

# 원칩 마이컴을 이용한 형광등용 역률보상기 및 전자식 안정기의 동시제어

論 文

53P-4-2

## Simultaneous Control of Power Factor Corrector and Electronic Ballast for Fluorescent Lamp Using One Chip Micom

朴孝植<sup>†</sup> · 韓宇勇<sup>\*</sup> · 李公熙<sup>\*\*</sup>

(Hyo-Sik Park · Woo-Yong Han · Gong-Hee Lee)

**Abstract** - In this paper, it has been proposed the simultaneous control of PFC (power factor corrector) and electronic ballast for fluorescent lamp by one chip micro-controller. Boost DC-DC converter is adopted for PFC, and half bridge inverter for electronic ballast. It controls, simultaneously and independently, the boost DC-DC converter and the half bridge inverter. As PFC and electronic ballast are controlled by one chip micro-controller, it is possible to achieve the simpler and the cheaper controller for fluorescent lamp. Experimental results have shown the feasibility of the proposed simultaneous control of PFC and electronic ballast by one chip micro-controller.

**Key Words** : simultaneous control, PFC, electronic ballast, fluorescent lamp, micro-controller

### 1. 서 론

우리 나라의 조명용 전력소비량은 총 전력소비량의 약 18%에 해당하는데, 이는 약 20%를 차지하는 선진국과 비교해 볼때 크게 차이가 나지 않는 수치로서, 우리 나라에서도 전체 전력소비량 중에서 조명용 전력이 차지하는 비율이 매우 높은 선진국형 소비형태를 보여주고 있음을 알 수 있으며, 또한 조명산업에 대한 중요성이 매우 높음을 알 수 있다. 전기에너지의 절약 중 특히 조명에너지의 절약에 대한 관심과 노력이 집중되는 이유도 여기에 기인한다고 볼 수 있을 것이다.

현재 전 세계적으로 고효율 광원의 개발, 고효율 전자식 안정기 개발, 고반사 등기구 개발 및 조명기기를 총괄 제어할 수 있는 조명제어시스템의 개발에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으며, 국내에서도 조명기기의 고효율화에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 최근에는 입력전류의 왜곡현상을 감소시키기 위한 역률보상기 개발에 대한 활발한 연구가 이어지고 있으며, 산업전반에서 나타나고 있는 디지털화의 추세에 따라 형광등용 안정기의 디지털 제어에 대한 연구활동도 많은 관심 속에 활발히 추진되고 있는 상황이다 [1],[2].

본 논문에서는 조명산업의 고효율화, 역률개선, 디지털 제어의 큰 흐름에 부응하기 위한 기술로서, 형광등용 역률보상기 및 안정기의 동시제어 기술을 제안한다. 기존의 형광등용 전자식 안정기의 경우 역률보상기 및 안정기의 제어기가

각각 별도로 존재하는 것에 비해, 본 연구에서 제안한 새로운 방식은 원칩 마이컴을 적용한 하나의 제어기를 이용하여 역률보상기와 안정기를 동시에, 각각 독립적으로 제어하는 방식으로서, 제어기의 회로구조가 간단하여 시스템의 소형, 경량화가 가능하고, 저렴한 비용으로 안정적인 제어가 가능한 장점을 가지고 있다.

### 2. 형광등용 역률보상기

대부분의 전자식 안정기는 상용의 교류전원으로부터 전력을 공급받아야 하므로 안정기의 인버터부에 직류를 공급하기 위하여 필수적으로 교류를 직류로 변환시켜 주는 정류부를 포함하고 있다. 이러한 정류회로로서 다이오드 정류기를 사용할 경우 회로 구성이 간단하고 경제적이지만 직류단 전압필터로 사용되는 직류 링크 커패시터로 인하여 입력전원 전류가 찌지성으로 되어 입력 역률이 낮아짐으로써 많은 무효전력 발생의 원인이 되고 있다. 이같은 고조파 발생은 전압 및 전류의 왜곡현상을 일으켜 전력계통 설비 및 전력계통에 접속되는 기기의 동작에 악영향을 주는 등의 심각한 문제를 야기할 수 있다. 이러한 영향은 전기설비 또는 전기기기의 종류에 따라 형태가 다르게 나타나지만 전력용 커패시터 및 변압기의 발열, 소음의 발생, 제어기기의 오동작, 접속기기의 동작 불량 또는 수명단축의 요인이 되기도 한다. 또한 많은 무효전력 발생으로 인하여 전원용량을 크게 설정하도록 설계하여야 하므로 매우 비효율적인 전원사용의 문제를 안고 있다. 따라서 이러한 고조파 노이즈에 의한 악영향을 제거하기 위하여 안정기에 수동필터부를 구성하여 입력전원 전류를 필터링하기도 하며, 최근에는 밸리필 (Valley Fill) 방식 또는 충전 펌프 (Charge Pump) 방식의 수동 역률개선회로를 적용한 전자식 안정기가 많이 소개되고 있으나 이들 수동 역률개선회로만으로 완벽한 고조파 대책을 수

