

저전력형 LED 보안등의 PWM형 구동제어 특성 개선

Improvement of PWM Driving Control Characteristics for Low Power LED Security Light

박형준*, 김낙철**, 김인수*★

Hyung-Jun Park*, Nag-Cheol Kim**, In-Su Kim*★

Abstract

In this Paper, we developed a low power type LED security light using LED lighting that substitutes a 220[V] commercial power source for a solar cell module instead of a halogen or a sodium lamp. in addition, a PWM type drive control circuit is designed to minimize the heat generation problem and the drive current of the LED drive controller. in developed system, The light efficiency measurement value is 93.6[lm/W], and a high precision temperature sensor is used inside the controller to control the heat generation of the LED lamp. In order to eliminate the high heat generated from the LED lamp, it is designed to disperse quickly into the atmosphere through the metal insertion type heat sink. The heat control range of LED lighting was 50-55[°C]. The luminous flux and the lighting speed of the LED security lamp were 0.5[s], and the beam diffusion angle of the LED lamp was about 110[°] by the light distribution curve based on the height of 6[m].

요약

본 연구에서는 220[V] 상용전원을 대체한 태양전지 모듈을 응용하고 등 기구는 할로젠 등이나 나트륨 등을 대체한 LED 조명을 이용한 저전력형 LED 보안등을 개발하였다. 또한 LED 구동제어기의 발열문제와 구동전류를 최소화할 수 있는 PWM형 구동제어회로를 설계하였다. 개발된 시스템에서, 광 효율에 대한 측정값은 93.6 [lm/W] 이고, LED 램프의 발열 제어를 위하여 제어기 내부에 고 정밀 온도센서(TC1047A)를 사용하였다. LED 조명등에서 발생하는 고열을 제거하기 위하여 금속 삽입형 방열 장치를 통하여 대기 속으로 신속하게 다중분산 시키도록 설계하였다. LED 조명등의 발열제어 온도 범위는 50~55[°C]였다. LED 보안등의 광속 및 점등 속도는 0.5[sec] 이고 LED 램프의 빔 확산 각도는 높이 6[m]를 기준으로 하는 배광곡선에 의해 약 110[°]의 빔 각도를 얻었다.

Key words : LED Security Light, Optical Efficiency, Solar Module, Temperature, Solar Generating System.

* Dept. of Material & Energy Engineering in Kyungwoon University.

** Dept. of Smart Electronics in Korea Polytechnics.

★ Corresponding author

E-mail: sensorpark@naver.com, Tel: +82-54-479-1158

Manuscript received Dec, 4, 2017; revised, Dec, 11, 2017 ; accepted, Dec, 24, 2017

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

현재 LED(Light Emitting Diode) 광원의 급속한 제조기술 발전으로 인하여 LED 광원을 이용한 제품들이 전기, 전자 및 여러 응용 분야에서 개발 및 사용이 증가하고 있다.[1],[2],[4]

특히 지금까지의 보안등은 주로 주·야간에 조명과 안전방재의 목적으로 사용되고, 대부분은 할로겐등과 나트륨등이 많이 사용되고 있다.

그러나 이들 할로겐 등이나 나트륨등의 광원들은 사용에 있어서 사용 수명이 매우 짧아 주기적인 교체를 필요로 하고 이에 따른 유지비용 등의 발생, 램프의 동작 시 내부에 방전된 가스를 포함하고 있어서 항상 사용 후 폐기 시 환경오염에 따른 문제점 또한 현재 부각되고 있다.[1][2]

본 연구에서는 기존의 220[V] 상용전원의 사용에 따른 전기에너지 절감방안 및 LED 광원의 사용에 따른 편리성을 증대시키기 위하여 기존의 220[V] 상용전원을 태양전지 모듈을 이용하여 램프용 전원을 발전하고 기존 광원인 할로겐등과 나트륨 등을 LED 광원으로 교체한 LED 보안등을 개발하였다. LED 광원을 이용하면 기존의 할로겐 등이나 나트륨등에 비해 사용된 전기료가 약 70[%] 정도 절약 가능하고, LED 램프 등은 수명에 대한 사용 시간이 약 5만 시간이상 되는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서 의도한 LED 조명등으로 교체가 실현되면 신재생에너지 응용 분야에서 가장 잘 부합되는 고효율과 저 전력 특성을 가지고 있어서 향후 기존 조명 및 보안등 분야에서 새로운 대안으로 가능하다고 사료된다.[1]-[4]

