

근거리 무선전력전송용 고주파 DC-AC 인버터 회로 고찰

박재현, 김창선
목포대학교 전기공학과

The considerations of a High Frequency DC-AC Inverter in a Short Range Wireless Power Transfer Applications

PARK Jaehyun, KIM Changsun
Dept. of Electrical Engineering, Mokpo National University

ABSTRACT

For MHz-class high frequency inverter in wireless power transfer applications, the voltage/current surges can be occurred in power stage when driving on the inverter. And also, the high-frequency oscillations can be produced at a high switching frequency due to the parasitic elements. The voltage and current stresses of the switching devices lead to the switching losses. The efficiency of the high frequency inverter will be reduced. And the inverter circuit with the sudden voltage and current fluctuations also generates the noise such as the EMI. Zero voltage, zero current switching technique can be used to reduce the switching loss and the noise. The high power density and high efficiency can be obtained. In this paper, the high-frequency inverter for short-range wireless power transfer applications was discussed. The feasible inverter circuit is analyzed in the circuit operating characteristics and the results are verified by the simulation.

1. 서론

무선전력전송을 하기 위한 MHz 고주파 인버터의 경우, 구동 시에는 인버터 전력단에 전압/전류 서지가 일어날 수 있고 고주파 스위칭은 인버터의 기생소자들로 인해 고주파 발진을 일으킨다. 이로 인해 고주파 인버터의 스위칭 반도체 소자에는 전압, 전류 스트레스가 가해지게 되어 손실이 증가하여 효율이 감소된다. 그리고 인버터 회로의 급격한 전압/전류의 변동은 EMI와 같은 노이즈도 발생시킨다. 이러한 인버터의 노이즈와 스위칭 손실을 감소시키기 위해 영전압, 영전류 스위칭을 하여 고주파 인버터의 효율을 높이고 고 전력밀도를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 근거리 무선전력전송을 위한 고주파 인버터에 대해 고찰하였다. 실현 가능한 인버터 회로를 해석하였고 시뮬레이션을 통하여 회로의 동작 특성을 확인하였다.

2. 고주파 공진형 인버터

2.1 고주파 공진형 인버터 해석

무선전력전송용 고주파 공진형 인버터의 원활한 구동을 위해서는 고속 고압용 스위칭 소자를 통해 고주파 스위칭을 해야 하며, 양단에 걸리는 고전압을 동시에 고려해야 한다. 특히 고

효율의 무선 전력전송을 하기 위해서는 손실없이 스위칭시키기 위한 공진형 스위칭 회로를 구성해야 한다. 그림 1에 고주파 공진형 인버터를 나타내었다.

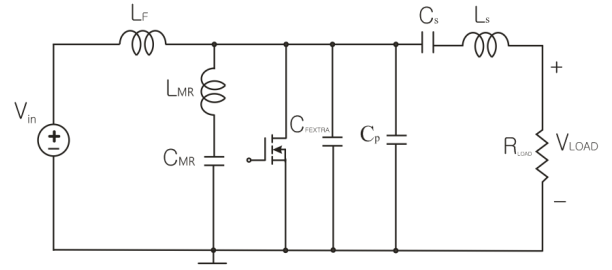


그림 1 고주파 공진형 인버터
Fig. 1 A high frequency inverter

그림 1에 제시된 고주파 공진형 인버터의 스위칭 동작시 MOSFET 양단에 걸리는 피크 전압을 가능한 낮추어야 하며, 주파수(f)와 듀티비(D)를 적절하게 조절하여, 손실을 거의 0(zero) 전압으로 줄여야 전체 인버터의 효율을 극대화 할 수 있다. 회로 동작을 살펴보면 다음과 같다. gate 펄스에 의해 MOSFET이 on되면 V_{in} 전압이 공급되어 인덕터 L_F 에 저장된다. 아울러 이 구간에서 L_{MR} 과 C_{MR} 는 직렬공진을 형성하며, 에너지는 순환하게 된다. 다음으로 MOSFET이 off상태에서 인버터의 V_{ds} 전압 특성은 drain node의 부하 측 임피던스에 의해서 결정되어지며, C_P 는 분로 커패시턴스로 C_S 는 DC를 차단하는 기능을 한다.

2.2 고주파 공진형 인버터 시뮬레이션

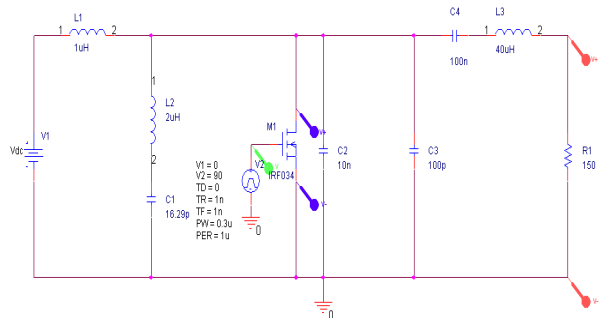


그림 2 고주파 공진형 인버터 회로
Fig. 2 A high frequency inverter circuit

시뮬레이션은 표 1의 소자값에 의해 스위칭 주파수 $1MHz$ 에서 PSpice 프로그램으로 행한다. MOSFET 스위치의 on/off 제어를 위한 구형파 펄스를 인가하였다.

