

스너버 에너지를 이용한 IGBT 구동 회로

김성철, 전성준*,
한국전기연구소 전력전자연구팀, *부경대학교 전자공학과.

IGBT gate drive circuit using snubber energy

Kim sung-chul, Jeon seong-jeub*,
KERI, *Pukyong National Univ.

Abstract - A gate driver suitable for forced switch-mode power converters such as UPS and motor drive system is presented. The proposed gate driver uses regenerated snubber power and requires no separate power supply. This does not impose any additional complexity on the main switch. Experimental results show that the proposed circuit is valid.

1. 서 론

많은 파워 서플라이를 제작하는데 있어서 스위칭 소자들(IGBT, MOSFET 등)의 사용은 토폴로지를 사용하는데 따라 안정적인 동작을 위해 제어신호를 주회로와 절연시켜야 하는 절연 문제가 대두되게 된다. 이에 따라 그림 1에서 보는 것처럼 스위칭 소자를 스위칭 하는 경우 기존에는 스위칭 소자를 구동하는 별도의 회로와 회로에 인가되는 절연된 전원이 필요하였다. 그리고 스위칭 소자를 구동하는 회로를 구성하는 일은 매우 중요하고 쉽지 않은 일이다.

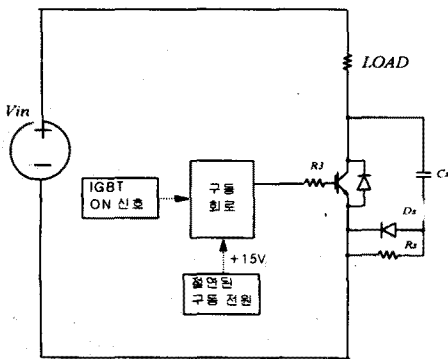


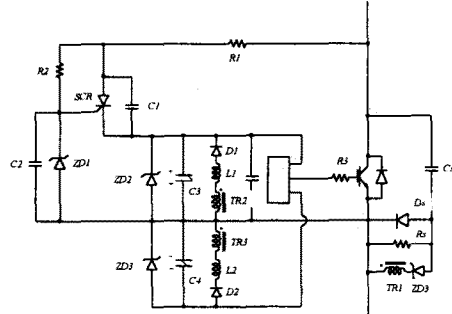
그림 1 기존의 IGBT 구동회로

스위칭 소자에 병렬로 부가된 스너버는 스위칭 동작시 di/dt 와 dv/dt 를 제한하여 스위칭 소자의 안정적인 동작을 보장한다. 그리고, 스너버는 손실 스너버와 회생 스너버로 나누어지는데 본 논문에서는 회생 스너버를 사용하여 본 논문에서는 별도의 전원이 필요없이 스위칭 소자를 구동하는 간단한 회로를 제안하고자 한다. 회로는 스위칭 소자에 병렬로 부가된 콘덴서와 제안된 회로가 동작하기 전 게이트 pulse amplifier에 전원을 공급하는 SCR, 스위치의 턴온 구간 동안 스위치 구동회로의 전원으로 에너지를 전달하는 트랜스포머, IGBT 게이트 pulse amplifier로 구성하였다. 그리고, DC링크 입력 전압 300V, 스위칭 주파수 10kHz로 회로의 동작을 실험하였다.

2. 본 론

2.1 회로의 동작 원리

그림 2는 제안된 구동회로와 동작파형을 보여준다.



(a) 제안된 구동회로 구성도

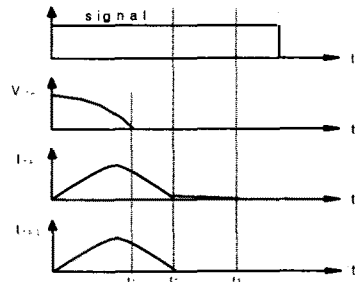


그림 2 (b) 회로의 동작파형

그림 2 (a)의 회로에서 C_s , D_s , R_s 는 스너버 콘덴서, 다이오드 그리고 저항이다. 회로는 IGBT의 턴온 시간에 C_s 의 충전전압이 트랜스포머의 1차권선 TR1을 통해서 방전할때, 2차권선 TR2와 3차권선 TR3을 통해서 C_3 , C_4 에 충전된 다음 IGBT 게이트 pulse amplifier의 전원으로 동작되게 된다. 그림 2 (b)는 회로의 동작 파형으로 모드 1, 모드 2와 모드 3을 거쳐서 동작하게 된다.

초기 충전:

제안된 회로가 동작하기 전 상태로서 SCR이 턴온 되

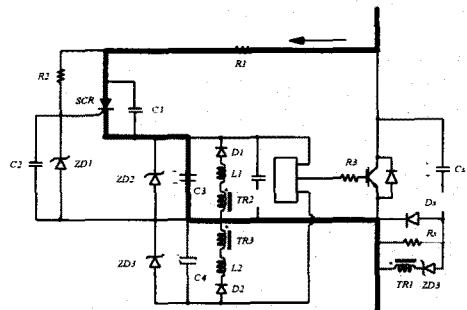


그림 3 초기 충전 동작 모드

어 게이트 pulse amplifier의 전원을 공급해 주는 상태로 제1차 회로가 동작되기 전까지 콘덴서 C3에 전압을 충전한다. 이때, 게이트 pulse amplifier의 전원은 + 전원만이 공급된다. 그리고, IGBT는 턴오프 되어 있고 Cs에는 Vin의 전압이 충전 되어 있다.

