

하이브리드 슈퍼커패시터 DC-DC 컨버터를 이용한 LED 비상 유도등 동작 디밍 제어

Dimming Control of the LED Luminaire Emergency Exit Sign Operation using a Hybrid Super Capacitor of DC-DC Convertor

황락훈* · 김진선 · 나용주
세명대학교 전기공학과

Lark-Hoon Hwang* · Jin-Sun Kim · Yong-Ju Na

Department of Electrical Engineering, Semyung University, Chungcheongbuk-do, 27136, Korea

[요 약]

본 연구는 다양한 DC 전원을 활용할 수 있는 승압형 DC-DC 컨버터로 설계사양을 통한 인덕터 L 과 커패시터 C 의 값을 산출하여 PSPICE를 통한 최적의 값을 추정하였다. 승압형 DC-DC 컨버터는 스위치 소자로 IRF840을 사용하였으며 역회복 시간 (reverse recovery time)이 뛰어난 쇼트키 다이오드(schottky rectifiers)인 D10SC6M을 사용하여 정전류 제어 (constant current controller)가 가능하도록 구성하였으며 열저항을 고려한 파워 LED 모듈 (power LED module)을 제작하여 구동하였다. 컨버터의 스위칭 주파수는 50 kHz로 최초 듀티비는 10 %에서 출력전압의 검출 값에 따라 점차적으로 증가시키도록 하였다. 그 결과로 승압형 파워 LED 구동기를 시뮬레이션 한 특성은 설계사양과 비교하여 5 %이하의 오차로 근사적으로 나타났고, 입력전압 15 V를 인가하여 안정된 24 V의 안정된 출력전압을 얻었으며 디밍제어 (dimming control)를 통한 밝기 조절 및 소비전류의 조정이 가능하였다.

[Abstract]

In this paper, To take advantage a variety of DC power as the boost DC-DC converter design specifications through the inductor L and capacitor C through PSPICE to calculate the best estimate of the value. Boost DC-DC converter with a switch device using IRF840 and reverse recovery time Schottky diodes with excellent with constant current controller using D10SC6M and resistance can be configured to considering the Power LED Module was driven by the production. Converter's switching frequency is 50 kHz, the first Duty Rate was made to increase gradually depending on the value of the detection were, 10 % in the output voltage. As a result, the simulated Boost Power LED driver characteristics is in comparison with the design specifications, 5% or less as the error was approximated. Finally, when input 15 V were offered, a stable output 24 V were obtained. and Dimming Control through the adjustment of brightness and current consumption were possible.

Key word : DC-DC converter, Dimming control, Hybrid super capacitor, Reverse recovery time, Constant current controller.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.3.220>



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.

Received 16 May 2017; Revised 18 May 2017
Accepted (Publication) 26 June 2017 (30 June 2017)

*Corresponding Author; Lark-Hoon Hwang

Tel: +82-10-5487-5525

E-mail: lhwang@semyung.ac.kr

I. 서 론

최근 고효율, 고효율의 고회도 LED(light emitting diode)와 Power LED의 등장으로 LCD(liquid crystal display) 백라이트(back-light), 자동차, 신호기기, 기존의 조명 시스템 등을 빠르게 대체해 나가고 있다. LED는 기존 광원의 단점인 유독성 물질(수은 증기)로 인한 환경오염, 적은 전력소비로 인한 비용절감, 100,000시간 이상의 반영구적인 수명으로 짧은 수명을 극복할 수 있는 장점을 지니고 있다.[1]~[3]

LED가 조명시장에서 급속도의 성장과 주목을 받고 있는 이유는 적은 에너지 소비를 통한 에너지 사용 비용 절감으로 빛을 생산하는데 있어 백열등의 10배, 형광등의 2배 이상 효율적이며 빛을 출력으로 제공하는데 필요한 전력을 감소하고 있으며 향후 효율이 계속적으로 증가할 것으로 전망하고 있다. LED를 조명으로 활용하기 위해서는 전기적인 특성을 살펴보면 정전류 제어가 요구된다. 일반적으로 DC-DC 컨버터인 Buck-Boost 컨버터를 이용한 LED 구동기가 많이 사용되어지며 최근 단상(Single Phase) 전원에서 PFC(Power Factor Corrector)를 이용한 플라이 백 컨버터로 구성된 LED 구동기도 조명설계에 주목을 받고 있으며 다양하게 연구되고 있다. DC-DC 컨버터를 이용한 LED 구동기는 PV(photovoltaic) 시스템, 리튬 이온 및 폴리머 전지 등 다양한 DC전원에 적용이 가능하다. 비절연형(non-isolated) DC-DC컨버터는 EMC(electro magnetic compatibility), EMI(electro magnetic interface)와 안정성의 문제 등이 단점으로 지적되고 있지만 높은 효율과 저비용 구현이 가능하여 많이 사용되고 있다. Power LED는 발열이 크며 발열에 의한 반도체 열화현상으로 전류 변화와 밝기가 변화하여 조명으로 사용하기에 불안정한 단점이 있다. 정전압 구동시의 LED의 온도 상승에 의한 전류변화로 LED가 소손될 수도 있기 때문에 이를 방지하기 위하여 정전류 구동기가 필수 요소라고 할 수 있다. [4]-[8]

본 연구에서는 마이크로 컨트롤러 MSP430를 이용한 승압방식의 정전류형 DC-DC 컨버터를 제안하였고 제한된 DC 전원에서 전력의 소비량을 조절하기 위해 PWM의 듀티비를 이용하여 디밍 동작을 구현하였으며 OP-Amp로 구성된 전류센서를 이용하여 PWM(pulse-width modulation)제어를 통해 Power LED를 구동하고자 한다.