본 연구는 태양전지 모듈을 LED 보안등에 활용함으로써 전기료를 절감하고, 충·방전에 따른 충전제어의 효율성을 극대화하고 제어회로의 발열문제 및 LED 구동전류를 최소화할 수 있는 PWM형 구동제어 회로를 설계하여 최적의 LED 램프 특성을 구현하였다. 또한 태양전지 모듈의 특성을 분석한 후 주변 환경을 고려한 디자인 설계를 통해 환경 친화형 LED 보안등을 개발하는데 중점을 두었다. [1]-[7]

II. 본론

1. LED보안등과 제어회로 구성

태양전지 셀의 제작의 궁극적인 목표는 저가 및 고효율의 셀을 생산하고 동일한 비용 대비 태양전지 모듈에서 생산하는 전력의 양을 더 늘리는 것에 있다.[3],[5]

본 연구에서는 LED보안등의 태양전지 모듈에 적합한 충·방전제어기를 개발하였고, 여기서 발생하는 발열문제와 LED소자의 구동 전류를 최소화할 수 있는 PWM(Pulse Width Modulation)구동형 제어회로를 설계하였다. 본 연구에서는 LED보안등 시제품에 사용된 태양전지모듈의 변환효율(M_{eff})은 14[%] 이상이 되는 것을 사용하였다.

그림 1은 본 연구의 저전력형 LED보안등으로 제작한 태양전지 모듈과 LED 보안등이 결합된 제어회로의 블록도이며, 배터리, 태양전지 Array와 충·방전 제어회로의 결선도를 나타낸 것이다.

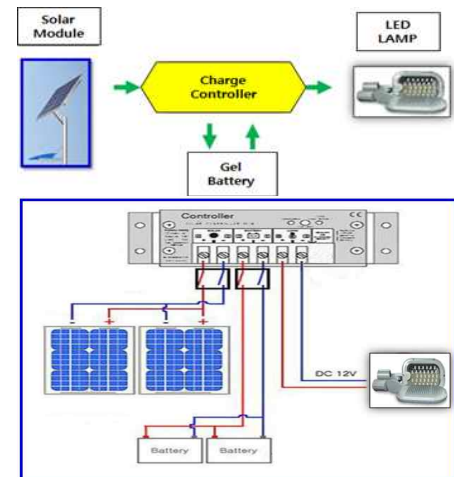


Fig. 1. Block Diagram of LED light and Controller
그림1. LED 보안등과 제어회로 블록도

2. 태양전지 셀에 적합한 배터리 충·방전 제어회로의 특성

본 연구에서는 배터리의 충·방전 스위치용으로 MOSFET 방식의 방전스위치를 사용하였으며, 방전에 따른 손실은 1[%] 미만으로 고려하고 고효율 태양전지 모듈을 탑재한 LED 보안등으로 사용하였다.

태양전지의 고 발전 효율과 LED 램프의 광원 성능 저하가 없도록 배터리의 충·방전 시에도 과충전 방지와 최대전류 충전을 고려하였다. 또한 보통의 배터리는 납축전지 사용이 일반적이며 배터리 충전은 최대 용량의 약 80[%]의 충전도로 설정하여 수명 연장과 과 충전에 따른 부작용을 최소화하고 과 충전 전류방지, 과 충전 전압유지 등의 기능을 개선하였다.

본 논문에서는 과 충전 방지를 위해 PWM방식을 적용하였고 역방향전류 흐름방지를 위해 블로킹다이오드 소자를 연결하여 오직 태양전지 패널에서 배터리 쪽으로만 전류가 흐르도록 하였다. 또한 과 방전 방지를 위해 전압조절 회로를 구성하여 제어하였다.

