

# 근거리 무선전력 전송용 공진형 class $\Phi_2$ 인버터 고효율 최적설계

양해열, 박재현, 김창선  
 목포대학교 전기공학과

## The High Efficiency Optimal Design of Resonant class $\Phi_2$ Inverter for short range wireless power transmission

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

### ABSTRACT

The ac power conversion inverter provides the ac power to ECR device for wireless power transfer. In this paper, the operating efficiency of the class  $\Phi_2$  resonant inverter has been studied through by experiment for optimal design. Its switching frequency is 1MHz and the input voltage is 96V which is the output voltage of LLC resonant converter. And its output voltage is 230Vp p. The efficiency is measured up to 84%.

### 1. 서론

무선전력전송 시스템에 있어 전력변환기는 두 부분으로 구성 되어진다. 일반 오프라인 전원을 DC로 변환하는 정류부와 무선전력전송을 하기 위해 고주파 AC 전력을 만드는 인버터가 필요하다. 본 논문에서는 고주파 스위칭이 가능한 Class  $\Phi_2$  인버터를 실험을 통하여 효율을 향상시켰다. 스위칭 주파수는 1MHz이고 인버터의 입력 전압은 LLC의 출력 전압인 96V이고 출력 전압은 170V이다. 인버터의 효율은 40~80%로 효율을 향상시키기 위하여 더미저항의 증감에 따라 효율이 변화하는걸 확인하였다.

### 2. Class $\Phi_2$ 인버터

#### 2.1 Class $\Phi_2$ 인버터 이론

Class  $\Phi_2$  인버터는 입력단의 에너지 축적 소자인  $L_F$ 를 줄임으로써, 스위치로 전달되는 전압을 줄여, 스위칭 양단에 걸리는 전압 스트레스를 낮출 수 있다. 인덕터  $L_F$ 와 스위치 양단에  $C_F$ 를 병렬로 연결하여, 스위치의 off 시 LC공진 회로를 형성하게 된다. 따라서 스위치 양단의 전압 스트레스의 감소와 영전압 스위칭을 통해 인버터의 손실을 줄일 수 있다. 인버터의 입력 측은 공진  $L_F$ 와  $C_F$ 와 필터  $L_{MR}$ 과  $C_{MR}$ 로 구성된다.

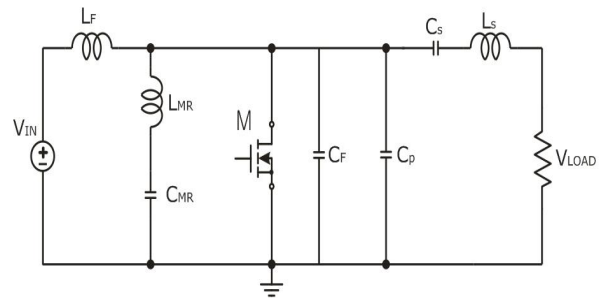


그림 1 Class  $\Phi_2$  인버터 기본 회로  
 Fig. 1 Class  $\Phi_2$  Inverter main circuit

#### 2.1 Class $\Phi_2$ 인버터 효율 실험 비교

표 1 Class  $\Phi_2$  인버터 회로 사양  
 Table 1 List of components for Class  $\Phi_2$  inverter

Part	Value	
Input Voltage	12~96 [ V ]	
$R_1$ [ $\Omega$ ]	20 [ $\Omega$ ]	4 [ $\Omega$ ]
$L_1$ [ $\mu H$ ]	35 [ $\mu H$ ]	3.5 [ $\mu H$ ]
$L_2$ [ $\mu H$ ]	82 [ $\mu H$ ]	8.2 [ $\mu H$ ]
$L_{MR}$ [ $\mu H$ ]	12 [ $\mu H$ ]	12 [ $\mu H$ ]
$C_1$ [ pF ]	600 [ pF ]	600 [ pF ]
$C_2$ [ nF ]	2 [ nF ]	2 [ nF ]
$C_{MR}$ [ pF ]	300 [ pF ]	300 [ pF ]

Class  $\Phi_2$  인버터의 소자값을 표1 과 같이 설정한 상태에서 입력 전압과 더미저항  $R_1$ 의 변화에 따라 효율을 측정 하고 비교하였다. 입력전압이 12 ~ 96V에서 더미저항  $R_1$ 이 각각 20 [Ω]과 4[Ω]으로 하여 효율을 구하여 비교분석하였다. 아래 그림 2는 입력전압 96V일 경우 출력 전압과 출력 전류를 4[Ω]과 20[Ω]일 경우에 비교한 것이다.

