

선형 서보 전동기가 결합된 비접촉 전력 전달 장치의 3차원 유한요소 해석

우경일*, 박한석*, 박형범*, 정홍섭*, 조윤현**
 *부경대학교 전기공학과, **동아대학교 전기공학과

3D Finite Element Analysis of Contactless Power Supply with Linear Servo Motor

Kyung il Woo*, Han Seok Park*, Hyong Bum Park*, Hong Seob Jung*, Yun Hyun Cho**
 *Pukyong National University, **Dong-A University

Abstract - This paper presents the 3D finite element analysis of contactless power supply with linear servo motor. The voltage source is used to analyze the characteristics of contactless power supply. The primary, secondary self and leakage inductances and the capacitances of a resonant circuit are calculated by the previous finite element analysis are used. Also the driving circuit to supply the power to the linear servo motor is designed. The characteristics analysis of contactless power supply considering the linear servo motor is done.

1. 서 론

최근 변압기의 전자 에너지 변환 원리를 이용한 비접촉식 전력전달 장치에 대한 연구가 진행되고 있다. 일반적인 정지된 변압기와 다른 점은 이동하는 시스템에 전력을 전달 할 수 있도록 일차측은 고정되어 있고 이차측은 이동을 하게 된다는 것이다. 일차측은 이동하는 시스템의 길이만큼 길이가 증가되고 이차측은 이동하는 시스템 옆에 붙어서 어느 위치에서도 전력 전달이 이루어지는 장점이 있는 반면, 일차측의 길이가 증가되면 누설 자속으로 인하여 이차측과의 결합계수가 줄어들어서 효율이 떨어지는 단점이 있다. 이런 단점을 줄이기 위해서 공진회로를 사용하고 전력전달 장치는 고주파 변압기를 사용한다[1-3]. 이러한 고주파 변압기는 현재 전력전자 소자에 사용되고 있지만 개략적인 설계를 통하여 설계하고 있기 때문에 손실이 많이 발생하고 있어 정확한 특성 해석이 필요하다. 비접촉 전력 전달장치는 공장자동화나 고속 전철과 같은 운송시스템에 응용 될 수 있으며, 이런 응용분야에 적용하기 위해서 전력전달 장치를 운송시킬 선형 서보전동기를 사용할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 비접촉 전력 전달 장치의 해석 기술을 이용하여 비접촉 전력 전달 장치가 선형 서보 전동기의 전원 역할을 하는 시스템을 해석 하고자 한다[4]. 비접촉 전력 전달 장치와 선형 서보 전동기는 구조상 전류가 흐르는 방향이 다르기 때문에 2차원 해석 방법으로 특성 해석을 할 수 없으므로 3차원 해석 방법을 사용해야 한다. 또한 비접촉 전력 전달 장치에서 발생하는 출력 전압과 출력 전류의 주파수가 수 kHz 이상이 되므로 이것을 선형 서보 전동기에 사용하기 위해서는 전자회로를 사용하여 변환을 해주어야 한다. 따라서 본 시스템의 3차원 해석을 위해서는 전압원 해석이 필요하며 주파수 변환을 할 수 있는 인버터 회로가 동시에 고려되어 해석이 되어야 한다. 즉 회로가 결합된 3차원 유한요소해석을 통하여 정확한 특성 해석을 할 수 있다. 상용 소프트웨어(Maxwell)를 사용하여 특성 해석을 수행하며, 정류회로 및 인버터 회로를 구성하여 시스템을 구동하는 구동회로를 결합하여 과도상태 해석을 수행한다.

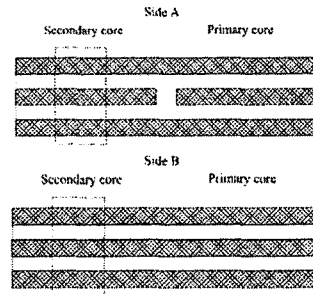
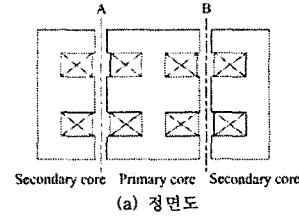
2. 본 론

2.1 해석 모델

그림 1은 본 논문에서 채택한 해석 모델을 나타낸다. 그림 (a)에서 나타내었듯이 전력 전달 장치 2개(왼쪽, 오른쪽)를 설계하였다. 1차측에 교류 전류를 가하면 발생한 자속이 2차측에 쇄교되어 2차측 단자에 전압을 발생하는 전자유도 현상을 이용한다. 그림 (b)에서와 같이 1차측의 코일에 의해서 발생하는 누설자속의 영향을 줄이기 위하여 1차측의 한면을 2부분으로 나누어 설계하였다. 표 1은 해석 모델의 제한을 나타낸다.