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 全州工業大學 디지털電氣情報科 專任講師 · 工博

<sup>\*</sup> 正會員 : 全州工業大學 디지털電氣情報科 副教授 · 工博

<sup>\*\*</sup> 正會員 : 全州工業大學 디지털電氣情報科 教授 · 工博

接受日字 : 2004年 7月 20日

最終完了 : 2004年 10月 1日

림하려면 수동 필터회로가 상당히 복잡해지고 또한 회로의 특성상 '1'에 가까운 고역률 입력의 유지는 불가능하다 [3],[4].

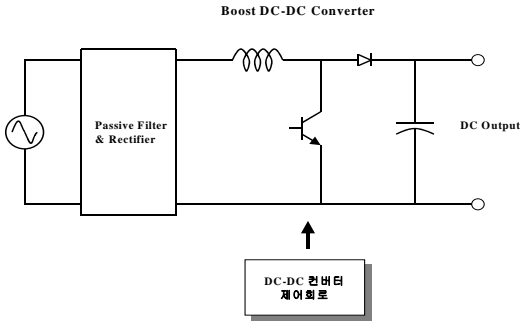


그림 1 승압형 DC-DC 컨버터의 구성도  
Fig. 1 Block diagram of boost DC-DC converter

따라서, 본 논문에서는 현재 활발히 진행되고 있는 역률 개선회로들 중에서 그림 1에 나타난 것과 같이 컨버터부에 승압형의 능동 역률개선회로를 적용하여 입력 역률을 거의 '1'로 유지하도록 한다. 승압형 DC-DC 컨버터는 안정적인 직류전압 공급을 위하여 개발된 스위칭 모드 전원공급장치로서, 입력전압에 비하여 출력전압을 높은 값으로 유지하도록 하는 특성을 가지고 있다.

한편, 전자식 안정기에 능동 역률개선회로를 적용하는 경우 컨버터부와 인버터부가 모두 고주파 스위칭 동작을 하므로 방사 노이즈뿐만 아니라 특히 전도 노이즈 저감에 주의를 기울여야 한다. 따라서 본 연구에서는 전자식 안정기 동작에 따른 전도 노이즈 저감 및 능동 역률개선회로의 스위칭 주파수 성분의 전류 필터링을 위하여 그림 2와 같이 전원 입력단에 수동 필터회로를 적용한다.

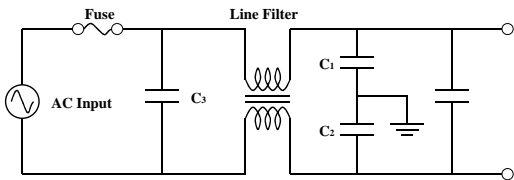


그림 2 전원입력회로의 수동필터  
Fig. 2 Passive filter of power input circuit

### 3. 형광등용 전자식 안정기

전자식 안정기는 자기식 안정기에 비하여 고효율, 긴 수명, 안정적인 동작, 높은 조도 등의 많은 장점을 가지고 있기 때문에 형광등 조명 시스템에서 적용이 점차 증가하고 있는 추세이다. 전자식 안정기의 종류는 여러 가지가 있지만, 본 논문에서는 가장 간단하며, 직류 링크 분압용 커패시터를 사용하지 않고 직류 블로킹 커패시터라 불리는 커패시터를 이용한 하프 브리지 인버터 (Half Bridge Inverter)를 적용하고 있다. 하프 브리지 인버터는 그림 3에서 알 수 있

듯이,  $L_s$  와  $C_s$  로 이루어진 직렬공진 에너지 탱크가 형광등과 직렬로 연결되어 있는 구조를 가지고 있으며, 인버터 구동 주파수의 값을 변화시켜 램프 전력을 제어하는 방식이다[5],[6].

