

저가형 전기자동차 충전기를 위한 충전 알고리즘 개발

박대수^{1*}, 김태경¹, 오성철¹
¹한국기술교육대학교 전기공학과

Development of Charging Algorithm for the Low Cost EV Charger

Dae-Su Park^{1*}, Tae-Kyung Kim¹, Sung-Chul Oh¹

¹Korea University of Technology and Education

요약 최근 미국은 전기자동차에 대한 보조금을 30%이상 인상하는 방안을 추진하고 있고, 유럽 각국도 2020년까지 100만 대, 2030년까지 600만대의 전기자동차를 보급할 계획인 독일을 중심으로 보급과 개발 정책을 확대하고 있다. 전기자동차 개발을 단순한 기술적인 트렌드가 아닌, 장기적인 에너지 안보와 전체 사회 시스템을 변화시킬 수 있는 가능성 측면에서 접근하고 있기 때문이다.[1] 국내 또한 전기자동차 보급 목표가 증가하고 경쟁이 심화됨에 따라 신규 블루 오션 시장으로 급부상하고 있다. 현재 완속 충전기(Home Charger)의 경우 국내에서는 2015년부터 정부 지원 설치가 중단될 계획인데, 전기자동차의 보급에 최대 장애 요인 중 하나인 충전 인프라 부족을 최적화 된 저가형 Home Charger 개발로 전기자동차 민간 보급 조기 활성화에 기여하고자 한다. 본 논문에서는 IEC 61851-1과 IEC 61851-22 규격을 분석하여 저가형 충전기의 심야전력 알고리즘을 개발하였으며, 완속 충전기의 가격 저감과 편리성을 위해 기존의 충전기 시스템에 ATmega128, Bluetooth 모듈의 추가 구성을 통한 UI의 LCD 패널을 스마트폰 어플로 변경하였다.

Abstract The US is pursuing a plan to raise the subsidies for electric vehicles by more than 30%. The number of electric vehicles in Europe is expected to be one million by 2020 and 2030 and there are plans to expand in the center of Germany to supply six million electric vehicles on the dissemination and development policies. The development of the electric vehicle is not simply a technical trend but there is the potential to improve the access to this technology and the possibility of changing the entire social system and long-term energy security. Domestic competition is also increasing the supply of electric vehicles, as new blue ocean markets are emerging. The current domestic On-board Charger (Home Charger) plans to be suspended from the 2015 government-sponsored installation, This paper on the IEC 61851-1 and IEC 61851-22 specifications analyzes the development of a midnight electricity charger as a low-cost algorithm, the decrease in price and the improved convenience of the On-board Charger for Bluetooth module with the ATmega128 existing charger system, and the UI configuration via the LCD Panel to a Smartphone app are proposed.

Keywords : Charging Algorithm, EV Charger

1. 서론

최근 미국은 전기자동차에 대한 보조금을 30%이상 인상하는 방안을 추진하고 있고, 유럽 각국도 2020년까

지 100만대, 2030년까지 600만대의 전기자동차를 보급할 계획인 독일을 중심으로 보급과 개발 정책을 확대하고 있다. 이는 전기자동차 개발을 단순한 기술적인 트렌드가 아닌, 장기적인 에너지 안보와 전체 사회 시스템을

본 논문은 한국기술교육대학교 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Dae-Su Park(Korea University of Technology and Education)

Tel: +82-10-8213-2831 email: ylsh@kut.ac.kr

Received August 7, 2015

Revised (1st September 17, 2015, 2nd January 20, 2016, 3rd February 3, 2016)

Accepted February 4, 2016

Published February 29, 2016

변화시킬 수 있는 가능성 측면에서 접근하고 있기 때문이다.[1]

그림 1과 같이 국내 또한 전기자동차 보급 목표가 증가하고 경쟁이 심화됨에 따라 신규 블루 오션 시장으로 급부상하고 있다. 현재 완속 충전기의 경우 국내에서는 2015년부터 정부 지원 설치가 중단될 계획이며, 전기 자동차의 보급에 최대 장애 요인 중 하나인 충전 인프라 부족을 최적화 된 저가형 완속 충전기(Home Charger) 개발로 전기자동차 민간 보급 조기 활성화에 기여하고자 한다.

