

# 실린더 페라이트 코어를 사용한 무접점 전력 변환 시스템

이승준, 안재우  
경북 대학교 전자공학과, 경북 대학교 전자 공학과

## A Contactless Power Conversion System Use a Slinder Ferrite Core

Seng-Jun Lee, Ohn Jae Woee  
Kyungpook National University, Kyungpook National University

### ABSTRACT

Connectorless power transmission and supply are the power transfer device revealed by resonant inverter or transformer using inductant device. Recently, on power supply have been going on frequently, so several power supply circuit forms are announced. But Compared with the circuit of previous paper, instead of the circuit composed of a simple sylinder Ferrit, I was manufacture in a sylinder that It was a double overlab to a sylinder and I was foiowed a double flux in inner flux path. Above all, for practicalization, supply circuit operation character analysis and development of controller should be preceded. According to this paper, power transmission and supply analyze characters and design control circuit like the analysis of general resonant inverter for power transmission. They compose the circuit to get sinusoid wave output voltage using pulse width modulation control mode. For Supply, output wave form through power track and power pick-up of magnetic inductance includes ripper component. So I intend to design the controller including filter and regulator, compare analyze theoretical result with real measurement value and then show you their practicality

### 1. 서 론

장치의 대용량화를 위해서는 IGBT를 이용한 고속 스위칭 방식의 Full Bridge DC-AC 인버터, 변압기, 정류기 등으로 구성되어있다. 전기적 접촉 없이 에너지를 전달하는 무접점 전력방식은 에너지

전달 요소로써 실린더 페라이트 코어를 사용한 자기적인 결합의 변압기를 이용하여 자기장 에너지를 전기적인 에너지로 변환 시킨다. 무접점 전력변환 방식은 자기 인덕턴스에 의한 1차측의 전력 트랙과 2차측의 전력 픽업에 의해 교류 전력을 전달한다. 본 논문에서는 앞으로의 통신 시스템들은 아래의 이유에 의해서 자기적인 결합을 통한 전력 분배 시스템과 전자 세트들 사이에서 전력 전달을 요구한다.

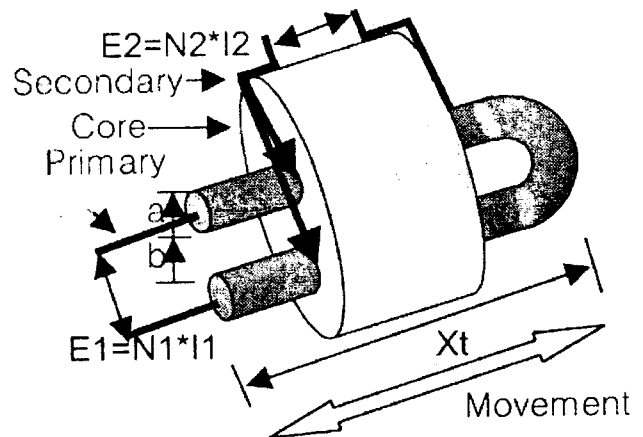


그림 1 실린더 코어를 사용한 무접점 변압기 구조

- (1) (i)(ii)에 의해서 증가된 시스템의 신뢰성
  - (i) 전력 인터페이스에서 고유의 단락회로 보호
  - (ii) 부하에 제한된 전력 전달(화재 위험의 제거)
- (2) 시스템의 전기적인 무접점 접속에 대한 적합한 자기 결합 전력 분배 시스템을 얻기 위해서는 ac type이 되어야 한다.

## 2. 회로 모델링과 해석

### 2.1 무접점 전력 변압기 구조

무접점 전력공급의 구조는 전력 트랙에 전력 픽업을 결합하여 슬라이드 되도록 제작한다. 전력 트랙은 자기 인덕턴스에 의해서 픽업에 60Hz와 결합 전력에 의해 구동된다. 주파수는 60Hz의 기본 고조파 성분이 통신 시스템들에게 대응하지 못하도록 가능한 인터페이스를 제한하도록 선택한다. 전력 픽업들은 정류, 필터링, 분로 레귤레이션이 수행되도록 전력공급받는 회로에 60Hz 교류 전력을 공급한다. 공급 전력의 출력은 정류 7.2W의 전력을 위해 종합 1.2A 와 6.2V ± 10 % 의 DC 공급이 요구되는 전기 세트들에 인터페이스 된다. 그림2는 무접점 전력 공급의 전력변환 개념도이다

