

TRIAC 위상제어 조광기에서의 LED 구동을 위한 Single-Stage PSR(Primary Side Regulation) PWM 컨버터에 관한 연구

*한재현, **정영국, ***임영철
*LG이노텍, **대불대학교, ***전남대학교

A Study on the Single-Stage PSR(Primary Side Regulation) PWM Controller for LED Drive in TRIAC Phase Controlled Dimmer

Jae Hyun Han*, Young Gook Jung**, Young Cheol Lim***

Power Laboratory, LG innotek Co. Ltd*, Daebul University**, Chonnam National University***

Abstract 본 논문에서는 이미 설치되어 있는 TRIAC 위상제어 조광기에 LED조명장치를 적용할 경우 발생하는 낮은 위상 각에서의 LED플리커 현상, 입력 필터단 캐패시터의 피크 전압 상승으로 인한 부품 손상 및 소음 발생, TRIAC 유지전류 부족으로 인한 오동작 그리고 LC공진에 의한 비정상 오실레이션^[1] 등의 원인을 해결하기 위한 방안을 제시하였다. 그리고 이를 개선할 수 있는 Single Stage PSR PWM 컨버터를 설계하였으며 구현에 의하여 타당성을 입증하였다.

1. 서론

본 논문에서 제안한 PSR(Primary Side Regulation)방식은 종전의 절연(Isolation)형 컨버터에서 사용하는 2차측 피드백 방법에 의하지 않고, 1차 측의 변압기 신호를 이용하는 1차측 피드백 제어를 사용하고 있다. 이 방법은 신호 절연용 부품을 사용하지 않기 때문에 공간적인 절약에 있어 많이 유용하며 소형 컨버터 방식에 적합하다. 제안된 방식의 제어 기법은 타 솔루션에 비해 최소 부품 수 적용으로 상업적 현실성을 높이며 회로 시뮬레이션 검증 뿐 아니라 실제 제품의 제작 및 국내/외 대표적인 TRIAC위상제어 조광기의 시험평가를 통해 제품의 호환성과 효율성을 입증하였다. 제작된 PSR방식 PWM컨버터는 정부가 인증하는 효율 보증제도인 “고효율 에너지 기자재”인증 뿐만 아니라 PSE(일본), CCC(중국), UL(미주), CE(유럽) 등 국제적 규격까지 만족시키고 있음을 실험으로 알 수 있었다.

2. TRIAC 위상제어 조광기

기존 백열전구 및 형광등은 저항부하의 특성을 가지기 때문에 TRIAC내부에 있는 LC성분에 영향이 없다^[2]. 반면에 AC/DC 컨버터의 경우는 입력단 LC성분의 EMI필터에 의해 TRIAC내부의 LC성분과 공진 또는 발진현상을 발생시키는데 이러한 현상은 LED의 플리커 현상과 소음 또는 불안정한 동작으로 인한 소자 파괴까지 심각한 결과를 초래하기도 한다. TRIAC 위상 조광기에서의 AC/DC 컨버터 구동 시 문제점으로 크게 네 가지 유형이 있다.

1) 매우낮은 위상 도통각에서 LED 플리커 발생

AC 제로 크로싱중에 TRIAC은 오프 상태이므로 일반 AC/DC 컨버터가 셧 다운될 수 있으며 LED로드를 제대로 구동할 수 없다.

2) 입력 필터 캐패시터의 피크전압 상승

EMI필터가 TRIAC과 병렬위치에 내장되므로 입력필터 캐패시터로 큰 전류가 유입된다. 그 결과로 조광기가 오프상태인 경우 입력 캐패시터 전압은 상승하고 과부하로 인하여 입력 필터 캐패시터가 손상될 수 있다.

3) TRIAC유지전류 부족

유지 전류는 TRIAC를 작동상태로 유지하는데 필요한 최소한의 기본 전류로서 기계식 릴레이의 드롭아웃 또는 최소동작 조건과 관련된다. AC/DC 컨버터에서 역률보상 기능이 없는 단순한 브리지 정류기를 이용할 경우, 입력 전류에 제로구간이 발생되며 이 구간동안 TRIAC 유지전류 부족으로 인하여 정상적인 동작을 보장 할 수 없다.

