP 기술과 비교하여 연중 더욱 효율적인 운전이 가능하고 다양한 기후 조건에서 제로에너지 빌딩을 구현하기 위한 대안으로 떠오르고 있다.

따라서 본 연구에서는 건물의 열 및 전기 에너지 수요를 충족하기 위해 적용된 선진국의 PVT-SAHP의 최신 기술 및 연구 동향에 대해 검토하였으며 특히 선진국 중심의 다양한 조합의 PVT-SAHP 실증 사례를 분석하였다.

Key Words : 태양광열복합 모듈(Photovoltaic thermal module), 히트펌프(Heat pump), SAHP(Solar Assited Heat Pump), PVT-SAHP(PVT-Solar Assited Heat Pump), 냉난방(Cooling and Heating)

[†] Corresponding author, E-mail: joo@kier.re.kr

후 기

본 연구는 2024년도 한국에너지기술연구원의 주요사업(C4-2421)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

STC-O-1

산업공정의 열부하에 따른 태양열 히트펌프 열공급시스템 경제성 분석

Economic Analysis of Solar Thermal Heat Pump System with Thermal load of Industrial Process

임병주*, 조성훈*, 이가람*^{**,†}, Farooq Muhammad*^{**,†}, 박창대*^{**,†}
Byung-Ju Lim*, Sung-Hoon Cho*, Ga-Ram Lee*^{**,†},
Farooq Muhammad*^{**,†}, Chang-Dae Park*^{**,†}

*한국기계연구원 탄소중립기계연구소, **과학기술연합대학원대학교 플랜트기계공학과

Abstract : 산업공정에서 필요한 열에너지의 대부분은 화석연료로부터 얻기 때문에 제조 과정에서의 탄소 배출이 심각한 상황이다. 태양열 히트펌프는 화석연료를 사용하는 산업공정의 보일러를 대체할 수 있어 친환경적인 열공급이 가능하므로 탄소배출을 획기적으로 줄일 수 있는 시스템이다. 본 연구는 산업공정의 열부하 증가에 따라 태양열 히트펌프의 성능 변화 및 경제성을 분석하고자 하였다. 이를 위해 대상 공정 모델을 TRNSYS을 이용해 성능을 도출하였으며, 이 성능 데이터를 기반으로 경제성평가를 수행하였다. 해석결과 집열면적이 일정할 경우 열부하가 증가할수록 열공급비율이 감소하였다. 그리고 열부하에 따라 최대 비용편익을 갖는 집열면적이 존재하였으며 그 면적은 증가하였다. 또한 열부하가 증가할수록 회수기간은 감소하였는데 제시된 조건에서 최소 1.12년으로 나타났다.

Key Words : 태양열 에너지(Solar thermal energy), 히트펌프(Heat Pump), 산업공정열(Industrial Process Heat), 열부하 (thermal load), 탄소저감 (Carbon reduction)

[†] Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

후 기

본 연구는 산업자원통상부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20220810100020, 20213030160040).

에너지 자립형 온실 적용 태양열&지열 히트펌프 하이브리드 시스템 구축 및 실증

Construction for Demonstration of Greenhouse with Energy-independent Type between Solar and Geothermal Heat Pump Hybrid System

강성결*[†], 정재용*, 남현규*

Seongkeol Kang*[†], Jaeyong Jung*, Hyunkyuu Nam*

*세한에너지(주) 기업부설연구소

Abstract : 본 연구는 아열대작물 시설원에온실 신재생에너지로 100% 난방공급을 위한 “태양열 + 지열히트펌프 하이브리드 (Solar & GSHP Hybrid System) 시스템” 개발 및 실증을 위한 연구로서 기술적, 경제적 측면에서 최적화된 신재생에너지 시스템을 설계단계에서부터 고려하여, 향후 신축되는 온실에 보급 확대될 수 있는 사업화 모델을 개발하는 것이다. 시설원에 스마트팜 온실에 필요로 하는 열에너지 공급을 신재생에너지 융복합시스템으로 공급하는 기술을 개발하고 실증하는 것으로 “태양열+복합열원식 히트펌프” Hybrid 시스템(Solar&GCHS-HP Hybrid)과 Borehole Recovery용 열교환기를 조합하고 있으며 신재생에너지 융복합시스템(REHs) 최적화 운영 및 유지관리를 위한 ICT기반 운영 및 제어기술을 포함하고 있음. 시설원에 난방기간에는 태양열은 축열조를 통해 난방용으로 직접 공급되고, 잔여 부하 발생 시 보조열원으로 지열히트펌프가 작동되는 원리이며 비 난방 기간 수집된 잉여 태양열은 지중 보어홀에 축열되어 동절기 지열히트펌프 난방 운전에 따라 낮아진 지중온도를 보상하여 운영되는 시설원에 에너지 자립에 최적화된 시스템 구축하여 실증분석을 수행

Key Words : 태양열(Solar thermal), 시설원예(greenhouse horticulture), 지중축열(Borehole heat storage), 재생에너지(Renewable energy), 융복합시스템(Hybrid system)

[†] Corresponding author, E-mail: arsslupin@naver.com

후 기

본 연구는 2020년도 경상북도와 영천시의 재원으로 신재생에너지 스마트팜 개발실증사업의 지원을 받아 수행중인 연구 과제입니다.

소규모 열네트워크 내 태양광·열 시스템 활용 열에너지 공유를 통한 에너지절감 가능성 분석

Experimental Investigation of Thermal Energy Sharing by Thermal Network with Photovoltaic and Thermal System

박경은*, 최원종*, 홍주영*, 김하늘**, 김종규**, 김민휘**†

Kyung-Eun Park*, Won-Jong Choi*, Joo-Young Hong*, Haneol Kim**, Jongkyu Kim**, Min-Hwi Kim**†

*충남대학교 스마트시티건축공학과, **한국에너지기술연구원 신재생시스템연구실

Abstract : 최근 태양광·열시스템에서 생산된 에너지 대한 계절간 혹은 일간 생산 및 수요 불균형을 해소하기 위한 방안 중 하나로, 커뮤니티단위 건물간 열네트워크를 통한 잉여 에너지의 공유 방안에 대한 연구가 진행되고 있다. 이에, 본 연구에서는 다수의 건물로 구성된 소규모 열네트워크 내 태양광·열시스템의 적용을 통한 열에너지 공유 방식을 제안하고, 이를 통한 커뮤니티의 에너지 절감 가능성에 대해 실험을 통해 분석하였다. 실험은 대전 한국에너지기술연구원 내 위치한 플러스에너지커뮤니티의 주거용 건물인 KePSH-1과 오피스건물인 KPEB-1을 대상으로 분석하였다. 기존 PVT와 공기식 히트펌프로 구성된 KePSH-1과 전기온수기로 급탕을 공급하는 KPEB-1 사이에 소규모 열네트워크를 구현하고, KePSH-1에 위치한 태양광·열시스템에서 생산된 잉여열을 KPEB-1의 급탕 공급열 생산에 활용하는 방안을 실험을 통해 분석하였다. 실증은 2024년 1월과 2월 하절기에 총 8일간 실험을 진행하였으며, 일사량이 높을 것으로 예측되는 기간에 실증운전이 진행되었다. 실증 운영을 진행한 결과, KePSH-1에서 생산된 PVT의 잉여열을 열네트워크를 통해 KPEB-1으로 공유하였으며, KPEB-1에 위치한 수열원 히트펌프를 통해 급탕 공급을 위한 시수 예열을 진행하였다. 이때, 히트펌프의 COP는 평균 4.55로 분석되었으며, 기존 전기히터온수기의 전력소비량의 51.8%를 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

Key Words : 열네트워크(Thermal network), 태양광·열시스템(Photovoltaic and thermal system), 열에너지 공유(Thermal energy sharing), 플러스에너지커뮤니티(Plus energy community)

† Corresponding author, E-mail: mhkim001@kier.re.kr

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 기본사업(C4-2421)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

태양열시스템 고장감지 원격 모니터링시스템

Fault Detection Remote Monitoring System for Solar Thermal Systems

이송섭*, 김일권**, 임희원**, 이왕제***, 이경호***, 신우철****†
 Song Seop Lee*, Il Kwon Kim**, Hee Won Lim**, Wang Je Lee***,
 Kyung Ho Lee***, U Cheul Shin****†

*대전대학교 대학원 건축공학과, **다이슨스피어(주),

한국에너지기술연구원 신재생시스템연구실, *대전대학교 건축공학과

Abstract : 태양열 시스템은 가정과 산업 전반에 걸쳐 열에 대한 수요가 지속적으로 증가함에 따라 사용되는 재생에너지 시스템이다. 하지만 태양열 시스템은 날씨의 변화나 계절적 요인으로 인해 일정한 성능 유지가 어려워 보조열원의 사용은 필수적이다. 이러한 이유로 사용자는 태양열 시스템의 기능장애와 과열과 같은 문제로 시스템 성능저하 등의 문제를 인지하기에 어려움이 있다. 따라서 사용자가 태양열 시스템의 결함을 즉각적으로 인지하고 경제적 손실을 방지하기 위하여 고장감지 원격 모니터링 시스템은 매우 중요한 역할을 할 수 있다. 본 연구에서는 시뮬레이션 예측모형을 기반으로 실시간 집열량 해석 및 고장감지 알고리즘을 탑재한 엣지 컴퓨팅(Edge Computing) 방식의 원격 모니터링 시스템을 제안하고 만감류 재배 온실에 적용된 태양열난방시스템을 대상으로 실증시험을 통하여 그 타당성을 분석하였다. 예측모형은 ISO 24194:2022 (Solar energy-Collector fields-Check of performance) 태양열 집열기 어레이 성능 추정식이 적용되었다. 고장감지를 위한 벤치마크(Benchmark)로는 통계적 공정관리 기법의 일종으로 시간 경과에 따른 프로세스 변화를 감지하고 추적하는데 널리 이용되는 슈하르트 관리도(Shewhart control chart)를 사용하였다.

Key Words : 고장감지(Fault detection), 슈하르트 관리도(Shewhart control chart), 예측모형(Prediction model), 원격 모니터링시스템(Remote monitoring system), 태양열 시스템(Solar thermal system)

† Corresponding author, E-mail: shinuc@dju.ac.kr

후 기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20220810100020).

투명 태양 복사에너지 능동 제어 기술 고찰

Active Control of Solar Thermal Radiation Maintaining Optical Transparency

임미경*[†], 송재만**, 김광섭*, 전수완*, 전성재*, 김현돈*, 김재현*
Mikyung Lim*[†], Jaeman Song**, Kwang-Seop Kim*, Suwan Jeon*,
Seong-Jae Jeon*, Hyeon-Don Kim*, Jae-Hyun Kim*

*한국기계연구원 나노융합연구본부, **경희대학교 기계공학과

Abstract : 태양 복사에너지는 특정 파장에서만 방출되는 것이 아닌, 자외선 영역부터 근적외선 영역까지 분포를 가지며 방출되며, 지표면에 입사하게 된다. 이러한 태양 복사에너지는 건물 및 차량의 냉난방 부하에 매우 큰 영향을 미치게 되는데, 건물 내부로 투과되는 태양 복사에너지를 자유롭게 조절할 수 있는 스마트 윈도우를 건물에 적용할 경우, 냉난방 부하를 20%가량 줄일 수 있음이 이미 보고된 바 있다. 하지만 기존의 스마트 윈도우는 대부분 태양 복사에너지의 투과도를 줄이며, 시야 확보에 필요한 가시광의 투과도도 줄이기 때문에 투시 성능 유지가 불가능하다는 한계가 있다. 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 가시광 투과도는 유지하면서 태양 복사에너지의 50%가 전달되는 근적외선 영역의 투과 및 흡수 특성을 변화시키는 방법을 제시한다. 적층 구조의 광 특성을 조절하기 위해서는 1) 적층 구조 내 특정 물질의 광 특성 자체를 조절하거나 2) 적층 구조의 두께를 조절하는 방식이 가능하다. 본 발표에서는 두 방법으로 구현할 수 있는 태양 복사에너지 제어 모드를 소개하며 그 효과에 대해 다루고자 한다.

Key Words : 태양 복사에너지 (Solar radiative energy), 능동 제어 (Active control), 근적외선 (Near-infrared), 스마트 윈도우 (Smart window), 광 특성 (Optical property)

[†] Corresponding author, E-mail: mklm@kimm.re.kr

후 기

This work was supported by the Center for Advanced Meta-Materials (CAMM) funded by the Ministry of Science and ICT as Global Frontier Project (2014M3A6B3063701) and by internal research program of KIMM (NK248C).

Oral Session

풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)



클럼프 웨이트 적용을 통한 부유식 해상풍력용 와이어 계류 시스템의 성능 개선에 대한 수치적 연구

Numerical Study on Performance Improvement of Wire Mooring System for Floating Offshore Wind Turbine through Application of Clump Weights

김동은*, 김재훈**, 박찬민**, 배윤혁**†, 김응수***
 Dongeun Kim*, Jaehoon Kim**, Chanmin Park**,
 Yoon Hyeok Bae**†, Eungsoo Kim***

*제주대학교 풍력특성화협동과정, **홍익대학교 기계시스템디자인공학과, ***포스코

Abstract : 해상에서 운용되는 풍력 발전 시스템은 상부 풍력발전기를 지지하는 하부구조물의 설치 방법에 따라 고정식과 부유식으로 크게 구분할 수 있다. 50m 이하 수심을 갖는 근해에서는 대부분 고정식 방법을 선호하지만, 수심이 50m 이상인 해역에서는 설치의 한계와 경제적 측면 등을 고려할 때 부유식 하부구조물이 상대적으로 유리하다. 그리고 해상에서는 파도, 바람 및 조류 등과 같이 다양한 환경적 하중이 작용하기 때문에 부유식 해상풍력은 이러한 외력에 의해 거동하게 된다. 부유식 하부구조물에 연결되는 계류 시스템은 부유체에 복원력을 부가하여 운용 환경 조건에서 상부 풍력발전기의 발전량이 안정화될 수 있도록 부유체의 거동을 억제하고 위치를 유지시켜주는 역할을 한다. 또한 극한 환경 조건에서는 시스템이 전복 혹은 표류되지 않도록 한다. 일반적으로 300m 이하 수심에서는 높은 안정성을 가질 수 있도록 체인만을 사용하여 계류 시스템을 구성하지만, 본 연구에서는 체인에 비해 가볍고 저렴한 와이어 로프를 사용하되 클럼프 웨이트를 혼합하면서 충분한 복원 성능을 확보할 수 있음을 보이고자 한다. 10MW급 반잠수식 부유식 해상풍력을 대상으로, 계류 시스템의 경제적 설계에 참고할 수 있도록 클럼프 웨이트의 부착 위치, 무게 및 개수를 변수 파라미터로 하여 수치해석을 통해 계류 복원성 변화를 비교 분석하였다. 수치해석은 Orcina사에서 개발한 부유체-계류 연성 해석 상용 프로그램인 OrcaFlex를 사용하였다. 정적 평형상태에서 부유체의 변위-복원력 곡선을 산출하여 해석 케이스별 복원력 특성 변화를 먼저 확인하고, 운용 및 극한 환경조건 (DLC 1.6 & 6.1)에 대하여 3시간 시뮬레이션을 수행한 후 부유체의 거동과 계류선 장력의 통계값을 비교하였다. 본 연구 결과는 부유식 해상풍력 산업에서 경제적인 계류 시스템 설계에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

Key Words : 부유식 해상풍력(Floating offshore wind turbine), 계류 시스템(Mooring System), 와이어 로프(Wire rope), 클럼프 웨이트(Clump weight), 복원 성능(Restoration performance)

† Corresponding author, E-mail: yhbae@hongik.ac.kr

후 기

본 연구는 2023년도 포스코의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

풍력발전의 출력성능 신뢰성 지표에 관한 연구

Study on Reliability Index for Power Performance of Wind Turbine

이광세*[†], 곽성조*, 이송준*

Gwang-Se Lee*[†], Sungjo Kwak*, Songjune Lee*

*한국에너지기술연구원

Abstract : 본 연구의 목적은 풍력발전기의 출력성능에 대한 신뢰성 지표의 분석에 있다. MW급의 풍력발전기의 SCADA로부터 5분 간격의 출력과 나셀 풍속 데이터를 확보하였고, 해당 데이터를 통하여 신뢰성 지표를 개발하였다. 해당 풍력발전기는 2019년 장기 운전에 따른 노화에 의해 통신 및 제어기기의 이상이 확인 되었으며, 2019년 발전기 수리 이후 2020년 상반기까지 시운전을 수행하였다. 이 후 운전정지가 결정되었다. 본 연구에서는 2019년에서 2020년까지의 데이터를 활용하였으며, 노후화가 충분히 진행 된 풍력발전기의 이상 발생 시 출력성능 지표의 변화에 대한 분석을 수행하였다. 연구에서는 정격 출력 이하 및 이상빈도 그리고 풍속에 대한 출력의 추종을 나타내는 매개 변수를 통한 신뢰성지표를 개발하였다.

Key Words : 풍력발전기(Wind power generation system), 신뢰성 지표(Reliability index), 출력성능(Power performance)

[†] Corresponding author, E-mail: lgs@kier.re.kr

후 기

이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20228520020040, 국내환경에 최적화 된 대규모 해상풍력발전단지 O&M 스케줄링 기술 개발).

초대형 풍력 터빈의 2엽 및 3엽 블레이드의 성능 및 하중 특성 분석

Analysis of Performance and Load Characteristics of Ultra Large Scale Two-bladed Turbine and Three-bladed Turbine

박세명*[†], 유철*, 곽성조*, 황성목*, 권대용*
Semyung Park*[†], Chul Yoo*, Sungjo Kwak*,
Sungmok Hwang*, Daeyong Kwon*

*한국에너지기술연구원

Abstract : 현재 풍력업계는 해상풍력 터빈의 초대형화로 촉발되는 LCoE 저감을 통해 경제성을 향상시키고 보급을 촉진하기 위해 노력 중이다. 기존의 기술 방식으로 20MW 이상의 초대형 터빈의 타당성 연구가 수행 중이나, 초거대화에 따른 안정성 문제, 비용 상승, 제작 및 설치의 어려움 등의 기술적 난제에 직면해 있다. 초대형 터빈의 기존 3엽 방식의 기술적 한계를 극복하기 위한 대안으로 2엽 방식에 대한 기술적 관심이 재논의 되고 있다. 2엽 방식은 RNA 중량 저감이 가능하고, 타워 및 지지구조의 passing frequency 공진 회피 설계 영역 확장으로 타워 및 지지구조의 연쇄적 경량화가 가능하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 2엽 초대형 풍력터빈의 성능 및 하중을 기존 3엽 터빈과 비교 분석을 통해 2엽 블레이드의 초대형화에 따른 잠재성과 해결해야 할 기술적 어려움 등을 조명한다.

Key Words : 초대형 풍력터빈(Ultra-large wind turbine), 2엽 블레이드 터빈(Two-bladed turbine), 성능 분석 (Performance analysis), 하중 분석 (Load analysis)

[†] Corresponding author, E-mail: spark@kier.re.kr

후 기

이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20223030020130, 인장각형(TLP)방식 부유식 해상풍력발전시스템 설계 및 축소모형시험 기술 개발)

머신러닝 기반 해상풍력단지 파고예보 모델 개발 연구

Study on Developing a Wave Height Forecast Model Based on Machine Learning Model for Offshore Wind Farm

이송준*, 곽성조*, 이광세*[†]

Songjune Lee*, Sung Jo Kwak*, Gwang-Se Lee*[†]

*한국에너지기술연구원

Abstract : 해상풍력단지가 설치되는 해상은 육상에 비해 풍황자원이 풍부하며 소음과 같은 민원으로 부터 자유롭다는 장점이 있다. 하지만 유지보수 관점에서는 육상풍력과 비교하여 해기상 상태에 따른 선박 운항 및 해상 작업 가능 여부를 추가적으로 고려하여 유지보수를 위한 최적 계획을 수립해야 한다. 유지보수 정비 계획에 고려되는 주요 해기상 정보는 풍속, 풍향 그리고 유의파고이다. 이러한 해기상 상태의 정확한 예보는 해상풍력단지의 유지보수 최적 계획 수립을 위해 필수적이다. 본 연구에서는 해상풍력발전 단지의 유지보수 최적화 의사결정 지원을 위한 파고 예보 모델 개발에 대해 다룬다. 파고 예보 모델 개발에는 시계열 자료 예측에 높은 정확도를 보이는 LSTM(Long Short-Term Memory)기반의 Sequence-to-Sequence 모델(LSTM-s2s)을 이용하였다. 먼저, ANN(Artificial Neural Network)를 이용하여 측정 파고의 결측치를 예측하였다. 다음으로 결측치가 보완된 측정파고 데이터와 여러 해기상 자료를 이용하여 LSTM-s2s를 학습시켜 파고예보 모델을 구성하고 파고 예측을 수행하였다. 마지막으로 예측한 파고를 측정값과 비교하여 예보 성능을 평가하고 그 결과를 제시하였다.

Key Words : 파고예보(Wave height forecast), 해상풍력단지(Offshore wind farm), 풍력시스템(Wind turbine), 기계 학습(Machine learning), 장단기기억(Long short-term memory), 시퀀스투시퀀스(Sequence-to-sequence)

[†]Corresponding author, E-mail: lgs@kier.re.kr

후 기

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20228520020040, 국내환경에 최적화 된 대규모 해상풍력발전단지 O&M 스케줄링 기술 개발).

WEC-I-1

ICT 기반 해상풍력발전단지 통합 운영관리 시스템 개발

Development of the ICT-based Enterprise Management System for Offshore Wind Farms

곽성조*[†], 강민상*, 이광세*, 강승진*, 이선근*
Sung Jo Kwak*[†], Minsang Kang*, Gwang-Se Lee*,
Seungjin Kang*, Seon Geun Lee*

*한국에너지기술연구원

Abstract : 대규모 해상풍력발전단지의 터빈 고장진단 및 수리, 단지 출력 모니터링 및 예측, 현장 작업 안전관리 등 단지 운영 효율을 높이기 위하여 네트워크 기반 통합 운영관리 시스템을 구축하고, 현장과의 실시간 정보 교환을 통한 신속한 의사결정 방법을 제안한다. 해상작업 모니터링 시스템은 기상에 따른 선박 운영 및 현장 안전작업 지시 기술, 상태진단 모니터링 시스템은 유지보수 스케줄링 기술, 물류관리 시스템은 부품 재고관리 기술과 연계되어 최적의 해상풍력발전단지 운영 방안을 도출한다. 해상풍력발전단지 운영관리 시스템은 서버, 원격통신, 운영 소프트웨어를 통해 구현되고, 실 해역 해상풍력터빈 및 물류창고를 통해 실증된다.

Key Words : 해상풍력발전단지(Offshore wind farm), 해상 작업 모니터링(Offshore operation monitoring), 상태감시 모니터링(Condition monitoring), 물류관리 모니터링(Logistics monitoring), 통합 운영관리 시스템 (Enterprise management system)

[†] Corresponding author, E-mail: sungjo@kier.re.kr

후 기

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20203010020020).

Oral Session

신재생융합

Renewable Energy Convergence (REC) 1, 2



간접증발 냉각기 연계 에어컨 성능 실험적 평가

Experimental Evaluation of Air-conditioner Performance with an Indirect Evaporative Cooler

김성빈*, 문광암*, 안병화*, 최휘웅**, 최광환***†
 Seongbhin Kim*, Kwangam Moon*, Byunghwa An*,
 Hwiung Choi**, Kwanghwan Choi***†
 *부경대학교 냉동공조공학과 대학원, **전남대학교 냉동공조공학과,
 ***부경대학교 냉동공조공학과

Abstract : 건축물 에너지 사용량 중 약 40% 이상이 냉·난방에 사용되며, 이는 에너지 수요관리의 주요 대상으로 지목된다. 이에 따라 저전력 냉방시스템 개발의 목적으로 물의 증발 잠열을 이용하는 증발 냉각 시스템과 관련된 연구가 진행되고 있다. 증발 냉각 시스템 중 물의 증발 잠열을 간접적으로 이용하는 간접 증발 냉각 시스템은 물의 증발이 일어나는 채널과 물의 증발하지 않고 공급하는 공기만 냉각되는 채널로 나누어져 있어, 공급 공기의 절대 습도가 증가하지 않는다. 또한, 열·물질 교환이 일어나는 채널에서 버려지는 공기를 일부 공기식 태양광/열 냉각 원으로 활용하여 여름철 과열 방지를 막을 수 있다. 하지만 간접증발 냉각기는 단독으로 사용 시 부하 변동에 대응이 어렵다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 간접증발 냉각기를 에어컨과 연계한 새로운 냉방시스템을 제시하였으며, 실험을 통해 성능을 평가하였다. 그 결과 간접증발 냉각기를 에어컨과 연계할 시 기존 에어컨의 전력 사용량이 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 실험환경에 따라 실내 온도가 높을수록, 상대습도가 낮을수록 더 많은 증발 및 열교환으로 인해 더 전력 사용량 또한 많이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이 결과들은 추후 간접증발 냉각기 연계 에어컨을 신재생에너지를 활용하여 더 적은 에너지로 활용하는 방안 중 태양광/열 집열기와 연계하는데 기초 데이터로 사용할 수 있으리라 판단된다.

Key Words : 냉방시스템(Cooling system), 간접증발냉각기(Indirect evaporative cooler), 에어컨(Air-conditioning), 저전력(Low power consumption) 공기식 태양광/열 집열기 (Air-based photovoltaic-thermal collector)

† Corresponding author, E-mail: choikh@pknu.ac.kr

양방향 열거래를 위한 허브축열시스템의 냉/난방기간 실증운영결과 분석

Analysis of Empirical Operation Results of Cooling/Heating season of Hub Thermal Energy Storage for Bidirectional Heat trading

김득원*, 이동원*, 허재혁*[†], 허준**, 민경천**

Deukwon Kim*, Dongwon Lee*, Jaehyeok Heo*[†],

Joon Heo**, Kyoungchon Min**

*한국에너지기술연구원 신재생열융합연구실, **지오릿에너지

Abstract : 기후변화에 따른 전 산업분야에서의 탄소절감은 필수적이며, 공조분야에서의 가장 효과적인 탄소절감방법 중 하나로 신재생에너지를 활용하는 방법이 있다. 신재생에너지를 효과적으로 사용할 수 있는 방법으로 축열식 히트펌프시스템이 있는데 이 기술은 기술적 성숙도가 높아 다양한 방법으로 활용 중에 있다. 본 연구에서는 축열식 히트펌프시스템을 보다 효과적으로 사용하기 위한 실증연구를 진행하였으며, 양방향 열거래를 지원하는 허브축열시스템을 구축하여 이에 대한 실증운영결과에 대해서 분석하고자 한다. 부산 명지국제도시에 위치한 실증단지 내에 설치된 400톤 규모의 허브축열시스템을 통한 열거래 운전으로 기존 중앙공급식 열공급운전 대비 약 20%의 운영비용 절감효과를 확인하였다. 본 연구를 통해 양방향 열거래를 지원하는 신재생열원 기반의 허브축열시스템은 다양한 부하에 열을 공급함으로써 재생에너지의 간헐성을 문제를 해결할 수 있으며, 열설비의 공유를 통한 열공급의 안정성과 운영비용절감효과를 확인하였다.

Key Words : 허브축열조(Hub Thermal energy Storage), 히트펌프(Heat pump), 대수층을 활용한 지중축열조(ATES), 보어홀을 활용한 지중축열조(BTES), 열거래(Heat trading)

[†] Corresponding author, E-mail: jhheo@kier.re.kr

후 기

본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지자원기술개발사업의 연구지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제 번호 : 20226210100050).

BIPV 시스템의 열전달특성 및 발전성능 분석 - 3차원 동적 열전달해석 방법론을 중심으로 -

Analysis of Heat Transfer Characteristics and Electrical Performance of BIPV Systems - Using a 3D Thermal Analysis -

정수빈*, 김진희**, 김준태***†

Subin Jeong*, Jinhee Kim**, Juntae Kim***†

*공주대학교 에너지시스템공학과, **공주대학교 그린에너지기술연구소,

***공주대학교 그린스마트건축공학과/에너지시스템공학대학원

Abstract : 건물일체형태양광발전(Building Integrated Photovoltaic, BIPV) 시스템은 건물 외피에 태양광 모듈을 일체화하는 기술을 말하며, 태양광 모듈이 건물 외장재로서 적용되므로 건물 입면에 신재생에너지설비 설치면적을 확보할 수 있어 신재생에너지설비 설치를 위한 추가적인 공간확보가 불필요하다는 강점이 있다. 최근 건물의 에너지 자립률 증진을 위해 BIPV 시스템 도입이 증가하고 있으며, 특히 커튼월 건물에 설치되는 사례가 증가하고 있다. 커튼월 시스템은 구조 측면에서 비전부와 스펠드럴부로 분류되며 BIPV 시스템은 비전부와 스펠드럴부에 모두 적용될 수 있으나, 비전부는 창호의 단열 성능 기준을, 스펠드럴부는 벽체 단열 성능을 만족해야하므로 적용 부위에 따라 모듈 후면 단열구성이 달라진다. 후면 단열 구성은 모듈온도상승 및 발전효율 저하에 영향을 주는 요인이므로, BIPV 시스템의 발전량을 정확하게 예측하기 위해서는 단열 구성을 반영하여 열전달 해석을 진행하고, 이를 통해 BIPV 모듈 후면 온도를 산출하는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 국내에서 가장 많이 적용되는 커튼월 비전부 및 스펠드럴부 BIPV를 대상으로 3차원 동적 열전달 해석을 진행하였으며, 계절별 BIPV 모듈 후면온도를 산출하여 실제 작동 조건에서의 발전효율 및 발전량을 분석하였다. 또한, 이를 단위모듈과 비교·분석하여 BIPV 시스템의 열전달 특성 및 발전특성을 규명하였다. 분석결과, 비전부 BIPV 시스템의 발전효율은 단위 PV 모듈 대비 최대 4.35% 감소하였으며, 스펠드럴부의 경우 최대 5.10% 감소하였다.

Key Words : 건물일체형태양광(Building integrated photovoltaic), 열전달(Heat transfer), 운용조건(Operating condition), 발전효율(Electrical efficiency), 온도특성(Temperature characteristic)

† Corresponding author, E-mail: jtkim@kongju.ac.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. RS-2023-00266248)

제로에너지빌딩과 BIPV 정책 동향

BIPV Policy Trends of Zero Energy Building

이현영*[†], 남혜령*, 김경식*, 김서훈*, 박종빈*
Hyunyoung Lee*[†], Hyeryeong Nam*, Kyeongsik Kim*,
Seohoon Kim*, Jongbin Park*

*KIEL연구원 그린에너지본부 제로에너지팀

Abstract : 탄소중립은 모두가 지켜야 할 국제사회 규범으로, 2050년까지 탄소중립을 달성해야 한다. 특히 우리나라의 경우 다른 주요 선진국들에 비해 에너지 제조업 비중이 월등히 높은 데다 재생에너지 비중은 2020년 7%대로 OECD 국가들 가운데 가장 낮은 상태다. 국내 온실가스 배출의 86.9%를 에너지부문이 차지하고 있기에 에너지전환이야말로 탄소중립에 핵심적이다. 재생에너지 3020 이행계획과 제로에너지빌딩의무화에 맞춰 도심의 건축물 옥상, 발코니 등에 태양광모듈(PV)을 설치하고 있지만, 에너지자립률을 향상하기 위해서는 한계가 있어 이를 해결하기 위해서 건물형태양광모듈(이후 BIPV)이 대안이다. 2050 탄소중립 추진목표에 따라 녹색건축물조성지원법으로 신축 건물의 제로에너지빌딩(Zero Energy Buildig, ZEB) 의무화기준이 강화된다. 탄소중립 목표를 달성하기 위한 에너지원의 주요핵심인 태양광의 확대를 위한 제로에너지빌딩 강화에 따른 BIPV 사례 및 정책현황에 대하여 분석을 통해 향후 탄소중립을 향한 제로에너지빌딩제도와 신재생에너지 확대를 기대해 본다.