(a) 모드 1 (0 < t < t1):

IGBT가 턴오프되어 Cs에 충전되어 있던 전압이 IGBT와 트랜스포머 1차권선 TR1, 제너다이오드 ZD3을 통해서 방전을 시작하는 구간이다. 이때, 에너지는 트랜스포머 2차권선 TR2와 3차권선 TR3로 전달되기 때문에 포

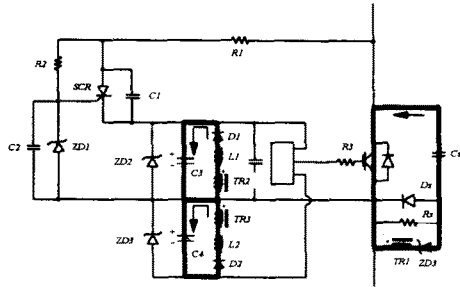


그림 4 동작 모드 1

워드 컨버터로서 동작하게 된다. 이때, 절연 변압기의 2차회로를 1차측으로 변환하면 그림 6(a)의 등가회로가 되고, Cs와 L1, L2의 공진회로가 되므로 전압과 전류는 다음식으로 표현할 수 있다.

$$i(t) = \frac{1}{Z_r} [2V_{in} - (V_{C3} + V_{C4})] \frac{1}{n} \sin \omega t$$

$$V_{C3}(t) = [2V_{in} - (V_{C3} + V_{C4})] \frac{1}{n} \cos \omega t + V_{in} - (V_{C3} + V_{C4}) \frac{1}{n}$$

여기서, L=L1=L2, n=n2=n3

$$Z_r = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad \omega = \frac{n}{\sqrt{LC}}$$

모드 1은 Vc3=0가 되는 t1까지 계속된다.

(b) 모드 2 (t1 < t < t2):

모드 2에서의 등가회로는 그림 6(b)와 같이 되고 L1, L2의 전류는 선형적으로 감소한다.

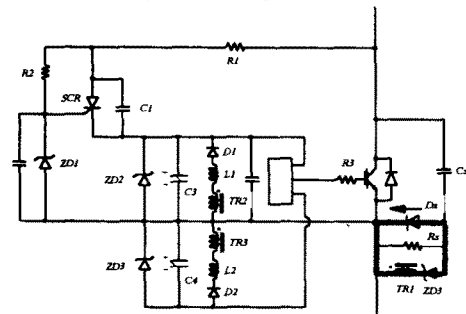
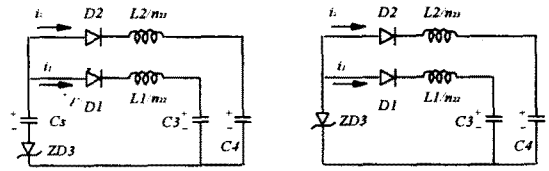


그림 5 동작 모드 2

(c) 모드 3 (t2 < t < t3):

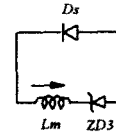
트랜스포머의 여자 인덕턴스(Lm)에 저장되어 있던 여자전류 Ds를 통하여 흐르게 된다. 이때 여자 인덕턴스에 저장되는 에너지는 Cs의 전압에 관계되고 이 모드의 등가회로는 그림 6(c)와 같이 된다. 이 전류는 제어 다이

오드 ZD3을 통해서 흐르게 됨으로 시간 t2까지 선형적으로 감소한다.



(a) 모드 1

(b) 모드 2



(c) 모드 3

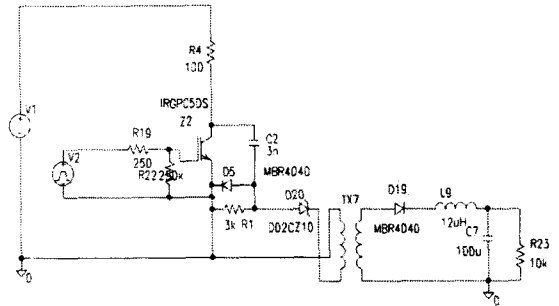
그림 6 동작 모드의 등가회로

2.2 시뮬레이션

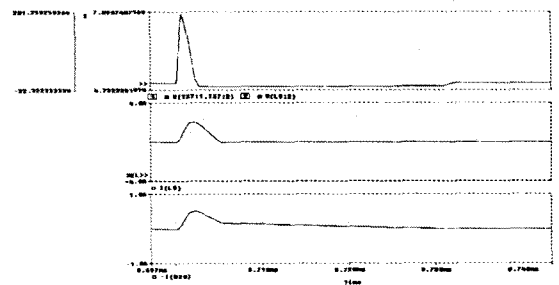
제안된 회로의 동작이 포워드 컨버터로서 동작하기 때문에 그림 7(a)와 같은 포워드 컨버터로서 시뮬레이션을 수행하였고, 회로 파라미터는 표 1과 같이 하였다. 그리고, 누설인덕턴스는 여자인덕턴스가 매우 크므로 무시하였다. 그림 7(b)는 시뮬레이션 파형으로서 트랜스포머 1차측 전압파형과 2차측 전류파형 그리고 1차측 전류파형이다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

