

2.4 GHz 무선통신을 이용한 무전극 형광램프 조광제어

연재을
한양대학교
메카트로닉스 공학과

조규민
유한대학
정보통신과

김희준
한양대학교
전자컴퓨터 공학부

이찬길
한양대학교
전자 컴퓨터 공학부

A Remote Dimming Control for the Electrodeless Lamps Using the 2.4 GHz RF Communications

Jae-Eul Yeon
Dept. of Mechatronics
Engineering, Hanyang Univ.

Kyu-Min Cho
Dept. of Information and
Communications,
Yuhan Collage

Hee-Jun Kim
Div. of Electrical Engineering
and Computer Science,
Hanyang Univ.

Chan-Kil Lee
Div. of Electrical Engineering
and Computer Science,
Hanyang Univ.

Abstract - This paper presents a remote dimming control method for the electrodeless lamps using 2.4 GHz RF communication. Since the proposed dimming method are implemented with a simplest open loop control using ISM band RF modem and low cost MCUs, and the remote controller has just several functions such as On/Off and duty ratio increasing/decreasing, It can be made with low cost. In this paper, the detailed digital logics of the proposed remote dimming control are described and the experimental results are presented.

1. 서 론

무전극 형광램프는 종래의 형광램프가 램프 양단 전극간의 전계에 의한 열전자 방출에 의해 형광체가 발광하는 것과 달리, 램프 내부 또는 외부에 장착된 코일에서 발생하는 강력한 자계에 의해서 램프가 점등된다. 따라서 종래의 형광램프의 수명을 결정하는데 있어 가장 큰 영향을 미치는 전극이 없음으로 전극의 열화 및 형광체의 흑화현상으로 인한 수명단축을 피할 수 있다. 또한, 정격 이상의 전압 및 전류가 인가되더라도 램프의 수명에는 큰 영향을 주지 않는다. 이것은 무전극 형광램프가 주위환경 또는 특수목적에 따라 램프의 광출력과 전력소비를 조절하기 위한 조광제어를 적용하는데 있어서 대단히 유리한 특징이라고 할 수 있다.[1-3]

무전극 형광램프의 조광제어 기법으로 고려할 수 있는 방식은 크게 펄스 주파수 변조(PFM : Pulse Frequency Modulation)방식, 직류 링크 전압 가변방식 및 펄스폭 변조(PWM : Pulse Width Modulation) 방식 등을 들 수 있으며 각 방식별 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 펄스 주파수 변조 방식 : 고주파 점등을 위해 갖추어야할 공진형 인버터는 무전극 램프의 자기코야의 인덕턴스 및 저항성분까지도 공진요소로써 고려해야만 한다. 따라서 전원주파수의 변동에 따라 파라메타 값이 변동하는 무전극 형광램프에 주파수 변조방식을 통한 조광제어를 적용하게 되면 램프의 조광은 잘 제어되지 않는다.
- ② 직류 링크전압 가변방식 : 무전극 형광램프의 조광제어 측면에서 가장 우수한 특성을 얻을 수 있으나 별도의 감압형 컨버터가 필요하기 때문에 경제적이기 못하며 다단계 전력변환기 구조로 인해 효율저하가 발생하므로 적용시 제조비용의 상승이 불가피하다.
- ③ 버스트 디밍 기법 : LCD 백라이트 조광제어에 주로 적용되는 방식으로 간단한 제어회로의 구성으로 램프의 조광을 쉽게 제어할 수 있는 장점을 갖고 있지만 수 백 와트급 무전극 형광램프에 적용시 가칭 주파수 대역의 노이즈를 유발하고 과도한 제점등 전압이 발생하는 문제가 있다. 따라서 무전극 형광램프의 조광제어에 버스트 디밍 기법을 적용하기 위해서는 버스트 펄스의 주파수를 가장 주파수 이상으로 설정해야 한다. 그러나 이 경우 정밀한 제어가 이루어지지 않는다.

