

이등용 안정기의 전기적 특성 및 성능 분석

Analysis of Electrical Characteristics and Performance of Ballast for Dual Lamps

박 용 산* · 지 평 식†
(Yong-San Park · Pyeong-Shik Ji)

Abstract - An electronic ballast and magnetic ballast are two major types of ballasts used in HID(High Intensity Discharge) lamp. Compared with magnetic ballasts which can last for over 30 years and are recyclable at the end of their long lifetime, electronic ballasts have very short lifetimes due to the use of the electronic devices. In this paper, we developed a magnetic ballast for dual lamps and analyzed electrical characteristics and efficiency. As the experimental results, we confirm that the magnetic ballast for dual lamps makes it possible to effectively reduce current, active and reactive powers than conventional ballast.

Key Words : Magnetic ballast, HID lamp, Energy saving

1. 서 론

국민 소득 및 생활수준의 향상으로 국내 에너지 소비량은 매년 급증하고 있으며 조명에 사용되는 전력량도 총 발전량의 18[%] 이상 점유율을 나타내고 있고 그 사용량 또한 지속적으로 증가하고 있다. 조명 기기 중에서 휘도가 높고 뛰어난 연색성을 나타내는 HID(High Intensity Discharge) 램프는 가로등 및 산업용 조명 등을 중심으로 국내 조명시장의 약 16%를 차지할 만큼 광범위하게 사용되고 있다. HID 램프는 필라멘트가 없이 전자가 형광물질과 부딪치면서 빛을 내는 방식으로 전극의 손상이 거의 없이 전극 사이의 불꽃 방전을 이용한다. HID 램프는 열이 많이 발생하는데도 불구하고 광 효율이 우수한 것은 아크 튜브 안이 고압으로 유지되기 때문이다. HID 램프는 점등하기 위하여 매우 높은 시동전압이 필요하다. 널리 사용되는 메탈 할라이드 램프 175~400[W]의 경우는 500[V], 175[W] 이하는 1500[V] 정도가 필요하다. 현재 가로등, 산업용 조명 및 보안등으로 많이 사용되고 있는 HID 램프용 안정기 내부에는 점등용 이그나이터 회로를 구성하고 있으며, 전원 공급시 램프의 점등을 위하여 고압 펄스 전압을 발생하게 된다. 또 다른 특징으로, HID 램프는 부저항 특성을 가지게 되며 일정 전류 이상으로 전원이 인가되면 램프는 파손된다. 따라서 전류를 제한하는 한류 장치인 안정기가 필요하다. HID 램프용 안정기는 램프의 원활한 시동을 돕고 전력용 콘덴서로 역률을 개선하여 램프에 전원을 일정하게 공급하는 역할을 한다.

최근 에너지 절감 측면과 환경문제가 크게 대두됨에 따라 고효율을 갖는 방전 램프 및 안정기 개발을 지속적으로 수행하고 있다[1-3]. 주요 연구동향을 살펴보면, 에너지 절감

을 위한 디밍 시스템 개발, 고효율 자기식 안정기의 코어 개발, 자기식에 비하여 효율이 높은 전자식 안정기 개발 등을 들 수 있다[4-6]. 전자식 안정기는 소형경량화가 가능하고, 고주파 점등할 경우 발광효율이 10~20[%] 향상시킬 수 있으나, 램프 구동전압을 수십 kHz로 변환하는 고주파인버터가 필요하며, 이에 따라 생산원가가 상승하는 문제와 수명이 자기식에 비하여 떨어진다는 단점으로 인하여 널리 사용되는 데는 한계가 있다[7]. 따라서 구조가 간단하고 저가격 및 신뢰성이 높은 자기식 안정기의 사용은 지속적인 것으로 예상된다. 자기식 안정기의 단점인 무게, 낮은 효율, 소음발생 및 철손과 동손에 의한 손실을 최소화 할 수 있는 안정기의 개발이 필요하다[8].

최근에 하나의 등주에 두 개 이상의 HID 램프를 설치하는 다등 방식의 가로등이 널리 사용되고 있는 추세이다.