4) TRIAC 초기 동작 시 입력전류 오실레이션

대부분의 스위칭 모드 LED컨버터의 AC전원단에는 EMI필터를 내장하고 있으며 TRIAC 조광기에도 자체 유도성 및 용량성 소자가 내장되어 있다. 만약 입력전압의 최대치에서 TRIAC조광기가 동작된다면, 순간적인 전류 유입으로 인하여 전원단 필터소자와의 공진 오실레이션을 유발하기도 한다. 이는 LED컨버터의 불안정한 동작을 유발하고 LED 플리커를 발생시키기도 한다.

3. PSR PWM컨버터의 설계

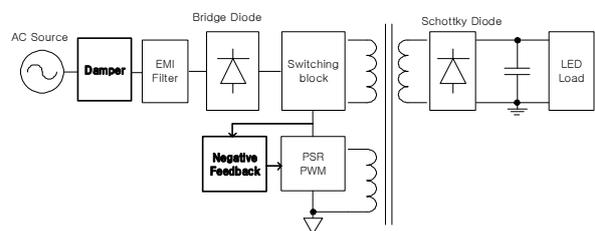


그림 1 제안된 PSR방식 컨버터 블록도

Fig. 1 Block diagram of the proposed PSR converter

그림 1은 제안된 방식의 제어 블록 선도를 나타낸다. 그림 1에서의 Damper부는 일반저항으로 TRIAC 위상 조광기로 하여금 저항부하의 임피던스 특성을 크게 하여 순간적인 전류유입으로 인한 컨버터 단에서의 입력 필터 캐패시터의 피크전압 상승 및 TRIAC 초기 동작 시 내부 용량성과 유도성 부품으로 인한 입력 전류 오실레이션 오동작을 방지하는 역할을 한다. 저항 값은 약 수십ohm에서 수백ohm정도 사용되며 공간적인 여유가 있을 경우

Active방식의 Damper를 사용하면 저항 값에 따라서 약 2~5% 정도의 효율상승 효과를 얻을 수 있다. 제안된 컨버터는 TRIAC 위상 조광기의 호환성을 높이기 위하여 입력단 Damper부와 Negative Feedback부가 추가되었으며 노이즈 제거를 위한 EMI 필터단과 브리지 정류단 그리고 변압기를 포함한 스위칭 블럭단과 PSR PWM 제어기로 구성되며 1차와 2차측의 절연을 통해 LED구동부로 구성되어 있다.

Negative Feedback회로는 1차측의 PSR PWM 컨버터의 전원부로 사용되는 변압기 보조권선 단에서 역방향 다이오드와 RC를 이용한 PI제어 단으로 구성된다. 이는 구동 중 매우 낮은 위상 도통각에서 LED 플리커 발생과 TRIAC 유지전류 부족 문제를 해결할 수 있다.

4. 특성평가

그림 2는 제안된 컨버터의 전기적 특성시험 결과이다. 100%, 50%, 10% 동작조건에서의 TRIAC조광기의 입력 전압과 전류 파형으로 나타내며 낮은 도통각에서의 안정적인 동작은 물론 높은 역률을 보인다는 것을 알 수 있다.