Key Words : 제로에너지빌딩(Zero Energy Building), 신재생에너지(Renewable Energy), 건물형태양광(BIPV)

[†] Corresponding author, E-mail: ccss517@kiel.re.kr

후 기

본 연구는 2021년도 산업통상자원의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20213030010140).

태양광·열 복합모듈(PVT)을 이용한 융합 시스템의 국내·외 시장 현황

Domestic & Foreign Market Status on Convergence System Using Photovoltaic-thermal Module

문병용*[†], 조성구*

Byung-yong Mun*[†], Sung-goo Cho*

*(주)이맥스시스템

Abstract : 현재 전 세계적으로 지구 온난화 극복이라는 과제를 해결하기 위한 방안으로 2050년 탄소 중립을 실현하기 위하여 모든 부문에서 로드맵을 만들고 이를 실천하기 위하여 다양한 CO₂ 저감방안을 수립 및 실행하고 있다. 그중에서도 글로벌 에너지 사용량중 거의 절반을 차지하고 있는 열부문의 탈탄소화에 대하여 많은 관심이 기울여지고 있으며, 핵심과제인 열부문의 전력화와 더불어 특히 지속가능한 청정에너지원인 신재생에너지를 이용한 건물 및 산업분야의 탄소중립방안에 대하여 전 세계적으로 많은 연구와 보급을 위한 노력이 이어지고 있다. 이러한 추세에 따라 단위 설치면적당 신재생에너지 생산밀도가 높고 공간효율적인 신재생 에너지원이 크게 요구되고 있으며, 단일모듈에서 전력과 열을 동시에 생산할 수 있는 PVT 복합모듈을 이용한 융합시스템이 전 세계적으로 큰 관심을 받고 있으며 급격하게 보급이 확산되고 있는 상황이다. 또한 히트펌프와 PVT의 융합시스템이 향후 히팅 부문의 Final solution으로서 대두되고 있다. 본 연구에서는 국내외 PVT 융합시스템의 시장현황 및 전망과 기술추이에 대하여 논하고자 한다.

Key Words : PVT복합모듈(Photovoltaic & Thermal module), 탄소중립(Carbon neutral), PVT융합시스템(PVT convergence system), 전력화(Electrification), 신재생에너지(Renewable energy)

[†] Corresponding author, E-mail: solexsgc@gmail.com

후 기

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20173010140800).

REC-O-5

태양열 공기-물 가열기 연계 급탕용 히트펌프 시스템 운전방식에 따른 실험 성능 평가

Performance Analysis of Solar Air-water Heater with Heat Pump System Under the Various Operating Mode

문광암*, 김성빈*, 안병화*, 최휘웅**, 최광환***†

Kwangam Moon*, Seongbhin Kim*, Byunghwa An*, Hwiung Choi**,

Youngjin Lee***, Kwanghwan Choi***†

*부경대학교 냉동공조공학과 대학원, **전남대학교 냉동공조공학과,

***부경대학교 냉동공조공학과

Abstract : 히트펌프는 한 장치에서 냉난방이 가능한 시스템으로 난방능력의 경우 전기히터 대비 2~3배, 연료를 사용하는 난방기기 대비 최대 1.5배의 효율을 보이며, 건축물 냉난방 및 급탕의 목적으로 사용되고 있다. 특히, 공기열 및 수열, 지열 등 열원의 다양화를 통해 난방능력을 향상시킬 수 있어 신재생에너지를 연계한 히트펌프 시스템의 연구가 다수 수행되었다. 본 연구에서는 공기 가열 및 온수 제조가 동시에 가능한 태양열 공기-물 가열기와 히트펌프를 연계한 급탕시스템의 성능 분석을 위한 실험 연구이다. 실험 조건은 외기 도입, 공기 가열, 물 가열, 공기-물 가열 4가지 운전방식이 모두 가능하도록 시스템을 구축하였으며, 실제 기상조건에서 실험 및 성능 분석을 진행하였다. 그 결과, 공기-물 가열 방식에서 가장 우수한 급탕 성능을 확인하였다.

Key Words : 태양열 공기-물 가열기(Solar air-water heater), 히트펌프(Heat pump), 성능계수(Coefficient of performance), 급탕(Water heating), 열효율(Thermal efficiency)

† Corresponding author, E-mail: choikh@pknu.ac.kr

공기식 PVT 시스템이 연계된 공기 열원 히트펌프 시스템의 성능 및 특성 분석

Analysis of Performance and Characteristics of Air-source Heat Pump System with Air-type PVT System

김상명*, 김진희**, 김준태***†

Sangmyung Kim*†, Jinhee Kim**, Juntae Kim***†

*공주대학교 에너지시스템공학과, **공주대학교 그린에너지기술연구소,

***공주대학교 그린스마트건축공학과/에너지시스템공학과

Abstract : PVT 시스템은 태양에너지를 활용하여 열과 전기를 동시에 생산할 수 있는 신재생에너지 기술이다. 공기식 PVT 시스템은 PV 모듈을 통해 전기를 생산하고 공기를 열매체로 사용하여 전기 발전 시 PV 모듈 후면에 발생하는 열을 건물 설비시스템과 연계하여 건물의 난방 및 급탕, 설비시스템의 성능 개선을 위한 열원으로 사용할 수 있다.

공기 열원 히트펌프시스템은 건물의 냉방 및 난방시스템에 사용되는 냉난방 설비로써, 화석연료가 아닌 전기를 사용하는 히트펌프의 사용은 전 세계적으로 점점 증가하고 있다. 공기 열원 히트펌프는 공기 열을 이용하여 냉방 및 난방을 위한 열원을 생산하는데, 겨울철 난방 시 매우 낮은 외기를 사용할 경우 히트펌프의 성능 저하 및 내구성에 영향을 미칠 수 있다. 이를 위한 대안으로 공기식 PVT 시스템을 히트펌프와 연계하여 사용할 경우 PVT 시스템의 공기 열원을 활용하여 히트펌프시스템의 성능을 개선할 수 있다.

본 연구에서는 공기식 PVT 시스템과 연계된 공기 열원 히트펌프시스템의 성능을 분석하였다. 연구를 위해 공기식 PVT와 연계된 히트펌프시스템을 건물에 적용하였으며, 실험을 통해 공기식 PVT 히트펌프시스템의 특성 및 성능을 분석하였다.

Key Words : 공기식 PVT 시스템(Air-type PVT system), 공기 열원 히트펌프 시스템(Air-source Heat pump system), 실증 실험(Demonstration experiment), 성능분석(Performance analysis)

† Corresponding author, E-mail: jtkim@kongju.ac.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. RS-2023-00266248)

REC-O-7

퍼지로직을 활용한 태양-지중열원 히트펌프 냉난방 시스템 최적 운전제어 연구

Study on Optimal Control Logic of Solar Geothermal Heat Pump HVAC System with Fuzzy Logic Control

김유진*, 이의준*, 신형기*, 강은철*[†]

Yu-Jin Kim*, Euy-Joon Lee*, Hyunki Shin*, Eun-Chul Kang*[†]

*KIER 에너지변환연구실

Abstract : 태양-지열 히트펌프 HVAC 시스템은 태양열과 지중열원을 활용하여 건물에 필요한 냉난방 에너지 및 전력을 모두 생산 가능한 친환경 기술로써, 건물 에너지 소비 저감과 정부 친환경에너지 정책에 기여 가능한 기술이다. 이러한 기술은 사전연구에서 주로 주거용 건물에 집중하여 연구가 진행되었고, 상업용 건물에 맞는 융합 히트펌프 HVAC 시스템 설계 및 운전 연구가 필요하다. 또한 이러한 기술은 복잡한 구성과 운전 제어방식을 가지고 있으며, 각각의 컴포넌트를 어떻게 제어하는지, 시스템을 어떻게 구성하고 운전하는지에 따라 연간 에너지 성능이 상이하게 달라지며, 퍼지로직 제어와 같은 건물 냉난방 부분부하 운전에서 장점을 보이는 상위 운전제어를 활용한 최적화 연구가 필요하다. 최적운전 제어 연구를 위해서는 건물 냉난방 부하 및 에너지 소비를 정확히 예측 가능한 시뮬레이션 모델이 필요하지만, 히트펌프 HVAC 사전 연구에서는 주로 컴포넌트 성능 데이터를 활용한 컴포넌트별 비교 검증만 주로 이루어졌으며, 외기온도에 근거한 새로운 통합 시스템 에너지 소비량 비교 검증 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는, 상업용 건물에 태양-지열 히트펌프 HVAC 시스템을 설계 및 통합 운전을 수행하였고, 통합 시뮬레이션 모델을 개발하여 외기온도에 따른 냉난방 에너지 소비를 실증 운전 데이터와 비교 검증하였다. 시스템 최적화 운전 제어 연구를 위해 퍼지로직 등을 활용한 총 5가지 시스템 시나리오에 따른 연간 에너지 소비량 민감도 분석 연구를 수행하였고, 시스템 초기비용, 연간 시스템 운전 및 유지비용을 고려한 경제성 분석연구를 수행하였다. 본 연구에서 개발한 시뮬레이션 모델은 최대 7.4% 오차 이내에 연간 에너지 소비량을 예측 가능하며, 이러한 시뮬레이션 모델을 기반으로 연간에너지 소비량 민감도 분석 결과 퍼지로직 제어를 활용한 HVAC 시스템은 단일 지중 열원 히트펌프 HVAC 시스템에 비해 최대 60% 에너지 소비 저감량을 보였으며, 시스템 초기비용, 연간 시스템 운전 및 유지비용을 고려한 경제성 분석결과 퍼지로직 제어 HVAC 시스템은 8.5년의 Payback을 나타내었다.

Key Words : Solar Collector(태양열 집열기), Geothermal (지중 열원), Heat Pump (히트펌프), 환기 및 냉난방 (Ventilation, Heating and Air-Conditioning; HVAC)

[†] Corresponding author, E-mail: kec8008@kier.re.kr

후 기

본 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임. (20202020800030, 제로에너지건축물 구현을 위한 스마트 외장재-설비 융복합 기술개발 및 성능평가 체계 구축, 실증)

Oral Session

자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)



재생에너지 발전비용 세계 동향과 국내 재생에너지 발전비용 분석

Recent Trend of International Renewable Power Cost & Analysis on Domestic Renewable Power Generation Cost

이근대*[†]

Keundae Lee*[†]

*에너지경제연구원 재생에너지정책연구실

Abstract : 태양광발전 및 풍력발전 등의 재생에너지 발전비용은 코로나 사태 및 공급망 위기에도 불구하고 기자재 가격 등의 하락에 힘입어 지속적으로 하락해온 것으로 나타났다. 국내의 경우 최근 자료를 바탕으로 재생에너지 균등화발전비용(LCOE)을 분석한 결과, 이러한 세계 추세에 발맞추어 우리나라의 태양광발전 비용은 지속적으로 하락하는 것으로 나타났으나 풍력발전 비용은 이런 추세와 다르게 오히려 상승한 것으로 나타났다. 이런 결과 산정에 대한 원인 분석을 위해, 투자비(기자재비용, 시공비, 기타비용 등) 및 운영비(유지보수비, 보험료 등)의 요소별 분석을 통한 세부적인 비교 연구를 수행할 필요가 있다. 그리고, 이런 요인 분석을 활용한 시사점 도출을 통하여 향후 국내 재생에너지 발전의 비용효과적인 경쟁력 확보를 위한 정책 제언을 제시하고자 한다.

Key Words : 재생에너지발전비용(Renewable power generation cost), 태양광발전비용(Solar photovoltaic power generation cost), 풍력발전비용(Wind power generation cost), 균등화발전비용(LCOE: Levelized cost of electricity)

[†] Corresponding author, E-mail: kdlee@keei.re.kr

데이터기반 감소차원 모델링을 이용한 에너지 예측

Energy Prediction using Data-driven Reduced-order Modeling

박성군*[†]

Sung Goon Park*[†]

*서울과학기술대학교 기계자동차공학과

Abstract : 동적모드분석(Dynamic Mode Decomposition, DMD) 방법은 비선형 동적 시스템을 분석하는 데 사용되는 수학적 방법론으로 Koopman 이론을 기반으로 하고 있다. 시간에 따른 데이터 셋에서 선형 연산자를 근사화하고, 이 연산자의 고유값과 고유벡터를 분석하여 시스템의 주요 특징과 동적 모드를 추출할 수 있다. 또한 추출된 시스템의 동적 모드를 구성하여 미래 상태를 예측하는 분야에도 응용될 수 있다. 본 연구에서는 DMD 방법에서 더 나아가, 시스템의 입출력 시스템을 고려할 수 있는 DMDc (DMD with control), 시간에 따라 새롭게 추가된 데이터와 오래된 데이터 사이의 가중치를 고려하여 특성을 반영할 수 있는 SDMD(Streaming DMD), 물리 법칙을 기반으로 동적모드를 추출할 수 있는 PRDMD(Physics Regulated DMD)등의 방법을 활용하여, 태양에너지, 풍속, 천연가스 수요량 등을 예측하고자 한다. 기존의 다양한 기계학습 알고리즘과 비교했을 때, 본 연구에서 제시한 DMD 기반 모델이 예측 성능 및 계산 시간의 측면에서 비슷하거나 더 우수한 것으로 나타났으며, 다양한 에너지 예측 분야에서 DMD 활용의 가능성을 확인하였다.

Key Words : 에너지 예측(Energy Prediction), 데이터기반 감소차원 모델(Data-driven Reduced-order Modling), 동적 모드분석(Dynamic Mode Decomposition)

[†] Corresponding author, E-mail: psg@seoultech.ac.kr

후 기

본 연구는 한국연구재단(NRF-2021R1C11008791)의 연구비 지원을 받아 수행한 연구입니다.

RER-O-1

Pseudo global warming을 이용한 미래 기후 전망 기법 소개 및 활용 방안

Introduction of Future Climate Projection using Pseudo Global Warming Approach

이민규*, 김창기*[†], 김진영*, 오동건*Minkyu Lee*[†], Changki Kim*, Jin-Young Kim*, Donggun Oh*

*한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구소

Abstract : 미래 기후변화에 따른 시나리오별 CMIP6(전지구 기후모델) 자료가 존재하지만, 이는 매우 성긴 수평해상도 때문에 한반도 재생에너지를 평가하는데 한계가 존재한다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 연구자들은 지역기후모델 실험을 수행해 왔으며 상대적으로 고해상도 자료를 생성하여 동아시아 및 한반도 기후변화 영향을 확인했다. 하지만 여전히 성긴 수평해상도와 시간해상도로 인해 미래 재생에너지를 평가하는데 어려움이 있다. 간단한 방법과 적은 계산 자원을 이용하여 미래 기후를 확인할 수 있는 Pseudo global warming (PGW) 기법을 설명하고 WRF (Weather Research and Forecasting) 모델을 이용하여 PGW 기법을 이용한 연구 사례를 소개하여 활용 가능성을 제시하고자 한다.

Key Words : 수치 모델(Numerical model), CMIP6(Coupled Model Intercomparison Project Phase 6), 미래 기후 전망(Future climate projection), 지역기후모델(Regional climate model)

[†]Corresponding author, E-mail: cckim@kier.re.kr

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업(C4-2423)을 재원으로 수행한 연구과제의 결과입니다.

해상풍력 바람지도 개발을 위한 NWP 모델의 물리적 민감도 연구

Physical Sensitivity Study of NWP Model for Offshore Wind Map Development

오동건*[†], 김진영*, 김창기*, 김현구**

Donggun Oh*[†], Jin-Young Kim, Chang Ki Kim*, Hyun-Goo Kim**

*신재생에너지연구실 한국에너지기술연구원, **재생에너지연구소 한국에너지기술연구원

Abstract : 재생에너지의 중요성이 커짐에 따라, 육상풍력발전에 비해 더 넓은 부지 활용과 대규모 발전 단지 구축이 가능한 해상풍력발전에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 따라, 기존의 육상 및 연안 영역을 포함하는 바람 지도를 해상으로 확장하여 해상풍력 발전 입지 선정을 위한 새로운 자원 지도의 구축이 필요하다. 본 연구는 해상풍력 바람지도 구축을 위한 수치 기상예보(Numerical Weather Prediction, NWP) 모델의 정확도를 향상시키기 위한 물리적 민감도를 조사하였다. 남한 및 그 원해를 포함하는 영역의 바람장 계산을 위해 중규모 기상 모델인 WRF (Weather Research & Forecasting) 모델을 사용하였고, 경계 조건으로는 유럽 중기 기상예보 센터(ECMWF)가 제공하는 ERA5 재분석장을 활용하였다. 수치모델의 물리 과정 정확도 평가를 위해 다양한 지상 풍속 관측 데이터와 비교하였다.

Key Words : 해상풍력(Offshore wind power), 바람지도(Wind map), 수치 기상예보(Numerical weather prediction)

[†]Corresponding author, E-mail: dgoh313@kier.re.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. RS-2023-00301792)의 재원으로 수행한 연구 과제입니다.

육상풍력 자원지도 생산을 위한 NWP-CFD 축소화 방법의 신뢰성 평가와 입력매개변수 최적화

Assessing the Reliability and Optimizing Input Parameters of the NWP-CFD Downscaling Method for Generating Onshore Wind Energy Resource Maps of South Korea

김정현*, 문현구*, 김진용**, 김건훈**, 김현구**, 박성군*[†]

Jeonghyeon Kim*, Hyungoo Moon*, Jin-Yong Kim**, Keon Hoon Kim**,
Hyun-Goo Kim**, Sung Goon Park*[†]

*서울과학기술대학교 기계자동차공학과, **한국에너지기술연구원 재생에너지연구소

Abstract : 수치예보모델(Numerical Weather Prediction, NWP)은 풍력자원지도 구축에 활용되는 방법 중 하나이나, 해상도가 비교적 낮고, 복잡한 지형이 풍속에 미치는 영향을 고려하지 못하는 한계가 있다. NWP-CFD 축소화 방법은 지형의 특성과 표면 조도를 반영하기 위해서 NWP 방법으로 얻은 기상 데이터를 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD)의 경계조건으로 활용한다. 이로 인해 NWP 방법의 한계점을 극복할 수 있으며, 국내 복잡한 지역의 육상 풍력자원지도 구축에 활용될 수 있다. 본 연구에서는 실제 측정 데이터, NWP 기반 데이터 및 NWP-CFD 기반 데이터를 정량적으로 비교하고, NWP-CFD 계산에 사용되는 세 가지 주요 입력매개변수(수직방향 축소격자크기 Δz_{min} , 각도 간격 Δdir , 숲 모델 활성화 대표길이 l_0)를 분석하고자 한다. 실제 측정 데이터와 비교했을 때, NWP 기반 데이터는 풍력 자원을 약 30% 이상 과대 추정하는 반면, NWP-CFD 기반 데이터는 약 8.5%의 오차를 보인다. Δz_{min} 과 Δdir 은 결과에 미치는 영향이 적지만, l_0 는 해석 결과에 큰 영향을 주며, 해당 지역의 특성에 따라서 적절하게 입력매개변수 값을 조정하는 것이 필요하다.

Key Words : 전산유체역학(Computational fluid dynamics), 수치예보(Numerical weather prediction), 수치예보-전산 유체역학(NWP-CFD), 신뢰성검증(Reliability test)

[†] Corresponding author, E-mail: psg@seoultech.ac.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) (20213020020010, RS-2023-00301792), 한국연구재단(NRF-2021R1C11008791)의 연구비 지원을 받아 수행한 연구입니다.

Oral Session

태양수소에너지
Solar to Hydrogen (S2H)



S2H-I-1

광전기화학적 수소 및 산소 생산을 위한 맥신 기반 전극 소재 개발 및 활용

Development and Application of MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{X}$) Related Electrodes for Photoelectrochemical Production of Hydrogen and Oxygen

정경화*[†]Gyoung Hwa Jeong*[†]

*한국에너지공과대학교 에너지 공학부

Abstract : MXene is one of the most actively researched 2D materials in recent years. MXene is a 2D nanomaterials composed of alternating metal and carbon/nitrogen layers. The physicochemical property of MXene varies depending on the type and amount of molecules covered on the surface. Generally, MXene has very high electrical conductivity and can be combined with various metal compounds. Therefore, it is used in various fields of semiconductors, electronic devices, sensors and so on. In this presentation, we would like to introduce various new synthetic methods for synthesizing complexes using Ti-based MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{X}$) and the research results of using the synthesized MXene complex for photoelectrochemical hydrogen and oxygen production. First research is on the reshaping of MXene by using a light source like as pulsed laser to create a complex structure. The synthesized catalyst is difficult to synthesize through a common wet chemical process, and the second is to use MXene as a template to induce 2D structures. And then we introduce a method to easily synthesize 2D MXene/high-entropy composites. In addition, we would like to mention high-entropy compounds used as a part of photoelectrochemical catalysts. Finally, we explore the possibility potential of MXene as a photoelectrochemical catalyst and propose an eco-friendly approach without generating HF, a ultra-strong acid, during fabrication of MXene from MAX.

Key Words : 맥신 (MXene), 광전기화학적 촉매 (Photochemical catalyst), 수소 생산 반응 (Hydrogen evolution reaction), 산소 발생 반응 (Oxygen evolution reaction), 고엔트로피 물질 (High entropy materials)

[†] Corresponding author, E-mail: gjeong2756@kentech.ac.kr

전기화학적 변환을 통한 산업전구체 합성

Synthesis of Small Organic Molecules Via Electorchemical Methods

진경석*†

Kyoungsuk Jin*†

*고려대학교 화학과

Abstract : 현대 사회에서는 다양한 chemical 들이 생산되고 소비되고 있음. 천연가스, 화석연료, 산소 등의 Raw materials 로부터 dye, paint, fiber 등의 consumer goods, 즉 end product 까지 생산할 때 필요한 공정들을 살펴보면, 대부분 열화학 공정 등의 높은 압력과 온도의 환경에서 이루어지고 있음. 이러한 공정들은 높은 효율과 반응성 등으로 인해 현대 사회를 구동하는 핵심이지만, 동시에 막대한 양의 온실가스를 만들어내는 원인으로 지목받고 있음. 본 발표에서는 이러한 현대 화학산업의 전구체를 전기화학적 방법을 통해 생산할 수 있는 방법론에 대해 이야기하고자 함. 구체적으로 올레핀(olefin)을 산화하고, 플라스틱을 재활용하는 전기화학적 방법론에 대해 소개하고, 각각의 반응 메커니즘에 대해 논의하고자 함.

Key Words : 탄소중립(Carbon neutral), 전기합성(Electrosynthesis), 화학전구체(Chemical precursors)

† Corresponding author, E-mail: kysjin@korea.ac.kr

S2H-I-3

C3N4기반 소재의 페로브스카이트 태양전지 전자수송층의 적용 및 성능 분석

Exploring the Effect of Using g-C3N4 as an Electron Transport Layer in Perovskite Solar Cells

서동한*[†]Dong Han Seo*[†]

*한국에너지공과대학교 에너지 공학부

Abstract : Controlling the defects in the electron transport layer in perovskite solar cells are important aspect for effective charge collections, as well as guaranteeing the high performances in perovskite solar cells. especially widely used electron transport layer materials such as tin oxide (SnO₂) often exhibit surface defects which could degrade the charge collection efficiencies and resulting in degradation in perovskite solar cell efficiencies. In this work, we aim to utilize graphitic carbon nitride as an effective adlayer to mediate the surface defects in the SnO₂ which improves the device performances in many aspects. moreover, such defect mediated graphitic carbon nitride/SnO₂ based electron transport layer has demonstrated promising device performances in indoor perovskite solar cell applications.

Key Words : graphitic carbon nitride, tin oxide, electron transport layer, perovskite solar cells

[†] Corresponding author, E-mail: dhseo@kentech.ac.kr

Photoelectrochemical Solar Energy Conversion with Tailored Nanostructures

김정규*[†]

Jung Kyu Kim*[†]

*성균관대학교 화학공학과

Abstract : Harnessing solar energy through photoelectrochemical (PEC) conversion stands as a promising avenue towards sustainable energy production. Tailored nanostructures offer a pathway to enhance the efficiency and functionality of PEC devices, presenting opportunities for advancements in solar energy conversion technologies. In this invited lecture, we delve into the design, fabrication, and characterization of nanostructured materials for efficient solar energy conversion. Specifically, we explore how the manipulation of nanostructure morphology, composition, and architecture influences the performance of PEC devices. Through a combination of experimental insights and theoretical considerations, we elucidate the underlying principles governing the photoelectrochemical processes and highlight key strategies for optimizing solar energy conversion efficiency. Additionally, we discuss recent advances in the field, including novel nanostructuring techniques and emerging materials, and their implications for next-generation solar energy technologies. This lecture aims to provide a comprehensive overview of the role of tailored nanostructures in advancing photoelectrochemical solar energy conversion, offering valuable insights for researchers and practitioners in the field.

Key Words : Photoelectrochemical Cells

[†] Corresponding author, E-mail: legkim@skku.edu

Oral Session

에너지정책 및 기업기술
Energy Policy & Corporate Technology (EP&CT)



신재생에너지 정책 추진 방향

Renewable Energy Policy Directions

박강훈*†

kang-hoon Park*†

*한국에너지공단 신재생정책실

Abstract : 대규모 발전사에게 일정량의 신재생에너지를 공급토록 의무화한 RPS제도는 초기 국내 재생에너지 보급 확산에 기여했으나, 이행비용 증가, 체계적 설비 진입 관리 어려움 등 한계를 노출하여, 신규 재생에너지는 경매를 통해서 시장에 진입을 허용토록 개선이 필요함. 또한 최근 RE100 수요가 급격히 증가함에 따라 민간주도의 재생에너지 보급을 위한 자발적 재생에너지 시장 활성화도 필요함. 그리고 태양광, 풍력은 각각의 원별 특성에 맞는 보급 및 육성 정책이 필요함.

Key Words : 신재생에너지(Renewable Energy), RPS제도, 경매제도 RE100, 태양광, 풍력

† Corresponding author, E-mail: pkh17@energy.or.kr

국내외 태양광 산업 현황 및 전망

The Status and Forecast of Domestic and Foreign Solar PV Industry

정규창*[†]

Gyuchang Jeong*[†]

*한화솔루션 큐셀부문

Abstract : 태양광 시장은 지속적인 발전원가 하락, Net Zero달성, 에너지 안보 강화를 위해 전 세계적으로 수요가 확대되고 있음. 태양광 밸류체인 별 산업 특징과 보급 현황을 살펴보고, 미국 및 EU에서 현재 진행되고 있는 산업/보급 정책 등을 분석함. 한국의 보급/산업의 현주소를 파악, 비교하고 향후 과제 등을 제시하고자 함.

Key Words : 태양광 산업(Solar PV Industry)

[†] Corresponding author, E-mail: gyuchang.jeong@qcells.com

EP&CT-O-2

지역상생형 RE100 충주산업단지 표준모델 실증사업

Regional Co-prosperity RE100 Standard Model Project for Industrial Complex in Chung-ju

우성민*†, 안영대**, 장병훈***

sung-min Woo*†, Young-dae Ahn**, Jang-Byeong Hoon***

*충북테크노파크 차세대에너지센터, **금강전기산업, ***한국전력정보

Abstract : 전세계적으로 진행되고 있는 탄소국경세 도입, ESG 경영 강화는 기업의 수출경쟁력을 결정하는 핵심적인 요인으로, 국내기업도 ESG 등 다양한 이유로 RE100 참여를 확대하고 있으며, 정부도 이에 맞추어 RE100 이행제도 시행하고 있음.

하지만, 충북 산업단지 에너지 사용량은 1,738천toe로 전국 산업단지 에너지 사용량 대비 1.6% 수준이며 타 시·도(전남 32.4%, 충남 25.4%, 울산 22.3% 등)에 비해 다소 낮은 수준임.

이에 충주산단을 대상으로 산단 입주기업의 친환경에너지 전환 및 효율 향상을 위한 친환경 신재생 분산 에너지원 및 친환경에너지 활용 인프라 구축 및 관리하고 지역상생형 RE100 산업단지 표준화 모델 개발 및 실증하고자 함

Key Words : RE100, 신재생에너지, 에너지절감, FEMS, PPA

† Corresponding author, E-mail: ywoosm@energy.or.kr

후 기

본 연구는 2023년 한국에너지공단의 재원으로 “지역상생형 RE100 충주산업단지 표준모델 실증사업”의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

계획입지제도 도입을 대비한 재생에너지 입지 분석 시스템 개발

Development of Renewable Energy Zones Analysis System for Renewable Energy Plan Site Policy

김혜진*, 문주영*, 박성호[†]*, 김희겸*, 임재섭**, 최봉석**, 양성수***, 김승희***
HyeJin Kim*, JooYoung Moon*, SungHo Park*[†], HeeKyum Kim*,
Jaeseop Lim**, Bongsuk Choi**, Sungsu Yang*, Seunghee Kim***

*한국전력공사 전력연구원 데이터사이언스랩,

한국전력공사 디지털전환실, *한국전력공사 재생e대책실

Abstract : 전세계적으로 재생에너지(이하 재생e) 발전소 및 전력설비 설치와 관련한 주민갈등 사전 완화, 계통운영 안정, 재생e 발전소의 효율적 확산을 위해 법·제도 개정을 통한 정부 주도의 에너지 계획입지 정책 도입이 확대되고 있다. 이러한 글로벌 트렌드에 발맞추어 대한민국 역시 에너지 전환 정책의 일환으로 에너지 계획입지 제도 도입의 필요성이 대두되고 있다. 에너지 계획입지 제도는 공용망 확충과 연계한 계획입지지역(Renewable Energy Zone, 이하 REZ)의 설정과 해당 지역으로의 일반 사업자들의 공모(Tender)로 구성된다. 본 논문에서는 에너지 계획입지 제도 도입에 대비하여 개발한 한국전력공사의 재생e 입지분석 시스템을 소개한다. 재생e 입지분석 시스템은 한국전력공사의 전력계통 현황을 포함하여, 재생e 발전소 설치에 영향을 주는 다양한 공공데이터 및 시장잠재량 데이터를 분석하여, 실질적인 계획입지 후보지를 도출할 수 있는 입지분석 기능을 가지고 있다. 연구팀은 공공데이터 11종, 시장잠재량 1종, 전력계통 정보 5종의 데이터를 전국 약 1001만개의 100m 해상도 격자에 표준화하여 GIS 데이터베이스화하고, 이를 통해 각 항목별 가중치를 사용자가 설정할 수 있게하여 각 사업목적에 따른 계획입지 후보지 점수를 산출할 수 있는 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 정부 및 지방자치단체, 전력기관 등 다양한 이해관계자의 협력 아래 각 시·도별 재생가능 에너지 입지분석을 가능하게 하며, 계획입지 프로젝트의 입지 선정 과정의 효율성을 개선할 것으로 기대된다.

Key Words : 재생에너지 계획입지(Renewable energy plan site), 계획입지 지역(Renewable Energy Zone, REZ), 재생에너지정책(Renewable energy policy)

[†] Corresponding author, E-mail: sungho-park@kepeco.co.kr

후 기

본 연구는 2022년도 한국전력공사의 지원(R22TA11)에 의하여 이루어진 연구로서, 사내 유관부서 및 시장잠재량 데이터를 제공해 주신 한국에너지기술연구원(KIER)에 감사드립니다.

BIPV의 화재안전을 위한 전력전자 시스템 연구

Power Electronic System to Ensure Fire Safety of BIPV

홍석훈*[†], 박철영*, 임수창*

Seokhoon Hong*[†], Chulyoung Park*, Soochang Lim*

*(주)티이에프

Abstract : BIPV는 전력생산과 건축자재의 기능을 갖춘 건물일체형 태양광시스템으로, 건물 부속설치물이 아닌 건물일체형으로서 일반적 태양광과 차별성을 가짐. 이러한 BIPV는 국토면적이 좁고 고층건물이 많은 국내 보급환경에 적합하고, 노지 및 임야 등을 대상으로한 태양광발전 확대에 따라 나타나는 여러 가지 문제점들을 극복할 수 있는 합리적인 대안 보급기술로 매우 높은 성장가능성을 가지고 있음.

국내 건물부착형태양광(BAPV)는 전체태양광의 32%를 점유하고 있으나, BIPV는 공공기관을 중심으로 누적 534건, 31MW에 불과함. BIPV관련 시공기준 및 표준화 부재로 인한 인증체계 미비, 낮은 경제성, 안전관리 체계의 불완전한 구축 등이 BIPV 생태계를 가로막는 장애요인으로 분석되고 있음.

