

전력선 통신을 이용한 조광 제어 시스템

朴 鍾 演, 朱 炳 勳

Dimming Control System Using Power Line Communication

Chong-Yeun Park, Byung-Hun Ju

요 약

본 논문에서는 조광 제어 신호를 기존의 전용선(신호선)이 아닌 일정한 전력선(전원선)을 이용하여 형광등의 밝기를 조절하였다. 전력선에 인가하는 제어신호의 변, 복조는 전력선과 같이 열악한 잡음특성에 강한 내성을 가지고 저속 데이터 전송에 유리한 FSK(Frequency Shift Keying) 디지털 변조 방식을 채택하여 bit error rate를 감소시켰다. 안정기의 스위칭 동작에 의해 발생하는 EMI는 일정한 대역의 노이즈를 발생시키므로 본 논문에서는 2단 필터를 사용하여 해당 대역의 EMI를 50dB로 감쇄시켰다. 전자식 안정기를 이용한 조광제어 방식은 형광등 주변의 회로를 구성시킨 뒤 인버터의 발진 주파수를 18kHz ~ 25kHz 대역으로 제어함으로써 FL032/T8 램프를 사용하여 실험한 결과 5 ~ 100% 조광이 가능하였다.

ABSTRACT

In this paper, to control with light dimming levels of the fluorescent lamps, we have used the power line instead of the signal line to transmit the control signals. To reduce the BER(Bit Error Rate) on the power line communication with the serious noise interferences, we have adapted the FSK(Frequency Shift Keying) modulation and demodulation technique. Since the electronic ballast produced the EMI(ElectroMagnetic Interference) noise in some frequency bands, we have reduced the EMI levels in the band below -50dB. By varying the switching frequency of the ballast for the FL032/T8 from 18kHz to 25kHz, it is possible that the dimming levels are controlled with the range of 5 ~ 100%

Key Words : PLC, FSK, Ballast, Dimming, EMI

1. 서 론

전자식 안정기는 자기식 안정기에 비해 에너지 절약 등 많은 장점을 가지므로 형광등 조명시스템에서 사용이 점차 증가하고 있다.^[1] 전자식 안정기의 대부분은 고주파수에서 동작하도록 설계되는데 예로 수십kHz 주파수 대역에서 형광등의 광효율은 50~60Hz의 경우에 비해 약 20% 정도 증가하게 된다.^[2] 또한 전자식

안정기는 에너지 절감 효과 외에 깜빡임이 없고, 무계 및 부피가 감소하는 장점을 가지고 있다. 또한 주파수 변조방식, duty ratio 변조 방식, DC 전압 변조 방식 등 여러 가지 변조 기술을 활용하여 조광제어를 실현할 수 있다.^[3]

전력선을 이용한 통신 시스템은 건물에 이미 설치되어 있고 많은 콘덴서를 통해서 간편하게 접근할 수 있으므로 이러한 전력선을 정보를 전송하는 통신로로

사용할 경우 별도의 통신 선로를 필요치 않으므로 기존의 통신 선로가 가설되지 않은 건물에서 건물의 손상 없이 내부 통신 선로를 확보할 수 있다는 장점이 있다.^[4]

그러나 이러한 전력선은 전력의 공급을 목적으로 여러 가지 부하에 의한 노이즈, 신호의 감쇄, 왜곡, 라인 임피던스의 변화 등과 같은 통신상의 제약점들을 가지고 있다.^[5]

그러므로 이러한 전력선을 통신선로로 사용할 경우 신호의 변복조기술과 EMI와 같은 노이즈에 대한 예방책이 필수적이라 할 수 있다.^[4]

본 논문에서는 신호의 변복조기술중 전력선 통신과 같이 열악한 잡음 특성^[6]에 강한 내성을 가지고 저속 데이터 전송에 유리한 FSK(Frequency Shift Keying) 변조기술을 선택하였으며 EMI의 발생 제거 및 노이즈 대책으로 전자식 안정기 앞단에 2중 EMI 필터를 사용하였으며, 에러 검출 알고리즘으로는 펄스 폭 신호 선택 알고리즘을 이용하였다.

