

무선전력전송 인버터 전원용 PFC 컨버터의 인덕터 특성

임성진, 김창선
목포대학교 전기공학과

The Inductor Characteristics of the PFC Converter for Wireless Power Transfer Inverter

LIM Seongjin, KIM Changsun
Dept. of Electrical Engineering, Mokpo National University

ABSTRACT

The characteristics of wireless power transfer is achieved at high frequencies in short range magnetic resonant wireless power transfer system. Use PFC pre regulator for power supply of high frequency inverter. Supplied power to high power factor and high efficiency. Accordingly, the input voltage is 110V 220V. The designed of 175W Class with the output voltage of 385V. As a experiment result, maximum power factor and maximum efficiency measured 99% and 97% respectively. Therefore, in this paper, the design of a inductor which is the most important element in PFC converter for short range magnetic resonance wireless power transfer system was studied. Used an CS330125 core through the designed of 175W class. Examination results power loss was 0.2%.

1. 서론

근거리 자기공명 무선 전력 전송 시스템에 있어서 무선전력 전송이 고주파에서 이루어지는 특성을 가지고 있으므로 고주파 인버터의 전원용으로써 PFC 프리레귤레이터를 이용하여 고 역률 및 고 효율의 전력을 공급해주어야 한다. 이에 따라 입력 전압은 110V 220V이며 출력 전압은 385V의 175W급으로 설계를 하였다. 실험 결과 최대 역률은 99%였으며 최대 효율은 97%로 측정되었다. 따라서 본 논문에서는 근거리 자기공명 무선 전력 전송 시스템의 PFC 컨버터에 있어서 중요한 소자 중 하나인 인덕터 설계에 대하여 고찰하였다. 175W급의 설계를 통하여 CS330125코어를 사용하였으며, 전체 효율 대비 0.2%의 손실이 나타났다.

2. 본론

2.1 인덕터 설계

인덕터 설계는 core loss와 wire loss를 줄여야 한다. PFC 인덕터의 인덕턴스값을 크게 하면 wire loss도 커진다. 또한 wire loss를 줄이기 위해서는 선경도 너무 가늘게 할 수 없기 때문에, 인덕턴스를 만족하고 wire loss도 적게 하는 동시에 코어의 크기 등 여러 가지를 고려하여 CS330125코어를 선택하였다.

표 1 설계 사양

Table 1 Design Specifications

input, V_{in}	: 90~264[V_{ac}]
output, V_o	: 385[V]
Output Current, I_o	: 0.45[A]
Frequency, f_s	: 65[kHz]
Efficiency, η	: 80%
Regulation, α	: 1%
Maximum & Minimum Duty Ratio	: 0.723 & 0.44
Operating flux density, B_m	: 0.25[T]
Transistor on resistance, R_q	: 0.92[ohms]

1) 트랜지스터 전압 강하 V_{vd} 는 식 1과 같다.

$$V_{vd} = I_{in_max} R_Q = 3.13[V] \quad (1)$$

2) 부하 저항 R_{max} 는 식 2와 같다.

$$R_{max} = \frac{V_o}{I_o} = 962.5[\Omega] \quad (2)$$

3) 인덕턴스 L은 식 3과 같다.

$$L = \frac{R_{max} T D_{min} (1 - D_{min})^2}{2} = 1021[\mu H] \quad (3)$$

4) 리플 전류, ΔI 는 식 4와 같다.

$$\Delta I = \frac{(V_{max} - V_{vd}) D_{min} T}{L} = 1.44[A] \quad (4)$$

5) 최대 전류, I_{pk} 는 식 5와 같다.

$$I_{pk} = \frac{I_o}{(1 - D_{max})} + \left(\frac{\Delta I}{2}\right) = 2.34[A] \quad (5)$$

6) 인덕터에 흐르는 RMS 전류 I_{rms} 는 식 6과 같다.

$$I_{rms} = \sqrt{(I_{pk})^2 - (I_{pk})(\Delta I) + \left(\frac{\Delta I}{3}\right)^2 (D_{max})} = 1.94[A] \quad (6)$$

7) 코어의 energy handling capability는 식 7과 같다.

$$Energy = \frac{LI_{pk}^2}{2} = 0.0028[w-s] \quad (7)$$

8) 전기적 계수, K_e 는 식 8과 같다.

$$K_e = 0.145P_oB_m^2 \cdot 10^{-4} = 0.000159 \quad (8)$$

9) energy capability와 계수 K_e 로 core geometry, K_y 는 식 9와 같다.