그러나 한 개의 등주에 두 개의 가로등을 설치한다는 점을 제외하면 기존의 설치방법과 동일하다. 즉, 기존 가로등 램프의 안정기는 한 개의 방전등만을 점등하기 위한 구조로 되어 있어 다수개의 방전등을 점등하기 위해서는 점등하기 위한 방전램프의 개수만큼 안정기가 필요하다.

본 연구에서는 한 개의 안정기를 사용하여 다수개의 방전등을 구동시킬 수 있는 이등용 안정기의 전기적 특성을 분석하고자 한다. 본 연구에서 고려하는 전기적 특성은 전압변동에 따른 입력전류, 유효전력, 무효전력, 역률 등이며 기존의 일등용 안정기와의 비교를 통하여 이등용 안정기의 효율성을 검증한다.

2. 이등용 안정기의 동작 메커니즘 분석

2.1 일등용 자기식 안정기의 동작 메커니즘

일반적으로 안정기는 회로방식에 의한 차이는 있으나 자기 회로식 안정기는 크게 권선, 이그나이터 회로, 규소강판, 캐패시터, 인출선, 외함, 충전재 등의 부품으로 구성되어 있다. 권선은 램프를 안정시키는 역할을 하며 이그나이터는 램프를 기동시키는 역할을 하고, 캐패시터는 역률을 개선하며,

* 정 회원 : 한국교통대학교 대학원 전기공학과 박사수료
† 교신저자, 시니어회원 : 한국교통대 전기공학과 교수 · 공학
E-mail : psji@ut.ac.kr
접수일자 : 2013년 4월 29일
최종완료 : 2013년 5월 20일

열경화성 합성수지로 충전된 충전물은 절연 및 내전압 및 내구성을 유지하는 역할을 하고 있다. 그림 1에서는 기존의 일등용 자기식 안정기의 회로도를 나타내었다. 안정기에 의한 램프 점등은 우선, 안정기 입력측에 전원이 투입되는 순간 램프는 무부하 상태임으로 SCR의 게이트 전압이 형성되어 트리거 전류가 흐르고 SCR은 도통된다. 다음으로, SCR이 도통되는 순간 코일 T_1 의 자체 유도작용에 의해 유도전압이 발생하고, 이 전압이 동시에 T_2 에 상호 유도되어 4[kV] 정도의 과전압이 발생되므로 램프가 고전압에 의한 절연 파괴로 시동된다. 마지막으로, 램프가 점등되면 램프의 관전압이 90[V] 정도로 낮아지므로 R_1 에 의한 SCR의 게이트 트리거 전압이 형성되지 않아 이그나이터 동작은 멈추고 T 는 램프의 전류를 제한하여 안정적인 점등상태가 유지되도록 한다.

