

# LC 병렬공진을 이용한 고효율 장수명 LED 구동회로 설계

이은수<sup>1</sup>, 최보환<sup>1</sup>, 천준필<sup>1</sup>, 김봉철<sup>2</sup>, 임춘택<sup>†</sup>

## The Design of Long-life and High-efficiency Passive LED Drivers using LC Parallel Resonance

Eun-Soo Lee<sup>1</sup>, Bo-Hwan Choi<sup>1</sup>, Jun-Pil Cheon<sup>1</sup>, Bong-Cheol Kim<sup>2</sup>, and Chun-Taek Rim<sup>†</sup>

**Abstract** - This paper proposes a new passive type LED driver which satisfies the standard of power factor (PF) and total harmonic distortion (THD). The proposed passive LED driver also has high-efficiency and long-life time characteristics compared to active LED driver which is composed of op-amp, switches and so on. By using just passive components such as inductor, capacitor, and diode, it has resolved extremely short-life time and low-efficiency problems of previous LED drivers. It has achieved PF of 0.99, THD of 16.4 % and the total efficiency of 95 %. The proposed passive LED driver is fully analyzed and verified by simulations and experiments, which results are in good agreement each other.

**Keywords:** passive LED driver, high-efficiency, long-life time, power factor, total harmonic distortion

### 1. 서 론

최근 우리나라는 전기에너지 부족문제를 해결하기 위해 신재생에너지, 스마트 그리드와 같은 그린에너지 기술에 주목하고 있다. 특히 우리나라 전체 전력사용량의 20 [%]를 차지하는 조명분야에서는 기존의 형광등을 LED로 교체하기 위해 다양한 LED 구동회로를 개발중이다<sup>[1]-[3]</sup>. LED를 상용교류전원에서 구동하기 위한 한 가지 방법은 반도체 스위치, 증폭기 등의 능동소자를 이용하여 LED에 정전류 혹은 정전압을 공급하는 능동형(Switch-Mode Power Supply : SMPS)의 구동회로<sup>[4]-[12]</sup>를 사용하는 것이며, 이는 입력전압의 변동에도 LED에 안정적인 전류, 전압 공급을 가능하게 하는 특징을 가진다. 하지만 SMPS 방식의 구동회로는 내부의 능동소자로 인해 짧은 수명, 스위칭 손실, 고가격의 단점을 가진다. 특히 약 15,000시간의 SMPS 방식 LED 구동회로의 평균 수명은 일반적으로 50,000시간 이상의 평균수명을 가지는 LED에 비해 현저히 짧다<sup>[13]</sup>. 통상 LED 조명기구는 LED

와 구동회로가 결합되어 있기에 LED 조명기구의 교체주기는 구동회로의 짧은 수명에 의해 좌우되며, 이는 불필요한 교체 비용과 인력의 낭비를 가져온다.

이러한 단점을 극복하고자 반영구적으로 사용가능하며 고효율을 가지는 커패시터 수동소자만을 이용한 LED 구동회로가 기존에 제안되었다<sup>[14]</sup>. 하지만 하나의 커패시터 소자와 브리지 다이오드만을 가지는 구조는 LED 부하에 의한 높은 고조파 전류를 허용하며, 이로 인해 낮은 역률(Power Factor : PF) 및 높은 총 고조파 왜율(Total Harmonic Distortion : THD)의 단점을 가진다.

본 논문에서는 이러한 기술적 문제를 극복하고자 수동소자만을 이용하여 고효율을 달성함과 동시에 반영구적으로 사용가능한 새로운 고효율 초장수명 수동형 LED 구동회로를 제안하였다. 제안하는 LED 구동회로는 20 [W]급으로 40 [W]급 형광등을 대체할 수 있으며, 고조파 필터회로의 LC 병렬공진을 이용하여 역률 및 THD 규제 (IEC61000-3-2 class C Standard)를 만족하였다.