II. Power LED와 DC-DC 컨버터의 특성

2-1 슈퍼커패시터의 응용

최근 유도등의 광원으로는 LED를 주로 사용하는데 LED란 반도체로 된 다이오드의 일종으로서 양전극 단자에 전압을 걸면 한 방향으로만 전류가 주입되고 전자와 정공이 재결합해서 그 일부의 에너지를 빛으로 변환되는 다이오드이다. LED는 전구 등의 다른 열 변환 발광 소자에 비해 안정적이고 신뢰성

이 있으며, 그 수명도 연속 통전 상태에서 10만 시간 이상으로 길다. LED는 다이오드의 일종이므로 소자 하나를 구동하는데 불과 수 V 전압 및 수 mA 전류로 구동된다. 현재의 유도등에 사용 중인 LED는 10년 이상의 수명을 가지는 반면, 예비전원으로 사용되는 니켈 카드뮴 전지의 경우 수명은 4~6년으로 제한적이다. 최근에는 비상유도등 시스템에서 유지, 보수비용의 대부분을 차지하는 배터리 교체에 대한 비용을 줄이기 위하여 에너지 저장 매체로서 장 수명을 가지는 슈퍼 커패시터의 사용이 증가되고 있다. 그림 1은 슈퍼 커패시터를 이용한 LED 구동용 회로의 대표적인 예로서 에너지 저장 매체로서 슈퍼 커패시터 사용하고 슈퍼 커패시터 셀(cell) 밸런싱 및 LED의 전류를 제어할 수 있는 회로 구성이다. 본 논문에서는 비상용 유도등에 적용 가능한 에너지 저장 매체로서 슈퍼커패시터의 단점인 에너지 밀도를 향상한 리튬 티탄산산화물(Li₄Ti₅O₁₂)를 음극 물질로 적용한 하이브리드 슈퍼커패시터 (hybrid super capacitor)를 제작하였다. 제작된 하이브리드 슈퍼커패시터를 이용하여 LED 유도등의 비상전원으로 사용하기 위해 에너지 저장 매체로서의 전기적 특성을 평가하고 및 모듈을 설계하였다. 설계된 하이브리드 슈퍼커패시터를 LED 비상 유도등 전원으로써 사용 가능성 여부를 확인하였다.

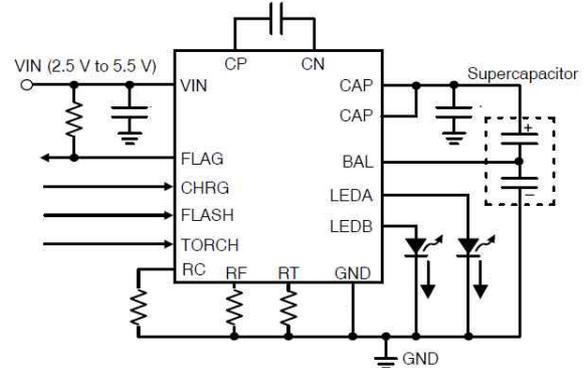


그림 1. 슈퍼 커패시터 응용 타입
Fig. 1. Application type of super capacitor.

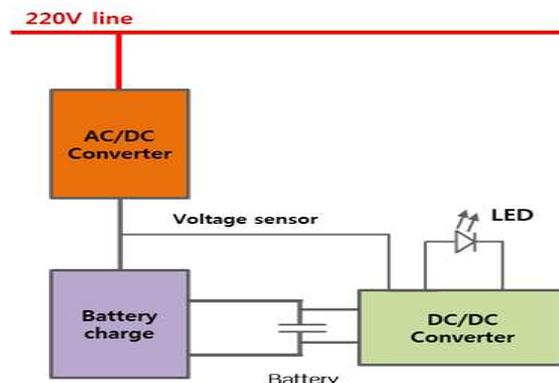


그림 2. LED 비상 유도등 블록도
Fig. 2. LED Luminaire Emergency Exit Sign.

그림 2에 실험에 사용한 제품의 시스템 블록도와 구성도를 나

타내었다. 동작을 보면 정상상태에서는 상용 전원으로 DC-DC 컨버터를 이용하여 예비 전원을 충전하고 LED를 점등되도록 설계 되어있으며 비상시에는 비상전원에 충전된 에너지를 사용하여 LED를 점등시키는 구조로 구성 되어 있다. 구성으로서는 LED부, 회로부, 비상 전원부 및 표시부로 구성되어 있으며 LED부의 경우 7개의 LED로 구성 되어 있으며 예비 전원부의 경우 니켈 카드뮴 전지를 사용 하였다.

2-2 Power LED

LED는 양극(anode)과 음극(cathode) 두 단자를 가진 PN접합 소자로 구성되며 PN접합에서 전자가 가지는 에너지가 직접 빛 에너지로 변환되어 열이나 운동 에너지를 필요로 하지 않는다. PN접합 부근에서 전자와 정공의 결합 시에 광자가 발생되어 빛으로 방출된다. 그림 3은 LED의 발광 구조를 나타낸다. LED의 양극이 음극에 비해 전위가 높은 경우 순방향 바이어스(forward bias)되며 도통을 시작한다. 도통된 다이오드는 두 단자 사이에 상대적인 순방향 전압 강하(forward voltage drop)가 나타나며 이 전압 강하의 크기는 제조 공정 및 온도에 따라 변하게 된다. 발광다이오드의 V-I 특성곡선은 일반 다이오드와 동일한 특성을 지니며 LED의 점등 전압은 발광색에 따른 차이가 있지만 1.5~3.8V이내이며 고효율 LED의 경우 5V전후의 제품도 있다. 이 때, 소비전류는 1~50mA 이내이며 고효율 LED는 1~3A이내이다. 쇼 클레이 다이오드 방정식(shockley diode equation)으로 표현될 수 있다.[9]~[10]

$$I_D = I_S(e^{VD/nV_T} - 1) \tag{1}$$

I_D : 다이오드에 흐르는 전류, V_D : 다이오드 전압
 I_S : 누설 전류 ($10^{-15} \sim 10^{-16}$ 범위)
 n: 방사계수(emission coefficient) 혹은 이상계수(ideality factor)의 경험적 정수