본 논문에서는 이러한 전자식 안정기의 장점인 조광제어를 저가용 범용 마이크로 프로세서(PIC16F84A)를 이용한 단계별로 실시하여 Dimming 범위를 5~100%로 하였으며, 제어선을 전용선이 아닌 220V, 60Hz 전력선을 이용하여 전력선 통신에서 별도의 통신 선로를 설치하지 않는다는 장점을 결합한 전력선 통신을 이용한 조광 제어 시스템을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 제안된 시스템

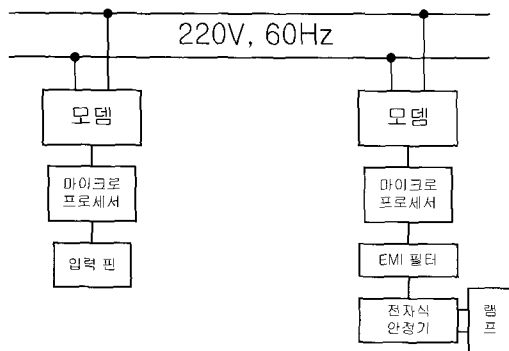


그림 1 제안된 시스템 블록
Fig. 1 Block diagram of proposed system

그림 1은 본 논문에서 제안한 전체적인 시스템의 블록도이다. 시스템은 전체적으로 전력선 모뎀부, 마이크로 프로세서부, 전자식 안정기부, EMI 필터부 등으로 크게 4가지로 나눌 수 있다.

2.2 전력선 모뎀부(Power Line Modem)

PLM(Power Line Modem)은 마이크로 프로세서에서 나오는 제어신호(0~5V)를 FSK 변조하여 60Hz의 전력선에 실는 송신부와 전력선에 실린 변조신호를 FSK복조 하여 원신호로 복원하는 수신부로 이루어져 있으며, 모뎀의 내부는 FSK변복조부분, 전류증폭부분, 라인커플러부분으로 나누어진다.

먼저 FSK 변조부분은 SGS-Thomson사의 ST7537 통신전용 IC를 사용하였으며 유럽의 CENELEC EN50065 표준규약의 전송 주파수 125~140kHz 대역을 사용하였으며 '0'일 때는 133.05kHz, '1'일 때는 131.85kHz의 전송 변조주파수를 사용하였다.

전류증폭부는 FSK변조 신호의 전류를 증폭시킴으로써 신호의 전송 거리를 확장하는 역할을 수행하며 구성으로 푸시풀(Push-Pull) 증폭기와 컬렉터 증폭기로 이루어졌으며 디지털 변조기의 출력과 라인 커플러의 가운데 위치한다.

라인커플러부분은 전력선과 전류증폭기를 연결하는 부분으로 전력선으로부터 모뎀의 나머지 부분과 60Hz 전원을 절연하는데 사용되며 130kHz 대의 수신된 캐리어 주파수 신호를 대역통과 필터로 검출하고 FSK변조된 신호를 220V 60Hz 전력선에 실는 역할을 수행한다.

사용된 라인커플러로는 TOKO사의 T1002N으로 턴수비는 4 : 1 : 1로 하였다.

라인커플러 주변 대역통과 필터의 소자값은 아래의 식으로 구하였다.

$$L_{eq} = L_{1t} + L_{4t} + 2M, \quad M = K\sqrt{L_{1t} \cdot L_{4t}}$$

$$K = \sqrt{1/2}, \quad L_{1t} = 9.4\mu H, \quad L_{4t} = 140\mu H$$

$$C_d = \frac{1}{L_{eq}(2\pi \times Freq)^2}$$

여기서, 주파수인 $Freq$ 는 변조 중심주파수값으로 132.45kHz이다.