이상의 세 가지 조광제어 기법들 중 버스트 디밍 기법은 몇 가지 단점에도 불구하고 경제성 측면에서 가장 유리한 방식으로 이를 무전극 형광램프 조광제어에 응용하고자 하는 노력들이 활발히 진행되어왔다.[4,5]

본 논문에서는 무전극 형광램프 조광제어를 위해 제안된 평균 시비율 변조 알고리즘을 이용한 전자식 안정기의 원격 조광제어를 위해 산업 과학 의료분야(ISM : Industrial, Scientific and Medical) 대역의 주파수로 전파국의 허가를 득하지 아니하고도 사용이 가능한 2.4 GHz 대역의 RF 통신을 이용한 원격 조광제어 회로를 제안하였다. 제안된 원격 조광제어 회로에서 전자식 안정기와 송신기간의 통신으로는 저가의 RF 모듈과 마이크로프로세서가 사용되며 시

비율 제어 지령값은 제어회로로 적용한 EPLD 내부회로에서 처리하도록 함으로써 저렴하게 구성할 수 있다.

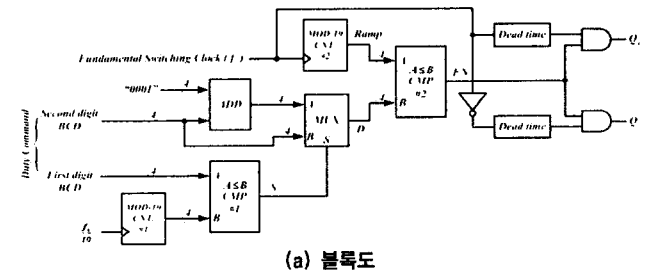
2. 무전극 형광램프 조광제어 알고리즘

2.1 평균 시비율 변조 알고리즘

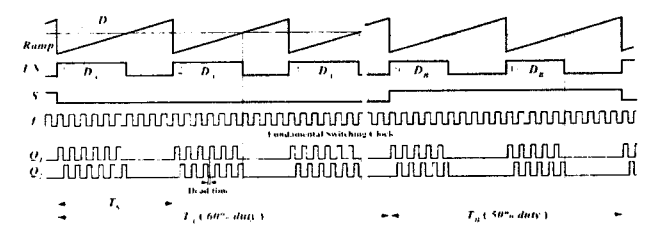
본 논문에서 제안하는 평균 시비율 변조 알고리즘의 구현을 위해 적용된 디지털 회로의 블록 다이어그램과 타임차트를 그림 1에 나타내었다. 이 방식은 앞서 살펴본 개선된 버스트 디밍 기법과 비교해 보다 더 복잡한 회로 구성이 요구되지만 보다 정밀한 조광제어가 가능하다는 특징을 갖는다. 그림 1(a)의 블록 다이어그램에서, 기본 스위칭 주파수는 250 kHz이다. MOD-10 CNT. #1은 25 kHz의 펄스신호를 카운트한 값을 외부 제어기로부터 입력되는 1자리 값에 해당하는 BCD 코드와 비교하여 멀티플렉서 MUX의 제어신호로 사용된다. 비교기 CMP #1으로부터 발생하는 제어신호에 의해 멀티플렉서 MUX의 출력은 외부 제어기로부터 입력되는 10자리 값의 BCD 코드와 이 값보다 1만큼 더 큰 값 중에서 CMP #1의 조건 만족에 따라 선택적으로 전환시켜 CMP #2의 B 입력단에 공급된다. CMP #2는 A 입력단에는 CNT. #2에 의해 기본 스위칭 주파수를 카운팅한 값이 인가되어 MUX 출력신호와 비교되어 활성신호 DA 또는 DB를 발생시킨다. 결과적으로 게이트 구동신호인 Q1과 Q2의 펄스는 이 활성신호가 발생할 경우에만 출력될 수 있다. 그림 21(b)의 타임차트를 통해 조광제어 알고리즘은 더욱 명확히 설명된다. 만약 $T = 10T_s$ 이고, $T = TA+TB$ 라고 한다면, 제안된 평균 시비율 변조 알고리즘을 통한 시비율은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$D = \frac{D_1 T_A + D_2 T_B}{T} \tag{1}$$

따라서 버스트 주파수를 기본 스위칭 주파수의 1/10인 25 kHz로 결정한다면 1%단위의 정밀한 제어가 가능해진다.