형광등은 시동시 필라멘트에 충분한 예열전류를 공급하여야 하며, 예열 동작시 거의 무한대의 임피던스를 나타내며, 정상 점등시에는 등가적으로 저항과 커패시터로 이루어진 등가회로로 생각할 수 있다. 이러한 램프의 예열시 및 정상 점등시의 등가회로는 그림 4에 나타나 있다.

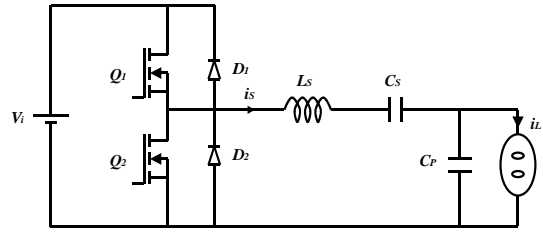
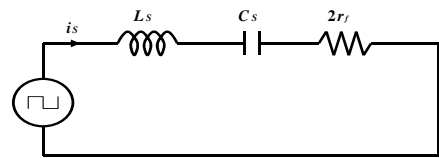
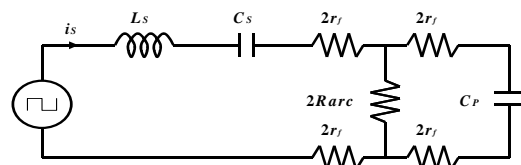


그림 3 하프 브리지 인버터의 구성도  
Fig. 3 Block diagram of half bridge inverter



(a) preheating



(b) steady state

그림 4 등가회로  
Fig. 4 Equivalent circuit

식 (1)은 예열시 직렬공진 에너지 탱크의 공진주파수를 나타내는 식이며, 식 (2)는 필라멘트 저항을 무시한 부하 공진회로의 공진 주파수를 나타내는 식이다.

$$f_{r,pre} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}} \quad (1)$$

$$f_{r,std} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_P}} \sqrt{1 - \frac{1}{Q_L^2}} \quad (2)$$

여기서,  $Q_L$  은 부하공진회로의 첨두값을 나타낸 것으로서, 식 (3)과 같이 표현된다.

$$Q_L = \omega_i L_s + \omega_i^3 C_P^2 R_{arc}^2 L_s \quad (3)$$

### 4. 형광등용 역률보상기 및 안정기의 동시제어

기존의 형광등용 전자식 안정기는 그림 5에 나타난 바와 같이, 상용전원을 입력받아 역률보상기를 통하여 입력전원의 역률을 높인 후, 안정기로 전원을 공급함으로써 형광등을 점등하는 구조로 되어 있다. 이때, 역률보상기 및 안정기는 별도의 회로로 구성된 각각의 제어기에 의하여 제어가 이루어지기 때문에 제어기 및 주변회로가 각각 존재하여 회로가 복잡하고, 부품의 수량이 증가하는 문제가 발생한다.

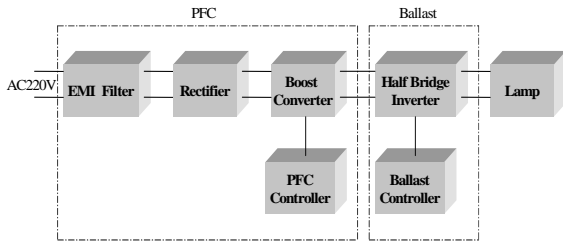


그림 5 기존 전자식 안정기의 구성도  
Fig. 5 Block diagram of a traditional electronic ballast

그림 6은 본 논문에서 제안한 역률보상기 및 안정기의 동시제어를 위한 구성도를 나타내는 그림으로서, 하나의 원칩 마이크로컨트롤러를 이용하여 역률보상기 및 안정기를 독립적으로 동시에 제어하는 시스템이다. 이러한 동시제어방식은 제어기의 회로구조가 간단하여 시스템의 소형, 경량화가 가능하고, 저렴한 비용으로 안정적인 제어가 가능하다는 장점을 가지고 있다.