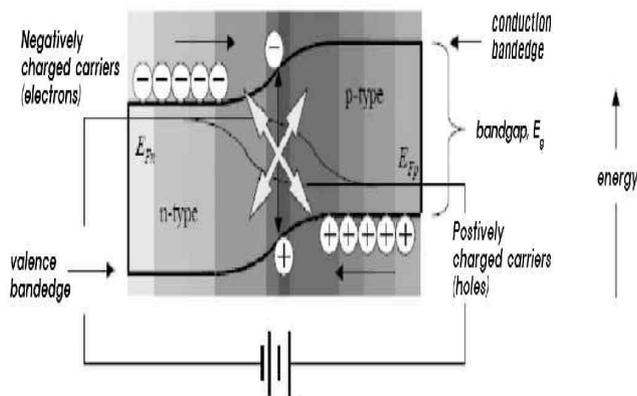
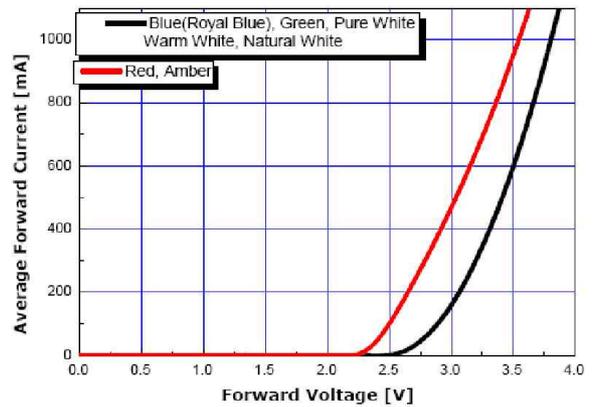
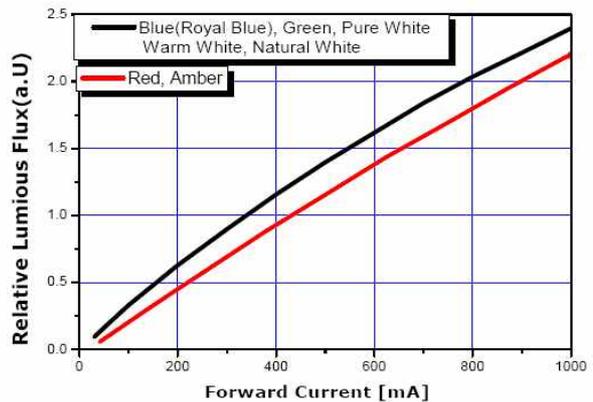


그림 3. LED의 발광 구조
 Fig. 3. Luminescence structure of LED.

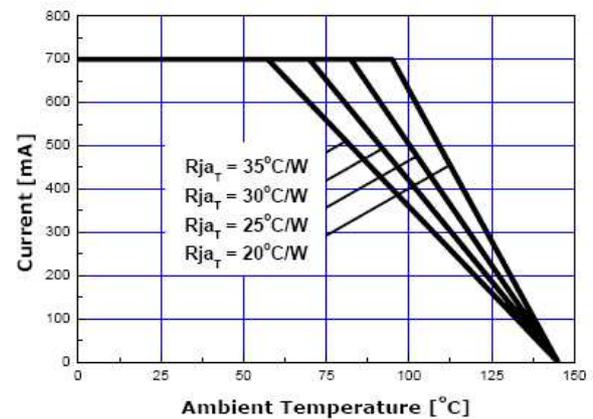
그림 4는 실험에 사용된 Power LED의 전기적 특성을 나타내며 (a)는 V-I특성곡선을 나타내며 적은 구동전압 쪽에 대한 전류의 민감도를 확인할 수 있다. (b)는 순방향 전류에 대한 광속을 나타내며 순방향 전류에 따라 빛의 밝기가 변화하므로 전류제어를 통한 빛의 밝기 조절이 가능하다. (c)는 주변온도에 따른 구동전류 변화로 LED조명 설계 시 주변온도에 대한 열 고장이나 이상동작을 확인할 수 있다. (d)는 LED접합온도에 대한 상대적 광 출력을 나타낸다.[11]~[13]



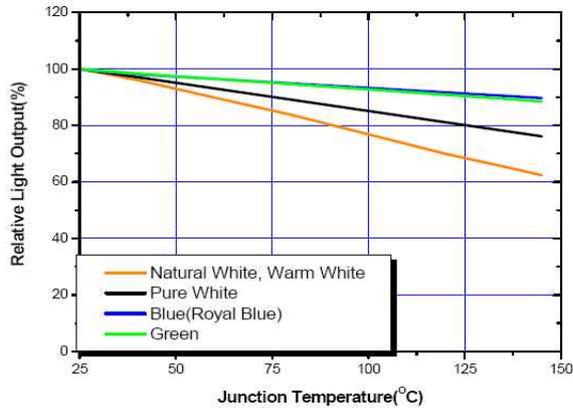
(a) V-I characteristic curve



(b) Forward current Vs luminous flux



(c) Current variable according to surrounding temperature



(d) Junction temperature Vs relative light output

그림 4. Power LED의 전기적 특성

Fig. 4. Electric characteristics of power LED.

2-3 승압형 컨버터의 특성

승압형 컨버터(step-up and boost converter)는 입력전압보다 더 큰 출력전압을 제공하는 비 절연형 컨버터로 출력전류는 입력전류보다 작은 특성을 지닌다. 그림 5는 승압형 컨버터의 회로이다. 승압형 컨버터는 정상상태에서 턴 온과 턴 오프 두 가지 모드로 해석할 수 있다. 스위치의 턴 온 시 인덕터 전류는 증가하며 인덕터 L에는 에너지가 축적되고 모드 1이라 한다. 턴 오프 시 인덕터에 축적되었던 에너지는 다이오드를 통하여 출력측으로 전달되며 인덕터 전류는 감소하게 되며 모드 2라 한다. 그림 6은 승압형 컨버터의 회로 동작이다.

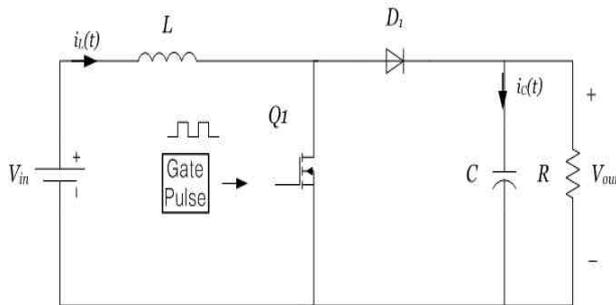
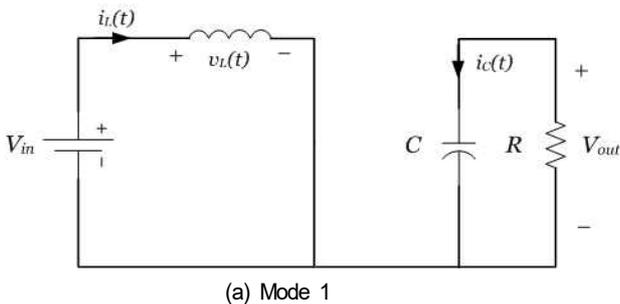
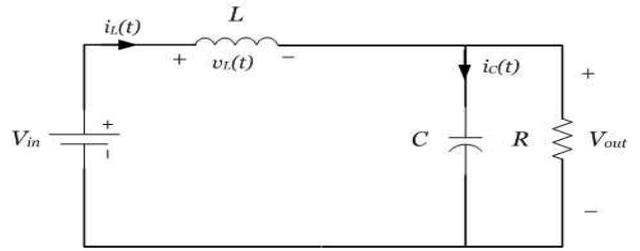


그림 5. 승압형 컨버터 회로

Fig. 5. Boost converter circuit.