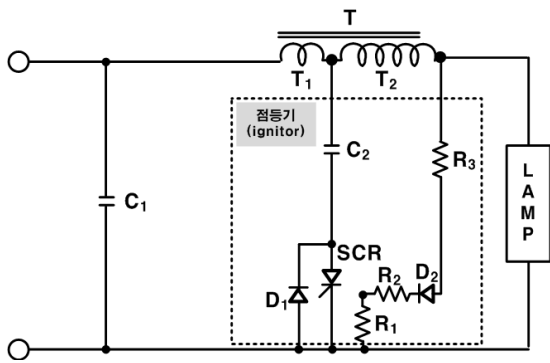


그림 1 자기식 안정기의 기본 회로

Fig. 1 Basic circuit of magnetic ballast

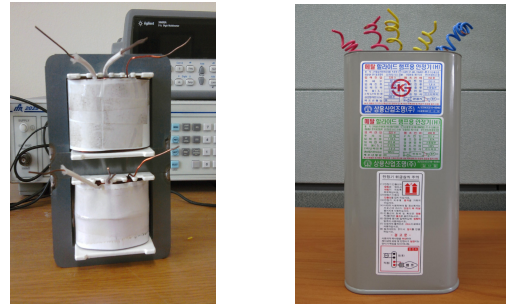
2.2 이등용 자기식 안정기의 동작 메커니즘

그림 2에서는 다등 제어 기능을 갖는 이등용 안정기의 코어 및 회로도를 나타냈다. 그림 2에서 보는 바와 같이 교류 전원이 인가되는 제 1 전원입력부에 제 1 HID 램프 사이에 콘덴서 C_1 및 제 1 점등기가 제 1 HID 램프와 상호 병렬로 연결된다. 또한 교류전원이 인가되는 제 2 전원입력부에 제 2 HID 램프가 연결되고, 제 2 전원입력부와 제 2 HID 램프 사이에 콘덴서 C_2 및 제 2 점등기가 제 2 HID 램프와 상호 병렬로 연결된다. 제 1 HID 램프와 제 2 HID 램프에 각각 흐르는 전류를 일정하게 공급하기 위하여 다등용 안정기는 제 1 전원입력부 및 콘덴서 C_1 와의 공통노드 a와 제 1 점등기 및 제 1 방전등과의 공통노드 b사이, 그리고 제 2 전원 입력부 및 콘덴서 C_2 와의 공통 노드 a'와 제 2 점등기 및 제 2 방전등과의 공통노드 b' 사이에 연결된다. 제 1 및 제 2 점등기는 각각 제 1 HID 램프 및 제 2 HID 램프의 점등을 개시하는 역할을 수행하고, 제 1 HID 램프와 제 2 HID 램프의 점등 시작시에 고압 펄스 전압을 각각 공급한다.

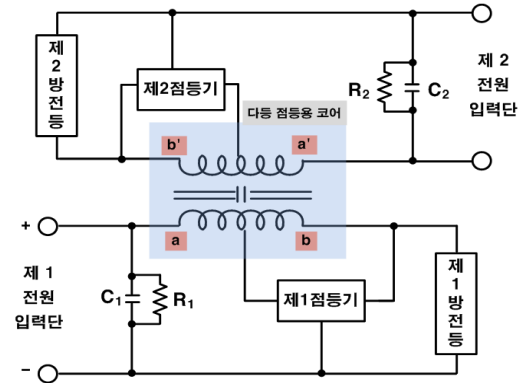
3. 실험 및 결과

3.1 실험장치 구성

그림 3에서는 이등용 안정기의 신뢰성을 평가하기 위한 실험 장치를 나타냈다. 그림 3에서 보는 바와 같이 개발 제품인 이등용 안정기와 기존 제품인 일등용 안정기를 동시에



(a) 이등용 안정기용 코어 (b) 이등용 안정기 외관



(c) 이등용 안정기 회로도

그림 2 이등용 안정기의 코어 및 회로도

Fig. 2 Core and circuit of ballast for dual lamps

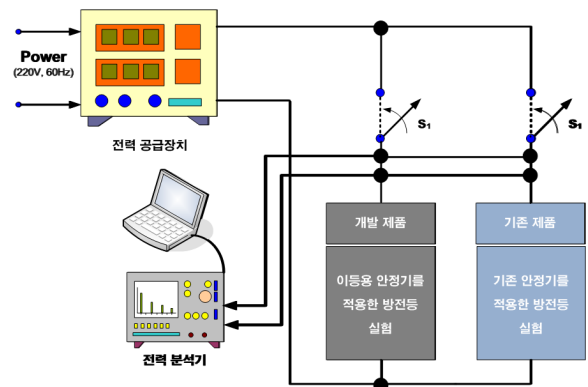


그림 3 실험 장치의 구성

Fig. 3 Configuration for experiments

측정한다.

본 논문에서는 200[W]와 150[W]의 두 개의 메탈 헬라이드 HID 램프를 이용하였다. 즉, 본 논문에서 개발한 이등용 안정기는 한 개만을 사용하여 두 개의 방전등을 점등하며, 기존 제품은 200[W]와 150[W] 안정기에 각각 200[W]와 150[W] HID 램프를 연결하여 데이터를 측정하였다. 그림 4에서는 데이터 측정과정을 나타냈다. 취득 과정은 시그널 컨디셔닝은 DEWTRON DWM 모듈을 이용하였으며, A/D변환은 DT9843 A/D 변환모듈을 이용하였다. 데이터 취득은 DEWE Soft 6.3 프로그램을 이용하였다.

