

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2023.23.2.169>
JIIBC 2023-2-22

실시간 소전력 감시 및 원격제어용 지능형 콘센트 개발

Development of Intelligent Outlets for Real-Time Small Power Monitoring and Remote Control

홍경진*

Kyung-Jin Hong*

요약 현재 가정이나 사무실 및 공장 등 전력 수요가 증가하면서 전체 전력 사용량도 증가하고 있다. 전력사용의 증가는 에너지 절약에 대한 인식 변화가 나타나면서 대기전력에 대한 관심도도 높아졌다. 가정용 및 사무용 기기는 대기상태에서도 전력을 소모하고 있다. 이에 대기전력의 저감에 대한 필요성이 매우 커지고 있으며 대기전력 1W이하를 목표로 하고 있다. 지능형 콘센트는 근거리 무선망을 이용하여 홈네트워크에 연결하고 콘센트에 연결된 램프나 가전기기의 대기전력을 차단하거나 절감시키는 것이다. 본 연구에서는 근거리 무선망(Zigbee)를 이용하여 콘센트에 연결된 조명램프나 가전기에서 사용하는 전기의 사용량을 원격으로 모니터링 하고 대기전력을 차단할 수 있는 모니터링 시스템과 지능형 콘센트를 개발하고자 한다. 또한, 개발하는 지능형 콘센트와 모니터링 시스템은 휴대용 장치(리모콘)를 이용하여 사용자가 손쉽게 대기전력을 차단할 수 있다. 지능형 콘센트는 대기전력을 저감시킬 뿐만 아니라 화재 방재 시스템에도 응용 가능할 것이다. 대기하는 전력을 차단 하는 장치는 지능형 콘센트와 대기전력 차단 스위치를 포함하므로 누전과 화재를 방지할 것이다.

Abstract Currently, overall power usage is also increasing as power demand such as homes, offices, and factories increases. The increase in power use also raised interest in standby power as a change in awareness of energy saving appeared. Home and office devices are consuming power even in standby conditions. Accordingly, there is a growing need to reduce standby power, and it aims to have standby power of 1W or less. An intelligent outlet uses a near-field wireless network to connect to a home network and cut or reduce standby power of a lamp or appliance connected to an outlet. This research aims to develop a monitoring system and an intelligent outlet that can remotely monitor the amount of electricity used in a lighting lamp or a home appliance connected to an outlet using a short-range wireless network (Zigbee). Also, The intelligent outlet and monitoring system developed makes it possible for a user to easily cut off standby power by using a portable device. Intelligent outlets will not only reduce standby power but also be applicable to fire prevention systems. Devices that cut off standby power include intelligent outlets and standby power cutoff switches, so they will prevent short circuits and fires.

Key Words : remote controller, standby power, smart outlet

*정희원, 광주대학교 전기전자공학부
접수일자 2022년 11월 21일, 수정완료 2023년 3월 3일
게재확정일자 2023년 4월 7일

Received: 21 November, 2022 / Revised: 3 March, 2023 /
Accepted: 7 April, 2023

*Corresponding Author: tronichkj@gwangju.ac.kr
School of Electrical and Electronic Engineering, Gwangju
University, Gwangju, Korea

I. 서 론

최근 여름철과 겨울철의 계절별 전력 소비가 급속하게 증가되어 가정이나 사무실 및 공장 등에 많은 전력 수요가 발생하고 있다. 일반용과 산업용 전력의 수요가 증가되는 여름철과 겨울철에는 전력의 예비 보유율이 낮게 되어 블랙 아아웃을 일으키기도 한다. 그러므로 전력사용의 증가에 친환경 에너지원인 태양광과 풍력등으로 설비를 증가하고 있으나 환경과 에너지 부족이 발생하기 때문에 이에 대한 문제를 함께 해결해야 하는 노력이 시급한 실정이다.^[1]

이를 해결할 수 있는 방법으로는 에너지를 절약하는 것으로 전력 사용자의 의식변화와 불필요하게 낭비되는 대기전력이 손실을 줄이는 방법이 있다.