### 2. LED 구동회로 설계

#### 2.1 LED 구동회로 설계조건

기존의 형광등을 대체하기 위한 LED 구동회로의 설계를 위해 크게 3가지 설계 조건이 필요하다. 첫째는 교체하고자 하는 형광등과 동일한 휘도를 가지는 LED를 구동해야 한다. 둘째는 0.9 이상의 역률에서 동작해야

Paper number: TKPE-2013-18-4-12 ISSN: 1229-2214

<sup>†</sup> Corresponding author: ctrim@kaist.ac.kr, Dept. of Nuclear and Quantum Eng., KAIST

Tel: +82-42-350-3827 Fax: +82-42-350-5861

<sup>1</sup> Dept. of Nuclear and Quantum Eng., KAIST

<sup>2</sup> Optomind Inc., Suwon, Korea

Manuscript received Feb. 25, 2013; accepted Apr. 29, 2013

— 본 논문은 2012년 추계학술대회 외부장학금 수혜논문임

하며, 이를 위해 회로를 구성하는 수동소자의 용량을 적절히 선정해야 한다. 마지막으로 전원전류의 고조파 함유율이 IEC61000-3-2 class C Standard에서 제시한 THD 규정을 벗어나지 않도록 설계해야 한다.

위 3가지 조건을 만족하는 LED 구동회로는 그림 1과 같다. 제안하는 LED 구동회로는 그림 1과 같이 인덕터 및 커패시터, 브리지 다이오드와 같은 수동소자로만 구성되어 있다. 그림 1의 LED는 그림 2와 같이 이상적인 다이오드와 순방향 강하전압  $V_d$ , 동적 저항  $r_d$ 로 모델링이 가능하다. LED는 제품마다  $V_d$ ,  $r_d$ 이 다르며 제안된 LED 구동회로의 개발에 사용된 LED 소자는 LMT5252A1 LED이다. 하나의 LED에 인가되는 전압을  $V_{LED}$ , LED에 흐르는 전류를  $I_{LED}$ 라 할 경우  $V_{LED}-I_{LED}$  특성곡선은 그림 3과 같이 비선형적인 특성을 보인다.

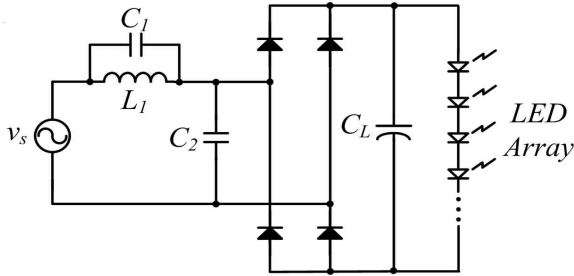


Fig. 1 The proposed passive LED driver using LC parallel resonance

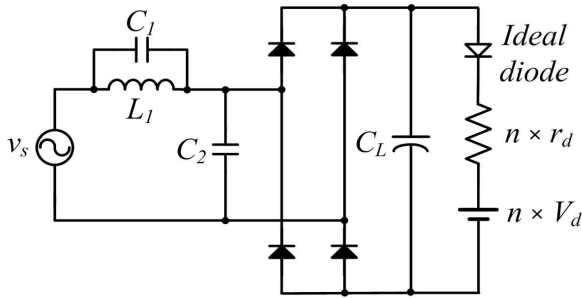


Fig. 2 The proposed passive LED driver considering LED equivalent circuit

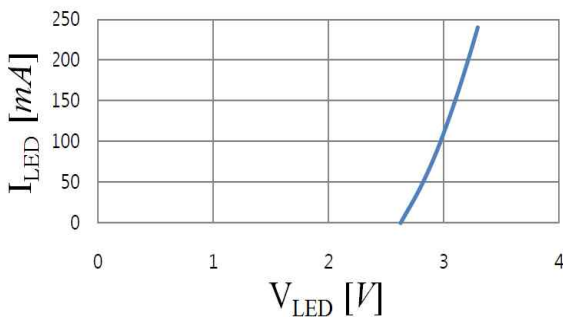


Fig. 3 The  $V_{LED}-I_{LED}$  curve of LMT5252A1 LED

그러므로 그림 3에서 제시된 그래프를 이용하여 LED의 동작전류에 따른  $V_d$ ,  $r_d$ 값을 찾아 LED 구동회로를 분석할 수 있다. LED의 일반적인 동작전류인 75 [mA]를 고려하여 LED를 20 [W]로 구동하기 위해서는 LED의 전압을 약 266 [V], LED개수를 90개로 선정할 수 있다.

