

양방향 DC-DC 컨버터용 변압기 설계 및 해석

문병호, 조현식, 차한주
충남대학교 전기공학과

Design and Analysis of transformer for a bidirectional dc-dc converter

Byeongho Mun, Hyunsik Jo Hanju Cha
chungnam national university

ABSTRACT

본 논문은 양방향 DC DC 컨버터용 변압기 설계 및 해석에 대해 기술하였다. 시뮬레이션을 통해 변압기를 설계 하였으며 각 권선방법에 따른 누설인덕턴스를 측정하였다. 실제 변압기와 비교하여 누설인덕턴스 값을 검증하였다. 시뮬레이션 프로그램은 Maxwell 3D를 사용하였으며 변압기는 직접 설계 및 제작하였다.

1. 서론

최근 전력산업 분야에서는 전력수요의 증가와 화석연료 에너지 사용에 의한 환경문제를 해결하기 위한 신재생에너지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 신재생에너지에는 태양광에너지, 풍력에너지, 연료전지가 있으며 이중 풍력발전은 에너지 변환 효율이 높고 발전단가가 싸다는 장점이 있다. 하지만 불규칙한 출력을 낸다는 단점을 가지고 있는데 이와 같은 단점을 극복하기 위한 방법으로 배터리 사용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 배터리는 충·방전기와 함께 사용되며 충·방전기와 계통사이에는 높은 승압비와 강압비를 가지는 양방향 DC DC 컨버터가 요구된다. 절연형 양방향 DC DC 컨버터는 변압기를 사용하여 높은 전압변환 비를 얻을 뿐만 아니라 소스 전원 간 절연효과도 얻을 수 있다. 이와 같이 변압기는 절연형 양방향 DC DC에서 매우 중요한 부품이다. 하지만 변압기는 누설 인덕턴스를 가지고 있기 때문에 서지전압이 발생하게 된다. 컨버터를 설계할 때 이에 대한 것을 염두해 두고 설계를 해야 한다. 본 논문에서는 변압기의 권선 방법에 따른 누설 인덕턴스에 대해 비교 및 분석을 하였으며 참고논문을 참고하여 시뮬레이션과 함께 실제 변압기를 제작하여 비교하였다.

2. 양방향 DC-DC 컨버터용 변압기 설계 및 해석

2.1 양방향 DC-DC 컨버터

그림 1은 양방향 DC DC 컨버터의 회로이다. 변압기를 중심으로 왼쪽은 부스트 컨버터 부로 DC 링크 커패시터, 인덕터, 액티브 클램프 회로 및 부스트 컨버터 스위치로 구성이 된다. 오른쪽은 벡 컨버터 부로 DC 링크 커패시터와 벡 컨버터 스위

치로 구성이 된다. 양방향 DC DC 컨버터는 벡과 부스트 모드로 동작을 한다. 벡 모드는 벡 스위치가 스위칭을 하고 부스트 단의 스위치는 턴 오프 된 상태로 역방향 다이오드만을 이용한 정류기로서 동작을 한다. 부스트 모드는 부스트 단의 스위치가 스위칭을 하고 벡 스위치는 정류기로서 동작을 하게 된다. 부스트단의 스위치가 스위칭 할 때 인덕터와 변압기의 누설 인덕턴스로 인해 서지전압이 발생 하는데 이것을 클램프 회로의 클램프 커패시터와 클램프 스위치에 의해 억제된다. 그림 2는 실제 제작한 2.5kW급 양방향 DC DC 컨버터의 사진이다.

