

논문 2008-45TC-2-12

전력선 통신을 이용한 MH 램프의 조광제어 시스템에 관한 연구

(A study of the light control system for the MH lamp using the power line communication)

정 광 현*, 박 중 연**

(Kwang-Hyun Jung and Chong-Yeun Park)

요 약

전력선 통신을 이용한 MH(메탈할라이드) 램프용 조광제어시스템을 구성하기 위하여, 전력선 모뎀 및 MH 램프용 전자식 안정기를 설계하고, 안정기가 전력선 채널에 미치는 영향을 분석하였다. 전력선이 통신채널로써 사용될시 채널의 특성은 부하에 의하여 변화하게 되므로, 부하는 전력선 통신에 적합하도록 설계되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 전력선 통신에 적합한 전자식 안정기를 제안하고, ASK와 FSK 두 종류의 전력선 모뎀을 설계하여 맨체스터 코드와 DS/SS 방식을 각각 적용하였다. 실험결과, DS/SS 방식이 적용된 FSK 전력선 모뎀이 가장 우수한 특성을 갖는 것으로 확인 되었다.

Abstract

To design the light control system using the PLC(Power Line Communication) with the ballasts of MH(Metal Halide) lamps, we analyzed the noise effect on the power line by the electronic ballast. For the power line characteristics are changed by the loads, the ballast have to be designed to be suitable to the PLC. Therefore, this paper proposed the optimal ballast and designed two kinds of PLM(Power Line Modem) which one is ASK type and the other is FSK type. Two type of PLM have used the manchester codes or DS/SS code. Experimental results have shown that the FSK type modem bythe DS/SS coding technique have the best characteristics.

Keywords : power line communication, light control system, electronic ballast, ignition current

I. 서 론

전력선 통신은 80년대 중반 이후부터 5-500kHz의 주파수 대역을 중심으로 한 수 k-수십 kbps급의 저속 전력선 모뎀을 이용하여 원격 감시 제어기술을 구현하는 것에서 시작하여, 최근에는 수 GHz대역을 이용한 수십 Mbps 급 고속 데이터 전송에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다^[1]. 이러한 연구들에도 불구하고, 전력선 채널의 시간에 따라 변하는 노이즈들^[7]과 시간에 따라 변하는 임피던스 특성^[9], 전력선 설치 구조에 따른 신호의

감쇄 등의 문제로 인하여 다른 통신들에 비하여 통신의 신뢰성이 낮다^[1, 8].

전력선 채널의 특성은 부하에 의하여 크게 좌우되므로 전력선 통신의 신뢰성을 높이기 위해서는 부하를 충분히 고려하여 전력선 통신 시스템이 설계되어야 하며, 부하 또한 시스템을 고려하여 설계되어야 한다.

그러나 기존의 논문들은 고정된 부하들을 이용하여 시스템을 구성하거나^[2~3, 8], 부하의 설계를 하였으나 채널에 미치는 영향을 분석하지 않았다^[4~5]. 따라서 본 논문에서는 가로등의 대부분을 차지하고 있는 250Watt 급 MH(Metal Halide) 램프의 조광제어 시스템을 통하여, 그에 적합한 부하를 제안하고, 채널에 미치는 영향을 분석하였다.

* 학생회원, ** 정회원, 강원대학교 전기전자 공학과
(Kangwon National University)

접수일자: 2007년10월15일, 수정완료일: 2008년2월15일

본 논문에서는 전력선 통신을 이용한 MH 램프 조광 제어 시스템을 위하여, 시스템을 위한 MH 램프용 안정기를 제작하여 기존의 다른 안정기들과 비교하고, 안정기의 특성을 점등상태와 정상상태로 구분하여 분석한 후, 그 안정기의 특성에 맞는 모뎀의 설계 및 코딩을 하여 그 성능을 분석함으로써, 시스템의 신뢰성을 향상시키는 연구를 언급한 순서대로 기술하였다.

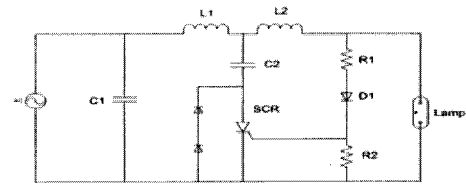
II. 부하의 설계 및 특성

신뢰성 있는 조광제어 시스템을 구성하기 위하여 안정적인 동작을 하며, 전력선 통신에 적합한 안정기를 구성하는 것이 중요하다. 목적하는 안정기는 ① 점등시 점등전류를 제한하여 안정적인 전류 공급 ② 채널에 통신대역의 노이즈가 적고, 채널에서 본 임피던스가 가능한 높을 것 ③ 음향공명현상이 일어나지 않아야 할 것이고 본 논문에서는 위의 조건들을 최대한 만족시키는 전자식 안정기를 목적으로 제작하였다.

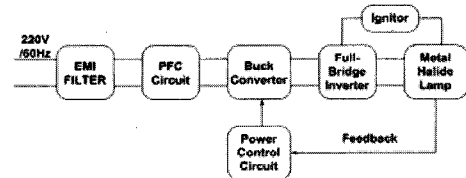
1. 안정기의 구조

다음의 그림들에 각 안정기의 구조를 간단히 나타내었다. 그림 1(a)의 자기식 안정기의 일반적인 구조는 램프 전류를 제어하기 위한 L과 역률보상 커패시터로 구성되어있으며, 점등을 위한 이그나이터 회로로 구성되어 있다.