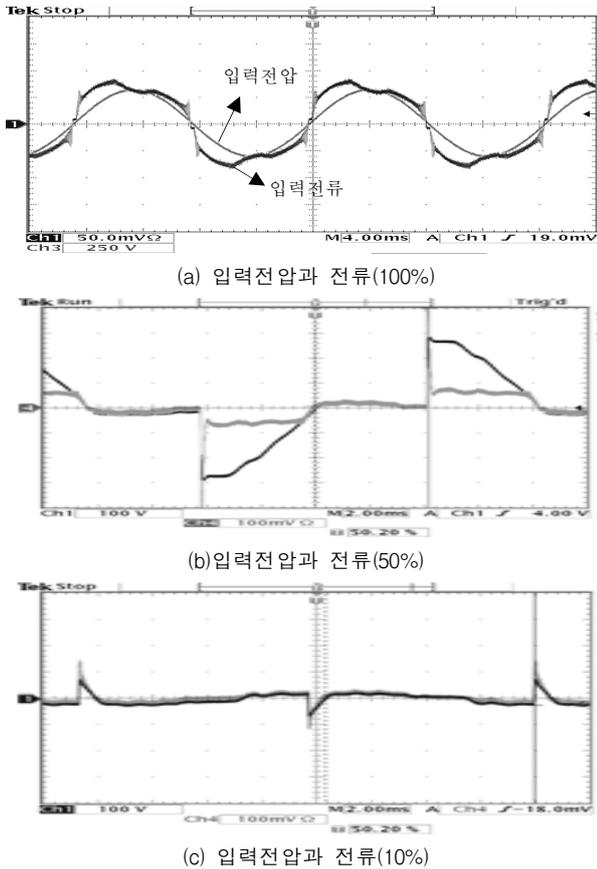


그림 2 전기적인 특성시험 파형
Fig. 2 Waveform of electrical test

제안된 컨버터는 기존 60W급 백열전구를 대체할 수 있는 12W급 LED벌브 구동용 컨버터로서 제품 사이즈를 최소화 하였으며 입력력 커넥터는 와이어 타입으로 공용으로 사용하기 쉬운 구조로 설계하였다. TRIAC 위상 조광기의 호환성 검증을 위하여 국

내외 대표적 조광기 23여종을 시험하였으며 시험결과 타 제품보다 호환성이 우수하였으며 특히 낮은 위상 도통각에서의 구동은 플리커 현상 및 소음 유발 없이 상당히 안정적인 동작을 하였다. 또한 제품의 전기적 특성시험 결과 그림 3에서 보는 바와 같이 상용전원 220V기준으로 정전압 정전류 제어는 물론 효율 82%, 역률 0.95, THD 25%이하로 타제품과 비교하여 높은 효율 및 구동특성을 가진다는 것을 알 수 있었다. 그림 4는 제안된 컨버터의 EMI시험결과를 나타내며 노이즈에 대한 안정성을 확인하였다.



그림 3 측정결과
Fig. 3 Measurement result

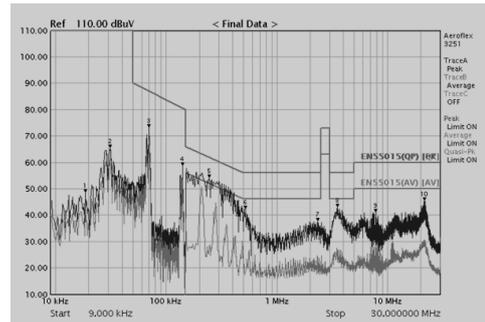


그림 4 EMI 시험결과
Fig. 4 Test result of EMI

5. 결론

본 논문에서는 기존 설치되어 있는 전기설비인 TRIAC 위상 제어 조광기에 LED조명장치를 구동할 경우 발생하는 여러 가지 문제점 및 원인을 고찰하고 이를 개선할 수 있는 Single Stage PSR PWM 컨버터를 설계하고 평가하였다. 제안된 방식의 제어 기법은 타 솔루션에 비해 최소 부품 수 적용으로 상업적 현실성을 높일 뿐만 아니라 회로 시뮬레이션 검증 및 실제 제품을 제작하여 평가하였다. 국내/외 대표적인 TRIAC위상제어 조광기의 구동 실험을 통해 제품의 호환성과 효율성을 입증하였다.

이 논문은 LG이노텍의 연구비 지원에 의하여 연구되었습

참고 문헌

[1] Tony Lai : TRIAC 위상제어 조광기로 LED 대체 조명의 광도 조절, NSC, 2010
[2] Joe Knisley : 전등 디밍 기술의 이해, EC&M pp 14 17, 2003.2