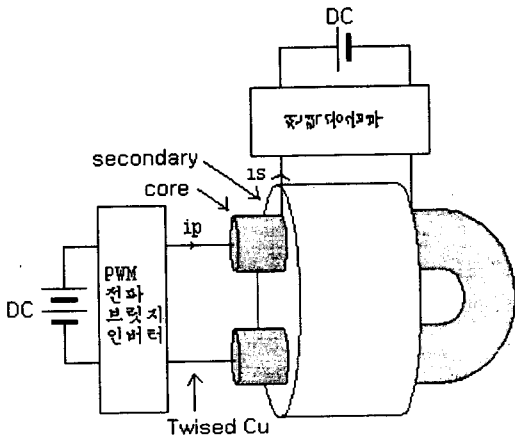


그림 2 무접점 전력 공급원의 전력변환 구조

### 2.2 무접점 전력 변압기 등가회로

최적화된 실린더 트랜스포머는 7.2W이고 짧은 전후왕복 시스템(0.8m)이기 때문에  $L_i$ 는 상대적으로 작고 단단하며 등근 일차 권선을 가진다. 식 (4)에서 a는 등근 도전체의 직경이고 가장 낮은 코어 가격의 솔루션을 주고 있다. Eddy와 대략적인 손실 때문에 왜냐하면 이 시스템의 고주파에서 가장 크다. 일차 도전체는  $R_i$ 의 조건에서 시스템을 최적화 하도록 꼬인  $C_u$  도전체로 구성하였다.

### 2.3 Full-Bridge 직.병렬 부하 공진 DC-DC 변환기

그림 6은 직.병렬 부하 공진 DC-DC 변환기의 전력 회로이다. 이 변환기의 해석은 병렬 부하 공진 변환기와 같은 방법으로 할 수 있다. PWM회로의 스위칭 동작에 의해서  $v_i$ 는 양방향 구형파가 되며 트랜스포머 입력전압  $v_a$  와 정류기 입력전압은 공진 탱크 입력 전압과 동일한 주파수의 정현파로 가정한다. 출력단 필터 인덕터는 충분히 커서 정류기 입력 전류  $V_b$  는 구형파이다.

### 전압이득

Full-Bridge 직.병렬 부하 공진 DC-DC 변환기의 전압 이득은 그림6의 기본과 등가회로에서 구할 수 있다. 입력단에서는 4개의 IGBT를 통해 만들어진  $v_i$ 의 기본과 성분만을 고려하였고 출력단의 정류 다이오드와 필터 커패시터는 등가저항( $R_e$ )으로 하였다. 그림7의 등가회로를 사용하여 식(1), (2)와 같이 전압이득(M)을 구할 수 있다.

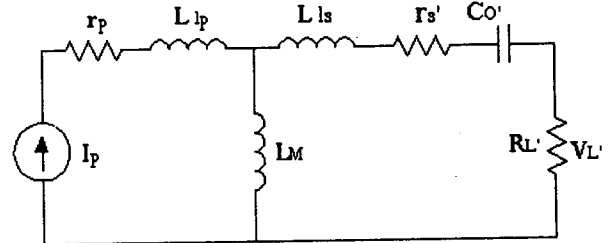


그림 3 1차측에서 본 2차측 파라미터

TABLE I

전기량	기호	값
전체 트랙 인덕턴스	$L_T$	1.1 $\mu H$
1차 누설 인덕턴스	$L_{IP}$	9.7 H
2차 누설 인덕턴스	$L_{IS}$	101 mH
자화 인덕턴스	$L_M$	2.9 H
전체 트랙저항	$r_T$	80 m $\Omega$
1차 권선저항	$r_P$	2.55 k $\Omega$
2차 권선저항	$r_S$	25 $\Omega$

변압기 T-등가회로 모델의 측정 파라미터

$$V_{bl} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} V_o \quad (1)$$

$$V_{al} = \frac{2\sqrt{2} \left( \frac{V_s}{2} \right)}{\pi} \quad (2)$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \left[ \frac{1}{1 + \frac{X_{CS}}{X_{CP}} - \frac{X_L}{X_{CP}} + j \left( \frac{X_L}{R_e} - \frac{X_{CS}}{R_e} \right)} \right] \quad (3)$$

$$L_t = \frac{u_o}{\pi} \log \left( \frac{d+2a}{0.7788a} \right) \quad (4)$$

$$R_e = \frac{V_{bl}}{I_{bl}} = \frac{\frac{\pi V_o}{2\sqrt{2}}}{2\sqrt{2} \frac{I_o}{\pi}} = \frac{\pi^2}{8} \frac{V_o}{I_o} = \frac{\pi^2}{8} * R_L \quad (4-1)$$

**자성체 회로해석**

그림 4에서 자기적 성질이 선형성이고 등방성이며 균일할때  $\mu_r$ 은 상수이므로 자속밀도  $B$ 와  $H$ 는 다음과 같이 선형관계를 갖는다. 그리고 자성체의 단면적은  $S$ 로 균일하고 자기저항  $R = \mu_0 \mu_r H \ell$ 이고 전체 자속은  $\Phi_T$ 이며 기자력은  $V_m = NI$ 이다.