BIPV O&M의 가장 중요한 요소는 화재안전에 관련된 관리기술로, 현재 산업통상자원부에서는 MLPE 국산화 기술의 개발 및 도입을 통해, 효율적이고 높은 성능수준의 BIPV 화재안전관리 체계의 개발, 표준화, 인증제도를 추진하고 있음.

이에 따라, 현재 추진되고 있는 BIPV 화재안전과 관련된 국내외 기술적 동향을 분석하고, 국내 여건에 맞는 BIPV 화재안전관리 시스템을 개발 및 실증하고자 함.

Key Words : 신재생에너지(Renewable Energy), BIPV(Building Integrated Photovoltaic), MLPE(Module Level Power Electronics), RE-100

[†]Corresponding author, E-mail: md@tefco.co.kr

후 기

본 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20223030010060, 건물형 태양광 모듈 급속차단 기능과 이용률 개선을 위한 모듈단위전력전자(MLPE) 장치개발 및 실증 (파워옴티마이저를 장착한 건물형 모듈 시스템 개발 및 실증))

학교시설의 AI BEMS 구축

Building AI BEMS in School Facilities

조용진*[†]

Cho Yong Jin*[†]

*(주)제이에이치 에너지

Abstract : 국토교통 2050 탄소중립 로드맵 발표(ZEB 의무화 강화, '21.12.)에 의하여 공공건축물을 대상으로 제로에너지건축(ZEB) 의무화가 진행되고 있음.

“21-23년도의 ZEB 본인증 총 912개소 중 교육연구 시설의 경우 375개소로 41.1% 비율을 차지하고 있으며, 교육·연구시설의 특성상 다음과 같은 문제점이 발생 되고 있음

1. BEMS 운용인력의 전문성 부재로 인한 BEMS 활용도 부족.
2. BEMS 설치 확인 기준을 맞추기 위한 최소 혹은 최저 비용의 관제점 선정으로 인한 수집 데이터의 실효성 부족.
3. 교육시설 담당자들의 BEMS 데이터 분석 능력 미흡 및 그로 인한 에너지절감 성과 부족.

위와 같은 문제를 해결하고자 교육시설의 BEMS에 AI 데이터분석 솔루션을 도입하여 에너지 절감 효과를 이끌어내고자 함

1. 기저흐름 데이터, 전력수요 데이터의 AI분석을 통한 에너지 절감 방안 추천
2. AI를 활용한 에너지 제어 및 최적화 추진 방안(다중 EHP의 운전 데이터 분석)
3. 교육시설 특성별 주간, 월, 분기, 연별 결과에 대한 웹 리포팅 자동 제공을 통한 각 교육시설별 에너지 효율 결과 안내(데이터 분석 표준 프로세스 정립)
4. 에너지의 주기별(시간, 일, 요일, 월, 연도, 계절) 전력 패턴 분석을 통한 개선방안 도출

Key Words : BEMS(Building Energy Management Systems), AI(Artificial Intelligence), ZEB(Zero Energy Building), 에너지 소비량(Energy Consumption), 에너지 효율(Energy Efficiency)

[†] Corresponding author, E-mail: yjcho@jh-e.co.kr

후 기

본 과업은 2024년도 국토교통부에서 공고하고 에너지관리공단에서 공모한 ‘2024 ZEB 인프라 지원 구축사업’을 통해 선정된 내용입니다. (국토교통부공고 제2024-219호).

제로에너지건축물(Zero Eenerg Building) 신재생에너지 최적화설계 방안

A New and Renewable Energy Optimization Design Plan for Zero Energy Building

이도형*†

Do-hyung Lee*†

*(주)네드 차세대 에너지 디자인 연구소

Abstract : 정부는 기후위기에 대응, 탄소중립 사회로의 이행 및 경제·환경의 조화로운 발전을 위해 2023년 04월 12일에 ‘탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획’을 발표하였다. 이에 따라 2030년까지 2018년 대비 전분야에서 40%만큼의 탄소배출량을 감축하겠다는 목표를 수립하였고, 건물부문에서는 32.8% 감축 목표를 발표하였다. 건물부문에서 탄소배출량 감축목표치를 달성하기 위한 추진 전략으로 신축은 제로에너지 건축물 확대, 기축은 그린리모델링을 활성화하는 것으로 정책 방향을 설정하였다. 이러한 배경하에 국내에서는 제로에너지건축물 인증을 시행하고 있고, 1차 에너지생산량과 1차 에너지소비량으로 에너지자립률을 산정하며, 에너지자립률 20%부터 구간별 ZEB 등급을 부여하고 있다. 제로에너지건축물을 구현함에 있어 최적 설계가 이루어지지 않으면 1차 에너지소비량 과도하게 산정됨에 따라 에너지자립률 충족을 위한 신재생에너지가 무분별하게 적용될 우려가 있다. 이에 따라, 1차 에너지소비량 최소화를 위해서는 패시브 시스템, 액티브 시스템의 최적화가 필요하며, 이후 목표 에너지자립률 충족을 위해 적절한 신재생에너지를 계획해야 한다. 신재생에너지원 중 태양광 발전시스템 계획 시, 설치위치에 대한 적합성 및 타당성을 검토해야 실질적인 제로에너지건축물을 구현할 수 있다. 본 연구에서는 업무시설과 공동주택을 대상으로 ZEB 5등급 달성방안에 대해 요소기술에 따라 단계별로 추진한 전략을 소개하고자 한다.

Key Words : 제로에너지건축물(Zero Energy Building), 에너지자립률(Energy Independence Rate), 태양광 발전시스템(Photovoltaic System), 공동주택(Multi-unit Dwelling), 업무시설(Office Building)

† Corresponding author, E-mail: dohy1004@naver.com

후 기

본 연구는 한국에너지공단 ‘2023년도 제로에너지건축 에너지 최적화 컨설팅 지원’ 사업의 지원으로 수행하였음

Poster Session

건물에너지설비 Building Energy System (BES)	179
제로에너지 건물 Zero Energy Building (ZEB)	182
건축환경 Building Environment Engineering (BEE)	185
풍력에너지 Wind Energy Conversion (WEC)	188
신재생융합 Renewable Energy Convergence (REC)	189
자원량평가 Renewable Energy Resources (RER)	192
에너지저장 및 섹터커플링 Energy Storage System & Sector Coupling (ESS&SC)	198
태양수소에너지 Solar to Hydrogen (S2H)	200
태양열융합 Solar Thermal Convergence (STC)	209
태양광에너지 Photovoltaic Energy (PVE)	211



공동주택의 녹색건축인증 취득현황 분석

Analysis of G-SEED Acquisition Status of Multi-residential Buildings

윤요선*[†], 장대희*

Yosun Yun*[†], Daehee Jang*

*한국건설기술연구원 건축연구본부 녹색건축센터

Abstract : 녹색건축 인증제도(G-SEED)에서 공동주택은 약 30%로 높은 비율을 차지하고 있다. 기존 공동주택과 관련한 연구로는 인증 취득현황, 득점, 항목에 대한 분석 등이 있었으며, 인증현황 분석 연구에서는 취득률 및 항목에 대해 중점적으로 분석을 수행하였다. 본 연구에서는 공동주택의 취득현황과 점수 및 연면적의 상관관계를 분석하고, 취득 점수와 전문분야별 상관관계를 조사하여 녹색건축 인증제도의 특성을 파악하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서는 2016년부터 예비인증을 취득한 1,363건의 데이터를 대상으로 하였으며, 이 중 오류가 있는 데이터를 제외하고 총 1,338건을 분석 대상으로 하였다. 주요 변수로는 공동주택의 세대수, 연면적, 인증 취득 점수 및 전문분야 항목이 포함되었다. 상관분석을 통해 주요 변수들 간의 관계를 확인하였다. 분석 결과, 대상 공동주택의 평균 세대수는 702세대이며, 평균 연면적은 101,952㎡로 나타났다. 인증 취득 점수의 평균은 55점으로, 일반 등급 수준임을 확인하였다. 점수와 연면적 간의 상관관계는 0.24로 약한 양의 상관관계를 보였다. 또한, 점수와 각 전문분야별 항목 간의 상관관계를 분석한 결과 에너지 및 환경오염, 물순환 관리, 재료 및 자원, 혁신적인 설계 순으로 상관관계가 있는 것으로 분석되었으며, 그 외의 분야는 약한 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 녹색건축인증 건축물은 지속적으로 확대되고 있는 추세이다. 본 연구를 통해 얻은 결과를 토대로 녹색건축 인증제도의 개편 방향을 모색할 수 있으며, 향후 본 연구에서 분석한 사항 외에 다방면으로의 분석이 필요하다.

Key Words : 녹색건축 인증제도(G-SEED), 인증취득 현황(Certification Acquisition Status)

[†] Corresponding author, E-mail: yyun20@kict.re.kr

후 기

본 연구는 "2024년 녹색건축인증 지원을 위한 기술연구 사업"의 지원을 받아 수행되었습니다. (No. 20240021-001)

기존 건물의 효과적인 그린리모델링을 위한 레트로 커미셔닝 프로세스 제안

A Retro-commissioning Process Proposal for Effective Greenremodeling of Existing Buildings

조경주*[†], 조동우*, 장대희**

KyungjooCho*[†], DongwooCho*, DaeheeJang**,

*한국건설기술연구원 건축에너지연구소, **한국건설기술연구원 건축연구본부

Abstract : The prevalence of aging buildings in Korea underscores the urgency of implementing sustainable strategies to curb carbon emissions. Green remodeling has gained traction as a viable solution, with the government spearheading various initiatives to incentivize such practices. However, despite these efforts, the actual reduction in greenhouse gas emissions has been modest, prompting a critical examination of existing methodologies. One of the primary challenges impeding the efficacy of green remodeling projects is the inherent complexity of the process. Unlike new constructions, green remodeling involves a multitude of variables, often leading to oversight in crucial aspects such as documentation and post-construction maintenance. Furthermore, meeting the diverse needs of building owners adds another layer of complexity, necessitating comprehensive monitoring and performance analysis throughout the project lifecycle. However, these critical steps are often neglected, undermining the potential impact of green remodeling initiatives. To address the aforementioned challenges and enhance the effectiveness of green remodeling projects, this paper proposes a retro commissioning process tailored specifically for such endeavors. Retro commissioning involves systematically evaluating the performance of existing building systems and implementing targeted improvements to optimize energy efficiency and sustainability. By applying retro commissioning principles to green remodeling projects, stakeholders can identify and rectify inefficiencies, ensuring that the intended environmental benefits are realized.

Key Words : Carbon emissions of existing buildings, Greenremodeling, Retro-commissioning,

[†] Corresponding author, E-mail: kyungjoocho@kict.re.kr

후 기

본 연구는 2024년도 녹색건축 인증지원을 위한 기술연구 사업의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (과제번호 : 20009795).

단독주택에 설치된 태양광 시스템과 연료전지의 연계를 위한 운영 기법 연구

A Study on Operation Scheme of Solar System and Fuel-cell in Detached House

정영선*†

Young-Sun Jeong*†

*한국건설기술연구원 건축에너지연구소

Abstract : 정부는 2050년 탄소 순배출을 제로(Zero)로 하는 탄소중립 선언을 하고 모든 사회 및 경제 영역에서 탄소중립 사회로 전환하기 위해 노력하고 있다. 이에 탄소중립 실현 및 제로에너지 건축물의 구현을 위한 기술로 수소에너지 활용 기술 및 연료전지의 보급을 추진하고 있다. 본 연구는 수소 충전소로부터 배관을 통해 수소를 공급받아 주택의 에너지원으로 하는 직결식 1kW 고분자형 연료전지(PEMFC)를 패시브하우스에 실증하고, 지붕에 설치된 7.65kW의 태양광시스템과 연계하는 최적의 운영기법을 검토하는데 목적이 있다. 먼저 1kW 규모의 연료전지에 의한 에너지(전력, 열)의 생산성능 예측을 위해 연료전지를 부분부하율에 따라 시나리오 운전을 진행하였다. 그리고 시범운전 결과를 통해 수집된 데이터를 분석하여 주택의 에너지 부하에 대응한 전력과 열(온수)의 생산량을 산출하였다. 태양광시스템과 연료전지가 설치된 실증 패시브하우스형 단독주택에서는 두 시스템의 연계를 위한 몇가지 운영기법을 도출하여 에너지 소비 최적화 및 시스템 운영 최적화 가능성을 검토하였다.

Key Words : 연료전지(Fuel Cell), 태양광 시스템(Solar System), 단독주택(Detached House), 운영 기법(Operation Scheme), 연계 운영(Linked Operation)

† Corresponding author, E-mail: sunj74@kict.re.kr

후 기

본 연구는 2024년도 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : RS-2020-KA-157909).

온실가스 감축을 위한 건축물에너지 정책방안: 뉴욕과 서울을 중심으로

Building Energy Policy to Reduce Greenhouse Gases: Focusing on New York and Seoul

김예원*[†], 유기형*

Yeweon KIM*[†], Ki-hyoung Yu*

*한국건설기술연구원

Abstract : Due to ongoing climate change, there has been a rise in economic and human casualties caused by extreme abnormal events. In Korea, following the establishment of a carbon-neutral scenario, the national greenhouse gas reduction target for 2030 was set at 40% (436.6 million tons CO₂eq) compared to 2018, aiming to achieve carbon neutrality by 2050. The central government has devised a strategy to reduce greenhouse gases in both existing and new buildings through plans to promote green building initiatives, thereby working towards the goal of carbon neutrality by 2050. As a pivotal task for new constructions, it has laid the groundwork for promoting private Zero Energy Buildings (ZEB) and mandated the green remodeling of public buildings. The goal is to introduce, in this study, a comparison of building energy policies at the city level to mitigate greenhouse gas emissions from existing buildings. New York City began regulating greenhouse gas emissions from buildings earnestly through Local Law 97 in 2024, while Seoul City plans to implement a full-scale building greenhouse gas cap system in 2026 after a pilot project starting in 2022. The policy commonality of the two cities lies in their initial implementation of a reporting system to verify building energy consumption, along with the introduction of a greenhouse gas emission rating system for each building based on this data. Additionally, targets are set and tailored for buildings of certain sizes and uses with the aim of reducing emissions. The difference lies in the approach taken by New York City, where, from a certain point onwards, the design focuses on reducing carbon emissions from the supply rather than the buildings themselves. The results of this study can serve as foundational data for Seoul's greenhouse gas cap system, which will be institutionalized in the future.

Key Words : green remodeling, green remodeling, building energy policy, existing building energy

[†] Corresponding author, E-mail: yeweon.kim@kict.re.kr

후 기

본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다(과제 번호 20240190-001, 탄소중립도시 실현 건설 디지털 플랫폼 기술 개발).

도시 탄소 중립을 위한 주거용 빌딩 에너지 손실 추정 방안에 관한 연구

A Study on the Evaluation of Energy Loss in Residential Buildings for Urban Carbon Neutrality

김수연*, 문수인*, 오지원*, 허모랑*, 오재호*[†]

Suyeon Kim*, Suin Moon*, Jiwon Oh*, Morang Huh*, Jaiho Oh*[†]

*나노웨더

Abstract : 온실가스 배출의 대부분을 차지하는 에너지 분야에서 1/4 가량을 차지하는 건물 에너지를 관리하는 것은 탄소 중립을 이루는데 중요하다. 건물의 에너지 손실은 바닥, 외벽, 창호 등 다양한 범위에서 일어나는데, 창호에서 발생하는 열 에너지 손실은 최대 40%에 이른다. 도시 차원에서 건물 에너지를 관리하기 위해서 도시 건물 창호에서 발생하는 열 에너지 손실을 추정할 수 있는 방안이 필요하다. 이전 연구에서는 연직 온도에 따라 건물 한 동의 창호에서 발생하는 열에너지 손실량을 추정하였다. 본 연구에서는 고해상도 기상 데이터 생산 플랫폼 알파멧으로 실시간 연직 기온 데이터를 생성하고, 이를 사용하여 도시 전체의 주거용 건물에서 발생하는 열에너지 손실량을 추정하였다. 실제 도시를 대상으로 선택하고, 도시의 해발고도를 일정한 구간으로 나누어 해당 고도 구간에 속하는 주거 건물을 층을 기준으로 분류하였다. 각 구간의 대표 건물을 선정하고, 대표 건물의 열에너지 손실을 추정한 후, 구간의 빈도수와 곱하여 도시 전체의 주거용 건물 창호에서 발생하는 열에너지 손실량을 추정하였다. 기존 방식인 지상 기온만을 사용한 추정 방법과 비교하여 이 방법은 건물의 해발고도와 연직 온도를 고려하여 에너지 손실을 추정해 더 정확한 결과를 얻을 수 있다. 따라서 이 결과는 도시 차원에서 열에너지 손실량을 추정하거나 건물 에너지 관리를 위한 자재별 효율을 비교할 때 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : 탄소중립(Carbon Neutrality), 건물 에너지(Building Energy), 열 손실 관리(Heat loss mangement), 실시간(Real-time), 스마트 빌딩(Smart Building)

[†] Corresponding author, E-mail: jjho2023@gmail.com

후 기

본 성과는 환경부의 재원을 지원받아 한국환경산업기술원 "신기후체제 대응 환경기술개발사업"의 연구개발을 통해 창출되었습니다. (2022003570008)

5kW급 건물 일체형 고효율 싱글드 태양광 시스템 구축 및 계획

Design and Demonstration Plan for a 5kW Building Integrated Photovoltaics PV System

김민섭^{*,**}, 윤성민^{**}, 박민준^{**}, 조은애^{**}, 전기석^{**}, 신진호^{**}, 이은비^{**},
김유진^{**}, 정채환^{**†}

Minseob Kim^{*,**}, Sungmin Youn^{**}, Min-Joon Park^{**}, Eunae Jo^{**},
Kiseok Jeon^{**}, Jinho Shin^{**}, Eunbi Lee^{**}, Yu Jin Kim^{**}, Chaehwan Jeong^{**†}

*전남대학교 전기공학과, **한국생산기술연구원 에너지나노그룹

Abstract : The global rise in anomalous climate events due to climate change has led to extensive research on zero-energy buildings worldwide. Building Integrated Photovoltaic (BIPV) systems not only exhibit lower energy efficiency compared to conventional solar power generation systems but also compromise the aesthetic appeal of buildings. Therefore, the development of modules with both aesthetic design and high power output is crucial to expanding the installation and supply of BIPV modules. In this study, patterned glass and colored glass were utilized to ensure aesthetic design. Additionally, Shingled Photovoltaic module fabrication technology was employed to produce high-power solar modules. Building upon these technologies, a demonstration system for a 5 kW integrated high-power Shingled solar module was constructed, suitable for application on building facades and roofs, measuring 2240mm X 12900mm. To facilitate the research, vertical, horizontal, and tilt illuminance meters, as well as module temperature sensors, were installed on the demonstration system. Real-time meteorological data and power generation were monitored and analyzed through a monitoring system. The comparison and analysis of the actual energy generation compared to the predicted energy generation, obtained through pre-simulation, are expected to enhance the accuracy of energy generation predictions.

Key Words : 건물일체형태양광 발전 시스템(Building-integrated photovoltaic PV system), 컬러 태양광 모듈(Color PV), 싱글드 디자인(Shingled design), 패턴 태양광 모듈(Pttern PV), 모니터링 시스템(Monitoring system)

† Corresponding author, E-mail: chjeong@kitech.re.kr

현장실증시험을 통한 저소득층 에너지 리트로핏 전략 연구

The Study on Energy Retrofit Strategies of Low-income Households by Field Demonstration Test

김서훈*[†], 남혜령*, 김경식*, 이현영*, 박종빈*
Seohoon Kim*[†], Hyeryeong Nam*, Kyeongsik Kim*,
Hyunyoung Lee*, Jongbin Park*

*한국기엘연구원 그린에너지본부

Abstract : 저소득층 가구의 경우 노후화된 건물의 특성상 건물의 에너지 효율이 매우 낮아 난방비 및 유지관리비가 증가하여 연료비/경상소득 비율이 높아지게 된다. 우리나라에서는 2007년부터 저소득층을 대상으로 에너지바우처, 전기요금 절감, 에너지 절약 가전제품 지원 등 다양한 복지 프로그램을 시행하고 있으며, 단열·창호 공사와 고효율기기 지원을 통한 에너지효율 개선으로 저소득층의 에너지 구입 비용을 줄임으로써 에너지 빈곤층 해소에 기여하기 위한 사업이 진행되고 있다. 그러나 기존 저소득층 지원 사업의 경우 노후 주택에 대한 성능 진단이 단순 치수, 도면, 건축연도 평가를 기반으로 진행되고 있다. 이로 인해 노후 주택의 성능을 정확하게 진단할 수 없게 되고, 리트로핏 전후 효과의 신뢰성이 낮아질 수 있다. 본 연구에서는 저소득층 가구 노후 주택 에너지 개선사업을 기반으로 선별된 저소득층 가구 10가구를 선정하여 창호, 벽체, 설비 상태 별 에너지 소비량을 분석하고, 이를 바탕으로 저소득층 주택의 에너지 효율을 향상 시킬 수 있는 방안을 제시하였으며, 측정된 데이터를 바탕으로 에너지 분석 시뮬레이션을 활용하여 에너지 절감 효과를 분석하였다.

Key Words : 에너지 리트로핏 (Energy retrofit), 저소득층 가구(Low-income households), 에너지 빈곤층(Energy poverty), 단열 성능 현장 측정(Thermal performance in-situ measurement)

[†] Corresponding author, E-mail: takesky@kiel.re.kr

후 기

본 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00238487, 상업시설내 공통기기 자율운전을 통한 에너지 수요효율화 기술개발 및 실증)

태양열을 이용한 창호부착형 환기유닛의 외기 예열 성능 연구

A Study on Outdoor Air Preheating Performance of Window-mounted Ventilation Unit Using Solar Power

홍채민*, 박상훈*†

Chaimin Hong*, Sanghoon Park*†

*인천대학교 도시건축학부

Abstract : 최근 코로나19 대유행으로 인하여 실내 공기질의 개선이 중요해지면서 환기에 관한 관심이 급증하고 있다. 하지만 외부 공기의 오염도가 높은 경우 자연 환기를 통한 신선 외기 도입이 어렵다. 특히 겨울철에는 낮은 온도의 외기가 실내로 유입되면서 실내의 온도가 낮아지고 이로 인한 불쾌감이 초래될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 외기를 예열하여 실내로 도입할 수 있는 방안이 필요하다. 본 연구는 창호부착형 실내 환기유닛을 개발하고 태양열을 접목시켜 신선외기의 예열이 가능한지 실험을 통해 검증하는 것을 주목적으로 한다. 또한 환기유닛의 변수에 따른 예열 및 환기 성능을 실험을 통해 비교함으로써 예열 및 환기 성능을 극대화하고자 하였다. 이를 위해 창호부착형 실내 환기유닛을 제작하고 실내 이산화탄소 농도 및 실내 유입 온도를 비교분석 하였다. 환기유닛은 열전도율이 높은 재료일수록, 덕트의 길이가 길수록 외기 예열 성능이 우수한 것으로 나타났다. 본 연구는 창호부착형 실내 환기유닛에 태양열을 접목시켜 신선외기를 예열하여 도입할 수 있음을 실험을 통해 검증하였다. 개발된 환기유닛은 특히 전열교환기가 설치되지 않은 2010년 이전 건물 적용 시 겨울철 실내 환기 부하 감소 효과가 클 것으로 기대된다.

Key Words : 창호부착형 환기 유닛(Window-mounted ventilation unit), 태양열(Solar power), 외기 예열(Outdoor air preheating), 열적 미로(Thermal labyrinth),

†Corresponding author, E-mail: shp@inu.ac.kr

후 기

이 성과는 2021년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R111A3050403).

현휘 측정 및 ECW 제어의 자동화를 활용한 시 쾌적성 향상에 관한 연구

Improving Visual Comfort Using Automation of Glare Measurement and ECW Control

이준영*, 김민상**, 유태원***, 최윤석**, 김동수*, 윤종호*[†]
 Junyoung Lee*, Minsang Kim**, Taewon Yu***, Yoonseuk Choi**,
 Dongsu Kim*, Jongho Yoon*[†]

*한밭대학교 건축공학과, **한밭대학교 전자공학과, ***한밭대학교 컴퓨터공학과

Abstract : 건물에서 창을 통해 유입되는 일사는 실내 냉·난방 부하와 조명에너지에 큰 영향을 미치며, 과도한 일사 유입은 냉방에너지 소비 증가와 더불어 재실자에게 시각적 불쾌감을 유발한다. 블라인드와 같은 다양한 일사조절 장치가 실내 환경 개선을 위해 적용되고 있으며, 그 기능에 따라 에너지 소비와 시각적 불쾌감을 감소시키고, 조명 효율 개선에 도움을 준다. 이중 전기 변색 창호(Electrochromic Window, 이하 ECW)는 전기 신호를 이용해 창문의 투과율을 조절함으로써 에너지 소비를 최적화하고 재실자의 시각적 쾌적성을 향상시킬 수 있는 진보된 기술이다. 현재까지 ECW 적용에 관한 많은 연구가 수행되었고, 실제 건물에도 적용되고 있지만, 실내 환경(시각적 쾌적성)과 에너지 효율 향상을 위한 통합적이고 효율적인 ECW 제어에 대한 분석과 기초데이터는 여전히 미흡한 실정이다. 특히 재실자의 눈부심(현휘) 정도를 실시간으로 판단하여 ECW를 효과적으로 제어하기 위해서는 수준 높은 Hardware, Software 기술과 다양한 분석 관점이 요구된다. 따라서 본 연구는 시각적 쾌적성과 조망권을 확보하기 위한 ECW 투과율 제어 실험 연구로, ECW 자동 제어 시스템이 구축된 목업과 일반 단층 아크릴판을 삽입한 목업을 비교분석하였다. ECW 자동 제어 시스템은 파이썬(Python) 언어를 활용하여 다음과 같이 구축했다.

일광 현휘 확률(Daylight Glare Probability, 이하 DGP)을 기반으로 현휘 발생 여부 판단 위해 다양한 노출도로 사진을 촬영 및 합성한다. 합성된 사진을 실내 환경의 눈부심을 평가하는 시뮬레이션 도구를 활용해 DGP를 분석하여 현휘 발생 기준 이상일 경우, ECW에 전압을 인가하여 현휘의 발생을 제한한다.

실험결과, ECW 자동 제어 시스템은 일반 단층 아크릴판 대비 현휘 발생 시간을 16% 감소시키며, 재실자의 시각적 불쾌감 없이 조망과 개방감을 유지할 수 있음을 확인하였다. 이 연구는 ECW 자동 제어 시스템의 현휘 방지 및 건축물 창문 설계 적용 가능성을 입증한다.

Key Words : 현휘(Glare), 시 쾌적성(Visual Comfort), 전기 변색 창호(Electro chromic Window, ECW), 라즈베리 파이 카메라(Raspberry Pi Camera), 자동 제어(automatic control)

[†] Corresponding author, E-mail: jhyoon@hanbat.ac.kr

후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C1092138), 이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00266248, 건물형 태양광산업 생태계 대응 전문 인력양성)

재해석자료기반 해상풍력 지역적 변동성 분석

Regional Patterns of Offshore Wind Energy Variability based on Global Reanalysis

김진영*[†], 오동건*, 김현구*

Jin-Young Kim*[†], Donggun Oh*, Hyun-Goo Kim*

*한국에너지기술연구원

Abstract : 우리나라는 2050년 탄소중립을 위해 2030년 온실가스 감축목표(NDC)를 기존 26.3%에서 40%로 대폭 상향조정하였다. 이에 정부는 제10차 전력수급계획서 2050년 재생에너지 발전비율 60.9%–70.8% 목표를 수립하였다. 최근에 유엔기후변화협약 당사국총회(COP28)에서는 2030년까지 재생에너지 발전용량을 3 배로 늘리겠다고 하는 등 재생에너지의 보급 확대에 대한 대내외 압력이 크다. 이에 정부는 해상풍력의 계획적 보급 확대를 지원하기 위해서 풍황자원, 환경정보, 그리고 기타정보를 고려하여 적합입지를 평가할 계획이다. 본 연구에서는 지난 20년 이상 풍력자원의 공간적 특징 및 장기간의 변동성을 확인하는데 사용되어 온 재해석자료(Global Reanalysis)를 중심으로 해상에서는 입지여건을 사전 검토하고자 한다.

Key Words : 해상풍력(Offshore wind), 재해석자료(Reanalysis data), 시공간변동성(Spatiotemporal variations)

[†] Corresponding author, E-mail: jinyoung.kim@kier.re.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원과 한국에너지기술연구원의 주요사업(C4-2473)의 재원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2023-00301792).

태양열을 활용한 500W-급 소형 PVT-ORC 발전 모듈 설계

Design of 500W Small Scale Photovoltaic Thermal-Organic Rankine Cycle Power Generation Module using Solar Thermal

김하성^{*,**}, 김영원^{*†}

Ha Seong Kim^{*,**}, Young Won Kim^{*†}

*한국생산기술연구원 에너지나노그룹, **한양대학교 기계공학부

Abstract : 전 세계적으로 화석 연료 고갈과 지구 온난화 문제로 인해 지속 가능한 전력 공급을 위한 기술개발이 필요하다. 이에 본 연구에서는 태양광·열 복합발전(PVT, Photovoltaic Thermal)과 유기 랭킨 사이클(ORC, Organic Rankine Cycle)을 결합한 소형 PVT-ORC 발전 모듈을 설계하였다. 목표 출력은 500W로 선정하였으며, 소형 PVT-ORC 발전 모듈은 PVT로부터 회수 가능한 열에너지를 활용하였다. ORC 사이클 설계는 SoftInWay사의 AxCYCLED을 사용하여 설계하였으며, PVT로부터 회수 가능한 열량 분석은 Siemens사의 STAR-CCM+ 프로그램을 통해 분석하였다. 작동유체는 친환경 냉매로 알려진 R1234yf, R1234ze(E), 두가지 냉매를 비교하였으며, GWP와 ODP가 낮고 저온에서의 낮은 압력 특성을 가진 HFO-R1234ze(E)를 사용하여 ORC 사이클 설계하였다. 사이클 최적 설계 결과, 약 5.7%의 열효율이 도출되었으며, 목표 출력 500W를 고려하여 터빈의 입구압력은 11.5bar, 유량은 0.056kg/s로 설계되었다. 향후 실제 태양광·열 복합모듈로부터 회수한 열에너지를 활용한 500W급 소형 ORC를 제작하여 터빈과 소형 ORC의 효율 및 출력 특성을 검증할 예정이다. 본 연구의 결과는 향후 국내 태양열을 활용한 소형 PVT-ORC 발전 모듈 개발을 위한 기반이 될 것으로 판단된다.

Key Words : 태양에너지(Solar Energy), 폐열(Waste Heat), 유기랭킨사이클(Organic Rankine Cycle), 열효율(Thermal efficiency)

[†]Corresponding author, E-mail: ywkim@kitech.re.kr

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 기본사업 "차세대 모빌리티용 AI 융합 자가발전·충전 핵심 요소기술 개발 (KITECH EH-24-0013)" 의 지원으로 수행한 연구입니다.

투광형 박막 모듈이 적용된 창호형 BIPV 시스템 열 및 전기적 특성 분석

Analysis of Thermal and Electrical Characteristics of a Window BIPV System with a Transparent Thin-film Module

이인호*, 김진주*, 양진영**, 김진희***, 김준태****†

Inho Lee*, Jinju Kim*, Jinyeong Yang**, Jinhee Kim***, Juntae Kim****†

*공주대학교 대학원 건축공학과, **공주대학교 대학원 에너지시스템공학과,

***공주대학교 그린에너지기술연구소,

****공주대학교 그린스마트건축공학과/에너지시스템공학과(대학원)

Abstract : 건물일체형 태양광(BIPV; Building Integrated Photovoltaic) 시스템은 제로에너지건축물 인증 의무화로 인해 건물 적용에 대한 관심이 증가하고 있다. 그러나, 국내 건물 특성상 높은 창면적비로 인해 외벽형 BIPV 시스템의 설치 면적이 제한적이다. 이에 따라, 창호에도 적용할 수 있는 투광형 BIPV 시스템의 관심이 대두되고 있지만, 창호형 BIPV 시스템의 열 및 전기적 특성에 대한 분석은 미비한 실정이다. 본 연구에서는, 투명 박막 기술이 적용된 창호형 BIPV 시스템을 시제작하고 이를 통해 열 및 전기적 특성에 대해 분석했다.