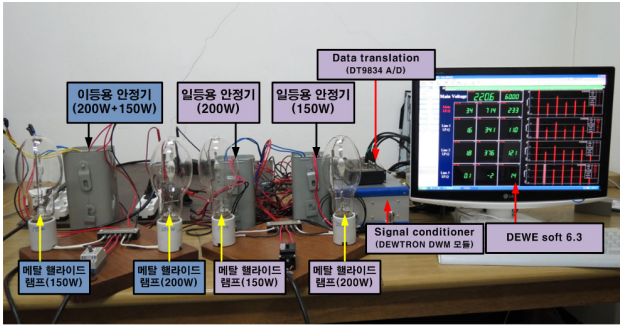


그림 4 데이터 취득 시스템 구성
Fig. 4 Structure of data acquisition system

표 1 전압변동에 따른 전기적 특성 분석 결과

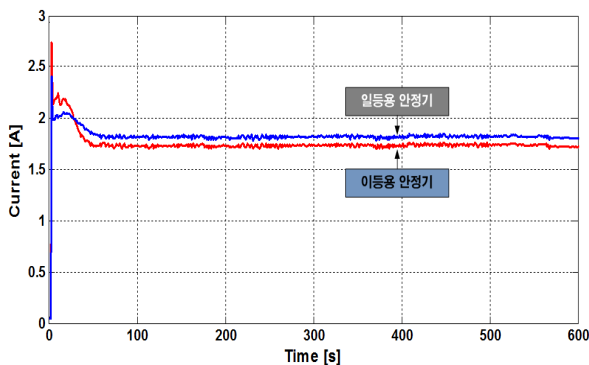
Table 1 An analysis results of electrical characteristics according to voltage variation

전압[V]	이등용 안정기(200W + 150W)				일등용 안정기(200W + 150W)			
	전류[A]	유효전력 [W]	무효전력 [Var]	역률	전류[A]	유효전력 [W]	무효전력 [Var]	역률
195	1.44	254.32	121.19	0.9	1.62	292.56	117.77	0.93
200	1.49	276.5	114.43	0.92	1.65	309.44	117.19	0.94
205	1.52	289.72	110.66	0.93	1.67	320.24	115.59	0.94
210	1.56	312.1	108.58	0.94	1.71	343.06	114.71	0.95
215	1.58	321.17	104.69	0.95	1.72	350.63	111.17	0.95
220	1.63	343.13	105.81	0.96	1.77	374.76	110.4	0.96
225	1.66	355.31	115.13	0.95	1.79	384.52	119.41	0.95
230	1.71	371.5	124.97	0.95	1.84	402.88	129.34	0.95
235	1.77	389.83	143.42	0.94	1.88	419.98	141.68	0.95

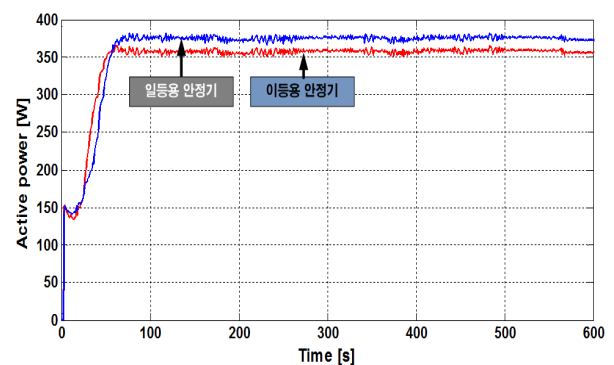
3.2 전압변동에 따른 이등용 및 이등용 안정기의 효율 분석

전압 변동에 따른 특성을 분석하기 위하여 이등용 안정기와 이등용 안정기의 입력전압을 195[V]에서 237[V]까지 변화시키면서 전류, 유효전력, 무효전력 및 역률을 각각 측정하였다. 표 1에서는 5[V] 단위로 정리하여 표시하였다. 표 1 및 그림 6에서 보는 바와 같이 역률을 제외하면 이등용 안정기가 모든 전압 구간에 대해 우수한 결과를 나타냄을 확인할 수 있다. 역률의 경우에는 이등용 안정기를 사용한 경우 약간 높게 나타났으나, 사용전압 220[V] 부근에서는 두 안정기간의 차이는 미세한 것으로 나타났다.

