

항공용 레이더 시스템 구동을 위한 고효율의 동기정류방식 하프브릿지 컨버터에 관한 연구

이영수, 김대관
LIG 넥스원

Development of High efficiency Synchronous rectifier Half bridge converter for Aeronautical Radar

Young Soo Lee, Dae Kwan Kim
LIG Nex1

ABSTRACT

본 연구는 군 항공용 레이더 프로세서 유닛용 다중 출력 스위칭 전원공급기 개발 과제의 효율 요구조건 만족을 위해 선행 연구 과제로 실시되었다.

전원공급기의 다중 출력 전원 중 출력 전력이 크고, 효율 측면에서 구현 난이도가 높은 +3.3VDC/55A 전원을 대상으로 선정하였다. 주요 개발 목표 사양은 입력전압 범위 230VDC~330VDC, 전압 안정도 $\pm 2\%$, 효율 85% 이상이다. 이를 만족하기 위해 DC/DC 컨버터의 메인 토폴로지는 하프 브릿지 컨버터이며, 효율 특성 개선을 위하여 동기정류방식을 적용하였다.

본 논문은 DC/DC 컨버터의 설계와 Prototype을 제작하고, 고찰된 실험결과를 제시한 내용으로, 230VDC~330VDC 범위의 입력 조건 및 +3.3VDC/55A 출력 조건에서 최대 89%의 효율 특성을 확인한 내용을 기술한다.

1. 서 론

군 항공용 레이더 프로세서 유닛의 안정적인 동작을 위해 3상 4선식 115VAC 전원을 입력 받아 다중 출력을 내는 효율 82% 이상의 전원공급기가 필요하다. 그림 1은 군 항공용 레이더 프로세서 유닛 전원 계통을 간략히 표현한 것으로 DC/DC 컨버터는 3상 4선식 115VAC 전원을 정류한 전원 280VDC를 공급 받아 동작하여야 하며, +3.3VDC의 출력 전원을 생성하여야 한다.

다중 출력 전원공급기 전체의 효율 82% 특성 만족을 위해 +3.3VDC 단일 출력의 컨버터 효율 특성은 85% 이상의 목표 효율 특성을 만족시켜야 한다. 이러한 고효율 특성 만족시키기 위해 2차측 정류를 담당하는 다이오드 대신 FET를 사용하는 방법인 동기정류 방식이 이러한 단점을 극복하고, 저전압, 대전류 특성의 컨버터 효율을 향상시키는 방법으로 가장 적합하다.

또한 입력전압 범위가 약 300V 이상의 높은 입력전압일 경우, 스위칭 트랜지스터에 가해지는 전압이 가장 낮은 하프 브릿지 회로가 가장 적합하다. 하프 브릿지 컨버터는 두 개의 스위치를 사용하여 전력변환을 수행하기 때문에 한 개의 스위치를 사용하는 컨버터에 비해 수백 W급 전력을 효율적으로 변환 가능하다는 장점이 있다.^[1]

본 논문은 고효율 특성에 주안점을 둔 동기정류 방식의 하프 브릿지 컨버터의 설계 및 시험, 제작에 대하여 기술한다.

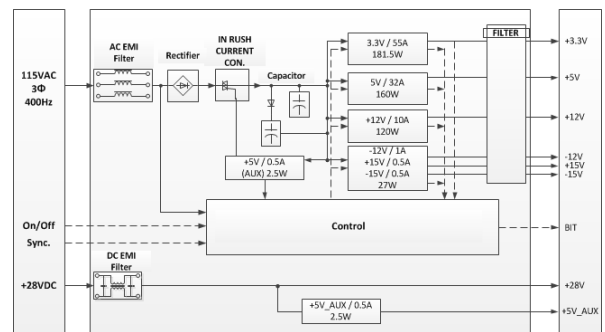


그림 1 군 항공용 레이더 프로세서 유닛 전원 계통
Fig 1. System of Aeronautical Radar

2. 본 론

2.1 하프 브릿지 컨버터의 구성 및 제작

하프 브릿지 컨버터(Half Bridge Converter)는 입력 커패시터, 두 개의 스위치, 트랜스포머, 다이오드, 출력 필터 등으로 구성되어 있다. 컨버터의 전력 손실은 MOSFET과 다이오드에서 발생하는 스위칭 손실과 회로 내부의 저항에 의해 발생하는 전도손실, 변압기와 인덕터에서 발생하는 코어손실 그리고 커패시터의 내부저항에 의한 손실로 나눌 수 있으며, 본 과제에서는 손실을 줄여 효율을 높이기 위한 방법으로 2차측 정류 다이오드를 대신하여 스위칭 소자를 적용하는 동기정류 방식을 채택하였다.

컨버터의 제작 및 효율 특성의 검증을 위해 PWM IC를 비롯한 컨버터의 주요 구성품 선정 결과는 표 1과 같으며, 그림 2는 DC/DC 컨버터의 내부 구성도이다.

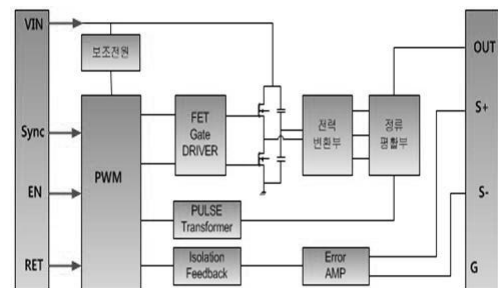


그림 2 컨버터의 계통도
Fig 2. Blockdiagram of Converter

표 1 컨버터 소자 선정 결과
Table 1 Parts of Converter

PWM IC	LM5035CMH	인덕터	SER2013 402
변압기	EER2828S(25:1)	커패시터	940uF
1차 MOSFET	IRFR9N20D	2차 MOSFET	SI7336ADP

2.2 컨버터 레이아웃

컨버터의 레이아웃은 입출력과 소모전류에 따른 패턴, 부품 간 신호의 흐름을 우선 시 하여 2장의 회로카드조립체로 구성되었으며, 조립된 최종 형상은 그림 3과 같다.