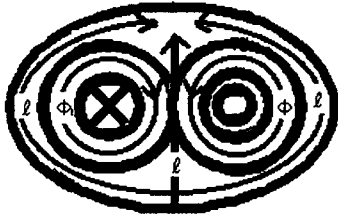


그림 4 자성체 단면도

KVL에 의해

$$E_1 = (R_1 + R_3) I_1 + (R_3) I_2 \quad (5)$$

$$E_2 = (R_3) I_1 + (R_2 + R_3) I_2 \quad (6)$$

$R_1 = R_2 = R_3 = R$ 이므로

(5)+(6)하면

$$E_1 + E_2 = (2R) I_1 + R I_2 = 3R(I_1 + I_2)$$

$$I_1 + I_2 = \frac{E_1 + E_2}{3R} \quad (7)$$

전체 자기적 양으로 표현하면 식 (7)은 다음과 같다.

$$\Phi_T = \Phi + \Phi_1 = \frac{N_1 I_1 + N_2 I_2}{3 * \frac{\ell}{\mu_0 \mu_r S} + 2 * \frac{\ell}{\mu_0 S}} \quad (8)$$

여기서  $H$ 을 구하면

$$H = \frac{1}{\mu_0 S} * \frac{N_1 I_1 + N_2 I_2}{3 * \frac{\ell}{\mu_0 \mu_r S}}$$

가 된다.

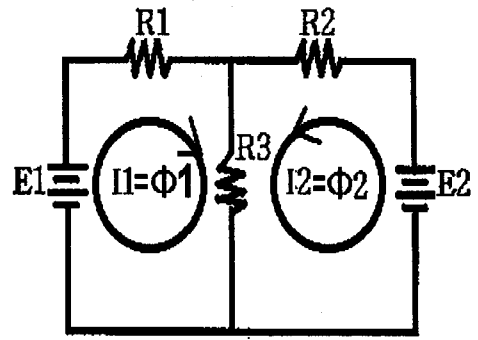


그림 5 자성체 등가 회로

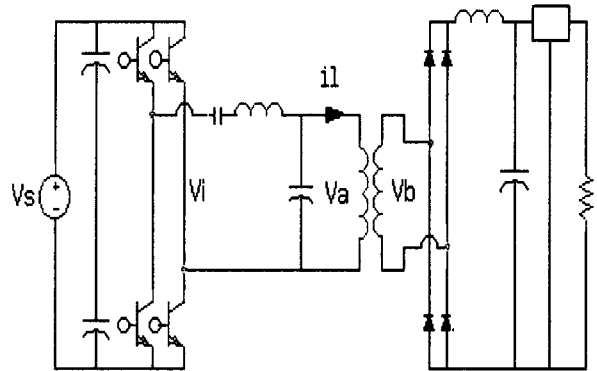


그림 6 Full-Bridge 직.병렬 공진 직류-직류 변환기

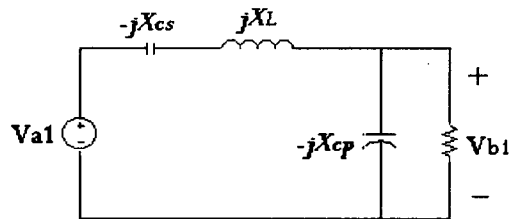


그림 7 Full-Bridge 직.병렬 공진 직류-직류 변환기의 등가회로

**3. 실험 결과**

테이블 2은 full-load 조건에서  $I_L=1.2A$ 에 대하여 회로 전압과 전류 회로손실을 나타냈다. 분로 레귤레이트는 스위치 S가 on 또는 off의 양쪽 동작에서  $0 \leq I_L \leq 1.2A$ 와 정규영역  $6.2V \pm 10\%$ 에 대하여  $V_O$  대  $I_L$ 관계를 알 수 있다  $I_L > 1.2A$ 에 대하여 스위칭 레귤레이트 전류  $I_R=0$  되기 때문에 동작하지 못한다. 그리고  $I_O = I_L$ 가 된다.

