

IGBT를 이용한 새로운 Dimming 기법에 관한 연구

김보경*, 임채형*, 박민원**, 성기철**, 유인근*
 창원대학교*, 차세대초전도응용기술개발사업단**, 전기연구원***

Study on Novel Dimming Method using IGBT

Bo-kyong Kim*, Chae-hyung Lim*, Min-won Park**, Ki-chul seong***, In-keun Yu*
 Changwon National University*, CAST**, KERI***

Abstract - In proportion to the development of various cultural contents industry, although the lighting tools with advanced control system are needed, the fields of the lighting tools are not competitive in techniques because they are limited in small businesses and have been lost their markets to foreign companies in the high value added industry. Accordingly, the technique that is better than current lighting tools is needed urgently.

So, for the new lighting tools, this paper presents a new dimming method using IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) devices.

There are three procedures in this study. For the first, the authors verify superiority of IGBT Dimmer with simulation using EMTDC in former step for development of IGBT dimmer. Secondly, the authors made IGBT dimmer directly with the basis of simulation results. For the last, the efficiency, the Total Harmonic Distortion(THD) current, temperature characteristic, noise characteristic, voltage drop, heat losses between the IGBT dimmer and the Thyristor dimmer that is being used popularly in the industries the stages, and the theaters were tested and compared..

1. 서 론

다양한 문화 컨텐츠 산업의 발전으로 더욱 진보된 제어 시스템을 가진 조명 기기를 필요로 한다. 현재의 조명 기기 분야를 살펴보면, 2000년 세계 시장의 규모는 711억불(년 평균 3.02% 성장)이며, 다국적 기업 점유율(Phillips 20%, Osram 17%, GE 16%)은 53%에 이르며, 우리 나라 시장 규모는 14.5억\$로 전세계시장의 약 2.1%에 이르고 있다. 국내를 살펴보면 업체수는 722개, 종업원수 13,600명(9인 이하 57%)의 열악한 중소기업이 대부분을 차지함으로써, 기술적인 경쟁력이 저하되어 있고, 2001년 수출입 통계를 보면, 수출은 217(백만\$)이고, 수입은 346(백만\$)에 달해서 기술적 경쟁력을 요구하고 있다[1].

Dimmer는 조명의 밝기를 조절하는 장치를 가리키는 것으로 중세시대에 실내 극의 효과를 증대시키기 위하여 처음으로 사용되었다. 이후 1800년대에 Gas등이 사용되기 시작함에 따라 빛의 양을 조절하는 것이 용이해짐으로써 조광(Dimming)이 극의 효과 요소로 자리를 잡게 되었다. 이후 본격적으로 사용되어진 것은 19세기 중반 이후이며, 현재에 조광기는 무대극, 각종 공연장가정용, 병원용, 쇼 룸, 호텔용에 사용되어지고 있다. 종래 조광(Dimming)은 오토 트랜스에 의해 이루어지

고 있었으나, 반도체의 보급과 함께 소형화되어 스탠드에 내장되거나, 벽에 장치하는 스위치 박스에 부착되어 스위치와 조광을 함께 실행하는 이른바 조광 스위치로서 사용하게 되었고, 1960년대 이후에는 Thyristor를 사용한 조광기가 개발되어 다른 방식의 조광기 제조는 거의 중단이 되었다. 그러나 이 방식 역시 고조파 및 효율 등에서 상당한 문제가 제시되고 있는 실정이다. 최근 새로운 반도체 소자인 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)를 사용하여 이와 같은 문제점들을 개선한 새로운 Dimmer가 개발되어 각광받고 있다.[2, 3] 따라서 본 논문에서는 IGBT Dimmer를 국산화하기 위한 사전 단계로 이를 효과적으로 설계/검증하기 위해 전기적인 과도현상 분석용 EMTDC를 이용하여 시뮬레이션을 하여 그 결과를 바탕으로 하여 하드웨어를 구성하였고, 이 결과와 현재 국내 S아트홀에서 실제로 사용되는 SSR(Solid State Relay) Dimmer와의 성능을 비교하여 봄으로써, IGBT Dimmer의 우수함을 검증해보고자 한다.

