

Soft Starter와 SiC 인버터를 이용한 시스템 효율 비교

조수현, 장푸름, 양형규, 현병조, 김진홍[†]

한국전자기술연구원 전력제어시스템연구센터

The System Efficiency Comparison Using Soft Starter and SiC Inverter

Su-Hyeon Cho, Poo Reum Jang, Hyoung-Kyu Yang, Byong Jo Hyon, Jin-Hong Kim[†]

Power System Research Center, Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

Soft Starter는 모터 기동 시 발생하는 과전류 및 과토크를 억제하여 정격 속도까지 모터를 안전하게 기동하게 한다. 반면 SiC 인버터는 모터에 인가되는 기본파 주파수와 전압 크기를 조절하여 PWM을 통해 모터의 속도 제어를 가능케 한다. 본 논문은 산업용 팬 부하에서의 Soft Starter와 SiC 인버터의 전압, 전류 및 효율 비교를 통한 장단점을 비교한다.

1. 서론

산업현장에서 사용되는 팬 부하의 구동을 위해서 흔히 인버터와 Soft Starter가 사용된다. 인버터는 pulse-width modulation (PWM)을 통하여 원하는 속도로 효율적인 제어가 가능하지만, 게이트 드라이버와 DC 전압을 공급하는 별도의 회로 구성이 필요하기 때문에 비용적인 단점을 지닌다. 반면 Soft Starter는 계통 전압을 입력으로 모터에 인가되는 전압을 조절하기 때문에 AC/DC 컨버터와 같은 회로를 필요치 않아 비용적인 장점을 가지지만 모터 기동 시 SCR에 도통 손실이 발생하기 때문에 인버터에 비해 효율과 역률이 좋지 않은 단점이 있다. 이러한 특징은 속도에 따라 서로 다르게 나타나기 때문에 팬 부하의 각 속도 별 구동 특성을 분석할 필요가 있다.

본 논문에서는 Soft Starter와 SiC 인버터로 같은 속도에서 팬의 속도 제어 시 각각의 속도에 따른 출력과 효율을 비교하여 분석한다.

2. SiC 인버터와 Soft Starter

2.1 SiC 인버터를 이용한 속도 제어

SiC 인버터는 SiC 전력 반도체를 사용하여 DC 전압을 AC 전원으로 변환하는 데 사용되는 장치로 기존의 실리콘 기반의 인버터에 비해 스위칭 손실이 적어 효율이 좋고 내열성이 우수하여 효과적인 냉각 시스템 설계가 가능하다^[1]. 본 논문에서는 인버터를 이용하여 속도 제어 시 그림 1과 같이 주파수와 전압의 비를 이용한 V/F 방식을 사용한다. V/F 방식을 이용 시 전압과 주파수의 비율을 입력하여 상대적으로 간단하게 모터 제어가 가능하다.