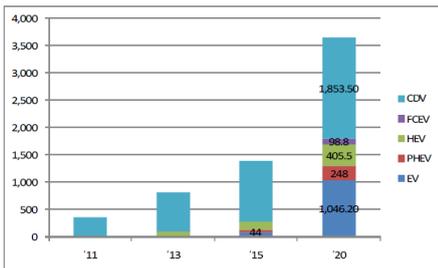


Fig. 1. The dissemination objective of domestic electric vehicles[2]

2. 본론

2.1 완속 충전기 및 저가형 충전기

2.1.1 완속 충전기



Fig. 2. EV Charger

그림 2와 같은 완속 충전기는 충전기에 연결된 케이블을 통해 전기자동차에 AC220V를 공급하여 전기자동차의 배터리를 충전하는 방식이다. 차량에 장착된 약 3

~7kW의 충전기가 인가된 교류 AC220V를 직류로 변환하여 배터리를 충전하게 되는데 배터리 용량에 따라 8~10시간 정도 소요되며, 약 6~7kW 전력용량을 가진 충전기가 주로 설치된다.[3] 필요한 모든 데이터는 충전기 내부에 부착된 지능형 배터리관리장치의 RS232통신 포트를 통해 UI에 표시된다.

2.1.2 저가형 충전기

기존의 완속충전기에서 기존의 UI 대신 배터리 관리 장치의 RS232통신을 통해 나오는 모든 신호를 ATmega128에 저장시킨 뒤, 필요한 데이터만 Bluetooth로 보내어 스마트폰으로 표시한다. 그림 3처럼 기존의 UI를 제거함으로써 저렴한 비용으로 충전기를 제작할 수 있기 때문에 사용자들에게 기존의 충전기보다 더 저렴한 충전기를 제공할 수 있다. 또한 예약기능을 추가하여 과부하 시간대를 피하고 저부하 시간대의 전력을 사용하도록 하여 사용자의 전력 부담금 감소 및 전력 평균화 등 전력 계통 문제 해결에 기여할 것이다.



Fig. 3. Low Cost EV Charger

2.2 완속 충전기 관련 규격

전기차 충전시스템은 크게 충전방식, 연결방식, 통신 및 제어방식에 따라 구분할 수 있으며, 충전 방식은 접촉식, 유도식 충전방식 그리고 배터리 교환방식으로 구분한다.[3] 완속 충전기는 접촉식 충전방식으로 IEC 61851-1과 IEC 61851-22 규격을 분석하였다.

2.2.1 완속 충전기 충전 모드

모든 충전 모드에는 과전류 보호장치와 함께 누전차단기가 필요하며, 본 논문에서 사용된 완속 충전기에는 모드 2의 충전을 사용한다. 이 모드는 표준 단상 또는 3상 소켓-아웃렛을 사용하여 제어 감시 기능과 함께 전기 자동차와 플러그 간 또는 케이블 제어함의 일부로써 감전 방지 장치를 갖는 전원선과 보호 접지선을 사용하여

32A를 초과하지 않으며 250V 교류 단상 또는 480V 교류 3상을 초과하지 않는 교류 주전원에 전기 자동차를 연결한다.[4]

2.2.2 완속 충전기 충전 사이클

그림 4는 통상 동작 상태에서의 전형적인 충전 사이클 시퀀스를 나타낸 것이다.[4]

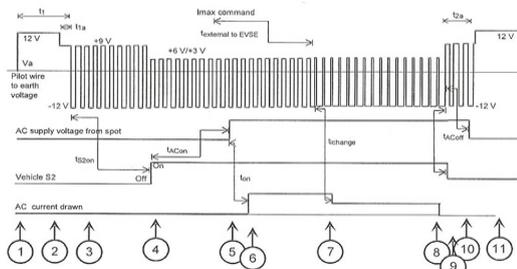


Fig. 4. Charging cycles[4]