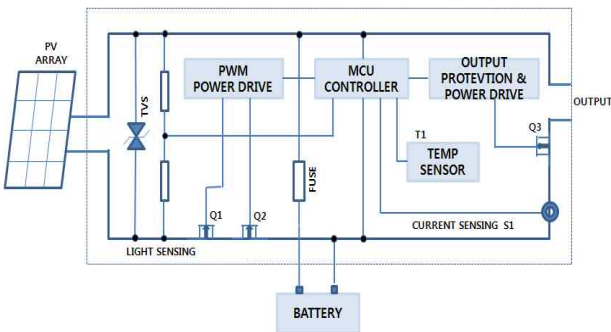


Fig. 2. Circuit Diagram of Charge and Discharge Control Circuits

그림 2. 충·방전 제어회로의 회로도

그림 2는 본 연구에서 사용된 충·방전 회로의 내부 구성도 및 충·방전 제어회로의 회로들을 나타낸 것이다. 위의 회로에서 LED 구동제어 회로 설계 시 LED소자의 광학적, 전기적 특성을 파악하고 회로 동작의 수치적 해석을 통해 회로소자 및 정수 값을 결정 한 후 설계 및 제작하였다.

3. PWM형 LED 구동제어 회로의 특성

LED 광원은 화합물반도체를 이용한 광소자로서 형광등이나 백열전구등의 광원들과는 달리 입력된 전력 중에서 약 70~80[%] 이상이 열에너지로 전환되므로 이 열에너지를 효과적으로 외부로 방출하는 기술이 필요하다.

만약, LED 광원에서 방열 과정이 제대로 이루어지지 않으면 광속의 감소, 색온도의 변화, 수명의 단축, 기구적인 변형을 일으키는 원인이 된다.

그러므로 고출력, 고효율 LED 광원을 구동하기 위해서는 큰 전류를 안정적으로 공급 할 수 있는 신뢰성 있는 안정화된 구동회로의 설계가 필수적이다. 그림 3은 PWM Controller의 PCB 회로도를 나타낸 것이다. 그림 3에 사용된 PWM형 제어방식은 LED 광원의 on-off에 따른 스위치 특성을 반복함으로써 광원의 밝기를 제어하고, 플리커링(Flickering)을 최소화하기 위하여 on-off 스위치 모드를 100[Hz] 또는 200[Hz] 이상 반복하여 특성 분석을 하였다. LED광원의 on-time은 0~100[%] 까지 조절하여 밝기를 제어하였다. 그리고 전류를 일정하게 유지하기 위하여 정전류원을 사용하였다.

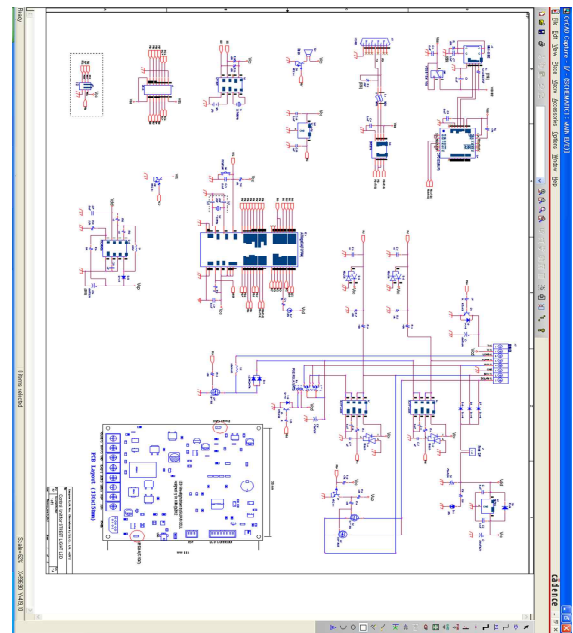


Fig. 3. PCB circuit of PWM Controller

그림 3. PWM 제어기의 PCB회로도

그림 3에서 설계 및 제작된 컨트롤러의 기능은 다음과 같다.

- 1) 안전충전 및 저 전류 충전 기능
- 2) 역류방지 기능
- 3) 자동, 수동 전멸 기능
- 4) 충·방전제어의 PWM방식
- 5) 내장보호회로 및 자동온도 보정기능

4. 발열을 고려한 최적화된 Power LED 램프의 특성

본 연구는 LED 조명등의 고열을 금속 삽입형 방열 장치를 통해 대기온도에 신속하게 다중 분산시키도록 한 Power LED 배열 구조형 부품을 사용하였다. Power LED 후면 발열 부위의 방열 점과 대형 방열 구조체인 알루미늄 기구부에 직접 접촉시키는 열전달 매체를 직접 삽입 연결하여 발열을 대기 온도 하에서 신속하게 다중 분산시키도록 함으로써 방열에 따른 효율을 극대화 시켰다.