(a) Mode 1



(b) Mode 2

그림 6. 승압형 컨버터의 회로 동작

Fig. 6. Circuit operation of boost converter.

Mode 1은 스위치가 턴 온 되면서 인덕터에 에너지가 축적되는 과정으로 인덕터 전압과 커패시터의 전류는 식 (2)와 같이 쓸 수 있다.

$$v_L = V_{\infty}$$

$$i_C = -\frac{v_{out}}{R} \quad (2)$$

Mode 2는 스위치가 턴 오프 되면서 인덕터에 축적된 전류가 다이오드를 통해 출력 측에 전달되는 과정으로 인덕터 전압과 커패시터의 전류는 식 (3)과 같이 쓸 수 있다.

$$v_L = V_{\infty} - v$$

$$i_C = i_L - \frac{v_{out}}{R} \quad (3)$$

식 (3)을 근사화 하면 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다. 한 주기 동안 인덕터에 인가되는 전압은 식 (5)과 같이 나타낸다.

$$v_L = V_{\infty} - v_{out}$$

$$i_C = I - \frac{v_{out}}{R} \quad (4)$$

$$\int_0^{T_s} v_L(t) dt = V_{\infty}DT_s + (V_{\infty} - V_{out})D'T_s \quad (5)$$

한 주기 동안 인덕터에 양단의 전압의 합은 0이므로 다음과 같은 관계식 (6)을 얻을 수 있다.

$$V_{\infty}(D+D') - v_{out}D' = 0 \quad (6)$$

식 (6)을 $D+D'=1$ 의 관계에서 입력전압과 출력전압의 변환 비인 식 (7)으로 나타낼 수 있으며 승압형 컨버터는 듀티비가 1에 가까워지면 인덕터 전류가 매우 커져 큰 전력 손실이 발생하게 된다.

$$M(D) = \frac{V_{\infty}}{v_{out}} = \frac{1}{D'} = \frac{1}{1-D} \quad (7)$$

그림 7은 승압형 컨버터의 변환비를 나타낸다.

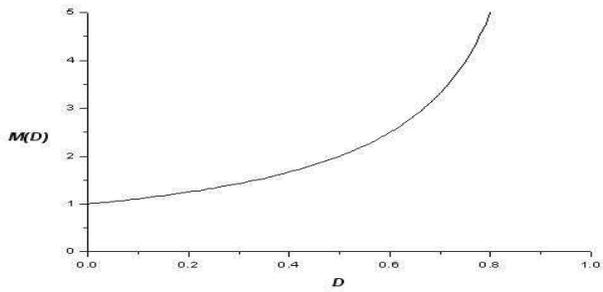


그림 7. 승압형 컨버터의 전압 변환비

Fig. 7. Voltage conversion rate of boost converter.

승압형 컨버터의 인덕터 전류는 입력전류와 같고 출력전류보다 크며 그림 8과 같이 나타낸다. 리플 전류 Δi 는 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다. 리플 전류 Δi 의 값을 통해 인덕터 L 의 값을 결정하는데 사용이 가능하게 된다.

$$\Delta i_L = \frac{V_{in}}{2L} DT_s \tag{8}$$

승압형 컨버터의 출력 리플 전압 Δv 는 식 (9)와 같으며 그림 9와 같이 나타낸다. 이 식을 이용하면 출력 리플 전압 Δv 가 정해져 있을 때 커패시터의 값을 선정할 수 있다.

$$\Delta v = \frac{v_{out}}{2RC} DT_s \tag{9}$$

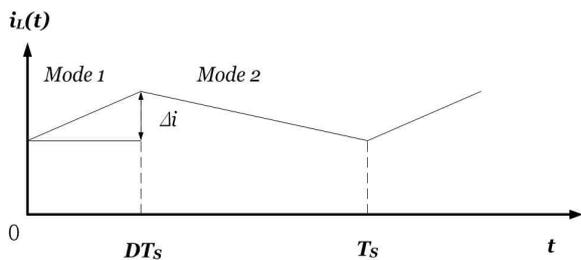


그림 8. 승압형 컨버터의 인덕터 전류파형

Fig. 8. Inductor current waveform of boost converter.

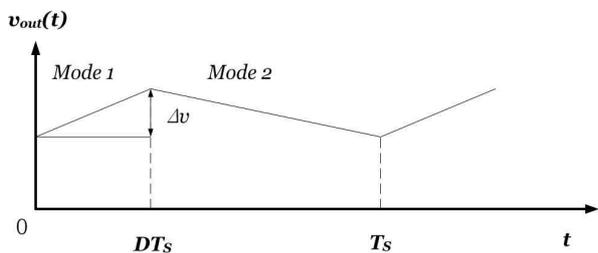


그림 9. 승압형 컨버터의 출력 전압 리플 파형

Fig. 9. Output voltage ripple waveform of boost converter.

2-4 승압형 컨버터 구성과 LED 구동회로

1) 승압형 컨버터 회로설계

승압형 컨버터는 동작원리를 근거로 인덕터, 커패시터, 저항의 값을 결정하였으며, 각 반도체 소자들은 입력 전압, 전류와 출력 전압, 전류의 특성을 반영하여 선택되었다. 승압형 컨버터의 설계사양 및 인덕터와 커패시터의 값은 표 1에 나타내었다. 승압형 컨버터의 인덕터 값은 출력 전류리플의 식 (10)을 이용하여 산출할 수 있다. 또한, 승압형 컨버터의 커패시터 값은 출력 전압리플의 식 (11)을 이용하여 산출할 수 있다

$$L = \frac{V_{in}}{2\Delta i} DT_s \tag{10}$$

$$C = \frac{V_{out}}{2R\Delta v} DT_s \tag{11}$$

승압형 컨버터의 특성에서 주어진 설계사양과 수동소자의 값을 이용하여 그림 10과 같이 구성하였으며 PSPICE를 이용한 시뮬레이션을 통하여 출력 전압과 전류 값을 예상 할 수 있다.