### 2.2 등가회로 모델 분석

그림 2의  $V_d$ 와  $r_d$ 로 등가화된 LED 등가모델은 그림 4와 같이 저항  $R_L$ 로 등가화하여 간단히 나타낼 수 있다. 그림 4의 LED 부하에 연결된 브리지 다이오드를 무손실의 브리지 다이오드라고 가정할 경우, 회로변환을 통해 그림 5와 같이  $\alpha:1$ 의 권선비를 가지는 이상적인 변압기로 변환이 가능하다<sup>[15]</sup>. 브리지 다이오드에 흐르는 전류가 한 주기에서 연속일 경우  $\alpha=0.9$ 로 일정한 값을 가지며 일반적으로 아래의 식을 이용하여  $\alpha$ 를 정의할 수 있다.

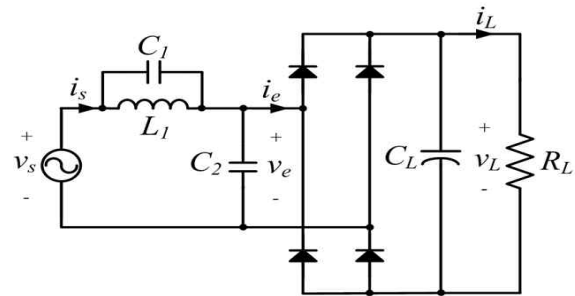


Fig. 4 The equivalent circuit replacing the LED array with a resistor

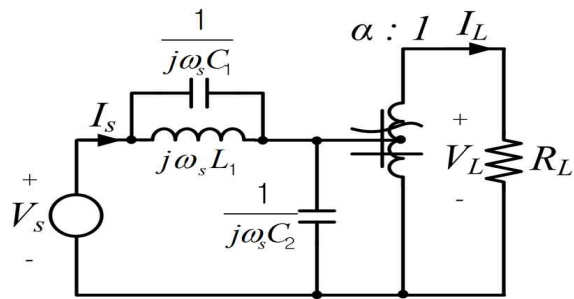


Fig. 5 The equivalent static circuit replacing the bridge diode with an auto-transformer

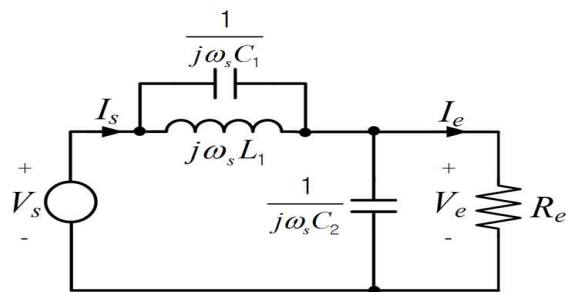


Fig. 6 Simplified equivalent static circuit eliminating the auto-transformer

$$V_e = \alpha V_L \quad (1)$$

$$I_e = \frac{1}{\alpha} I_L \quad (2)$$

여기서  $V_L$ 은 LED에 인가되는 전압,  $I_L$ 은 LED에 흐르는 전류,  $V_e$ 는 브리지 다이오드 앞단에 인가되는 기본파 전압 성분의 실효값,  $I_e$ 는 기본파 전류 성분의 실효값을 나타낸다. 브리지 다이오드의 부하에 LED가 연결될 경우, 순방향 전압강하를 가지는 LED의 특성으로 인해 한주기동안 전류가 도통하지 않는 구간이 발생한다.  $\alpha$ 는 브리지 다이오드 입출력 회로의 구성 및 LED 개수에 따라 값이 변하며  $\alpha$ 값은 0.9 이하의 값을 가진다. 제안하는 LED 회로의  $\alpha$ 값은 LED 동작범위 내에 0.84 ~ 0.89 사이의 값을 가지며, 본 논문에서는 계산의 편의를 위해 0.85로 가정하였다<sup>[16]</sup>.

