

# AC Chopper를 이용한 형광등의 조광제어 시스템의 개발

정 동 열, 박 종 연  
강원대학교 전기공학과  
전화 : 033-250-6292 / 핸드폰 : 019-386-1129

## Development of Dimming Control System for Fluorescent Lamp Using AC Chopper Technique

Dong-Youl Jung, Chong-Yeon Park  
Dept. of Electrical Engineering, Kangwon University  
E-mail : superman@mirae.kangwon.ac.kr

### Abstract

We have development the dimming controller using the ac chopper technique. The ac chopper change the amplitude of the input source voltage with the unchanged its frequency. The conventional dimming controller is operated by controlling voltage phase and is consist of the triac. It has a bad characteristic about a current THD and a power factor. But the dimming controller using the ac chopper technique has a low current THD and a good power factor. The developed dimming controller is consist of the MOSFET and the low pass filter. The system is operated by the variation circuit of the input source voltage and the microprocessor

### I. 서론

기존의 형광등 조광제어는 전자식 안정기 자체에 Dimming 제어 기능을 첨가하여 이루어지고 있다. 현재로는 인버터부의 구동 주파수를 변화시키는 Dimming 제어와 램프에 인가하는 전압의 크기를 가감하여 Dimming을 실현시키는 법 등이 있다. 그러나 이러한 방법은 전자식 안정기 내의 회로를 수정해야 하

며 기존의 형광등 전자식 안정기를 교체해야하는 번거로움이 있다. 이에 기존에 설치되어 있는 형광등 전자식 안정기의 교체 및 개발되어야 할 안정기의 회로 수정을 필요 없게하는 조광제어기의 개발이 요구되는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 기존 전자식 안정기에 연관없이 조광을 제어하는 기법으로 전자식 안정기의 입력전원을 제어하는 것을 채택하였고 AC chopper 기법을 사용하여 이를 실현하였다.

입력전원을 제어하는 방법으로는 본 논문에서 채택한 AC chopper 방식과 triac 소자를 이용한 전압위상 제어방식이 있다. 현재는 triac 소자를 이용한 전압위상 제어 방식으로 형광등의 조광제어를 실현한 제품도 있지만 이 방식의 문제점은 입력 역율의 및 입력 전류의 THD가 좋지않게 되어 본래의 전자식 안정기가 가지고 있던 역율 및 전류의 THD보다 더욱 나쁘게 되고 있다.<sup>[1,2,3]</sup> 하지만 AC chopper를 사용한 경우에는 역율 및 전류의 THD가 기존의 전압위상제어 방식보다 좋으며 조광제어의 폭이 넓어지게 되었다. AC chopper의 기본 구성은 전류 양방향성 소자인 MOSFET를 사용하여 이루어지고 입력단과 출력단의 필터를 연결하여 전류의 파형을 개선시키도록 하였다. 또한 입력 전압의 양과 음을 판별하는 회로에 의해 스위칭 제어를 하도록 하였다.<sup>[4]</sup>

## II. 기존 조광제어 시스템의 원리 및 문제점

기존의 전압위상제어의 경우 단상 AC 전원 입력라인을 triac으로 차단 또는 부하로 연결하여 부하에 전달되는 전력의 양을 조절한다. 따라서 형광등용 전자식 안정기의 입력 전력량이 가감되어 형광등의 조광을 제어할 수 있게 된다. 그러나 이 방법은 AC 입력 전원의 한주기내에서 triac이 도통되는 구간에서만 전류가 흐르기 때문에 전류가 입력 전원과 비교 했을 때 한쪽으로 몰리게 되고 그 결과 위상차가 발생하여 역율이 나빠지게 된다. 전류의 THD 또한 커지게 된다. 그림 1은 이 결과를 time chart를 통해 보여주고 있다.