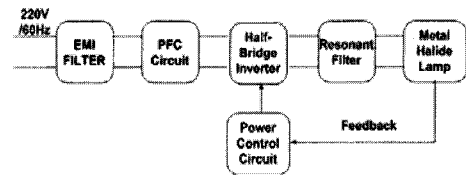
실제 전력을 공급할 시에는 L1, L2 그리고 C1 만이 관여를 하며, C1은 역률을 보상하기 위한 것이다. (b)와 (c)는 Full-bridge 와 Half-bridge로 구동되는 안정기의 블록다이어그램을 나타내었다. 두 구조 모두 입력단의 노이즈를 제거시키기 위한 EMI 필터가 존재하며, 역률 개선을 위하여 능동형 역률 개선회로가 존재한다. (b)의 안정기의 경우 저주파수로 램프를 구동시키며, 램프의 전력을 Buck Converter를 사용하여 조절한다. (c)의 안정기는 수 kHz-수십 kHz대역으로 램프를 구동시키며, 전력은 공진필터 특성을 이용한 구동주파수를 제어함으로써 조절한다. (c)를 제외한 (a),(b)구조는 점등을 위한 이그나이터를 별도로 가지고 있는데, 이러한 구조는 점등시 유입되는 큰 전류를 제어하기 어렵다. (c)의 안정기는 점등을 공진필터 특성을 이용한 주파수 제어로 하기 때문에 공진필터의 설계 및 주파수의 제어로써 점등 전류를 제어 할 수 있다. 따라서 본 논문에서 안정기 설계 시 그림1의 (c)의 구조로써 다음과 같이 안정기를 설계하였다.



(a) 자기식 안정기의 구조
(a) The conventional circuit of the electro magnetic ballast



(b) 하프브릿지 인버터 구동형 안정기의 블록다이어그램
(b) The block diagram of the electronic ballast driven by the full-bridge inverter



(c) 풀브릿지 인버터 구동형 안정기의 블록다이어그램
(c) The block diagram of the electronic ballast driven by half-bridge inverter

그림 1. 메탈할라이드 램프용 안정기의 구조
Fig. 1. Structures of ballasts for the MH Lamp.

2. 안정기의 설계 및 제작

(1) 음향공명을 피하기 위한 구동 주파수

안정기 설계에서 우선적으로 선정해야 할 것은 구동 주파수이다. 구동주파수를 선정하기 위해서는 음향공명 현상을 피할 수 있는 주파수로 선택하여야 한다.

음향공명현상은 메탈할라이드 램프의 입력전력이 방전관 내의 가스를 가열시켜 압력을 주기적으로 변화시켜 일어나는 현상이며, 음향공명현상이 심해질 경우 방전관을 파손시키는 경우도 있다. 이러한 음향공명현상이 일어나는 주파수는 방전관의 고유 진동수를 통하여 계산할 수 있다^[9]. [9]에서 구한 250Watt MH 램프의 음향 공명 주파수대역은 5k-50kHz, 70kHz 이상에 나타났다. 따라서 구동주파수는 50-70kHz가 되어야 음향공명현상을 피할 수 있으므로 본 논문에서는 60kHz로 구동주파수를 선택하였다.

(2) 점등전류의 제한을 위한 공진필터의 설계

그림 2에 Half-bridge를 이용한 LCC공진필터의 회로

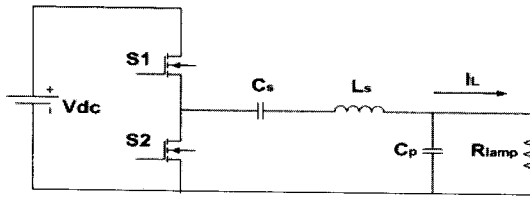


그림 2. 안정기의 출력단 회로
Fig. 2. The inverter circuit for the MH lamp.

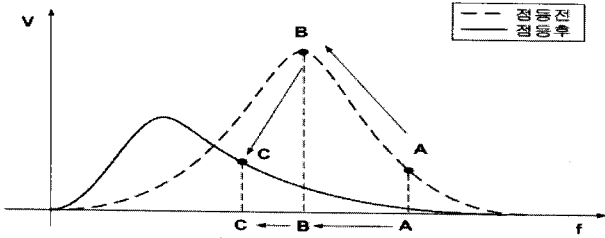


그림 3. 스위칭 주파수에 의한 점등과정
Fig. 3. The ignition process by the switching frequency.

를 나타내었다. 램프에 공급되는 전압과 전류는 L_s , C_s , C_p 로 구성되어있는 LCC공진 필터의 공진 특성 및 램프의 임피던스에 의해 결정된다.

점등 전 램프의 임피던스는 무한대 저항으로 증가 할 수 있으며, 점등이 된 후에는 점등과정 동안 변화하여 점등과정이 끝나면 일정한 임피던스를 갖게 된다.

이러한 램프의 변화 때문에 공진필터의 특성은 그림 3과 같이 변화하게 되며, 점등을 위한 고전압을 별도의 점등회로(이그나이터) 없이 주파수 변화로 형성시킬 수 있다.