Key Words : 박막 PV 모듈(Thin-film PV module), 창호형 BIPV 시스템(BIPV window system), 전기성능(Electrical performance), GtoG(Glass to Glass) module

† Corresponding author, E-mail: jtkim@kongju.ac.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2023-00266248)

3D 그래핀에 고정된 ZIF-67 촉매의 산소발생반응전극 연구

ZIF-67 Nanostructures Anchored on 3D Graphene Sheets: A Non-noble Electrocatalyst for Efficient Oxygen Evolution Reaction

최다임*, Komal Patil**, 서동한***†, 박종성***†

Daim Choe*, Komal Patil**, DongHan Seo***†, Jongsung Park***†

*경상국립대학교 에너지공학과, **경상국립대학교 미래융합기술연구소,

***한국에너지공과대학 에너지공학부

Abstract : In addressing the significant challenge of enhancing the efficiency of the oxygen evolution reaction (OER) in water electrolysis, we report the synthesis and application of a novel electrocatalyst for water oxidation in alkaline conditions. The catalyst is a composite material, specifically ZIF-67 encapsulated within 3D graphene sheets, termed ZIF-67@3D graphene. The 3D graphene was deposited onto nickel foam (NF) using an inductively coupled plasma chemical vapor deposition (ICP CVD) technique, utilizing cobalt ions as the central coordinating metal and 2-methylimidazole (2-MIM) as the ligand. Following the deposition of the 3D graphene on NF, it was combined with the ZIF-67 solution and stirred to achieve the composite material. Electrochemical analysis revealed that the ZIF-67@3D graphene composite exhibits superior catalytic activity in comparison to its ZIF-67/NF counterpart. Specifically, the composite demonstrated an overpotential of 220 mV at a current density of 10 mA cm⁻² and a Tafel slope of 170 mV dec⁻¹, an improvement over the 290 mV at 10 mA cm⁻² and a Tafel slope of 174 mV dec⁻¹ observed for ZIF-67/NF. Moreover, at a current density of 50 mA cm⁻², the composite achieved an overpotential of just 380 mV. This significant enhancement in catalytic performance is attributed to the synergistic effects between the metal-organic framework (MOF) and the graphene, leading to increased current density and reduced overpotential.

Key Words : ZIF-67, OER, 3D Vertical graphene sheets(3D 수직 그래핀 시트), MOF, ICP CVD

† Corresponding author, E-mail: dhseo@kentech.ac.kr, j.park@gnu.ac.kr

후 기

본 연구는 한국정부(MOTIE)(RS-2023-0030745)의 지원을 받은 한국에너지기술평가기획원(KETEP)의 지원을 받은 것으로, 한국교육부와 국책연구재단(제1345356213호)이 지원한 '산학협력 선도기업 3.0' 사업의 지원을 받은 것입니다.

시공간 태양광 발전량 데이터 소개 및 활용

Introduction and Utilization of Spatiotemporal Photovoltaic Power Data

오명찬*, 김창기*, 김보영*, 윤창열*, 김현구*[†]
Myeongchan Oh*, Chang Ki Kim*, Changyeol Yun*,
Boyoung Kim*, Hyun-Goo Kim*[†]

*한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구실

Abstract : 신재생에너지는 지구 환경 문제를 해결할 수 있는 기술로 꾸준히 주목받고 있는 기술이며 머신러닝, 빅데이터, 딥러닝 등의 기술들은 최근 두드러진 성능 향상으로 많은 관심을 받고 있다. 국내 전 지역을 고해상도로 포함하는 대용량 시공간 태양광 발전량 데이터는 이러한 추세에 가장 적합한 데이터로 볼 수 있으며 많은 활용이 가능하다. 본 발표에서는 최근 공공데이터포털에 공개된 시공간 태양광 발전량 데이터에 대한 소개와 그 활용 예시를 진행한다. 해당 데이터는 한국에너지기술연구원에서 자체적으로 제작한 자료로서 그 신뢰성이 증명되었으며 이미 많은 영역에서 활용되고 있다. 본 발표가 향후 해당 데이터의 홍보와 활용에 도움이 될 것으로 기대된다.

Key Words : 태양광(Photovoltaic), 일사량(Solar irradiance), 잠재량(Potential), 머신러닝(Machine learning), 자원지도(Resource map)

[†] Corresponding author, E-mail: hyungoo@kier.re.kr

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업(C4-2423)을 재원과 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구과제(20223030010090)의 결과입니다.

캠퍼스 주차타워의 태양광 발전 및 에너지 저장 시스템 설계와 기술적 잠재량 분석

Design and Technical Potential Analysis of Photovoltaic and Energy Storage Systems in Campus Parking Towers

홍지민*, 최요순*[†]

Jimin Hong*, Yosoon Choi*[†]

*국립부경대학교 에너지자원공학과

Abstract : 2023년 7월 5일 전기사업법이 재생에너지로 생산한 전력을 에너지 저장 시스템 등에 저장한 후, 한국전력을 거치지 않고 전기 수요자에게 바로 공급할 수 있도록 일부 개정되었다. 따라서 태양광 발전 시스템에서 생산된 전력을 에너지 저장 시스템에 저장한 후 전기차 충전 사업에 활용하는 방안도 검토할 수 있다. 본 연구에서는 국립부경대학교를 대상으로 태양광 발전 및 에너지 저장 시스템이 도입된 가상의 주차타워를 설계하고, 기술적 잠재량을 분석하였다. 캠퍼스의 3차원 모델을 생성하였고, 태양의 위치에 따른 그림자 영향을 분석하여 주차타워에 설치될 태양광 패널의 크기, 배치, 거치 방법을 결정하였다. 태양광 발전 및 에너지 저장 시스템 설계 결과를 이용하여 에너지 시뮬레이션을 수행한 결과, 주차타워에서 연간 278 MWh의 전력이 생산될 수 있는 것으로 추정되었다. 이는 배터리 총 용량인 58 kW인 아이오닉5 전기차 기준 연간 6,850대, 일간 18대 충전 할 수 있는 양이다. 또한, 경제적 가치는 연간 발전량을 전기차 충전 요금으로 환산했을 때 약 96,560 천원이며, 이산화탄소 감축 효과는 약 133 톤으로 분석되었다.

Key Words : 태양광 발전 시스템(Photovoltaic system), 에너지저장시스템(Energy storage system), 주차타워(Parking tower), 기술적 잠재량(Technical potential)

[†] Corresponding author, E-mail: energy@pknu.ac.kr

해외 해상풍력 바람지도 생산 기술 조사

Review of Offshore Wind Resource Simulation Techniques

김진영*[†], 오동건*, 김창기*, 김현구*

Jin-Young Kim*[†], Dong-Geon Oh*, Chang Ki Kim*, Hyun-Goo Kim*

*한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구실

Abstract : 해상풍력자원지도는 풍력발전사업, 국가 재생에너지 공급 정책의 핵심자료이다. 본 연구에서는 풍력자원 해석기술의 개발 동향을 검토하고 시사점을 논의하였다. 국가별 해상풍력자원지도 개발하여 활용하고 있는 대표적인 국가는 유럽연합(덴마크), 미국, 그리고 일본이며, 이들을 중심으로 풍력자원지도 생산 기술 및 활용 현황을 분석하였다. 기본적으로 풍력자원지도의 품질 향상을 위해 수치해석 기술을 업그레이드 해오고 있다. 이들의 개발 전략은 앙상블 중규모 수치해석과 중규모-미세규모 모델의 커플링이었고 그 외 모델내 물리해석기법들의 적용은 지역마다 다른 것으로 확인되었다. 따라서 최근 진보된 수치모델을 도입하고 우리나라 풍황 특성을 고려하여 최적의 실험디자인을 도출해야 할 것으로 보인다. 특히 행성경계층에서의 연직고도의 상세한 반영은 공통점으로, 이는 대형화된 풍력터빈을 고려하여 최적의 풍력발전소 후보지 발굴에 적합하도록 장기간의 풍황 정보를 정확하게 제공하기 위한 제안사항인 것으로 보인다.

Key Words : 해상풍력(Offshore wind), 풍력자원지도(Wind resource map), 수치해석(Numerical model), 유럽(Europe), 미국(USA), 일본(Japan)

[†] Corresponding author, E-mail: jinyoung.kim@kier.re.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원과 한국에너지기술연구원의 주요사업(C4-2473)의 재원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2023-00301792).

위성영상 기반 일사량 데이터의 해상도 향상을 위한 디퓨전 모델 활용 연구

Use of Diffusion Models for Enhancing the Resolution of Satellite based Solar Irradiance Data

구지윤*, 박형동**,***†

Jiyeon Ku*, Hyeong-Dong Park**,***†

*서울대학교 에너지시스템공학부, **서울대학교 에너지자원공학과,

***서울대학교 에너지자원신기술연구소

Abstract : 일사량 예측은 태양 에너지 발전의 효율성과 경제성 평가에 중요한 요소이다. 일사량 예측에는 일사량 데이터 및 구름 데이터와 같은 위성 기반 데이터가 핵심적 역할을 하지만, 제한된 해상도로 인해 정밀한 분석을 수행하기 어렵다. 또한, 다양한 위성 데이터를 활용할 때 각각 해상도가 달라 동일하게 맞춰주는 작업이 추가로 필요하다. 예측 모델의 정확도를 높이기 위해서는 보간법을 통해 인접 픽셀 값으로 빈 영역을 채워 해상도를 개선하는 초해상도(Super-Resolution) 기법이 사용된다. 그러나 단순 보간법은 물리적 현상을 뭉개는 경향이 있어 구름량, 에어로졸 등의 다양한 요인에 의해 변화하는 일사량 데이터의 실제 현상을 반영하는 데 한계가 있다. 최근 영상 처리 분야에서 딥러닝 기반 디퓨전 모델(Diffusion models)이 저해상도와 고해상도 데이터 사이의 노이즈를 조건부 확률을 통해 학습하여 해상도를 효과적으로 향상시킬 수 있는 뛰어난 방법으로 주목받고 있다. 본 연구에서는 이러한 디퓨전 모델을 위성 기반 일사량 데이터의 해상도 향상에 적용하였으며, 기존 통계적 방법 및 딥러닝 기반 초해상도 기법과의 비교를 통해 디퓨전 모델의 적용 가능성을 탐색하였다. 연구 결과, 디퓨전 모델은 일사량 데이터의 해상도를 향상시키는데 있어 물리적 현상의 세밀함을 유지하며 해상도를 효과적으로 개선할 수 있는 강력한 도구임을 보여준다. 이는 일사량 예측의 정확도를 높이는 데 결정적인 역할을 할 수 있으며, 향후 다양한 위성 기반 데이터의 해상도 향상에도 활용될 수 있다.

Key Words : 일사량 예측(Solar irradiance prediction), 디퓨전 모델(Diffusion models), 위성일사량(Satellite based solar irradiance), 위성영상(Satellite image), 초해상도(Super-Resolution)

† Corresponding author, E-mail: hpark@snu.ac.kr

후 기

본 연구는 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (0456-20220020, 스마트 마이닝 전문 인력 양성)

RER-P-5

풍력분야 국가중점데이터 풍속 가속비율 생산 및 검증

Production and Verification of Wind Speed-up Ratio as a National Core Data

김보영*†, 김진영*, 김창기*, 김현구**

Boyoung Kim*†, Jin Young Kim*, Chang Ki Kim*, Hyun-goo Kim**

*한국에너지기술연구원 신재생빅데이터연구소, **한국에너지기술연구원 신재생에너지연구소

Abstract : 풍력 자원 평가는 풍력 발전소의 예비 타당성 조사에 필수적이다. 특히, 기상측정탑 (Met-Mast) 데이터가 풍력 자원 평가에 있어 가장 신뢰할 수 있는 데이터임에도 불구하고, 그 설치 비용이 약 1억 원에 달하는 고가이다. 기상탑을 설치하고 측정을 최소 1년간 수행하였는데 그 결과가 좋지 않다면 그대로 매몰비용이 되는 것이다. 따라서 설치 위치 결정 전 적절한 사이트 선정을 위한 풍력 자원 지도의 활용이 필요하다. 한국에너지기술연구원(KIER)은 격자별, 고도별 풍속 가속비율(wind speed-up ratio)을 국가 핵심 데이터로 공개하였으며, 이 데이터는 100m x 100m의 공간 해상도와 30도의 각도 해상도로 제공된다. 본 연구에서는 40, 80, 120, 160, 200m의 다양한 고도에서 제공된 국가중점데이터를 바탕으로, CFD(Computational Fluid Dynamics, 전산 유체 역학) 기술을 활용하여 지형 효과를 고려한 풍속 가속비를 계산하였다. 또한, 200m 풍속 및 가속율을 사용하여 낮은 고도에서의 풍속을 추정하고, 최종적으로는 이러한 풍속 가속비와 ERA5의 200m 풍속 데이터를 활용하여 40, 80, 120, 160, 200m에서의 국가 풍력 자원 지도를 작성할 것이다. 이러한 연구 결과는 풍력 발전의 사전 타당성 분석 및 효율적인 자원 활용에 기여할 것으로 기대된다.

Key Words : 가속비율(Speed-up ratio), 전산유체역학(Computational fluid dynamics), 풍력 자원(Wind resource), 지형효과(Terrain effect), 풍력자원지도(Wind resource map)

† Corresponding author, E-mail: bykim@kier.re.kr

후 기

본 연구는 2024년도 한국에너지기술연구원 기본연구사업으로 수행한 결과입니다. (과제번호: C4-2423).

태양열발전(CSP) 및 태양연료 개발 동향 (IEA SolarPACES 제105차 집행위원회)

The Trend of CSP & Solar Fuel Development in IEA SolarPACES (The 105th SolarPACES ExCo Meeting)

강용혁*[†], 김창기*, 김진영*, 김보영*, 오명찬*, 윤창열*, 김현구*
Yongheack Kang*[†], Changki Kim*, JinYoung Kim*, Boyoung Kim*,
MyeongChan Oh*, ChangYeol Yun*, Hyungoo Kim*

*한국에너지기술연구원

Abstract : SolarPACES(Solar Power and Chemical Energy Systems) has played a formative role in CSP research from the very earliest days beginning in 1977, and the role has widened as the market for dispatchable solar has become more defined to today's commercial deployment at full-scale.

The SolarPACES Executive Committee (ExCo) is responsible for control and supervision of the SolarPACES Program as a whole. Individual members of the Executive Committee represent their national Contracting Party. The SolarPACES vision is that these concentrated solar power (CSP) technologies contribute significantly to the delivery of clean, sustainable energy worldwide. Under the International Energy Agency (IEA) Technology Collaboration Programme (TCP) SolarPACES coordinates international researchers and thermal solar industry experts in conducting research.

To realize this mission; SolarPACES coordinates and advances concentrating solar technology research, by focusing on the next generation of technologies; by providing information and recommendations to policy makers and by organizing international conferences, workshops, reports and task meetings.

In this paper, CSP & Solar Fuel trends are introduced in term of contents of 105th SolarPACES ExCo Meeting. (2023. 10.09-10.14, Sydney Australia)

Contents of this paper are each task (solar thermal power, solar fuel, test guideline, insolation, water treatment) issues and country reports.

Key Words : 세계에너지기구(IEA), 태양열발전(Solar Thermal Power), 태양수소(Solar Hydrogen), 태양열발전집행위원회(SolarPACES ExCo Meeting), 고집광태양열발전(CSP, Concentrated Solar Power)

[†] Corresponding author, E-mail: yhkang@kier.re.kr

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원 주요연구사업으로 수행한 결과입니다. (No: C4-2423).

재사용 배터리를 활용한 이동형 ESS의 피크부하 대응 및 탄소 배출 감축 효과

Peak Load Response and Carbon Emission Reduction Effect of Mobile ESS Using Reused Batteries

주재현*, 이근형*, 김미성*†

Jaehyun Joo*, Keunhyung Lee*, Misung Kim*†

*한국화학융합시험연구원

Abstract : 리튬이온배터리(LIBs)는 긴 사이클 수명, 높은 에너지밀도, 높은 쿨롱 효율 등의 장점으로 인하여 전기자동차나 에너지저장시스템(ESS, Energy Storage System)으로 널리 사용되고 있다. 일부 에너지 관련 기업은 이미 전기 자동차 배터리를 재사용하여 ESS의 배터리팩을 구성하고 운용하기 위한 연구를 수행하고 있다. 전기자동차 배터리로써 사용된 이후, EOL(End of Life)의 기준이 비교적으로 완화된 어플리케이션에 재사용되면 배터리 생애주기 전반에 걸쳐 배터리의 가용 기간이 크게 연장되기 때문에 경제적, 환경적 이점을 제공할 수 있다. 그러나 재사용 배터리의 충전 및 방전 과정을 반복함에 따라 배터리의 성능이나 내부 특성이 변화하며, 이는 화재 사고로 이어질 수 있다. 특히 다수의 전기차 배터리 셀을 직병렬로 구성하여 MESS로 재사용할 경우, 셀 간 열화 수준의 차이가 발생함에 따라 전체 배터리 시스템의 안전성 및 신뢰성 문제가 발생한다. 따라서, 이러한 화재 및 안전사고에 대응하기 위해 조기 감지 및 모니터링 시스템을 적용한 이동형 에너지저장시스템 제작하고, 실증을 통해 이동형 에너지저장시스템의 경제성 및 탄소 배출 저감 효과에 대해 고찰하였다.

Key Words : 리튬이온배터리(Lithium-ion battery), 이동형 에너지저장시스템(Mobile ESS), 화재 억제(Fire suppression), 재사용 배터리(Reused battery), 탄소 저감(Carbon emission reduction)

† Corresponding author, E-mail: maria@ktr.or.kr

후 기

본 연구는 2024년도 소방청의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 2001-8875)

상변화물질(PCM)을 이용한 열에너지 저장 및 성능향상 기술 개발

Development of Thermal Energy Storage and Performance Improvement Technology using Phase Change Material (PCM)

김성수*[†], 이종훈**

Seongsu Kim*[†], Jonghoon Lee**

*한국공학대학교 융합기술에너지대학원, **한국에너지기술평가원

Abstract : 글로벌 최종에너지 소비는 대부분 열의 형태로 소비(51%)되고 있으나 재생에너지를 통한 공급은 10% 내외에 불과(Source : REN21, 2022)하다. 재생에너지의 보급확대를 위해서는 변동성을 극복하고 전기품질을 유지하기 위한 신뢰성 기반 기술로 장주기 대용량 에너지저장기술이 필수적이다. 재생에너지 발생 전력(또는 열)은 변동성과 낮은 저장성으로 활용에 제약이 따르므로 잉여 전력을 他에너지로 변환하여 산업-건물-수송분야로 활용을 확대하는 것이 섹터커플링 기술이다. 에너지저장기술은 (As-is) 재생에너지의 계통안정화를 위한 LiB(화학적), 양수(물리적)의 저장방법이 주류이나, (To-be) 최근 확장성과 저장밀도가 높은 열(융합)형태 저장 기술(Thermal energy storage, TES)개발이 이루어 지고 있다. 열저장 방식은 현열저장, 잠열저장, 화학반응 열저장이 있으며, 상변화 물질(Phase change materials, PCMs)을 사용하는 잠열 저장(Latent heat storage, LHS)은 등온상변화와 높은 에너지 밀도 및 장기 내구성으로 인해 현열 저장보다 더 높은 잠재적 가치를 가지고 있다. 잠열저장은 Core 물질(Water gel, Salt Hydrates, Paraffin 등)개발과 형태안정-상변환소재(Form-stable PCM), Capsulation, 고온·고압 축열, 그리고 하이브리드 나노 복합체(HyNPCM), 탱크 및 운영 시스템개발이 필요하다. 특히 코팅기술은 외부로 열에너지가 유출되는 것을 방지하기 위하여 캡슐화하고 캡슐 내부에 PCM 소재를 넣어 온도 유지와 조절을 담당한다. 코팅 재료로는 알긴산나트륨(Sodium alginate) 등이 주로 사용되며, 상전이 중 체적 변화를 조절하는 동시에 열 효율을 보존하는 성능향상 기술개발을 추진하고 있다.

Key Words : 열에너지저장(Thermal energy storage), 상변화물질(Phase change materials), 캡슐화 및 코팅기술(Encapsulation and coating technology), 섹터커플링(Sector coupling), 성능지표(Performance indicators)

[†] Corresponding author, E-mail: sskim0504@tukorea.ac.kr

S2H-P-1

나노임프린트 리소그래피와 전기증착으로 형성된 주기적 배열을 가진 BiVO₄/WO₃ 나노로드에 의한 PEC 성능 향상

Enhancement of PEC Performance via Periodically Arranged BiVO₄/WO₃ Nanorods Fabricated through Nanoimprint Lithography and Electrodeposition

이호영^{*,**}, 최준혁^{*}, 박종혁^{**}, 이지혜^{*†}

Hoyoung Lee^{*,**}, Jun-Hyuk Choi^{*}, Jong Hyeok Park^{**}, Jihye Lee^{*†}

*한국기계연구원 나노리소그래피연구센터, **연세대학교 화공생명공학과

Abstract : 광전기화학(PEC) 물분해는 태양광을 활용해 물을 분해하고 수소를 생산하는 혁신적 방법으로 주목받고 있다. 텅스텐옥사이드(WO₃)는 탁월한 전하 수송 능력을 제공하며, 비스무스 바나데이트(BiVO₄)는 물 산화 반응에 적합한 광흡수 특성을 갖추고 있다. 특히, 이중접합구조의 BiVO₄/WO₃ nanorod는 BiVO₄의 한계인 짧은 캐리어 확산 거리를 극복하였고, 주기적으로 정렬된 나노구조는 광자 밴드갭 구조를 이용해 빛 흡수를 조절하여 PEC 성능 향상시켰다. 현재, 소면적 광전극 제작과 제한된 정렬 구조에 대한 연구가 주를 이루고 있으므로, 높은 PEC 성능을 유지하면서 대면적화 할 수 있는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 나노임프린트 리소그래피와 전기증착 기술을 통해 주기적으로 배열된 WO₃ 나노로드를 성공적으로 제작하고, 이 위에 BiVO₄를 코팅하여 PEC 물분해에 활용하였다. 주기적으로 배열된 WO₃ 나노로드의 높이에 따른 광흡수도를 측정하였고 주기적으로 배열된 BiVO₄/WO₃nanorod의 PEC 성능을 확인하였다. 결과적으로, 주기적으로 배열된 BiVO₄/WO₃나노로드는 기존 평면 필름 구조에 비해 우수한 PEC 성능을 보였으며, 대면적 광전극 제작 후에도 PEC 성능 저하가 상대적으로 적은 것을 확인하였다.

Key Words : 나노임프린트 리소그래피(Nanoimprint lithography), 전기증착(Electrodeposition), 텅스텐옥사이드(Tungsten oxide), 비스무스바나데이트(Bismuth vanadate), 광전기화학 물분해(Photoelectrochemical water splitting)

† Corresponding author, E-mail: jihyelee@kimm.re.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE, Korea)가 지원하는 기술혁신사업(20019400), 한국기계연구원 기초연구프로그램(NK248B), 2022년 중소벤처기업부 지원 산학연 플랫폼 협력 R&D과제(S3311782)의 지원을 받아 수행되었습니다.

BiVO₄ 광전극 기반 태양광수전해의 효율향상을 위한 BiVO₄ 나노 입자 크기 제어

Controlling the Size of Nanoparticles of BiVO₄ Photoanode for Enhancing Photoelectrochemical Performance

이지혜*[†], 임한이*^{**,*}, 김종백**

Jihye Lee*[†], Hanyi Im*^{**,*}, Jongbaek Kim**

*한국기계연구원 나노융합연구본부, **연세대학교 기계공학과

Abstract : BiVO₄는 가시광선 흡수가 가능한 낮은 밴드 갭, 화학적 안정성, 풍부한 매장량 등의 장점으로 인해 광전기화학적(PEC) 수소 생산을 위한 광양극재료로서 매우 유망하다. BiVO₄ 광양극의 PEC 성능을 향상시키기 위해 원소 도핑, 형상, 결합, 또는 입자의 크기 제어 등과 같은 연구가, 주로 작은 면적의 광양극에만 적용되었으며, PEC 수소 생산의 산업화를 위해서는 더 효과적이고 확장 가능한 접근 방식이 여전히 필요하다. 본 연구에서는 PEC 성능을 향상시키기 위해 열압착 공정을 적용하였다. 열압착 공정이 적용된 경우, 처리되지 않은 BiVO₄에 비해, BiVO₄ 필름의 입자 크기가 증가함을 확인하였다. 열압착 공정의 온도와 시간을 변화 시킴에 따라, 광전류 밀도를 최대한 증가시킬 수 있는 최적의 공정조건을 탐색하였다. 나노입자의 형상 및 크기, 광흡수스펙트럼, 입사 광자-전자 변환 효율을 분석하였고, 열가압 BiVO₄ 광전극의 향상된 PEC 성능은 입자 및 입자 크기 증가로 인해 전자 전달이 용이해진 덕분임을 발견하였다. 열가압 공정이 BiVO₄ 기반 PEC 수소 생산의 산업화에 상당히 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : 열가압(Thermocompression), 산화 비스무트 바나듐 (BiVO₄), 광양극(Photoanode), 입자 크기(Particle size)

[†] Corresponding author, E-mail: jihyelee@kimm.re.kr

후 기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (2020M3D1A2101787), project for Industry-University-Research Institute Platform cooperation R&D funded Korea Ministry of SMEs and Startups in 2022(S3311782), and Basic Research Fund of the Korea Institute of Machinery and Materials (NK248B).

DFT 계산을 통한 비스무트에서의 질소 및 질소산화물 환원반응 연구

Comparative Activation Analysis of Nitrogen and Nitrogen Oxides Reduction on Bismuth Catalysts via Computational DFT Studies

이동규*, 안태용*, 정유진*, 최동인*, 김태훈**, 김민철***, 김정규***, 심욱*†

Dong-Kyu Lee*, Tae-Yong An*, Yujin Jeong*, Dongin Choi*,
Tae-Hoon Kim**, Min-Cheol Kim***, Jung Kyu Kim***, Uk Sim*†

*한국에너지공과대학교, **전남대학교 신소재공학부, ***성균관대학교 신소재공학부

Abstract : The exploration for efficient methods to produce ammonia, crucial for fertilizers and hydrogen energy, has led to investigating alternatives to the energy-intensive Haber-Bosch process. Electrochemical ammonia synthesis, where the choice of catalyst is pivotal, presents a promising avenue. Bismuth, owing to its distinctive electronic properties, particularly its p-electron configuration, has surfaced as a potential candidate. Addressing this, our study employs density functional theory (DFT) calculations to delve into the ammonia synthesis process on bismuth surfaces. Through a fusion of theoretical insights and experimental validation, we elucidate bismuth's selectivity and propose strategic coordination strategies to enhance the electrochemical reduction of ammonia. This study underscores the potential of DFT calculations in optimizing bismuth catalysts for electrochemical ammonia synthesis.

Key Words : 질소환원반응(Nitrogen reduction reaction), 질소산화물 환원반응(Nitrate reduction reaction), 비스무트 나노입자(Bismuth nanoparticle), 밀도범함수 계산(DFT calculation)

† Corresponding author, E-mail: usim@kentech.ac.kr

S2H-P-4

저가 구리-철 촉매를 활용한 지속가능한 전기화학적 요소 합성

Low-cost CuFe Catalyst for Electrochemical Urea Production from Nitrate and Carbon Dioxide

최진욱*, 안태용*, 임효정*, 최동인*, 심욱*^{**,†}

Jinuk Choi*, Tae-Yong An*, Hyojung Lim*, Dongin Choi*, Uk Sim*^{**,†}

*한국에너지공과대학교 에너지공학부, **닐사이언스

Abstract : The global urea market surpasses \$131.54 billion in 2023 and continues to expand. However, conventional urea synthesis heavily relies on Bosch-Meiser processes, employing CO₂ and NH₃ under harsh conditions, contributing to over 1% of global energy consumption. To address this challenge, attention has turned to electrochemical urea synthesis, offering cost-effective and environmentally friendly production methods. These electrochemical production methods could utilize renewable energy sources such as solar, wind, and tidal energies. Electrochemical urea synthesis from nitrate (NO₃⁻) and CO₂ demands enhancements in both the NO₃⁻ reduction reaction (NO₃RR) and the CO₂ reduction reaction (CO₂RR).

In this investigation, low-cost CuFe nanoparticles (NPs) serve as catalysts for urea electrosynthesis. Copper (Cu) and iron (Fe), abundant earth metals (EAMs), demonstrate promising catalytic activity for CO₂RR and NO₃RR, respectively. The disparity in work function between Cu (4.7 eV) and Fe (4.5 eV) prompts electron transfer from Fe to Cu, inducing a positive charge state in Fe (δ^+) and a negative charge state in Cu (δ^-), facilitating the adsorption of NO₃⁻ onto the Fe surface and CO₂ onto the Cu surface.

We present CuFe NPs as catalysts for electrochemical urea synthesis from NO₃⁻ and CO₂, demonstrating excellent electrocatalytic activity and Faraday efficiency. Synthesized urea is detected via the DAMO method, with NMR analysis revealing a distinctive peak corresponding to the C-N bond.

Key Words : 촉매(Catalyst), 그린 요소(Green Urea), C-N 결합 형성 (C-N Bond Formation), 태양에너지 (Solar Energy), 전기화학(Electrochemistry)

[†] Corresponding author, E-mail: usim@kentech.ac.kr

수소 생산을 위한 니켈과 구리의 결합 효과를 기반으로 한 이종금속 기반 촉매에서의 친환경 암모니아 산화

Eco-friendly Ammonia Oxidation on a Bimetal-based Catalyst Based on the Combined Effect of Ni and Cu for Hydrogen Production

조찬민*, 전민서*, 최동인*, 심욱*.[†]

Chanmin Jo*, Minseo Jeon*, Dongin Choi*, Uk Sim*.[†]

*한국에너지공과대학교 에너지공학부, ** (주)닐사이언스

Abstract : Carbon neutrality is important for sustainable development. Hydrogen is receiving attention as an alternative energy source to fossil fuels to achieve carbon neutrality. Hydrogen is a good energy source, but it has weaknesses in transportation. Attempts are being made to improve this by using hydrogen carriers. Ammonia, a representative hydrogen carrier, is attracting attention due to its high transportation efficiency and established transportation infrastructure. This ammonia can be decomposed electrochemically, which competes with water electrolysis. In theory, more effective hydrogen generation is possible compared to water electrolysis based on an ammonia oxidation reaction with low reaction energy. In this study, NiCu based catalyst containing non-precious metal catalysts Ni and Cu was manufactured and the ammonia oxidation reaction was confirmed. Based on the NiCu based catalyst, we present the possibility of using ammonia as a hydrogen carrier in a more sustainable and eco-friendly way by utilizing solar energy, a renewable energy, in this hydrogen energy conversion process for non-precious metal-based catalysts.