표 1. 승압형 컨버터의 설계사양과 인덕터, 커패시터의 값

Table 1. Specification of boost converter and inductor, capacitor values

input voltage	15 V
output voltage	24 V
output current	0.3~1.2 A
output voltage ripple	50 mV
switching frequency	50 kHz
inductor	488 uH
capacitor	43 uF

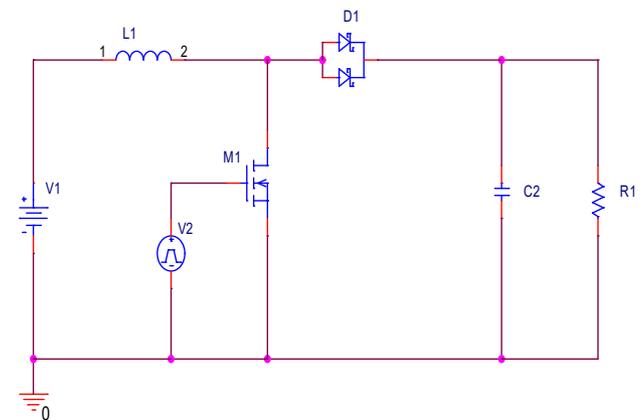


그림 10. 시뮬레이션을 위한 승압형 컨버터회로

Fig. 10. Boost converter circuit for simulation.

2) LED 구동 회로의 구성

LED는 전압에 따라 전류가 흐르는 반도체 소자로 전압은 독립변수이고 전류는 종속변수로 전압구동소자이다. LED는 전류에 의해 광량의 조절이 가능하며 전압에 민감하게 반응하는 소자로 전류를 고정 시키는 것이 LED의 특성을 유지할 수 있다. LED 구동 시 열과 빛이 함께 발생하게 되며 열은 LED의 전류를 상승하게 하며 전기적 특성 및 광학적 특성의 저해요인이 됨과 동시에 고장의 원인이 되기도 한다. 일정한 출력전류를 얻기 위해서 피드백 회로를 통해 검출된 출력전류를 PWM 제어기로 보내어 PWM 파형을 듀티비를 조정함으로써 일정한 출력전류를 얻을 수 있다. 그림 11은 LED 제어 정전류 구동회로의 블록 다이어그램을 나타낸다. LED의 손상 방지를 위한 과전압 보호, 열 상승에 따른 전류제한과 과전압 보호를 필요로 한다.

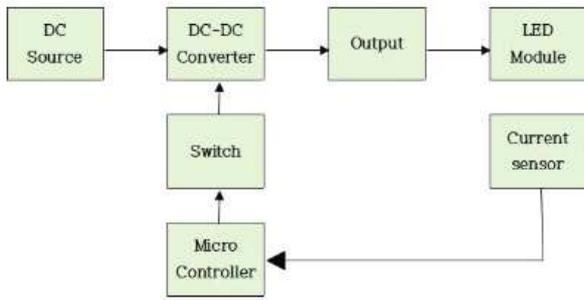


그림 11. LED 제어 정전류 구동회로의 블록 다이어그램
 Fig. 11. LED control constant current driver circuit of block diagram.

회로의 구성은 디밍 제어를 위한 디밍 제어부와 과전류 보호 및 전류제어를 위한 전류 센싱부와 과전압 검출을 위한 출력전압을 센싱부와 제어를 위한 MSP430F5438 실험키트를 이용하여 그림 12와 같이 구성하였다.

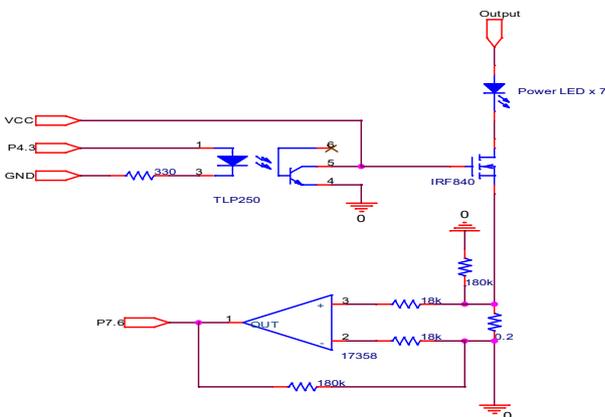


그림 12. 디밍제어 회로와 전류 센싱 회로
 Fig. 12. Dimming control circuit and current sensing circuit.

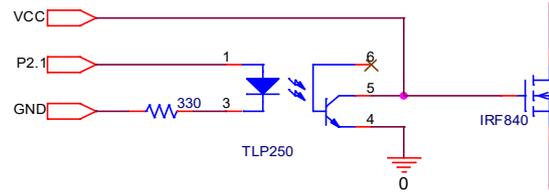


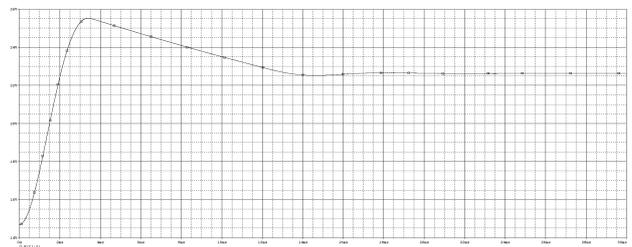
그림 13. 컨버터 스위치 절연 회로
 Fig. 13. Isolated circuit of converter switch.

디밍 제어를 위해 스위칭 소자인 MOSFET(matel-oxide semiconductor field-effect transistor)를 사용하여 구성하였으며 전류상승을 억제하고 제어하기 위한 전류 센싱 회로는 히다치 반도체의 Dual OP-AMP IC인 17358을 사용하였으며 과전압 보호를 위해 ADC컨버터를 이용하여 출력전압을 센싱 하였다. 또한 회로의 오동작시 마이크로컨트롤러를 보호하기 위해 컨버터와 절연을 위한 TLP250을 이용하여 그림 13과 같이 나타냈다.