그림 5의 이상적인 변압기의 권선비가 적용된 간단한 등가회로를 그림 6에 나타내었으며  $R_e$ 는 아래와 같이 정의된다.

$$R_e = \alpha^2 R_L = \alpha^2 n \left( r_d + \frac{V_d}{I_L} \right) = \alpha^2 n R_{LED} \quad (3)$$

여기서  $n$ 는 LED의 직렬개수이며  $R_{LED}$ 는 하나의 LED 동적저항과 DC전압성분에 의한 저항을 합한 저항을 나타낸다. 그림 6의 단순화된 등가회로에서  $R_e$ 에 인가되는 전압  $V_e$ 은 아래와 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$|V_e| = \frac{R_e (1 - \omega_s^2 L_1 C_1)}{\sqrt{\omega_s^2 L_1^2 + \{R_e - \omega_s^2 R_e L_1 (C_1 + C_2)\}^2}} \times |V_s| \quad (4)$$

여기서  $\omega_s$ 는 계통의 각주파수이며  $V_s$ 는 전원전압의 실효값이다. 식 (4)의  $V_e$ 를 이용하여 LED에서 소모되는 전력  $P_L$ 를 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$P_L = \frac{|V_e|^2}{R_e} = \frac{R_e (1 - \omega_s^2 L_1 C_1)^2}{\omega_s^2 L_1^2 + \{R_e - \omega_s^2 R_e L_1 (C_1 + C_2)\}^2} \times |V_s|^2 \quad (5)$$

위의  $L_1$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ 값이 정해질 경우,  $P_L$ 를 구하기 위해 식 (3)의  $R_{LED}$ 가 정의되어야 한다.  $R_{LED}$ 는  $I_L$ ,  $r_d$ ,  $V_d$ 에 의해 정해지며 그림 3의  $I_L$ 을 선정할 경우  $r_d$ ,  $V_d$ 를 도출할 수 있다. LED의 일반적인 동작전류 75 [mA]를 적용할 경우  $r_d = 3.8 [\Omega]$ ,  $V_d = 2.6 [V]$ 로 선정할 수 있다.

LED 구동시 역률을 계산하기 위해 그림 6의 등가회로를 이용하여 전원측에서 바라본 임피던스  $Z_s$ 를 고려해야 한다.  $Z_s$ 와 PF는 아래와 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$Z_s = \frac{R_e \{1 - \omega_s^2 L_1 (C_1 + C_2)\} + j\omega_s L_1}{1 - \omega_s^2 L_1 C_1 + j\omega_s C_2 R_e (1 - \omega_s^2 L_1 C_1)} \quad (6)$$

$$I_s \angle \theta^\circ = \frac{1}{Z_s} V_s \angle 0^\circ \quad (7)$$

$$PF = \cos \theta^\circ \quad (8)$$

### 2.3 고조파 필터회로 설계

LED에 전압이 인가되어 전류가 도통될 경우 LED의 부하특성으로 인해 고조파가 발생하며 고조파성분 전류  $I_{ek}$ 는 전원측으로 흘러들어가 THD 및 PF 특성에 영향을 미친다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 고조파필터 회로의 LC 병렬공진을 이용하여 THD와 PF 특성을 개선시킬 수 있다.

고조파 필터 회로는 그림 7과 같이 LC 병렬 공진 회로인  $L_1$ ,  $C_1$ 과 이와 병렬로 연결되어 있는  $C_2$ 로 구성된다.  $L_1$ 과  $C_1$ 의 병렬공진주파수  $f_r$ 는 식 (9)와 같으며, 브리지 다이오드와 연결된 LED를 교류전원으로 구동할 경우 발생하는 전류의 고조파 중 가장 큰 3고조파 및 5고조파를 저감하기 위해  $f_r$ 는 식 (10)과 같이 전원전압 주파수  $f_s$ 의 3배에서 5배 사이로 설계된다.

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_1}} \quad (9)$$

$$3f_s \leq f_r \leq 5f_s \quad (10)$$

그림 7의 LED에 흐르는 고조파 전류를  $I_{ek}$ , 전원에 흐르는 고조파 전류를  $I_{sk}$ , 해당 고조파 배수를  $k$ 로 정의할 경우  $I_{sk}$ 는 고조파 필터 회로에 의해 (11), (12)와 같이 결정된다.

