

GaN FET를 적용한 CRM PFC의 효율특성에 관한 연구

길용만*, 최현수*, 진기석*, 안태영*, 장진행**
 청주대학교 전자공학과*, LG전자 TV파워모듈러팀**

A study on the Efficiency characteristics of the CRM PFC using GaN FET

Young Man Gil*, Hyun Su Choi*, Gi Seok Jin*, Tae Young Ahn**, Jin Haeng Jang**

*Dept. of Electronic Eng. Cheongju Univ., **TV power Modular Team, LG Electronics

ABSTRACT

Recently, one of the switching rectifiers, Power Factor Correction Circuit is often applied in rectification stage to get high efficient conversion of AC DC SMPS. However, it becomes important to select optimal semiconductor switch as well as to design optimal rectifier for achieving higher power conversion. We performed experiments with MOSFET, SiC and GaN FET that are widely used in 600 W Interleaved CRM PFC and include the data in this report. The results are presented for discrete semiconductor and integrated implementations of interleaved CRM PFC.

1. 서론

최근 AC DC 스위칭 전원장치의 고효율 변환을 위해서 정류부분에 스위칭 정류기 중 하나인 역률개선 회로를 적용하고 있으나 보다 높은 전력변환을 위해서 정류기의 최적 회로설계 뿐만 아니라 최적의 반도체 스위치 선택이 중요해졌다. 본 논문에서는 인터리브 방식의 CRM PFC 회로에 현재 가장 널리 사용되고 있는 MOSFET와 SiC 및 GaN FET를 적용하고 효율 분석과 효율 측정을 수행하여 그 결과를 보고하였다.

2. CRM PFC 스위칭 정류기

본 논문에서는 일반적인 전력용 반도체 스위치로서 가장 널리 사용되고 있는 MOSFET와 최근 주목받고 있는 SiC 및 GaN의 동작효율 특성을 비교하기 위해서 스위칭정류기의 하나인 PFC 정류기에 적용하였다. 특히 각 스위치 종류에 따른 PFC 정류기의 효율을 비교하기 위해서 중소용량에 가장 널리 사용하고 있는 인터리브형 전류경계모드(CRM) 방식의 제어기를 적용한 PFC를 검토하였다. 그림 1에는 인터리브 CRM PFC의 기본구성회로가 나타나 있다. 그림에서 입력교류전압은 두 개의 부스트형 컨버터를 병렬로 구성하여 한 개의 제어기가 적정시비율과 주파수로 출력전압과 입력전류 파형을 결정하게 된다. 그림 2에는 인터리브 CRM PFC의 주요 동작파형을 나타내었다. 그림에서 두 개의 부스트 스위치는 180도 위상 차이로 서로 번갈아 온, 오프를 반복하고 있으며 인덕터 전류도 스위치와 동기화 되고 있다. PFC의 입력전류는 두 개의 인덕터 전류가 합쳐지기 때문에 동작 주파수가 두 배가 되고 리플전류가

작아지는 효과가 있다. 특히 두 개의 스위치가 영전류 스위칭 및 영전압 스위칭이 가능하기 때문에 고효율 동작이 가능하며, 인덕터의 사이즈를 줄일 수 있어서 소형화에 적합하다.

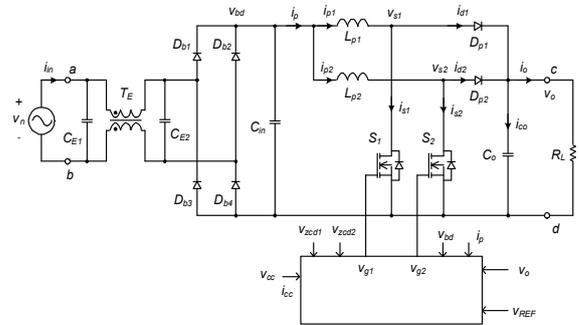


그림 1 인터리브 CRM PFC의 기본회로
 Fig. 1 Basic circuit for interleaved CRM PFC

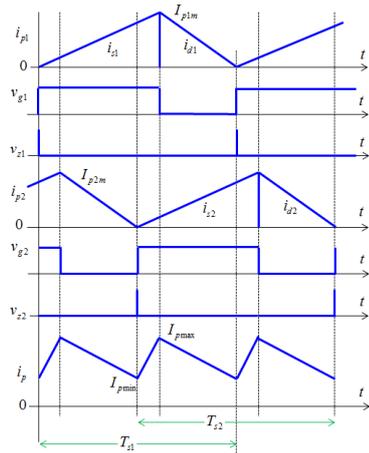


그림 2 인터리브 CRM PFC 동작파형
 Fig. 2 Waveform for interleaved CRM PFC

3. 시험결과

본 논문에서는 전력용반도체 스위치의 동작효율 특성을 검증하기 위해서 표 1과 같은 600W급 CRM PFC를 구성하였으며 실험에서 적용한 스위치의 전기적 특성을 표 2에 나타내었