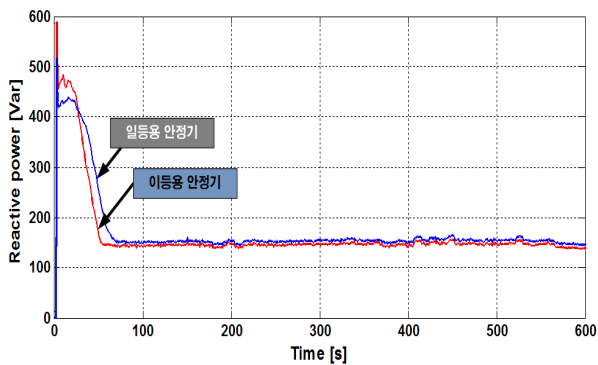
상용전압 220V를 기준으로 비교하면, 이등용 안정기는 전류가 1.63[A]로 나타났으며, 이는 기존의 이등용 안정기의 전



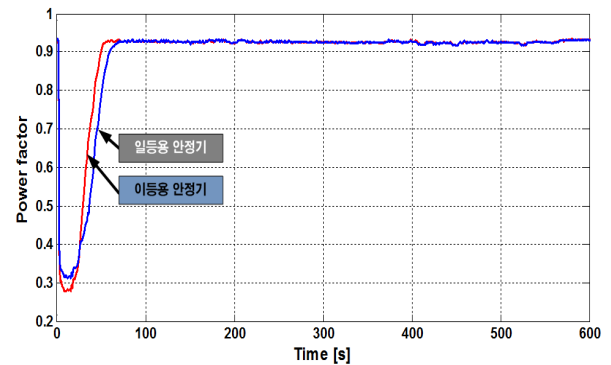
(a) 전류



(b) 유효전력



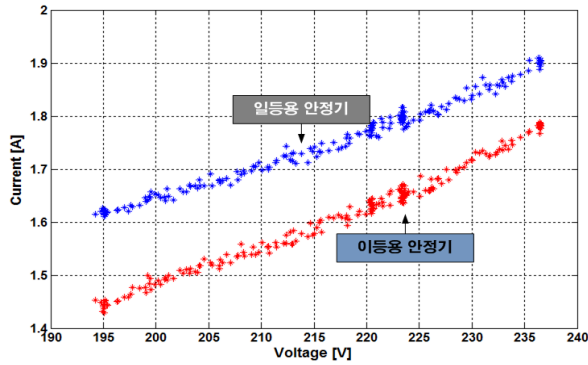
(c) 무효전력



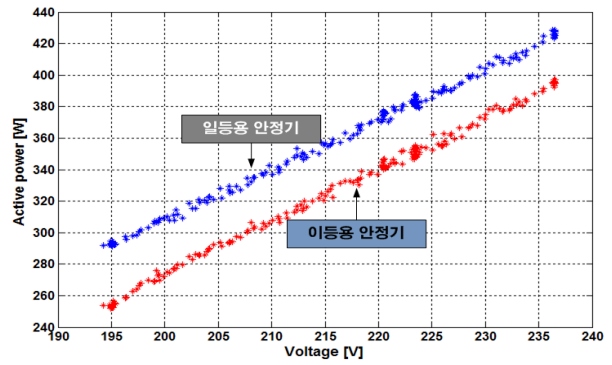
(d) 역률

그림 5 이등용 안정기의 점등 특성

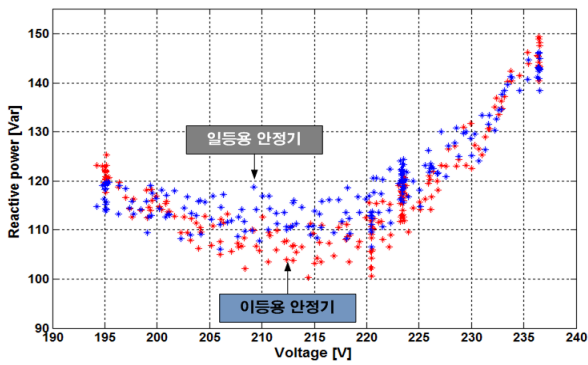
Fig. 5 Ignition characteristics of ballast for dual lamps