Key Words : 수소 생산(Hydrogen production), 수소 캐리어(Hydrogen carrier), 암모니아 산화(Ammonia oxidation), 암모니아 전해(Ammonia electrolysis), 비귀금속 기반 촉매(Non-precious metal based catalyst),

[†] Corresponding author, E-mail: usim@kentech.ac.kr

후 기

This work was supported by Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government (MOTIE) (No. RS-2023-00242227, Clean Hydrogen and Ammonia Innovation Research Center)

S2H-P-6

몰리브덴 디칼코제나이드 촉매를 이용한 지속가능한 전기화학적 암모니아 합성

Sustainable Electrochemical Ammonia Synthesis Using Molybdenum Dichalcogenides Catalysts

임효정^{*‡}, 최진욱^{*‡}, 최동인^{*}, 심욱^{*‡}

Hyojung Lim^{*‡}, Jinuk Choi^{*‡}, Dongin Choi^{*}, Uk Sim^{*‡}

*한국에너지공과대학교 에너지공학부

Abstract : Ammonia (NH₃) plays a vital role in various human applications, such as fertilizers, pharmaceuticals, and carbon-free energy fuel. Current methods of ammonia production mostly use the Haber-Bosch method, which results in high energy consumption and environmental burden. As an alternative to this problem, electrochemical nitrate reduction reaction (NO₃ RR), which is energy efficient and environmentally friendly, is gaining attention. Moreover, if the electricity required for ammonia synthesis can be obtained from sustainable sources such as solar energy, electrochemical ammonia synthesis becomes a sustainable option. Molybdenum dichalcogenides are employed as catalysts owing to their two-dimensional structure, large surface area, and adjustable electrical properties. Nonetheless, these catalysts encounter issues like low electrical conductivity and high hydrogen evolution reaction (HER) activity. To address these issues, reduced graphene oxide (rGO) is added to improve NO₃ RR activity and selectivity. MoSSe/rGO catalysts exhibit notable yield rate of 3511.9 μg/h cm² (at -0.6 V vs. RHE) and 70 % faradaic efficiency (at -0.2 V vs. RHE) in 1 M KOH and 0.1 M NaNO₃ solution. This research not only aims to produce ammonia by eliminating environmentally harmful nitrate but also utilizes solar energy for sustainability, advancing our understanding of sustainable electrochemical ammonia synthesis.

[‡]Hyojung Lim and Jinuk Choi contributed equally.

Key Words : 전기화학적 암모니아 합성(Electrochemical ammonia synthesis), 그린 암모니아(Green Ammonia), 질산염 환원 반응(Nitrate reduction reaction), 태양에너지(Solar energy), 지속가능성(Sustainability)

[†] Corresponding author, E-mail: usim@kentech.ac.kr

산소발생전기촉매의 효율 향상을 위한 ZIF-67과 IrO₂의 복합촉매 전극 개발

Development Composite Catalyst Electrode of ZIF-67 and IrO₂ for Improve the Efficiency of Oxygen Evolution Electrocatalysis

조세연*, 서동한***, 박종성**†

Seyeon Cho*, Donghan Seo***, Jongsung Park**†

*경상국립대학교 에너지시스템공학과, **경상국립대학교 에너지공학과,

***한국에너지공과대학교 에너지공학부

Abstract : In the oxygen evolution reaction(OER) of typical water electrolysis, electron and O-O bond are formed through the multiple electron transfer steps. As a result, OER is a significant factor limiting the overall efficiency of water electrolysis. Therefore, developing OER electrocatalysts is essential for enhancing the performance of water electrolysis. Over the past few years, noble metal-based catalyst(e.g., Ir, Ru, Pt, Au and Rh), transition-metal-based catalysts(e.g., Co, Ni, Mn, Fe and Cu) and metal-organic framework(MOF) based catalysts have been investigated as a electro-catalyst for OER. Here, we have created a composite catalyst by combining IrO₂ nanoparticles with Co-based zeolitic imidazolate framework(ZIF-67) to induce synergistic effects in the catalysis of ZIF-67. Furthermore, ZIF-67/IrO₂ was attached to the Ni foam(NF), which is known for its excellent OER activity. For manufacture electrodes, we applied two different approaches. the first approach is stirring and hydrothermal method of pre-synthesized IrO₂ nanoparticle, ZIF-67 precursor materials and Ni foam(IrO₂@ZIF-67_NF). The second approach is pre-synthesized ZIF-67 powder and IrO₂ nanoparticle solution conducted slurry process to attached on the Ni foam(ZIF-67_IrO₂_NF). We found that the overpotential of the IrO₂@ZIF-67_NF was 386mV@50mA/m², and that of the ZIF-67_IrO₂_NF was 320mV@50mA/m². SEM/EDS analysis confirmed that ZIF-67_IrO₂_NF had more IrO₂ nanoparticles attached on the Ni foam on average than IrO₂@ZIF-67_NF. Therefore, we achieved stable and effective attachment of IrO₂@ZIF-67 onto Ni foam through hydrothermal synthesis. However, it is estimated that the slurry process of ZIF-67_IrO₂ improved the catalytic active surface area through high selectivity and dispersion of IrO₂ nanoparticles.

Key Words : Oxygen evolution reaction(OER), Co-based zeolitic imidazolate(ZIF-67), IrO₂ nanoparticle, Hydrothermal, Slurry

† Corresponding author, E-mail: j.park@gnu.ac.kr

후 기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부 재원으로 신재생에너지핵심기술개발(R&D)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : RS-2023-00303745).

S2H-P-8

비등방식각으로 산소공극생성을 통한 Co-MOF 산소발생반응전극의 효율 향상 연구

Post-treatment Induced Anisotropic Growth of MOF-derived Surface Modified Heterogeneous Catalyst for Efficient Oxygen Evolution Reaction

조유진*, Komal Patil**, 박종성***†

Yujin Jo*, Komal Patil**, Jongsung Park***†

*경상국립대학교 에너지시스템공학과, **경상국립대학교 미래융합기술연구소

***경상국립대학교 에너지공학과

Abstract : In this study, introduce a novel method for synthesizing Co-MOF directly immobilized onto a Ni foam substrate via hydrothermal synthesis, departing from conventional powder-based techniques with binders. This direct attachment approach yields robust Co-MOF@NF hybrid catalysts efficiently. Subsequent treatment with sodium borohydride introduces oxygen vacancies into the Co-MOF structure.(Red.1h Co-MOF@NF). The resulting material, Red.1h Co-MOF@NF, exhibits significantly enhanced oxygen evolution reaction (OER) activity compared to pristine Co-MOF@NF. Notably, Red.1h Co-MOF@NF shows a reduced overpotential of 235 mV to achieve a current density of 10 mA cm^{-2} , compared to the 300 mV overpotential required by pristine Co-MOF@NF. Moreover, the Red.1h Co-MOF@NF catalyst displays exceptional stability, maintaining a current density of 50 mA cm^{-2} for over 48 hours, underscoring its promising practical applications. This study's integration of direct hydrothermal attachment, oxygen vacancy engineering, and enhanced OER performance represents a significant step forward in the development of efficient and stable electrocatalysts for energy conversion applications.

Key Words : 수전해(Water Electrolysis), 코발트 기반 MOF(Co-MOF), 수열합성기법(Hydrothermal) 과전압(Over Potential)

† Corresponding author, E-mail: j.park@gnu.ac.kr

후 기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MEST) (RS-2023-00257494), and this work was supported by Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) grant funded by the Korea government(MOTIE) (RS-2023-0030745)

효율적이고 내구성이 우수한 다성분 수전해 촉매의 이종계면 특성에 대한 이해

Understanding the Heterogeneous Interfacial Property of Multi-component Catalysts toward Efficient and Durable Water Electrolysis

최동인*[†], 최진욱*, 수브라마니 수렌드란*, 김준영*^{**,*}, 문대준*, 심욱*^{**,*}
Dongin Choi*[†], Jinuk Choi*, Subramani Surendran*, Joon Young Kim*^{**,*},
Dae Jun Moon*, Uk Sim*^{**,*}

*한국에너지공과대학 에너지공학부, **닐사이언스

Abstract : Contemporary energy demands urge the need for cost-efficient, sustainable, and eco-friendly energy resources as an alternative to conventional fossil fuels. Hydrogen, the lightest and most abundant element in various forms, is considered the modern fuel resource and achieves carbon neutrality since water is the final combustion product in hydrogen-based energy systems. The green method of hydrogen production is the electrochemical method of water splitting via hydrogen evolution (HER) and oxygen evolution (OER) reactions at the cathode and anode. However, a critical requirement for outstanding catalysts is an ability to boost the kinetics of a chemical reaction and durability against electrochemical degradation. Recent research focuses on improving electrochemical electrodes by controlling interfaces between nano-porous support structures and multi-component catalyst composites. This study explores using porous materials like zeolite to optimize electrode performance. Adjusting interfacial properties facilitates efficient charge transfer, minimizing degradation during water electrolysis. The investigation targets interactions at the heterojunction interface, aiming to drive advancements in electrochemical electrode technology for water splitting, which is crucial for sustainable hydrogen production. Hence, by utilizing the abovementioned approaches, we aim to realize and articulate the local interactions at the heterojunction interface to develop a next-generation water electrolysis system compatible with the existing infrastructures and commercial competence.

Key Words : 수소 생산(Hydrogen production), 물분해(Water splitting), 나노 다공성 물질f(Nano-porous material), 산소발생반응(Oxygen evolution reaction), 다공 지지체 구조(Porous support structures), 이종계 인터페이스(Heterojunction interface)

[†] Corresponding author, E-mail: taz91@kentech.ac.kr

후 기

This research was supported by the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) grant funded by the Ministry of Trade, Industry, and Energy (MOTIE), Korea, (P0025273)

태양열 집열기와 연계한 소규모 유기랭킨사이클용 축류터빈 설계 및 성능평가

Design and Performance Analysis of Axial Turbine for Small-scale Organic Rankine Cycle Applied to Solar Thermal Collector

고웅준*, 김현석*, 김영원*[†]

Woong Jun Ko*, Hyun Seok Kim*, Young Won Kim*[†]

*한국생산기술연구원 에너지나노그룹

Abstract : ORC의 주요 장점 중 하나는 산업 공정의 폐열, 지열 및 태양에너지를 포함한 광범위한 열원을 사용할 수 있다는 것이다. 그 중, 태양열 에너지는 온실가스를 생산하지 않고, 화석연료 의존도를 크게 줄일 수 있으며, 장소에 대한 제약이 크지 않다는 이점이 있다. 이에 따라 전 세계 태양열 시장의 지속적인 성장이 예상되지만, 현재 태양열 에너지와 연계한 ORC 시스템 개발 연구는 활발하지 않은 실정이다. 본 연구에서는 태양열과 연계된 고성능의 ORC를 개발하기 위해 태양열 집열기로부터 생산되는 열특성을 고려한 축류터빈의 설계 및 성능평가가 수행되었다. 터빈 설계는 작동 조건을 결정하는 것으로부터 시작되며, 이는 사이클 설계 과정에서 도출된다. 열원의 사양과 터빈의 크기 및 시스템 요구조건 등을 고려하여 사이클 해석을 수행하였으며, 시뮬레이션 결과 약 12.9%의 사이클 열효율이 도출되었다. 결정된 터빈 작동조건과 주요 설계 무차원수를 활용하여 평균 반경을 따라 유로 및 단면 형상을 설계하였다. 설계 결과, 4-kW ORC 용 1단 축류형 마이크로터빈은 압력비 5.4에서 회전수 95,000 rpm 기준 전 효율 79.69%, 정미 출력은 4.15 kW가 예측되었다. 이후, 3차원 CFD 분석을 통하여 공력 특성을 평가하고, 2차원 성능해석 결과와 비교하여 설계 방법론의 유효성을 입증하였다. 또한, 주요 작동조건의 변화가 터빈 성능에 미치는 영향을 조사하기 위해 파라메트릭스터디가 수행되었으며, 이는 실제 발전시스템 운전 시 가변적인 열원 환경 및 시스템 요구 성능에 대하여 운전 안정성 및 신뢰성을 확보할 수 있음을 시사한다.

Key Words : 유기랭킨사이클(Organic Rankine Cycle), 태양열 집열기(Solar Heat Collector), 축류형 터빈(Axial turbine), 평균반경선(Mean-line), 블레이드 설계(blade design)

[†] Corresponding author, E-mail: ywkim@kitech.re.kr

후 기

이 연구는 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20200599, 해양플라스틱 쓰레기 저감을 위한 기술개발)

열원 종류에 따른 고온히트펌프의 경제적 타당성 분석

Economic Feasibility Analysis on High-temperature Heat Pump with Various Heat Sources

이가람^{*,**}, 임병주^{**}, 조성훈^{**}, Farooq Muhammad^{*,**}, 박창대^{*,**†}
Ga-Ram Lee^{*,**}, Byung-Ju Lim^{**}, Sung-Hoon Cho^{**},
Farooq Muhammad^{*,**}, Chang-Dae Park^{*,**†}

*과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과, **한국기계연구원 탄소중립기계연구소

Abstract : 히트펌프는 탈탄소화를 위한 중요 기술로 부상하고 있으며, 최근 고온히트펌프의 연구 개발이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 기존의 히트펌프가 저온의 공기열 및 지열을 무료 증발열 원으로 확보했던 것과는 다르게, 고온히트펌프는 고온의 열원을 요구한다. 산업 폐열을 활용할 수 있을 것으로 기대하지만, 실제 산업 폐열은 소비 에너지의 약 12% 수준이며 이미 회수되어 이용되는 폐열과 오염, 저온 등의 이유로 회수 불가능한 폐열을 고려하면, 폐열을 활용할 수 있는 산업 현장은 매우 한정적이다. 따라서 본 연구에서는 현장에서 폐열을 확보할 수 있는 비율에 따라, 그리고 폐열이 아닌 다른 열원들을 이용함에 따른 고온히트펌프의 경제적 타당성을 확인하고자 한다. 기존의 전통적인 증기 공급원인 보일러와 단독 고온히트펌프, 지역난방/태양열/보일러 기반 고온히트펌프의 폐열 비율에 따른 경제성을 비교·분석하였다. 그 결과, 단독 고온히트펌프는 증발 열원의 25% 이하의 폐열을 제공하는 산업 현장에는 경제성이 없어 적용할 수 없는 것으로 나타났다. 또한, 태양열 이외의 열원 기반 고온히트펌프는 최소 35%, 최대 65% 이상의 폐열을 확보하지 못하는 현장에서는 LPG보일러보다 많은 탄소를 배출한다. 폐열 비율이 100% 미만인 경우, 태양열 고온히트펌프의 경제성이 항상 가장 우수한 것으로 나타났다.

Key Words : 태양열 에너지(Solar thermal energy), 지역난방(District heating), 고온히트펌프(High-temperature heat pump), 폐열(Waste heat), 증기 생산(Steam production)

† Corresponding author, E-mail: parkcdae@kimm.re.kr

후 기

본 연구는 2021년도 및 2022년도 산업자원통상부의 재원으로 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20213030160040, 20220810100020).

태양광 폐패널 특성 평가를 통한 등급 분류 및 재사용 실증 연구

Reuse Demonstration using Graded End-of-Life Photovoltaic Panel through Characteristic Evaluation

홍석현*, 문대한*, 한승헌*, 김정훈*, 박병욱*[†]
 Seokhyeon Hong*, Daehan Moon*, Seungheon Han*,
 Jeonghun Kim*, Byounguk Park*[†]

*충북테크노파크 차세대에너지센터

Abstract : 태양광 발전소로부터 철거/회수되는 태양광 폐패널은 I-V curve 측정 정도의 간단한 평가 후 도소매업체 또는 철거업체를 통하여 방글라데시나 나이지리아 등의 개발도상국이나 동남아시아 국가 등으로 수출되고 있다. 국내에서는 중고거래 어플리케이션이나 온라인 등을 통해 중고 태양광 패널이 거래된 사실이 존재하긴 하나, 이런 경우들은 전체 패널 중 극히 일부이며, 안전성, 내구성, 성능 등은 보장이 되지 않고 판매되는 것이 현실이다. 이런 상황에 맞추어 본 연구에서는 철거된 패널의 등급화 기준을 마련하고 특성 평가를 통해 안전성, 내구성 등의 성능을 확보하여 태양광 폐패널 재사용에 대한 연구를 진행하였다. 해당 연구는 충북 지역에서 15년 이상 사용한 태양광 패널 140매를 대상으로 진행하였다. 태양광 폐패널의 등급 분류를 위해서 패널의 고장 유형에 따른 출력 영향을 조사한 뒤, 이를 바탕으로 평가표를 작성하였다. 이후 외관검사(육안검사), 출력력검사, Electro luminescence(EL) 검사를 진행하였고 이를 통해 태양광 폐패널을 A, B, C 등급으로 분류하였다. 이렇게 140매의 태양광 패널을 등급화한 결과 A등급 31%(44매), B등급 35%(49매), C등급 34%(47매)로 나타났으며, A, B등급의 패널은 실증사이트 구축을 통해 재사용하였다. 본 연구를 통해 등급화한 패널을 실제로 실증단지로 구축함으로써 사용이 완료된 패널도 재사용이 가능함을 확인하였다. 또한 패널의 품질 성능 기준과 환경적, 경제적 효과까지 확보가 가능함을 확인할 수 있었다.

Key Words : 태양광 패널(Photovoltaic panel), 태양광 폐패널(End-of-Life Photovoltaic panel), 재사용(Reuse), 특성평가(Characteristic evaluation)

[†] Corresponding author, E-mail: bupark@cbtp.or.kr

후 기

본 연구는 2021년도 환경부의 재원으로 녹색혁신기업 성장지원 사업화의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : RE202201410).

태양광 모듈의 각도 변화를 고려한 실내 인공광원 출력 측정 방법에 관한 연구

A Study on Indoor Output Prediction Using Simulating Radiant Method Considering Incident Angle Modify of PV Module

강승모*, 김성현*, 임종록*, 조재욱*, 정태희*, 김성원*[†]

Seungmo Kang*, Sungheon Kim*, Jongrok Lim*, Jaewook Cho*,

Taehee Jung*, Seong-won Kim*[†]

*한국산업기술시험원 신재생에너지기술센터

Abstract : 최근 태양광 모듈은 지상에 설치될 뿐만 아니라 건물, 방음벽, 차량 등 다양한 환경에서 설치·발전하고 있다. 이에 따라 STC 조건에서 각도의 변화 없이 출력을 측정하는 방법 뿐만 아니라 각도 변화를 고려한 태양광 시뮬레이터의 측정 방법이 요구되고 있다. 하지만 실내에서 모듈의 각도를 변화시키며 출력을 측정할 경우, 모듈의 입사되는 광량이 부분적으로 달라지기 때문에 태양광 시뮬레이터의 불균일도를 만족시킬 수 없어 각도 변화에 따른 태양광 모듈의 출력 평가가 어렵다. 이에 본 논문에서는 태양광 시뮬레이터를 활용하여 각도 변화에 따른 태양광 모듈의 출력 평가 방법에 대한 연구를 진행하였다. 각도 변화에 따른 불균일도 요건을 만족할 수 있는 허용 측정 면적을 확인하기 위해 모듈의 각도 변화에 따른 광생성 전류의 변화를 수학적 모델로 해석하였으며, 불균일도 요건을 만족하는 허용 측정 면적을 증명하였다. 허용 측정 면적에 한해 측정이 가능하도록 특수하게 제작된 기구를 활용하여 실내외에서 태양광 모듈을 회전해가며 실험을 진행하였다. 실내 측정 출력과 실외 측정 출력의 비교 분석을 통해 최종적으로는 실내 환경에서 인공광원법을 통한 태양광 모듈의 각도 변화에 따른 출력을 평가할 수 있는 기반을 마련하였다.

Key Words : 결정질 태양광 모듈(PV module), 태양광 시뮬레이터(Solar simulator), 측정 방법(Measurement method), IAM(Incident Angle Modifier)

[†] Corresponding author, E-mail: vegabond@ktl.re.kr

후 기

본 연구는 2019년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20193091010240).

건물형태양광(BIPV) 시스템의 실운영 조건을 반영한 안정성 모의시험

Stability Simulation Test Under Actual Operating Condition of BIPV System

김성헌*, 강승모*, 임종록*, 최태준*, 정태희*, 김성원*[†]

Sungheon Kim*, Seungmo Kang*, Jongrok Lim*, Taejun Choi*,

Taehee Jung*, Seong-won Kim*[†]

*한국산업기술시험원 신재생에너지기술센터

Abstract : 건물형 태양광(BIPV)은 건물에 설치되어 발전하기 때문에 모듈의 온도 상승에 따른 화재가 발생할 경우, 큰 문제로 이어질 수 있다. 이에 따라 정부에서는 건물형 태양광의 화재 등의 안전성을 강조하고 있는 상황이며, 실험 시험 등에 대한 관심이 지속적으로 높아지고 있다. 특히 BIPV 시스템은 지상에 설치되는 태양광 시스템과 비교하여 모듈 후면의 온도 조건이 가혹하므로 운용 환경을 모의한 안정성 검증이 반드시 필요한 상황이다. BIPV 시스템의 경우 시공 시 모듈 후면에 화염 전파를 방지하는 불연재의 설치가 필수적이며, 태양광 시스템에서 모듈 간의 커넥터, 모듈-인버터 간 커넥터, DC insulator가 화재 원인의 80% 정도로 많은 비중을 차지하고 있다.

이에 본 논문에서는 BIPV 시스템의 화재 안전성을 확인하기 위해 불연재 유무에 따른 온도 상승 검증 실험을 진행하였다. 또한 전기적 안전성을 평가하기 위해 커넥터의 coss-mating 검증 시험과 인버터의 급속 차단 기능, 아크 차단 기능 및 지락 차단 기능 시험을 진행하였다. 시험 결과 불연재인 그라스울의 유무와 이격거리에 따라 10℃ 이상의 온도 차이를 보였으며, 동일한 커넥터의 사용 여부와 KS C 8577 고온 저항 시험에 따라 침수 조건에서 절연저항 값이 최대 37% 감소율 차이를 확인하였다. 인버터의 경우 lab scale에서 급속 차단 기능의 요구사항 준수까지 소요되는 시간 확인과 아크 차단 기능의 탑재 여부에 따라 기능 동작 여부, 지락 검출 여부를 확인하였다. lab scale에서는 성공적으로 동작 여부를 확인하였지만, 실제 시스템에서도 동일한 특성이 나타나는지 검증이 필요하다.

Key Words : 건물형태양광(BIPV), 전기안전성(Automated shading systems), 급속차단(Rapid shut down), 아크 보호 장치(Arc fault protection equipment), KS C 8577(KS C 8577)

[†] Corresponding author, E-mail: Vegabond@ktl.re.kr

후 기

본 연구는 2022년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20223B10100020).

수소화 질화규소 박막의 특성과 태양전지 제조공정에 미치는 영향

Properties of Hydrogenated Silicon Nitride Thin Film and Its Impacts on Solar Cell Fabrication Process

김문세^{*,**}, 이진영^{***}, 심서우^{*,***}, 김도회^{*,***}, 김용진^{*}, 임규현^{*,**}, 송희은^{*}, 박성은^{*}, 조윤애^{*}, 정경택^{*}, 이해석^{**}, 강민구^{*}, 이상희^{*}, 김가현^{***†}
Munse Kim^{*,**}, Jin young Lee^{***}, Se woo Sim^{*,***}, Do Hoe Kim^{*,***}, Yong-Jin Kim^{*}, Kyuhyeon Im^{*,**}, Hee-eun Song^{*}, Sung Eun Park^{*}, Yunae Cho^{*}, Kyung Taek Jeong^{*}, Hae-Seok Lee^{**}, Min Gu Kang^{*}, Sang Hee Lee^{*}, Ka-Hyun Kim^{***†}

*한국에너지기술연구원 태양광연구단, **고려대학교 에너지환경대학원, ***충북대학교 물리학과

Abstract : This study investigates the influence of a-SiN:H films, produced via plasma-enhanced chemical vapor deposition of SiH₄/NH₃ gas mixtures, on solar cell efficiency. It presents an analysis of the optical, structural, and passivation properties of a-SiN:H films across various compositions, followed by the fabrication of solar cells incorporating these films. A comparison is then made between the efficiency and characteristics of these solar cells and those featuring Ag shunts. The intrinsic performance of a-SiN:H films in practical solar cell applications, particularly in diverse configurations, remains relatively unexplored. Notably, the Si-rich a-SiN:H film demonstrated a significant decrease in film density and exhibited shunting upon contact with Ag, despite its relatively high hydrogen content. This shunting effect was evident in various parameters, including the I-V curve, shunt resistance, and Ag spike size. Consequently, the efficiency of solar cells employing a-SiN:H films was found to be predominantly influenced by the fill factor. This research underscores the critical role of film composition in determining solar cell performance and emphasizes the necessity of addressing shunting effects to enhance overall efficiency.

Key Words : a-SiN:H films, plasma-enhanced chemical vapor deposition, solar cell efficiency, film composition

[†] Corresponding author, E-mail: kahyunkim@chungbuk.ac.kr

IR 레이저 스크라이빙에 의한 HJT 셀 분할 시 출력 감소를 최소화에 대한 연구

Research on Minimizing Output Degradation in HJT Cell Separation Using IR Laser Scribing

이은비^{*,**†}, 정채환^{*}, 윤성민^{*}, 조은애^{*}, 전기석^{*,**}, 김민섭^{*}, 신진호^{*},
김유진^{*}, 박민준^{*}

Eunbi Lee^{**†}, Chaehwan Jeong^{*}, Sungmin Youn^{*}, Eunae Jo^{*},
KiSeok Jeon^{*,**}, Minseob Kim^{*}, Jinho Shin^{*}, YuJin Kim^{*}, Min-Joon Park^{*}

*한국생산기술연구원 에너지나노그룹, **연세대학교 화공생명공학과

Abstract : One of the current innovation trends in the solar industry is the increase in the size of silicon wafers. As the wafer size increases, the series resistance of the module rises, highlighting the need for research on separation methods of cutting-bonding solar cells. Among these, the Infrared (IR) laser scribing technique has been extensively researched. However, there is still insufficient optimization research regarding the thermal damage caused by lasers on the Transparent Conductive Oxide (TCO) layer of Heterojunction solar cells (HJT). Therefore, in this study, we systematically varied conditions such as IR laser scribing speed, frequency, power, and the number of scribing to investigate their impact on the performance of separated cells under each condition. Additionally, we conducted a comparative analysis of thermal damage effects on the TCO layer based on varying scribing depths..

Key Words : 셀분할 공정(Cell separation process), 적외선 레이저(Infrared laser), 이종접합형 태양전지 (Heterojunction solar cells), 투명 전도성 산화물(Transparent conductive oxide)

[†] Corresponding author, E-mail: dmsql6048@kitech.re.kr

후 기

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20213030010240)

교차 전극과 멀티 채널을 활용해 광학 및 열 제어가 가능한 유연한 투명 히터

Multi-channel Transport with Inter-digitated Electrode-enabled Flexible Transparent Heater for Multi-functional Optical and Thermal Regulations

이정현*, 김준동*[†]

Junghyun Lee*, Joondong Kim*[†]

*인천대학교 전기공학과

Abstract : Transparent heaters have numerous energy applications, especially in buildings and vehicles. They offer significant advantages due to their low energy consumption, making them an energy-efficient heating solution. Additionally, their transparency enhances the visual appeal, and their high infrared reflectance reduces heat ingress and egress through glass, thus helping to maintain indoor temperatures.

In this research, we designed transparent flexible heaters with various structures based on the Joule heating effect through multi-channel transport with inter-digitated electrodes (IDE), suitable to low-power utility with high performance. The approach to increase heat generation is by decreasing resistance and increasing current flow at the same applied voltage. Multi-channel silver (Ag) metal-oxide composite generates heat through the Joule effect with high visible light transmittance and infrared reflectance. By depositing Ag on a transparent conducting oxide (TCO) layer, it is possible to form electrodes that serve as a medium for efficient heat transfer. The research evaluated each transparent heater structure's electrical and optical characteristics and compared the results to assess their suitability for window applications. Among various heater structures, the OMOMO (Oxide/Metal/Oxide/Metal/Oxide)-IDE heater performed the best, with average visible transmittance of 69% and infrared reflectance of >90%, and rapidly rose to 191°C when 3V was applied, showing its promise for energy-saving windows.

Key Words : 유연한 투명 히터(Transparent flexible heater), 교차전극(Inter-digitated electrode(IDE)), 멀티채널을 통한 전자 이동(Multi-channel electrode transport), OMOMO 구조(OMOMO design), 에너지 절약 창문(Energy saving window)

[†] Corresponding author, E-mail: Joonkim@inu.ac.kr

고기능성 파장 제어 기능을 가지는 ITO/Ag/ITO/ Ag/ITO 다층구조의 설계와 응용 방안

Design and Application of ITO/Ag/ITO/Ag/ITO Multilayer Structure with Effective Control of Electromagnetic Wave Function

최찬혁*, 김준동*[†]

Chanhyuk Choi*, Joondong Kim*[†]

*인천대학교 전기공학과

Abstract : Effective control of electromagnetic waves is critical for efficient energy utilization and other relevant applications. In particular, the active management of long-wavelength infrared (IR) radiation would be useful in energy conservation and military defense. Herein, we propose an efficient approach to control the electromagnetic waves of light by suppressing the short wavelength range of UV light and long wavelength range of IR light while maintaining visual transparency to human eyes. For effective infrared control, we propose an OMOMO (oxide/ metal/oxide/metal/oxide) structure in which metal oxides and metal layers are deposited on an OMO (oxide/metal/oxide) structure. The novel hybrid structure of metal and metal-oxide films are alternated to form multiple ITO/Ag/ITO/Ag/ITO interfaces. To confirm the features of the IR control interface, the optical and electrical properties were investigated in terms of transmittance, reflectance resistance, and electromagnetic interface (EMI) shielding efficiency. The ITO/Ag/ITO/Ag/ITO multilayer structure exhibited an excellent optical transmittance of 65.43% and substantial reflectance of 94.02% at long wavelengths. The overall EMI shielding was highly effective, reaching 40.59 dB. This suggests that functional transparent films can be adopted in military, energy, and transparent device applications.

Key Words : 인듐 주석 산화물(ITO), 은(Ag), 적외선 차단(IR cut-off), 전자기 차폐(EMI shielding), 자외선 차폐(UV-blocking), ITO/Ag/ITO/Ag/ITO 필름(ITO/Ag/ITO/Ag/ITO film), 투명 코팅(Transparent coatings)

[†] Corresponding author, E-mail: Joonkim@inu.ac.kr

온습도 에이징에 의한 EVA sheet 광투과도 변화 분석

Analysis of Changes in Transmittance of EVA Sheet by Temperature and Humidity Aging

정재성*[†], 최원규*

Jae-Seong Jeong*[†], Won-Gyu Choi*

*한국전자기술연구원 차세대전지연구센터

Abstract : Ethylene Vinyl Acetate(EVA) 봉지제는 태양광 모듈에서 태양전지를 외부 환경 스트레스로부터 보호하는 역할과 전면유리와 후면 백시트를 연결하는 접착제로 활용된다. EVA 봉지제는 필드에서 열화됨에 따라 황변을 발생하여 태양전지의 광 투과도를 감소시키는 원인이 된다. 본 연구에서는 damp heat 조건에서 EVA의 광투과도가 어떠한 패턴으로 감소하는지 분석하였다. EVA는 UV비투과형, UV반투과형, UV투과형 세가지 특성의 시료가 준비되었다. Damp heat 시험은 2,800 시간 동안 시험이 실시되었다. 온도를 85℃로 고정하고 습도를 변화한 그룹 85℃/75%rh, 85℃/85%rh, 85℃/95%rh, 그리고 습도를 85%rh로 고정하고 온도를 변화한 그룹 75℃/85%rh, 85℃/85%rh, 95℃/85%rh 의 광 투과율 열화 결과가 분석되었다.

Key Words : Ethylene Vinyl Acetate (EVA), 고온고습 (Damp heat), 노화 (Aging)

[†] Corresponding author, E-mail: jjseicp@keti.re.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20213030010400).