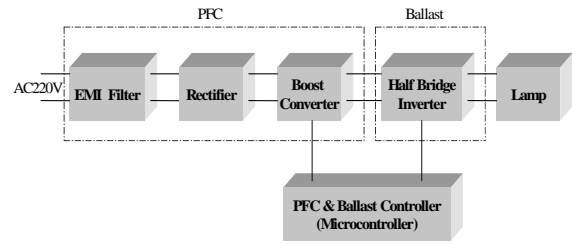


그림 6 제안된 전자식 안정기의 구성도  
Fig. 6 Block diagram of the proposed electronic ballast

또한 본 연구에서 제안한 동시제어기는 원칩 마이크로컨트롤러를 이용한 디지털제어방식을 채택하고 있기 때문에 내부 파라미터의 모니터링이 가능하고 간단한 프로그램 수정에 의하여 동작조건을 변경시킬 수 있으며, 마이크로컨트롤러의 통신기능을 이용하여 주변의 다른 안정기 제어기와 유기적인 제어가 가능한 특징을 가지고 있다.

본 논문에서 적용한 마이크로컨트롤러는 PIC16C73로서, 하버드 구조로 되어 있어 높은 실행속도를 나타낼 수 있으며, A/D 변환기와 PWM 발생기를 내장하고 있어 회로의 구조를 단순화시킬 수 있는 장점을 가진 마이크로컨트롤러이다. 그림 7은 본 논문에서 제안한 역률보상기 및 안정기의 동시제어에 대한 전체회로도이며, 그림 8은 본 논문에서 제안한 역률보상기 및 전자식 안정기의 동시제어를 구현하기 위한 프로그램의 블록도를 나타내며, 프로그램은 C언어를 이용하여 작성하였다.

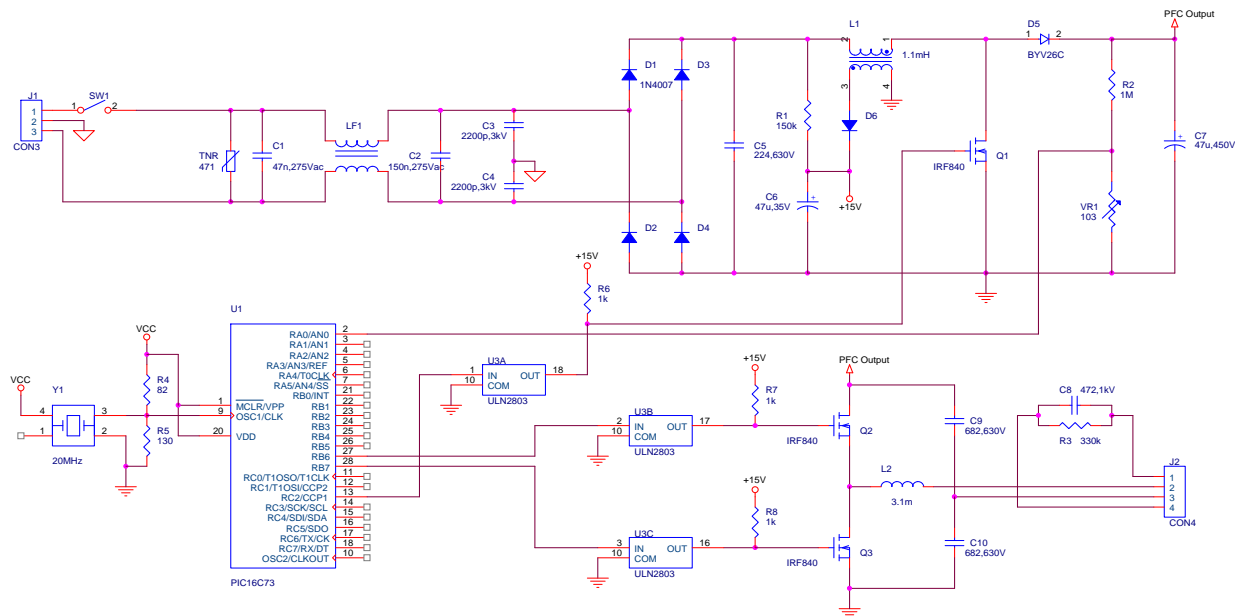


그림 7 PFC와 전자식 안정기의 동시제어 회로도  
Fig. 7 Simultaneous control schematic of PFC and electronic ballast