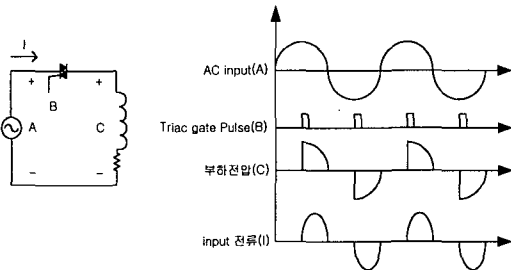
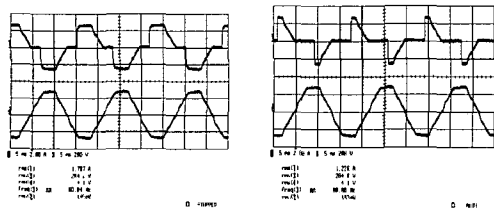
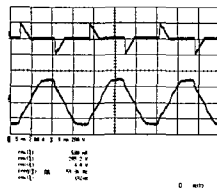


그림1 전압위상제어 방식의 회로 및 전압 전류파형

그림 2에서 보면 실제 dimming 단계별 입출력 전압 전류 파형이고 table 1은 역율 및 THD를 나타내고 있다.



(a) 최대 dimming 단계 (b) 중간 dimming 단계



(c) 최소 dimming 단계

그림2 Dimming 단계별 입력 전압 전류 파형

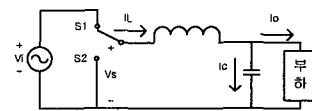
표 1 각 Dimming 단계별 입력 전압 전류 측정결과

입력전압	입력전류	역율	전류THD
220V	1.95A	0.93	29.3%
220V	1.78A	0.85	42%
220V	1.5A	0.75	56%
220V	1.3A	0.64	74%
220V	1.1A	0.54	88%
220V	0.8A	0.43	102%
220V	0.6A	0.31	119%

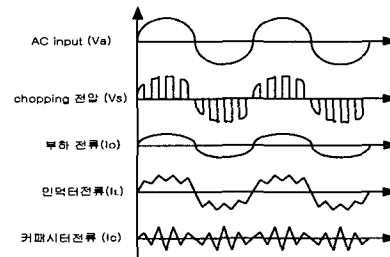
## III. 제안한 조광제어 시스템

### 3.1 조광제어 시스템의 원리

본 논문에서 개발한 조광제어 시스템은 AC chopper 기술을 도입하여 실현하였다. AC chopper는 임의의 교류 입력 전원의 크기를 변환하여 부하에 공급할 수 있는 전력 변환기로서 출력 주파수는 입력 주파수와 동일한 특징을 갖는다. AC chopper는 스위치, 커패시터, 인덕터로 구성된다. 그림 2에서 보면 스위치 S1이 on이면 S2는 off 상태이고 스위치 S2가 on이면 스위치 S1이 off된다. AC chopper에서 스위치 S1을 입력측에서 출력측으로 전달되는 에너지를 제어하는 기능을 하며 스위치 S2는 스위치 S1이 off되어 있을 때 출력측의 저류를 연속적으로 만들어 주기위한 free wheeling 역할을 한다. 그림3은 AC chopper 등가회로도 및 각 부의 전압전류 파형이다. LC 필터의 전단의 전압  $V_s$ 는 스위치 S1이 on 상태이면 입력전압  $V_i$ 와 같고 스위치 S2가 on 상태이면 0V가 된다. 스위칭 주기 T에 대하여 스위치 S1이 on 되는 구간을 DT라고 하면 D는 S1의 시비율이고 출력전압  $V_o$ 는  $DV_i$ 가 된다.



(a) 등가 회로도



(b) 각 부 파형

그림3 AC chopper의 회로도 및 각 부 파형

3.2 회로해석

개발된 시스템의 블록다이아그램은 그림4와 같다.

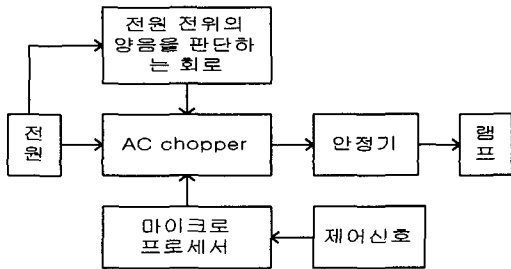


그림4 시스템의 블록다이아그램

그림5는 개발한 AC chopper의 회로도이다.