- [1] 전기 자동차가 연결되지 않았으며, 전체 발전기 전압은 Va에서 전원공급장치로 측정한다. 발전기 신호 Vg는 +12V 직류 전압이다.
- [2] 케이블 어셈블리를 자동차와 전원공급장치에 연결한다. 이 조건은 Va에서 측정된 9V 신호로 검출된다. 신호 발생기에서 나온 Vg는 정상상태 +12V 직류 또는 전원공급장치를 에너지 공급에 즉시 사용할 수 있다면 ±12V, 1kHz 신호가 될 수 있다.
- [3] 전원공급장치는 에너지를 공급할 수 있으며, 듀티 사이클에 의해 전기 자동차에 이용 가능한 전류를 나타낸다. -12V로 검출되며, 9V 신호는 연결된 전기 자동차를 신뢰할 수 있음을 의미한다.
- [4] S2는 요구사항의 함수로서 전기 자동차에 의해 닫히며 전기 자동차가 에너지를 수신할 수 있다는 것을 나타낸다.
- [5] 전원공급장치가 회로를 닫는다. 스위치 닫힘 타이밍은 다른 요구사항에 따라 달라질 수도 있다.
- [6] 자동차에서 인출된 전류, 타이밍 및 전류 분포는 전기 자동차에 의해 결정된다.
- [7] 전력 감소에 대한 외부 수효는 계통으로부터 또는 전원공급장치의 수동설정으로 생길 수도 있다. 전기 자동차는 전류 수요를 듀티 사이클에 나타낸 것으로 조정한다.

[8] 충전 종료, 전기 자동차에 의해 결정된다.

[9] 전기 자동차가 단로를 요구한다. 이것은 개방된 근접 접점의 결과가 될 수 있다.

[10] 전원공급장치가 상태 B(전기 자동차에서 S2가 개방되는 것)를 검출하고 접점을 개방한다.

[11] 전기 자동차나 전원공급장치에서 케이블 어셈블리가 완전히 제거되었는지는 12V 신호로 검출된다.

2.3 심야충전 알고리즘

현재 운행되고 있는 국내 승용차 수의 약 10%가 미래에 EV로 대체된다면 국내 총 전력수효는 약 2% 정도가 증가되는 것으로 추정된다. 더욱이 이 전력수효 증가분이 퇴근시간 직후 전기 자동차 충전으로 야기된다면 저녁시간대의 전력피크가 발생할 가능성도 있다. 그러므로 약 7~8시 정도 퇴근하더라도 충전용 커넥터는 연결하지 않고 소비자가 버튼을 선택하여 즉각적으로 충전을 시작하지 않고 심야시간대에 자동적으로 충전이 될 수 있는 충전기의 기능의 구현이 필요하다.[5]

그림 5는 퇴근 후 완속 충전기를 이용하여 즉각 충전하였을 경우와 충전을 연기하여 기저부하시간대에 충전을 하는 부하이전의 예를 나타낸 것이다.

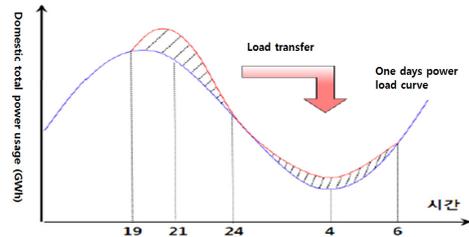


Fig. 5. EV charging load transfer[5]

전기자동차의 심야충전은 주로 저부하시간대에 시행하게 되므로 언제부터 충전을 시작해야 출근시간 전에 차량의 배터리가 완충전 상태에 도달하는지 결정할 수 있어야 한다. 이 충전시작시간은 차량 내 배터리의 상태와 충전 속도에 따라 결정되므로 타이머 등으로 일률적으로 정할 수가 없다. 이것을 결정하기 위해서는 충전기가 우선 배터리의 충전률이 차량과의 통신을 통해 측정 가능 하여야하고, 충전속도(정속 충전인 경우, 단위시간별 충전률의 증가), 현재시간을 인지하며 투입시간을 자동적으로 계산할 수 있어야 한다.[5]

2.3.1 제안한 충전 알고리즘

그림 6는 제안한 알고리즘은 심야 충전 버튼을 눌렀을 경우에는 바로 충전이 되는 것이 아니라 심야 감지가 됐을 경우에 충전이 되며, 일정치 이상으로 충전이 되면 종료가 된다. 이렇게 심야 전력을 사용하여 충전이 진행됨으로써 전력요금의 절약과 부하 평균화가 된다.