태양광 폐모듈에서 발생하는 실리콘의 고도 재활용을 위한 마이크로웨이브 유전가열방식의 질화규소 제조방법

Microwave Dielectric Heating Method for Manufacturing Silicon Nitride for Advanced Recycling of Generated from Waste Solar Modules

류승환*[†], 정회경*, 박형기**

Seunghwan Ryu*[†], H. Jeong*, H.K. Park**

*(주)에이치에스솔라에너지, **한국생산기술연구원

Abstract : 태양광 발전사업의 증가와 초기 설치된 태양광발전설비의 사용 연한 만기, 고장 등의 이유로 대량의 모듈 폐기물 발생이 예상된다. 태양광 모듈 폐기물의 알루미늄 프레임, 강화유리, 배선, 플라스틱 등은 기계적인 분리에 의한 재활용이 가능하나, 태양전지 실리콘의 회수방법은 산성 용액 처리법과 고온 열처리 방법이 있다. 기계적 분쇄에 의한 방법은 간단 하지만 품질 저하를 피할 수 없다. 폐태양전지의 실리콘을 고도 재활용하기 위해 마이크로웨이브를 이용한 유전 가열 장치를 제작하고, 가열온도 및 반응가스 환경에서 실리콘 생성물의 물리적 특성을 조사하였다. 반응 조건 확립을 위해 800℃ ~ 1500℃에서 200℃ 간격의 온도와 실리콘의 용융점인 1420℃에 대하여 순차적으로 실험을 진행하였다. 온도 측정은 두 가지 채널로 운용했는데 적외선 온도계로 내화 단열구조에 가공한 온도 측정 홀을 통해 온도측정용 SiC 발열판 표면을 측정하였고, 투입물과 함께 내화 단열구조 안에 Ferro사의 온도 측정링을 투입하여 최대온도를 비교 관찰하였다. 투입물은 태양전지의 주성분인 실리콘을 파우더 형태의 시약으로 사용하였다. 공정이 완료된 반응물은 채취하여 성분과 결정구조, 반치폭을 이용한 결정 크기 등을 확인하기 위하여 XRD와 XRF 분석을 진행하였다. 분석 결과 온도 조건에 따라 알루미늄 도가니 내부 반응물은 조성이 질화물, 산화물 등으로 크게 5개의 구분되는 영역으로 이루어진 것을 확인하였다. 본 연구에서는 온도 변화에 따른 각 영역의 조성을 비교하여 마이크로웨이브로 실리콘 가열을 통한 폐 태양광 모듈의 재자원화 공정 조건을 규정할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : 태양광 폐 모듈 재자원화(Recycling waste solar modules), 질화규소(Silicon Nitride), 실리콘(Silicon), 마이크로웨이브(Microwave)

[†] Corresponding author, E-mail: ryush@hsse.co.kr

후 기

본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 녹색혁신기업 성장지원 프로그램(R&D)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : RS-2022-KE002068).

PVE-P-10

전력계통 안정화를 위한 태양광 발전소 설치 방법에 대한 연구

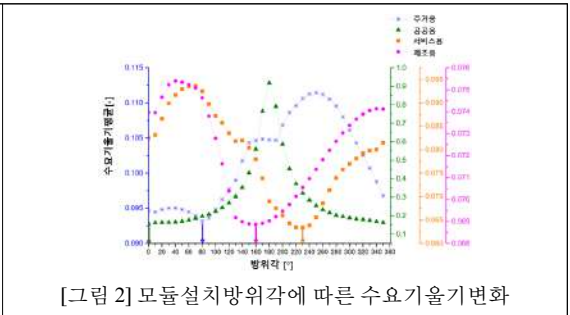
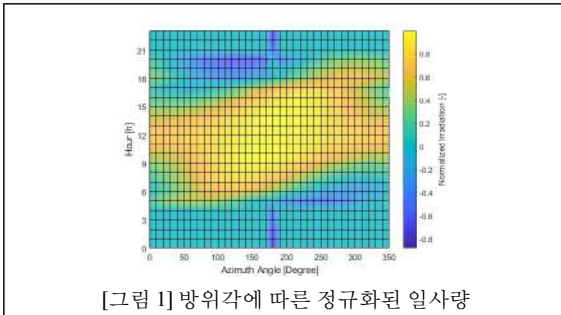
Research on the Installation Methods of Solar Power Plants for Power System Stabilization

최진호*, 남우준*, 우성민*[†]

Jinho Choi*, Woojun Nam*, Sungmin Woo*[†]

*충북테크노파크 차세대에너지센터

Abstract : 전세계적으로 대규모 태양광(PV)시스템은 최대전력 생산 효율을 달성하기 위해 설치되고있다. 그러나 이로 인해 종종 심한 송전선로에 전력변동이 발생하며, 전력시스템(송전선로)의 안정성에 영향을 미친다. 전력시스템 안정성을 향상시키기 위해서는 최대 전력 출력 시간을 효과적으로 분배하는 것이 중요하다. 이를 위해 부하 및 발전량을 조절하는 스마트그리드를 고려해 볼 수있으나, 스마트그리드를 구성하기 위해서는 많은 제어방법들이 융합되어 사용되어야한다. 본 연구에서는 발전소의 태양광 모듈의 설치 방위각을 조절하는 방법을 통한 출력 제어법을 제시하고자 한다. 태양광 발전소 설치방법에 의한 전력시스템 안정성을 개선 평가 대상으로는 서울의 부하패턴을 사용하였다. 부하패턴으로는 주거용,공공용,서비스 및 제조부문을 사용하였다. 또한, 전력시스템 안정성을 수치로 나타내기 위하여 수요 기울기(DG)와 수요기울기 평균(DGA)라는 새로운 개념을 도입하였다. 분석결과는 [그림1]로 나타낼수있으며, 주거용,공공용,서비스용, 제조용 부하패턴은 각각 방위각 80,0,230,160도에서 가장 낮은 DGA를 가졌다.



Key Words : 스마트그리드(Smart-grid), 전력계통안정화(Grid-Stability), 수요기울기(Demand gradient)

[†] Corresponding author, E-mail: ywoosm@cbtp.or.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20213030160110)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술진흥원(KIAT)의 “지역혁신클러스터육성(R&D, P0025323)”사업의 지원을 받아 수행한 연구결과임

페로브스카이트 필름 계면에서의 전하 추출 및 재결합 속도 특성 연구

Study on Interfacial charge extraction and Recombination Kinetics in Perovskite thin films

김선규*, 이원종*, 이샤드 조비아*, 윤시원*, 한혜지*, 아드난 무하메드*,
장효식*, 임종철*[†]

Sunkyu Kim*, Wonjong Lee*, Zobia Irshad*, Siwon Yun*, Hyeji Han*,
Muhammad Adnan*, Hyo Sik Chang*, Jongchul Lim*[†]

*충남대학교 에너지과학기술대학원

Abstract : Perovskite solar cells (PSCs) have emerged as a potential candidate to produce state-of-the-art highly efficient (over 26% power conversion efficiency), and low-cost device manufacturing. However, the efficiency of these PSCs is still limited owing to their undesirable non-radiative recombination that is mainly caused by the various trap-states and energy losses because of poor charge-carrier characteristics. Mainly, the state-of-the-art PSCs suffer from either lower mobilities or higher trap-densities. Hole transporting layers(HTLs) can be modified by side chain substitution and by changing the length of main chain. So plenty of research is being done on HTL. Therefore, our work presents a comprehensive evaluation of the impact of the mobility, thickness, and doping density of the hole transporting layers(HTLs) for PSCs. Herein, we specifically investigated the impact of the HTLs thickness on the photovoltaic characteristics and charge-carrier dynamics of PSCs through optoelectronic analysis. These analyses are based on the combination of compositional and structural engineering analysis to prepare efficient HTLs of perovskite film. From these analyses, we tried to introduce the basic guidelines for the optimization of HTLs to prepare highly efficient and stable PSCs.

Key Words : 광전분석 (Optoelectronic analysis), 계면 전하 추출 현상(Interfacial charge extraction), 페로브스카이트 (Perovskite), 태양전지 (Solar cell)

[†] Corresponding author, E-mail: jclim@cnu.ac.kr

후 기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2023R1A2C2005172). This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. RS-2023-00236664)

태양광 모듈의 고전압 누설 전류 분석

Leakage Current Analysis of Silicon PV Module Components

배수현*†

Soohyun Bae*†

*한국에너지기술연구원 태양광연구단

Abstract : 태양광 모듈의 성능 저하 요인 중 하나인 PID(Potential Induced Degradation, PID) 원인 분석을 위한 태양광 모듈 고전압 하에서 누설 전류를 분석하였다. PID는 태양광 모듈의 접지된 프레임과 내부 셀 사이의 전위 차이에서 기인하며, 이는 모듈의 출력 감소를 초래한다. 특히, 유리와 태양 전지 사이의 누설 전류가 PID 메커니즘의 주된 원인으로 확인되었으며, 이는 온도, 습도, 그리고 전압의 변화에 따라 다르게 나타난다. 본 연구에서는 태양광 모듈의 구성 요소인 유리/EVA, EVA/백시트의 적층 구조를 대상으로 하여, 다양한 환경 조건에서의 누설 전류와 체적 저항을 측정함으로써 주요 누설 경로를 분석하였다. 또한, 온도와 습도가 재료의 물리적 특성에 미치는 영향을 평가하고, 가장 낮은 활성화 에너지를 보이는 누설 전류 경로를 식별하여, 태양광 모듈의 PID 현상 이해를 위한 근거를 확인하였다.

Key Words : 고전압열화(Potential induced degradation), 태양광모듈(Photovoltaic module), 누설전류(Leakage current)

† Corresponding author, E-mail: soohyunbae@kier.re.kr

태양광 폐패널 재활용을 위한 실리콘 및 유가금속 연속 회수 기술 개발

Development of Silicon and Valuable Metal Recovery Technology for Recycling End of Life Photovoltaic Modules

김준기*[†], 황민*, 노청민*, 임별이*, 서광민*, 윤대식*, 이도윤*

Junkee Kim*[†], Min Hwang*, CheongMin Noh*, Byeoll Im*, KwangMin Seo*,
DaeSik Youn*, DoYun Lee*

*(주)원광에스엔티

Abstract : 수명 연한이 도래한 태양광 모듈의 발생량 및 자연재해로 인한 조기 파손으로 발생하는 태양광 폐모듈의 발생량이 증가하고 있으며, 이와 관련된 정부의 정책 및 기관들의 연구개발 또한 활발히 진행되고 있다. 태양광 패널은 다양한 소재가 적층구조로 밀봉되어 있어 각각의 소재를 회수하기 위해서는 복합적인 공정이 요구된다. 태양광 패널은 일반적으로 알루미늄 프레임, 유리, EVA, 태양전지, 백시트로 구성되어 있으며 재활용 공정의 경제성을 확보하기 위해서는 태양전지의 실리콘 및 유가금속의 고순도 회수기술이 필요하다. Life Cycle Assesment(LCA)를 통해 확인된 태양광 모듈 내 생산 과정에서 가장 많은 탄소를 배출하는 태양전지를 재활용할 수 있다면 경제적 및 환경적으로 큰 이점이 있을 것이다. 특히 태양전지 내 가장 고가의 소재이면서 원료 채취 과정에서 단위면적당 가장 높은 Global Warming Potential(GWP)을 가지는 은을 재활용한다면 그 가치는 극대화될 것이다. 이에 따라 본 연구에서는 기 구축된 태양광 모듈 재활용 공정의 성능 향상 및 저탄소 기반의 친환경 유가금속 회수기술 확립을 위한 연구를 진행하고자 한다.

Key Words : 태양광 모듈(Photovoltaic Module), 재활용(Recycling), 실리콘(Silicon), 유가금속(Valuable Metal), 저탄소재활용 공정(Low Carbon PV Module's Recycling Process)

[†] Corresponding author, E-mail: kjk3044@wksnt.com

후 기

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00303745)

PVE-P-14

Optimal Solar Cell Sorting Method for High Module Production Reliability

Minseo Kim^{*,**}, Yong-Jin Kim^{*}, Yunae Cho^{*}, Sang-Hee Lee^{*},
Min Gu Kang^{*}, Hee-eun Song^{*}, Kyung Taek Jeong^{*}, Sungeun Park^{*†}

^{*}Korea Institute of Energy Research, Photovoltaics Research Team,

^{**}Korea University, Department of Energy and Environmental Policy

Abstract : In photovoltaic module manufacturing processes, it is essential to achieve high production reliability of modules based on the given cells with scattered characteristics. This study aims to investigate optimal cell sorting method to minimize the deviation of module power via simulation analysis. We consider the given solar cells to have different electrical characteristics with Gaussian distributions and ideal interconnections. We examine resultant power distributions of modules for various cell sorting methods based on various cell parameters such as maximum power current, maximum power voltage, and maximum power of the cells. Our simulation shows that the average powers maximum of the modules in different sorting methods have a marginal difference and the mismatch loss by the different cell characteristics is not a key factor to reduce the module reliability, but the standard deviation of the maximum powers of modules can be largely reduced by one order of magnitude if the cells are sort out based on the reference of the average power maximum of the participated cells. Our study will provide useful guidance for cost efficient and reliable photovoltaic modules in the manufacturing process.

Key Words : PV manufacture, cell sorting, mismatch loss

[†] Corresponding author, E-mail: separk@kier.re.kr

250kW 태양광시스템의 RTU 데이터에 대한 고장진단 평가 및 데이터 유효성 평가

Fault Diagnosis Evaluation and Data Integrity assessment of RTU Data for a 250kW PV System

고석환*[†], 신우균*, 황혜미*, 주영철*, 주홍진*, 안영섭*

Sukwhan Ko*[†], Wooguin Shin*, Hyemi Hwang*, Youngchul Ju*, Hongjin Ju*

*한국에너지기술연구원 신재생시스템연구실

Abstract : 본 연구에서는 창고건물에 설치된 250kW 태양광시스템의 데이터, 환경센서(일사량, 온도) 데이터를 이용하여 성능상태 및 고장진단 상태를 평가하였다. 이를 위해 인공지능 기반의 발전량 추정 및 고장진단 알고리즘을 이용하였다. 태양광인버터가 다수 설치된 태양광발전소의 경우 모니터링에 있어 RTU와 인버터 간 시리얼통신방법(485 modebus)을 사용하는데, RTU와 인버터 간 통신에 있어 수 초 이상이 소요되어 1초 샘플링으로 데이터 수집해 평균값으로 데이터를 전송하지 못하는 경우가 발생되며, 모니터링시스템의 안정적인 운영을 위해 샘플 값으로 데이터를 전송하게 된다. 분석에 사용된 데이터도 1분 샘플 값으로 되어 있었으며, 환경센서 대비 비정상적인 발전량 데이터 Set은 제외하고, 유효 추출 데이터에 대해 분석하였다. 분석결과 1분 샘플링 데이터만으로 발전량 추정과 고장진단 평가에 있어 불분명한 결과가 도출되었다. 일사센서 데이터와 발전량 데이터의 시간 동기화 되어 저장이 되어 있는지 추가적인 확인이 필요하다. 또한, RTU의 데이터 유효성을 높이기 위해 데이터Set의 샘플링, 평균값 처리 방법에 대한 프로토콜이나 기술기준 수립도 필요할 것으로 사료된다.

Key Words : 태양광시스템(Photovoltaic System), 원격단말장치(Remote Terminal Unit), 샘플링데이터(Sampling Data), 모니터링시스템(Monitoring System), 전력변환장치(Inverter)

[†] Corresponding author, E-mail: korea19@kier.re.kr

후 기

본 연구는 2024년도 한국에너지기술연구원 기본사업(태양광 고장 및 예지진단 기술개발)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (과제번호 : C4-2426-03).

고성능 p-PERC 태양전지용 AlO_x 보호층 최적화 조사 및 연구

Investigation on Optimization of AlO_x Passivation Layer for High-performance p-PERC Solar Cells

정민수^{*,**}, 김용진^{**}, 이상희^{**}, 조윤애^{**}, 정경택^{**}, 송희은^{**}, 강민구^{**†}, 박성은^{**}, 강윤목^{*†}

Minsoo Jeong^{*,**}, Yong-jin Kim^{**}, Sang Hee Lee^{**}, Yunae Cho^{**†}, Kyung Taek Jeong^{**}, Hee-eun Song^{**}, Min Gu Kang^{**}, Sungeun Park^{**}, Yoonmook Kang^{*†}

*고려대학교 에너지환경대학원, **한국에너지기술 연구원

Abstract : Surface passivation plays a crucial role in achieving high efficiency in silicon solar cells. In particular, an AlO_x passivation layer has been an exceptional choice as an excellent passivation material by its low interface defect density and high negative fixed charge density. This study systematically investigates the electrostatic properties of the AlO_x layers buffered by SiO_x and passivation characteristics of the composite layers. We found thickness of the buffered SiO_x layer significantly influences on fixed charge density and thermal stability during firing processes. To achieve high quality of surface passivation, we optimized the annealing temperature and gas environment conditions. These findings are expected to contribute to the advancement of highly efficient photovoltaic technology by providing a useful approach for designing high-performance crystalline silicon solar cells.

Key Words : 패시베이션 (Passivation), 실리콘 태양전지 (Silicon solar cell), 실리콘 산화막 (Silicon oxide layer), 고정전하 (fixed charge), 열안정성 (Thermal stability)

[†] Corresponding author, E-mail: mgkang@kier.re.kr, ddang@korea.ac.kr

Optimal Choice of n-type Wafer for Industrial High Efficiency Silicon Solar Cells

Cheolwook Kwon*, Soohyun Bae*, Sanghee Lee*, Hee-Eun Song*,
Mingu Kang*, Sungeun Park*, Young-joo Eo*[†], Hae-Seok Lee**

*Department of Photovoltaic Research, Korea Institute of Energy Research

**Graduate School of Energy and Environment, Korea University

Abstract : The solar cells efficiency is continuously increasing in PV(photovoltaic) market. High-performance processes are being added to achieve high efficiency. As a result, commercial high efficiency solar cells mainly use TOPCon (tunnel oxide passivated contact) and SHJ (silicon hetero junctions) structures. As passivation properties improve with the addition of high-performance processes, wafer performance has a significant impact on cell efficiency. Wafer performance is represented by bulk lifetime and bulk resistivity. In this study, we investigate the effect of wafer performance on solar cell performance. To determine the effect of the wafer, the effective lifetime is calculated based on changes in bulk lifetime and bulk resistivity. The effective lifetime to which wafer performance is applied is converted into solar cell electrical characteristics such as efficiency, Voc (open circuit voltage), and FF (fill factor). The impact of the calculated wafer performance is discussed through the bulk lifetime/bulk resistivity ratio. The impact of wafer performance is verified through cells made of SHJ, an actual high-efficiency structure.

Key Words : Silicon solar cell(실리콘 태양전지), N-type silicon wafer(N타입 실리콘 웨이퍼), Wafer specification(웨이퍼 사양), Carrier lifetime(캐리어 수명), Resistivity(비저항)

[†] Corresponding author, E-mail: yjeo@kier.re.kr

충북형 스마트에너지그리드 구현을 위한 에너지 원스탑플랫폼 구축설계

Energy One-stop Platform Design for Smart Energy Grid Implement at Chung-cheong Bukdo

우성민*[†], 남우준*, 최진호*

Sungmin Woo*[†], Woojun Nam*, Jinho Choi*

*충북테크노파크 차세대에너지센터

Abstract : 충북의 혁신클러스터는 Digital & Safety & Development 혁신 거점화를 목표로, 지능형첨단
부품산업 혁신파이프라인 구축하고, 지역 내 에너지 활용, 거래, 관리 및 안전 기반의 지능형 IoE 시
스템 개발을 통한 디지털 고도화하여, 기술선도, 혁신연구개발 및 성장축 지역거점을 중심으로 인
프라 확충에 강화를 비전으로, 도심지역의 에너지안전산업 클러스터 강화가 목표이다.

본 연구에서는 에너지자립 및 탄소중립을 위한 도심기반 스마트에너지그리드 원스탑플랫폼 구축
을 위하여, (1세부)에너지를 생산하고 소비하는 자원에 대한 측정·진단과 지역 에너지 디지털트윈
을 통한 에너지 및 탄소 가시화(디지털 트랜스포메이션)하고 (2세부)블록체인 기반으로 보안이중
화를 통한 데이터 전송 및 교환 기술 기반으로 분산자원 중개시장 서비스 확장을 통한 잉여에너지
활용 강화를 통하여, (총괄)도심에너지 생산 및 소비에 관한 활용·거래·관리·안전 기반의 기술개발
을 통하여 에너지 생산/소비를 통합관리하여, 에너지효율 향상, 탄소저감 효과 도출가능하도록 설
계하였다.

Key Words : 스마트그리드(Smart-grid), 통합운영플랫폼(Integrated Operation Platform), 발전량예측(Power outputs
Predict), 가상발전소(VPP)

[†] Corresponding author, E-mail: ywoosm@cbtp.or.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 20213030160110)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술진흥원(KIAT)의 “지역혁신클러스터육성(R&D, P0025323)”사
업의 지원을 받아 수행한 연구결과임

고효율 결정질 실리콘 태양전지를 위한 AlO_x 층의 패시베이션 및 열 안정성 향상

Enhancing Passivation and Thermal Stability of AlO_x Layer for High-Efficiency Crystalline Silicon Solar Cells

김도회^{*,**}, 김용진^{**}, 이상희^{**}, 조윤애^{**}, 정경택^{**}, 박성은^{**}, 강민구^{**},
송희은^{**†}, 김가현^{*†}

DoHoe Kim^{*,**}, YongJin Kim^{**}, DoHyung Kim^{**}, SangHee Lee^{**},
YunAe Cho^{**}, KyungTaek Jeong^{**}, SungEun Park^{**}, MinGu Kang^{**},
Hee Eun Song^{**†}, Ka-Hyun Kim^{*†}

*충북대학교 물리학과, **한국에너지기술연구원 태양광 연구단

Abstract : Aluminum oxide (AlO_x) has been extensively investigated as a passivation layer in silicon solar cells due to its ability to provide field-effect passivation through negative fixed charges and chemical passivation through hydrogenation of silicon surface, simultaneously. In this study, we explored thermal degradation of the AlO_x layer deposited on a P-type crystalline silicon wafer during the firing process. To mitigate AlO_x-degradation, we introduced a buffered silicon oxide layer (SiO_x) underneath our AlO_x passivation layer forming SiO_x/AlO_x stack. We compared the passivation properties and thermal stability of the AlO_x single-layer and SiO_x/AlO_x stack after AlO_x deposition and subsequent thermal annealing at different temperatures. Our results demonstrate that the SiO_x/AlO_x stack exhibits superior passivation and thermal stability. Furthermore, we found the higher temperature of 670°C is required to achieve improved passivation and thermal stability of the SiO_x/AlO_x stack. Our research findings provide a valuable approach to designing rule for developing high-efficiency crystalline silicon solar cells.

Key Words : 결정질 실리콘(Crystalline silicon), 패시베이션(Passivation), 실리콘 산화막(Silicon oxide), QSSPC (Quasi-steady-state photoconductance), 알루미늄 산화막(Alumium oxide)

[†] Corresponding author, E-mail: hsong@kier.re.kr, kahyunkim@chungbuk.ac.kr

마이크로그리드 통합운영체계를 위한 두성리마을 에너지데이터 분석

Analysis of Energy Data in the Doseong-ri Village Community for Microgrid Integrated Operation System

우성민*[†], 남우준*, 최진호*

Sungmin Woo*[†], Woojun Nam*, Jinho Choi*

*충북테크노파크 차세대에너지센터

Abstract : 기존 마이크로 그리드의 경우 경제성 등의 문제점으로 인하여 확산 보급하는데 한계가 존재하였다. 이에 규모를 변화시켜 MINI-GRID 개념의 접근하여, 이를 확대하면 마이크로 단위로 확대할 수 있다. 분산에너지활성화법 시행에 따라 지역별 차등요금제가 적용이 다가오는 시점에, 신재생에너지 데이터, 수용가 데이터를 기반으로 실시간 정보를 분석하는 일은 필수적이다.

본 연구에서는 충청북도 음성군에 있는 두성리 마을 30개소를 대상으로 하였으며, 마을단위 마이크로 그리드 구축하였다. 각각의 마을에서 생산 및 소비 데이터를 파악하고, 에너지패턴 분석을 통해 에너지자립과 VPP거래 가능성 등을 검토하였다.

Key Words : 마이크로그리드(Micro-grid), 통합운영(Integrated operation), 에너지밸런스플로우(Energy balance flow), 태양광(PV), 지열(Geotherma)

[†] Corresponding author, E-mail: ywoosm@cbtp.or.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20213030160110)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술진흥원(KIAT)의 “지역혁신클러스터육성(R&D, P0025323)”사업의 지원을 받아 수행한 연구결과임

CYTOP 막을 통한 c-Si 태양광 셀의 신뢰성 제고

Enhancement Reliability of c-Si Solar Cells with CYTOP-based Protective Coating

송지원*, 고재환*, 김충일*, 이수운*, 송형준*[†]

Jiwon Song*, Jaehwan Ko, Chungil Kim, Suwoon Lee, Hyung-jun Song*[†]

*서울과학기술대학교 안전공학과

Abstract : 오랜 시간 운용된 태양광 셀에서는 은 전극이 부식되는 문제가 발생하는데 부식된 은 전극이 끊어져서 전류가 흐르지 않는 Snail trail 현상이 발생한다. 태양광 셀의 은 전극이 부식되면 직렬 저항이 상승하여 특정 셀의 국부 온도 상승과 모듈 전체의 효율 저하로 이어진다. 따라서 화학적으로 안정한 보호막이 셀과 봉지제로 많이 사용되는 Ethylene vinyl acetate (EVA) 사이에 위치하여 태양광 모듈의 신뢰성을 높일 수 있다. 본 연구는 셀과 EVA 사이의 보호막 역할을 할 투명 fluoropolymer 물질로 CYTOP을 이용하여 태양전지의 내화학 특성 변화와 모듈 적용 가능성에 대해 연구하였다. CYTOP을 도포한 셀과 도포하지 않은 셀을 질산에 1분, 2분, 3분간 담근 결과 CYTOP이 전극 보호에 크게 기여할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 초기 높이가 $20\mu\text{m}$ 인 은 전극의 단면을 비교하면 CYTOP을 도포하지 않은 셀은 3분 뒤 그 높이가 $6\mu\text{m}$ 로 감소한데 반해 CYTOP이 도포된 셀은 2분 뒤 $15\mu\text{m}$ 까지 낮아진 뒤 더 이상 변화를 보이지 않았다. 이렇게 전극이 부식될 경우 직렬 저항이 상승하고 효율이 저하된다. 셀 전류를 비율로 따져보았을 때 CYTOP이 도포된 셀은 전류의 변화를 거의 겪지 않았으나 CYTOP이 도포되지 않은 셀은 30% 수준에 머물렀다. 또한 CYTOP은 태양전지 모듈의 고온고습에서 효율 저하 감소에 기여한다. CYTOP이 도포되지 않은 태양전지로 구성된 모듈은 효율은 Damp heat 1000 시간 실험 결과 7% 감소하였다. 반면 CYTOP이 도포된 태양전지로 구성된 모듈의 효율 저하율은 4% 였다. 효율 저하는 주로 직렬 저항 증가에서 나타났다. CYTOP이 도포되지 않은 경우 직렬 저항이 10% 상승하였으나 CYTOP을 도포한 경우 직렬 저항의 변화가 거의 보이지 않았다. 따라서 CYTOP은 태양전지의 전극을 보호하여 열화를 저하하는데 크게 기여할 수 있다. 특히 CYTOP은 저온공정으로 태양전지에 바로 적용이 가능하여 다양한 태양광 모듈에 적용 가능할 것으로 예상된다.

Key Words : PV module, c-Si solar cell, protective layer, Fluoropolymer

[†] Corresponding author, E-mail: hj.song@seoultech.ac.kr

후 기

본 연구는 한국산업기술평가관리원(20015773)과 한국연구재단(RS-2023-00275562)의 지원으로 진행되었습니다.

건물 적용 태양광 모듈의 음영 패턴에 따른 출력 손실 저감 회로 설계

Design of a Circuit to Mitigate Output Loss based on Shading Patterns for Building-integrated Photovoltaic Modules

노요한*, 김주휘*, 이재형*[†]

Yohan Noh*, Juhwi Kim*, Jaehyeong Lee*[†]

*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과

Abstract : 전 세계적으로 유한한 석유화학 자원의 고갈에 따라 온실가스 배출 문제가 지속적으로 제기되면서 지구온난화의 상황이 악화되고 있음. 최근, 도시 태양광 발전에 대한 관심이 높아짐에 따라, 태양광 모듈 내 공간적 이득을 최대화할 수 있는 싱글드 기술이 각광받고 있음. 싱글드 기술은 태양전지를 여러 개로 분할하여 ECA(Electrically conductive adhesives)로 접합하는 기술로, 태양전지 전면 버스바에 의해 발생하는 음영 손실을 최소화하며 분할된 태양전지들을 오버랩하는 구조에 의해 고밀도, 고효율 모듈 개발을 위한 기술로써 활발한 연구가 진행되고 있다. 한편, 옥외에 설치된 태양광 모듈은 다양한 자연 환경적인 요소로 인하여 지속적으로 표면에 오염이 발생하며 특히 먼지, 황사, 동물의 배설물, 강우, 퇴적물 등으로 인해 표면에 오염물질이 부착되고, 이는 태양전지로 입사하는 태양광의 감소(shading)를 초래하게 되어 태양광발전시스템의 발전효율을 저하시킨다. 도시 태양광 발전의 경우 도심 환경 특성상 주변 건물에 의한 음영, 설치환경에 따른 음영 등 다양한 음영에 의해 발생되는 발전량 손실 혹은 핫스팟 현상으로 인한 모듈의 고장이 중대한 문제점으로 꼽히고 있다. 특히 싱글드 태양광 모듈의 경우 분할된 셀들이 직렬로 접합되어 하나의 스트링으로 제작되기 때문에 일반적인 태양광 모듈에 비해 음영에 의한 출력 손실이 발생하기 쉬우며, 따라서 음영 패턴 및 회로 설계/분석을 통한 출력 손실 저감 기술을 개발과 더불어 BIPV 에 적합한 고효율 싱글드 모듈 설계에 관한 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 BIPV 적용 싱글드 태양광 모듈의 음영 패턴에 따른 출력 손실을 시뮬레이션 모델링을 통해 해석하고, 출력 손실을 최소화할 수 있는 모듈 회로 설계 기술을 논의한다.

Key Words : 건물형 태양광 모듈(Building-integrated photovoltaic), 싱글드 태양광 모듈(Shingled photovoltaic module), 음영 패턴(Shading pattern), 회로 설계(Design of circuit), 핫 스팟(Hot spot)

[†] Corresponding author, E-mail: jaehyeong@skku.edu

후 기

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 첨단분야 혁신융합대학사업의 연구 결과입니다.

터널링 산화막 패시베이션 접촉 태양전지의 인 도핑된 폴리실리콘 패시베이션 특성에 대한 열처리 효과

Effect of Post-annealing on Passivation Properties of Phosphorus-doped Polysilicon for Tunneling Oxide Passivated Contacts in Crystalline Silicon Solar Cells

심서우^{*,**}, 김용진^{*}, 김도형^{*}, 이상희^{*}, 조윤애^{*}, 정경택^{*}, 박성은^{*}, 송희은^{*},
강민구^{*†}, 김가현^{**†}

Seo-Woo Sim^{*,**}, Yong-Jin Kim^{*}, Dohyung Kim^{*}, Sang Hee Lee^{*},
Yunae Cho^{*}, Kyung Taek Jeong^{*}, Sungeun Park^{*}, Hee-eun Song^{*},
Min Gu Kang^{*†}, Ka-Hyun Kim^{**†}

*한국에너지기술연구원 태양광연구단, **충북대학교 물리학과

Abstract : Charge carrier selective contacts have been proposed as a promising strategy to enhance the performance of crystalline silicon solar cells. In this study, we investigate the post-annealing effect on passivation properties of phosphorus-doped polysilicon for tunneling oxide passivated contacts (TOPCon). The TOPCon structures were prepared symmetrically on P-type wafers. The thermal oxidation process was employed to create a silicon oxide layer serving as a tunneling barrier. Subsequently, intrinsic poly-Si was deposited through the low-pressure chemical vapor deposition method, followed by ex-situ phosphorus doping using POCl_3 . We found a significant decrease in passivation properties at lower temperatures ($< 800^\circ\text{C}$) and a recovery at higher temperatures ($\geq 800^\circ\text{C}$), except for the highest temperature of 950°C . Electrochemical capacitance-voltage measurements show that active phosphorus ion profiles undergo distinctive active dopant modulation at the two temperature regimes. Our results suggest that post-thermal treatment in the cell manufacturing process need to be carefully managed to develop highly efficient crystalline silicon solar cells.