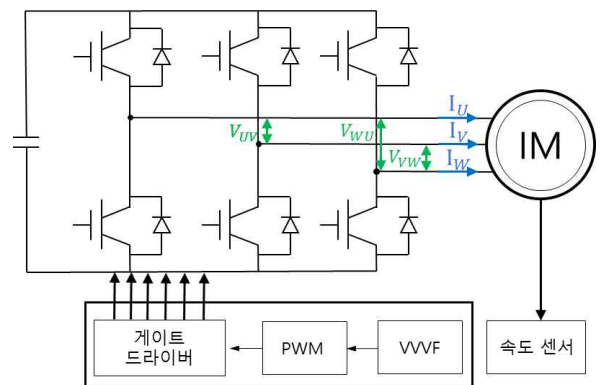


그림 1 SiC 소자를 기반으로 한 인버터 회로도

FIG. 1 Inverter circuit diagram based on SiC device

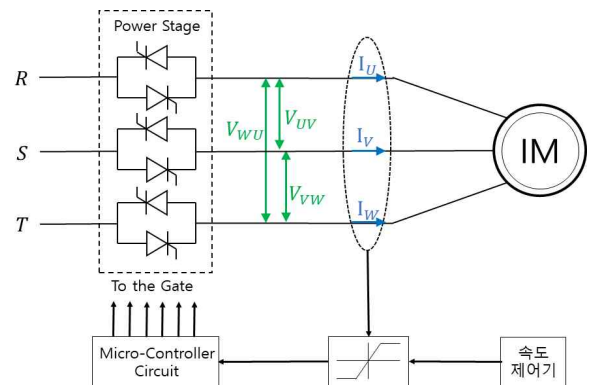


그림 2 Soft Starter의 기본 구성 회로도

FIG. 2 Basic configuration circuit diagram of Soft Starter

2.2 Soft Starter를 이용한 속도 제어

Soft Starter는 속도 제어 시 점호각을 점진적으로 줄여 모터에 인가되는 전압의 크기를 조절함으로써 과전류 및 과토크로부터 모터를 안전하게 보호하며 기동 및 정지한다^[2]. 속도 제어기는 속도 지령을 만족하기 위한 점호각을 출력하며 이때 현재 모터의 상전류가 전류 제한 값 안에 들어오는지 확인하게 된다. 현재 모터의 전류가 전류 제한 값보다 크게 되면 속도 제어가 동작하지 않게 된다. 이를 이용하여 모터를 과전류로부터 안전하게 보호할 수 있다.

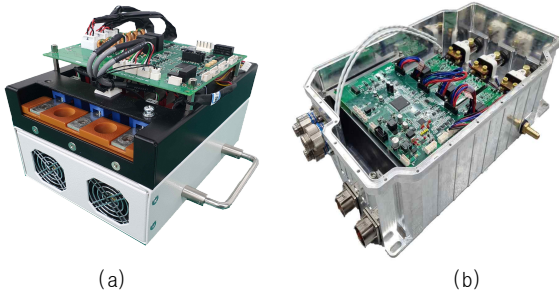


그림 3 실험에 사용된 시제품 (a) SiC 인버터, (b) Soft Starter
Fig. 3 Prototypes used in experiments
(a) SiC Inverter, (b) Soft Starter

표 1 비교분석을 위한 각 파라미터 값
Table 1 Each parameter value for comparative analysis

Parameter	Value [Unit]
결선 방식	Y 결선
인버터 입력전압	510 [Vdc]
SCR 입력 전압	380 [Vrms]
최대 회전 속도	1600 [rpm]

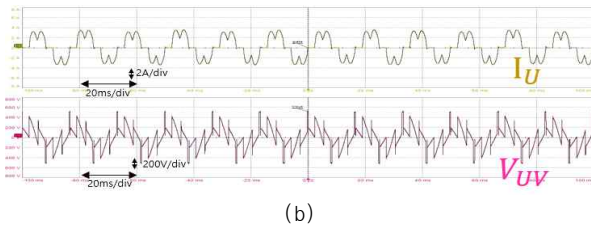
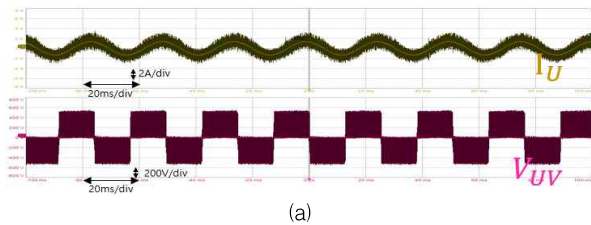


그림 4 1100rpm에서 출력 전압, 전류
(a) SiC 인버터, (b) Soft Starter
Fig. 4 Output voltage, current at 1100 rpm speed control
(a) SiC Inverter, (b) Soft Starter

표 1은 실험에 쓰인 SiC 인버터와 Soft Starter의 입력전압과 기타 사양을 나타낸 것이다. Soft Starter의 입력전압은 3상 380 Vrms로 설정하고 SiC 인버터의 입력은 380 Vrms를 삼상 다이오드 정류기를 사용하였을 때의 전압 값인 510 Vdc로 설정하였다. 팬 부하의 결선 방식은 Y 결선이며 회전속도는 1100 rpm부터 최대 1600 rpm으로 설정한다.