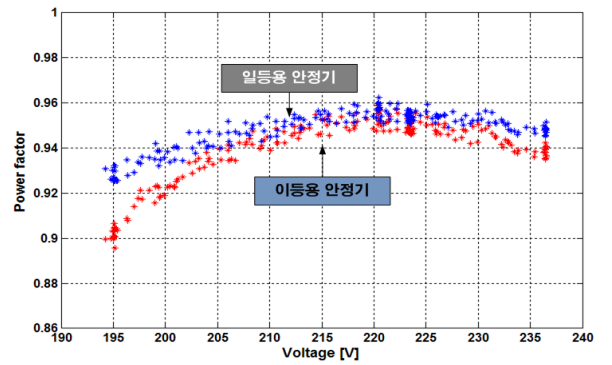
(a) 전류



(b) 유효전력



(c) 무효전력



(d) 역률

그림 6 전압 변동에 따른 전기적 특성

Fig. 6 Electrical characteristics according to voltage variation

류 1.77[A]보다 0.14[A] 감소한 것으로 나타났다. 유효전력은 이등용 안정기가 343.13[W]로 나타났으며, 이는 기존의 일등용 안정기의 유효전력 374.76[W]보다 31.63[W] 감소한 것으로 나타났다. 무효전력의 경우, 이등용 안정기가 105.81[Var]로 나타났으며, 이는 기존의 일등용 안정기의 무효전력 110.4[Var]보다 4.59[Var] 감소한 것으로 나타났다. 역률의 경우는 이등용과 일등용 모두 동일한 값을 나타냈다.

표 2에서는 전압변동에 따른 이등용 안정기의 성능을 일등용 안정기와 비교하여 나타냈다. 표 2에서 음의 기호는 일등용 안정기에 비해 감소한 것을 의미하며, 양의 기호는 일등용 안정기에 비해 증가하였음을 의미한다. 전류의 경우를 살펴보면, 인가전압이 215[V]일 때 이등용 안정기는 일등용 안정기에 비하여 8.14[%] 감소하였고, 220[V]일 때는 7.91[%], 225[V]일 때는 7.26[%] 감소하였다.

유효전력의 경우를 살펴보면, 인가전압이 215[V]일 때 이등용 안정기는 일등용 안정기에 비하여 8.40[%] 감소하였고, 220[V]일 때는 8.44[%], 225[V]일 때는 7.60[%] 감소하였다. 무효전력의 경우를 살펴보면, 인가전압이 215[V]일 때 이등용 안정기는 일등용 안정기에 비하여 5.83[%] 감소하였고, 220[V]일 때는 4.16[%], 225[V]일 때는 3.58[%] 감소하였다. 그러나 전압이 195[V]일 때와 235[V] 일 때는 무효전력이 일등용에 비하여 증가하였다. 역률의 경우에는 일등용 안정기에 비하여 큰 차이를 보이지는 않았다.

일등용 안정기와 이등용 안정기에 대한 실험결과를 종합하면, 전류, 유효전력, 무효전력은 기존의 일등용 안정기에

비하여 효율이 향상된 것으로 나타났다. 특히 전류와 유효전력은 인가전압 220[V]에서 각각 7.91[%], 8.44[%] 향상된 결과를 보여 이등용 안정기가 매우 우수함을 확인할 수 있었다. 따라서 이등용 안정기는 설치의 간편성뿐만 아니라 효율 측면에서도 우수한 것으로 나타나 이등용 안정기의 사용이 확대될 것으로 예상된다.