TABLE II

전기량	기호	값
동작 주파수	$f$	60Hz
1차측 전류 크기	$ I_p $	70mA
2차측 전류 크기	$ I_s $	1.2A
1차측 권선 손실	$P_p$	15.4W
2차측 권선 손실	$P_s$	36W
정류기 손실	$P_D$	7.2W
효율	$\eta$	46%

$I_L=1.2A$  대하여 무접점 전력공급원의 성능

그림 9은  $I_L=1.2A$ 의 조건에서 회로 출력파형을 나타냈다. 그림 9(a)는 무접점 변압기의  $\frac{\pi}{2}$  앞서는  $v_p$  와 거의 정현파인  $i_p$ 를 시뮬레이션과 실험으로 나타냈다. 그림 9(b)는 무접점 변압기의 전류 파형  $v_s$  와  $i_s$ 를 시뮬레이션과 실험으로 나타냈다. 그림9(c)의  $V_L$ 은 직류 출력 전압과 동일한 피크값을 가지는 구형파를 시뮬레이션으로 나타냈다.

#### 4. 결 론

무접점 전력공급원은 전기 커넥터를 제거하거나 쉬운 재구성을 가능하게 한다. 전력 픽업들은 전력 트랙을 따라서 어떠한 지점에서든 위치하도록 하였다. 하나의 전력공급의 실패는 전체 공급 실패를 일으키지 않는다. 상용전원 주파수를 고주파 PWM으로 변환하여 사용하므로써 더욱더 전체 트랜스포머 면적을 줄일 수 있으며 전압을 변환하여 공급할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

[1] A.Kelly and W.Oens, 'Connectorless power supply for an aircraft-passenger power Distribution system', IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 4, No. 4, 1989, Oct.  
 [2] P.Jain and M.Tanju, 'A 20 kHz Hybrid Resonant power Source for the Space Station', IEEE Transaction on Aerospace and Electronics system, Vol. 25, No. 4, 1989.

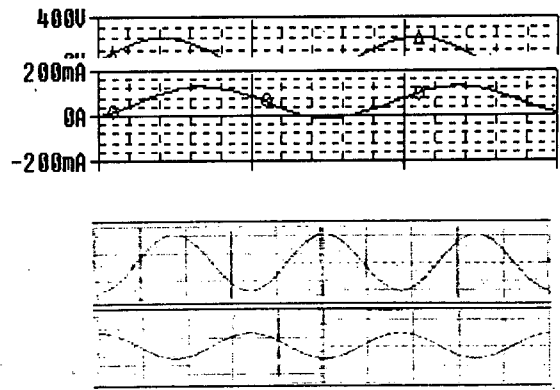


그림9(a) 변압기 시뮬레이션 파형(위)  $v_p, i_p$  실험 파형(아래)  $v_p(4V/DIV), i_p(50mA/DIV)$

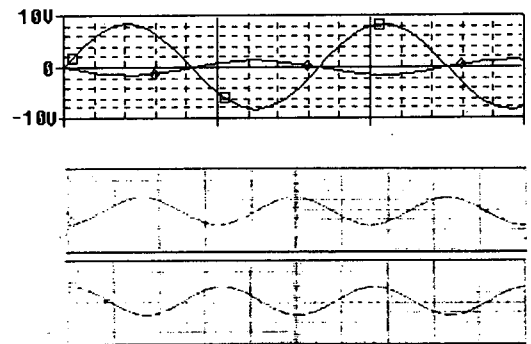


그림 9(b) 변압기 시뮬레이션 파형(위)  $v_s, i_s$  실험 파형(아래)  $v_s(5V/DIV), i_s(1A/DIV)$

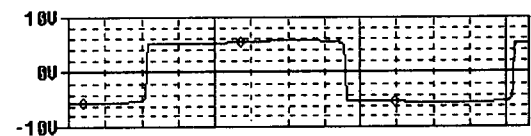


그림 9(c) 부하전압 시뮬레이션 파형(위)  $V_L(5V/DIV)$

[3] Chen, J. and Bonert, R. (1983) Load independent DC/AC power supply for higher frequency with sine waveoutput. IEEE Transactions on Industry Applications, IA-19, 2 (Mar.-Apr. 1983), 223~227.  
 [4] P. Jain, G. Edwards, C. Hubbard and D. Bannard, 'High Frequency Power Distribution System'. International Conference on Power Electronics, Drives and Energy System, New Delhi, India, Jan 1996.  
 [5] J.M. Barnard, J.A. Ferrita, J.D. Van WYK; "Optimized Liner Contactless Power Transmission Systems For Different Application"; IEEE PESC, Vol. 1, June 1995, pp. 245~251