$$I_{sk} = \frac{jk\omega_s C_1 + \frac{1}{jk\omega_s L_1}}{jk\omega_s (C_1 + C_2) + \frac{1}{jk\omega_s L_1}} I_{ek} \quad (11)$$

$$I_{sk|k \geq 5} \cong \frac{C_1}{C_1 + C_2} I_{ek|k \geq 5} \quad (12)$$

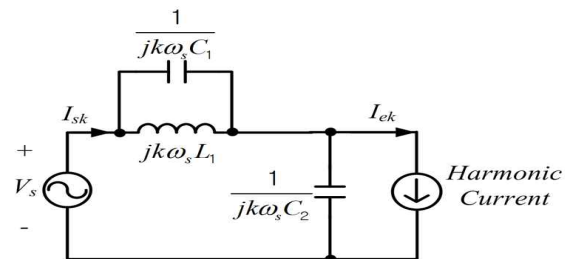


Fig. 7 Harmonic current caused by LED

Table 1 Experiment & Simulation parameters of the proposed LED driver

Parameter	Value
$L_1$	1.82 [H]
Internal resistance of $L_1$	35 [ $\Omega$ ]
$C_1$	0.2 [ $\mu F$ ]
$C_2$	0.2 [ $\mu F$ ]
$C_L$	100 [ $\mu F$ ]
$V_d$	2.6 [V]
$r_d$	3.8 [ $\Omega$ ]
Bridge diode voltage drop	0.7 [V]
The number of LED	90

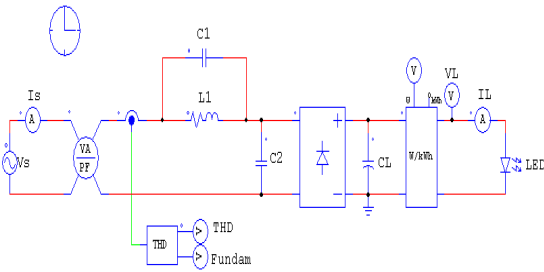
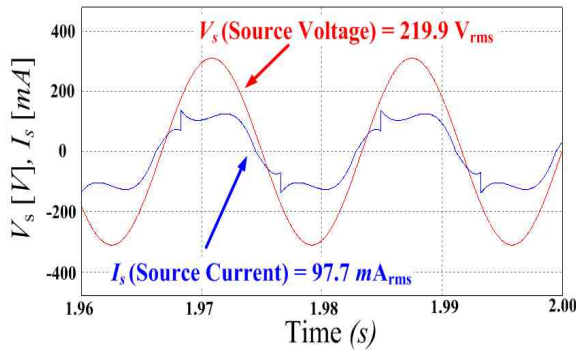
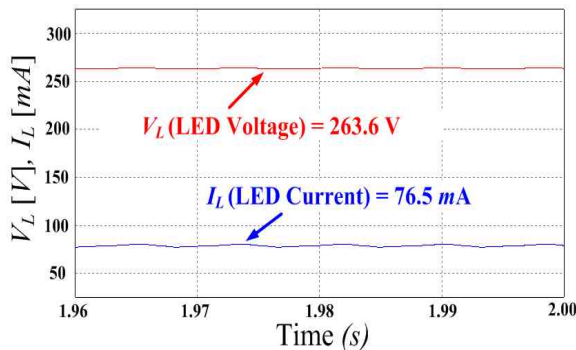


Fig. 8 PSIM Simulation scheme of the proposed LED driver



(a) The source voltage and source current



(b) The LED voltage and LED current

Fig. 9 Simulation results of the proposed LED driver

### 3. LED 구동회로 실험 및 시뮬레이션

앞에서 제시한 식을 이용하여 고조파필터 소자값을 선정할 수 있다. LED 전류는 75 [mA], LED 개수는 90개로 선정하였으며 식 (3)에서 제시된  $\alpha$ 는 0.85로 가정하였다.

식 (9)에서 제시된  $L_1$ 과  $C_1$ 의 공진주파수는 (10)에서 제시된 범위 중 4.4배로 선정하였고 LED 전력을 구하는 식 (5)에서 제시된  $R_e$ 는 식 (3)을 통해 계산이 가능하다. 그러므로 필터소자인  $L_1$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ 는 제시된 식 (5), (8), (9)를 통해 그 조합들을 도출할 수 있으며 그 중 하나를 실험 및 시뮬레이션을 위해 표 1과 같이 제안하는 LED 구동회로의 수동소자값으로 선정하였다.