2.2 공진회로를 고려한 특성 해석

비접촉 전력 전달 장치의 정확한 특성 해석을 위해서 전압원을 입력으로 특성해석을 하는 것이 바람직하다. 특성 해석을 간단하게 하기 위해서 그림 2와 같이 그림 1과는 달리 비접촉 전력 전달 장치 하나만을 고려하여 해석하였다. 일차측에서 발생하는 누설 자속의 영향을 줄이기 위해서 공진회로를 사용하게 된다. 그림 3 (a), (b)는 비접촉 전력 전달 장치를 구동하기 위한 외부회로에서 공진회로를 사용한 경우와 고려하지 않은 경우의 일, 이차측 자속 쇄교수 특성



<그림 1> 해석 모델

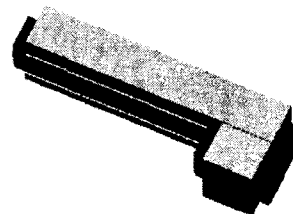
<표 1> 해석 모델의 제한

	Parameter	Value
1차측	적층 폭	300[mm]
	코일 턴 수	45
2차측	적층 폭	60[mm]
	코일 턴 수	100
주파수	1000[Hz]	
공극	0.5 [mm]	
재질	S45	

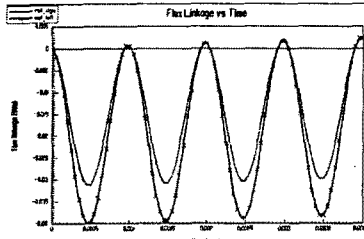
을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 공진회로를 고려한 경우의 자속 쇄교수가 정현적으로 발생함을 알 수 있다.

2.3 선형 서보 전동기가 결합된 전력 전달 장치

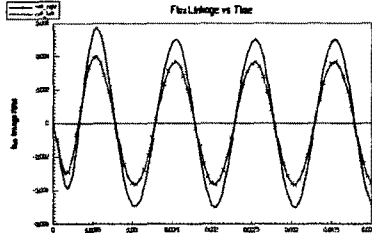
그림 4는 비접촉 전력 장치에 선형 서보 전동기를 부착한 전 시스템을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 비접촉 전력 전달 장치의 전류 방향과 선형 서보 전동기의 전류 방향이 서로 교차하므로 3차원 해석이 필수적임을 알 수 있다. 비접촉 전력 전달 장치에서 발생하는 자속이 선형 서보 전동기에 미치는 영향을 알아보기 위하여 비접촉 전력 장치만 구동할 경우 발생하는 자속밀도를 그림 5에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 자속밀도의 크기는 크지 않지만 선형 서보 전동기의 back iron과 aluminium 구동판에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.