컴퓨터, TV 등 가전기기는 사용하지 않는 대기상태(standby)에서도 일정한 전력을 소비한다. 이러한 대기 전력 소비량은 전체 전력 사용량에 대비하여 적은 편이지만 대기상태에서 전력소모가 발생한다. 특히 복사기나 비디오키의 경우는 일반적인 가전기기보다 전력소비가 더 많이 소모하는 것으로 추정된다.^{[2]-[3]}

사무기기는 근무시간 동안 켜져 있지만 사용시간은 많지 않다. TV도 전원을 끄면 플러그가 전원에 연결되어 있기 때문에 일정부분의 전력은 소모되고 있다. 가전기기나 사무용기기를 사용하지 않는 대기시간에 소모되는 비용은 전력사용량의 10%를 초과 하고 있다고 보고된다.^{[4]-[5]}

이에 대기전력의 저감에 대한 필요성이 매우 커지고 있으며 정부와 에너지 관리공단도 사용하지 않는 전력을 1W이하로 하기 위한 국가 로드맵을 제정하였다. 국가 로드맵인 "Standby Korea 2010"에서는 대기전력을 절감하는 프로그램 운용규정을 개정하였다. 또한, 가정용과 사무용 기기의 일부분에 대해서 강제 규정인 경고 표시제를 실시하였다.

대기전력 경고표시 제도가 본격적으로 시행되어 기업들도 대기전력을 줄이기 위해 적극적으로 기술개발을 하였다.

대기전력 저감 대상제품으로 12개 제품이 선정되었는데, 이러한 제품 중에서 대기전력 저감 우수모델의 점유율이 7% 정도이다. 그러므로 가정 및 사무용 전력의 원격감시와 제어를 위한 지능형 콘센트를 개발하여 USN에 필요한 다목적 기능을 갖도록 하고자 한다. 지능형 콘센트는 근거리 무선망을 이용하여 콘센트에 연결된 전기기기의 대기전력을 차단하거나 절감하는 것이 목적이다.

이러한 대기전력 차단과 대기전력 절감을 위하여 원거리 전기기기를 동작하거나 정지시킬 때 대기전력을 차단하여야 한다.^{[6]-[7]} 이때 사용하지 않는 대기상태의 소비전력을 1W 이내로 줄이도록 할 필요가 있다. 또한, 각각의 콘센트에 번호와 이름을 부여하고 사용자는 휴대용 장치인 리모컨을 이용하여 여러개의 콘센트를 선택적으로 제어하여 전력을 차단할 수 있도록 한다.

본 연구에서는 근거리 무선망(Zigbee)를 이용하여 콘센트에 연결된 조명램프나 가전기기에서 사용하는 전기의 사용량을 원격으로 모니터링 하고 대기전력을 차단할 수 있는 모니터링시스템과 지능형 콘센트를 개발하고자 한다. 개발하는 지능형 콘센트와 모니터링 시스템은 휴대용 장치(리모컨)를 이용하여 사용자가 손쉽게 대기전력을 차단하는 것을 구현할 수 있다.

II. 전력의 원격 감시와 지능형 콘센트 시스템의 구성

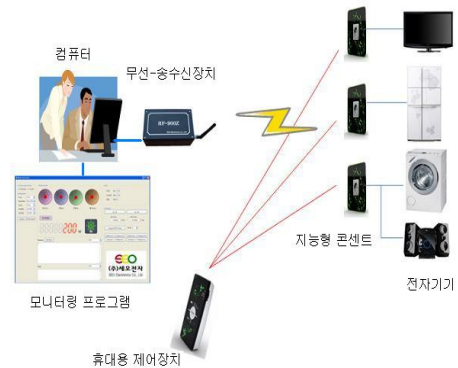


그림 1. 전력의 원격 감시와 지능형 콘센트 시스템 구성

Fig. 1. Configuration diagram of intelligent outlet system for remote monitoring of small power

그림 1은 전력의 원격 감시와 지능형 콘센트 시스템의 구성도이다. 그림에서 컴퓨터와 연결이 되는 무선 송수신장치는 다수의 지능형 콘센트에 연결되어 전기기기의 소비전력을 모니터링하고, 필요시에 전력을 차단하여 과전류나 대기전력을 차단하는 기능을 포함 한다.

그림 2는 지능형 콘센트의 모니터링 시스템 회로도이다. 그림에서 지능형 콘센트는 무선망(Zigbee)을 통하여 상호 연동되며 실시간으로 전류, 전압 및 전력값을 컴퓨터에 전달하는 역할을 담당한다.

