

공진형 컨버터를 이용한 비접촉 전력공급장치 제작

장동욱*, 김형철*, Joao Victor*
한국철도기술연구원 광역철도연구본부

Manufacture of contactless power supply using by resonance converter

Dong-Uk Jang*, Heol-Cheol Kim*, Joao Victor*
Korea Railroad Research Institute

Abstract - In this paper, the contactless power transfer using inductive power collector in order to apply to the vehicle such as the electric railway vehicle system is suggested and some ideas for power collector design to improve the power transfer performance are presented. This paper was presented for the transfer characteristic of power from input to output by resonance converter.

1. 서 론

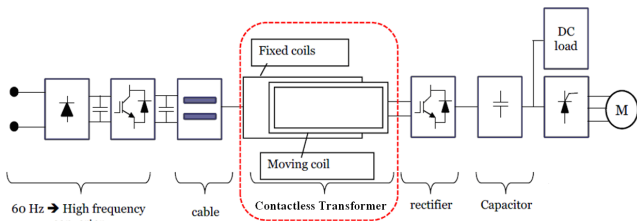
친환경 에너지 전달시스템 개발 및 에너지에 대한 관심 및 연구가 부각되고 있다. 에너지 사용의 중요성이 대두되면서 그린에너지에 대한 관심이 높아지고 있으며, PRT, 경전철, 트램 등과 같은 신교통시스템 및 전기자동차의 개발이 활발해 지고 있다. 현재 전기철도 시스템은 접촉식으로 전력을 공급받아 사용하고 있다. 이러한 접촉식 전력공급은 유지보수 및 관리비용, 미관상 환경적이지 못하고, 완전하지 못한 접촉에 의한 아크발생에 의한 안정적 전력공급 문제 발생이 가능하며, 접촉 등과 같은 사고 발생의 우려가 높아, 안전성 측면에서 문제점이 발생되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 비접촉전력공급 장치가 개발되고 있다. 고속자기부상열차, 트램 등에서 비접촉전력공급 방식을 사용하고 있다.

본 논문은 5 kW급 비접촉변압기와 효율적인 에너지 전달을 위한 공진형 컨버터로 구성된 비접촉전력공급장치를 제작하여 성능을 검증하는 것이 목적이다.

2. 본 론

2.1 비접촉전력공급장치

비접촉전력공급장치는 그림 1과 같이 구성되도록 설계하였다. 1차측 비접촉 변압기에 전력을 공급하기 위해서, 60Hz 220V전원을 전파정류한 직류전원을 공진형 컨버터를 이용하여 20 kHz의 교류전원이 발생하도록 하였다. 20 kHz의 교류 전류는 효율적으로 전력이 공급되도록 비접촉 변압기 파라미터를 계산하여 커패시터 용량을 계산하였다. 비접촉 변압기 2차측에는 정류기가 연결되었으며, 부하로 DC electric load 가 연결되었으며, 구동을 위하여 직류모터가 사용되었다.

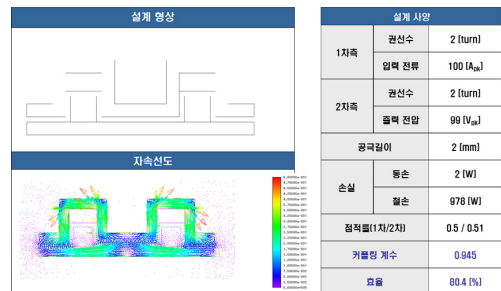


〈그림 1〉 비접촉전력공급장치

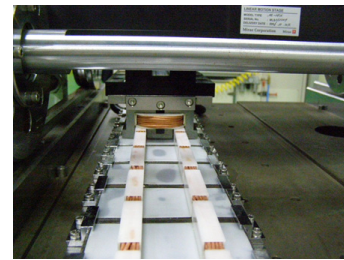
2.2 비접촉 변압기 설계 및 제작

비접촉 변압기 설계에 있어서 주된 고려사항은 사이즈를 최소화 하여 설계하였다. 그림 2는 비접촉 변압기 형상 및 해석결과를 나타내고 있다. 철심의 사용을 최소화 하기 위해서 그림 2와 같이 상부의 철심을 제거하였다. 1차측입력은 100 Apeak 전류가 입력되면, 출력전압은 100 Vpeak가 되도록 하였으며, 설계 효율은 80 %이다. 공극은 2 mm로 하였으며, 권선은 1차 및 2차 모두 2턴으로 하였다. 그림 3은 시뮬레이션 으로부터 실 제작된 비접촉 변압기를 나타내고 있다. 1차측 바닥에 코어를 설치하였으며 고정을 위해서 절연물질을 사용하여 코일을 고정시켰

다.