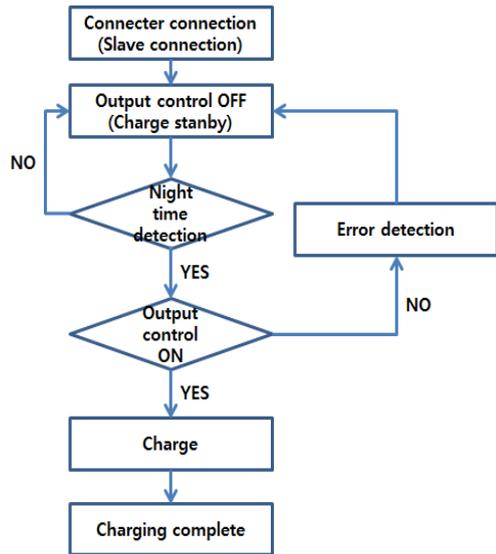


Fig. 6. Midnight charging algorithm

- [1] 커넥터 연결 후 초기화를 한다.
- [2] 출력제어 OFF로 충전대기 상태가 된다.
- [3] 심야 시간 감지가 됐을 경우 출력제어 ON 되며, 심야 시간 감지가 안 됐을 경우에는 충전대기 상태 유지를 한다.
- [4] 출력 제어 ON이 되면 충전을 시작한다. ERROR가 감지 될 경우에는 출력제어 OFF 상태가 된다.

2.4 저가형 충전기 프로토콜

기존의 충전기는 UI를 통하여 사용자인식 및 충전기 상태에 대한 실시간 모니터링을 하였다. 그러나 본 논문에서 저가형 충전기는 기존의 충전기에 사용되는 UI를 사용하지 않고, Bluetooth과 어플을 통하여 스마트폰으로 사용자인식 및 충전기 상태에 대한 실시간 모니터링을 한다. 표 1은 분석한 프로토콜 중 중요 프로토콜을 스마트폰으로 실시간 모니터링이 가능하도록 하였다.

Table 1. Low Cost Charger UI communication protocol[6]

Byte	Bit	항목	Value
6		Emergency stop	OFF: 0x00, ON: 0x01
11		PILOT condition	12V:0x01, 9V:0x02, 6V:0x03, 3V:0x04, 0V:0x05
16		switch condition	OFF:0x00, ON:0x01
24		Charge	Hex. 1/1000단위 kWh
25			Ex)100(0x64) → [24]0x64 [25]0x00
26			[26]0x00 [27]0x00
27			
30		Charge termination details state	1:CP.2:Emergency stop,3:UI(카드), 4:Switch(IO), 5:Keypad,6:Cable release, 7:Low Current,8:Over Current, 9:appreciation(Low Current), 10:PWM -12V Fail, 11:MC weld,12:Over Voltage
33		accumulation	Unit:kWh, BCD
34			Ex) 12345.6 kWh → 0x00 0x12 0x34 0x56
35			
36			

2.5 저가형 충전기 H/W

기존의 충전기 방식은 접촉식 방식이다. 접촉식은 전기적 접촉을 통하여 충전이 이루어지며 교류 충전스탠드, 직류충전장치로 구분한다. 교류 충전스탠드는 충전장치가 아니고 충전을 위하여 교류 전원을 공급해 주는 전원공급장치에 해당되며 실제 충전은 전기자동차 내부의 온보드 충전기(OBC, ON Board Charger)가 담당한다. 이 방식은 충전시간이 7~8시간 소요되며 주로 심야 시간대의 저렴한 전력을 이용하여 충전하므로 스마트그리드 측면에서 매우 바람직하다.[7] 그리고 기존의 충전기는 인렛과 커넥터가 연결 되면 신호를 받아 바로 충전이 되는 구조로 되어 있다. 아래 그림 7은 기존 H/W 블록도이다.

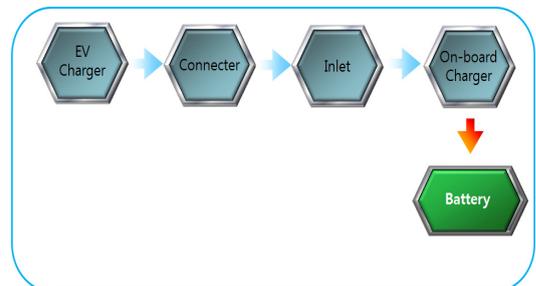


Fig. 7. Existing H/W block diagram

본 논문에서는 저가형 충전기에 심야 전력 충전 알고리즘을 이용한 예약기능을 추가하여 전력 요금을 줄일 수 있는 방법을 제안 하였다. 아래 그림 8은 제안한 H/W의 블록도이다.

