

메탈할라이드 집어등용 전자식 안정기 개발

박성욱 · 배봉성*
국립수산과학원 시스템공학과

Development of a metal-halide lamp's electronic ballast

Seong-Wook PARK and Bong-Seong BAE*

*Fisheries System Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute,
Busan 619-705, Korea*

Jigging and angling fishery is prevalent in the East Sea of Korea and this fishery needs many lamps to attract the fish. And the fishing boat uses 24~47 ballasts by the vessel's tonnage to turn on the fishing lamp. A 3.5kW magnetic-type ballast being currently used at many fishing boats can drive two 1.5kW metal-halide lamps. Meanwhile, this ballast has large weight (25kg) and volume. Therefore it is one of reason for the over-consumption of energy and the fire, resulted from overheat and electrical short, occurs occasionally because the ballast is installed at narrow and hot engine room. In addition, most of magnetic ballast has several problems such as periodic condenser replacement, low energy efficiency and making lamp short life, etc. So it is necessary to improve or develop newly the electronic ballast, which has to be smaller, lighter and more efficient. An electronic ballast was designed for the fishing boat by considering duration and electromagnetic interference in the study. Its weight and volume are respectably 40% and 66% compared to current ballast on the basis of PCB. The metal-halide lamp's spectrum of the designed ballast was nearly same to that of the current ballast in the test of lighting. In particular, the light stability was improved and there isn't any radio interference. As mentioned above, it is expected that the developed electronic ballast can replace current magnetic ballast because of many advantages related to energy-saving.

Keywords: Electronic ballast, Magnetic ballast, Jigging fishery, High efficiency

서 론

채낚기 어업은 야간에 집어등을 사용하여 어군을 모은 후, 어획하는 어업이며 대표적으로 오

징어 채낚기와 갈치 채낚기가 있다. 두 어업에서 사용하는 집어등은 메탈할라이드 (Metal-halide) 램프이며 그 용량은 대부분 1.5kW이고 안정기

*Corresponding author: kr67@korea.kr, Tel: 82-51-720-2570, Fax: 82-51-720-2586

는 3kW로서 집어등 2개를 점등할 수 있다 (Bae et al., 2009). 오징어 채낚기의 경우, 대부분의 어선에서 관련법으로 정한 집어등 광력기준과 동일한 수의 집어등을 사용하고 있으며, 갈치 채낚기는 오징어 채낚기보다 약 30% 적은 수의 집어등을 사용하고 있다. 안정기는 어선의 크기에 따라 적당 27~47개를 사용하는데 안정기 1개의 무게가 25kg으로 무겁기 때문에 안정기 40개를 사용하는 어선의 경우 안정기의 총 무게가 1톤이나 되므로 운항 시 유류 소모의 증대 및 선박 무게 중심의 변화로 안전상의 문제를 내포하고 있다. 또한 크기는 가로 218mm, 높이 210mm, 너비 420mm로서 기관실 공간의 대부분을 안정기가 차지하고 있으며, 공간이 협소하고 온도가 높은 기관실에 크기가 큰 안정기를 밀집하여 설치함으로써 과열 및 누전으로 인한 화재가 종종 발생하고 있다. 여기에 기존의 자기식 안정기는 콘덴서를 주기적으로 교체해야 하고 집어등 수명을 단축시키는 문제를 가지고 있다. 근년에 LED 집어시스템과 같이, 위의 단점을 해결하기 위하여 기존 집어시스템을 완전히 바꾸는 새로운 집어등이 개발되었으나 (Choi, 2006; Bae et al., 2008; Choi, 2008; Bae et al., 2009; Bae et al., 2011; An et al., 2012), 초기 구입비 부담 및 어획 성능에 대한 불확실성 때문에 사용이 확대되지 못하고 있다. 따라서 기존 메탈헬라이드 램프를 사용하는 현 집어시스템의 문제점을 우선 개선하는 것이 바람직하다고 판단된다. 즉, 크고 무거운 자기식 안정기를 작고 가벼운 전자식 안정기로 대체하는 것이 바람직하다. 육상에서는 메탈헬라이드 램프용 전자식 안정기가 일부 사용되고 있으며 그 성능을 높이기 위한 연구가 진행되어 왔다 (Lee et al., 2008; Kim et al., 2010). 또한 1kW급 이하의 메탈헬라이드 램프에 대하여 전자식 안정기가 제품화된 사례는 있으나 (Park and Lee, 2008), 1kW급 이상의 전자식 안정기는 상용화된 제품이 없으며, 특히 어선의 고온, 고염분, 고진동 등 가혹 환경에 적합한 전자식 안

정기는 아직 국내에서는 개발되지 못하였다. 국외의 경우 일본의 (주)동화전기에서 3kW급 전자식 안정기를 생산 판매한 사례는 있으나 선박 내의 기기들에 대한 전자파장애 현상으로 보급이 활성화 되지 못하였다. 본 연구는 어업용으로 적합한 전자식 안정기를 개발하기 위하여 1.5kW 메탈헬라이드 램프용 전자식 안정기를 설계, 제작하고 그 성능을 시험한 것이다.

