

스위치 손실 분석을 통한 슈퍼커패시터용 양방향 DC-DC 컨버터의 변압기 권선비 설계

김학수, 정재현, 노의철, 김인동, *김흥근, **전태원, ***최남섭
 부경대학교, *경북대학교, **울산대학교, ***전남대학교

Design of Transformer Turn-ratio through Switch Loss Analysis in Bidirectional DC-DC Converter for EDLC

Hak Soo Kim, Jae Hun Jung, Eui Cheol Nho, In Dong Kim, *Heung Geun Kim,
 Tae Won Chun, and *Nam Sup Choi
 Pukyong Nat'l Univ., *Kyungpook Nat'l Univ., **University of Ulsan, ***Chonnam Nat'l Univ.

ABSTRACT

본 논문은 슈퍼커패시터용 양방향 DC DC 컨버터의 충·방전 시의 스위치 손실 분석을 통한 변압기 권선비 설계에 관한 내용이다. Dual Full Bridge 방식의 양방향 DC DC 컨버터의 충·방전 동작분석을 통하여 스위치에서 발생하는 손실을 분석하고 변압기 권선비를 달리하여 각 손실을 비교했을 때 가장 작은 손실을 갖는 변압기 권선비를 파악하여 설계에 반영하였다.

1. 서론

마이크로 그리드 시스템에서 신재생 에너지원의 불안정한 특성을 보상하기 위하여 부하 급변 시 응답특성이 좋은 슈퍼커패시터를 사용하는 방법이 있다. 이때 슈퍼커패시터의 충·방전을 위해서 양방향의 전력공급이 가능해야 하므로 그림 1과 같은 양방향 DC DC 컨버터를 사용한다.

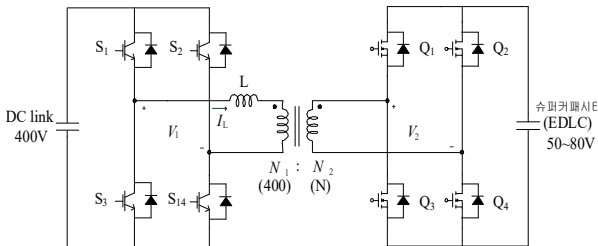


그림 1 Dual Full-Bridge 양방향 DC-DC 컨버터

2. 양방향 DC-DC 컨버터의 구성 및 동작원리

2.1 시스템의 구성

본 논문에서 컨버터용량은 3kW이고 DC Link 전압은 400V, 슈퍼커패시터는 50~80V로 동작한다. 변압기의 1차측 권선수는 400이고 2차측 권선수는 90~120 사이의 값 중 설계에 의해 정해진다. 스위치는 1차측은 고전압 저전류이므로 IGBT를, 2차측은 저전압 고전류이기에 MOSFET으로 구성된다.

2.2.1 충전모드 동작원리

그림 2는 컨버터의 충전모드의 파형을 나타낸 것이다. 충전모드는 스위치 손실을 줄이기 위해 벡(Buck)모드로 동작한다.^[1]

1차 측에서 1폴의 2개의 IGBT중 1개의 듀티(Duty)를 조절해서 스위칭을 하고 2차측 MOSFET의 스위칭 동작없이 역병렬 접속된 다이오드로만 전류가 흘러 스위치 손실을 최소화 한다..

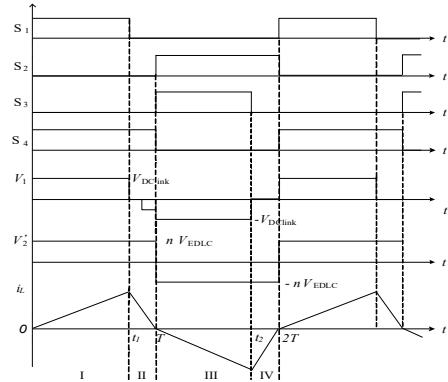


그림 2 충전모드 시 게이트 신호와 변압기 1,2측 전압 및 인터커 전류파형

2.2.2 방전모드 동작원리

그림 3은 방전모드의 파형을 나타낸 것이다. 방전모드는 충전모드와 다르게 계통에서 부하급변 시 빠른 응답을 요하므로 듀티를 조절하는 부스트(Boost)모드로 동작하지 않고 응답특성이 좋은 위상천이방식(phase shift)으로 전력흐름을 제어한다.

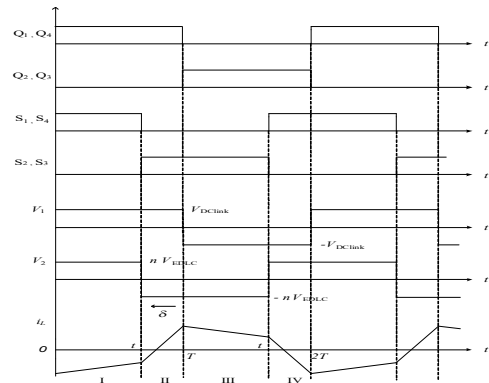


그림 3 방전모드 시 게이트 신호와 변압기 1,2측 전압 및 인터커 전류파형

3. 스위치 손실분석을 통한 변압기 권선비 설계

3.1 충전모드 손실분석

그림 4는 충전모드에서 스위치의 총 손실을 나타낸 것이다. 아래의 그림에서 ①+②+③이 스위치에서 발생하는 총 손실이 되며, 구간은 L 전류 파형의 반주기로 그림 2의 I,II 구간이다.