Key Words : 결정질 실리콘 태양전지(Crystalline silicon solar cell), 다결정 실리콘(Polysilicon), 패시베이션 (Passivation), 인(Phosphorus), 열처리(Annealing)

[†] Corresponding author, E-mail: mgkang@kier.re.kr, kahyunkim@chungbuk.ac.kr

TOPCon 태양전지의 SiN_x:H 층의 수소 함량에 따른 영향

Effect of Hydrogen Content of SiN_x:H Layer in TOPCon Solar Cell

임규현^{*,**}, 이진영^{***}, 심서우^{**,***}, 김도희^{**,***}, 김문세^{*,**}, 김용진^{**}, 이상희^{**},
정경택^{**}, 강민구^{**}, 송희은^{**}, 조윤애^{**†}, 이해석^{*}, 김가현^{***†}

Kyuhyeon Im^{*,**}, Jin Young Lee^{***}, Seo Woo Sim^{**,***}, Do Hoe Kim^{**,***}
Munse Kim^{*,**}, Yong-Jin Kim^{**}, Sang Hee Lee^{**}, Kyung Taek Jeong^{**},
Min Gu Kang^{**}, Hee-eun Song^{**}, Yunae Cho^{**†},
Hae-Seok Lee^{*}, Ka-hyun Kim^{***†}

*고려대학교 에너지환경대학원, **한국에너지기술연구원 태양광연구단, ***충북대학교 물리학과

Abstract : 본 연구는 실리콘 태양전지의 핵심 요소 중 하나인 SiN_x:H layer의 특성과 그것이 TOPCon 태양전지의 passivation 및 접촉 저항에 미치는 영향을 조사하였다. PECVD를 사용하여 350 °C ~ 530 °C의 범위의 온도에서 TOPCon 후면에 SiN_x:H layer를 증착하였다. 그리고 이러한 증착 온도의 변화를 통해 수소 함량을 변화하였고, 소성 시 형성되는 blister 현상에 수소 함량이 어떤 영향을 미치는지 분석하였다. 광학 현미경을 사용하여 수소 함량에 따른 blister의 크기와 면적 변화를 관찰하였고, FT-IR과 exodiffusion을 사용해 결합 밀도 및 수소 방출을 측정하였다. 이를 통해 증착 온도에 따라 blister가 차지하는 면적이 감소함을 확인하였고, 소성 전 후 수소 함량의 차이로 인한 결합 구조와 수소 함량의 변화를 파악하였다. 또한 SEM과 AFM을 이용하여 blister의 형상을 파악하여 blister가 TOPCon 후면의 poly-Si에 입히는 손상을 확인하였다. 이번 연구를 통해 SiN_x:H layer가 TOPCon의 성능에 미치는 영향을 확인할 수 있다.

Key Words : 패시베이션 (passivation), 기공 (blister), 접촉 저항 (contact resistace), 실리콘 질화막(Silicon nitride)

† Corresponding author, E-mail: yacho@kier.re.kr, kahyunkim@chungbuk.ac.kr

M12 n-TOPCon Cell을 이용한 대면적 모듈개발 및 실증

Lighting Energy Saving by Efficient Control of Automated Roller Shading Systems

김지현^{*,**†}, 남건희^{***}

Jihyun Kim^{*,**†}, NAM Geonhui^{***}

^{*}(재)녹색에너지연구원, ^{**}전남대학교 광공학협동과정, ^{***}(주)탑선

Abstract : 태양광에너지의 LCOE의 경우 2021년 30-41\$/MWh로 2009년 대비 90% 저감되었으며, CAGR의 경우 18%를 기록하였으나, 2016-2021년의 경우 8%대로 감소되었다. LCOE는 에너지원의 발전단가로서 태양광에너지원의 LCOE 저감을 위해서는 태양광 모듈의 고효율화 및 저가화, 옥외 발전성능 향상이 필요하다. 현재 M10과 M12 태양전지를 이용한 모듈의 대면적화 기술개발이 활발히 이루어지고 있으나 동일 효율의 태양전지를 적용시 M12 태양전지를 이용한 모듈이 효율 증가량이 M10 태양전지 기반 모듈대비 0.14% 추가적인 효율향상이 가능하다. 본 연구에서는 M12 n-TOTCon Half Cell 개발모듈과 비교용 M12 Mono/Bifacial 모듈 각각 10kW용량으로 옥외실증을 실시하였으며, 각각의 모듈의 효율을 비교분석 실시하였다.

Key Words : 양면태양광모듈(Bi-facial Solar Module), N형 태양전지(n-Solar cell, TOPCon), 대면적/고출력/고효율 (Large Area/High Power/High Efficiency), 균등화발전비용(Levelized Cost of Energy, LCOE)

[†] Corresponding author, E-mail: kimjihyun88@gei.re.kr

후 기

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20223030010180).

R.F 마그네트론 스퍼터링 방식을 사용하여 제작한 BIPV용 컬러유리의 특성 분석

Characteristics Analysis of Color Glass for BIPV Manufactured Using R.F Magnetron Sputtering Method

유승철*, 김동수**, 최원석*†

Seungcheol Yoo*, Dong-su Kim**, Wonseok Choi*†

*국립한밭대학교 전기공학과, **국립한밭대학교 건축공학과

Abstract : 지금까지 건물은 온도, 습도, 바람 및 일사량 등의 외부 환경으로부터 사람을 보호하면서 사람들이 안전하게 거주하거나 작업 및 활동하기에 적절한 환경을 만들어 주는 역할을 하였다. 건물 일체형 태양광 발전(BIPV : Building Integrated Photovoltaic)는 이러한 기본적인 건물의 역할에 발전소라는 기능을 가지게 됨으로써 건물 자체가 에너지를 생산하는 공간이 되어 건물의 활용성이 높아진다. 또한 건물의 미적 가치를 고려하여 다양한 색상의 BIPV 모듈이 개발되고 있다. 본 연구에서는 R.F 마그네트론 스퍼터링(R.F magnetron sputtering) 방식으로 다양한 금속 타겟을 활용하여 ITO(Indium Tin Oxide) 코팅된 유리 기판 위에 100 nm 이하 두께의 박막을 증착하여 BIPV 적용을 위한 컬러 유리의 색상을 구현하였다. 구현된 색상 중 유사한 색상의 광학적, 전기적 특성을 분석하였다. 실험을 통한 결과는 향후 BIPV용 모듈 선정에 있어서 동일 계열의 색상일지라도 보다 나은 광학적 특성의 컬러 유리 선정에 유용할 것으로 기대된다.

Key Words : 건물 일체형 태양광 발전(BIPV), 컬러 유리(Color glass), R.F 마그네트론 스퍼터링(R.F magnetron sputtering), 금속 타겟(Metal target), 광투과율(Light transmittance)

† Corresponding author, E-mail: wschoi@hanbat.ac.kr

재활용 가능한 블록형 태양광 모듈 프레임의 시뮬레이션 기반 구조해석 연구

A study of Simulation-Based Structural Analysis of Recyclable Block-Type Photovoltaic Module Frames

박세용*[†], 김준희*, 김한중*

Se Yong Park*[†], Junhee Kim*, Han-Jung Kim*

*구미전자정보기술원 나노전자소재부품연구센터

Abstract : 기후변화로 인한 환경 위기가 전 세계적으로 심각성을 더하고 있는 가운데, 재생에너지의 중요성과 관심이 증대되고 있다. 한국의 지형적 한계로 인해 재생에너지 발전이 어렵지만, 태양광은 풍력에 비해 상대적으로 우세하다. 또한 한국은 실리콘 태양전지 및 모듈 생산에 있어 우수한 역량을 가지고 있다. 그러나 재료에 대한 해외 의존도, 특히 중국에 대한 의존도가 높아 중국의 태도에 따라 업황이 좌우되는 문제가 있다. 또한 현재 사용 중인 태양광 모듈은 폐기 시 재료의 재활용이 불가능한데, 이는 친환경적인 태양광 발전의 주장과 상충된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 우리는 재활용이 가능한 블록형 태양광 모듈 프레임을 고안하였으며 본 프레임이 기존 프레임과 비교하였을 때 충분한 기계적 강도를 가지는지 시뮬레이션을 통하여 검증을 진행하였다. 우리는 SolidWorks를 이용하여 블록형 태양광 모듈 프레임을 설계하였으며 비교군으로는 기존에 사용되는 프레임을 설계하여 비교하였고, 시뮬레이션은 SolidWorks Simulation을 이용하여 응력(Von Mises), 변위(URES), 상응변형률을 시뮬레이션하여 성능검증을 진행하였다. 모듈의 재질은 알루미늄 합금(6063-T5)을 적용하였으며 외부 하중은 기본 중력을 적용하였으며 해석종류는 정적해석, 결합조건은 본드결합으로 진행하였다. 마지막으로 구속 조건은 고정 지오메트리로 하부지지 프레임면을 고정하였다. 결과적으로 기존 프레임 대비 응력은 9%가 감소하였고 변위는 7%가 감소하였으며 상응변형률은 2%가 증가하는 결과를 얻을 수 있었으며 이에 따라 기존보다 거의 동일하거나 더 나은 성능을 보여주는 것을 알 수 있었다. 이 제품을 제작하여 기존 태양광 패널 프레임을 대체한다면 환경적인 측면과 성능적인 측면에서 많은 이점을 가질 것으로 예상된다.

Key Words : 자원재활용(Resource Recycling), 블록형 패널프레임(Block-Type Panel Frame), 태양광모듈(Photovoltaic Module), 실리콘태양전지(Silicon Solar Cell), 구조해석시뮬레이션(Structural Analysis Simulation)

[†] Corresponding author, E-mail: psy881024@geri.re.kr

후 기

This work was supported by the Technology Innovation Program (20016029) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

딥러닝을 이용한 탑콘 태양전지 랩어라운드 클래스 분류

Deep Learning Application in Solar Cell Fabrication: Wrap-around Classification in n-TOPCon

김준희*[†], 김한중*, 박세용*

Junhee Kim*[†], Han-Jung Kim*, Se Yong Park*

*구미전자정보기술원 나노전자소재부품연구센터

Abstract : 지난 10여년간 글로벌 태양광 시장의 주류를 이루던 p-PERC(Passivated Emitter Rear Contact) 태양전지는 최근들어 n-TOPCon(Tunnel Oxide Passivated Contact) 태양전지로 대체되는 기술적 트렌드의 변화가 일어나고 있다. ITRPV 2023 리포트에 따르면 2022년 기준 약 10%의 마켓쉐어는 10년 후 약 60%까지 늘어날 것으로 전망되고 있어 n-TOPCon 태양전지에 관한 연구는 꾸준히 이뤄져야 할 필요가 있다. n-TOPCon 태양전지를 만들기 위해서 후면에 Passivated Contact($\text{SiO}_x/\text{n}^+\text{-poly-Si}$)을 증착하는데 그 과정에서 전면의 테두리부에도 증착이 되는 이른바 wrap-around가 발생된다. LPCVD에 비해 PECVD가 wrap-around 발생을 현저히 낮춰주는기는 하지만 여전히 발생하게 되어 이를 제거해주는 공정이 필요하다. 우리는 제거 공정 후 wrap-around의 잔류 유무를 판별하기 위한 머신비전시스템(Machine Vision System)을 개발하였다. 개발한 머신비전시스템을 활용하여 Wrap-around가 없는 시편들과 있는 시편들의 이미지 데이터를 누적시키고 픽셀 카운팅을 기준으로 총 5개의 클래스로 분류하였다. 그리고 이미지 증대(augmentation) 후 19개 계층으로 구성된 컨벌루션 신경망(Convolutional Neural Network)인 VGG-19(Visual Geometry Group-19)을 이용하여 훈련(Training) 및 검증(Validation)을 실행하였다. 그리고 훈련 및 검증에 한 번도 활용되지 않은 이미지 데이터를 이용하여 테스트한 결과, 검증 정확도와 테스트 정확도의 차이가 크지 않음을 확인하였다. 다만, 분류를 아예 하지 못하는 클래스가 있음을 확인하였고 이는 훈련에 활용된 이미지 데이터가 충분하지 않거나 혹은 노이즈가 원인일 것으로 추측하고 있어 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Key Words : 탑콘 태양전지(n-TOPCon solar cells), 머신비전시스템(Machine vision system), 랩어라운드(Wrap-around), 딥러닝(Deep learning), VGG-19

[†] Corresponding author, E-mail: junhee.kim@geri.re.kr

후 기

This work was supported by the Technology Innovation Program (20016029) funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

태양광 발전소의 모듈 배치 방향에 따른 일일 발전량 및 패턴이 전력망 부하 균형에 미치는 영향

Effect of Daily Power Generation and Pattern According to PV Placement Direction of Solar Power Plant on Power Grid Load Balance

류승환*, 정회경*, 김동영*, 송혁근*[†]

Seunghwan Ryu*, H. Jeong*, Dongyoung Kim*, Hyukgeun Song*[†]

*(주)에이치에스솔라에너지

Abstract : 태양광발전설비가 급증하여 낮 시간대 발전량이 증가하고, 전력 공급에 많은 이점을 주고 있다. 그러나 다양한 변수에 의해 일일 태양광 발전량이 크게 변하면서 전력계통 운영에는 불안정 요인으로 작용하고 있다. 본 연구에서는 태양광 발전소의 모듈 배치 방향을 통해 전력계통 운영의 불안정 요인을 줄이고, 피크확장 효과를 얻고자 한다. 그리고 실증을 통한 일일 발전량 데이터를 기반으로 이를 설명하고자 한다. 강릉시 연곡면에 수직 양면형 태양광발전소를 동서형 2기, 남북형 1기, 혼합형 1기로 각 2.88kW씩 설치하였고, 비교를 위한 판넬지붕형 1기를 15.36kW 설치하였다. 발전량 수집은 2022년 1월부터 2023년 12월까지 진행되었다. 계절별 특정일의 발전량을 시간대별로 분석한 결과, 판넬지붕형과 남·북형은 기존의 태양광발전소와 동일하게 태양의 고도가 높은 오후 1시에, 동·서형은 태양의 고도가 낮은 오전 9시, 오후 4시에 발전량이 최대를 나타냈다. 따라서 동·서형의 수직 양면형 발전소는 기존의 태양광 발전소의 발전량 증가 구간에서 생산되는 과잉전기의 피크확장 효과를 가져온다. 이는 데이터 센터와 같이 일정량의 전기를 안정적으로 공급해야 하는 공정에서 유리한 효과를 기대할 수 있다.

Key Words : 모듈 배치 방향(PV placement direction), 피크 확장(Peak extension), 수직형 태양광(Vertical PV), 전력계통 운영(Power grid operations)

[†] Corresponding author, E-mail: shg5506@hsse.co.kr

후 기

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 'ICT 기반 세대 에너지 정밀계측 및 마을공동체 마이크로그리드 통합운영 체계 구축'사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 20213030160110).

동시 열기상 증착법으로 증착된 칼코지나이드계 AgBiS_2 박막에서의 황화처리 조건 연구

Investigation of the Sulfurization Condition for Thermally Co-evaporated Ternary Chalcogenide AgBiS_2 Thin Film

최민호* , 김수환** , 강상원* , 서형원* , 박종성**†
Minho Choi* , Suwhan Kim** , Sangwon Kang* ,
Hyeongwon Seo* , Jongsung Park**†

*경상국립대학교 에너지시스템공학과, **경상국립대학교 미래융복합기술연구소

Abstract : AgBiS_2 photovoltaic devices have recently attracted significant attention in the field of photovoltaics due to their optimal bandgap and high absorption coefficient. However, their manufacturing has been limited to a solution-based process, which hinders scalability and presents challenges in producing large-area devices. This research demonstrates the moderate sulfurization temperature for achieving optimal composition ratio. The initial process employed a compositional engineering approach, wherein precursor powders of Ag_2S and Bi_2S_3 were thermally co-evaporated. Thermally co-evaporated method with the powders was optimized for ideal Ag/Bi composition ratio. then we carried out sulfurization for optimal sulfur composition ratio and crystallinity. Sulfurization at 200°C for 10 minutes, displayed the most favorable high crystallinity. Consequently, we achieved a noteworthy power conversion efficiency of 1.52% and an open-circuit voltage of 346 mV. These findings pave the way for the production of AgBiS_2 thin film photovoltaic devices using the thermal co-evaporation method, both in research environments and for commercial applications.

Key Words : AgBiS_2 thin film(AgBiS_2 박막), Sulfurization(황화 공정), Thermal co-evaporation(동시 열기상 증착법), Composition ratio(조성비)

† Corresponding author, E-mail: j.park@gnu.ac.kr

후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00257494). This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MEST) (RS-2023-00257494).

PVE-P-31

탄소나노튜브 기반 페로브스카이트 태양전지 효율 향상을 위한 페로브스카이트 광활성층 최적화 연구

Enhancing Efficiency in Carbon Nanotube Electrode-Based Perovskite Solar Cells through Interface and Thickness Optimization

고산산*, 신성식**†

Gao Shan Shan* Seong Sik Shin**†

*성균관대학교 신소재공학과, ** 성균관대학교 나노과학기술학과

Abstract : Perovskite solar cells (PSCs) have attracted extensive attention in recent years owing to their advantages such as high-power conversion efficiency (PCE), low cost, and easy fabrication. Conventional PSCs face challenges such as high cost, poor stability, and the need for vacuum deposition processes because they use precious metals or transparent conductive oxides (TCO) as electrode. Carbon nanotubes (CNTs) are an ideal alternative due to excellent conductivity, low-cost, and stability. However, its efficiency is very low compared to metal electrode. In this study, we propose new strategy to improve the device efficiency employing the CNT electrode. We discovered that perovskite thickness required for CNT and Au electrode-based PSCs is different due to differences in reflectance between traditional gold electrodes and carbon nanotube electrodes. Thus, we systematically investigated the impact of perovskite film thickness on device performance in Au- and CNT electrode-based PSCs. Furthermore, we optimized the perovskite film thickness and the interface to improve the device performance in carbon-based PSCs.

Key Words : Perovskite solar cells (페로브스카이트 태양전지), carbon nanotubes (탄소 나노튜브), power conversion efficiency (광전변환 효율), electrode (전극), Interface optimization (계면 최적화)

† Corresponding author, E-mail: sss85@skku.edu

태양광열 모듈을 위한 열 관리 요소 기술의 성능평가에 관한 연구

A Study on Performance Evaluation of Thermal Management Technologies for Photovoltaic/Thermal Module

이원희*, 노주형*, 이민주*, 공민석†

Wonhee Lee*, Joohyung Roh*, Minjoo Lee*, Minsuk Kong*†

*가천대학교 설비·소방공학과

Abstract : 기후 변화 대응 건물 부분 탄소중립 목표 달성을 위하여 건물의 제로에너지화를 추구하고 있다. 제한된 설치 면적을 갖는 건물에서 전기와 열을 동시에 생산하는 태양광열(PVT, Photovoltaic/Thermal) 모듈은 친환경 에너지 기기로서 큰 관심을 받고 있다. 특히, 고온수 생산으로 다양한 온도 범위의 사용처에 효과적으로 적용할 수 있는 유창형 액체식 PVT 모듈이 주목받고 있으나 과열로 인한 성능 저하 및 파손 등의 문제가 보급 확대를 제한하고 있다. 따라서 본 연구에서는 자가 열 관리 기능을 갖는 PVT 모듈을 제안하였으며 모듈 열 관리를 위한 핵심 요소 기기인 과열 방지 기능을 갖는 밴더블 흡수판 및 잠열재 보드, 열 성능 개선을 위한 히트파이프의 성능에 대한 실험적 평가를 수행하였다. 모듈 온도변화에 따른 태양복사에너지 흡수를 차단 및 개시하는 밴더블 흡수판은 흡수율 및 형상 변형·회복 성능을 평가하였다. 흡수판 코팅제의 태양복사에너지 흡수율이 90% 이상임을 확인하였고 장기 열주기(1,000 cycles 이상) 동안 형상 변형 및 회복 성능(변형률 및 회복률 90% 이상)을 확인하였다. 과열 지연 및 열 성능 개선을 위한 잠열재 보드의 경우 축방열 시 상 변화 온도 및 잠열량 기반 축방열 성능(상대오차 5% 이내)을 확인하였다. 더하여 PVT 모듈의 열 회수 성능 개선을 위하여 작동 온도 및 메리트수(Merit number) 기반 히트파이프 작동유체를 선정하고 열 교환 성능이 개선됨을 확인하였다. 추후 열 관리 핵심 요소 기기들을 모듈화하여 통합성능을 평가할 예정이다.

Key Words : 태양광열(Photovoltaic/Thermal), 열 관리(Thermal management), 밴더블 흡수판(Bendable absorber plate), 잠열재 보드(Phase change material board), 히트파이프(Heat pipe)

† Corresponding author, E-mail: mskong@gachon.ac.kr

후 기

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 2022R1F1A1074626).

노후 태양광 모듈의 불량유형 분석

Analysis of Defect Type of Deteriorated Solar Module

김한열*[†], 허재혁*, 이정언*, 서명건*, 양수미*

Han-Yeol Kim*[†], Jae-Hyeok Hur*, Jeong-Eun Lee*,

Myoung-Geon Seo*, Su-Mi Yang*

*극동대학교 친환경에너지공학과

Abstract : 대한민국의 태양광 산업이 2000년대 들어 본격적으로 활성화된 이래, 태양광 모듈 설치가 급증함에 따라, 노후 모듈의 증가에 따른 불량 모듈도 늘어나고 있는 추세이다. 특히, 자연환경의 영향을 많이 받는 태양광 발전 시스템 특성상 다양한 원인에 의한 열화 및 고장이 발생할 수 있다. 또한, 장시간 자연 환경에 노출된 모듈은 모듈을 구성하고 있는 재료의 성질이 일부 변하거나 모듈 제조시 문제가 되지 않았던 전기적 특성들이 발전을 거듭하며 불량을 일으키는 요인으로도 작용하게 된다. 이처럼 모듈 간 불량을 일으키는 요인들은 다양하게 발생이 된다는 점에서 해석해 본 바, 본 연구에서는 태양광 모듈의 불량 원인 및 불량에 따른 유형별 분석을 하였다. 연구 방법은, 국내 소규모 및 대규모 태양광 발전단지에서 나온 태양광 노후모듈을 EL 측정기, I-V Tracer, 열화상 카메라 등을 이용하여 측정을 진행하였고, 그 결과물을 분석하여 태양광 모듈의 불량 유형을 데이터베이스화 하였다. 특히, 결정질 실리콘 모듈 제품의 경우, 설치 후 발전을 진행하면서 모듈 자체에 기인하는 원인에 의한 불량과 외부 요인에 의해 진행된 불량으로 인해 정격출력 저하가 나타났으며, 2010년대 이전에 제조된 모듈의 경우 명확한 모듈의 성능에 관련한 품질 기준이 정립되지 않은 관계로, 전기적 불량과 더불어 원재료의 품질 저하로 인한 문제들이 발생한다는 것을 확인하였다. 이에 본 논문에서는 10년 이상의 노후 태양광 모듈의 불량 유형을 분석하였으며, 이로 인한 전기적 특성 및 성능 등의 불량 유형에 따른 품질 기준을 제시하고자 한다.

Key Words : 노후 태양광 모듈, 불량 분석, EL, 열화상 분석

[†] Corresponding author, E-mail: klhan3091@gmail.com

후 기

본 연구는 2024년도 산업통상자원부의 재원으로 지역에너지 클러스터 인재양성사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호: 20224000000070).

노후 태양광 모듈의 실증연구를 통한 운용효율 분석

An Analysis of the Operational Efficiency of Older Solar Modules through Empirical Research

이정언*[†], 김한열*, 허재혁*, 서명건*, 양수미*
Jeongeon Lee*[†], Hanyeol Kim*, Jaehyeok Hur*,
Myounggeon Seo*, Sumi Yang*

*극동대학교 친환경에너지공학과

Abstract : 2000년대, 국내 태양광 모듈 보급화 정책이 본격적으로 시행됨으로써 태양광 발전소에 대한 투자 및 발전 시설이 급격하게 증가하였으며, 이에 따른 노후 태양광 모듈의 발생량이 급증할 것으로 예상된다. 국내 노후 태양광 모듈은 전문적인 전처리 및 재사용 기술 없이 대부분 매립되고 있으며, 나아가 사회적, 환경적 문제로도 이어지고 있다. 때문에 이를 해결하고자 재활용을 통한 자원 회수 관련 기술 연구개발이 수행되고 있으나 아직까지 노후·폐기 모듈의 재사용을 위한 제도 및 데이터베이스 구축을 위한 판단절차는 미비한 수준이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 노후 모듈의 특성 및 운용효율을 분석하여 재사용 가능 여부의 판단절차를 위한 데이터베이스를 구축해야 한다. 이에 본 연구는 열화상 카메라를 활용한 Hot spot 측정과 더불어 태양광 모듈 별 노후화 정도에 따른 운용효율 및 성능을 분석하였으며, 이에 따른 분석 결과 및 노후 모듈의 특성에 대해 논하고자 한다.

Key Words : 태양광발전(Solar power generation), 노후 모듈(Older module), 태양 전지(Solar cell), 열화 현상(Hot spot), 인버터(Inverter)

[†] Corresponding author, E-mail: 1523-8@hanmail.net

후 기

본 연구는 2024년도 산업통상자원부의 재원으로 지역에너지 클러스터 인재양성 사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : 2022400000070).

재사용 태양광 모듈과 신규 모듈 간 출력 효율 분석 (50kW : ECO, 50kW : New Bifacial PV module)

Analysis of Output Efficiency Between Reused Solar Modules and New modules (50kW : ECO, 50kW : New Bifacial PV module)

허재혁*[†], 이정언*, 김한열*, 서명건*, 양수미*
Jaehyeok Hur*[†], Jeongeon Lee*, Hanyeol Kim*,
Myounggeon Seo*, Sumi Yang*

*극동대학교 친환경에너지공학과

Abstract : 2018년도 기준 국내 태양광 발전소에 대한 투자 및 발전시설이 급격하게 증가함에 따라 노후 태양광 모듈의 발생량도 급증하고 있다. 더욱이 폐 태양광 모듈의 처리에 관한 정책적인 제도 제정 및 노후 모듈 재사용을 위한 명확한 매뉴얼이 명시되어 있지 않아 이에 따른 많은 환경적인 문제점들이 대두되고 있다. 하지만 아직까지 국내에서는 노후 모듈의 재사용을 위한 표준화 및 대책 방안 등 재사용 모듈의 안전성, 내구성, 성능 등이 보장 되어있지 않아 이에 따른 신뢰성 입증의 필요하다. 이에 본 연구는 재사용 모듈의 인증기준 및 신뢰성을 확보하고자 100kw(50kw: ECO 모듈, 50kw: 신규모듈)의 발전 실증단지를 구축하여 국내 최초 ECO모듈을 이용한 효율성 연구를 통해 재사용 모듈의 신뢰성을 확립하였다. 또한 실증연구를 통해 첫 번째 노후 태양광 모듈의 효율을 비교 분석하여 재사용 인증기준안에 필요한 데이터베이스를 구축하였다. 두 번째 일사량, 풀량, 온습도 등 환경적 요인을 고려하여 연구를 진행하였으며, 두 모듈 간의 효율을 비교하기 위해 일정 기간 발전량을 측정하고 분석하였다. 이에 본 논문에서는 100kW 발전단지 Bifacial 신형모듈과 ECO 일반모듈 발전효율의 영향을 실증단지 구축을 통해 입증하였으며, 실증연구를 통해 재사용 모듈의 인증 기준, 안전성, 내구성 및 효율에 대한 신뢰성을 확립을 제시하고자 한다.

Key Words : 태양전지(Solar cell), 노후 태양광 모듈(An aging solar module), 재사용 패널(Reuse panel), 일사량 (Insolation)

[†] Corresponding author, E-mail: hgh9848@naver.com

후 기

본 연구는 2024년도 산업통상자원부의 재원으로 지역에너지 클러스터 인재양성사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호: 20224000000070).

초월회귀방식을 이용한 인공신경망 기반 태양전지 에미터 식각 공정의 식각 반응 속도 예측 기술 개발

Reaction Rate Simulation of Emitter Etching Process on Crystalline Silicon Solar Cell Using Hyper-regression Method on Artificial Neural Network

김수민*[†]

Soo Min Kim*[†]

*구미전자정보기술원 실감미디어연구센터

Abstract : 초고효율 태양전지 제조 산업분야에서 양산공정 설계 및 수행 과정의 공정 변수를 제어 및 조정하기 어려운 부분은, 태양전지 습식 식각 공정이 대부분을 차지하고 있다. 습식 공정 과정에서 발생하는 용액의 농도 변화 및 자연 기화 손실로 인하여 연속적인 공정 수행 과정의 결과물에서 미세한 차이를 발생시키게 된다. 최종적인 태양전지의 수율에 영향을 미치게 되어 적절한 제어가 반드시 필요하다. 시변수 기반의 물성 변화를 기준으로 관리하는 방식이 일반적인 공정 유지에 가장 직관적이지만 물질이동론에 의한 반응 속도 추이는 미분값을 가지기 때문에 시각적인 표현에 많은 어려움을 가진다. 본 연구에서는 습식 공정을 설계하고 연속 공정을 유지하기 위한 습식식각 용액의 특성 변화를 예측하기 위하여 전기화학 분석 기술을 기반으로 식각 속도를 측정하여 경험적 데이터를 축적하여 이를 인공지능을 통한 학습을 통하여 공정 변수를 시뮬레이션 하였다. 일반적인 습식 식각 반응 과정은 전기화학적 관점에서 이온의 이동과 전자의 이동으로 설명이 가능하며, 이러한 특성을 연속적으로 분석하기 위하여 Potential stat을 이용하여 식각과정에서 관측되는 전류와 전압의 변화를 측정하였다. 측정된 결과를 기반으로 전기화학적 변화에 따른 식각 반응 용액의 특성을 전류의 형태로 정의하여 연속적으로 확보하였다. 측정된 시계열 자료를 기반으로 반응의 변화 추세를 표현할 수 있는 화학반응 모델을 인공신경망 기반으로 정의하고 예측 결과를 수렴시키기 위하여 초월회귀방식을 적용하였다. 인공지능 모델을 이용하여 시변수 기반의 식각용액의 특성 변화를 시각화 하였다.

Key Words : 결정질 태양전지(Crystalline silicon solar cell), 인공신경망(Artificial Neural Network), 에미터 식각(Emitter etching), 전기화학분석(Electrochemical analysis), 초월회귀(Hyper-regression)

[†] Corresponding author, E-mail: smkim83@geri.re.kr

후 기

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20183010014320), conducted under the framework of the Research and Development Program of the Korea Institute of Energy Research (C3-2403).

건물일체형 태양광발전시스템의 안전한 유지보수를 위한 가이드라인

Operating and Management Guideline of Building Integrated Photovoltaic Systems for Safety

장주희*[†], 김종민*, 오수정*

Juhee Jang*[†], Chong Min Kim*, Su-Jeong Oh*

*전기안전연구원

Abstract : 태양광 발전시스템은 지상형부터 건물 일체형 태양광발전시스템(BIPV: Building integrated photovoltaic)까지 다양한 설치 형태로 증가하고 있다. 태양광 발전시스템의 설치가 증가함에 따라 최근 5년간 발전시설에서 발생한 화재 중 약 37%가 태양광 발전시스템으로 높은 비중을 차지하고 있다. 하지만, 태양광 발전시스템의 화재 발생 시 대응 절차에 대한 정보는 부족하다. BIPV 시스템은 건물의 외장재를 태양광 발전시스템으로 대체했으므로 지상형 태양광발전시스템보다 더욱 주의가 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 BIPV 시스템의 사고 발생 시 유지보수 절차에 대한 분석을 수행하였다. 먼저 BIPV 시스템에서 사고 발생 시 동반되는 위험 요소를 파악하였다. 이를 바탕으로 BIPV 시스템의 설치 방법 및 유지보수를 통한 안전성 확보 방법을 확인하였다. 또한, Rapid shutdown을 수행하는 옵티마이저 등 추가 기기를 설치하여 안전성을 확보하는 방법을 미국, 일본, 독일 등 여러 국가의 태양광 발전시스템 소방 가이드라인을 통해 확인했다. 해당 연구를 통해 국내 BIPV 시스템의 화재 및 고장에 대한 유지보수 가이드라인의 기초가 될 것으로 판단된다.