그림 4에서는 방열구조체형 LED 광원 모듈의 전면의 6X4 배열의 구조와 후면에 설치된 방열 구조의 특징을 보여주고 있으며, 열전도율이 높은 은(Ag) 또는 동(Cu) 소재의 열전달 단면적을 확대한 특수 가공 방열 핀을 삽입하여 방열효율을 높였다. 또한 Power LED 광원의 열화 현상을 억제하여 광원의 전체 수명을 개선하였다. Power LED 방열 모듈 개선을 통한 등기구의 소형화 및 경량화를 고려하여 제작하였다.

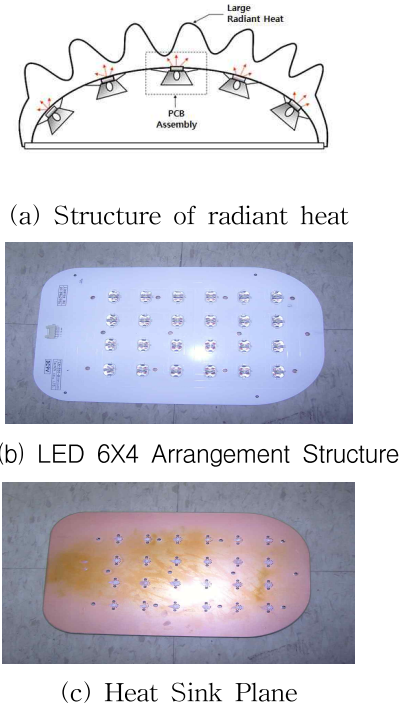


Fig. 4. LED 6X4 Arrangement Structure & Heat Sink Plane
그림 4. LED 6X4 배열 구조 및 방열판

LED 발광 효율은 가시출력 광 전력[lm]을 입력 전력(W)을 나누어 와트 당 루멘[lm/W]으로 나타내며 LED로 전기에너지가 들어가더라도 가시광으로 출력되지 않는 모든 전력은 열이나 비 가시광전자기 방사로 전환된다.

그림 5에서는 본 연구를 통해 개선된 LED 보안등의 외형을 나타낸 것이다.

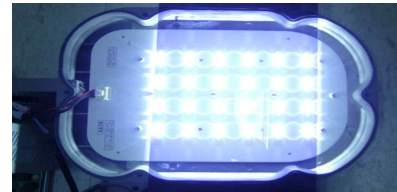


Fig. 5. Improvement Low Power LED lighting
그림 5. 개선된 저 전력 LED 보안등

5. LED 보안등의 기구부의 구조물 특성

최종 제작된 LED 보안등 시스템에서 사용한 기구체는 KS 표시허가 또는 안전관리 인증을 받은 규격 제품을 사용하였다. LED 보안등의 등기둥은 KS D 3536의 규격품을 사용하였다. 등기둥과 보강재는 상호용접을 통하여 견고하게 부착하고 각 연결 부분은 휨이나 비틀림이 없도록 견고하고 강하게 유지하였다.

그림 6에서는 본 연구의 결과로 개발된 LED 보안등의 최종 제작품을 나타낸 것이다.



Fig. 6. Developed LED Security Light System
그림 6. 개발된 LED 보안등 시스템

LED보안등의 구조물은 그림 6과 같으며 태양 전지 모듈을 지지하는 스테인레스 기둥은 높낮이가 가능하며 기둥 옆 사각 함에는 배터리와 컨트롤러를 내장시켜 사용의 편리성을 제공하였다.

III. 연구결과

일반적으로 LED 조명의 구성요소는 LED 패키징, 구동회로, 렌즈 등의 광학계, 방열계, 조명기구물 구조의 5가지로 구분된다. 이들 요소의 최적결합에 따라 제품의 효율과 성능이 결정되며 동작전압과 전류를 정확히 제어하지 않으면 LED 조명의 수명과 광 출력을 보장할 수 없다.

본 연구는 태양전지 셀에 적합한 충전제어기를 개발하였고 PWM형 구동제어 회로를 설계를 통해 발열문제 및 LED 구동전류를 최소화시켰다.

LED 광원의 on-off 스위칭으로 광원의 밝기를 제어하고, 플리커링(Flickering)을 최소화하기 위하여 on-off 스위치 모드를 100[Hz] 또는 200[Hz]으로 하였다. 또한 LED 광원의 on-time은 0~100[%] 까지 조절하여 밝기를 제어하였고 전류를 일정하게 유지하고자 정전류원을 사용하였다.