〈그림 2〉 비접촉 변압기 형상 및 해석 결과



〈그림 3〉 비접촉 변압기

2.3 공진형 비접촉 변압기 전력변환장치

비접촉 전력공급은 일반적인 변압기와 달리 공극이 있기 때문에 누설 자속이 크게 발생한다. 따라서 이러한 누설인덕턴스를 보상하기 위해서 공진형 컨버터를 이용하여 전력변환장치를 구성한다. 보상용 커패시터는 비접촉 변압기의 누설리액턴스 및 상호인덕턴스를 측정하여 계산하였다. 비접촉 변압기 2차측에는 정류기를 달아서 직류부하에 연결할 수 있도록 하였고, 구동을 위한 직류모터 제어기를 설치하였다. 표 1 및 2에 제작한 전력변환장치 및 제어장치의 사양을 나타내었다.

〈표 1〉 공진형 컨버터 제작 사양

출력 용량	5[Kw]
정격 입력 전압	AC 220[V] 입력 ±10%
정격 입력 전류	24[A]
정격 입력 주파수	50[Hz]/60[Hz]
정격 출력 전류	75[A]
정격 출력 주파수	20[kHz]
사이즈(W,H,D)	약(350 x 350 x 200) [mm]
제어방식	출력 전압 제어, 센서리스 방식
보호기능	과전압, 저전압, 과전류, Fuse Open, 인버터 과열, 과부하, IGBT Arm 단락

<표 2> 2차측 정류기 및 직류전동기 구동장치 제작 사양

Rectifier	출력 용량	5[Kw]
	정격 입력 전압	AC 140[V] 입력 ± 20%
	정격 입력 전류	36[A]
	정격 입력 주파수	20[KHz]
	정격 출력 전류	25[A]
Driver	출력 용량	0.5[kW]
	회전 방향	정/역
	인터페이스	RF통신(UHF 10[mW]이하)
	제어방식	PWM
	사이즈(W,H,D)	약 (200 x 300 x 150)[mm]

2.4 측정결과

그림 5는 제작된 비접촉전력공급장치 및 실험장치를 나타내고 있다. 실험방법은 출력측 부하저항을 변경해 가면서 비접촉 변압기 입출력을 측정하였다. 부하저항은 200 Ω, 10 Ω, 1Ω으로 변화시켰다.

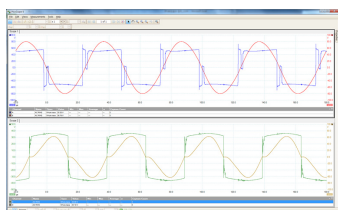


<그림 5> 비접촉전력공급장치 및 실험장치

<표 3> 비접촉전력공급장치 측정결과

구분	1차측			2차측	
	인버터 입력단		공진전류(ic) Vac[A]	정류기 출력	
저항 [Ω]	Vdc [V]	Idc [A]		출력전압 Vdc[V]	출력전류 Idc[A]
200.00	40.10	50.00	60.00	60.50	0.28
10.00	44.00	51.00	60.00	54.60	5.44
1.00	65.00	52.00	60.00	34.60	34.60

표 3은 부하저항 변화에 따른 비접촉전력공급장치의 1차 및 2차 측정 결과를 보여 주고 있다. 측정결과 변압기의 효율이 설계치인 80 %까지 나오지 않고 있음을 확인하였다. 이러한 원인은 시험중 코어에서 열이 많이 발생하는 것을 고려해 보면, 철손에 의한 손실이 많이 발생된 것으로 보이며, 공진형 컨버터의 보상용 커패시터 계산에 문제가 있어 공진에 문제가 있는 것으로 판단된다.



<그림 6> 비접촉전력공급장치 출력파형

3. 결 론

본 논문에서는 비접촉 전력공급장치를 전기철도에 응용하기 위해서 5 kW급의 비접촉 변압기 및 전력변환장치를 설계 제작하였으며 성능검증 시험을 실시하였다. 비접촉 변압기는 가능한 크기를 적게하여 코어의 상용량을 최소화 할 수 있도록 설계 제작하였다. 전력변환장치는 20 kHz의 주파수를 공급할 수 있도록 하였으며, 누설인덕턴스를 보상하기 위해 공진형으로 설계하여 제작하였다.

측정결과 시뮬레이션한 효율을 만족하지 않은 결과를 나타냈으며, 이러한 원인은 코어선택을 잘못 한 것으로 판단되며, 또한 공진형 컨버터에서 코어의 갭 변화에 따른 누설인덕턴스가 변화하기 때문에 공진이 가능한 설계가 필요할 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

[1] J.T.Boys, G.A.Covic, and GREEN, A,W “Stability and control of inductively coupled power transfer systems,” IEE Proc.,Electr.Power Appl., 2000,147,(1) pp.37-43, 2000
 [2] Abe, H. Sakamoto, H. Harada, K.“A noncontact charger using a resonant converter with parallel capacitor of the secondary coil,” IEEE Transaction on Industry Applications, vol.36,no.2, pp.444-451, March/April. 2000.