컴퓨터에서 전원차단기능 명령은 무선 송수신 장치에 연결된 지능형 콘센트로 명령을 전달하는 역할을 수행한다.

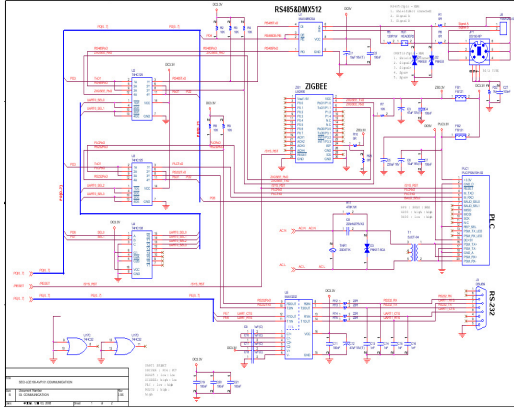


그림 2. 지능형 콘센트의 모니터링 시스템 회로도
 Fig. 2. Monitoring System Circuit Diagram for Intelligent Outlets

무선망 이외에도 RS-232C나 내부 네트워크를 이용하여 접속이 가능하다. 무선망과 연결된 지능형 콘센트는 모니터링 프로그램에 의해 전기제품의 동작상태에 대한 모니터링과 제어가 가능하다.

Ⅲ. 전력의 원격 감시 및 지능형 콘센트 시스템의 기대효과

전력의 원격 감시 및 제어가 가능한 지능형 콘센트 시스템을 개발에 따른 기술적 및 경제적 효과는 다음과 같다.

1. 기술적 측면

무선 네트워크 시스템을 활용한 홈네트워크 분야에 활용이 가능하며 외부에서 대기전력을 차단하거나 화재 방지를 위한 시스템 개발에도 많은 영향을 줄 것으로 예상된다. 유무선 인터넷망과 연동이 가능한 시스템의 인프라가 구축되면 원격검침과 누설전류에 의한 화재 방지 시스템에 응용될 것으로 예상된다. 전력의 원격 감시 및 제어가 가능한 지능형 콘센트 시스템은 홈네트워크 시스템과 연동이 가능하기 때문에 인텔리전트 빌딩시스템(IBS)등에도 사용이 가능할 것이다.

2. 경제 산업적 측면

2010년 하반기부터 새로 지어지는 건물에는 플러그를 제거하지 않아도 대기전력을 자동으로 차단하도록 하여야 한다. 이를 위해서 대기전력을 차단하는 콘센트나 스위치를 30% 이상 의무적으로 설치하도록 실시하고 있다. 전력의 원격 감시와 대기전력 차단을 위한 지능형 콘센트 시스템은 새로운 건축물에 30% 이상 차단장치를 설치하도록 하는 것을 주요 내용으로 하는 에너지절약의 설계기준에 적합할 것이다.

과부하는 전선에 열을 발생시키고 전선 피복의 절연 효과를 감소시키게 된다. 이렇게 반복된 전기 과부하는 결국 누전과 화재로 이어져 소중한 생명과 재산에 피해를 가져오게 된다. 대기전력을 차단하는 것은 자동으로 대기전력을 차단하는 콘센트와 스위치를 포함한다. 이와 관련하여 다음과 같은 전자기기도 대기전력을 줄이는데 효과가 높게 나타날 것으로 기대된다. 가구당 대기전력 소모량 평균치는 76.1W로 예상되는데 이러한 대기전력을 차단함으로써 생기는 에너지 절감효과는 클 것이다.

표 1. 가구당 대기전력 소모량

Table 1. Standby power consumption per household

순번	품 목	대기전력 (W)	사용시간 (H)	대기 시간(H)
1	TV	4.33	4	20
2	비디오	5.45	2	22
3	오디오	9.12	3	19
4	DVD플레이어	12.20	2	22
5	전자레인지	2.77	0.5	23.5
6	카세트라디오	1.11	4	20
7	유무선전화기	2.15	2	22
8	셋톱박스	7.85	4	20
9	휴대전화충전기 (2대)	1.72(0.86 x 2대)	2	22
10	컴퓨터	3.26	4	20
11	모니터	2.53	4	20
12	프린터	3.07	0.5	23.5
13	비디오폰	1.23	3	21
14	세탁기	1.90	2	22
15	모뎀	6.43	4	20
16	비데	3.39	2	22

표1은 가구당 대기전력 소모량을 예시한 것이다. 가정용과 사용 기기는 사용시간이 지나 후 대기전력으로 전환된다. 대기시간에 따른 대기전력의 평균값을 나타내었다.

