

슈퍼커패시터용 양방향 DC-DC 컨버터의 고주파변압기 권선비를 고려한 설계

구법진, 김학수, 노의철, 김인동, *김흥근, **전태원
부경대학교, *경북대학교, **울산대학교

Design of Bidirectional DC-DC Converter for EDLC with the Consideration of High-frequency Transformer Turn-ratio

Beob Jin Koo, Hak Soo Kim, Eui Cheol Nho, In Dong Kim, *Heung Geun Kim, **Tae Won Chun
Pukyong Nat'l Univ., *Kyungpook Nat'l Univ., **University of Ulsan

ABSTRACT

본 논문은 슈퍼커패시터용 양방향 DC-DC 컨버터의 고주파 변압기 권선비를 고려한 설계에 대해 다루었다. 양방향 DC-DC 컨버터는 슈퍼커패시터의 충전시 스위칭 손실을 줄이기 위해 듀티(Duty)를 제어하여 Buck 모드로 동작하고, 방전시 부하변동에 빠르게 대처하기 위해 Phase shift 모드로 동작한다. 충전시와 방전시 각각의 동작에서 스위칭손실과 변압기의 손실을 분석하여 손실을 최소화하는 변압기 권선비를 선정하고자 한다.

1. 서론

마이크로 그리드 시스템에서와 같이 연료전지를 사용하는 경우 부하 급변시 연료전지의 느린 응답특성을 보상하기 위하여 응답특성이 좋은 슈퍼 커패시터를 활용하기도 한다. 단방향 전력공급특성의 연료전지와 달리 슈퍼커패시터는 충·방전을 위해서 양방향 전력공급이 가능해야 하므로 그림 1과 같은 양방향 DC-DC 컨버터를 사용한다.

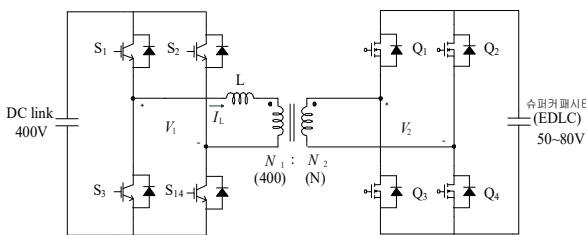


그림 1 Dual Full-Bridge 양방향 DC-DC 컨버터

2. 양방향 DC-DC 컨버터의 구성 및 동작원리

2.1 시스템의 구성

본 논문에서 다루고자 하는 컨버터의 용량은 3kW 이고, 1차측 DC link 전압은 400V, 2차측 슈퍼커패시터의 전압은 50~80V에서 동작한다. 컨버터의 전력전달원리는 리액터 L 양단의 전압차를 이용하여 전력을 전달한다. 변압기는 10kHz의 고주파변압기를 사용하고, 변압기의 권선비는 400:N이다. 이 때 1차측 권선수는 400이고 2차측 권선수는 90~120의 범위에서 스위칭과 변압기에서 발생하는 손실에 대한 분석을 통해 결정된다.

2.2.1 충전시 동작원리

그림 2는 슈퍼커패시터 충전시 스위치 신호와 1,2차측 변압기 전압, 리액터 L의 전류를 나타낸 것이다. 충전모드에서 1차측의 스위치는 듀티(Duty)를 제어하고, 2차측의 스위치는 on/off 동작없이 스위치의 역병렬 다이오드로만 전류가 흐르는 Buck 모드로 동작한다.

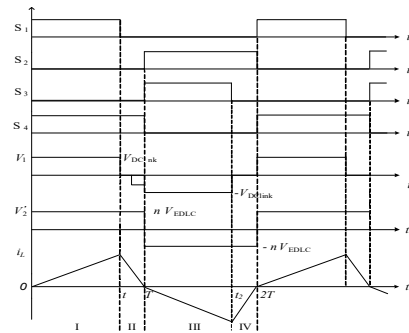


그림 2 충전시 게이트 신호, 변압기 전압 및 L 전류파형

2.2.2 방전시 동작원리

그림 3은 슈퍼커패시터 방전시 스위치 신호와 1,2차측 변압기 전압, 리액터 L의 전류를 나타낸 것이다. 방전시에는 충전시와는 달리 일정한 듀티로 1차측과 2차측의 스위치를 동작시키되 변압기 1,2차측 전압의 위상을 달리하여 전력을 제어하는 Phase shift 모드로 동작한다.

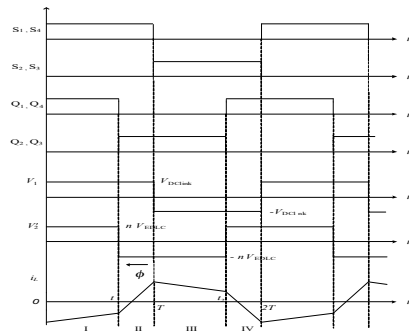


그림 3 방전시 게이트 신호, 변압기 전압 및 L 전류파형

3. 스위치와 변압기 손실분석을 통한 변압기 권선비 설계

3.1 충전시 스위치 손실분석

그림 4는 충전시에 발생하는 스위치의 총 손실을 나타낸 것이다. 손실의 합은 ①+②+③ 이고, 인덕터 L 전류 파형의 반주기에 해당하는 그림 2의 I, II 구간에 대한 총 손실이다.