2. IGBT Dimmer Simulation

IGBT Dimmer를 제작하기 앞서 구동회로 및 제어기의 설계검증을 위하여 소프트웨어 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 프로그램은 전기적인 과도현상 분석용 소프트웨어 패키지인 EMTDC를 사용하였으며, IGBT Dimmer 모델링 회로는 아래의 그림 1과 같다.

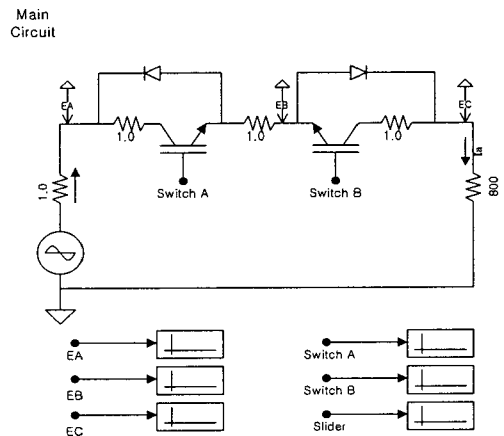


그림 1 IGBT Dimmer 회로도

그림 1의 Switch A와 B를 구동하기 위한 드라이브 회로의 동작원리를 설명하면 다음 그림과 같다.

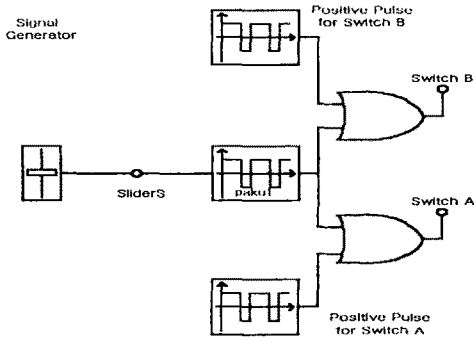


그림 2. Switching 신호 구현도

즉, 그림 2에서와 같이 60[Hz] 상용전원을 제어하기 위해서는 각각의 IGBT 소자에 대하여 60번씩의 Switching 신호가 필요하다. 그러므로 Positive Pulse for Switch A에는 60[Hz]의 구형파를 인가하고, Positive for Switch B에는 A보다 위상이 180° 뒤진 위상의 60[Hz]의 구형파를 입력한 후, 구형파 발생원 (paku)에 120[Hz]의 구형파를 인가하여 이 신호들을 두 개의 OR Gate로 처리, IGBT Switch A와 B의 구동 신호를 발생시켰다. 그리고 그림 2의 Slider 값은 FORTRAN 프로그램을 이용하여 디지털 값으로 처리하였다.

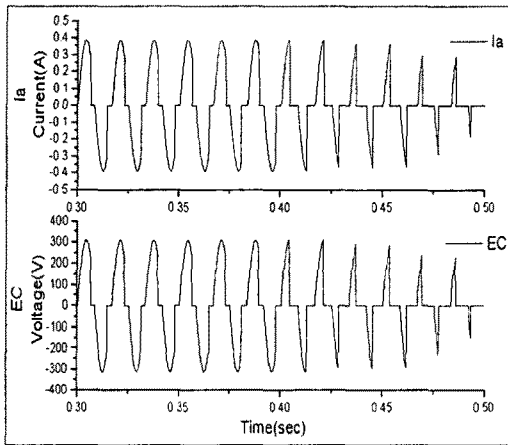


그림 3. 부하 전류와 전압

제어범위 내에서 IGBT Dimmer의 출력 파형(전압과 전류)을 나타내면 그림 3과 같이 나타나, S/W 시뮬레이션을 통해 IGBT Dimmer를 효과적으로 제어 방법을 구현할 수 있었다.