IV. 기술개발 내용

1. 대기전력의 통전 및 차단용 무선 스위치 개발

그림 3은 TV의 대기전력 차단 원리 및 회로도이다. 그림에서 대기전력을 차단하기 위해 변압기 전원의 2차측을 개방하게 된다. 이때 대기전력 차단을 위해 마이컴에 전원을 공급해 주어야 하기 때문에 대기전력을 모두 차단하지 못하는 문제점이 발생한다.

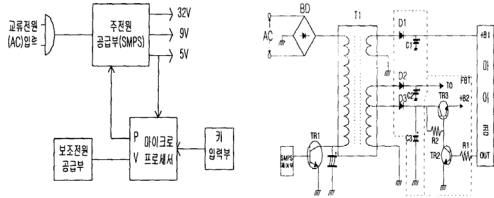


그림 3. TV의 대기전력 차단 회로도
Fig. 3. Standby power cutoff circuit diagram of TV

2차측 전원을 차단하지 못하는 문제점을 해결하고 무선 네트워크를 이용하여 대기전력의 1차측을 완전히 차단할 수 있는 차단용 무선 스위치를 개발하고자 한다. 무선 스위치는 Zigbee에 의해 수신된 명령을 마이컴으로 전달하게 되며, 1차측 전원에 연결된 릴레이를 제어하는 것은 마이컴이 담당하도록 설계한다.

2. 가전기기의 대기전력의 통전 및 차단용 지능형 콘센트 개발

지능형 콘센트는 메인컨트롤부, 전력량 사용 모니터링부, 무선 통신을 제어하는 통신 모듈부 및 전원부로 구성된다. 외부전원인 가정용 전압 220V 입력은 무선 통신 제어부와 전력을 감시하는 모니터링부에 의해서 가전기기에 연결된다. 전력을 감시하는 모니터링부에서는 가전기기의 전력소모량과 전류-전압을 실시간으로 측정하여 메인 컨트롤부에 전송한다.

메인 컨트롤부에서는 가전기기의 과부하나 대기전력의 차단을 리모콘 수신부 및 Zigbee 통신 모듈부에 명령을 전달하고 제어부는 전원차단 명령을 실행하도록 한다. 이외에도 전압이나 전류 및 전력량을 미리 설정하면 자동으로 과전류나 대기전력을 차단할 수도 있다.

메인 컨트롤부는 실시간으로 원격 모니터링에 의해 프로그램으로 제어되기 때문에 모니터링된 데이터와 상호 연동한다. 모니터링된 데이터인 전압, 전류, 전력소모량 등은 무선네트워크망(Zigbee)을 통해서 원격 모니터링 시스템에 전송하게 된다.

그림 4는 지능형 콘센트의 블록도이다. 가전기거나 사무용 기기들이 사용하고 있는 전력량은 전력모니터링과 제어부에서 모니터링 한다.

사용되는 전기기기에 과부하가 걸리면 메인 컨트롤부(330)에서는 전력모니터링 및 제어부로 전원을 차단하는 명령을 전달한다.

또한 실시간으로 전력량을 모니터링 할 수 있기 때문에 지능형 콘센트에서 발생한 문제를 무선으로 원격모니터링 시스템에 전송한다. 전송된 명령에 의해 콘센트의 무선통신 모듈부에서는 실시간 데이터를 메인 컨트롤부로 전송하게 된다. 전력모니터링 및 제어부에서는 실시간으로 전력을 측정하여 데이터를 원격모니터링 시스템으로 보낸다.