입력 전압	DC 300V
스위칭 주파수	10 kHz
카플링 계수	0.999
변압기 턴수비	1500uH : 80uH
스너버 콘덴서	3nF
출력 인덕터	12 uH



(a) 시뮬레이션 회로도



(b) 1차측 전압, 2차측 전류, 1차측 전류파형

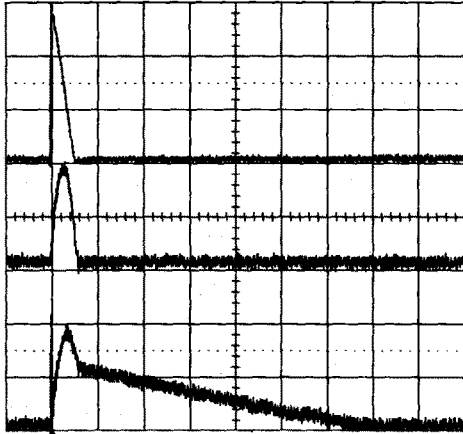
그림 7 시뮬레이션

2.3 실험 결과

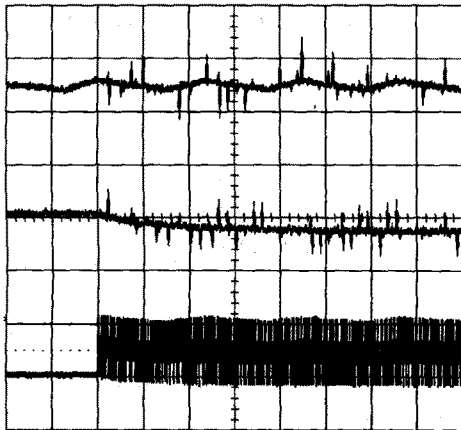
그림 8(a)는 제안된 회로의 트랜스포머 TR1의 양단 전압과 TR2의 전류 그리고 TR1의 전류파형으로서 시뮬레이션 파형과 유사한 결과임을 알 수 있다. 여기서, TR1의 1차측 전류는 TR1의 여자 인덕턴스를 크게함으로써 작게 할 수 있다.

표 2 실험 파라미터

입력전압	DC 300V
스위칭 주파수	10kHz
변압기 턴수비	60 : 10 : 3
스너버 콘덴서(Cs)	3nF
출력 인덕터(L1, L2)	12uH



(a) 트랜스포머 1차측 전압[100V/div], 2차측 전류[0.5A/div], 1차측 전류[0.2A/div]



(b) + 전원[5V/div], - 전원[5V/div],
게이트 전압 파형[10V/div]

그림 8 실험 결과 파형

그림 8(b)는 제안된 회로가 동작되는 시작 파형을 보여준다. 회로가 동작 되기전에는 SCR를 통해서 게이트 pulse amplifier의 +전원이 유지되고, 제안된 회로가 동작되면 -전원이 인가 되면서 스위칭 신호가 발생되는 것을 볼 수 있다.

3. 결 론

이상으로 본 논문에서는 새로운 형태의 IGBT 구동 회로에 관해서 시뮬레이션과 실험을 통하여 기본동작을 입증하였다. 제안된 회로는 소전력과 대전력에서 별도의 절연된 구동전원의 필요성을 배제 시킬 수 있게 한다. 또한, 제안된 회로는 단일 스위칭 소자인 경우를 실험하였지만, 제안된 회로는 토렘폴 형태의 스위칭 소자를 사용하는 토폴로지에서도 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

앞으로 토렘폴 형태의 스위칭 소자 배치를 갖는 토폴로지인 하프 브리지 컨버터, 풀 브리지 컨버터에 적용하여 제안된 회로의 안정적인 동작을 확인하고 적용 범위를 확대하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이정환, 이완, 정재훈, 조규형, "Multilevel GTO 인버터에 적합한 직접 회생 스너버에 관한 연구", 전기학회논문지, 44권5호, 1995
- [2] Cliff L. Ma and P. O. Lauritzen, "A Simple Power diode Model with forward and Reverse Recovery", IEEE Trans Pow. Elec., Vol. 8, No. 4, pp. 342-346, 1993
- [3] S.K., Biswas, B.Basak, B., K.S. Rajashekara, "Gate Drive Method for IGBTs in Bridge Configurations", IEEE IAS 29th. Annual meeting, pp.1310-1316, 1994