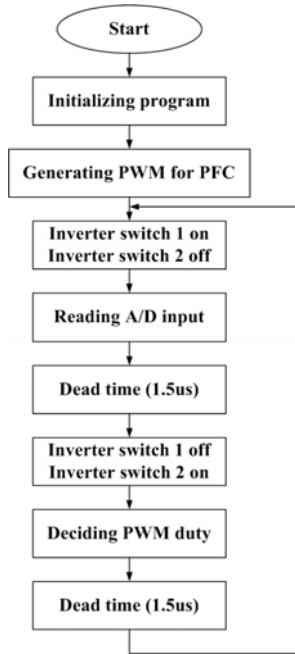


그림 8 프로그램 구성도  
Fig. 8 Block diagram of program

5. 실험결과

본 논문에서는 입력전원의 역률을 높이기 위하여 승압형 DC-DC 컨버터를 역률보상기로 적용하였으며, 스위칭 주파수  $f_{S1}$  은 33kHz 로 설정하였다.

표 1 PFC와 전자식 안정기의 사양  
Table 1 Specification of PFC and electronic ballast

	기 호	설계값	단 위
PFC	$L_1$	1.1	mH
	$C_7$	47	$\mu F$
	$f_{S1}$	33	kHz
	$Q_1$	IRF840	
Ballast	$L_2$	3.1	mH
	$C_8$	4.7	nF
	$C_9$	6.8	nF
	$C_{10}$	6.8	nF
	$R_3$	330	k $\Omega$
	$f_{S2}, f_{S3}$	57	kHz
	$Q_2, Q_3$	IRF840	
Lamp		FL20SD/18	

또한, 전자식 안정기는 하프 브리지 인버터를 적용하였으며 스위칭 주파수  $f_{S2}, f_{S3}$  는 57kHz 로 각각 설정하여 실험을 수행하였다.

특히 하프 브리지 인버터의 주스위치  $Q_2$  및  $Q_3$  가 동시에 on 되는 경우에는 전원이 단락되는 결과를 초래하므로 주스위치  $Q_2$  및  $Q_3$  가 동시에 on 되는 순간이 존재하지 않도록 설계하여야 하며, 본 논문에서는 두 스위치의 on 시간 사이에 1.5 $\mu$ sec 의 데드타임을 설정하였다. 표 1은 실험에서 사용된 각 소자의 상세한 설계값 및 동작 조건을 나타낸다.

그림 9, 10 은 역률보상기 및 전자식 안정기 동시제어의 실험파형을 나타내는 것으로서, 그림 9는 형광등이 점등된 후의 전자식 안정기 출력전압 및 출력전류를 나타내는 파형이다. 파형에서 알 수 있듯이 형광등에 인가되는 전자식 안정기의 출력전압은 최고값  $\pm 100V$ 를 갖는 교류전압의 형태를 나타냄을 알 수 있다. 그림 10은 전자식 안정기의 출력전류를 나타낸 파형으로서, 예열 및 점등시 형광등에 인가되는 전류의 크기 및 형태를 알 수 있는 파형이다. 그림에서 형광등의 예열시간은 약 2.2초 정도이며 예열시간 동안 전류의 크기가 증가하다가 점등된 후에는 감소되어 일정한 값을 유지함을 알 수 있다.

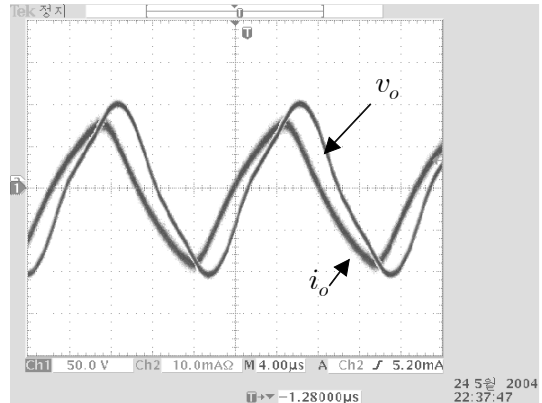


그림 9 점등시 전자식 안정기의 출력전압 및 출력전류 파형  
Fig. 9 Output voltage and current waveform of electronic ballast at the lighting state