$$K_y = \frac{(Energy)^2}{K_e \alpha} = 0.049[cm^2] \quad (9)$$

표 1 코어 데이터 및 AWG 규격표

Table 1 Core data and AWG Specification

AWG번호	직경(Dch)	직경(Dmm)	단면적(mm²)	저항(Ω/m)	회용길이(A)
15	0.0571	1.45	1.65	0.0104	19
16	0.0508	1.29	1.31	0.0132	12~19
17	0.0453	1.15	1.04	0.0166	16
18	0.0403	1.02	0.823	0.021	7~16
19	0.0359	0.912	0.653	0.0264	5.5
20	0.032	0.812	0.518	0.0333	4.5

10) 전류 밀도, J 는 식 10과 같다.

$$J = \frac{2(Energy) \cdot 10^4}{B_m A_p K_u} = 22.46[A/cm^2] \quad (10)$$

11) 권선의 단면적은 식 11과 같다.

$$A_{w(B)} = \frac{I_{rms}}{J} = 0.0088[cm^2] \quad (11)$$

12) 권선수 N 는 식 12와 같다.

$$N = \frac{W_a K_u}{A_{w(B)}} = 105[turn] \quad (12)$$

13) 권선의 v사이즈, $A_{w(B)}$ 는 식 13과 같다.

$$A_{w(B)} = \frac{W_a K_u}{N} = 0.0088[cm^2] \quad (13)$$

윗 식의 결과값을 토대로 AWG No.18을 선택하였다.

14) 와인딩 저항, R 을 구하면 식 14와 같다.

$$R = MLT(N) \left(\frac{\mu\Omega}{cm} \right) 10^{-6} = 0.088[\Omega] \quad (14)$$

15) 동선 저항, P_{cu} 는 식 15와 같다.

$$P_{cu} = I_{rms}^2 R = 0.33[W] \quad (15)$$

16) 코어 손실, P_{fe} 는 식 16과 같다.

$$P_{fe} = \left(\frac{mW}{g} \right) (W_{tfe}) \cdot 10^{-3} = 0.0064[W] \quad (16)$$

17) 전체 손실, P_{Σ} 는 식 17과 같다.

$$P_{\Sigma} = P_{cu} + P_{fe} = 0.3364[W] \quad (17)$$

3. 실험 파형

3.1 무선전력전송 시스템 실험

근거리 무선전력전송 시스템은 안정적인 전력을 공급하는 전원공급 장치의 고역률 및 고효율을 필요로 하며 고주파수로 동작하면서 손실을 최소화 할 수 있는 기술이 필요하다. 또한 일반 상용 전원의 경우 역률이 0.6~0.8로 나타난다. 이를 보상하기 위하여 PFC 프리레귤레이터를 이용하여 입력 전압은 AC 110V 220V이며, 385V의 출력을 인버터의 전원용으로써 고역률 및 고효율의 전력을 고주파 인버터에 안정적으로 공급하게 된다. 무선전력전송을 위한 컨버터로써 전압과 전류의 파형을 일치시킴으로써 무선전력전송 시스템을 위한 PFC 프리레귤레이터의 설계의 목적을 확인하였다. 또한 무선전력전송용 고주파 인버터 전원용으로써 PFC 컨버터를 이용하여 무선전력전송이 이루어짐을 확인하였다. 또한 그림 1은 브리지다이오드 파형과 인덕터 전류 및 FET의 게이트 소스 파형을 나타낸다.

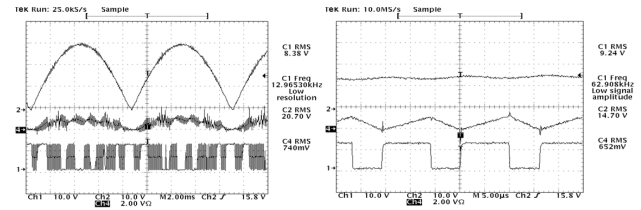


그림 1 입력 전압 220 V_{AC}, 출력 전류 0.45A일 때 실험 파형
Fig. 1 Experimental waveforms when the input voltage 220 V_{AC} and output current 0.45A

4. 결론

근거리 자기공명 무선전력전송 시스템의 전원용으로 무선전력전송이 고주파에서 이루어지는 특성을 가지고 있으므로 고주파 인버터의 전원용으로써 PFC 프리레귤레이터를 이용하여 고역률 및 고효율의 전력을 공급해주어야 한다. 프로토타입의 컨버터를 설계 및 제작을 통하여 실험 결과, 최대 역률은 99%였으며 최대 효율은 97%로 측정되었으며, 실험을 통하여 근거리 자기공명 무선전력전송 시스템의 PFC 컨버터 회로의 타당성을 입증하였다.

참고 문헌

[1] 김희준 “스위칭 전원의 기본설계”성안당
[2] Lloyd Dixon, "Average Current Mode Control of Switching Power Supplies", Unitrode Application Note U 140, pp. 3 356~3 369.