점등 전 램프는 무한대로 증가 될 시 공진커브는 그림 3에서 점선으로 나타낸 것과 같이 형성되며, 정상상태의 공진커브는 실선으로 나타낸 것과 같으며, 점등을 위하여 주파수는 A->B->C로 이동 시켜야 한다. B점에서 점등이 이루어지면 램프의 임피던스가 변화하여 공진커브는 서서히 변화하게 된다. 이때 점등전류를 제한 시 중요한 것은 B->C로 가는 과정이다. 즉, B->C로 가는 주파수가 급격하게 변화하여 램프의 임피던스 변화보다 빠르면, 공진커브가 다르게 되어 큰 전류가 유입되게 된다. 따라서 B->C로 가는 과정을 램프의 임피던스가 충분히 정상상태로 변화되도록 충분히 시간을 가지고 변화하여야 한다.

먼저 LCC 공진필터의 설계는 앞서 결정한 정상상태 구동주파수 60kHz에서 정출력을 내도록 설계하는 것이 우선이므로, 램프의 전력에 따른 등가저항을 구하여 램프 상태에 따라 인버터의 전달함수로써 구한 조건식^[9]에 따라 LCC 공진 필터의 특성임피던스 $Z_o(Z_o = \omega_o L = 1/\omega_o C) = 71$, C_p 와 C_s 의 비인 $C_p/C_s = 0.057$ 로 결정할 수

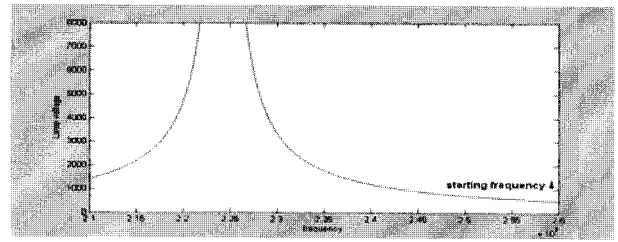


그림 4. 점등 시 주파수 변화에 따른 전압의 변화
Fig. 4. The lamp voltage against switching frequencies for the ignition.

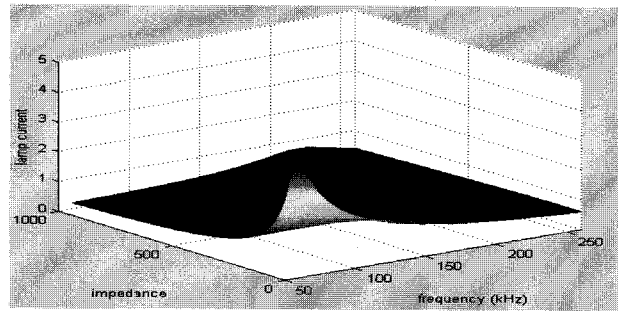


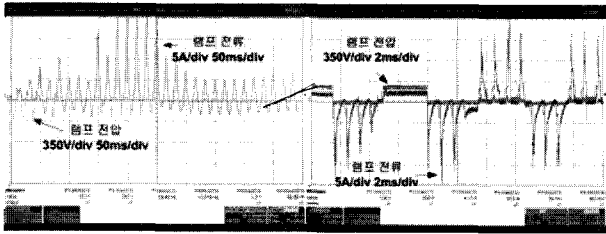
그림 5. 구동 주파수와 램프 임피던스 변화에 따른 램프의 전류
Fig. 5. The lamp current against switching frequencies and lamp impedances.

있다. 그러나 위의 값에서 점등 시 점등전류를 보다 안정적으로 공급하기 위해서는 점등상태에서 구동주파수의 변화시간을 임피던스 변화에 대응하도록 하여 $C_p/C_s = 0.028$, $Z_o = 45$, $C_s = 94nF$, $C_p = 2.7nF$, $L_s = 192\mu H$ 로 결정하였다. 이때 이그니션 최대 공진 주파수를 240kHz, 시작 주파수를 260kHz가 된다. 점등상태 때의 주파수의 변화에 따른 램프의 전압은 그림 4와 같다.

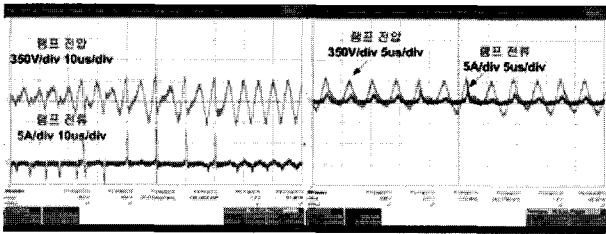
그림 5는 램프의 임피던스 와 주파수가 변화할 때의 램프의 전류를 나타낸 것이다. 시뮬레이션 시 램프의 최저 임피던스를 0.1옴 최대 1k옴으로 놓고 구동주파수 범위인 260kHz에서 60kHz 까지 시뮬레이션 하였다. 그림에서 나타난 것과 같이 램프의 주파수 변화 및 임피던스 변화에 따라 구동주파수 범위에서 최대 5A를 넘지 않는다. 구현 시 B->C의 주파수 변화하는 시간은 구동주파수를 컨트롤 하는 IC의 주파수 결정단자에 RC 시정수를 이용하여 약 15초가 되도록 구성하였다.

(3) 안정기의 측정

위의 결과들이 타당함을 입증하기 위하여 계산에 의하여 정한 값으로 제작된 안정기와 기존의 다른 안정기를 놓고 입력 전류파형을 비교하였다. 기존의 다른 안정기는 자기식 안정기 (안정기 A), Full-bridge 방식의 안정기 (안정기 B), Half-bridge 방식의 안정기 (안정기



(a) 안정기 A (2ms/div) (b) 안정기 B (2ms/div)
(a) ballast A (2ms/div) (b) ballast B (2ms/div)



(c) 안정기 C (2ms/div) (d) 설계된 안정기 (2ms/div)
(c) ballast C (2ms/div) (d) proposed ballast (2ms/div)

그림 6. 점등 과정 동안의 관전압 관전류
Fig. 6. The lamp voltage and current waveform of ballasts during the ignition period.