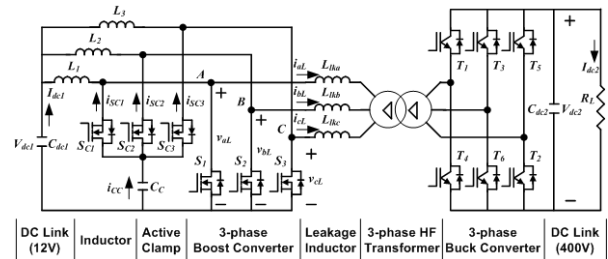


그림 1 변압기
Fig. 1 Transformer

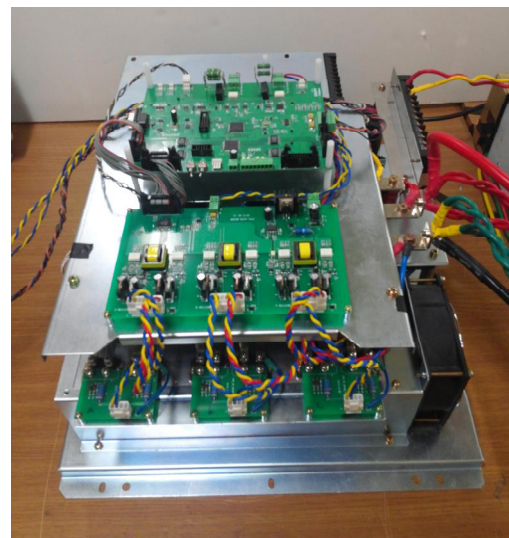


그림 2 양방향 DC-DC 컨버터
Fig. 2 Bidirectional dc-dc converter

2.2 Maxwell 3D 시뮬레이션

그림 2은 Maxwell 3D를 통해 변압기를 구현해 놓은 그림으로

이다. EE 코어를 베이스로한 변압기 모델을 시뮬레이션에 구현하였다. 턴비는 1:17로 1차 측은 3턴, 2차 측 51턴으로 구현하였다. 1차 측은 저압에 전류가 많이 흐르도록 설계하여 10개의 릿지와이어를 병렬로 하나의 릿지와이어처럼 사용하였다. 권선방법에 따라서 두 가지의 변압기 모델을 구현하였는데 두 모델 전부 샌드위치 권선방법을 사용하였다. 첫 번째 권선방법은 1차 측은 10개의 릿지와이어를 각각 3턴씩 감은 방법이다. 먼저 5개의 릿지와이어를 3턴씩 감은 다음 2차 측은 17턴 감고 다시 그 위에 1차 측 릿지와이어 5개를 3턴씩 감는 것을 반복하였다. 두 번째 방법은 1차 측 릿지와이어 10개를 5개씩 나누어서 5개를 병렬로 한번에 3턴씩 감는 방법이다. 이렇게 3턴을 감은 뒤 2차 측은 감고 그 위에 다시 1차 측 병렬로 묶은 릿지와이어를 3턴씩 감는 방법이다. 표 1은 시뮬레이션을 만들 때 사용한 파라미터로 데이터 시트를 참고하였다.

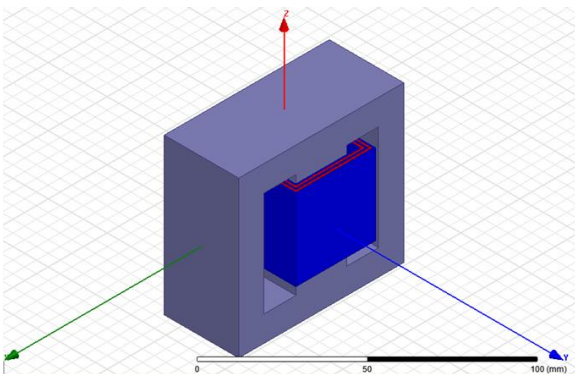


그림 2 변압기
Fig. 2 Transformer

	단면적(mm ²)	장면적(mm ²)	체적(cm ⁴)
EE 코어	679.2	601.6	40.86

표 1 시뮬레이션 모델 파라미터
table 1 parameter of simulation model



그림 3 설계 플로우 차트
Fig. 3 design flowchart

2.3 변압기 설계 및 제작

시뮬레이션 결과와 실제 변압기를 비교해보기 위해 직접 변압기를 제작하였다. 그림 4와 5는 실제 변압기를 제작한 사진으로 왼쪽은 첫 번째 권선방법으로 감은 변압기의 사진이며 오른쪽은 두 번째 권선방법으로 감은 변압기 사진이다. 변압기를 설계 할 때 사용한 수식은 식 1과 식2와 같다. 코어의 용량을 식 1을 통해 구하였고 식 2를 사용해서 입력과 출력에 대한 권선 수를 계산 하였다.

$$AP_1 = \left(\frac{P_e \times 10^4}{0.165 \times 420 \times \Delta B \times 2 \times f_s} \right)^{1.31} \quad (1)$$

$$N_{pri} = \frac{V_i \times 10^4}{2 \times \Delta B \times 10^{-2} \times f_s} \quad (2)$$

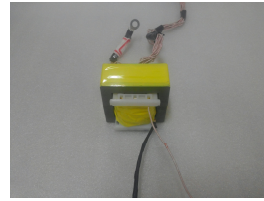


그림 4 변압기 1
Fig. 4 Transformer 1

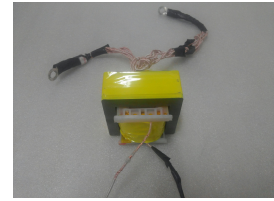


그림 5 변압기 2
Fig. 5 Transformer 2

2.4 변압기 누설 인덕턴스 비교

실제 제작한 변압기의 인덕턴스와 누설 인덕턴스를 측정해본 결과는 표 2와 3과 같다. RLC 미터기를 사용하여 인덕턴스 및 누설 인덕턴스를 측정해 보았으며 설계에서 목표 했던 인덕턴스 값이 잘 나온 것을 확인 할 수 있었다. 각각의 권선 방법에 따라 누설 인덕턴스가 차이가 나는 것을 확인 할 수 있었다.

		H
1차측	Lm	106u
	Llk	2.5u
2차측	Lm	31.68m
	Llk	114.6u

표 2 권선방법1의 실제 인덕턴스
table 2 real inductance of winding method1

		H
1차측	Lm	105.4u
	Llk	2.4u
2차측	Lm	31.49m
	Llk	101u

표 3 권선방법2의 실제 인덕턴스
table 3 real inductance of winding method1

3. 결론

2.5kW급 양방향 DC DC 컨버터를 제작, 실험하였으며 요소부품인 변압기를 설계, 제작하였다. 변압기 설계에는 Maxwell 3D를 사용하였으며 권선방법에 따른 파라미터를 Maxwell 3D로 해석을 하였다.

참고 문헌

- [1] Hanju Cha; Jungwan Choi; Woojung Kim; Blasko, V., A New Bi directional Three phase Interleaved Isolated Converter with Active Clamp, Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. Twenty Fourth Annual IEEE, Publication Year: 2009, Page(s): 1766 1772
- [2] R. Prieto, V. Bataller, J. A. Cobos, and J. Uceda, "Influence of thewinding strategy in toroidal transformers," in Proc. IEEE 24th Annu. Conf. Ind. Electron. Soc., Sep. 1998, vol. 1, pp. 359 364.