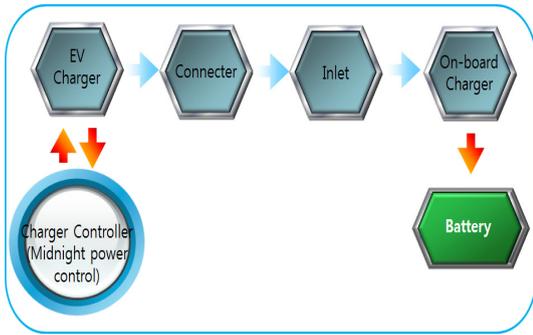


Fig. 8. Proposed H/W block diagram

2.5.1 제안한 저가형 충전기 H/W

사용계통에서 공급받은 전기에너지를 이용하여 차량 내 배터리를 충전하는 차량 탑재형 충전기의 제어기는 안정적인 출력제어를 위해 지연이 없는 빠른 응답특성의 피드백 루프를 구성해야 하며, 이를 통한 적절한 충전제어 기능을 수행해야 한다. 또한 기본적인 충전 전압 및 전류제어 기능과 더불어 배터리관리장치(BMS, Battery Management System)와 같은 차량 내 타 제어기와의 통신 기능, 외부 충전 인프라와의 연계를 통한 전력제어 기능, 충전기 및 배터리 온도특성에 따른 충전전력 제어 기능, 부하 특성에 따른 충전 알고리즘 변경 기능 등의 추가적인 기능을 구현할 수 있어야 한다. 그래서 기존의 충전기는 이와 같은 기능 구현을 위하여 Charger Controller에 RS232 모듈을 사용하였고, RS232와 UI 간의 통신을 통하여 사용자가 실시간 모니터링을 할 수 있는 시스템이었다.

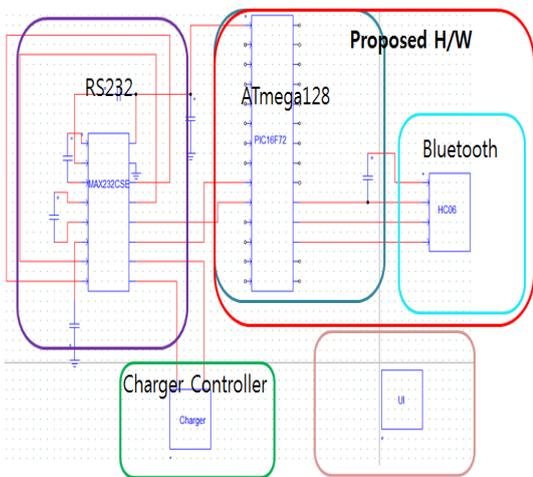


Fig. 9. Proposed H/W Schematic

본 논문에서 제안한 시스템은 그림 9와 같이 기존의 RS232와 UI간의 통신을 하는 시스템에서 ATmega128과 Bluetooth 모듈을 이용하여 스마트폰으로 실시간 모니터링을 할 수 있는 시스템이다. 기존의 LCD 패널을 스마트폰 어플로 바꿈으로써 충전기의 크기와 가격 저감 효과를 가져올 수 있을 것이다.

2.6 저가형 충전기 S/W

현재 기업에서 생산 및 판매하고 있는 기존의 완속 충전기는 계통으로부터 전력을 공급받으면 충전기 내부에 있는 스마트미터가 인버터 등 제어부에서 나오는 모든 신호들을 충전기에 부착되어있는 UI(screen)에 나타내는 방식이다. 통신 방식으로 RS232 전 이종 방식을 사용하였으며 UI에서 주기적으로 장비 상태 정보 요구를 Polling하여 장비가 현재 상태를 응답하는 형식으로 그림 10과 같이 UI로 나타낸다.

