

리츠 와이어 구조를 갖는 PCB 인덕터의 모델링 및 strand 개수에 따른 저항 분석

손정우, 노은총, 이승환
 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과

PCB inductor modeling using litz wire structure and its resistance by number of strand

Jeongwoo Son, Eunhong Noh, Seung-Hwan Lee
 School of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul

ABSTRACT

본 논문에서는 PCB에 내장하는 형태의 인덕터 코일을 리츠 와이어 형태로 모델링했다. 유한요소해석(FEA) 방법을 이용하여 일반적인 코일과 리츠 와이어 코일의 권선 저항을 비교했다.

1. 서론

최근 전력전자 기술이 발달하면서 고전력 밀도를 달성하기 위해 인덕터나 변압기와 같은 자기 부품들을 PCB 안에 내장하는 방식을 많이 시도하고 있다. 그러나 PCB 내부에 코일을 장착하게 되면 단면적이 작아 권선 손실이 높아질 수 있다는 단점이 존재한다. 이런 단점을 해결하기 위해 변압기는 권선을 인터리빙하는 방식을 사용할 수 있다^[1]. 그러나 인덕터는 권선이 하나이기 때문에 인터리빙 방식을 채용하기 어렵다. 따라서 R. Zhang 등은 권선을 리츠 와이어 방식으로 모델링하는 방법을 사용했다^[2]. 그러나 권선 저항이 수백mΩ으로 이보다 작은 권선에 대해서는 적용하기 어렵다.

본 논문에서는 수 mΩ 크기의 권선 저항을 갖는 PCB 인덕터를 리츠 와이어 구조를 적용하여 모델링하고, 시뮬레이션을 통해 평판형 권선과의 권선 저항을 비교했다.

2. 리츠 와이어 구조의 모델링 및 시뮬레이션

2.1 리츠 와이어 구조의 모델링

리츠 와이어 구조를 갖는 PCB 인덕터를 모델링하기 위해 그림 1과 같은 형태를 선택했다. strand가 진행 시에 끝 지점에 도착하면 비아를 통해 하층 레이어로 이동하고 나머지 구간을 지나간다. 리츠 와이어 형태를 취함으로써 늘어나는 길이를 최대한 줄이기 위하여 각 strand는 모든 구간을 한 번씩만 거친 후 제자리로 돌아오는 형태를 가진다.

2.2 시뮬레이션

2.2.1 시뮬레이션 절차

시뮬레이션은 ANSYS 사의 유한요소 해석 프로그램인 HFSS를 이용하여 진행했다. 시뮬레이션은 평판형 권선과 8, 10strand 세 가지의 권선 저항을 비교했다. 리츠 와이어 구조가 2 레이어를 가지므로 평판형 권선은 2 레이어 병렬의 권선으로 제작했다. 코어 및 권선의 파라미터는 표 1과 같다.

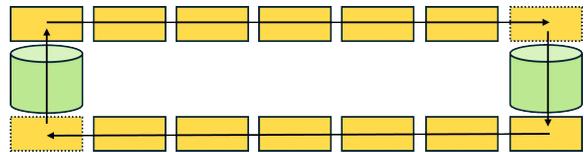


그림 1 리츠와이어 모델링 구조
 Fig. 1 Litz wire modeling structure

표 1 코어 및 권선의 파라미터
 Table 1 Parameters of core and wire

평판형 권선 너비	5mm	코어 너비	97.7mm
8strand 총 너비	4.05mm	코어 높이	1.036mm
10strand 총 너비	4.275mm	코어 유효 단면적	0.0125mm ²
12strand 총 너비	4.44mm		

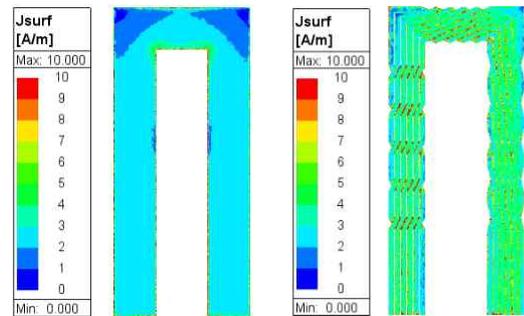


그림 2 HFSS 시뮬레이션 결과 (1kHz)
 Fig. 2 Result of HFSS simulation (1kHz)

2.2.2 시뮬레이션 결과

그림 2 ~ 5에 시뮬레이션 결과를 나타냈다. 각 시뮬레이션은 100만개 이상의 메쉬를 확보한 결과이다.