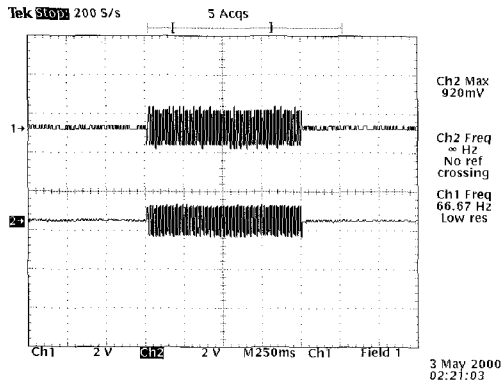


그림 5 변조된 송수신 신호
Fig. 5 Modulated transmitting and receiving signal

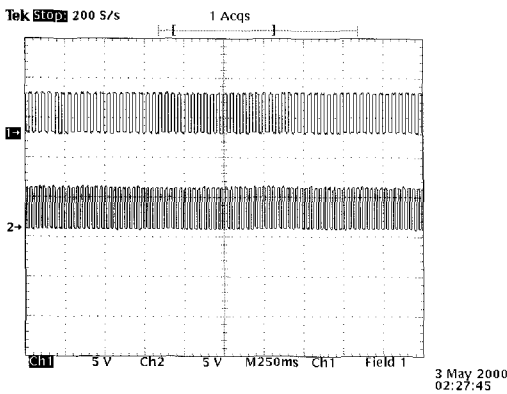


그림 6 watch dog 신호
Fig. 6 Watch dog signal

2.4 전자식 안정기부

형광등에 쓰이는 전자식 안정기는 형광램프 시동시 고전압 발생 및 전류 폭주에 의해 발생하는 램프의 파손을 막기 위해 일정한 전류를 공급하는데 그 목적이 있다. 이러한 전자식 안정기는 동작주파수가 높은 주파수(kHz 대역)에서 동작함으로써 광효율 및 부피, 역률 개선, 조도 증가 등의 장점을 가지며 광출력의 제어를 통해 에너지 절감 효과도 얻을 수 있다.

동작 원리로는 상용 교류전원 220V를 받아서 정류 회로에 의해 직류전원으로 변환한 후 역률 개선회로로 인가, 스위칭 회로에 의하여 고주파 교류 전압으로 만들어지며 이러한 고주파 교류전압으로 형광램프를 점등한다.

그림 7에서와 같이 역률 개선회로로 수동소자로 이루어진 밸리필회로를 사용하였으며 고주파 교류 전압

을 생성하는데 있어서 Half-bridge LC 공진 인버터를 사용하였고 안정기 구동 IC로는 IR2155를 사용하였다.

IR2155의 인가신호(0~14V)와 마이크로 프로세서 출력신호(0~5V)의 정합과 임피던스 매칭을 위해 op-Amp를 이용하여 신호의 증폭 및 버퍼역할을 수행하였다. 안정기의 조광 제어는 램프에 인가하는 주파수를 변화시키는 주파수 변조방식을 실시하였으며 변조범위는 총 8 단계로 나누어서 18kHz~25kHz 범위로 실시하였다.

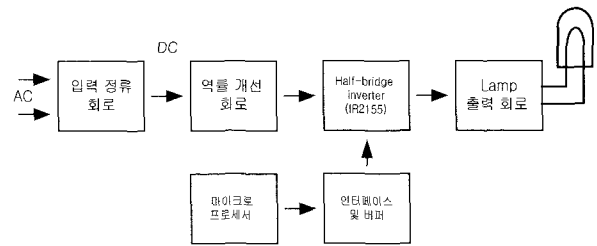


그림 7 전자식 안정기 블록도
Fig. 7 Block diagram of Electric ballast

2.5 EMI 필터부

EMI 필터의 역할은 전원입력으로부터 들어오는 노이즈와 안정기의 스위칭 동작에 의해 발생하는 노이즈 등을 제거하여주는 역할을 한다. 제안된 EMI 필터의 블록도를 그림 8에서 나타내었다.



그림 8 2단 EMI 필터 블록도
Fig. 8 Block diagram of two stage EMI filter

먼저 DM제거용 필터는 일반적으로 low pass filter의 형태를 띄고 CM제거용 필터는 band rejection filter의 형태를 띈다.

DM제거용 필터와 CM제거용 필터의 전달함수 아래와 같다.

$$H(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{1}{2s^2 L_a C_x + 1} = \frac{V_1(s)}{V_2(s)} \quad (1)$$

$$H(s) = \frac{V_2}{V_1} = \frac{L_f C_f L_p C_p S^4 + (L_p C_f + L_f C_p) s^2 + 1}{L_f C_f L_p C_p S^4 + (L_f C_f + L_p C_f + L_f C_p) s^2 + 1} \quad (2)$$

여기서 L_a , C_x 는 DM제거용 필터에 사용된 L과 C 이고 L_f , C_f , L_p , C_p 는 CM제거용 필터에 사용된 L, C 이고 기생인덕턴스와 기생 캐패시턴스이다.

식 (1)과 식 (2)를 이용하여 소자 값을 계산하여 설계한 2단 EMI 필터는 다음과 같다.