재료 및 방법

본 전자식 안정기 연구개발의 목표는 메탈헬라이드 램프를 점등하였을 때, 발광 특성이 기존 자기식 안정기의 것과 최대한 동일하고 고온, 진동에 대한 내구성을 갖추면서 어선의 각종 기기에 영향이 없는 전자식 안정기를 개발하는 것이다. 일반적으로 안정기는 외부 이그니터 (Ignitor)를 사용하는 안정기와 내부 공진을 사용하는 안정기로 나뉘며, 내부 공진을 이용하는 안정기에는 LCC 공진형과 LC 공진형이 있다. 외부 이그니터를 사용해 점등하는 안정기는 순시 재 점등이 가능하면서도 수십 kV의 고압을 얻을 수 있고 램프에 직렬로 인덕터가 연결되어 있어 램프가 정상 상태에서 약간의 리플을 제거해주는 장점이 있으나 고압회로가 차지하는 면적이 크고 가격이 비싸다는 단점이 있다 (Lee et al., 2011). LCC 공진형 인버터는 스위치의 동작을 통해 구형파를 만들고 이를 LCC 네트워크를 통해 정현파로 만들어 공진이득을 이용하여 램프의 전압과 전류를 인가하는 방식으로 램프내부의 임피던스에 따라 공진이득을 변경하기 위한 주파수 제어가 필요하다. 그리고 음향 공진 주파수에서 구동할 경우 음향 공진이 생기는 단점이 있다. 특히 램프마다 음향 공진 주파수가 달라 범용 안정기를 개발하는 것이 어렵다. LC 공진형 인버터는 정상상태 리플을 줄여 음향 공진을 막기 위해서는 스위칭 주파수가 충분히 높아야 하며, 공진 시 공진 전류에 의한 스위치 파괴를 막기 위해 인덕터가 충분히 커야한다. 또한 추가적인 인

덕터의 사용으로 전체적인 회로의 크기가 증가하게 된다.

따라서 본 연구에서는 LC 공진을 통해 초기 고전압을 얻으면서 큰 특성 임피던스로 인해 추가적으로 발생하는 영 리플 전류 회로를 통해 정상상태 리플을 제거할 수 있는 안정기를 Fig. 1과 같이 설계하였으며, 이것은 인덕터를 결합시켜 전체적인 크기를 줄이고 스위칭 주파수를 낮게 유지시켜 스위칭 손실을 감소시키기 위한 목적으로 설계되었다.

Fig. 1에서 설계한 안정기의 게이팅 신호를 Fig. 2에 나타내었다. 초기 점등 고전압을 얻기 위해 풀 브릿지 (Full-bridge) 스위치를 교번적으로 동작시켜 LC 공진 네트워크에 구형파를 인가하도록 하였다. 이때의 초기 등가 회로는 Fig. 3과 같다.

점등시의 입력 전류와 전압은 식 (1), (2)로 주어진다. 여기서, I_{ign} , V_{ign} 은 입력 전류의 피크 전류, 피크 전압을 의미하며, Z는 램프의 임피던스이다. f_{β} 는 스위칭 소자의 스위칭 주파수를, V_{ign} 은 PFC (Power Factor Correction)단에서 AC를

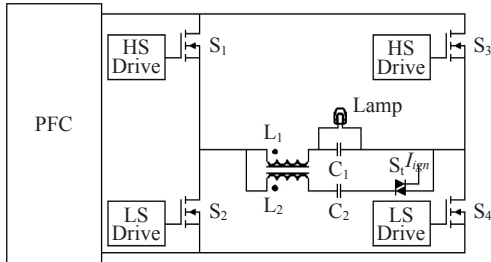


Fig. 1. A ballast design of advanced LC resonance.

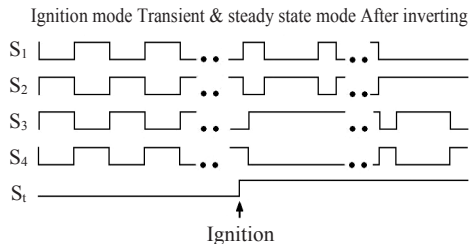


Fig. 2. Switching gating signals.

DC로 평활화한 후, 스위칭 소자를 사용하여 구형파로 변환된 입력 전압이고, f_0 은 LC소자에 의한 공진 주파수이다.

$$I_{ign} = \frac{V_{ign}}{Z} \quad (1)$$

$$f_{\beta} = f_0 \times \sqrt{1 + \frac{4}{\pi} \frac{V_{in}}{V_{ign}}}, f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

초기 점등이 성공하면 트라이앵글을 연결하여 영 리플 전류 회로를 동작시키게 되며 이때의 등가 회로는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 L_{k1} 는 1차측 누설 인덕턴스 (Leakage inductance), L_{k2} 는 2차측 누설 인덕턴스, L_m 은 자화 인덕턴스 (Magnetizing inductance)이다. 식 (3), (4)는 누설 인덕턴스를 나타낸 것으로 $n=k$ 이면 $L_{k2}=0$ 이 되고, 1차 측의 L_{k1} 양단의 전압차가 0이 되어 이상적으로 전류 리플이 0이 되게 된다.

$$L_{k1} = (1 - kn) L_1, L_{k2} = n(n - k) L_1 \quad (3)$$

$$k = \frac{L_m}{\sqrt{L_1 L_2}}, n = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \quad (4)$$

EMI (Electro Magnetic Interference, 전자파장애)를 방지하기 위한 회로를 Fig.5와 같이 설계하였다. EMI를 방지하기 위하여 입력 전압이 일정 단계에 이르면 전류를 증가시켜 저항이 감소

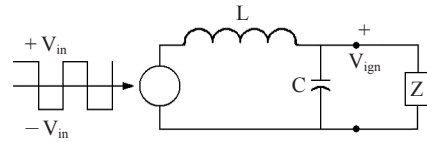


Fig. 3. An equivalent circuit of beginning lighting step.