먼저 LED보안등에 사용된 태양전지 모듈의 전기적 특성에 대한 측정값을 조사한 결과, 태양전지 셀의 변환효율은 16.9[%]이고, 태양전지 모듈 변환효율은 14.3[%]으로 측정되었다. 표1에서는 본 연구에서 사용된 태양전지모듈의 전기적 특성에 대하여 측정값을 나타낸 것이다.

Table 1. Electrical Characteristic of PV Module
표 1. 태양전지모듈의 전기적 특성

Item	Measures	Nominal Lamp
Open Circuit Voltage(V_{OC})	22.3	22.0
Short Circuit Current(I_{SC})	5.64	5.94
Maximum Power(P_{max})	97.4	100
Maximum Voltage(V_{mp})	18.2	18.0
Maximum Current(I_{mp})	5.34	5.56
Efficiency of Cell(C_{eff})	16.9(%)	
Efficiency of Module(M_{eff})	14.3(%)	

본 연구에서는 태양전지 셀에 적합한 배터리충·방전 제어회로를 설계하기 위해 배터리의 충전방전 스위치용으로 MOSFET를 사용하였다.

표2.는 개선된 PWM형 구동제어 회로의 특성을 나타낸 것이다.

Table 2. Electrical Characteristic of PV Module
표 2. 개선된 PWM형 구동제어 회로의 특성

Prevention of Backward	Series Connection of Blocking Diode
Prevention of Overcharge	- Prevention of Overcharge - ON - OFF Control Type - Pulse Width Modulation Type - Maximum Power Point Tracking Type
Prevention of Over discharge	- Voltage Regulating Control Type
Temperature Compensated Function	- Lower Battery Temperature - All the types of Batteries - Lead-acid Battery for Deep Cycle

그림 7은 개선된 LED 보안등의 발광효율 측정장면을 나타낸 것이다.

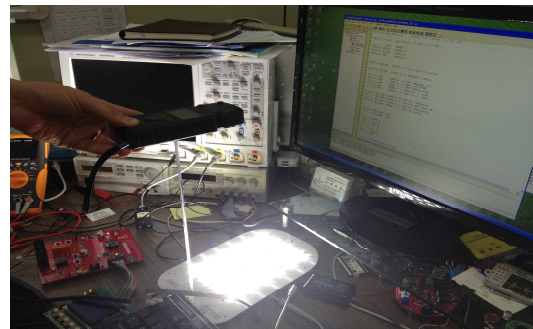


Fig. 7. Measurement of optical efficiency for improvement LED lighting

그림 7. 개선된 LED 보안등의 발광효율 측정

LED 동작제어 방식은 정 전류 제어방식을, 그리고 LED 어레이 회로구조는 병렬구조를 적용하였다. 또한 온도보상은 PWM제어를 통해 다양한 광색 LED의 광 출력을 변화시켜 광색 및 색온도 제어가 가능하게 하였다. 그림 8은 저전력형 LED 보안등에 적용한 구동제어기의 PWM 기반 PCB 회로이다.

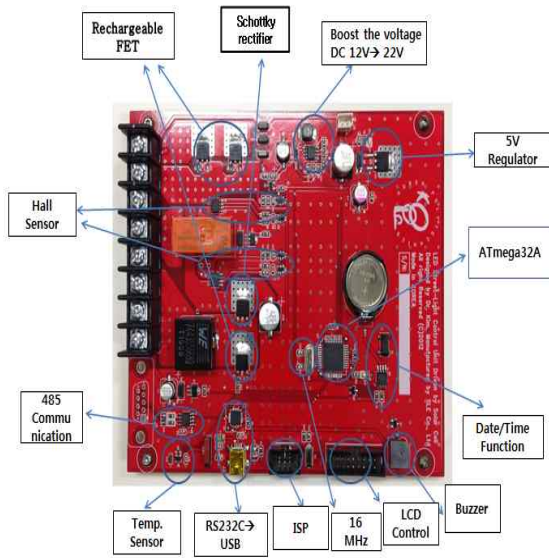


Fig. 8. PCB circuit of LED lighting controller
그림 8. LED보안등 제어기 PCB 회로

LED보안등 컨트롤러 구성소자는 전류감지 센서, 온도 센서, 승압 회로, 전압 레귤레이터, 쇼트키정류기, 16[MHz] Crystal 발진기를 사용한 ATmega 32A 등이다. 저전력형 LED보안등의 PWM형 구동제어 특성개선 연구를 통해 얻어진 연구결과는 표3과 같다