C)로 하였다.

그림 6 (d)에서 나타난 것처럼 제안된 안정기는 점등 전류가 $5A_{peak}$ 이하로 제한이 되었다. 자기식 안정기인 안정기 A의 경우 점등전류가 최대 $20A_{peak}$ 이상으로 점등전류 제한이 이루어 지지 않고 있으며, 안정기 B의 경우도 마찬가지 이다. 이러한 안정기들은 점화기에 의하여 점등은 가능하지만 점등전류의 제한이 되지 않는다. 안정기 C의 경우 제작된 안정기와 같은 구조이나, 최대 점등전류가 $8.5A_{peak}$ 로 측정되어 점등전류의 제한이 제대로 이루어지지 않음을 확인할 수 있다.

3. 안정기가 채널에 미치는 영향

(1) 안정기의 전력선 채널잡음 측정

안정기가 전력선 채널에 미치는 영향을 확인하기 위하여 안정기에서 채널에 실리는 잡음을 점등상태 와 정상상태 모두 측정하였으며, 점등상태 측정을 위하여 5분(300초)간 20초의 간격으로 측정하였다. 측정방법은 그림 7에 나타난 것과 같다.

사용된 안정기는 앞에서 언급하였던 Full-bridge로 구동되는 안정기 B와 Half-bridge로 구동되는 안정기 C, 제작된 안정기를 사용하였으며, 노이즈의 측정 시 다른 노이즈의 간섭을 제외시키기 위하여 Noise Cut Transformer를 사용하였다. 커플링 회로는 60Hz의 성

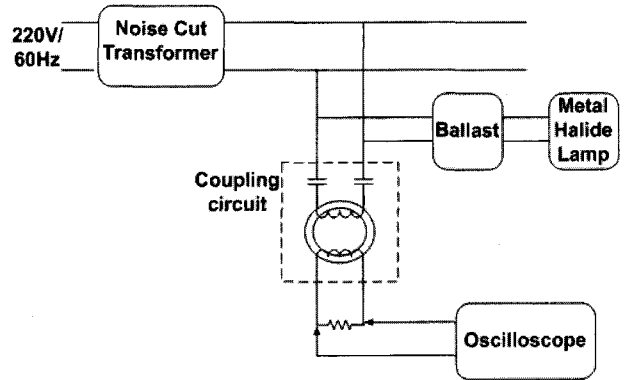


그림 7. 부하의 노이즈 측정 회로
Fig. 7. Measurement circuit for the noise of loads.

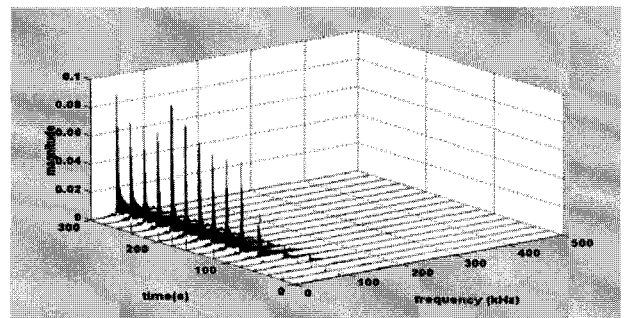


그림 8. 점등 후 5분간 측정된 안정기 B의 노이즈 스펙트럼
Fig. 8. The measured noise spectrum of ballast B during 5 minutes after the ignition.

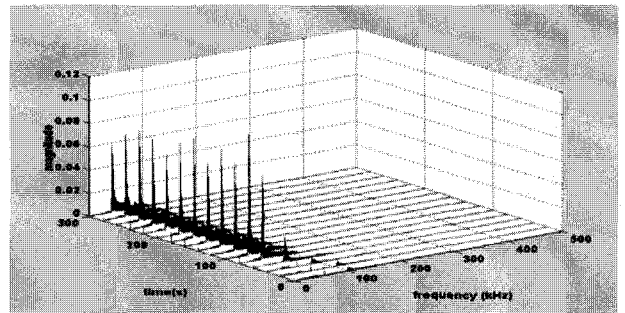


그림 9. 점등 후 5분간 측정된 안정기 C의 노이즈 스펙트럼
Fig. 9. The measured noise spectrum of ballast C during 5 minutes after the ignition.

분을 제거하기 위하여 사용하였으며, 트랜스포머의 턴수비는 1:1로 하였고, 안정기의 최대한 가까운 위치에서 측정하도록 구성하였다. 또한 자기식 안정기의 경우 본 논문의 주된 목적이 전자식 안정기를 사용하는 것이므로 측정 시 제외하였다.

제작된 안정기와 안정기 B, C의 점등과정에 따른 잡음분포의 대역은 50-120kHz 대역으로 거의 같다. 위의 파형들을 보면 점등과정동안 일정 시간 후 잡음들은 일정한 크기와 분포를 가지게 되는데, B의 경우 약 120초

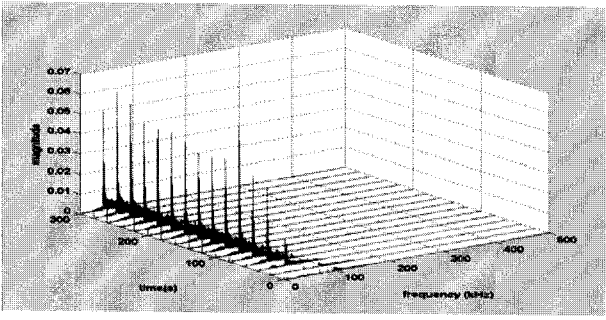


그림 10. 점등 후 5분간 설계된 안정기의 노이즈 스펙트럼
 Fig. 10. The measured noise spectrum of proposed ballast during 5 minutes after the ignition.