표 2 전압변동에 따른 일등용 안정기와 이등용 안정기의 성능 비교

Table 2 Performance comparison of two types of ballasts according to voltage variation

[단위 : %]

전압 [V]	전류	유효전력	무효전력	역률
195	-11.11	-13.07	+2.90	-3.23
200	-9.70	-10.65	-2.36	-2.13
205	-8.98	-9.53	-4.27	-1.06
210	-8.77	-9.02	-5.34	-1.05
215	-8.14	-8.40	-5.83	0
220	-7.91	-8.44	-4.16	0
225	-7.26	-7.60	-3.58	0
230	-7.07	-7.79	-3.38	0
235	-5.85	-7.18	+1.23	-1.05

4. 결 론

본 논문에서는 이등용 안정기의 전기적 특성을 분석하고, 일등용 안정기와의 비교를 통하여 효율성을 검증하였다. 실험결과 이등용 안정기는 전류, 유효전력, 무효전력은 기존의 일등용 안정기에 비하여 효율이 향상된 것으로 나타났다. 특히 전류와 유효전력은 인가전압 220[V]에서 각각 7.91[%], 8.44[%] 향상된 결과를 보여 이등용 안정기가 매우 우수함을 확인할 수 있었다. 따라서 이등용 안정기는 설치의 간편성, 부피의 감소로 인한 장점뿐만 아니라 효율 측면에서도 우수한 것으로 나타나 이등용 안정기의 사용이 확대될 것으로 예상된다. 향후 이등용 안정기를 가로등 설비에 설치하여 그 효율성을 다양하게 검증하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 중소기업청 산학공동기술개발 사업에 의하여 수행된 과제임

참 고 문 헌

- [1] 이진수, 김순기, “고효율 고압 나트륨램프용 자기식 안정기”, 한국조명·전기설비학회 학술대회 논문집, 한국조명·전기설비학회, pp. 99-102, 1999.
- [2] J. Marcos Alonso, Marina S. Perdigao, Javaier Ribas, E. Sousa Saraiva, “Optimizing Universal Ballasts Using Magnetic Regulators and Digital Control,” IEEE Tran. Industrial Electronics, Vol. 58, No. 7, pp. 2860-2871, 2011.
- [3] Wenduo Liu, Yan Jiang, Yan Liang, Jacobus Daniel Van Wyk, “High-Power-Density Igniter with Intergrated LC Resonator for Low-Waggage HID Ballast,” IEEE Tran. Industry Applications, Vol. 46, No. 4, pp. 1653-1660, 2010.
- [4] 김성원, 변재영, 박규용, 김윤호, “고압방전램프용 고효율 자기식 안정기 코아 설계”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 602-604, 2001.
- [5] Wei Yan, S. Y. R. Hui, Henry Shu-Hung Chung, “Energy Saving of Large-Scale High-Intensity -Discharge Lamp Lighting Networks Using a Central Reactive Power Control System,” IEEE Tran. Industrial Electronics, Vol. 56, No. 8, pp. 3069-3078, 2009.
- [6] 정광현, 이현진, 박종연, “릴레이 수명 연장방법에 의한 HID 램프용 디밍 자기식 안정기의 구현”, 대한전기학회, Vol. 58, No. 3, pp. 516-522, 2009
- [7] G. Velasco-Quesada, M. Roman-Lumbreras, “Comparison of Central Dimmer Systems Based on Multiple-Tapped Autotransformer and High-Frequency Switching Converter”, IEEE Tran., Industrial Electronics, Vol. 59, No. 4, pp. 1841-1848, 2012.
- [8] 이영주, 박태근, 정희석, 김정수, 김진선, 김도형, “고압방전램프의 신뢰도 모형과 분석”, 전기설비, pp. 62-73, 2005.

저 자 소 개



박 용 산 (朴 鏞 山)

1961년 5월 27일생. 2001년 8월 한국교통대학교 전기공학과 졸업(석사), 2013년 2월 동대학원 전기공학과 박사과정(수료), 현재 한국산업인력공단 기술자격출제실 연구원

Tel : 02-3271-9251

E-mail : pysan2@hanmail.net



지 평 식 (池 平 植)

1964년 3월 5일생. 1989년 2월 국립 한밭대학교 전기공학과 졸업, 1994년 충북대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 1998년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 현재 국립 한국교통대학교 전기공학과 교수

Tel : 043-841-5152

E-mail : psji@ut.ac.kr