

## EMTDC를 이용한 IGBT Dimmer 시뮬레이션

김보경\*, 박민원\*\*, 성기철\*\*\*, 유인근\*  
 창원대학교\*, 오사카대학\*\*, 한국전기연구원\*\*\*

### Simulation of IGBT Dimmer Using EMTDC

Bo-kyong Kim\*, Min-won Park\*\*, Ki-chul Seong\*\*\*, In-keun Yu\*  
 Changwon National University\*, Osaka University\*\*, KERI\*\*\*

**Abstract** - Light dimming is based on adjusting the voltage which gets to the lamp. Light dimming has been possible for many decades by using adjustable power resistors and adjustable transformers. The power electronics have proceeded quickly since 1960. Between 1960-1970 thyristors and triacs came to market. Using those components it was quite easy to make small and inexpensive light dimmers which have good efficiency. This type of electronic light dimmers became available after 1970 and are nowadays used in very many locations like homes, restaurants, conference rooms and in stage lighting.

But the problem of thyristor dimmer have been that it has poor efficiency and voltage drop.

Recently IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) control is a new way to do light dimming for improving this problems. IGBT dimmer has many other advantages over traditional thyristor dimmer, there are no huge current spikes and EMI caused by turn on. Using IGBT it is possible to make the turn-off rate relatively slow to achieve quite operations in terms of EMI and acoustical or incandescent lamp filament noise.

For the development of IGBT dimmer, This paper shows the effects of IGBT dimmer compared with thyristor dimmer through a simulation using EMTDC.

#### 1. 서 론

현재 조명부하는 총 소비전력의 약 20%를 차지하고 있으나, 우리 나라의 경우 조명 기기를 제작하는 업체 대부분이 중소기업에 국한 되어있어 조명 기술수준이 선진국에 비하여 낙후되어 있는 것이 사실이다.[1]

조광 시스템에 대한 국내시장을 살펴보면 표 1.에서와 같이 나타나 1999년 한해에 약 500억원 정도의 시장이 있는 것으로 조사되었다.

표 1 조광시스템의 국내시장(1999년)

품 목 명	1999년 (단위 : 백만원)	
	호텔 및 음식점	회관 및 강당
조명기구	4,000	12,000
조 광 기	2,000	7,000
콘솔 (computer Control Console)	2,000	3,000
소 계	8,000	22,000
수입 완제품	20,000	
총 계	50,000	

1997년부터 작년까지의 실적은 그림 1에서와 같이 나타나 매년 5% 가량 지속적으로 성장하고 있는 매우 시장성이 높은 기술인 반면, 소형의 경우 이외에는 외국으로부터 수입되고 있어 이에 대한 국산화가 매우 필요한 것으로 분석되었다.

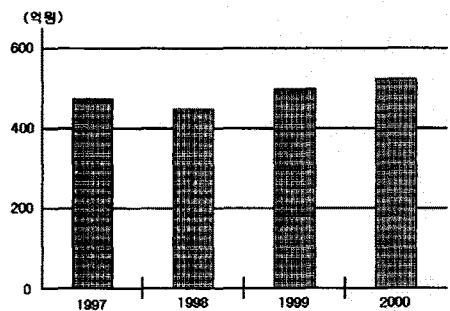


그림 1 국내시장 변화추이

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 용이해 짐으로써 조광(Dimming)이 극의 효과 요소로 자리를 잡게 되었다. 이후 본격적으로 사용되어진 것은 19세기 중반 이후이며, 현재에 조광기는 무대극, 각종 공연장과 가정용, 병원용, 쇼 룸, 호텔용에 사용되어지고 있다. 종래 조광(Dimming)은 오토 트랜스에 의해 이루어지고 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]

한편, Dimmer의 국산화의 필요성을 인식한 일부 중소기업에서 Thyristor Dimmer를 개발하여 판매하고 있으나 중요소자나 IDS(Intelligent Dimmer System)기술은 해외에 의존하고 있고, IGBT Dimmer 및 IDS의 경우에는 개발 실적이 전무한 상태이다.

본 논문에서는 IGBT Dimmer를 개발하기 위한 사전 단계로 이를 효과적으로 설계/검증하기 위해 전기적인 과도현상 분석용 EMTDC를 이용하여 시뮬레이션 함으

로써 향후 개발의 가능성을 제시하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 IGBT를 적용한 Dimmer

그림 1은 IGBT를 적용한 Dimmer의 회로도이다.