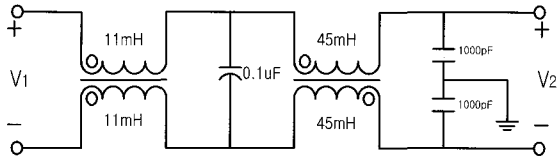


그림 9 제안된 SMI 필터
Fig. 9 Proposed SMI filter

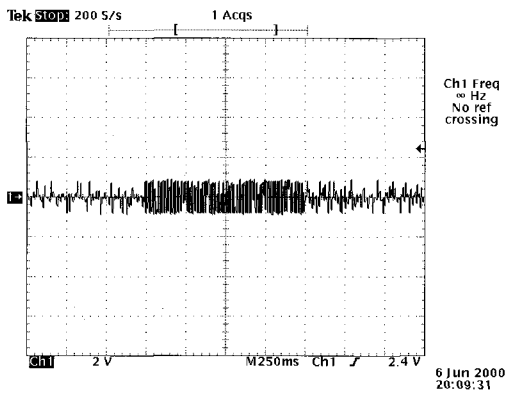


그림 10 SMI 필터가 없는 경우의 수신신호
Fig. 10 Received signal in the case without SMI filter

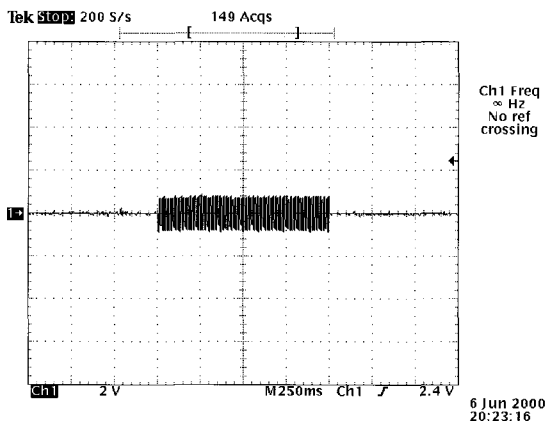


그림 11 SMI 필터를 설치한 경우의 수신신호
Fig. 11 Received signal in the case with SMI filter

그림 10은 전자식 안정기에서 발생하여 라인커플러를 통해 들어오는 잡음이 섞인 신호이고 그림 11은 2단 EMI필터를 설치한 경우의 라인커플러를 통과한 신호이다.

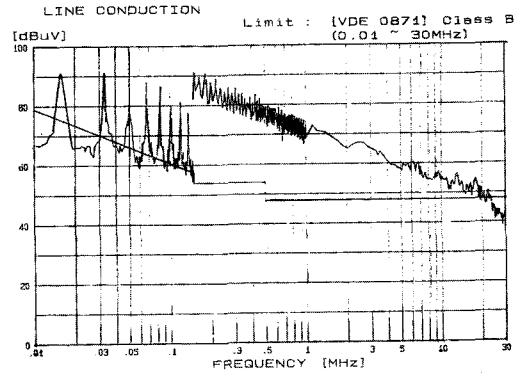


그림 12 EMI 필터가 없는 경우
Fig. 12 The case without EMI filter

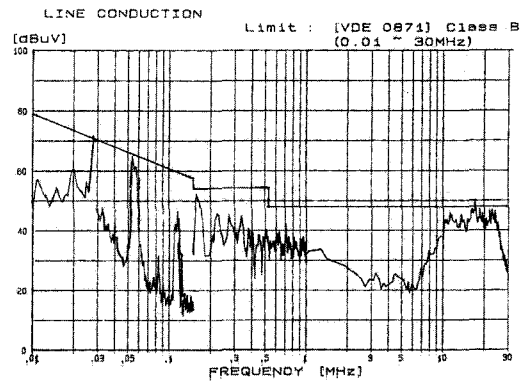


그림 13 2단 EMI 필터의 출력
Fig. 13 output of two stage EMI filter

전력선 통신에 사용되는 주파수 대역 130kHz 부근에서 동작주파수(18~25kHz)의 7고조파에 해당하는 EMI가 발생하여 수신부의 데이터 복조시 오류를 발생하게 한다. 그러므로 해당 대역에서 50dB 이하로 감소시키는 2단 필터를 구성하였다.

2.6 전력선 통신을 이용한 전자식 안정기 출력

그림 14와 같이 주파수 변조 방식의 조광제어를 실시하여 램프의 광출력을 측정하여 광출력이 최대밝기 일 때를 100% 하여 조광제어 결과를 아래와 같이 나타내었고 그림 15처럼 시스템을 구성하였다.