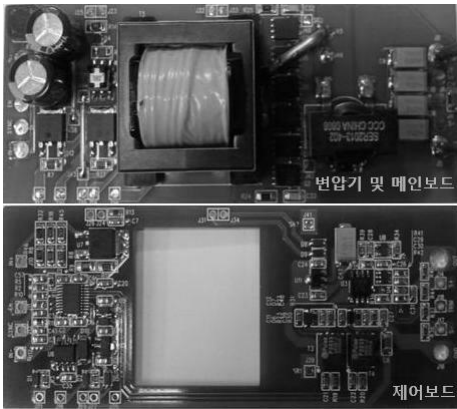


그림 3 컨버터 형상
Fig 3. Image of Converter

2.3 컨버터 특성 분석

구성된 컨버터 특성을 검토하기 위해서 표 2와 같은 사양의 시험 조건을 구성하였다. 구성된 컨버터는 효율 향상을 목표로 동기정류 방식의 하프 브릿지 컨버터이다. 컨버터 1차측의 FET gate 제어 신호와 2차 측의 FET gate 제어 신호 파형을 측정할 것이며, 동기정류 방식으로 동작함을 확인할 수 있다. 그림 5는 시험 조건에 따른 컨버터의 효율 특성이다. 시험에서 효율 특성은 입력 조건 280VDC, 출력 전류가 55A 일 때 약 89.1%를 나타내었다. 최대 효율은 부하조건이 50%일 때 91.2%이며, 70% 부하조건에서는 89.6% 특성을 확인하였다. 입력조건 230VDC, 출력 전류 55A 조건일 때 효율이 89.1%, 입력조건

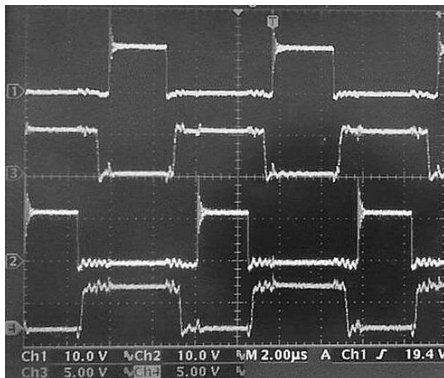


그림 4 동기정류 1,2차 FET gate 제어 신호
Fig 4 Gate drive signal for synchronous rectifier

330VDC, 출력 전류 55A일 때 효율이 87.6%로 측정되었다. 동시에 출력 전압은 입력 전압 전체 범위 및 전체 부하 범위 내에서 0.5%이내의 아주 우수한 동작 안정성을 나타내었다.

표 2 컨버터 전기적 성능 시험 조건
Table 2 Test condition of the electrical characteristic

항 목	범 위	단 위
입력전압	230~330	VDC
출력 전압	3.3	VDC
출력 전류	0~60	A
레귤레이션	± 2 이내	%
목표 효율	85 이상	%

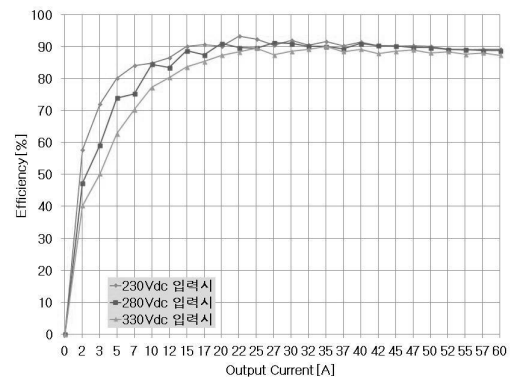


그림 5 컨버터 효율 특성
Fig 5. Efficiency of Converter

3. 결 론

본 논문은 고효율 및 높은 안정성이 특성인 컨버터의 개발 및 검증은 목적으로 실시되었다. 고효율 특성 달성을 위해 동기정류 방식을 적용한 180W급 하프 브릿지 DC/DC 컨버터의 효율은 최고 91.2%로 우수성이 검증되었다. 또한 출력 전압 안정도는 입력 전압 변동 및 출력 부하 변동 조건에도 0.5%이내의 우수한 특성을 나타내었다. 단, 본 과정은 일부 전기적 특성 검증을 위해 선행연구 과제로 실시되었으며, 군 항공용 레이다 프로세서 유닛용 다중 출력 스위칭 전원공급기 개발을 위해 실제 운용 환경을 고려한 설계 개선이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 박선호, SMPS·DC DC 강압/승압형 컨버터·트랜스 설계; 스위칭 전원장치의 설계실무, 국제테크노정보연구소, pp30 34, 2008.
- [2] ROBERT L, STEIGERWALD, "A Comparison of Half bridge Resonant Converter Topologies" IEEE Transactions on power electronics, Vol 3, No.2, April 1988, pp. 174 182
- [3] 고지명 외, "박형 자기소자를 이용한 공진형 직류/직류 컨버터의 설계·제작 및 평가" 2004년 전력전자학술대회 논문집, pp350 354.