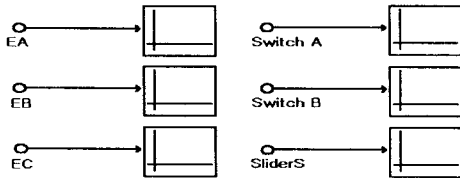
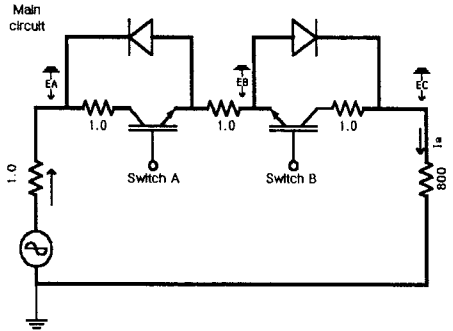


그림 2 IGBT Dimmer의 원리

기존에 사용되어지고 있는 thyristor를 이용한 Dimmer의 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, Harmonic Noise가 발생한다. 둘째, 주변의 음향기나 영상기에 영향을 주는 RFI/EMI 발생한다. 셋째, 램프 필라멘트의 소음이 발생한다. 넷째, Dimmer의 진동과 팬 Noise에 의한 기계적인 소음이 발생한다. 다섯째, HVAC(Heating Ventilation and Air Conditioning)가 필요하다.

이와는 대조적으로 Dimmer에서 IGBT를 채용함으로써 가지는 이점은 첫째, 효율 개선으로 에너지를 절감할 수 있다. 둘째, 램프에 공급되는 전압의 파형을 곡선화 시킬 수 있어 램프의 수명 연장을 할 수 있다. 셋째, 안정된 전류 공급으로 돌입전류를 조절할 수가 있다. 넷째, 소음이 적고, Cooling 팬이 불필요하다. 다섯째, 동급 성능의 Thyristor에 비해 전압강하가 1/5정도이다. 여섯째, 열 손실을 줄일 수 있다. 이와 같이 거의 대부분의 문제를 보완해 줄 수 있는 IGBT Dimmer 회로를 구성하여 시뮬레이션 해 봄으로써 기술적 대안을 가질 수가 있다.

그림 2는 diode가 내장된 IGBT를 양방향 스위칭을 할 수 있도록 2개를 채용하였으며 실제 회로와 근사한 값을 주기 위하여 임의의 저항들을 설정해 주었다.

60[Hz] 상용전원을 제어하기 위해서 각 각의 IGBT 소자에 대하여 60번씩의 switching 신호가 필요하다. 그러므로 그림 3과 같이 OR GATE 두 개를 사용하여 두 개의 파형을 논리회로로 처리하여 switching 신호로 IGBT의 Gate 앞단까지의 신호의 원리를 그림과 같이 나타낼 수가 있다.

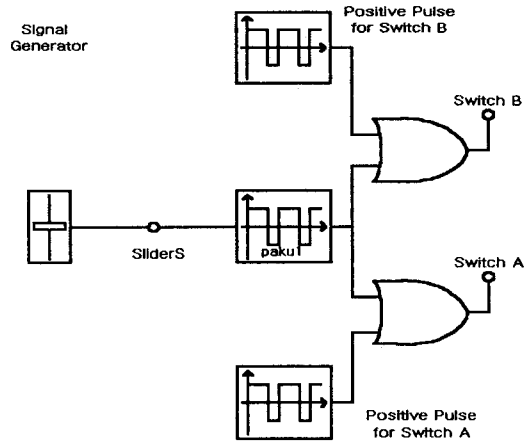


그림 3 switching 신호의 원리

### 2.2 Dimmer의 시뮬레이션

IGBT Dimmer의 시뮬레이션을 실현하기 위해서 EMTDC를 사용하였는데, 기본 전원은 300[V], 60[Hz]이며, pak1은 120[Hz]의 구형파를 입력으로 설정하였고, Positive Pulse for switch A에는 60[Hz]의 구형파를 넣었고, Positive for switch B에는 A보다 위상이 180° 뒤진 위상의 60[Hz]의 구형파를 입력으로 설정하였다.

slider 값의 변화에 의하여 60[Hz]의 주기를 일정하게 유지하면서 pak1의 값을 변환 시켜주어야 하는데, 아날로그인 slider의 값을 디지털 값으로 변환하기 위해서 실제에서는 AD컨버터로써 처리하지만 EMTDC에서는 FORTRAN 프로그램을 이용하여 실제의 AD변환을 할 수가 있었다.

시뮬레이션이므로 실제 회로시의 IGBT Turn-On시의 서지 전압이나 회로 결선에 의한 손실분과 고조파의 성분은 배제를 하였다.

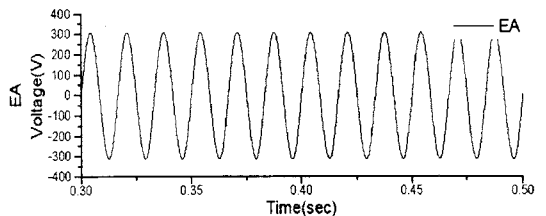


그림 4 전원 전압파형

그림 4~7은 시뮬레이션을 통하여 출력되는 값으로써 실제의 회로에 적용을 할 수 있는 파형을 보여준다. 각 시간 변위를 같게 함으로써 쉽게 알아 볼 수 있도록 도식화하였다.