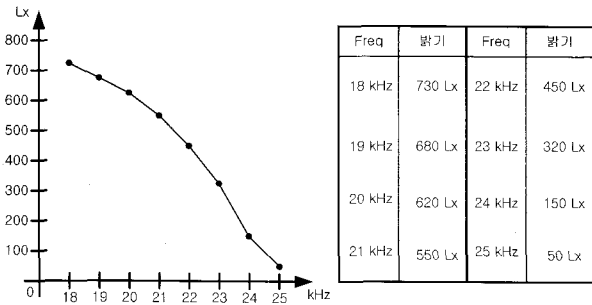
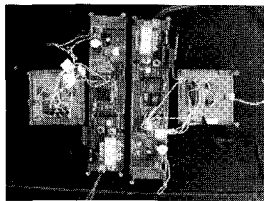
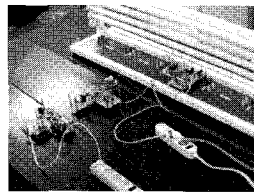


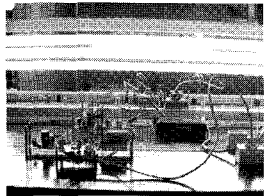
그림 14 조광제어에 의한 각 단계별 밝기
Fig. 14 Dimming levels according to frequency variation(kHz)



(a) 송,수신부



(b) 전체 시스템 구성



(c) 18kHz시 광출력



(d) 24kHz시 광출력

그림 15 실제 시스템 및 광출력
Fig. 15 Realized system and optic output

3. 결 론

본 논문은 전자식 안정기를 이용한 조광제어를 기존의 건물에 설치되어있는 전력선으로 실현하였으며, 조광제어 단계를 주파수 변조 방식을 이용하여 8 단계로 나누어 실시한 결과 Dimming 범위를 5~100%로 가능하게 하였다. 또한 이러한 조광제어를 저가용 범용 마이크로 프로세서(PIC16F84A)를 이용하여 제어 신호를 발생, 전달, 에러 검출 등의 동작을 실행하였다. 에러에 대한 대책으로 펄스폭 신호 선택 알고리즘을 이용하여 단순한 임펄스성 노이즈, 주기성 노이즈 등에 의한 에러를 방지하였다. 앞으로의 연구 과제로는 전자식 안정기의 안정된 동작을 위해 동작주파수 부분을 25kHz 이상에서 동작하도록 설계하는 것과 EMI에 대한 데이터 에러율 감소 및 에러 정정, PC와의 호환을

통해 종합적인 전력선 통신을 이루어 빌딩 자동화의 구현을 실현하는데 있다.

참 고 문 헌

- [1] W. R. Alling, "The integration of microcomputers and controllable output ballasts-A new dimension in lighting control" IEEE Trans. On Industry Applications, pp.1198-1205, 1984, September
- [2] 박종연, 정동열 "Lamp용 안정기의 종류 및 특징", 전기설비학회지 vol. 13.No. 1 pp.47-63, 1999
- [3] 박종연 "전자식 안정기의 종류 및 회로동작" 전력전자학회지 제4권, 제3호, pp. 24-29,1999, 6.
- [4] 박종연, 장목순 "주파수 직접확산 기술을 이용한 전력선 통신 시스템의 개발" 대한전기학회 논문집 제47권 7호, pp.1023-1028, 1998, 11
- [5] D. Liu, E. Flint, B. Gaucher, " Wide band ac power line characterization " IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, pp 1087-1097, June ,1999
- [6] Chong-yeun, Park, Gye-hyun, Cho, " On the Channel Capacity by power line Network-Topology", ITC-CSCC99, pp. 1302-1305

이 논문은 강원대학교의 BK(두뇌한국)21 사업(강원지역 멀티미디어 정보기술 인력양성사업단)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

저 자 소 개



박종연(朴鍾演)

1951년 2월 23일생. 1973년 고려대 전자공학과 졸업. 1980년 경북대 대학원 졸업(석사). 1984년 경북대 대학원 졸업(박사). 1973년~1977년 KIST 연구원. 1977년~1984년 울산 공대 부교수. 현재 강원대 전기전자정보통신공학부 교수.



주병훈(朱炳勳)

1973년 1월 15일생. 1999년 강원대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 석사과정.