3. IGBT Dimmer 구성 및 실험

본 논문에서의 하드웨어 구성은 IGBT 소자로서 IXYS사의 IXSN52N60AU1을 사용하여 소프트한 Turn_ON으로 시작하여 Turn_ON시에 돌입전류를 방지하고, 전압 상승도 줄였으며, 신호의 동기화를 위한 시작점을 찾는 제로 크로싱 디텍트는 LM358과 LM311을 이용하였으며, IGBT 게이트 드라이브를 제어할 마

이크로프로세서는 Microchip사의 PIC16C7 4A를 사용하였다. IGBT Dimmer의 전원은 220V이고, 용량은 800W로 제작하였다. 마이크로프로세서의 제어 흐름도는 그림 4와 같다.

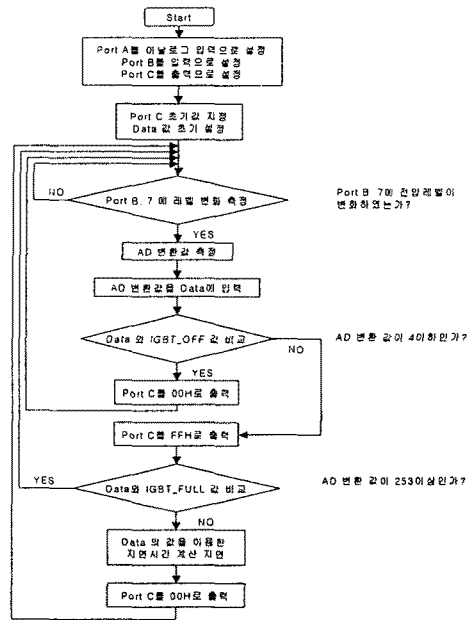


그림 4 마이크로프로세서의 제어 흐름도

Dimmer의 전압 파형을 보면 그림 5와 같으며, 시뮬레이션 파형과 비교해 볼 때 일치하고 있다.

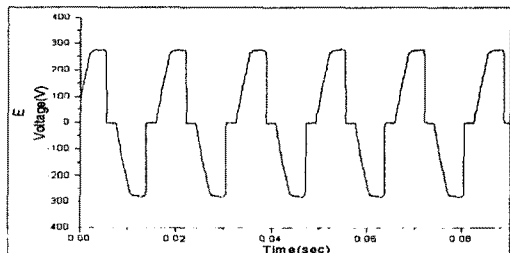


그림 5 Dimmer의 전압 파형

효율측정 결과는 그림 6에서와 같이 할로젠등 점등 시 92.54%, 최대 밝기에서는 98.45%로 이를 평균하면 96.36%로 분석되었다.

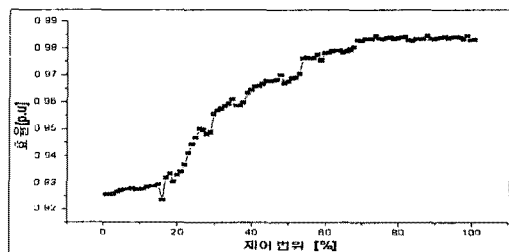


그림 6 효율 측정 결과

최대밝기에서의 고조파 전류를 Power Quality Analyzer(PM3300)로 측정한 결과는 아래 그림 7에서와 같다. 그림에서와 같이 기본파 성분이 대부분을 차지하며 3차, 5차 및 7차 성분이 미미하게 포함된 것을 알 수 있다. THD는 6.72(%)로 나타났다.

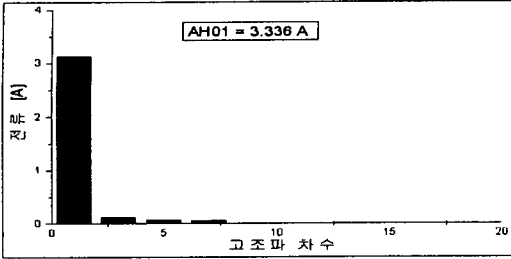


그림 7 THD 성분

IGBT Dimmer에서는 일반적으로 접합 전압강하에 의한 손실이 대부분을 차지하고 있다. 측정 결과, 2.3~10.8(W)로 나타나, 평균값은 9.33(W)로 측정되어 IGBT Dimmer의 우수성을 입증할 수 있었다.