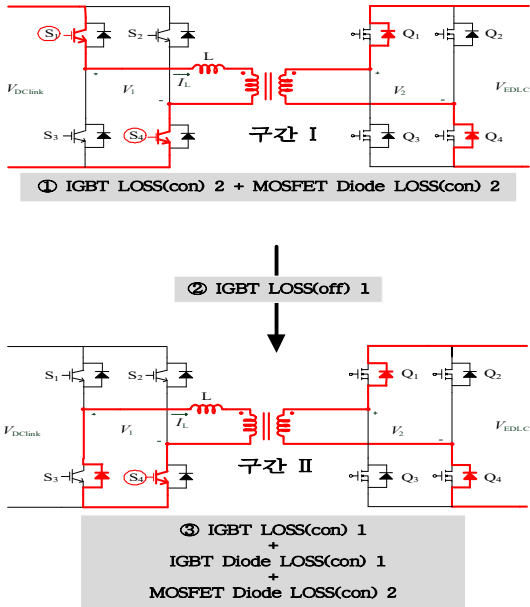


그림 4 충전 모드 시 스위치 손실 분석

3.2 방전모드 손실분석

그림 5는 방전모드에서 스위치의 총 손실을 나타낸 것이다. 충전모드와 마찬가지로 ①+②+③이 스위치의 총 손실이며 L 전류 파형의 반주기동안 발생하는 것이며, 그림 3의 I,II 구간에서 발생하는 손실이다.

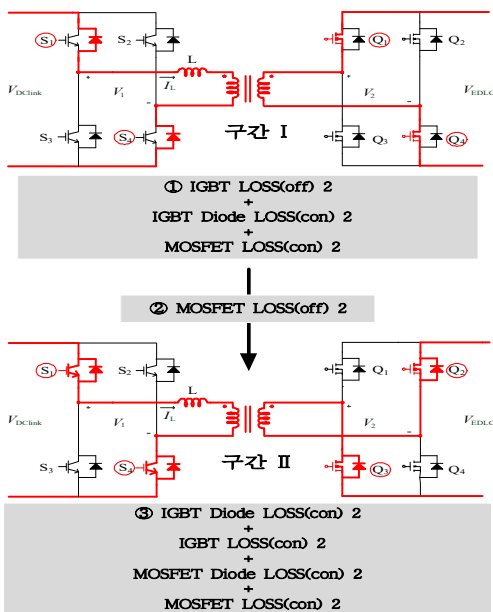


그림 5 방전 모드 시 스위치 손실 분석

3.3 최소의 손실을 가지는 변압기 권선비

그림 6은 스위치 손실을 그래프로 나타낸 것이다. 슈퍼커패시터 전압 V_S 는 50, 60, 70, 80 V의 4구간으로, 변압기 2차측 권선 수는 10 단위로 하여 90~120까지 바뀌가며 각 경우에 발생하는 스위치 손실을 계산하였다. 그림 7은 더 세밀한 파악을 위해 범위를 좁혀서 2차측 권선수를 1단위로 90~110까지 바뀌가면서 계산한 스위치 손실이다. 계산결과 2차측 권선수가 100 일 때 즉, 변압기 권선비가 400:100일 때 스위치 손실이 가장 작은 것을 확인할 수 있었다. 손실계산은 IGBT와 MOSFET 각각 SKM40GD123D, IRFP4668 소자의 데이터 시트를 이용하였다.

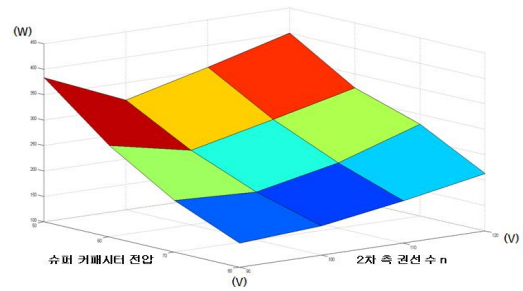


그림 6 총 방전시 총 스위치 손실에 대한 그래프

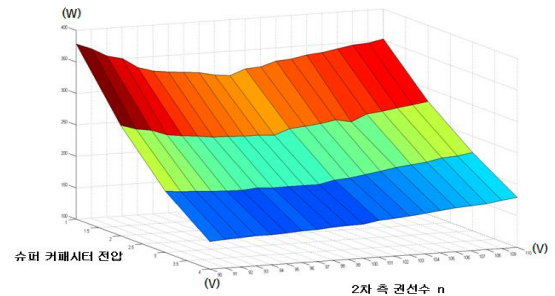


그림 7 총 방전시 총 스위치 손실에 대한 그래프

4. 결론

본 논문에서는 Dual Full Bridge 양방향 DC DC 컨버터의 스위치 손실을 최소화 하는 변압기 권선비 설계에 대하여 제안하였다. 권선비에 따라서 충·방전 모드에서 발생하는 총 스위치 손실을 분석하였다. 스위치 손실이 가장 작은 경우는 변압기 권선비가 400:100인 경우임을 알 수 있었다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 결과입니다. (NO. 2010T100100465)

참고 문헌

- [1] 송용협, 정재현, 김진영, 노의철, 김인동, 김홍근, 전태원, "연료전지 응답특성 보상용 슈퍼커패시터 에너지 저장 시스템", 전력전자학회 논문지 제16권 제5호, pp. 415~531, 2011, 10.