표 1 고주파 공진형 인버터 회로 사양
Table 1 List of components for high frequency inverter

Part	Measured Value	Part	Measured Value
Vdc	160Vdc	C1	16.29pF
L1	1uH	C2	10nF
L2	2uH	C3	100pF
L3	40uH	C4	100nF
M1	IRF034	R1	150Ω

2.2.1 입력전압 가변 시 드레인-소스전압 특성

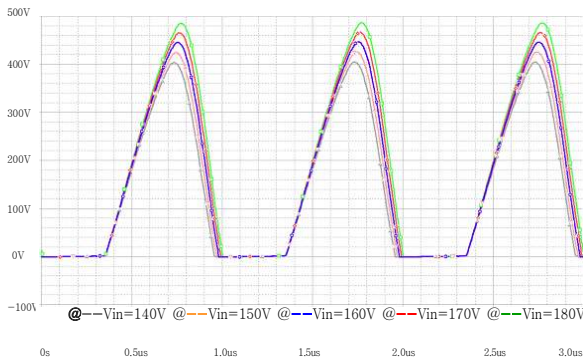


그림 3 입력전압의 변화에 따른 V_{ds} 파형
Fig. 3 Drain to source voltage for $140V \leq V_{in} \leq 180V$

그림 3은 입력전압을 $140V \leq V_{in} \leq 180V$ 범위에서 가변했을 경우 V_{ds} 전압 파형을 비교 분석 한 것이다. 입력전압을 증가 할 경우, MOSFET소자 양단에 걸리는 전압 스트레스가 증가함을 유추할 수 있었다. 본 논문에서는 $V_{in} = 160Vdc$ 로 설정 한 후 시뮬레이션을 진행하였다.

2.2.2 L_F , C_P 값 가변 시 드레인-소스전압 특성

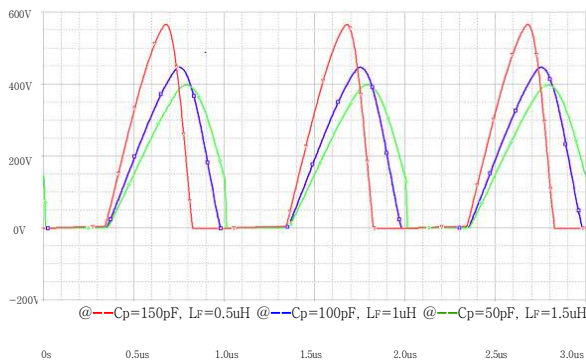


그림 4 L_F 와 C_P 의 변화에 따른 V_{ds} 파형
Fig. 4 Drain to source voltage for variable L_F and C_P

그림 4는 $f_s = 1MHz$, $V_{in} = 160Vdc$ 조건하에서 L_F 와 C_P 값의 변화에 따른 V_{ds} 전압 파형을 나타낸 것이다. 먼저, C_P 에 대한 값을 설정한 후, L_F 값을 조정하게 되면, 임피던스가 변화하

게 되며, 이 경우에 따른 V_{ds} 을 비교, 분석하였다.

C_P, L_F : 50p, 1.5uH(녹) 소자 값을 선택 하였을 경우에, MOSFET소자 양단에 걸리는 전압파형이 다른 조건의 파형에 비해 안정적이며, 피크치는 450V임을 확인하였다.

2.2.3 시뮬레이션 및 고찰

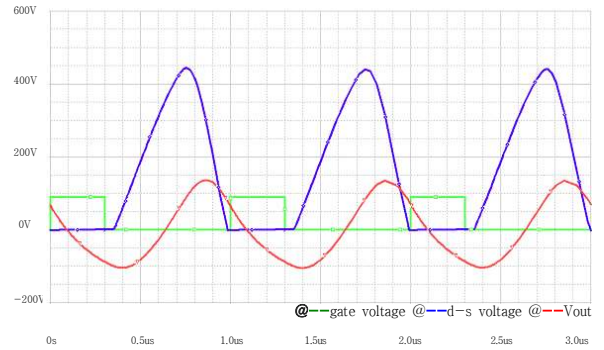


그림 5 각 부의 전압 시뮬레이션 파형
Fig. 5 Each part of voltage waveform simulation

그림 5은 표 1과 V_{ds} 전압 특성을 고려하여, Pspice 시뮬레이션 결과를 나타낸다. on/off를 위한 게이트 펄스 파형(녹)의 듀티비(D)는 0.3으로 하였으며, 그에 따른 V_{ds} 파형(청) 그리고 부하 측 V_{out} 의 파형(적)을 나타내고 있다. $V_{in} = 160Vdc$ 에 대해 V_{out} 은 sin 파형($V_{min} = -105V$, $V_{max} = 135V$)을 나타냄을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서의 시뮬레이션에 의한 모의 실험을 통하여 무선전력전송용 고주파 인버터의 회로 특성을 확인 할 수 있었으며, 시뮬레이션 결과, 무선전력전송용 고주파 공진형 인버터의 동작여부인 DC 입력전압을 스위칭 변환에 의해 원하는 주파수에 따른 ac전압(sinusoidal)을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Juan M. Rivas, Yehui Han, Olivia Leitermann, Anthony Sagneri, David J. Perreault, "A High-Frequency Resonant Inverter Topology with Low Voltage Stress", IEEE, p2713-2714, 2007.
- [2] Wojciech A. Tabisz, "High-Frequency Multi-Resonant Power Conversion Techniques", p17-31, September 28, 1990.
- [3] 신용희, 김창선, "공명을 이용한 무선전력전송 특성에 관한 연구", p31-37, 2009, 2.
- [4] 황국화, 김창선, "노트북 컴퓨터용 LLC 하프 브리지 공진형 어댑터 설계", p4-26, 2007, 8.