그림 4는 공급되는 교류 전원의 파형을 나타내는 그림이다.

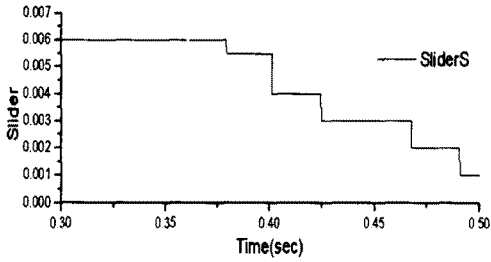


그림 5 slider

그림 5는 switching 신호를 제어하기 위해서 아날로그 값으로 출력되는 slider의 값을 나타낸 그림으로 이 값들이 그림 3에서 pak1의 파형을 조절하여 Gate 신호로 들어가게 되는 것이다.

그림 6은 slider의 조절에 의해 부하에 걸리는 전압과 전류의 파형으로써, slider를 최대로 했을 때 전 전압과 전 전류가 다 걸리고, 최소로 했을 때 부하의 전압과 전류가 줄어드는 것을 보여주고 있다. 실제 전구에 있어서 전류에 의하여 빛의 밝기가 결정이 되어지고 있다.

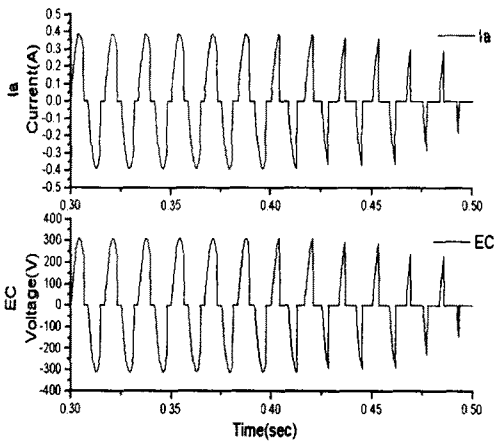


그림 6 부하 전류와 전압

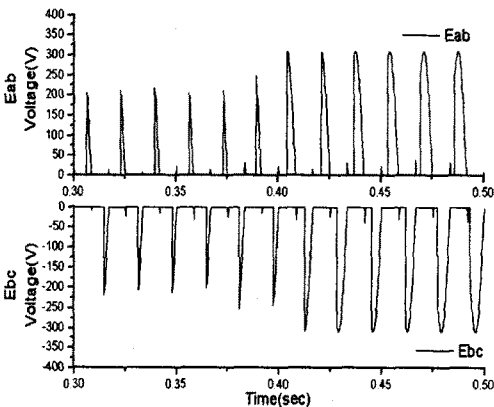


그림 7 각 IGBT 양단간의 전압

그림 7은 slider에 의해서 off되는 시간동안의 IGBT 양단간의 전압을 보여주는 것으로써, 그림 7의 부하 전류가 걸릴 때 Eab나 Ebc가 걸리게 된다면 이 값들의 곱이 바로 손실로 나타내게 된다. 여기에서는 거의 손실이 없음을 확인할 수가 있었다.

실제로 IGBT소자에 의하여 ON시에도 전압이 걸리게 되므로 실제에서는 이 부분의 손실은 소자의 특성상 가지는 손실이므로 소자를 사용하는 이상 그 손실은 줄일 수가 없다. 따라서 ON시에 전압이 걸릴 때 그 구간의 전류의 값이 어떠한가를 HCT(Hall current sensors)나 CT(Current transformers)를 이용하여 측정된 소자의 특성값과 비교하여 손실을 계산해 낼 수가 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 IGBT Dimmer를 개발하기 위하여 제어방식을 설계 및 검증하기 위해 EMTDC를 이용한 시뮬레이션 방법을 개발하였으며, 시뮬레이션을 통해 가능성을 입증하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 효율은 97.6%이상으로 매우 높았다.
- 점합 전압강하를 2.5V로 유지시킬 수 있었다.
- 열 손실은 20A 기준으로 50W로 줄일 수 있었다.
- 고조파 전류는 상 전류의 0.4배로 줄일 수 있었다.

따라서 IGBT Dimmer는 기술적인 측면에서 매우 우수한 것으로 판단되며, 이를 국산화 할 경우 경제성 측면에서 매우 효과가 클 것으로 기대된다.

### (참 고 문 헌)

- [1] 한국전기연구소 "조명효율향상기술개발(II)", 1987
- [2] 박석훈 "Dimmer 회로에서의 고조파 발생과 저감에 관한 연구", 전기학회, A, P252, 2000
- [3] 안기석 "조광기(Dimmer)의 고찰", 조명전기설비 학회지, No.1, P5-7, 1990
- [4] <http://www.rosco-et.com/ipsframe.htm>
- [5] <http://www.strandlighting.com/>