LED의 동작에 따른 특성을 분석하기 위해 그림 8과 같이 PSIM(Power Simulation Tool)을 이용하여 시뮬레이션 회로도를 구성하였다. 이론적으로 설계한 파라미터를 시뮬레이션에 적용한 결과파형은 그림 9와 같다. 시뮬레이션 결과, 제안하는 LED 구동회로의 역률은 0.98, THD는 18.6 [%]이며 입력전류 파형을 통해 전원전류 고조파 성분 중 가장 영향이 큰 3고조파와 5고조파는 LC 병렬공진으로 인해 대부분 제거된 것을 확인하였다.

LED 구동을 위한 인덕터, 커패시터, 다이오드 등의 실험세트는 그림 10과 같다. 고조파 필터회로인  $L_1$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ 은 그림과 같이 상업적으로 사용가능한 크기로 제작이 가능하며, 추가적으로 입력측과 병렬로 회로보호용 바리스타를 연결하였다. 또한 브릿지 다이오드 및 전해 캐패시터는 LED 튜브안에 장착되어 있으며, LED와 전해 캐패시터의 수명주기가 비슷하므로 LED 교체시 전해 캐패시터도 함께 교체가 된다. 그러므로  $L_1$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ 가 포함된 고조파 필터회로는 반영구적으로 사용이 가능하다.

시뮬레이션 및 이론을 통해 도출된 파라미터를 이용하여 실험한 결과파형은 그림 11과 같다. 실험결과, 목표한 LED구동회로의 3가지 설계조건인 LED 전력, PF, THD는 각각 19.8 [W], 0.99, 16.4 [%]임을 확인하였다.

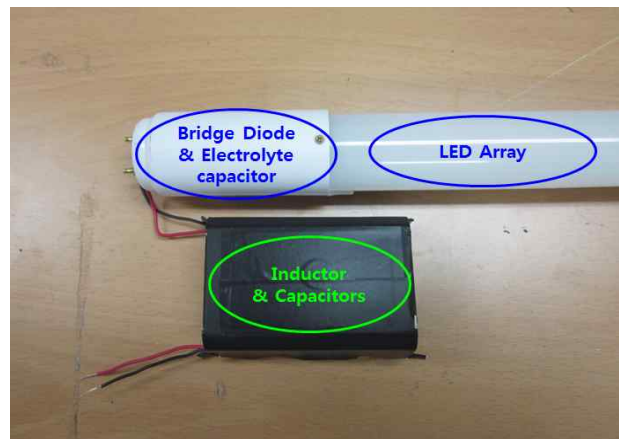


Fig. 10 Experimental kit of the proposed LED driver

LED 구동시 전원전류의 THD 규제를 만족하기 위해 각 해당 고조파는 일정 기준치 이하를 준수해야 한다. 이를 증명하기 위해 IEC61000-3-2 class C Standard의 규제조건을 기준으로 각 실험 및 시뮬레이션의 고조파 크기를 표 2에 비교하였다.

시뮬레이션 및 실험의 비교 결과, 실험의 THD값이 시뮬레이션의 THD값보다 더 우수하게 나왔으며, 이는 LED의 전압-전류 특성을 모델링하여 분석하는 방법의 차이에서 나온 결과이다. 실험에서 사용한 LED는 실제적으로 전압-전류 특성이 지수함수적 특성을 가지나, 시뮬레이션에서 동작한 LED의 경우 이상적인 다이오드와 전압원, 일정한 크기를 갖는 동적저항을 가진다. 그러므로 입력전압이 증가함에 따라 시뮬레이션에 사용된 LED는 순간적으로 빠르게 동작하는 반면, 실험에서 사용된 LED는 지수함수적으로 서서히 동작하므로 실험의 THD 특성이 시뮬레이션의 THD 특성보다 더 좋은 결과를 가진다.