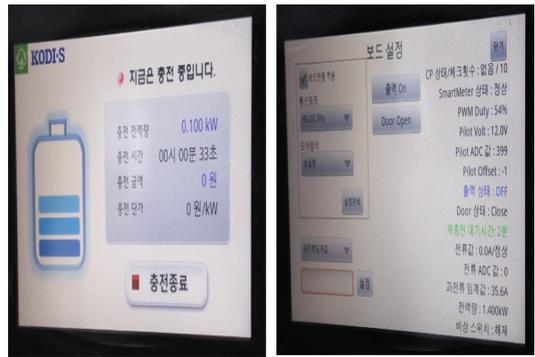


Fig. 10. Existing EV Charger UI

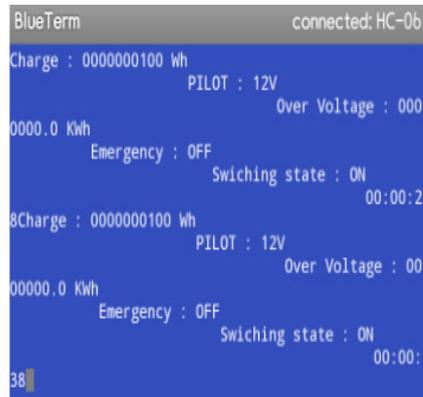


Fig. 11. Proposed Low Cost Charger UI

본 논문에서는 기존의 UI를 없애고 충전기 제어부에서 나오는 모든 데이터를 RS232통신을 통해 ATmega128에 저장한 뒤 필요한 데이터만 Bluetooth를 보내어 준 뒤 스마트폰을 연결하여 상태 데이터를 나타냄으로써 사용자가 언제 어디서든 차량의 충전상태를 보고 싶을 때 확인이 가능하도록 그림 11과 같이 구현하였다.

3. 결론

본 논문은 심야 전력을 이용한 충전 알고리즘 개발을 통하여 저가형 충전기에 예약 기능을 추가함으로써 전력 수급이 적은 심야 시간대의 전력을 사용함으로써 사용자의 전력 부담금 감소 및 여름철 발생하는 전력 계통 문제 해결에 기여 할 수 있을 것이다. 또한 기존의 충전기에 설치된 LCD 패널 대신 스마트폰의 어플을 UI로 사용하기 때문에 가격의 저감 효과를 가져 올 것으로 예상된다. 그리고 사용자가 충전기의 상태를 스마트폰으로 실시간 모니터링이 가능해지므로 향후 저가형 충전기가 본격적으로 사용되면 전기 자동차의 시장 확대가 예상된다. 향후 부하관리 기능이 구현되려면 Home Charger 뿐만 아니라 충전스탠드에서도 전기 자동차와 통신을 해야 할 필요가 있으며, 이 통신을 통해 차량의 SOC 등의 정보를 읽어서 부하관리에 활용할 수 있을 것이다.

References

- [1] Kyung Sik Han, Jin Soo Moon, "Market Status and Domestic Development Strategies for RE-EV", 2012
- [2] Korea Smart Grid Institute, "A Research of EV Charging Infrastructure Distribution", 2011. 9.
- [3] Ministry of Environment, "The 2011 electric vehicle public charging infrastructure installation instructions", 2011.
- [4] Korean Standards&certification, "Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements", 2011.
- [5] Seung-Ho, You Seok Lim, Chul woo Kim, Taek Ho Song, "Power Load Leveling with EV Charger", THE KOREAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS. 2011. 7.
- [6] KODI-S, "Charger to UI communication protocol", 2011.
- [7] Korea Electrotechnology Research Institute, "EV Charger System and EMC", 2011.
- [8] Korea Smart Grid Association, "Electric Vehicle charging system KS standard", 2011.

- [9] Korean Standards&certification, "Electric vehicle conductive charging system - Part 22: AC electric vehicle charging station", 2011.

박 대 수(Dae-Su Park)

[정회원]



- 2006년 2월 : 건양대학교 디지털정보 제어공학 (공학사)
- 2013년 2월 : 한국기술교육대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)

<관심분야>

전원장치 설계, 신재생에너지

김 태 경(Tae-Kyung Kim)

[정회원]



- 2014년 2월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)

<관심분야>

전원장치 설계, 신재생에너지

오 성 철(Sung-Chul Oh)

[정회원]



- 1980년 2월 : 서울대학교 전기공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 서울대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1989년 5월 : Univ. of Florida 전기공학과 (공학박사)
- 1982년 3월 ~ 1994년 8월 : 한국전기연구원 선임연구원
- 1994년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수

<관심분야>

전력변환장치 설계, 전원장치 설계, 전동기제어