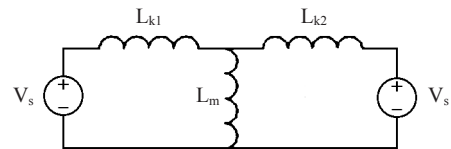


Fig. 4. An equivalent circuit of steady condition.

메탈헬라이드 집어등용 전자식 안정기 개발

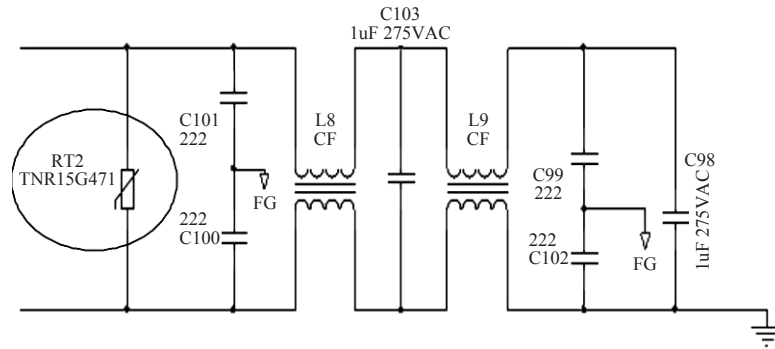


Fig. 5. EMI (Electro Magnetic Interference) circuit.

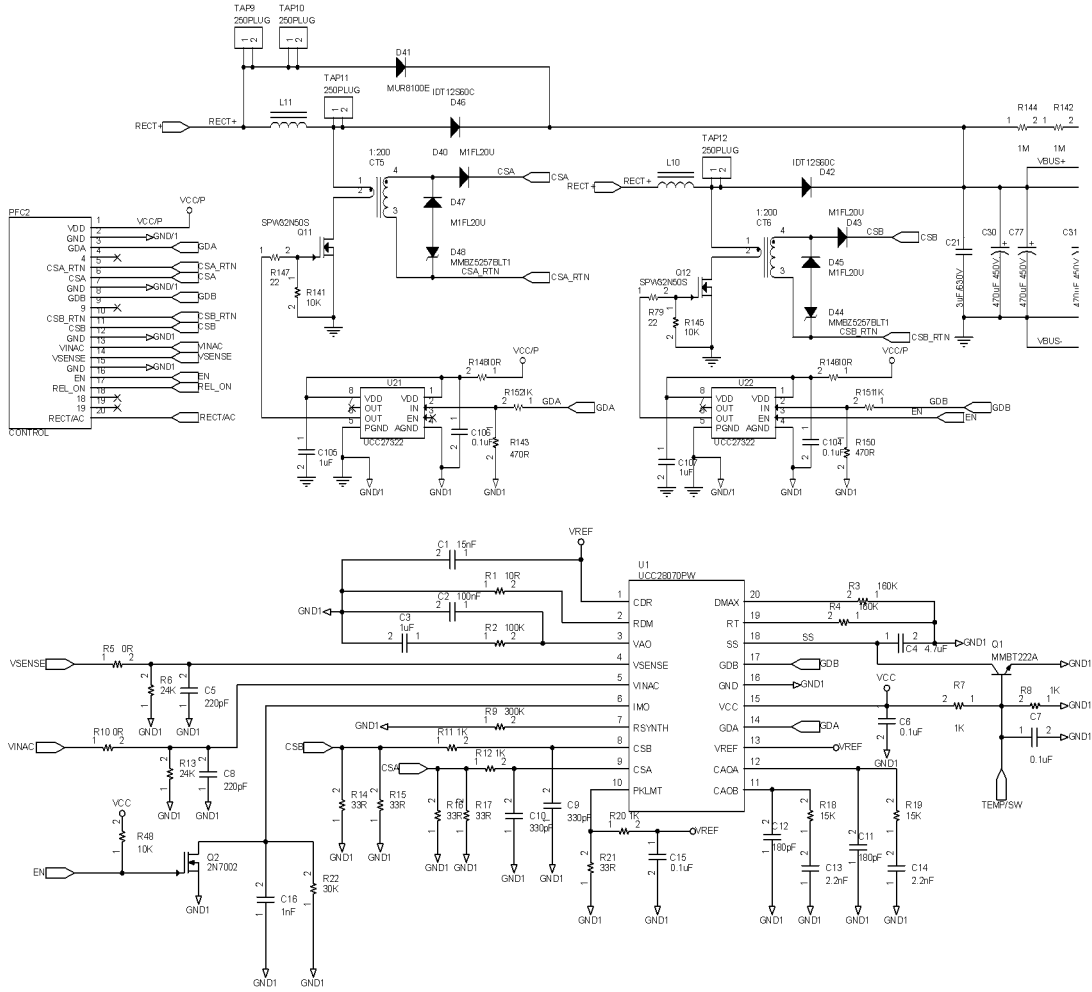


Fig. 6. Phase compensation circuit.