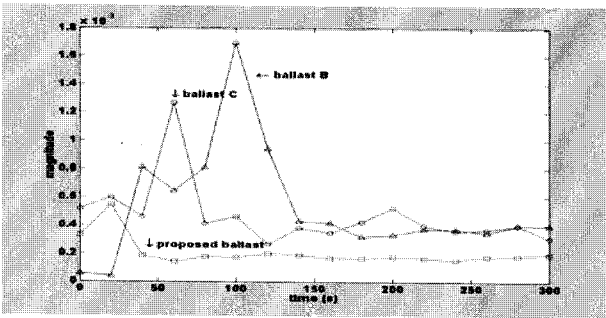


그림 11. 각 안정기의 점등 후 5분간 125kHz 대역의 잡음
 Fig. 11. The measured noise spectrum(125kHz) of ballasts during 5 minutes after the ignition.

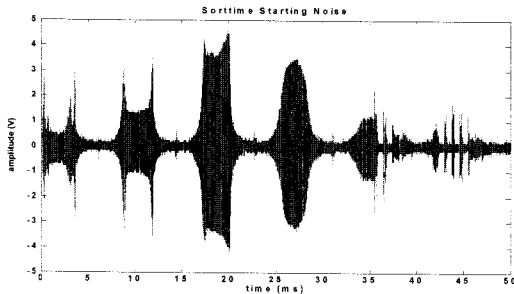


그림 12. 안정기 B의 점등직후 발생하는 잡음
 Fig. 12. The noise of the ballast B after start.

C의 경우 약 90초, 제작된 안정기의 경우 약 60초가 소요되었다. 또한 잡음의 전체적인 크기는 전자식 안정기 중 제작된 안정기의 경우가 가장 작은 것으로 측정되었다. 측정된 안정기 모두 다른 대역에 비하여 50kHz 대역에서 상대적으로 잡음이 높게 측정되었으며, 실제 모델의 통신 주파수 대역(CENELEC EN50065-1 C-Band, 유럽 규격)인 125kHz-140kHz 의 잡음은 상대적으로 작게 측정되었다. 그러나 앞서 말한 일정한 크기와 분포를 가지기 이전에는 상대적으로 통신대역의 잡음이 큰 것으로 측정되었다. 통신대역의 잡음을 시간에 따라

분석하여 보면 그림 11과 같이 나타낼 수 있으며, 이러한 분포로 인하여 전력선 통신에서 점등 시 에러를 유발 시킬 수 있다.

이러한 경향과 달리 이그나이터를 사용하는 안정기 B의 경우 최초 점등 시 순간적인 전류 유입에 의한 그림 12와 같은 순간적이고 큰 잡음이 발생한다. 그러나 이러한 잡음은 항상 발생하는 것이 아니라 램프의 점등 당시 상태에 의하여 발생하는데 주로 램프가 이전에 차가운 상태를 유지하다 점등되었을 때 발생한다. 이러한 잡음은 전력선 통신에서 bit 에러를 발생시킬 수 있으며, 점등 시 점등전류를 제한하는 제안된 안정기 및 안정기 C의 경우 발생하지 않았다.

III. 조광제어용 전력선 모델의 구성

본 논문에서는 전력선 모델을 ASK, FSK 변조방식의 두 모델을 변복조 IC를 사용하여 구성하였다. ASK 변복조 IC로는 Phillips 사의 TDA5051을 사용하였고, FSK 변복조 IC로는 ST사의 ST7538을 사용하였다.

(1) ASK 모델의 구성

구성된 ASK 모델은 그림 13과 같다. 구성된 모델은 커플링회로, 송수신 증폭기, 수신필터, 변복조기, u-processor, 외부 인터페이스회로들로 구성되어 있다. PC와의 인터페이스를 구현하기 위하여 RS232C 프로토콜을 사용하였으며, 송수신 데이터의 처리 및 부하 제어를 위하여 ATmega128 프로세서를 사용하였다. 모델의 캐리어 주파수는 125kHz가 되도록 구성하였다.

커플링 트랜스포머는 송신 시에는 1:1의 권선 비를 갖도록 하였고, 수신시에는 1:7의 권선 비를 갖도록 하였다. 커플링 트랜스포머는 toroidal 형태의 코어를 사용하였다. 모델의 통달거리 향상을 위하여 송·수신단에 각각 증폭기를 사용하였으며, 송신증폭기는 출력임피던스가 매우 낮고(0.05옴), 최대 출력전류가 큰(1.2A)

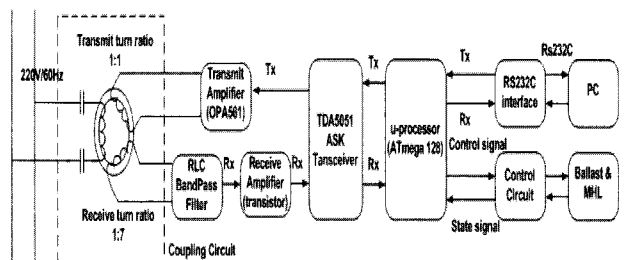


그림 13. ASK 모델의 블록다이어그램
 Fig. 13. A block diagram of the ASK Modem.