다. 각각의 스위치는 두 개를 병렬로 사용하였으며 측정된 전력변환 효율특성을 그림 3에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 입력전압 90V, 100V, 220V 및 240V 전 범위에 걸쳐서 세 개의 스위치를 적용한 효율특성 그래프가 비교적 일관된 특성을 나타내고 있으며, 특히 GaN 스위치가 가장 높은 효율을 나타내며, SiC, MOSFET 순으로 효율이 차이가 나고 있었다. 특히 입력전압이 90V 일 때는 입력전류가 높아지고 따라서 전도손실이 가장 적은 GaN 스위치의 특성이 96%의 효율에 근접하고 효율특성이 가장 좋다는 것을 알 수 있었다.[1] [2] 그림 4는 입력전압이 90V와 240V 일 때 출력전력이 300W와 600W에서의 동작파형이다. 그림에서 두 개의 인터브 전류가 정상동작하고 있으며, 두 개의 반도체 스위치가 180도 위상 차이로 동작하고 있음을 알 수 있었다. 단, CRM 제어기의 특성상 입력전압에 따라서 스위치 주파수가 바뀌게 되고 스킵프의 트리거 위치에 따라 주파수가 달라지게 된다.

표 1 컨버터의 입출력 정격
Table 1 Specifications of converter

Parameter	Value	Unit
Input Voltage Range	90-240	Vrms
Output Voltage	400	Vdc
Maximum Load Current	1.5	A
Maximum Output Power	600	W
Switching Frequency	80-200	kHz

표 2 반도체 스위치의 특성비교
Table 2 Specifications of converter

Parameter	Unit	MOSFET	SiC	GaN
Package		TO-247	TO-247	TO-247
Model name		FQA24N60	SCT2080KE	RFJS3006F
Maximum voltage	V	600	1200	650
Maximum DC current	A	23.5	40	30
On-Resistance	mΩ	240	80	45
Output capacitance	pF	550	95	50
Gata charge total	nC	145	106	15.7
Reverse recovery charge	μC	6.2	0.044	0.037
Reverse recovery time	ns	470	31	12

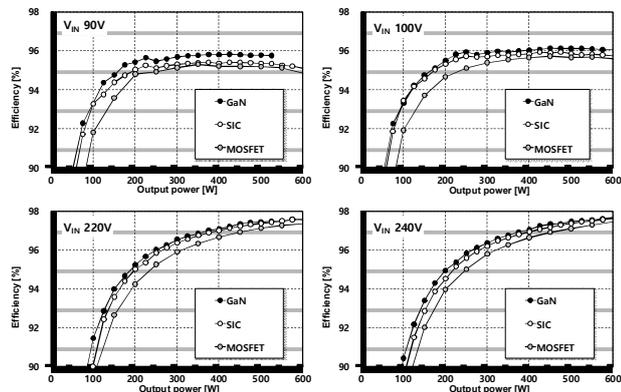


그림 3 전력변환 효율특성
Fig. 3 Power conversion efficiency characteristics

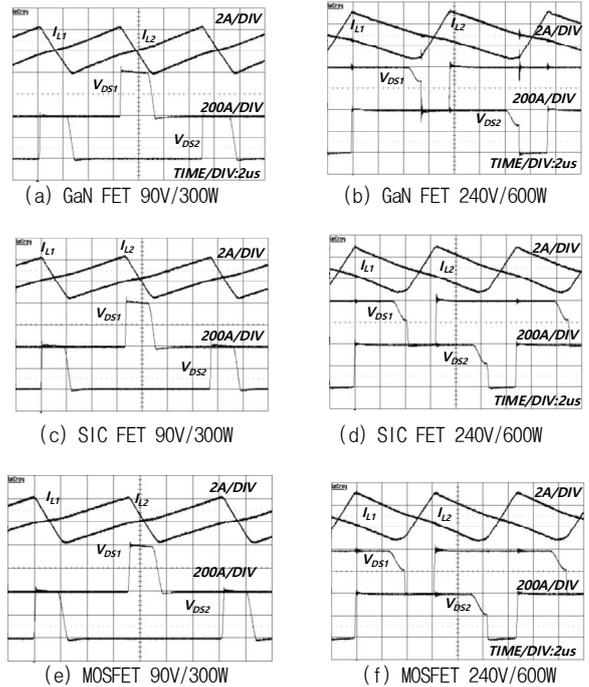


그림 4 V_{IN} 90V 정상상태 특성
Fig. 4 Steady state characteristics at 90V

5. 결 론

본 논문에서는 일반적인 전력용 반도체 스위치로서 가장 널리 사용되고 있는 MOSFET와 최근 주목받고 있는 SiC 및 GaN의 동작효율 특성을 비교하기 위해서 스위칭 정류기의 하나인 600W급 인터리브 CRM PFC 정류기에 적용하고 효율 분석과 효율 측정을 수행하여 그 결과를 보고하였다. 그 결과 GaN 스위치가 가장 높은 효율을 나타내었으며, SiC, MOSFET 순으로 효율이 차이가 나고 있었다. 특히 입력전압이 90V 일 때는 입력전류가 높아지고 따라서 전도손실이 가장 적은 GaN 스위치의 특성이 96%의 효율에 근접하고 효율특성이 가장 좋다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Miguel Rodríguez, "High Frequency PWM Buck Converters Using GaN on SiC HEMTs" IEEE Trans. Ind. Electron., VOL. 29, NO. 5, pp. 2462-2473, May. 2014.
- [2] Radoslava Mitova, Rajesh Ghosh, etc., "Investigations of 600 V GaN HEMT and GaN Diode for Power Converter Applications", IEEE Trans. Power electron., VOL. 29, NO. 5, pp 2441-2452, May. 2014.