하도록 하는 비직선 저항소자인 바리스터 (Varister)를 사용하여 외부 전원으로부터 유입되는 임펄스성 노이즈 제거하였다. 입력 귀환 잡음을 제거하기 위하여 페라이트 코어 (Ferrite core)를 사용한 라인 인덕터 L8, L9와 선간 커패시터 C103, C98로 구성된 저역통과필터 (LPF, Low Pass Filter)를 사용하였고 스위칭 때 발생하는 고주파를 제거하기 위하여 대지간 커패시터 C99, C100, C101, C102를 사용하였다.

역률 개선을 위한 회로를 Fig. 6과 같이 설계하였다. 역률 개선과 PFC부의 부피를 감소시키기 위하여 TI사의 UCC28070PW 컨트롤러를 사용함으로써 180도의 역 위상 (out of phase)으로 동작하는 두 개의 PFC 부스트 컨버터를 사용하는 인터리브 PFC 컨트롤러를 구현하였다. 이 인터리브 PFC 컨트롤러를 사용하여 컨버터의 스위칭 손실을 감소시키고 시스템의 효율이 향상되도록 설계하였다. 본 회로는 인덕터의 고주파수 리플 전류가 역 위상 관계에 있기 때문에 그 전류들은 부스트 인덕터 전류에 의해 생성된 입력 리플 전류를 감소시키며 서로 상쇄하게 된다. 따라서 단일-스테이지 토폴로지와 비교하여 약 50% 작은 고주파수 출력 커패시터 RMS 전류 (IOUT)를 갖도록 한다.

이그니션 (Ignition) 방법은 Fig. 7과 같다. Parallel-LC 구조의 이그니션 회로를 구성하여 구현하였으며, Parallel-LC 구조로 PSIM (Power Simulation, Ver. 9.0)을 통해 모델링을 하여 시뮬레이션을 시행하였다. 시뮬레이션 방법은 풀 브리지 인버터에서 초기 20kHz의 구형파를 이그니션 회로에 인가하여 2kV 이상의 피크 전압을 발생시켜 메탈헬라이드 램프에 인가하여 방전관이 절연을 파괴하도록 하여 최초 점등을 시작하도록 하였다. 최초 점등이 이루어지면 일정 시간동안 전류를 유지하며 방전관 내부가 안정화 될 때까지 대기하다가 전압과 전류를 조정하여 일정한 전력을 유지하도록 하였다.

인버터부의 구성은 Fig. 8과 같으며 브리지 방식에 Buck converter 회로를 추가하여 정전력을 유지할 수 있도록 하였다. 인버터의 게이팅 주파

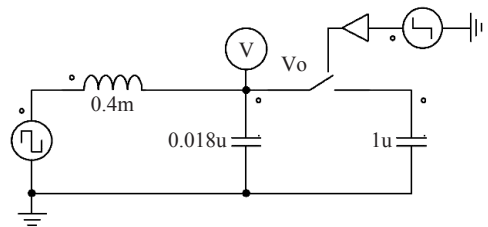


Fig. 7. Ignition circuit.

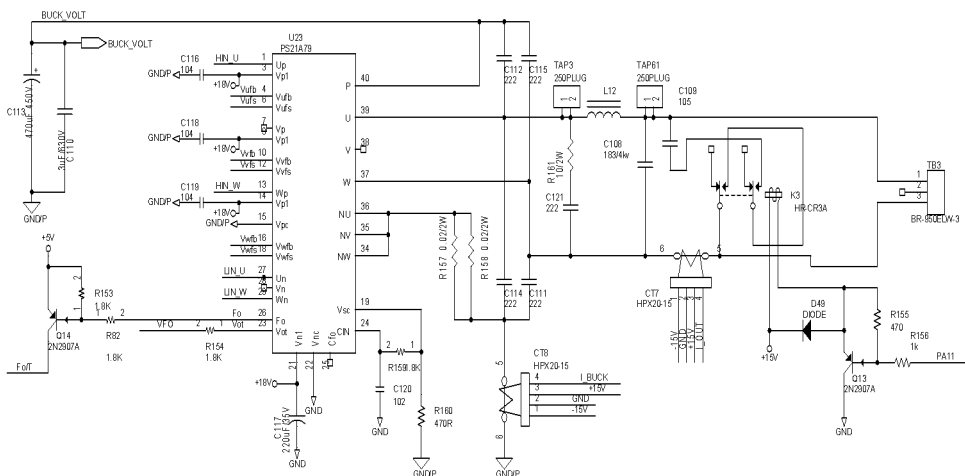


Fig. 8. Inverter circuit.