1kHz에서는 리츠 와이어 구조 권선과 평판형 권선의 전류 분포가 크게 차이나지 않는다. 주파수가 증가할수록 평판형 권선은 내측으로 전류 분포가 몰리는데 비해 리츠 와이어 구조 권선은 비교적 전류 분포가 균일한 것을 확인할 수 있다.

그림 6에 권선 형상에 따른 저항을 표시했다. 시뮬레이션 결과 수십 kHz ~ 100kHz에서 리츠 와이어 구조의 권선이 평판

참고 문헌

- [1] Chen, B. Analysis of Effect of Winding Interleaving on Leakage Inductance and Winding Loss of High Frequency Transformers. J. Electr. Eng. Technol. 14, 1211 - 1221 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42835-019-00129-6>.
- [2] R. Zhang, D. Zhang and R. Dutta, "Study on PCB Based Litz Wire Applications for Air-Core Inductor and Planar Transformer," 2019 9th International Conference on Power and Energy Systems (ICPES), Perth, WA, Australia, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICPES47639.2019.9105549 .

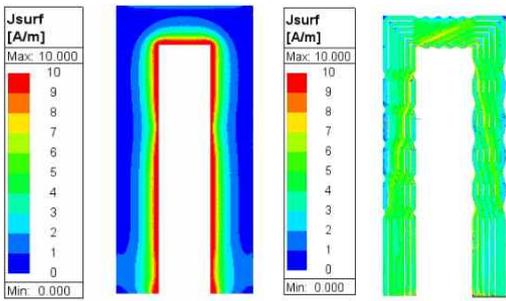


그림 3 HFSS 시뮬레이션 결과 (100kHz)
Fig. 3 Result of HFSS simulation (100kHz)

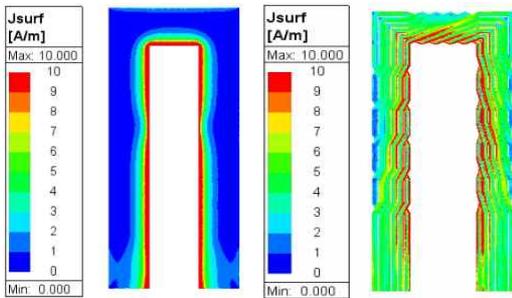


그림 4 HFSS 시뮬레이션 결과 (400kHz)
Fig. 4 Result of HFSS simulation (400kHz)

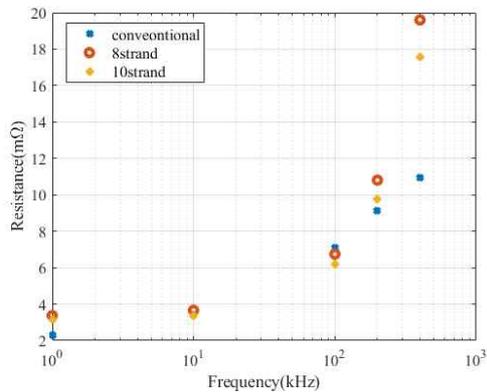


그림 5 권선 형상에 따른 저항
Fig. 5 Resistance by wire structure

형 권선에 비해 권선 저항에서 이득을 가질 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 리츠 와이어 구조를 갖는 PCB 인덕터를 모델링했다. 이를 시뮬레이션하여 리츠 와이어 구조의 권선이 평판형 권선에 비해 어떤 부분에서 이득을 갖는지 확인했다.

이 논문은 2024년도 지능형 사물 에너지 (iEoT) 반도체 시스템 융합 다빈치형 인력양성 센터의 "시스템반도체융합 전문인력육성사업"으로 지원 받아 수행된 연구 결과임 (1711134724, 시스템반도체융합전문인력육성사업)