(a) 블록도



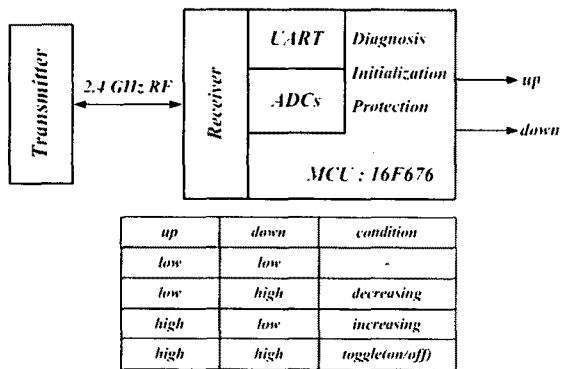
(b) 타임차트

<그림 1> 평균 시비율 변조 알고리즘

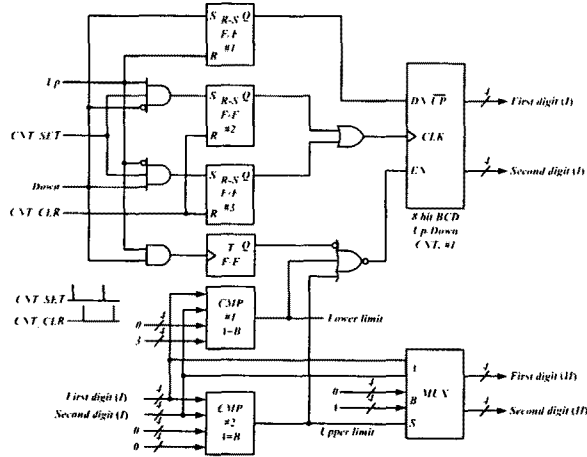
2.2 RF 무선통신을 이용한 원격 제어 회로

본 논문에서는 대표적인 ISM 대역의 주파수인 2.4 GHz의 RF 모듈을 150W 무전극 형광램프용 전력변환장치에 적용하여 단일조명 원격제어를 제안하였다.

그림 2는 2.4 GHz RF 무선통신 원격제어기의 블록도를 나타낸다. 무선 통신 원격 제어기는 RF 송수신 모듈과 저가 프로세서로만 구성하기 때문에 매우 경제적이며 전력변환장치에 장착되는 수신부로부터는 단지 ON/OFF 및 UP/DOWN 신호만이 발생된다. 따라서 EPLD는 이 신호들로부터 인버터 동작 및 시비율 제어 등을 처리할 수 있는 별도의 회로가 추가되어야 한다. 그림 3은 RF 수신모듈로부터 입력된 신호를 이용해 인버터 동작 및 시비율 제어를 처리하기 위한 회로도를 보여준다. 버스트 펄스 평균 시비율 변조를 위한 1의 자리 값과 10의 자리 값은 8 비트 BCD 업/다운 카운터 CNT. #1을 이용해 구현하였다. 동작 초기단계에서 CNT. #1의 출력값은 0이 된다. 이는 전력변환장치에 전원이 투입되어도 램프가 곧바로 점등되지 못한다는 것을 의미한다. 따라서 CNT. #1의 출력값이 0일 경우에는 CMP #2와 MUX를 이용해 시비율의 지령값을 100(A0)으로 절환되도록 설계하였다. 또한 모듈의 Up/Down 신호가 모두 high가 되면 토글모드를 이용해 안경기가 On/Off되도록 하였다.