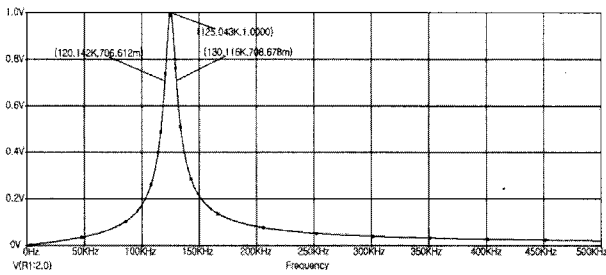


그림 14. RLC 밴드패스 필터의 특성
Fig. 14. The characteristic of the RLC bandpass filter.

OPamp를 사용하였다. 수신증폭기는 트랜지스터를 이용하여 전압증폭률 9배를 갖는 증폭기를 구성하였다. 또한 수신필터로서는 RLC를 이용한 공진 밴드패스 필터를 사용하였으며, 필터의 특성은 그림 14와 같다.

(2) FSK 모델의 구성

구성된 FSK 모델은 그림 15와 같으며, ASK 모델과 비슷한 구조로 되어있다. 다른 점은 커플링 회로의 턴 수비를 1:1로 송수신 모두 고정 시키고 트랜스포머를 toroidal 형태가 아닌 EE 형태의 코어를 사용하였으며, 수신 필터를 GIC(Generalized Impedance Converter)로 구성하였다는 점이다. FSK 모델의 송신주파수(캐리어 주파수)는 132.5kHz로 구성하였다. 수동소자를 이용한 RLC 필터의 경우 소자의 오차가 필터의 특성을 크게 변화시키는 것이 문제이다. 따라서 제작 시 가장 오차가 큰 소자인 L을 OPamp 와 RC로 L의 임피던스를 구현 하는 회로인 GIC를 사용하여 구성하였다.

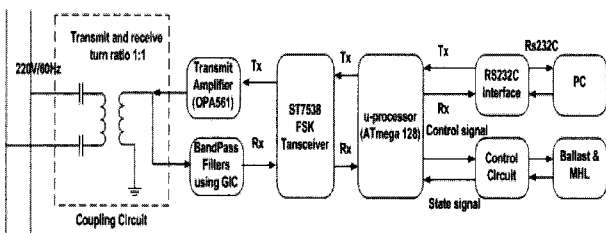


그림 15. FSK 모델의 블록다이어그램
Fig. 15. A block diagram of the FSK Modem.

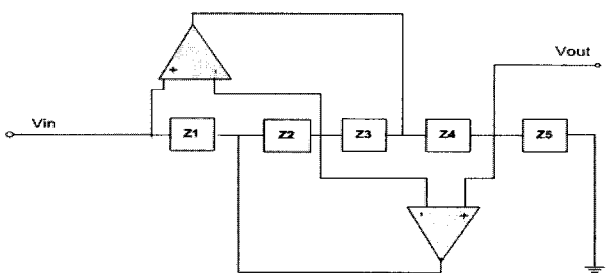


그림 16. GIC 회로
Fig. 16. A circuit of the GIC.

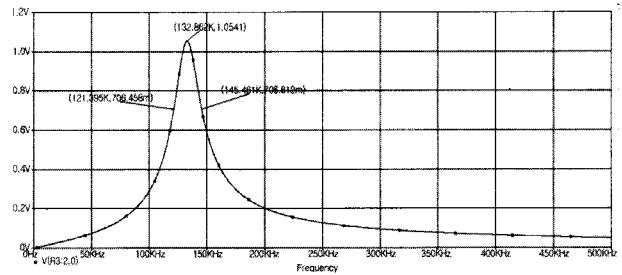


그림 17. GIC를 이용한 RLC 밴드패스 필터의 특성
Fig. 17. The characteristic of the RLC bandpass filter using GIC.

그림 16에 GIC 회로를 나타내었으며 전달함수는 식 1과 같다. 여기서 Z4만을 C로 구현하면 전달함수는 식 2와 같아져 L의 임피던스를 구현할 수 있다.

$$Z_{in} = \frac{Z_1 Z_3 Z_5}{Z_2 Z_4} \tag{1}$$

$$Z_{in} = \frac{R_1 R_3 R_5}{\frac{1}{s C_2} R_4} = \frac{R_1 R_3 R_5 s C_2}{R_4} \tag{2}$$

그림 17에 RLC 밴드패스 필터를 GIC로 구현한 밴드패스 필터의 특성을 나타내었다.

(3) 적용된 코드

본 논문에서는 ASK 모델에는 각 비트 지연에의 한 오류를 줄이기 위하여 맨체스터 코드를 적용하고, FSK 모델은 DS/SS(Direct Sequence/Spread Spectrum)방식을 적용하여 에러율을 낮추었다. 또한 두 종류의 모델 모두 에러의 정정을 위한 FEC(Forward Error Correction) 코드를 삽입하였다.

ASK 통신 방식의 경우 송신 신호의 크기에 영향을 많이 받으며, 채널의 임피던스의 변화에 의한 신호의 감쇄가 그림 18에서와 같이 일어나게 된다.