<그림 2> 비접촉 전력 전달 장치

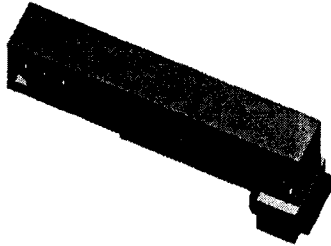


(a) 공진회로를 고려하지 않은 경우

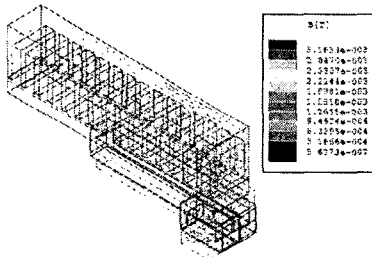


(b) 공진회로를 고려한 경우

<그림 3> 자속 쇄고수 특성



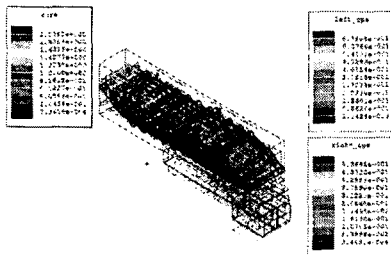
<그림 4> 선형 서보 전동기가 부착된 비접촉 전력 전달 장치



<그림 5> 비접촉 전력 전달 장치의 구동으로 발생하는 자속밀도 파형

2.4 선형 서보 전동기의 특성 해석

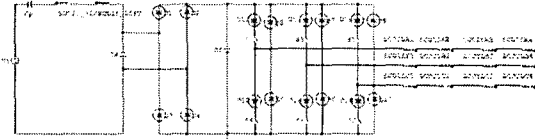
시스템에서 선형 서보 전동기에서 발생하는 자속밀도가 비접촉 전력 전달 장치에 미치는 영향을 알아보기 위하여 선형 서보 전동기를 3차원 특성 해석을 하였다. 그림 6은 선형 서보 전동기에서 발생하는 자속밀도가 비접촉 전력 전달 장치에 미치는 영향을 나타내는 그림이다. 그림에서와 같이 선형 서보 전동기에서 발생하는 자속 밀도가 비접촉 전력 전달 장치에도 발생하고 있는 것을 알 수 있으며 이것은 비접촉 전력 전달 장치의 전력 변환에도 영향을 미칠 수 있다.



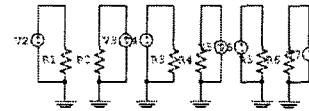
<그림 6> 선형 서보 전동기에 의한 자속밀도 파형

2.5 구동회로를 사용한 특성 해석

그림 7 (a), (b)는 선형 서보 전동기가 부착된 비접촉 전력 전달 장치의 3차원 특성 해석을 하기 위한 구동회로를 나타낸다. 선형 서보 전동기를 구동하는 회로를 만들기 위해서 다이오드와 전압으로 구동하는 스위치를 사용하였으며 선형 서보 전동기를 구동하기 위하여 6 step 인버터를 사용하였다. 그림 8은 구동회로를 사용한 전력 전달 장치에서 발생하는 자속선도를 나타낸다. 자속이 이상없이 잘 발생함을 확인 할 수 있다.

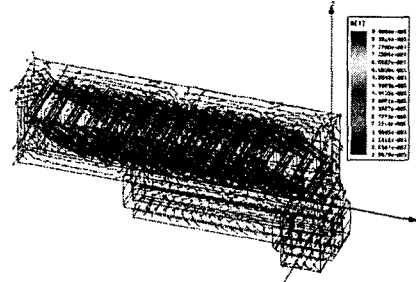


(a) 시스템 구동회로



(b) 스위치 구동회로

<그림 7> 구동 회로



<그림 8> 자속선도

3. 결 론

본 논문에서는 선형 서보 전동기가 부착된 비접촉 전력 전달 장치를 모델링 하였고 비접촉 전력 전달 장치의 구동회로를 외부 회로로 한 전압원 해석을 행하여 비접촉 전력 전달 장치에서 발생하는 자속밀도가 선형 서보 전동기에 미치는 영향을 알아보았다. 또한 선형 서보 전동기에 외부회로를 구성하여 전압원 해석을 행하였고, 발생하는 자속밀도가 비접촉 전력 전달 장치에 미치는 영향도 확인하였다. 선형 서보 전동기가 부착된 비접촉 전력 전달 장치를 구동하기 위한 외부회로를 모델링하였고 각 시스템에서 발생하는 자속밀도가 각각에 미치는 영향을 확인하였다.

이 논문은 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연수지원에 의하여 연구되었음

[참고 문헌]

[1] Dae-Hyun Koo, Pyo-Jung Hong, Yun-Hyun Cho, Koon-Seok Chung, "Design and Simulation of a Contactless Power Transmission System", AUTOMOTIVE ELECTRICAL EQUIPMENT OPTIMIZATION OF ELECTRONIC EQUIPMENT, pp. 377-382, Brasov, 2002
 [2] Byeong-Mun Song, Robert Kratz and Sam Gurol, "Contactless Inductive Power Pickup Systems for Maglev Applications", IEEE Conference, pp. 1586-1591.
 [3] Jacobus M. Barnard, Jan A. Ferreria, Jacobus Daniel van Wyk, "Sliding Transformer for Linear Contactless Power Delivery", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 44, No. 6, December 1997.
 [4] Kyung il Woo, Han Seok Park, Yun Hyun Cho, Kyung Ho Kim, "Contactless Energy Transmission System for Linear Servo Motor", IEEE Transaction on Magnetics, Vol. 41, No. 5/4, pp. 1596-1599, May 2005.