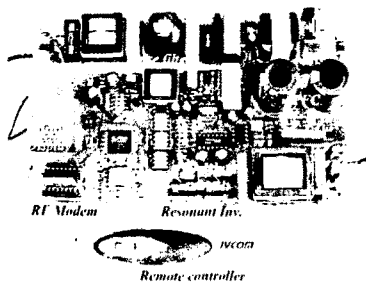


〈그림 2〉 RF 모듈의 블록도



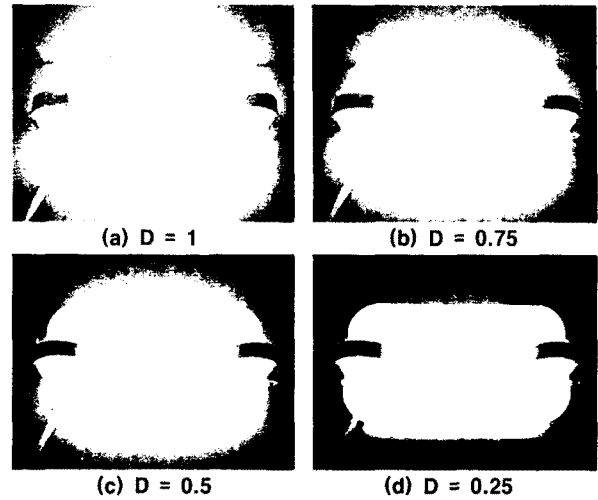
〈그림 3〉 조광신호를 처리하기 위한 논리회로도

3. 실험결과

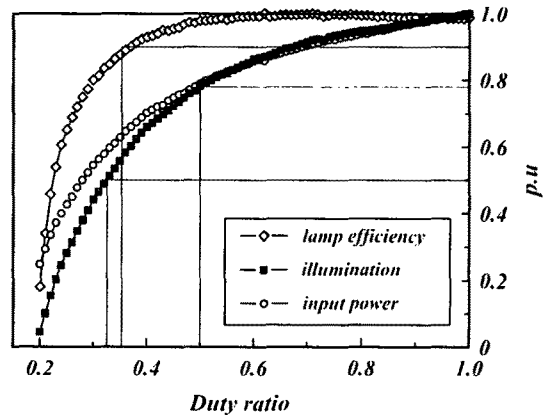


〈그림 4〉 무전극 형광램프용 원격조광제어 전자식 안정기와 원격조정기

그림 4는 본 연구에서 제안하는 평균 시비율 변조 알고리즘과 2.4 GHz RF 통신을 적용하여 프로토타입으로 완성한 150W급 무전극 형광램프 조광제어 전자식 안정기와 원격 조정기의 외관을 나타내었으며, 그림 5에 시비율 D의 변화에 따른 램프의 조광상태를 관찰한 사진을 그림 6에 실험을 통해 얻어진 측정 그래프를 나타내었다. 실험결과 시비율 D의 변화에 따라 램프의 조광이 잘 제어됨을 확인할 수 있었다



〈그림 5〉 시비율 변화에 따른 램프 조광상태



〈그림 6〉 시비율 변화에 따른 램프 조광상태

3. 결 론

본 논문에서는 무전극 형광램프 조광제어를 위한 평균 시비율 변조 알고리즘의 상용화를 위해서 2.4 GHz RF 통신을 적용한 무선 원격 조광제어 기법을 제안하였다. 제안된 조광제어 기법에서 전자식 안정기와 송신기간의 통신으로는 저가의 RF 모듈과 MCU를 적용하여 경제적인 구현이 가능하도록 하였다. 실험결과 32%의 시비율에서 최대치 대비 50%의 광속이 측정되었고, 50% 이상의 시비율에서 공진형 인버터 입력전압과 광속은 거의 일정한 비율로 변화하였으며 35% 이상의 시비율 영역에서 최대치 대비 90% 이상의 램프효율이 측정되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박동혁외, "무전극 램프 구동용 영전압 스위칭 고주파 인버터에 관한 연구", 전자공학회 논문지 3호, 제9권, pp. 113-119, 1998.8.
- [2] 주형중외, "SEPIC 컨버터를 이용한 무전극 형광램프용 고역률 전자식 안정기", 전력전자학회 논문지, 3호, 제9권, pp. 285-293, 2004. 6.
- [3] Lee, S.W. et al., "Simplified control technique for LCD backlight inverter system using the mixed dimming method", APEC 2001. Sixteenth Annual IEEE, Volume: 1, 4-8 March 2001.
- [4] Jae Eul Yeon, Kyu Min Cho, Hee Jun Kim, and Won Sup Chung., "A New Dimming Method for Electrodeless Lamps", ITC-CSCC 2005 Proceedings vol. 1, pp. 69-70, July 2005.
- [5] 연재을, 조규민, 김희준, "무전극 형광램프 조광제어를 위한 새로운 알고리즘", 대한전자공학회 논문지 SC 제3호, 42권, pp63-70, 2005