이와 같은 현상은 u-controller에서 데이터 샘플링 시

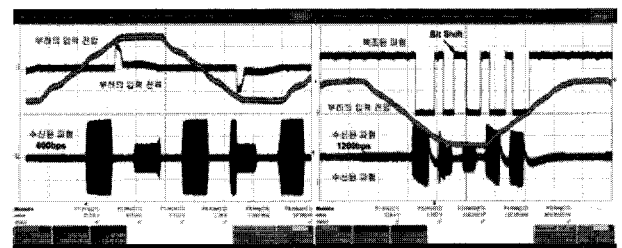


그림 18. 부하 동작에 의한 비트 쉬프트 현상
Fig. 18. The modulated data bit shift by the load behavior.

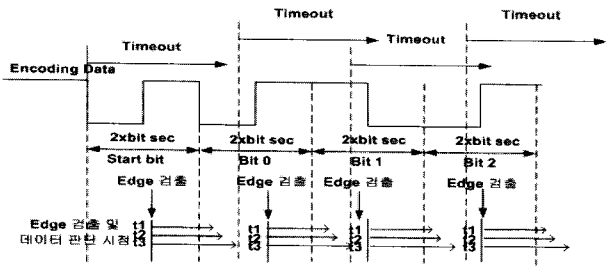


그림 19. 맨체스터 디코딩 과정
Fig. 19. The manchester decoding process.

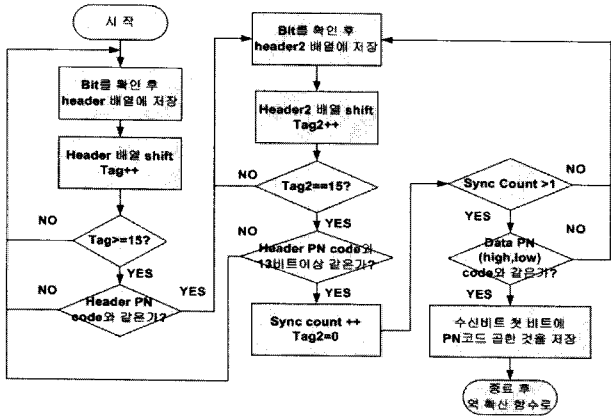


그림 20. 동기 추적 과정 알고리즘
Fig. 20. The tracking algorithm for DS/SS.

타이밍 에러 및 비트에러를 유발할 수 있으므로, 송신 데이터에 클럭의 정보를 가지고 있는 맨체스터 코딩을 사용할 경우 샘플링에 의한 에러를 줄이고, 쉽게 샘플링 할 수 있다. 그림 19에 본 논문에서 사용한 software 적 맨체스터 디코딩 방법을 나타내었다.

FSK 모뎀은 DS/SS 방식을 구현하기 위하여 PN코드를 삽입하였다. DS/SS 방식의 구현 시 가장 중요한 것은 PN코드의 동기를 찾아내는 것이며, 본 논문에서는 그림 20에 나타낸 것과 같이 software로 구현하였다.

위와 같은 알고리즘으로 동기를 추적하여 DS/SS 방식을 15chip의 크기를 가지는 PN 코드로 FSK 모뎀에 적용하였다.

이 외에 두 종류의 모뎀에 1bit의 에러를 정정 할 수 있는 (7,4) hamming code를 삽입하여 에러율을 낮추도록 하였다.

(4) 비트에러의 측정

두 종류의 모뎀의 성능을 측정하고 또한 제작된 안정기의 전력선 통신 환경에서 적합성을 확인하기 위하여 그림 21과 같은 실험환경을 구성하였다. 위의 실험 환경에서 이전에 언급된 모뎀과 안정기를 교체하여 가며 실험 하였다. 측정된 에러율은 패킷 중 유효데이터의

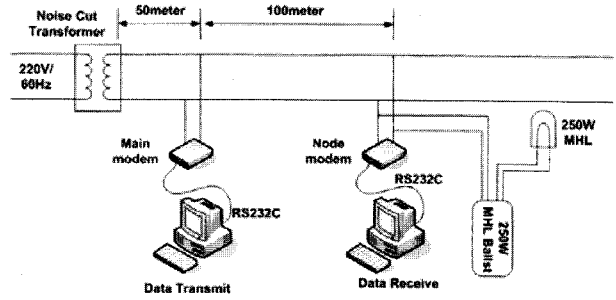


그림 21. 비트에러 측정을 위한 실험 구성
Fig. 21. A test bed for measuring bit errors.

표 1. 측정된 비트에러
Table 1. The measured the number of bit errors.

Ballast	ASK modem (Manchester coded, (7,4) Hamming) (40000bit)		FSK modem (DS/SS, (7,4) Hamming) (40000bit)	
	점등상태	정상상태	점등상태	정상상태
Ballast B	errors : 1678bit	errors : 392bit	errors : 12bit	errors : 0bit
Ballast C	errors : 619bit	errors : 1bit	errors : 0bit	errors : 0bit
proposed Ballast	errors : 423bit	errors : 0bit	errors : 0bit	errors : 0bit

에러를 측정한 것이다. 점등상태에서의 측정은 램프 점등 후 약 4분간 데이터를 송수신 한 것이며, 정상상태에서의 측정은 램프점등 후 6분이 경과하고 송신을 시작하여 유효 데이터 비트 40000bit를 송수신하여 측정하였다. 안정기와 모뎀을 달리하여 에러비트를 측정한 결과는 표 1에 나타내었다.