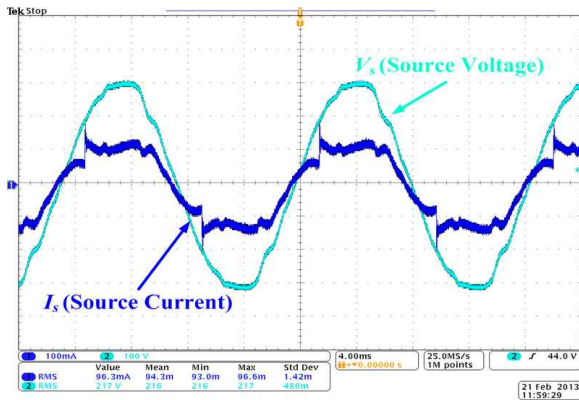
실험상 고조파의 크기 측정을 위해 WT1600 고조파 측정 장비를 이용하였으며 각 고조파별 크기는 THD 기준을 만족하는 것을 확인하였다. 실험 및 시뮬레이션을 통해 도출된 전원전력  $P_s$ , LED 전력  $P_L$ , 효율  $\eta$ , PF, THD 결과값을 표 3에 정리하였다.

Table 2 The comparison of harmonic distortion

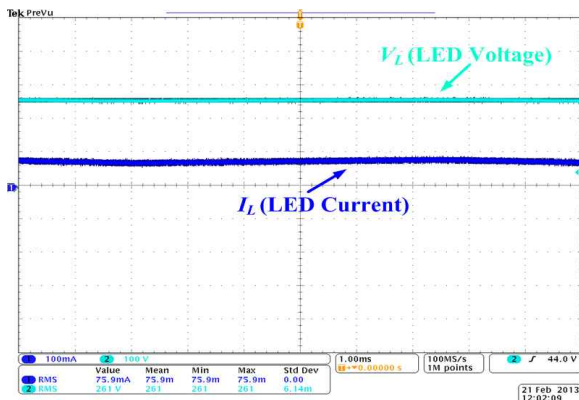
Harmonic	IEC61000-3-2 class C Standard	Experiment	Simulation
3	30.0	15.3	17.5
5	10.0	2.2	2.4
7	7.0	3.3	3.1
9	5.0	0.9	2.1
11	3.0	0.5	2.4
13	3.0	1.2	2.2
15	3.0	2.9	1.6
17	3.0	1.1	1.5
19	3.0	2.2	1.5
21	3.0	0.4	1.2
23	3.0	0.5	1.1
25	3.0	0.6	1.1
27	3.0	1.4	1.0

Table 3 Experiment & Simulation Results

Value	Experiment	Simulation
$P_s$	20.9 [W]	21.2 [W]
$P_L$	19.8 [W]	20.2 [W]
$\eta$	95 [%]	95 [%]
PF	0.99	0.98
THD	16.4 [%]	18.6 [%]



(a) The source voltage and source current



(b) The LED voltage and LED current

Fig. 11 Experimental results of the proposed LED driver

#### 4. 결 론

본 논문에서는 기존의 SMPS 타입의 LED 구동회로가 가지는 효율 및 수명문제를 해결하기 위해 단순 수동소자만을 사용한 LED 구동회로를 제안하였다. LED 구동시 발생하는 고조파 성분을 효과적으로 차단하기 위해 고조파 필터회로의 LC병렬공진을 이용하였고, 브리지 다이오드의 회로변환을 이용하여 제안하는 LED 구동회로를 원하는 LED 전력, LED 전류, LED 개수로 동작하는 설계방법을 제안하였다. 이를 통해 제안하는 LED 구동회로는 역률기준을 만족함과 동시에 THD 기준도 만족함을 실험 및 시뮬레이션을 통해 입증하였다. 제안하는 LED 구동회로가 기존의 SMPS타입 LED 구동회로를 대체하여 조명시장에 널리 사용될 경우 조명분야의 경제적인 이득뿐만 아니라 반영구적인 수명특성을 이용하여 사용자의 편의를 증가시킬 것이다.

본 연구는 지식경제부 K-MEG(Korea Micro Energy Grid)과제의 일환(2011T100100024)으로 수행되었습니다.