수를 낮추는 과정에서 개발 중 시제의 IPM (Intelligent power module)에서 게이팅 주파수가 5kHz 이하로 낮아졌을 경우, 과전류로 인해 IPM이 파손되는 현상이 있었으므로 이를 보완하기 위하여 전류 용량이 50A급의 IPM을 사용하였다.

LC공진을 통하여 점등되는 안정기 회로, 등가 회로, EMI 대책 회로, 역률 개선 회로, 이그니션 회로, 언버터부 회로의 설계를 토대로 제작한 전자식 안정기의 PCB 모듈 및 전체 외관도를 Fig. 9에 나타내었다. 전자식 안정기의 내부 구성은 4개의 PCB 모듈, 2개의 팬과 1개의 외부 케이스로 구성하였다. PCB모듈은 PCB를 보호하면서 가볍고 원활한 방열이 되도록 전체적으로 두께 3mm의 알루미늄 재질로 구성되었다. PCB에 장착된 발열을 많이 하는 소자들에 대해서는 방열판에 직접 접촉되도록 구성되어 원활한 방열이 이루어지게 하여 제품의 성능 감소를 최소화하였다. PCB의 방열을 위하여 뒷개가 없는 구조로 설계되었으며 방열판은 팬에 의한 강제 대류가 원활하게 진행되도록 적용되었다. 4개 등을 동시에 켤 수 있는 PCB 모듈의 크기는 가로 346mm, 세로 300mm, 높이 182mm이지만, 완성된 안정기의 크기는 가로 362mm, 세로 430mm, 높이 210mm로서 세로의 길이가 PCB 모듈보다 크게 제작되었다. 이것은 어선의 안정기 설치용 선반이 기존 안정기의 크기에 맞게 제작, 설치되어 있으므로 이에 맞추어 실장이 가능하도록 한

것이다. 사용자의 감전을 예방하기 위하여 단자대 전면과 윗면을 덮을 수 있는 아크릴 커버를 적용하여 단자대의 접점을 보호하였다.

상기와 같이 제작한 전자식 안정기의 성능을 알아보기 위하여 기존 자기식 안정기와 비교하여 전기적 특성 시험 및 점등 시험을 실시하였다. 본 시험에서 메탈헬라이드 램프 빛의 조도는 조도계 (Digital Illuminance Meter 510, Yokogawa Co.)를 사용하여 1m 거리에서 측정하였고 파장별 방사속 (Radiant power) 및 전체 광속 (Luminous flux)은 적분구 (Goniometer: Neolight PL5000, Pimacs Co.)를 사용하여 측정하였다. 또한 전류, 전압 등 전기적 특성은 오실로스코프 (Oscilloscope; DSO 7104B, Agilent Technologies)를 사용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

기존 자기식 안정기와 제작한 전자식 안정기의 크기와 무게를 Table 1에 나타내었다. Fig. 6과 같이 역률을 개선한 결과로, 총 부스트 인덕터 부피의 감소 및 EMI 필터의 사이즈를 감소시킬 수 있었다. 따라서 부스트 커패시터의 부피를 약 25%까지 감소시킬 수 있었다. 램프 4개를 켤 수 있는 전자식 안정기의 부피 (가로 362mm, 세로 210mm, 길이 400mm)는 램프 2개를 켤 수 있는 자기식 안정기 부피 (가로 200mm, 세로 215mm, 길이 400mm)의 약 88%를 차지하고 무게는 약

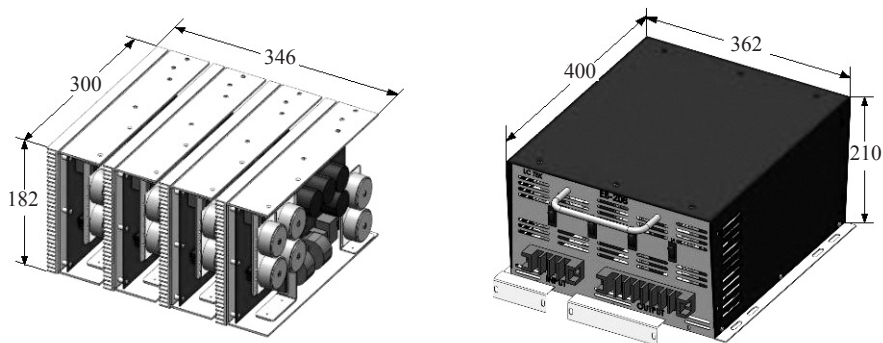


Fig. 9. PCB module and appearance of the electronic ballast (unit: mm).

Table 1. Size and weight of the conventional magnetic and developed electronic ballasts

Item	Width (mm)	Height (mm)	Length (mm)	Weight (kg)
Magnetic ballast	200	215~220	400~415	25
Electronic ballast	362	210	400	20

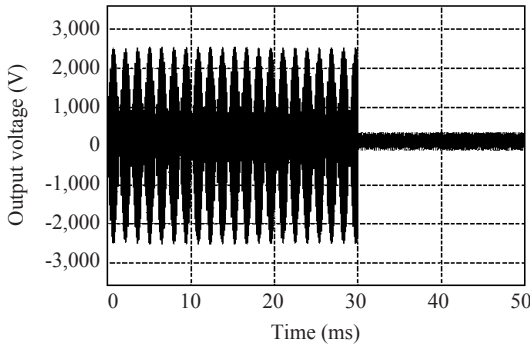


Fig. 10. An example of ignition simulation results.