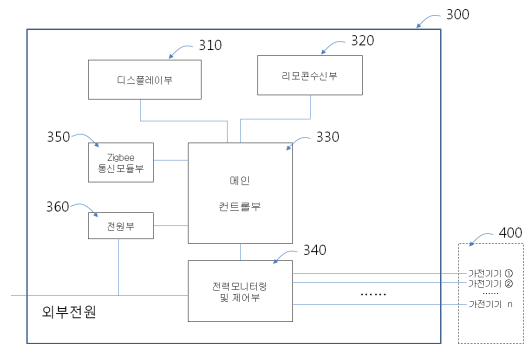


그림 4. 지능형 콘센트의 블록도
Fig. 4. Block diagram of an intelligent outlet

실시간 측정된 전류-전압 및 전력 데이터는 휴대용 제어장치를 통하여 메인 컨트롤부로 전송하고 전력모니터링 및 제어부에서는 모니터링과 제어 명령을 수행한다.

3. 전력측정용 원격 모니터링용 모듈 개발

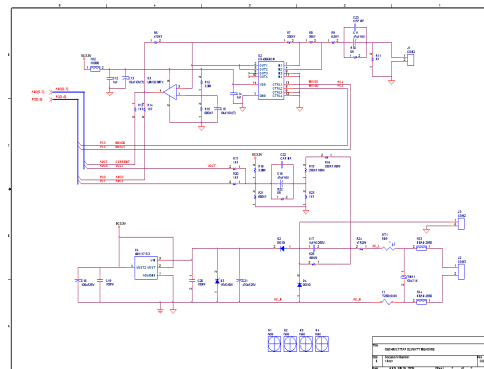


그림 5. 전력측정 회로도
Fig. 5. Power measurement circuit diagram

그림 5는 지능형 콘센트에서 가전기거나 사무용 기기의 소비전력을 측정할 수 있는 전력 측정용 모듈이다.

지능형 콘센트는 실시간으로 사용하는 전력량과 과부하시 전원을 자동으로 차단하는 기능을 부여한다. 또한 실시간으로 사용하는 전력량을 메인컨트롤부로 전송하는 것이 주요 기능이다. 본 연구에서는 회로 센서부의 분해능을 1.0급에 적합하도록 전력 측정용 회로 설계를 수행하였다.

4. 원격관리 제어용 컨트롤 모듈 개발

그림 6은 원격관리용 자동 제어 컨트롤 모듈이다.

지능형 콘센트는 무선망 통하여 실시간으로 전류, 전압 및 전력값이 설정된 이상의 값으로 전력이 감지되면 전원 차단을 수행한다. 이는 가전기거나 사무용 기기에 과부하에 의해 과전류가 흐르는 경우 발생하는 화재사고를 방지할 수도 있다.

자동 제어용 인터페이스 모듈은 지능형 콘센트에서 전달된 데이터를 감시하여 콘센트에 과부하가 걸리면 메인 컨트롤부에서 전원차단 명령을 수행하도록 한다.

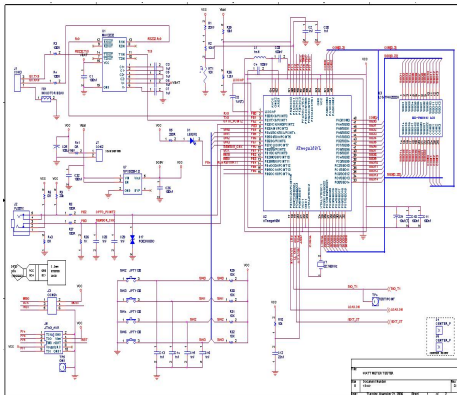


그림 6. 자동제어용 인터페이스 모듈 회로도
 Fig. 6. Interface module circuit diagram for automatic control

V. 지능형 콘센트의 동작 테스트

대기전력 차단 실험을 위해 일반 가정의 대기전력을 측정하고 표2와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 가전 제품 중에서 대기전력이 크다고 생각되는 4개 분야를 선정하였다. 인터넷 공유기, 전자레인지, 오디오 및 비데 등은 평상시에도 대기전력을 소모하고 있기 때문에 대기전력을 측정하였다.

가전제품을 켜면 동작이 되기 때문에 전력을 사용하게 된다. 가전제품의 스위치를 오프하면 대기전력으로 전환된다. 이러한 상태에서 지능형 콘센트는 가전제품의 전력 사용이 현저히 줄어든 상태를 30초간 유지하면, 대기전력으로 인식하여 대기전력 차단 스위치가 자동으로 동작된다. 대기전력 차단 스위치의 차단동작으로 인하여 가전제품의 대기전력은 자동 차단되어 대기전력이 0이 된다.