3. 실험 결과

그림 4와 그림 5는 각각 1100 rpm일 때와 1600 rpm일 때의 SiC 인버터와 Soft Starter의 출력 전류와 출력 전압을 나타낸 파형이다. 1100 rpm 일 때 SiC 인버터 3상의 피상전력의 합은 약 0.7 kVA이고, Soft Starter 3상의 피상전력 합은 약 1.2kVA로 약 1.7배 차이가 난다. 그림 5에서 1600 rpm일 때의 3상의 피상전력 합은 SiC 인버터는 1.2 kVA, Soft Starter는 1.3 kVA로 1.08배 차이가 난다.

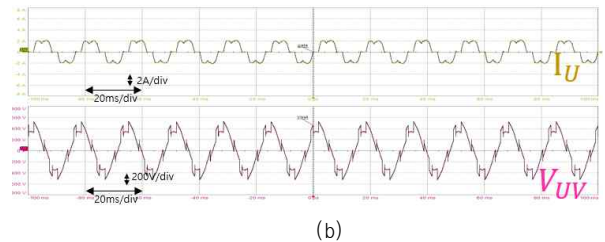
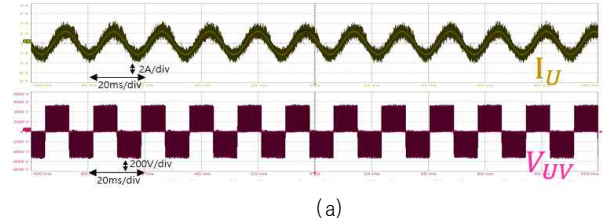


그림 5 1600rpm 속도 제어 시 출력 전압, 전류
(a) SiC 인버터, (b) Soft Starter
Fig. 5 Output voltage, current at 1600 rpm speed control
(a) SiC Inverter, (b) Soft Starter

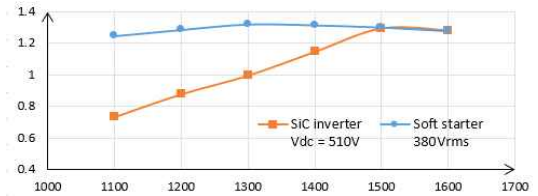


그림 6 1100 - 1600 rpm 까지 속도 제어 시 인가된 피상전력 비교
Fig. 6 Active power comparison for speed control between 1100 rpm and 1600 rpm

실험 결과를 비추어 볼 때 속도 변동이 정격 속도 부근에서 가변 범위가 크지 않을 경우 두 시스템의 효율은 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문은 Soft Starter와 SiC 인버터를 이용하여 팬부하 상황에서 속도 제어 시 전압, 전류 및 피상전력 비교 분석하였다. SiC 인버터가 속도 전 구간에서 상대적으로 낮은 입력 파워를 가지고 있지만 회전 속도가 올라감에 따라 정격 속도 부근에서는 Soft Starter의 효율이 SiC 인버터와 비슷해지는 것을 알 수 있다. 따라서 속도의 가변 범위가 저속에서부터 정격 속도까지 클 때는 인버터 사용이 적절한 방법이지만 정격 속도 부근에서 상대적으로 좁은 구간에서의 속도 가변이 필요한 상황에서는 Soft Starter를 사용하여도 비슷한 시스템 입력 파워를 가지게 됨을 확인할 수 있다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20212020800020)

참고 문헌

- [1] Millan, Jose, et al. "A survey of wide bandgap power semiconductor devices." IEEE transactions on Power Electronics 29.5 (2013): 2155-2163.
- [2] Tunyasrirot, S., Wangsilabatra, B., & Suksri, T. (2010, October). Phase control thyristor based soft-starter for a grid connected induction generator for wind turbine system. In ICCAS 2010 (pp. 529-534). IEEE.