40%에 불과한 것으로 나타났다. 여기서 전자식 안정기의 외부 케이스의 길이는 기존 자기식 안정기의 길이에 맞춘 것으로서 PCB 모듈의 크기와 비교하면 전자식 안정기의 부피는 자기식의 약 66%에 불과한 것으로 나타났다. 또한 전자식 안정기의 외부 케이스를 PCB 크기에 맞추고 어선의 안정기 설치 선반을 안정기 크기에 맞출 경우, 개발한 전자식 안정기를 사용함으로써 선내 공간을 더 확보할 수 있고 어선의 무게를 조금 더 감소시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

제안한 이그니션 회로의 부품 설계에서 원활히 동작하는지를 확인하기 위해서 회로 시뮬레이션 툴 (Cadence, Pspice 10.3)을 이용하여 시간에 따른 전압파형을 Fig. 10과 같이 확인하였다. 실험결과 최초 방전개시 전압인 2.5kVp까지 상승하고 점등 후, 방전관의 내부 임피던스가 낮아짐에 따라 방전유지전압이 250Vp까지 떨어져 안정하게 방전이 유지됨을 알 수 있었다.

Fig. 11과 같이 전자식 안정기의 입력 전압, 전류 (A)와 출력전압, 전류 (B)를 측정하였다. 측정된 입력 전압, 전류 (A) 파형으로부터 투입되는 전력은 1,647.6 Wrms이고 입력 전압과 전류의

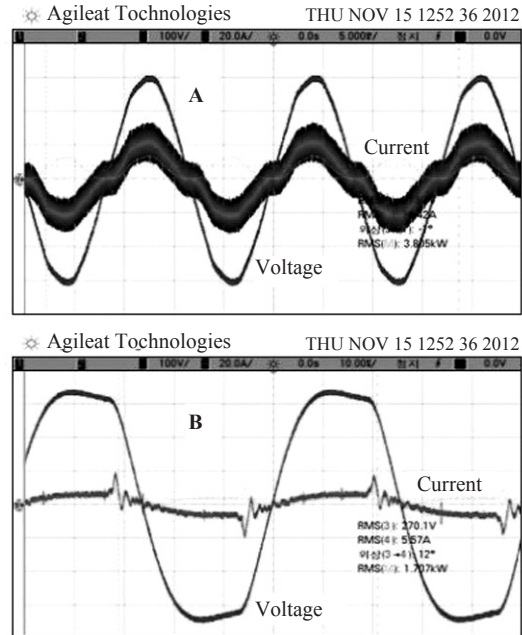


Fig. 11. Voltage and current of the electronic ballast.
A: Input terminal, B: Output terminal.

위상은 0.95%이었으며, 출력 전압, 전류 (B) 파형으로부터 소비전력은 1,400Wrms임을 알 수 있었다. 위와 같은 실험결과로부터 제안한 전자식 안정기의 전기적인 효율은 84.97%임을 알 수 있다.

기존 자기식 안정기와 설계 제작한 전자식 안정기의 전기적 특성 및 메탈헬라이드 램프 점등시의 조도를 비교한 결과를 Table 2에 나타내었다. 전압, 전류, 전력의 입력 및 출력 값은 큰 변화는 없는 것으로 나타났으며, 전자식 안정기가 자기식에 비하여 입력 전력은 1.06% 낮은 것으로, 출력 전력은 자기식이 1,365W, 전자식이 1,400W로 2.56% 높은 것으로 나타났다. 조도도 자기식이 27,000lx, 전자식이 29,500lx로 9.26%

Table 2. Comparison of electrical characteristics for two kind of ballast

Item	Input					Output			Efficiency (%)	Illumination (lx)
	Irms	Vrms	Wrms	Phase difference	PF	Irms	Vrms	Wrms		
Magnetic	7.8	213.2	1,665.1	22	0.92	5.13	266	1,365	82	27,000
Electronic	7.7	213.7	1,647.6	18	0.95	5.19	270	1,400	85	29,500

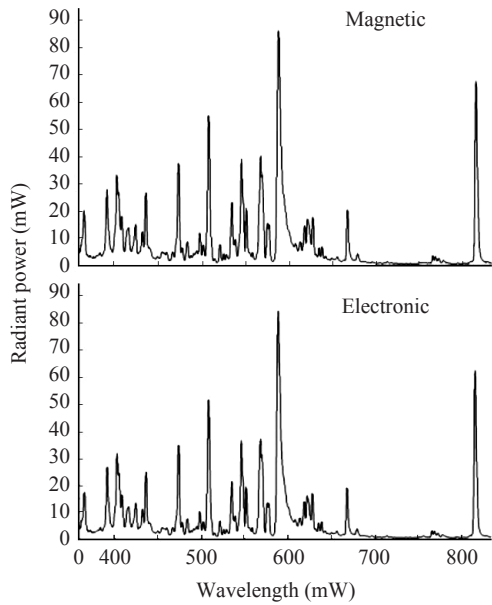


Fig. 12. Comparison of radiation power as a function of wavelength for two kinds of ballast.