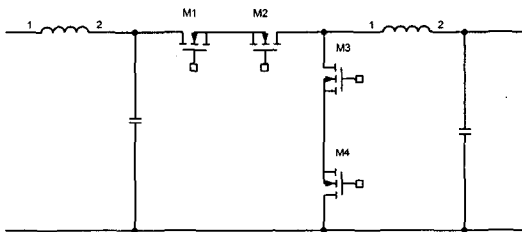


그림5 AC Chopper 회로도

먼저 전원 전압이 양전위일 때 MOSFET M3와 M2는 off시키고 M4는 on을 시킨다. M1은 마이크로 프로세서의 PWM 신호로 제어를 한다. M1이 on이 되면 입력측 전원이 부하측으로 연결되어 전류가 공급되게 되고 M1이 off 되었을 때에는 M4와 M3의 기생 다이오드를 통해 부하측 전류가 free wheeling 되어 부하 전류가 연속적으로 흐르게 한다. 반대로 전원전압이 음전위가 되었을 때 경우는 MOSFET M1과 M4를 off시키고 M3는 on을 한다. M2는 전원전압이 양전위 일 때 M1과 마찬가지로 마이크로 프로세서의 PWM 제어 신호로 제어한다. M2가 on이 되면 입력측 전원이 부하측으로 연결되어 전류가 공급되게 되고 M2가 off 되었을 때에는 M3와 M4의 기생 다이오드를 통해 부하측 전류가 free wheeling 되어 부하전류가 연속적으로 흐르게 한다

IV. 실험결과

부하를 32W 2등용 안정기로 하여 실험하였다.

그림 6은 각 MOSFET의 gate파형이다. M3와 M4는

전원전압의 주파수에 동기되어 on off를 서로 반대로 반복하고 있으며 M1과 M2는 PWM 제어신호가 gate에 인가되는 것을 볼 수 있다. 그림6에서보면 위에서부터 M1, M2, M3, M4순으로 gate파형을 나타내고 있다.

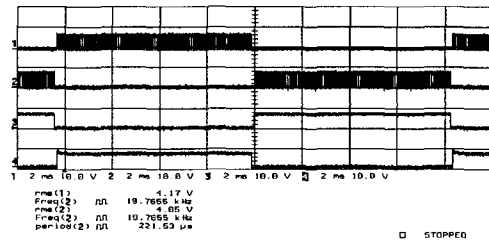


그림6 각 MOSFET의 gate 파형

그림7은 전압과 전류가 MOSFET의 스위칭에 의해 제대로 제어가 되어주고 있는 것을 보여주고 있다. 전압은 M4, M3의 양단이고 전류는 M1, M2로 흐르는 상태를 측정 한 것이다.

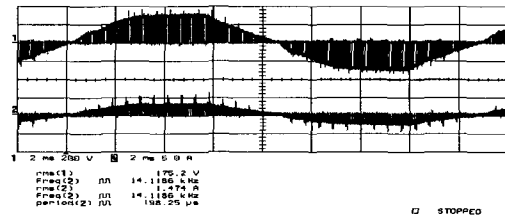


그림7 MOSFET의 스위칭에 의한 전압 전류파형

그림8은 기존의 조광 제어기를 실험한 결과로써 dimming 단계가 가장 최대 일 때 입력 전압과 전류의 파형이다. 상단이 전압파형이고 하단이 전류 파형이다.

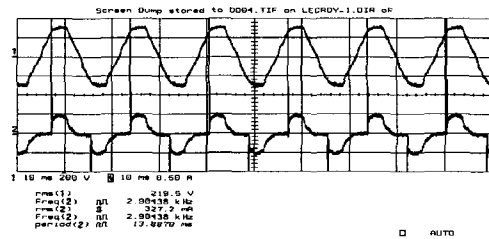


그림8 기존의 조광제어기의 입력전압 전류파형

그림9는 개발된 조광제어기를 실험한 결과로써 dim-

ming 단계를 최대한으로 하였을 때의 전압전류 파형이다. 상단이 전압파형이고 하단이 전류 파형이다.