가전제품을 다시 켜기 위해서는 지능형 콘센트를 수동으로 on 하면 가전제품을 다시 켤수 있다. 이는 모니터링 장치에서 직접 제어도 가능하며 지능형 콘센트에서도 통전을 수동으로 할 수 있다.

표 2. 무선 차단 스위치 동작후 대기전력
 Table 2. Standby power after operation of the wireless cut-off switch

대상	모델명	대기 전력[w]	대기 전력 차단후[w]
인터넷공유기	VB2100	2.8	0
비데	DST-8100F	2.7	0
오디오	HW-C450/KR	0.5	0
전자레인지	CMW-CO3010DW	0.7	0

VI. 결 론

실시간 전력 측정용 원격 모니터링과 대기전력 차단 제어를 위한 지능형 콘센트 개발을 하기 위하여 대기전력 차단용 무선 스위치, 가전기기의 대기전력의 통전 및 차단용 지능형 콘센트, 원격 모니터링용 전력측정 모듈, 원격관리용 자동 제어 컨트롤 모듈을 제작하였다.

제작된 지능형 콘센트를 이용하여 4개의 가전제품에 적용하여 실험한 결과, 가전제품 전원 스위치 오프 30초 이후에 대기전력 차단 스위치의 동작으로 대기전력이 0이 되었다.

따라서, 개발된 지능형 콘센트는 에너지의 절약을 통해 친환경 및 탄소저감 정책에 기여할수 있으며 가정이나 사무실에서 과잉 전기사용의 불안을 제거하고 안전한 생활이 가능하도록 한다.

또한, 지능형 콘센트는 대기전력을 자동으로 차단하는 기능과 과전류시에도 전력을 자동으로 차단하는 기능을 포함하고 있으므로, 대기전력을 저감시킬 뿐만 아니라 누전과 화재를 방지할 것이다.

References

- [1] Park, Yang-Jae, "Development of Automatic Shutdown and Recovery Device for Standby Power using Doppler Sensor", Journal of Digital Convergence, vol.17, no.10, pp. 243-249, 2019
DOI : <https://doi.org/10.14400/JDC.2019.17.10.243>
- [2] Young-Hwan Jang, SangSoon Lee, "Design and Implementation of Zigbee-CoAP-based Standby Power Saving System", The Korea Institute of Information and Communication Engineering , vol.24, no.5, pp. 616-622, 2020
DOI : <https://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.5.616>
- [3] Lee Sang-Yun, "Development of a Low-Price Device for Standby Power Cut-off", The Korea Institute of Convergence Signal Processing , vol.16, no.3, pp. 115-121, 2015
DOI : <https://doi.org/10.23087/jkicps.2015.16.3.006>
- [4] Jung Jee Hoon, "A Study on the Reduction of Standby Power Consumption for Multiple Output Converters", Trans. Korean Inst. Power Electron, vol.12, no.6, pp. 433-440, 2007
UCI : G704-000449.2007.12.6.009
- [5] Young-Hwan Jang, SangSoon Lee, "Design and Implementation of CoAP-based Standby Power Reduction System and Ecommended Power Status for each Device in a Smart Building Environment", Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology, vol.9, no.2, pp. 113-125, 2020
DOI : <https://doi.org/10.29056/jncist.2020.06.02>
- [6] Chang-Sun Oh, Chan-Young Park, Dong-Hoi Kim, Kim Gi Taek, "Implementation of the automatic standby power blocking socket outlet having a blocking power threshold per electronic device by the smart machine", Journal of Digital Contents Society, vol.15, no.4, pp. 481-489, 2014
- [7] Young-Hwan Jang, Seung-Su Yang, Seok-Cheon Park, "Design and Implementation of Standby Power Cutoff System for Smart Home Environment Based on Zigbee-MQTT", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication ,Vol. 17 No.4, pp.129-135, 2017
DOI : <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.4.129>

저 자 소 개

홍 경 진(정회원)



- 전남대학교 전기공학과(공학박사)
- 일본 국립과학기술청 물질연구소 외래 연구원
- 현재 : 광주대학교 전기전자공학부 교수
- 주관심분야 : 신재생에너지, 전기설비, 전기재료

※ 이 연구는 2023년도 광주대학교 대학연구비의 지원을 받아 수행되었음