Table 3. Research results for items
표 3. 항목별 연구결과

Item	Result
Intensity of Radiation (/W)	○Light Efficiency Measurements : 93.6 [lm/W]
Heat control of LED	○High Precision Temp. Sensor : TC1047A ○Multiple Dispersion Structures (Metal Insertion Type) ○LED Heating Control :50~55[°C]
Luminous Flux / Lighting Speed	○Using the High Speed Devices -Current Sensor : ACS712-20A -Temperature Sensor : TC1047A -Boost the Voltage Devices : MC34063A -Voltage Regulator : KIA7805 -Schottky Diode : IRF1404 ○Lighting Speed : 0.5 [sec]
Angular Spread	○Light Distribution Curve (Standard Height : 6[m]) ○ Beam Angle : 110[°]

표3의 항목별 연구결과와 같이 본 연구에서 개발된 PWM형 구동 컨트롤러는 LED 램프에서 발생하는 발열문제와 소비전류를 최소화하기 위해 회로 소자의 수치적 동작특성의 비교분석을 통해 회로소자 및 정수 값을 결정 및 선정하여 제작하였다.

IV. 결론

본 연구의 연구결과는 W당 광량, LED발열 제어, 광속/점등속도, LED 확산각도의 항목별 연구결과가 얻어졌다.

기존의 보안등에 대한 문제점을 해결하고자 태양전지를 이용한 LED 보안등을 개발하여 기존의 220[V] 상용전원을 사용하는 보안등의 전기사용료를 최대한 절감하고 충·방전 효율의 극대화 및 회로에 소모되는 전력을 최소화하는 저전력형 LED 광원 구동제어기와 회로 동작 특성을 개선하였다. LED 보안등의 안전 충전기능 및 저 전류 충전기능을 구현하였고, 자동 및 수동 점멸기능 및 충·방전 제어용 PWM형 방식 그리고 내장 보호회로 및 자동온도 보정 기능을 함께 구현하였다. 또한 성능대비 가격은 낮지만 동작특성이 우수한 회로 소자를 사용하여 저 전력화, 잡음 감소화 등을 실현하였다.

References

[1] Kim. E. G. *LED Light Control Eng.* Taeyoung, 2012.
 [2] Ku. K. J., *LED light Handbook*, Sungandang, 2011.
 [3] Streetman, B., and Banerjee S. *Solid State Electronic Devices, 6th ed.* Englewood Cliffs, NJ: Printice Hall, 2005.
 [4] Schubert, E, F. *Light-Emitting Diodes, UK: Cambridge University Press*, 2003.
 [5] Neamen, D. A. *Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles, 3rd ed.* Chicago: Irwin, 1999.
 [6] Fukuda, M. *Optical Semiconductor Devices*, New York: John Wiley & Sons, 1999.

[7] Bhattacharya. P. *Semiconductor Optoelectronic Devices*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall,

BIOGRAPHY

Hyung-Jun Park (Member)



1998 : MS degree in Sensor & Display Engineering, Kyungpook National University.
2003 : PhD degree in sensor & Display Engineering, Kyungpook National University.

2003~2008 : Principal Researcher, Samsung Techwin.

2009~2013 : Project Manager, IT Health.

2013~Present : Assistant Professor, Dept. of Material & Energy Engineering in Kyungwoon University.

Kimin-soo (Member)



1985 : BS degree in Physics Youngnam University.
1987 : MS degree in Physics Youngnam University.
1994 : PhD degree in Physics Youngnam University.

1998~Present : Professor, Dept. of Material & Energy Engineering in Kyungwoon University.

KimNag-Cheol (Member)



1985 : BS degree in Electrical Engineering, Youngnam University.
1987 : MS degree in Electrical Engineering, Youngnam University.

2004 : PhD degree in Electrical Engineering, Youngnam University.

1987~1996 : Senior Researcher, Dept. of Power Electronics in Korea Electrotechnology Research Institute

1996~Present : Professor, Dept. of Smart Electronics in Korea Polytechnics.