Key Words : 건물 일체형 태양광발전시스템(BIPV systems), 유지보수(O&M), 가이드라인(Guideline), 래피드셴다운(Rapid shutdown), 옵티마이저(Optimizer)

[†] Corresponding author, E-mail: juheejang@kesco.or.kr

열전소자를 활용한 태양광 모듈 모니터링용 무선 IoT센서

Wireless IoT Sensor for Photovoltaic Module Monitoring Utilizing Thermoelectric Devices

이용환*[†], 윤석인*, 박노창*[†]

Yonghwan Lee*[†], Suckin Yun*, Nochang Park*[†]

*한국전자기술연구원 차세대전지연구센터

Abstract : 태양광 모듈 모니터링 시스템은 태양광 발전 시스템의 효율적인 운영에 필수적인 기술이다. 그러나 태양광 모듈 모니터링을 위한 센서에 전력을 공급하기 위해서는 추가적인 전력 시스템 설치가 필요하며, 이는 전체 모니터링 시스템의 복잡성을 증가시킨다. 본 연구에서는 태양광 모듈의 센서 시스템을 구동하기 위해 열전소자의 사용을 제안함으로써, 태양광 모니터링 시스템을 간소화할 수 있음을 보여준다. 개발된 모니터링 센서는 온도 데이터와 기타 관련 정보를 무선으로 전송하여, 각 모듈의 상태를 평가하고 이상 여부를 식별할 수 있음을 증명하였다. 이러한 방식을 통해 태양광 모듈의 이상이나 고장을 사전에 감지하고 유지보수에 활용함으로써, 보다 효과적인 태양광 모듈 관리, 운영 및 발전량의 향상을 기대한다.

Key Words : 태양광 모듈(photovoltaic module), 모니터링 (monitoring), 센서 (sensor), 무선통신 (wireless communications), 열전소자 (thermoelectric generator)

[†] Corresponding author, E-mail: ylee@keti.re.kr, ncpark@keti.re.kr

후 기

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00303745, 탄소배출이 적고 재활용이 용이한 모듈 소재 및 공정 기술개발)

균열 기반 분리 기술을 통한 저탄소 초박형 실리콘 기판 제조 기술

Low-Carbon Ultra-thin Silicon Wafer Manufacturing Technology via Crack-Assisted Layer Transfer Method

이용환*[†], 박노창*[†]

Yonghwan Lee*[†], Nochang Park*[†]

*한국전자기술연구원 차세대전지연구센터

Abstract : 초박형 (<100 μ m) 실리콘 웨이퍼 제조 기술은 저탄소 태양광 모듈 제조를 위한 핵심 요소 기술로 최근 부각되고 있다. 본 연구는 균열 기반 박리 기술 (crack-assisted layer transfer) 기술을 통해 실리콘 기판의 웨이퍼링 되는 과정에서의 발생하는 재료 손실 (kerf-loss)를 극소화 하면서 실리콘 웨이퍼의 두께를 100 μ m 이하로 제작 가능한 저탄소 실리콘 기판 제조 기술에 대해 보고 하고자 한다. 균열 기반 분리 기술을 통해 실험적으로 10 - 80 μ m 두께로 제어된 초박형 실리콘 웨이퍼를 제작 가능하며, 제조된 실리콘 웨이퍼의 결함 분석 및 해당 결함 제거 방법에 대해서 보고 한다. 이러한 기술은 최종적으로 저탄소 태양광 모듈 제조를 위한 저탄소 웨이퍼링 기술의 대안이 되기를 기대한다.

Key Words : 저탄소 태양광 모듈 (low carbon photovoltaic module), 실리콘 웨이퍼 (silicon wafer), 웨이퍼링 (wafering), 결함 분석 (defect analysis), 초박형 웨이퍼 (ultrathin wafer)

[†]Corresponding author, E-mail: ylee@keti.re.kr, ncpark@keti.re.kr

후 기

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00303745, 탄소배출이 적고 재활용이 용이한 모듈 소재 및 공정 기술개발)

태양광 폐 모듈의 실리콘 재활용에 응용가능한 고분자 제거 습식 전처리 공정 기술개발

Development of a Polymer Removal Wet Pretreatment Process for Silicon Recycling of Waste Solar Modules

김수환*, 박종성**†

Suhwan Kim*, Jongsung Park**†

*경상국립대학교 미래융복합기술연구소, **경상국립대학교 에너지공학과

Abstract : CBAM(Carbon Border Adjustment Mechanism, 탄소 국경 조정 제도)은 2023년 5월에 최종 발효된 법안으로, EU로 수입되는 특정 제품의 생산과정에서 발생한 배출량에 대한 탄소 가격을 부과하는 제도이다. 탄소 배출량 감축을 위해 도입되었으며, 탄소 누출 방지와 EU 역내 제품의 경쟁력 강화를 목적으로 하고 23년 5월에 법안이 최종 발효되었다. 해외 국가들은 이에 대응하여 전략을 마련하고 있으며, 우리나라 또한 이러한 추세에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 저탄소 기술 기반의 제조 시스템이 필요한 상황이다.

본 연구에서는 이러한 저탄소 모듈의 제조 시스템에 적용할 수 있는, 소재 단위에서의 재활용 공정 기술을 개발하였다. 최종적으로 고순도의 유가금속을 위해, 재활용 실리콘 파쇄물에 포함된 고분자 성분을 제거하기 위한 습식 전처리 공정 기술을 개발하여 그 특성을 평가하였다. 개발한 습식 전처리 공정은 기본적으로 물질의 비중 차이를 이용한 분리 공정으로서, 이를 이용할 경우 별도의 thermal budget의 투입이 없으며 공정 중 이산화탄소 발생량을 최소화할 수 있다.

태양광 폐 모듈의 파쇄물에는 Si, EVA, backsheet 등이 포함되어 있는데 Si는 2.42 g/cm³, EVA는 0.9 g/cm³의 비중을 가진다. 태양광 backsheet는 주로 PET, PO로 구성되어 있으며 그 비중은 각각 1.35, 약 0.9 g/cm³이다. 이런 성분들로 구성된 폐 모듈 파쇄물을 H₂O, 15 wt% 소금물, 질산 등의 다양한 용액에 혼합한 후, 원심 분리를 이용하여 분리하는 공정을 진행하였다. 원심 분리된 폐 모듈 파쇄물을 건조한 후에, 열중량 분석(Thermogravimetric analysis)을 수행하여 질량 감소량을 확인하여 폴리머 성분이 얼마나 제거되었는지 확인하였다. 다양한 공정 조건에서 실험을 진행하여 실제 고분자 제거용 습식 공정으로서의 가능성을 평가하였다.

Key Words : 태양광 폐 모듈 재활용, 실리콘 재활용, 비중 분리, 습식 공정

† Corresponding author, E-mail: j.park@gnu.ac.kr

후 기

본 연구는 산업통상자원부 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행되었음. (RS-2023-00303745).

무기 페로브스카이트 태양전지의 고효율화 전략

Strategies of Improving Overall Performances of All-inorganic Perovskite Solar Cells

이동건*, 강동원**†

Dong-Gun Lee*, Dong-Won Kang**†

*중앙대학교 스마트시티학과, **중앙대학교 에너지시스템공학부

Abstract : In the realm of perovskite tandem cells, all inorganic perovskite cells stand out as promising contenders owing to their wide bandgap and enhanced thermal stability when compared to conventional organic/inorganic hybrid metal halide perovskites. Among the myriad compositions of $\text{CsPbI}_{3-x}\text{Br}_x$ ($0 < x < 3$), the CsPbI_2Br (CPIB) perovskite stands out for its adequate phase and thermal stability, coupled with a wide bandgap of 1.9 eV. Nevertheless, despite these advantages, CPIB-based perovskite solar cells (PSCs) encounter substantial energy losses stemming from various surface defects, including uncoordinated Pb^{2+} ions, halide ion vacancies, and pinholes. These defects exacerbate non-radiative recombination, thereby constraining the potential for further enhancement in power conversion efficiency (PCE).

This study adopts additive engineering and surface passivation techniques to modulate the polycrystalline growth of perovskites and mitigate the formation of bulk and surface defects. Through these interventions, the controlled cell demonstrates a PCE ranging from approximately 11.0% to 12.0%. Conversely, employing the proposed methodology yields a champion cell boasting an impressive PCE exceeding 17.0%, marking one of the highest reported efficiencies to date among CPIB-based PSCs.

Key Words : 전 무기 (All-inorganic), 페로브스카이트(Perovskite), 태양전지(Solar cells)

† Corresponding author, E-mail: kangdwn@cau.ac.kr

후 기

본 연구는 한국연구재단의 연구개발 사업을 지원 받아서 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 : RS-2023-00217270, 2023K2A9A2A08000151, RS-2023-00212744)

참가 및 등록안내

📦 등록비 안내

- 학술대회 등록
 사전 등록: 2024년 02월 15일(목) - 04월 05일(금)
 현장 등록: 2024년 04월 17일(수) - 04월 19일(금)
- 참가비(학술대회: 4월 17일(수) - 19(금))

구분	학생회원		회원(종신회원, 정회원)		비회원	
	사전등록	현장등록	사전등록	현장등록	사전등록	현장등록
연회비 납부자	120,000원	150,000원	190,000원	240,000원	300,000원	350,000원
연회비 미납자	150,000원	180,000원	250,000원	300,000원		

- 참가비(BIPV 기술세미나: 4월 18일(목))

학회회원 및 일반인	300,000원
학생참가자	100,000원

📦 등록비 결제 안내

카드결제	<ul style="list-style-type: none"> • 학술대회홈페이지 학술행사 → 온라인등록 → 결제페이지 연결 • 초록 등록 및 온라인등록 완료 후 마이페이지 → 결제 → 결제 대기 목록에서 결제
계좌이체	<ul style="list-style-type: none"> • 은행명 : 우리은행 • 계좌번호 : 126-433275-01-005 / 예금주 : 사단법인 한국태양에너지학회 * 기관명으로 입금할 경우 반드시 학회 이메일로 관련 정보를 알려주시기 바랍니다. (solar@kses.re.kr)

📦 연락처와 홈페이지 안내

- (사)한국태양에너지학회 (www.kses.re.kr)
- 주 소 : (우)30127, 세종특별자치시 한누리대로 249, 에스제이타워 804호(나성동)
- 전 화 : 044-864-1977, 팩 스 : 044-864-1978, 전자우편 : solar@kses.re.kr

주요 행사일정 및 장소

개회식 및 초청강연

- 일 시 : 2024년 4월 18일(목) 11:20-12:15
- 장 소 : 미래관 소민홀(213호)
- 대 상 : 한국태양에너지학회 회원 및 일반인

한국태양에너지학회 이사회

- 일 시 : 2024년 4월 17일(수) 17:30-18:30
- 장 소 : 더맛(외부)
- 대 상 : 한국태양에너지학회 이사진

특별세션-1(태양열융합협회)

- 일 시 : 2024년 4월 17일(수) 14:00-15:40
- 장 소 : 동원장보고관 리더쉽홀(307호)
- 형 태 : Open session

특별세션-2(저탄소모듈개발)

- 일 시 : 2024년 4월 17일(수) 14:00-15:40
- 장 소 : 동원장보고관 동원아카데미홀(104호)
- 형 태 : Open session

특별세션-3(수소에너지)

- 일 시 : 2024년 4월 17일(수) 16:00-18:00
- 장 소 : 미래관 소민홀(213호)
- 형 태 : Open session

특별세션-4(BIPV)

- 일 시 : 2024년 4월 18일(목) 14:50-16:20
- 장 소 : 미래관 소민홀(213호)
- 형 태 : Open session

특별세션-5(에너지믹스)

- 일 시 : 2024년 4월 18일(목) 13:00-14:30
- 장 소 : 공학2관 공동강의실4(106호)
- 형 태 : Open session

튜토리얼(대학원생 지원 강좌)

- 일 시 : 2024년 4월 17일(수) 14:00-15:40
- 장 소 : 공학1관 창의공작소(1F)
- 대 상 : 대학원생 및 청년 취업·창업 희망자

학회등록자 중식

- 일 시 : 2024년 4월 18일(목) 12:15-13:00
- 장 소 : 동원장보고관 1F 타보로
- 대 상 : 2024년 춘계학술발표대회 등록자

만찬(Banquet)

- 일 시 : 2024년 4월 18일(목) 18:00-
- 장 소 : 그랜드애플(외부)
- 대 상 : 한국태양에너지학회 임원, 2024 춘계학술발표대회 등록자

폐회식

- 일 시 : 2024년 4월 19일(금) 11:30-12:10
- 장 소 : 미래관 소민홀(213호)
- 대 상 : 한국태양에너지학회 회원 및 일반인

구두 및 포스터 발표 안내

INVITED SESSION

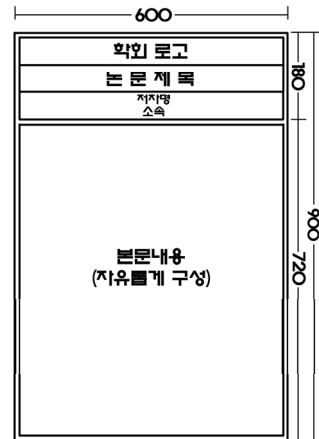
- 발표 시간 : 20분(발표 15분, 질의·응답 5분) ※ 분과별로 발표시간은 조정될 수 있음.
- 시청각 기자재 : 빔 프로젝트
- 요청 사항 : 발표자는 발표파일을 USB메모리로 지참하여 해당 발표세션 전 휴식시간에 발표장 컴퓨터에 파일을 복사한 후, 정상적으로 화면에 보이는지 확인 요망

ORAL SESSION

- 발표 시간 : 15분(발표 10분, 질의·응답 5분) ※ 분과별로 발표시간은 조정될 수 있음.
- 시청각 기자재 : 빔 프로젝트
- 요청 사항 : 발표자는 발표파일을 USB메모리로 지참하여 해당 발표세션 전 휴식시간에 발표장 컴퓨터에 파일을 복사한 후, 정상적으로 화면에 보이는지 확인 요망
- ※ 구두발표부문 우수발표상 평가 실시

POSTER SESSION

- 발표 장소 : 부경대학교 동원장보고관 학생취업설명회실(109호)
- 포스터 규격 : 600x900(예시를 참조하여 작성)
- Poster 시상 : 정해진 시간내에 게시한 모든 포스터에 대해서 서면평가를 통해 선정시상함.
 - ※ 포스터발표부문 우수포스터상 평가 실시
- Poster check-in(포스터 체크인 및 부착) :
 - 4월 17일(수) 13:00 - 18일(목) 09:30까지/
 - 포스터 전시장내(동원장보고관 109호)
 - ※ 발표자 혹은 공동저자가 체크인데스크에서 확인 후, 포스터를 부착함.
 - ※ 접수번호가 아닌 프로그램북에 배정된 세션별 논문번호를 확인 후 부착함.
 - ※ 부착된 모든 포스터는 제거 시각까지 부착되어 있어야 함.
- Poster presentation(포스터 발표) : 4월 18일(목) 16:30 - 17:30
 - ※ 지정된 포스터 발표자가 배석하여 연구자들과 질의응답을 진행함.
- Poster removal(포스터 제거) : 4월 19일(금) 10:00까지
 - ※ 부착된 모든 포스터를 제거하여야 하며, 기한내에 제거하지 않은 포스터는 임의로 폐기함.



*포스터 규격 예시

좌장 및 발표자 숙지사항

좌장

- ① 담당분야의 시간과 발표장을 확인해 주십시오.
- ② 발표시작 10분전까지는 발표장에 입실해 주십시오.
- ③ 발표자들이 모두 참석했는지 발표시간 전에 확인해 주십시오.
- ④ 발표시간은 질의응답 5분 포함 초청강연 총 20분, 일반구두 총15분입니다.
(세션별 발표시간이 다를 수 있으므로 프로그램북을 확인해주세요.)
- ⑤ 발표시작 전 채점표를 확인해 주십시오.
- ⑥ 종료시간을 알리는 종은 발표종료 3분 전 한 번, 종료 시 두 번 종을 울리십시오.
- ⑦ 두 번째 종소리 후에는 발표를 종료시켜 주십시오.

초청강연자

- ① 발표분야, 발표장 및 시간을 확인해 주십시오.
- ② 발표 시작 10분전까지는 발표장에 입실해 주십시오.
- ③ 발표파일을 USB메모리로 지참하여 해당 발표세션 전 휴식시간에 발표장 컴퓨터에 파일을 복사한 후, 정상적으로 화면에 보이는지 확인하시기 바랍니다. 개인 노트북도 사용 가능하나 휴식시간 중에 미리 연결하여 확인하시기 바랍니다.

Oral 발표자

- ① 발표분야, 발표장 및 시간을 확인해 주십시오.
- ② 발표 시작 5분전까지는 발표장에 입실해 주십시오.
- ③ 발표시간은 총 15분이고 10분 발표 5분 질의·응답입니다.
(세션별 발표시간이 다를 수 있으므로 프로그램북을 확인해주세요.)
- ④ 종료시간을 알리는 종은 발표종료 3분 전 한 번, 종료 시 두 번 종을 울립니다.
- ⑤ 두 번째 종소리 후에는 곧 발표를 종료하여 주십시오.
- ⑥ Oral 발표 기자재는 "빔 프로젝트"와 "레이저포인터" 입니다.
- ⑦ 발표파일을 USB메모리로 지참하여 해당 발표세션 전 휴식시간에 발표장 컴퓨터에 파일을 복사한 후, 정상적으로 화면에 보이는지 확인하시기 바랍니다. 개인 노트북도 사용 가능하나 휴식시간 중에 미리 연결하여 확인하시기 바랍니다.

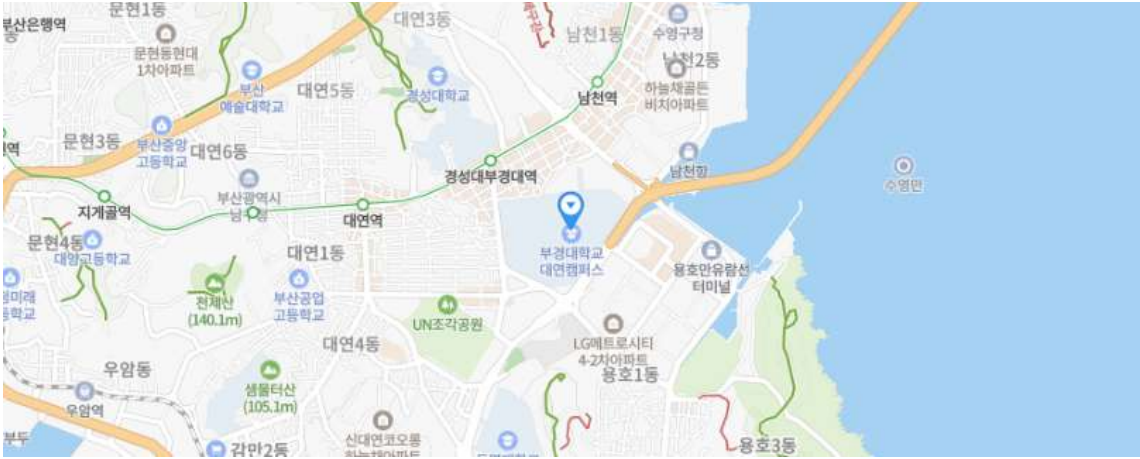
Poster 발표자

- ① Poster Check-in, Presentation 시간을 확인해 주십시오.
- ② 발표장소는 동원장보고관 109호이며, 4월 17일(수) 13:00 - 18일(목) 09:30 사이에 포스터 부착을 완료하여주시기 바랍니다.
- ③ 포스터 규격(600×900)과 홈페이지에 제시된 양식을 준수해 주시고, 프로그램북에 배정된 세션별 논문번호를 확인 후, 해당되는 판넬에 부착해 주십시오.

발표장 안내도



부경대학교 오시는 길



주소	부산광역시 남구 용소로 45
전화	(051)629-6006~6011, 6015
홈페이지	https://coe.pknu.ac.kr/

지하철

출발지	경로
고속버스터미널	① 호선 노포동 → 서면(환승) → 경성대,부경대역 3번 출구
부산역	① 호선 부산역 → 서면(환승) → 경성대,부경대역 3번 출구 ② 호선 부산역 → 서면(환승) → 경성대,부경대역 3번 출구
서부시외버스터미널	② 호선 사상 → 경성대,부경대역 3번 출구

버스

시내버스 노선	10, 20, 22, 24, 27, 39, 40, 41, 42, 51, 83, 83-1, 108-1, 131, 139, 155, 583, 1003
----------------	---

학회 지정 숙박 안내

No.	호텔명	전화번호	주소
1	켄트호텔 광안리 바이 켄싱턴	1670-7464	부산 수영구 광안해변로 229
2	호텔 아쿠아펠리스	051-790-2300	부산 수영구 광안해변로 225
3	베스트루이스해밀턴호텔	051-760-0808	부산 수영구 광안해변로 276
4	호메르스 호텔	051-750-8000	부산 수영구 광안해변로 217
5	에이치에비뉴 호텔	051-751-2266	부산 수영구 광안해변로278번길 42
6	오션 더 포인트 호텔	051-929-8600	부산 수영구 광안해변로278번길 42

2024 한국태양에너지학회

춘계학술발표대회

2024 KSES Annual Spring Conference

발행처 : 한국태양에너지학회

주소 : 30127 세종특별자치시 한누리대로 249, 에스제이타워 804호(나성동)

전화 : 044-864-1977 팩스 : 044-864-1978

E-mail : solar@kses.re.kr

발행일 : 2024년 4월 17일

발행인 : 박창대

인쇄 : (주)에이퍼브

전화 : 02-2274-3666 팩스 : 02-2274-4666

주 최



한국태양에너지학회
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY

후 원

국립 부경대학교

한국에너지공단

한국에너지기술연구원

녹색에너지연구원

한국기계연구원

(주)KT

한국태양광공사협회

한국태양열융합협회

특별회원사

금강전기산업(주)

(주)맥사이언스

비원이티에스(주)

선다코리아(주)

(주)아이넴

(주)에스지에너지

(주)이삭에너지

(주)제이에이치에너지

(주)프로세이브

(주)한화 건설부문

(주)해인기술

금강전기산업(주)

www.g-electric.co.kr

- 대표 안재환
- 주소 충청북도 충주시 금봉대로 736 (연수동)
- 전화 043-845-5622
- 팩스 043-845-5120
- 이메일 kum5622@naver.com

Jaehwan An
736, Geumbong-daero, Chungju-si,
Chungcheongbuk-do, Korea
+82-43-845-5622
+82-43-845-5120
kum5622@naver.com

회사소개

금강전기산업(주)는 신재생에너지 전문기업으로서, 전기, 통신, 소방, 기계설비, 지하수개발·이용사업, 금속창호·지붕건축물조립공사업을 운영하고 있습니다.

당사는 한국에너지공단 참여기업 및 A/S전담기업으로서 에너지절약[ESCO] 전문기업으로 등록이 되어있으며, 산업통상자원부의 에너지특화기업 지정을 받았습니니다.

“최고의 기술과 품질 시공으로 신뢰 받는 기업이 되자”는 확고한 목표와 이념 아래 지금까지 많은 투자와 노력을 기울여 왔으며 건설회사의 기본인 건설 현장에서의 작업자 안전재해 예방은 물론 환경부담 최소화, 온실가스 저감을 통한 기후변화 대응 활동 등 프로세스와 시스템을 강화해 나가고 있습니다.

오늘에 머무르지 않고 축적된 노하우와 시공 기술력을 바탕으로 고객의 Needs 에 맞는 무결점 완벽 시공을 통해 보다 나은 가치를 제공하고 국내 전력 및 에너지 사업 발전에 지속 가능한 성장으로 기여하는 기업이 되고자 최선을 다할 것을 약속드립니다.



회사연혁

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1989. 금강전기산업 설립. | 2017. 한국전력공사 우수협력사 인증서 |
| 1992. 전기공사업면허 취득. | 2017. 직접생산확인 증명-태양광발전장치 |
| 1998. 한국방송공사외 다수 기관 우수시공업체 수상. | 2018. 한국에너지공단 참여기업 선정 |
| 1999. 산업자원부장관(우수기업표창)수상. | 2018~ 한국에너지공단 A/S전담업체 지정서 |
| 1999. ISO 9001(KSA-QA) | 2019. 기업부설연구소 인정서 취득 |
| 2000. 소방시설공사업 면허취득 | 2019. 기계설비공사업 면허 취득 |
| 2001. 무정전공사 시공 인증서취득 | 2019. 에너지절약전문기업 등록 |
| 2002. 한국전기공사협회 우수기업 표창 | 2020. 태양발전장치 접속함[KS제품인증] |
| 2005. 정보통신공사업 면허 취득 | 2020. 직접생산인증[정보기술 방송 및 통신기[모니터링] |
| 2006. 복도체 가공송전선로 건설공사 적격업체 | 2021. 2021한국에너지대상 산업포장 수상 |
| 2007. 한국전기안전공사(우수시공업체)지정서 수상 | 2021. 에너지 특화기업 지정 |
| 2009. 지식경제부장관 표창 | 2021. 일하기 좋은기업 선정 |
| 2011. 안전보건경영시스템인증서 등록 | 2022. 특허취득[내진 기능을 갖는 태양광구조물 지지대] |
| 2012. 신·재생에너지 설비 설치전문기업 | 2023. 특허취득[태양광 모듈 지지구조체] |
| 2016. 소프트웨어사업자 | 2023. 기술혁신형 중소기업(Inno-Biz)확인서 취득 |
| 2016. 직접생산확인 증명-소프트웨어개발 | 2023. 벤처기업확인서 취득 |
| 2017. 지중배전 전문회사 인증서 | 2024. 모범납세자 국제청장 표창 |

인증 취득 현황





대표 유경희
주소 (본사)인원광역시 서구 북항로120번길 13-26 (공정)경기도 화성시 마도면 해운로747-19
전화 032-573-5570
팩스 032-573-5571
이메일 Jh-e@jh-e.co.kr

C E O Jeonghee Yoo
A D D (H) 13-26, Bukhang-ro 120beon-gil, Seogu, Incheon, Korea (F) 747-19, Haeun-ro, Mado-myeon, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea
T E L +82-32-573-5570
F A X +82-32-573-5571
E-mail Jh-e@jh-e.co.kr

www.jh-e.co.kr

I 회사 소개 I

㈜제이에이치에너지는 다년간 축적된 기술력과 노하우에 열정을 더하여 꾸준히 성장하고 있습니다.

신·재생에너지 전문기업으로 태양광, 태양열, 연료전지 등의 신사업분야의 전문성을 갖추고 있으며, 기업부설연구소에서는 탄소중립을 위한 정책연구 및 실증연구개발에 투자하고 있습니다.

실력 있는 기술인력을 기반으로 안전한 설계, 철저한 감리, 견실한 시공, 책임감 있는 유지관리, 최적화된 진단을 위해 임직원 모두 노력하고 있습니다.

㈜제이에이치에너지 임직원 모두는 전문성을 갖춘 구성원으로써 정성과 열의를 다하여 귀하의 요구에 동참할 것을 약속드리며 최선을 다해 믿음 가는 기업으로 보답 드리겠습니다.



I 회사 연혁 I

HISTORY

- 1997 08. 법인설립 / 전기종합감리업 등록
- 2004 06. ISO 9001:2000 획득
07. 전문설계업 1종 등록
- 2006 11. 공장등록(제조업 등록)
12. 기업부설연구소 설립
- 2008 04. 전기공사업등록
05. 에너지진단 전문기관 지정
10. 신·재생에너지 전문기업 등록
- 2010 02. 비파괴검사업 등록
- 2011 02. 기술혁신형 중소기업(INNO-BIZ) 기업 선정
05. 학술연구업 등록
11. 나라장터 종합쇼핑몰 물품등록(태양광발전장치)
- 2012 02. 혁신성장유형 벤처기업 지정
10. 인천우수기업 「비전기업, 선정
- 2013 02. 본사 확장 이전 및 ㈜제이에이치에너지로 상호 변경
08. 엔지니어링업 전기설비 분야 신고
12. 전기안전관리대행업 등록
- 2014 02. 금속구조물-창호온실공사업 등록
- 2015 01. ISO 9001:2008 인증범위 추가
- 2017 01. 원창동 사옥 준공 및 이전
06. 정보통신공사업 등록
11. 태양광발전장치 단체표준인증(EQ)
- 2018 01. ISO 9001:2015 인증범위 추가
07. 소프트웨어사업자 신고
- 2019 06. 전기신사업(소규모전력중개사업) 등록
07. 전문소방시설 설계, 공사업 등록
11. 기계설비공사업 등록 / 인천시 유망중소기업 인증
- 2020 09. 엔지니어링업 정보통신 분야 신고
12. 태양광 발전용 접속함 KS인증(KS C 8567)
- 2021 03. 소프트웨어품질인증서(GS) 1등급 획득
07. 한국전기기술인협회 진단협력업체 위촉
08. 엔지니어링업 설비 분야 신고
09. 산업통상자원부 뿌리기업 인증
- 2022 01. 경기도 화성시 공장 설립
05. 기계설비성능점검업 등록
- 2023 03. 빌딩자동제어장치(BEMS) 직접생산 확인증명
12. 무대장치 직접생산 확인증명
- 2024 2011~2024년 정보부급사업 참여기업 선정
2014~2023년 AS전문기업 선정

I 사업 분야 I

- 태양광 · 태양열 · 연료전지
- 설계 · 감리 · 공사 · 제조 · O&M
- 한국에너지공단 보급사업
- 조달청 나라장터쇼핑몰 등록
- 발전사업(RPS) 전문기업
- 사후관리 · 유지관리 전문기업
- 기업부설연구소
- 설계(전기 · 통신 · 소방 · 기계)
- 감리(전기 · 통신 · 소방 · 기계)
- 공사(전기 · 통신 · 소방 · 기계)
- 금속구조물 창호 온실공사업
- 에너지진단 전문기관
- 전기안전관리대행업
- 기계설비성능점검업





국내최초 천장형 전기차 충전시스템



한화포레나는 생각합니다.

우리가 고민해야 할 것은
포장된 이름이 아닌, 주거의 가치라고

앞선 기술이 생활을 변화시키고
미세먼지는 더욱 세심하게 잡아주며
어제보다 더 멋진 나라를 발견하도록

새로운 기준이 되다
한화포레나



FORENA는 스웨덴어로 '연결'을 뜻하며 '사람과 공간의 연결'을 통해 새로운 주거문화를 만들겠다는 (주)한화 건설부문의 의지를 담고 있습니다.

FORENA
한화포레나

MEM

Innovative Elastomer Material Technology

- 내방사선 및 내화학성 특화 엘라스토머(Elastomer) 소재 개발
- **한국수력원자력 A등급** 유자격 공급자(원자력, 수력/양수), **Q등급** 다이어프램
- 국내 화력발전 5개사 **정비적격기업 인증**



Diaphragm



O-ring



Gasket & Sealing



원자력 발전소



화력 발전소



화학



밸브 & 펌프



오일 & 가스



방위산업

Power Plant Reference

- 원자력 발전소(고리, 월성, 한울, 한빛) - 다이어프램, 오링 개발
- 화력 발전소(서부발전, 남부발전, 중부발전) - 다이어프램 국산화
- UAE 바라카(Barakah) 원자력 발전소 - Q, A등급 다이어프램
- FDC MPC(필리핀 화력발전소) - 다이어프램
- BASF(독일) - 내화학성 FKM O-ring 개발 및 수출

Partners



2024 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회

2024 KSES Annual Spring Conference

2024. 4. 17(수)~19(금)

부산 부경대학교 대연캠퍼스

주최

(사)한국태양에너지학회

후원

국립 부경대학교
한국에너지공단
한국에너지기술연구원
녹색에너지연구원
한국기계연구원
(주)KT
한국태양광공사협회
한국태양열융합협회

특별회원사

금강전기산업(주)
(주)맥사이언스
비원이티에스(주)
선다코리아(주)
(주)아이넴
(주)에스지에너지
(주)이삭에너지
(주)제이에이치에너지
(주)프로세이브
(주)한화건설부문
(주)해인기술



한국태양에너지학회
THE KOREAN SOLAR ENERGY SOCIETY

세종특별자치시 한누리대로 249 에스제이타워 804호(나성동)
전화: 044-864-1977 · 팩스: 044-864-1978 · 이메일: solar@kses.re.kr