FSK 모뎀의 경우 안정기 B의 점등 직후 그림 12와 같은 큰 노이즈의 유입으로 인한 에러만이 발생하였다. ASK 모뎀의 경우 점등상태 때 에러가 많이 발생하는 것을 알 수 있는데 이러한 에러는 주로 점등 직후에 발생한다. 이것은 앞서 분석하였던 안정기의 잡음 스펙트럼에서 볼 수 있듯이 초기에 통신대역에 분포되어 있는 잡음이 원인이다.

특히 FSK 모뎀보다 ASK 모뎀에 에러가 많이 발생하는 것은 ASK 모뎀은 수신시 통달거리를 확보하기 위하여 수신된 신호를 크게 증폭시키게 되는데, 이때 잡음 또한 같이 증폭되어 에러를 유발시키는 것이다. 따라서 통달거리와 에러율 간의 적절한 조절(trade off)을 하여야 한다.

안정기 B가 다른 것들에 비하여 에러가 높은 이유는

그림 11에서 나타났듯이 통신대역의 잡음 분포가 큰 구간이 길기 때문이며 정상상태 때에 불규칙적으로 통신대역에 잡음이 생기기 때문이다. 결과를 종합하여 보면 DS/SS 방식을 적용한 FSK 모뎀에서 에러가 적게 발생하며, 안정기에서 채널에 나타나는 잡음의 분포에 의하여 ASK 모뎀에 에러가 결정된다.

IV. 결 론

MH 램프용 전자식 안정기를 신뢰적인 전력선통신 시스템 구현에 적합하도록 설계 및 제작하였다. 설계 및 제작된 안정기가 전력선 통신에 적합한지 확인하기 위하여 점등 전류 및 채널에 생성하는 잡음을 다른 구조 및 비슷한 구조의 안정기와 비교하여 측정하였다.

부하가 채널에 생성하는 잡음을 측정한 결과 PFC의 구동 주파수 대역의 잡음이 가장 크게 나타났고, 점등상태 동안의 잡음이 정상상태 동안의 잡음보다 더 작음 크기로 나타난 반면 통신대역에 분포되어 있는 잡음은 점등상태 동안이 더 크게 나타났으며, 전체적인 잡음은 제안한 안정기가 가장 적게 측정되었다.

전력선 통신 모뎀으로는 ASK, FSK 방식의 모뎀을 구현하고, coding을 통하여 신뢰성을 높였다. 각 안정기를 부하로 한 후 에러를 측정해본 결과 DS/SS 방식을 적용한 FSK 모뎀에는 에러가 거의 없었으며, ASK 모뎀의 경우 점등상태 시에 에러가 많이 나타났다.

따라서 구현된 모뎀 중 ASK 모뎀은 초기 점등상태를 회피하도록 프로토콜을 구성하여 사용할 수 있으며, 모뎀 칩의 가격과 단일전원으로 구성된 점등을 고려하여 저가의 모델로써 구현이 가능하다. 반면 DS/SS 방식을 적용한 FSK 모뎀은 더욱 신뢰적인 통신을 필요로 할 때 사용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김현중, 윤상흠, 김호, “전력선 통신 기술동향 및 전망”, 전자공학회지 30권 1호, Jan. 2003, pp.67-73
- [2] David E Dodds, Kevin W. Ackerman and Jack S. Hanson, “Power Line Communicating Using Timed Transmission”, IEEE, 2004, pp.639-641
- [3] Mark Hagen, Mark Heminger, Arefeen Mohammed, “Power Line Communication for Lighting Application using Binary Phase Shift Keying with a Single DSP Controller”, IEEE, 2006, pp.823-828
- [4] Maizonave, G.B, Dos Reis, F.S.,Lima, J.C.M,

- “Integratied System For Intelligent Street Lighing”, IEEE ISIE 2006. July. 2006. pp.721-726
- [5] J. Marcos Alonso, Javier Ribas, Juan Jose del Coz, “Development of a Distributive Control Scheme for Fluorescent Lighting Based on LonWorks Technology”, IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 47, No6, Dec. 2000, pp.1253-1262
- [6] Xu Dianguo, Mou yingfeng, Liu Xiaosheng, Zhang weiqiang, “Performance of Reliable Intelligent Power Line Communication Network for Digital HPS Ballast Remote Monitor And Control”, IEEE, 2003, pp.1267-1271
- [7] Timo Kistner, Jorg Baush, Marko Babic, Klaus Dostert, “Advanced Automatic Gain Control with Noise Recognition for Power Line Applications”, 2006 IEEE ISPLC, March 2006, pp.33-38
- [8] 정광현, 박종연, 최원호, “전력선 채널의 주기적 임피던스 변화 요인 분석”, 2007 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, July. 2007
- [9] 박종연, 장목순, 임병노, “HID 램프를 위한 전자식 안정기의 LCC 공진 인버터의 최적설계”, 대한 전기학회 논문지, 56권, 3호, March. 2007, pp.531-537

 저 자 소 개



정 광 현(학생회원)
 2006년 강원대학교 전기전자
 공학과 학사 졸업.
 2006년~현재 강원대학교 전기
 전자 공학과 석사과정
 <주관심분야 : 전력선통신, 무선
 통신, 신호처리>



박 종 연(정회원)
 1973년 고려대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1980년 경북대학교 대학원 석사
 졸업.
 1984년 경북대학교 대학원 박사
 졸업.
 1973년~1984년 KIST 연구원
 1977년~1984년 울산 공과대학 조교수 부교수
 1984년~현재 강원대학교 교수
 <주관심분야 : 전력선통신, 신호처리, 방전등용
 안정기, 전력필터>