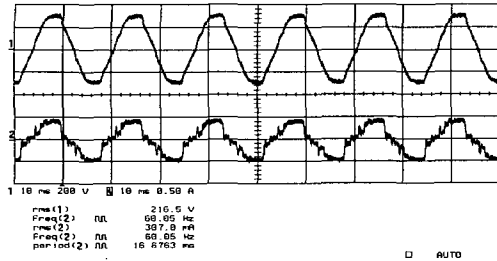


그림9 개발된 조광 제어기의 입력전압 전류파형

표2는 같은 안정기로 기존의 조광 제어기를 실험 결과로써 전류 및 역률 그리고 THD 그리고 watt를 나타내고 있다.

표2 기존의 조광 제어기의 dimming 단계에 따른 특성

dimming 단계	입력전압 (V)	입력전류 (A)	전력 (W)	역률	전류 THD(%)
1	220	0.313	62	0.9	47
2	220	0.445	50	0.51	90
3	220	0.508	47	0.42	155
4	220	0.497	35	0.32	227
5	220	0.472	27	0.26	236

표3은 본 논문에서 개발한 조광 제어기의 실험 결과이다.

표3 개발된 조광 제어기의 dimming 단계에 따른 특성

dimming 단계	입력전압 (V)	입력전류 (A)	전력 (W)	역률	전류 THD(%)
1	220	0.303	62	0.928	24
2	220	0.245	50	0.926	24
3	220	0.232	47	0.92	25
4	220	0.174	35	0.91	28
5	220	0.149	27	0.82	30

실험결과로는 기존 조광 제어기가 가지고 있는 문제점 즉 조광제어를 통한 불밝기 조절은 되지만 에너지 saving이 되지 않는 점을 개선하였다. 기존의 조광 제어기의 경우 전류 THD가 높고 역률이 나쁘게 되어 발생하는 문제점을 본 논문에서 개발한 조광 제어기로 개선한 것이다.

## V. 결론

현재 일반적으로 램프의 조광 제어로는 전압 위상 제어 방식을 사용하고 있다. 그러나 이 방식은 입력 전류의 THD가 조광 레벨에 따라 약 50%~250% 및 역률이 0.9~0.25 등 개선되어야 할 문제점을 안고 있다. 본 논문에서 개발한 조광 제어기의 경우 입력 전원을 주파수는 동일한 상태에서 크기만을 가변시켜 안정기에 공급 시킴으로써 전류의 THD를 30% 이하 및 역률이 0.9 이상으로 개선시킬 수 있었다. 개발한 조광 제어기의 구성은 크게 스위칭부와 필터부로 이루어지고 스위칭부를 제어하기 위하여 입력전원의 양을 판별하는 회로 및 마이크로 프로세서가 사용되었다. 시판되는 안정기로 기존 조광 제어기와 개발된 안정기를 비교 검토한 결과 개발한 안정기의 특성이 좋은 것으로 나타났다.

본 논문은 강원대학교 BK21 사업단의 지원으로 수행되었음

## 참고문헌(또는 Reference)

- [1] G. Choe, A.K. Wallace, M.H. Park, "An Improved PWM Technique for AC Choppers", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol.4, October 1989.
- [2] H. Bodur, A.F. Bakan, M.H. Sarul, S.Pravadaltpglu "Analyse of Current Controlled PWM Technique in AC Choppers and Realization of an Application Circuit", Elektrik Muh. 6. Ulusal Kong., Bursa, TURKEY, 1995.
- [3] H. Bodur, A.F. Bakan, M.H. Sarul, "Analyse and Implementation of Single Phase Current Controlled PWM AC Chopper that also uses Negative Mains Voltage", Elektrik Muh. 7. Ulusal Kong., Ankara, TURKEY, 1997.
- [4] Nabil A. Ahmed, Kenji Amei, and Masaaki Sakui, "A New Configuration of Single-Phase Symmetrical PWM AC Chopper Voltage Controller" IEEE Transaction on Industrial Electronics. Vol. 46. No. 5. October 1999