높은 것으로 나타났다. 따라서 효율은 제작한 전자식 안정기가 자기식에 비하여 약 3.65% 향상된 것으로 나타났다.

기존 자기식 안정기와 제작한 전자식 안정기를 사용하여 1.5kW 메탈헬라이드 램프를 점등하였을 때, 각각의 파장별 방사속 스펙트럼을 Fig. 12에 나타내었다. Fig. 12에서 보면, 두 종류 안정기의 파장별 스펙트럼은 모두 가시광선 파장대인 580~600nm에서 가장 높게 나타났고 전반적으로 모든 가시광선 영역대에서 스펙트럼이 분포하여 연속성을 띠는 것으로 나타났으며 전체 스펙트럼이 거의 동일한 것으로 나타났다.

한편, 각각의 안정기를 사용한 메탈헬라이드 램프에서 나오는 빛을 적분구 (Goniometer:

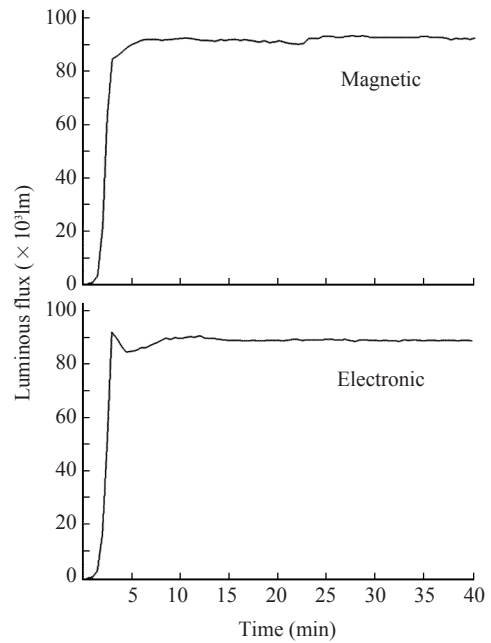


Fig. 13. Comparison of luminous flux as a function of time for two kinds of ballast.

Neolight PL5000, Pimacs Co.)를 이용하여 색 좌표를 측정된 결과, 모두 X좌표는 0.39~0.4, Y좌표도 0.39~0.4 사이에 위치하는 것으로 나타나 약간 노란색이 감도는 백색광을 발하는 것으로 나타났다. 따라서 제작한 전자식 안정기는 기존 자기식 안정기를 사용하였을 때와 거의 동일한 빛을 내므로 전자식 안정기 사용에 따른 어휘성능의 변화는 없을 것으로 판단되었다.

기존 자기식 안정기와 제작한 전자식 안정기를 사용하여 1.5kW 메탈헬라이드 램프를 점등하였을 때, 각각의 초기 광속 변화를 Fig. 13에 나타내었다. Fig. 13에서 보면, 기존 자기식 안정기는 초기에 일정 값까지 빠르게 증가한 뒤, 이

후 일정하게 유지되는 양상을 보였으나 전자식 안정기의 경우에는 초기에 일정 값까지 빠르게 증가한 뒤, 일시적으로 떨어졌다가 이후에 원상으로 돌아가 일정하게 유지하는 양상이 나타났다. 조도 변화율은 자기식이 4.1%, 전자식이 4.0%로 전자식이 자기식보다 근소하게 작았다.

본 연구는 어업용 메탈헬라이드 램프용 전자식 안정기를 설계, 제작하고 기존 자기식 안정기와 메탈헬라이드 램프를 점등하였을 때, 발광 특성을 비교한 것으로 발광 특성의 변화가 없는 전자식 안정기를 개발하는 것이 목적이었다. 발광 특성이 변화하면 채낀기 조업의 어획성능이 달라질 가능성이 커져 어획성능 향상이라는 긍정적인 결과를 가져올 가능성도 있으나 현재의 조업 패턴이 현 집어등을 사용하여 최적화되어 왔으므로 어획성능 저하의 결과를 가져올 가능성이 더욱 크다. 또한 어획성능의 평가는 장기간의 조업시험을 수행하여야 결과를 얻을 수 있으므로 새로운 안정기를 개발함에 있어서 현재의 발광 특성에 맞추는 것이 여러모로 바람직할 것이다. 본 연구에서 설계, 제작한 전자식 안정기는 앞에서 기술한 여러 가지 진보된 부분별 설계 외에도 PCB 모듈 사이의 간격을 적절히 배치하여 방열 용량에 맞추었고 PCB 케이스와 방열판 등의 재질은 가볍고 열전도도가 우수한 알루미늄을 사용하여 열 문제에 대비하였으며 염기가 많은 환경에 대비하여 외부 케이스는 충격과 부식에 강한 도장을 채택하였다. 전자파 장애 설계에 대한 해답은 어선에 전장하여 각종 전자기기에 영향이 없는지 장기간 사용해보아야 한다. 또한 혹시라도 어획성능에 변화가 없는지에 대해서도 장기간의 어획시험이 필요하다. 저자들은 2012년 12월 5일 39.77톤 오징어 채낀기 어선 309주영호에 연안 어선에서 사용하는 집어등 제한 용량인 81kW급 시설에 맞추어 제작한 4등용 전자식 안정기 14개를 설치하고 메탈헬라이드 램프 54개에 연결하였다. 어장 (N 35.4° E 129.4°)에 도착하자마자 등에 불을 켜고 다음 날 새벽 6