## References

- [1] J. R. Won, S. W. Hwang, J. H. Kim, and B. H. Lee, "Distribution analysis of high efficient lighting equipments using diffusion model," *2006 fall KIEE Conference*, pp. 213-215, 2006.
- [2] W. J. B. Heffernan and L. P. Frater, "LED replacement for fluorescent tube lighting," *Power Engineering Conference*, pp. 1-6, 2007.
- [3] Tsunemasa Taguchi, "Present status of energy saving technologies and future prospect in white LED lighting," *Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 3, pp. 21-26, Jan. 2008.
- [4] Yang Lu, Dariusz Czarkowski, and Wieslaw E. Bury, "High efficiency adaptive boost converter for LED drivers," *Compatibility and Power Electronics (CPE), 2011 7th International Conference-Workshop*, pp. 315-318.
- [5] Qingcong Hu and Regan Zane, "New design of integrated power and integrated driver with LED module (IP-IDLM) driving system for LED backlight in LCD," *Power Electronics, IEEE Transactions on*, Vol. 25, pp. 574-582, Mar. 2010.
- [6] J. H. Park and H. D. Yoon, "LED driver with self-optimized channel voltage: A switch-mode voltage regulator optimizes an active current regulator for a LED driver," *SoC Design Conference (ISOCC), 2009 International*, pp. 516-519, 2009.
- [7] Kening Zhou, Jian Guo Zhang, Subbaraya Yuvarajan, and Da Feng Weng, "Quasi-Active power factor correction circuit for HB LED driver," *Power Electronics, IEEE Transactions on*, pp. 1410-1415, May 2008.
- [8] B. C. Kim, E. S. Jeon, and C. Kim, "LED Lighting System Switched-Mode Power Supply," *Engineering and Technology (S-CET), 2012 Spring Congress on*, pp. 1-3.
- [9] J. M. Kang, S. H. Cho, S. S. Hong, S. K. Han, and S. C. Sakong, "High efficiency switch-mode LED driver for visible light communication system," *Journal of KIPe conference*, pp. 358-365, Aug. 2011.
- [10] Sungeun Lee, "LED Driving Circuit", Korea Patent No. 1020060100804, Aug. 2009.
- [11] Georg Sauerlaender, U.S Patent No. 8,217,587 B2, July 2012.
- [12] Pedro De Smit, U.S Patent No. 2011/0115403 A1, May 2011.
- [13] J. Cardesin and J. Ribas, "LED permanent emergency lighting system based on a single magnetic component," *IEEE Trans. Power Electron.*, Vol. 24, No. 5, pp. 1409 - 1416, May 2009.
- [14] B. H. Lee, H. J. Kim, B. C. Kim, and C. T. Rim, "The development of low-cost AC power LED driver using capacitor," *2010 summer KIPe conference*, pp. 426 - 427, 2010.
- [15] C. B. Park, S. W. Lee, G. H. Cho, and C. T. Rim, "Static and dynamic analyses of three-phase rectifier with LC input filter by laplace phasor transformation," *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, pp. 1570 - 1577.
- [16] E. S. Lee, B. H. Choi, B. C. Kim, and C. T. Rim, "The design of long-life and high-efficiency passive LED drivers using LC parallel resonance," *2012 fall KIPe conference*, pp. 426 - 427, 2012.

**이은수(李恩受)**

1986년 12월 20일생. 2012년 인하대 전기공학과 졸업. 2012년~현재 KAIST 원자력 및 양자공학과 석사과정.

**최보환(崔輔煥)**

1988년 2월 26일생. 2011년 성균관대 전기공학과 졸업. 2011년~현재 KAIST 원자력 및 양자공학과 석박통합과정.

**천준필(千俊弼)**

1987년 10월 14일생. 2013년 광운대 전기공학과 졸업. 2013년~현재 KAIST 원자력 및 양자공학과 석사과정.

**김봉철(金峯徹)**

1962년 7월 26일생. 1985년 아주대 전자공학과 졸업. 1987년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1987년~1990년 삼성전자. 1991년~1997년 (주)한국LPE/연구소장. 1998년~2003년 (주)옵토웨이퍼테크/대표이사. 2005년~2009년 (주)씨티에스/대표이사. 2009년~현재 (주)옵토마인드/대표이사.

**임춘택(林春澤)**

1963년 2월 11일생. 1984년 기술고등고시 합격. 1985년 KIT(국립) 전자공학과 졸업. 1987년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학). 1989년~1995년 ROTC 장교 국방부/육군 근무. 1995년~2003년 국방과학연구소 선임연구원. 2003년~2007년 청와대 안보실 행정관(국방정책). 2007년~2009년 KAIST 항공우주공학과 전문교수. 2009년~현재 KAIST 원자력 및 양자공학과 부교수. 당 학회 무선전력전문위원장.