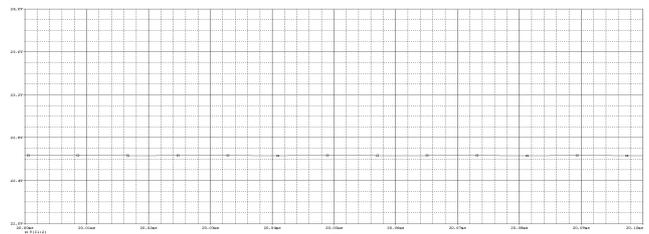
III. 시뮬레이션 및 실험 결과 고찰

3-1 승압형 컨버터의 시뮬레이션 특성

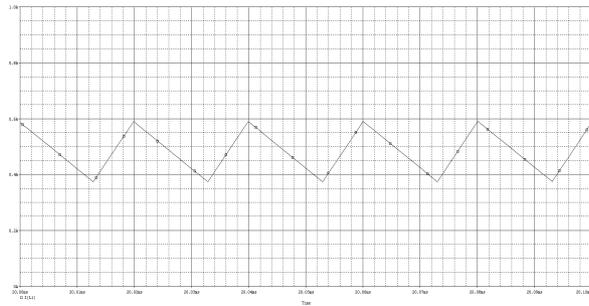
승압형 컨버터의 구동주파수는 50 kHz, 듀티비는 35%로 인가하였으며 $V_{DSS} = 500V$, $I_D = 8.5A$ 인 전력용 MOSFET 스위치인 IRF840과 환류다이오드는 $V = 60V$, $I_F = 10A$ 의 전기적 특성을 지닌 D10SC6M을 이용하여 그림 14는 480μH 일 때의 출력전압, 출력 리플전압과 인덕터 전류의 파형을 나타낸다.



(a) Output voltage waveform



(b) Output voltage ripple waveform

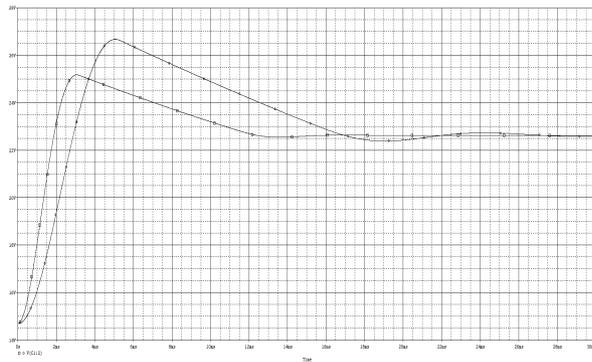


(c) Inductor current waveform

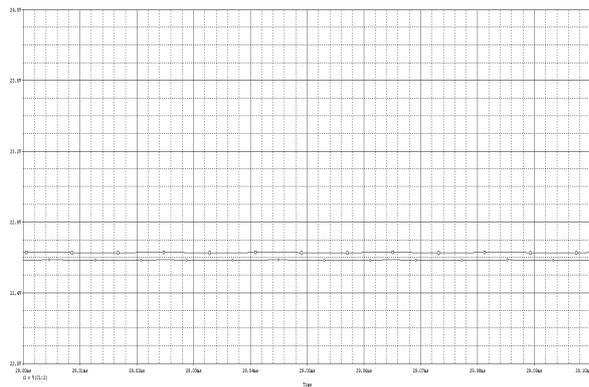
그림 14. 480uH의 시뮬레이션 출력 파형

Fig. 14. Simulation output waveform of 480uH.

그림 15는 380uH, 1100uH 일 때의 출력전압, 출력 리플 전압과 인덕터 전류의 파형을 나타낸다. 인덕터 L_1 의 값이 작아질수록 인덕터 리플전류 Δi_L 의 값의 변화가 커졌으며 출력 전압의 첨두값의 변화를 확인할 수 있었다. 인덕터의 값을 380uH, 480uH, 1100uH과 저항의 값은 30Ω, 47Ω, 68Ω으로 변환하여 시뮬레이션 하였다. 출력 전압은 18msec에서 안정된 값을 보였으며 출력 리플 전압 Δv_o 는 계산된 커패시터 값의 2배로 구성되어 변화가 매우 작은 것을 확인할 수 있었다. 첨두값에 의한 컨버터 또는 기타 반도체의 고장을 방지하기 위해 소프트 스타트(soft start)방법을 적용 할 수 있다.



(a) Output voltage waveform



(b) Output voltage ripple waveform



(c) Inductor current waveform

그림 15. 380uH, 1100uH의 시뮬레이션 출력 파형

Fig. 15. Simulation output waveform of 380uH, 1100uH.

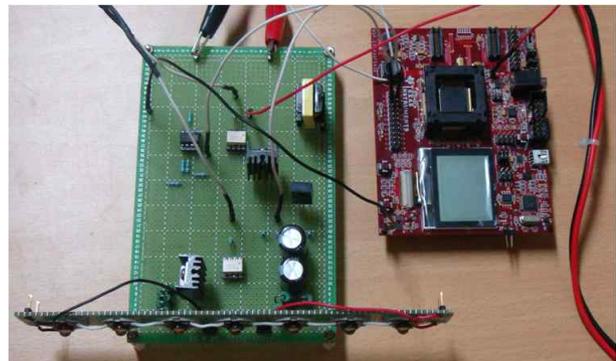


그림 16. 마이크로컨트롤러를 이용한 승압형 컨버터 LED구동기

Fig. 16. Boost converter LED driver using micro-controller.

3-2 승압형 컨버터의 구동 특성 및 LED 구동

제작된 승압형 컨버터는 그림 16과 같으며 LED 구동기를 이용하여 30분간 2회에 걸쳐 점등하였을 때 구동 특성을 조사하였다. 그림 17과 그림 18은 점등 후 구동시간에 대한 LED 온도변화와 출력전압의 변화를 나타내며 출력전압은 일정하게 유지되었다. LED모듈의 온도변화는 구동 초기에 급격하게 증가하였으며 일정시간이 지난 후 안정화 되었다.