시까지 조업을 시행했으며, 전등의 불 밝기 차이는 기존 자기식일 때와 비교하여 거의 차이가 없다는 선원들의 평가를 받았다. 또한 무전기 등 기타 전자장비에도 특별한 문제점은 발생하지 않았다. 단지 전자식 안정기 쪽이 초기 점등 시간이 자기식보다 다소 짧은 것이 차이였다. 개발한 전자식 안정기의 내구성, 어획량, 기기장애 등 성공 여부는 장기간의 시험이 소요되어야 알 수 있을 것이다. 향후 장기간 사용에 따라 발생하는 문제점을 지속적으로 개선한다면 어선에서 전자식 안정기의 사용이 보편화될 것으로 사료된다.

결 론

현재 어선에서 주로 사용하는 자기식 안정기는 무게, 부피, 안정성 등 여러 가지 측면에서 개선할 점이 많다. 따라서 본 연구는 기존 안정기와 발광 특성이 동일하면서도 내구성을 갖춘 전자식 안정기를 개발하는 것이 목적이었다. 이를 위하여 LC공진을 통하여 점등되는 안정기 회로, 등가 회로, EMI 대책 회로, 역률 개선 회로, 이그니션 회로, 언버터부 회로의 설계를 수행하고 이것을 토대로 제작한 전자식 안정기의 성능을 분석하였다. 그 결과, 개발한 안정기의 무게는 기존 안정기의 약 40%에 불과하였으며, PCB 모듈의 부피는 약 66%에 불과한 것으로 나타났다. 또한 메탈헬라이드 램프 점등시의 조도를 비교한 결과, 전압, 전류, 전력의 입력 및 출력 값은 큰 변화는 없는 것으로 나타났으며, 전자식 안정기가 자기식에 비하여 입력 전력은 1.06% 낮은 것으로, 출력 전력은 자기식이 1,365W, 전자식이 1,400W로 2.56% 높은 것으로 나타났다. 조도도 자기식이 27,000lx, 전자식이 29,500lx로 9.26% 높은 것으로 나타났다. 따라서 효율은 제작한 전자식 안정기가 자기식에 비하여 약 3.65% 향상된 것으로 나타났다. 한편 집어등 빛의 스펙트럼 및 CIE 색 좌표도 거의 같은 것으로 나타나 두 종류의 안정기를 사용하였을 때의 발

광특성은 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 조도 변화율은 자기식이 4.1%, 전자식이 4.0%로 전자식이 자기식보다 근소하게 작았다. 따라서 내구성 등 장기간 사용에 따라 발생하는 문제점을 지속적으로 개선한다면 어선에서 전자식 안정기의 사용이 보편화될 것으로 사료된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원 (채낚기용 고효율 집어시스템 기술 개발, RP-2013-FE-05)의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- An HC, Bae BS, Lee KH, Park SW and Bae JH, 2012. Operating Performance of hair-tail angling vessel using the LED and metal halide fishing lamp combination. *J Kor Soc Fish Tech* 48, 337–345.
- Bae BS, Jeong EC, Park HH, Chang DS and Yang YS, 2008. Behavioral characteristic of Japanese flying squid, *Todarodes pacificus* to LED light. *J Kor Soc Fish Tech* 44, 294–303.
- Bae BS, Park BJ, Jeong EC, Yang YS, Park HH, Chun YY and Chang DS, 2009. Design and performance evaluation of fish-luring system using the air-cooled LED lamp for jigging and angling boat. *J Kor Soc Fish Tech* 45, 85–95.
- Bae BS, An HC, Kwon KJ, Park SW, Park CD and Lee KH, 2011. Design and performance estimation of fish-luring system using the water cooling typed LED lamp. *J Kor Soc Fish Tech* 47, 79–87.
- Choi SJ, 2006. Radiation and Underwater Transmission Characteristics of a high-luminance light-emitting diode as the light source for fishing lamps. *J Kor Fish Soc* 39, 480–486.
- Choi SJ, 2008. Comparison of radiation characteristics and radiant quantities per unit electrical power between high luminance light emitting diode and fishing lamp light source. *J Kor Fish Soc* 41, 511–517.
- Kim KN, Park JY and Choi YM, 2010. Electronic Ballast Design Driven by Low Frequency Square Wave for High Power MHL. *JPE* 15, 394–400.
- Lee BJ, Kim KN and Park JY, 2008. Protection circuit design of electronic ballast for MHD lamps. *JIEIE* 22, 1–6.
- Lee DG, Park, SW, Yang, YS, Kim HJ and Xu GC, 2011. A low CO₂ laser with precise output and minimal fluctuation by adopting a high-frequency LCC resonant converter. *JEET* 6, 842–848.
- Park CY and Lee BJ, 2008. A study on electronic ballast for 1[kW] metal-halide lamp developed by eliminating acoustic resonance using frequency modulation method. *JIEIE* 22, 10–18.

2013년 2월 26일 접수

2013년 3월 28일 1차 수정

2013년 4월 3일 수리