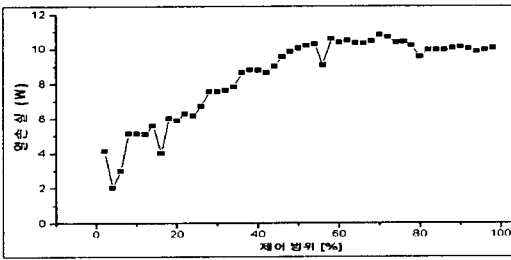


그림 8 열손실

3. SSR Dimmer 구성 및 실험

현재 조명시장에서 사용되고 있는 S아트홀의 SSR Dimmer의 특성 시험을 시행하였다. 전원으로는 220V 상용 전원을 인가하였고, 용량 1kW Dimmer의 전압파형은 아래의 그림 9의 형태로 나타났다.

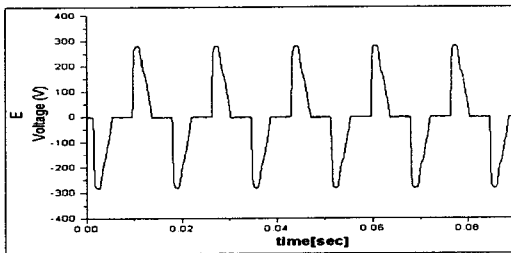


그림 9 SSR Dimmer의 전압

그림 9와 그림 5를 비교해 보면, IGBT Dimmer의 경우에는 프로그램에 의한 soft Turn_ON을 사용하므로 돌입 전류의 발생원인을 제거하였지만, SSR Dimmer의 경우에는 스위칭 기법의 차이에 의해 Turn_ON시에

그림 10과 같이 높은 돌입 전류의 발생을 알 수 있다.

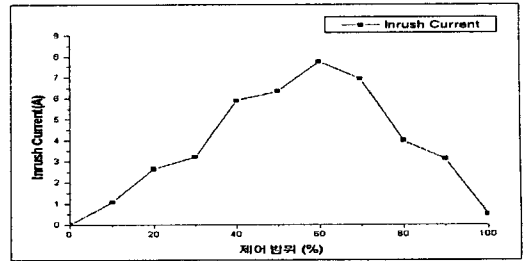


그림 10 돌입 전류

고조파 전류를 측정한 결과는 그림 11과 같다. 여기에서는 2가지 측정을 하였는데, 200(mH)의 인덕턴스를 부착하였을 경우는 THD가 15.23(%)로 나타났고, 인덕턴스를 제거하였을 경우에는 16.49(%)로 나타났다.

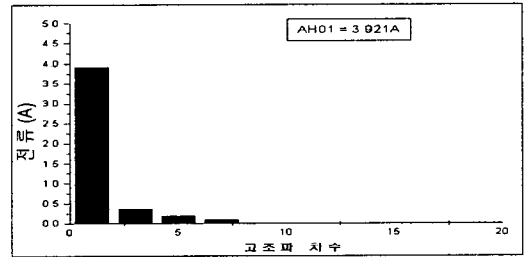


그림 11 THD 성분

4. 결 론

두 Dimmer를 비교하여 보면, 현재 사용되고 있는 SSR Dimmer에 비해서 IGBT Dimmer는 soft 스위칭을 시행함으로써 돌입전류를 제거하여 낮은 THD를 얻을 수 있었다. 즉, SSR Dimmer를 대신하여, 보다 우수한 특성을 가지는 IGBT Dimmer를 조명시장에서 사용할 경우 외국 시장에 대한 경쟁성을 가짐은 물론, 에너지 효율의 경제성 제고, 수입대체 효과 및 고부가가치 산업인 IDS(Intelligent Dimmer System)에 적용할 수 있는 기반을 다질 수 있다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의해 수행된 결과입니다..

(참 고 문 헌)

- [1] 한국조명기술연구소, <http://www.kilt.re.kr/>
- [2] 김보경, "EMTDC를 이용한 Dimmer 시뮬레이션", 전기학회, 전기학회 전력기술분회 춘계학술대회, P194, 2001
- [3] 김보경, "IGBT를 이용한 새로운 Dimmer 개발", 대한전기학회 경남지부 춘계학술대회, P9, 2002