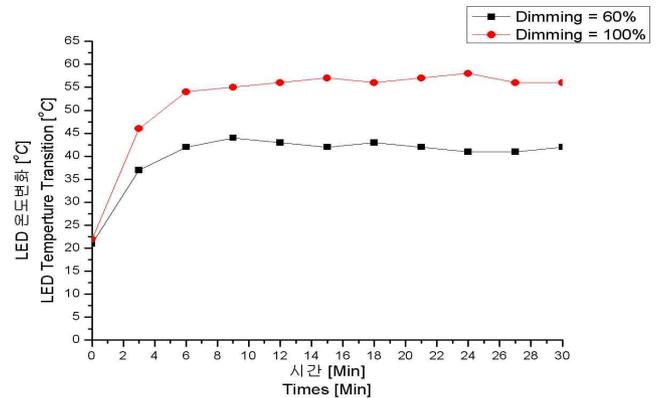


그림 17. 구동시간에 대한 Power LED 온도변화

Fig. 17. Power LED temperature transition for driving.

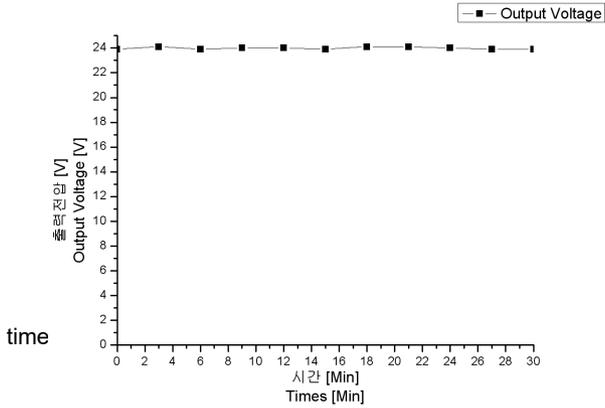


그림 18. 구동시간에 대한 출력전압
Fig. 18. Output voltage for driving times.

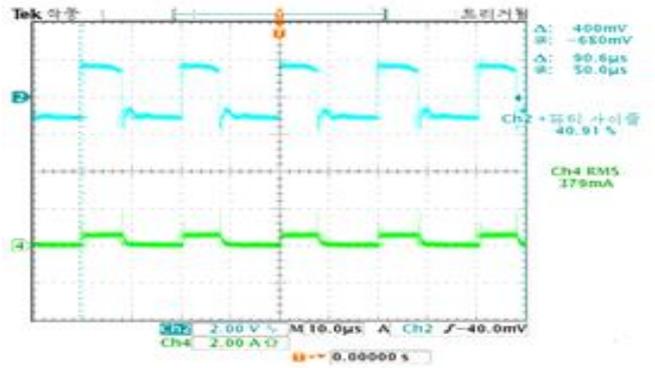


그림 21. 듀티비 40%의 Power LED 전류파형
Fig. 21. LED current waveform of duty rate 40%.

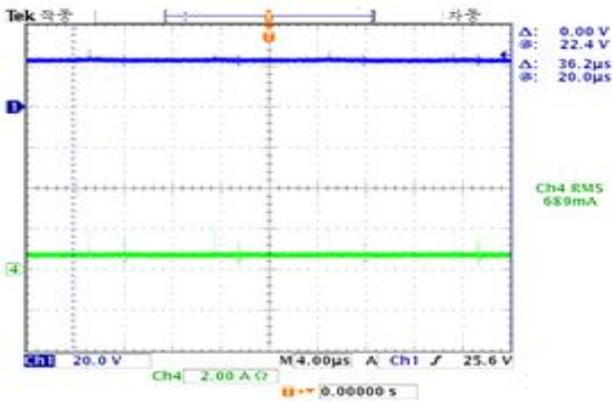


그림 19. 출력전압 및 전류 파형
Fig. 19. Output voltage and current waveform.

그림 19는 100% 디밍 제어 점등 시 출력전압과 출력전류의 파형을 나타내며 그림 20은 80%의 디밍 제어 시, 그림 21은 40%의 디밍 제어 시, 그림 22는 20%의 디밍 제어 시의 LED 전류파형을 나타낸다. 디밍 제어에 따른 소비전류의 변화를 확인할 수 있다. 그림 23은 100% 디밍 제어 시 점등 상태를 나타내며, 그림 24는 40% 디밍 제어 시 점등 상태를 나타낸다.

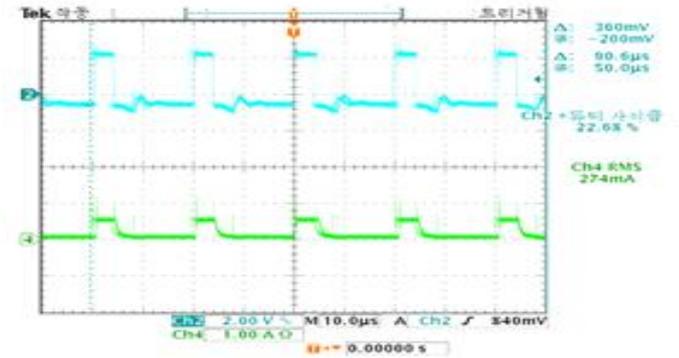


그림 22. 듀티비 20%의 Power LED 전류파형
Fig. 22. Power LED current waveform of duty rate 20%.



그림 23. Power LED의 100% 디밍 점등
Fig. 23. 100% Dimming lighting of power LED.

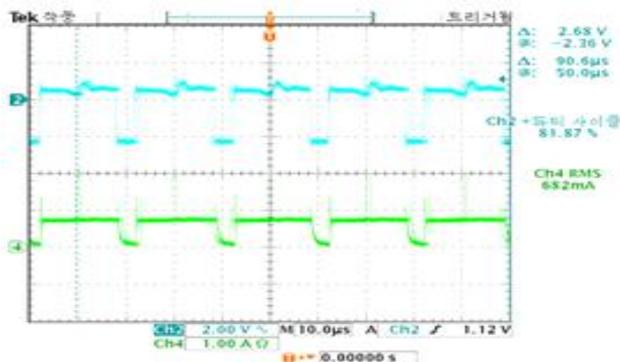


그림 20. 듀티비 80%의 Power LED 전류파형
Fig. 20. Power LED current waveform of duty rate 80%.



그림 24. Power LED의 40% 디밍 점등
Fig. 24. 40% Dimming lighting of power LED.