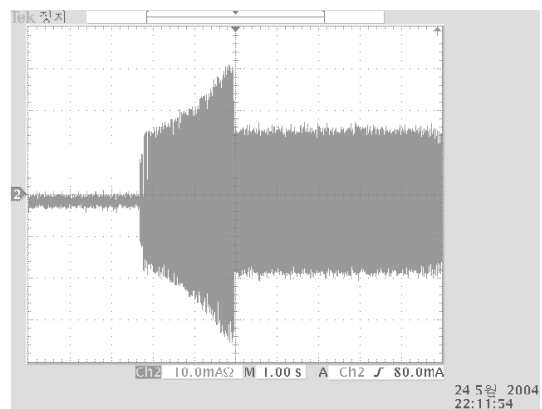


그림 10 전자식 안정기의 출력전류 파형  
Fig. 10 Output current waveform of electronic ballast

## 6. 결 론

본 논문에서는 하나의 마이컴을 이용하여 형광등용 역률 보상기 및 전자식 안정기의 동시제어 구조를 제안하였으며, 이에 대한 실험을 통하여 제안된 동시제어 방식의 타당성을 입증하였다. 제안된 동시제어 방식은 역률보상기용 제어기 및 전자식 안정기용 제어기가 각각 필요하던 기존의 방식에 비하여 하나의 마이컴을 이용하여 역률보상기 및 전자식 안정기를 동시에 제어하는 구조이기 때문에, 회로를 간단히 할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 형광등용 역률보상기는 승압형 DC-DC 컨버터를 적용하였고, 전자식 안정기는 하프 브리지 인버터 방식을 적용하였다.

### 감사의 글

본 연구는 2003년도 전주공업대학 학술연구 조성비 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 송상빈, 광재영, 여인선, "형광램프용 Dimming형 전자식 안정기 및 원격제어시스템의 회로설계", 조명전기설비학회논문지, 제13권, 제2호, pp.17-23, 1995.
- [2] Walter Kaiser, "Hybrid Electronic Ballast Operating the HPS Lamp at Constant Power", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 34, No. 2, pp.319-324, 1998.
- [3] P. N. Wood, "Fluorescent ballast design using passive PFC and crest factor control", Thirty- Third IAS Annual Meeting, Vol. 3, pp.2076- 2081, 1998.
- [4] C. S. Moo, T. F. Lin, H. L. Cheng, M. J. Soong, "Electronic Ballast for Programmed Rapid-Start Fluorescent Lamps", IEEE PEDS, pp.538-542, 2001.
- [5] H. L. Cheng, C. S. Moo, T. F. Lin, S. H. Huang, H. C. Yen, "Single-Switch High-Power-Factor Electronic Ballast for Compact Fluorescent Lamps", IEEE PEDS, pp.764-769, 2001.
- [6] 오덕진, 김희준, 조규민, "고주파 전자식 안정기의 새로운 제어방법", 전력전자학술대회 논문집, 제1권, pp.746-749, 2002.

## 저 자 소 개



### 박 호 식 (朴 孝 植)

1965년 8월 21일생. 1989년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1991~2002년 (주)현대 엘리베이터 기술연구소 선임연구원. 현재 전주공업대학 디지털전기정보과 전임강사

Tel : 063-220-3836

Fax : 063-220-3839

E-mail : hspark@jtc.ac.kr



### 한 우 응 (韓 宇 勇)

1964년 5월 23일생. 1986년 전북대 공대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 대한전기학회 전문대학교육위원회 전북지부장. 현재 전주공업대학 디지털전기정보과 부교수

Tel : 063-220-3834

Fax : 063-220-3839

E-mail : wyhan@jtc.ac.kr



### 이 공 희 (李 公 熙)

1950년 7월 16일생. 1973년 전북대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동국대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 전북대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 벨기에 브뤼셀 대학 객원교수. 현재 대한전기학회 전문대학교육위원회 부회장. 현재 한국조명전기설비학회 전북지부장. 현재 전주공업대학 디지털전기정보과 교수

Tel : 063-220-3831

Fax : 063-220-3839

E-mail : ghlee@jtc.ac.kr