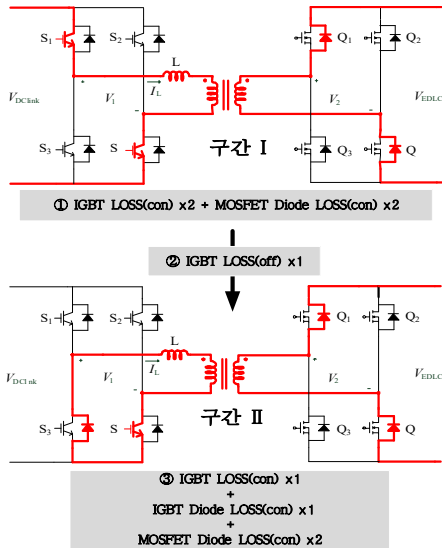


그림 4 충전시 스위치 손실 분석

3.2 방전시 스위치 손실분석

그림 5는 방전시에 발생하는 스위치의 총 손실을 나타낸 것이다. 손실의 합은 ①+②+③ 이고, 인덕터 L 전류 파형의 반주기에 해당하는 그림 3의 I, II 구간에 대한 총 손실이다.

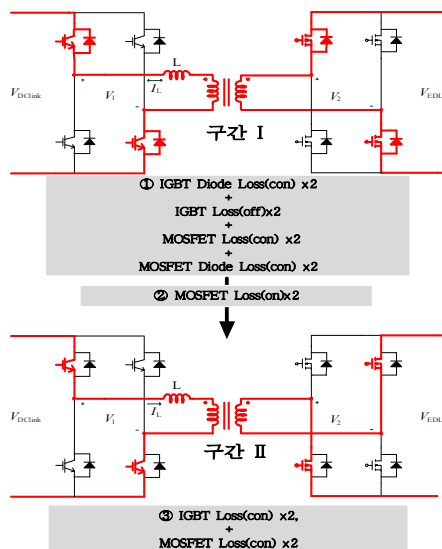


그림 5 방전시 스위치 손실 분석

3.3 충·방전시 변압기 손실 분석

그림 6은 변압기의 등가회로를 나타낸 것이다. 변압기의 손실은 철손(와류손+히스테리시스손)과 1차측과 2차측의 동손의 합이다. 철손은 일정하다고 가정하였으며, 동손을 구하기 위하여 변압기 권선비를 달리해가며 변화하는 전류의 실효값을 충전시와 방전시로 나누어 계산하였다. 전선은 리츠와이어를 사용하였으며, 따라서 skin effect는 거의 없다고 보고 동손을 구하였다.

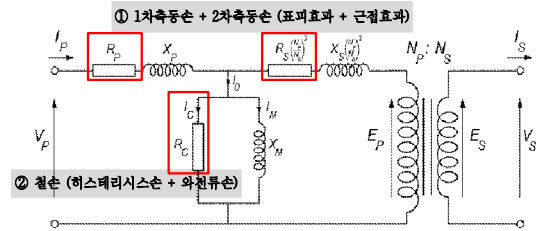


그림 6 변압기의 등가회로

3.4 최소의 손실을 가지는 변압기 권선비

그림 7은 스위치와 변압기에서 발생하는 총 손실을 그래프로 나타낸 것이다. 슈퍼커패시터 전압은 50~80 V, 2차측 권선수는 90~120 까지 각각 10 단위마다 손실을 계산하였다. 분석결과 변압기 권선비가 400:100 일 때 최소손실이 발생하였다.

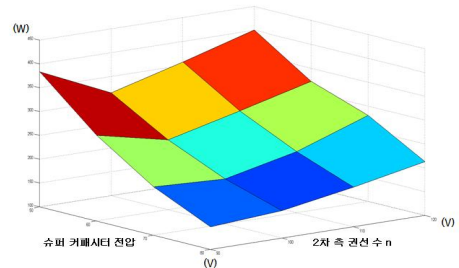


그림 7 충 방전시 총 손실에 대한 그래프

4. 결론

본 논문은 슈퍼커패시터용 양방향 DC DC 컨버터의 고주파 변압기 권선비를 고려한 설계에 대한 내용으로 슈퍼커패시터 전압에 따라서 충·방전 모드에서 발생하는 총 스위치 손실과 변압기 손실을 분석하였다. 그 결과, 변압기 권선비가 400:100 일 때 손실이 가장 작게 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 결과입니다. (NO. 20111020400260)

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.