본 논문에서 Power LED의 구동효율을 높이고 간단한 조명 시스템을 구성하기 위해 승압형 Power LED 구동기를 구성하였으며 PSPICE를 통한 시뮬레이션을 수행하여 결과를 근거로 Micro-controller인 MSP430를 이용하여 승압형 Power LED 구동기의 특성을 조사하고 실험 수행한 결과 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

[1] 일정한 출력전압과 전류를 얻기 위해 실제 승압형 DC-DC 컨버터와 시뮬레이션 결과 5% 이하의 오차로 거의 일치함을 알 수 있었으며 이를 이용하여 실제 승압형 DC-DC 컨버터를 효과적으로 구성하였다.

[2] Power LED 구동을 위해 정전류 제어법을 사용하여 승압형 DC-DC 컨버터를 제어하였으며 소프트 스타트를 통하여 컷두 출력전압에 의한 손상을 방지할 수 있었다.

[3] 드라이버회로에서의 손실과 전력 변환과정에서의 손실 등으로 인하여 높은 설계사양에 명시된 것과 같은 출력을 얻지 못했다.

[4] 디밍 제어를 통한 소비전류의 조절을 통해 제한된 DC전원의 전력소비를 조절할 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구는 실험을 승압형 Power LED 구동기를 제작하여 실험하였으며 실험을 통한 Power LED의 특성과 전력변환 과정에 대하여 고찰해 볼 수 있었다. 향후과제로 다양한 전원에서 사용가능한 고효율의 플라이 백 혹은 포워드 컨버터 형태의 구동기가 연구되어야 하며 마이크로 컨트롤러를 이용한 통신 시스템 및 LCD를 이용하여 사용자의 전력소비량을 표시하며 전력공급자에 정보를 제공하는 스마트그리드 시스템 구성이 향후 과제로 사료된다.

Acknowledgments

본 연구는 2016년도 하반기 세명대학교 교내연구비 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

[1] X. Zou, K.Yu, Z. Zheng, X. Chen, Z. Zou, and D. Liao, "Dynamic current limitation circuit for white LED driver," in *IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems, APCCAS 2008, Macao, China, November 30 2008 - December 3, 2008*. PP. 898-901, IEEE, 2008.

[2] Van Der Broeck, Heinz, G.Sauerlander, and M. Wendt, "Power driver topologies and control schemes for LEDs," in *APEC 07-Twenty-Second Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, Anaheim: CA, PP.*

1319-1325, 2007.

[3] W. Y. Leung, T. Y. Man, and M. Chan, "A high-power-LED driver with power-efficient LED-current sensing circuit," in *Proceedings of ESSCIRC, 2008 IEEE*, PP.354~357, 2008

[4] H. J. Chiu, Y. K. Lo, J. T.Chen, S. J. Cheng, C. Y. Lin, and S. C. Mou, "A high-efficiency dimmable LED driver for low-power lighting applications," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol.57, No.2, pp. 735-743 ,2010.

[5] T L Chern, L H Liu, and P L Pan, "Single-stage fly-back converter for constant current output LED driver with power factor correction," in *2009 4th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*. PP.2891~2896. 2009

[6] D. Cericola, and R. Kötzt, "Hybridization of rechargeable batteries and electrochemical capacitors,"*Principles and Limits. Electrochimica Acta* 72, PP.1~17, 2012.

[7] Y L Lin, H J Chiu, Y K. Lo, and C M. Leng, "LED backlight driver circuit with dual-mode dimming control and current-balancing design.," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol.61, No.9, PP. 4632-4639. 2014

[8] X. X. Wang, K. Murakami, O. Sugiyama, and S. Kaneko "Piezoelectric properties, densification behavior and microstructural evolution of low temperature sintered PZT ceramics with sintering aids," *Journal European Ceramic Society*, Vol 21, No. 10, pp. 1367-1373, 2011.

[9] "LED Lighting and Super capacitors" *KEMET Corporation* 2013.

[10] J. Hu, Y. Fuda, M. Katsuno and T. Yoshida. "A study on the rectangular-bar-shaped multi layer piezoelectric transformer using length extensional vibration mode," *Japan Journal Apply Physics*, Vol. 38, No. 5B, pp. 3208-3212, 2009.

[11] S. Kawashima, S. Tagami, H. Hakamata, A. Fukuoka and K. Isobe, "Development of color-LCD backlight inverters utilizing piezoelectric transformer," in *NEC Research and Development*, Vol. 36, No. 1, pp. 187-199, 2005.

[12] N. Narendran, N. Maliyagoda, L. Deng, and R. Pysar "Characterizing LEDs for general illumination applications: mixed-color and phosphor-based white source," in *SPIE Proceedings*, Vol. 1, No.2 pp. 4445-4450, 2011.

[13] R. Itoh, and D. Eng, "Steady-state and transient characteristics for a single way step-down PWM GTO voltage-source converter with sinusoidal supply current," in *IEE Proceedings*, Vol. 136, No. 4 pp. 168-174, July 1989



황 락 훈 (Lark Hoon Hwang)

1981년 2월 : 명지대학교 전기공 학과 (공학사)
1983년 8월 : 명지대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
1989년 8월 : 명지대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
1988년 3월 ~ 1991년 2월 충남전문대학 전기과 (현, 대덕대학 전기과) 조교수
1991년 3월 ~ 현재 세명대학교 전기공학과 교수
※ 관심분야 : 전동기 제어, 대체 에너지 분야, 에너지 변환, 반도체 시뮬레이션, 전력전자 응용분야



김 진 선 (Jin Seon Kim)

2009년 2월 : 세명대학교 전기공학과(공학사)
2013년 2월 : 세명대학교 대학원 전기전자공학과(공학석사)
2013년 2월 : 세명대학교 대학원 전기전자공학과(박사과정)
1995년 7월 ~ 현재 : ㈜청파이엠티 대표이사
※ 관심분야 : 전력전자 응용분야 및 대체 에너지 분야, 전기기기



나 용 주 (Yong Ju Na)

2013년 2월 : 세명대학교 전기공학과(공학사)
2015년 2월 : 세명대학교 대학원 전기전자공학과(공학석사)
2015년 3월 : 세명대학교 대학원 전기전자공학과(박사과정)
※ 관심분야 : 전력전자 응용분야 및 대체 에너지 분야, 에너지 변환, 전동기 제어