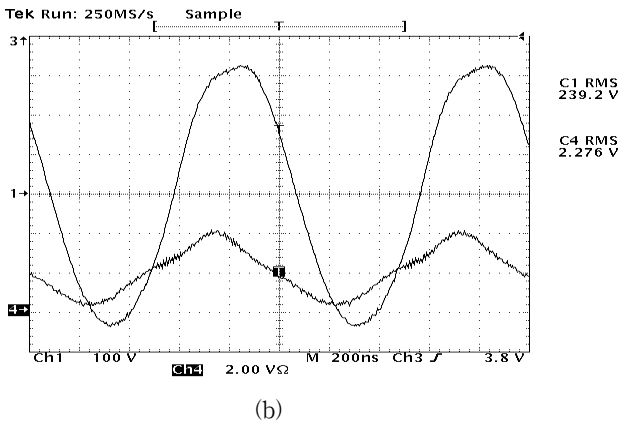
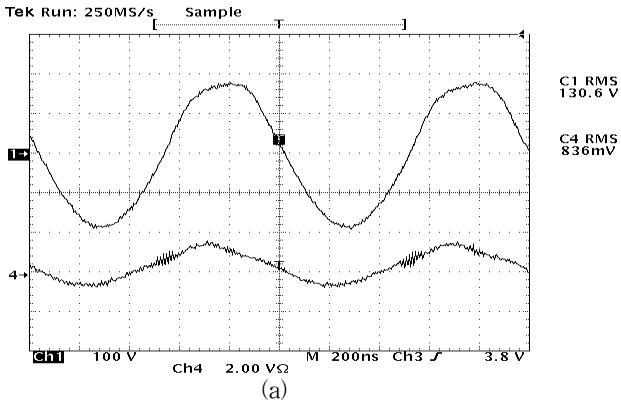


그림 2 (a) 더미저항  $R_1$  20[ $\Omega$ ]  
 $V_o(100V/div), I_o(2A/div)$  실험파형,  
 (b) 더미저항  $R_1$  4[ $\Omega$ ]  
 $V_o(100V/div), I_o(2A/div)$  실험파형  
 Fig. 2 (a) Dummy Resistance  $R_1$  20[ $\Omega$ ]  
 $V_o(100V/div), I_o(2A/div)$  Experimental waveforms,  
 (b) Dummy Resistance  $R_1$  4[ $\Omega$ ]  
 $V_o(100V/div), I_o(2A/div)$  Experimental waveforms

입력전압 12V에서 96V 까지 효율 변화를 그래프로 표시하여 분석하면 다음 그림 3과 같은 결과를 얻을수 있다.

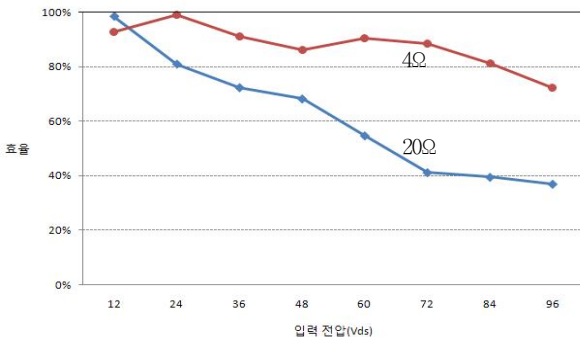


그림 3 더미저항 20[ $\Omega$ ]과 4[ $\Omega$ ]의 효율 비교  
 Fig. 3 Dummy resistors 20[ $\Omega$ ] and 4[ $\Omega$ ] compared the efficiency of

그림 3과 같이 더미저항이 감소함에 따라 인버터의 효율이

증가함을 알 수 있고 더미저항이기 때문에 전압이 증가함에 따라 효율이 급격이 감소함을 그림 3에서 한눈에 확인 할 수 있다. 효율에 따라 무선전력전송이 되는 전력이 변화하여 더미저항이 낮을수록 60W 전구에 밝기가 변함을 그림 4에서 확인할 수 있었다.



(a)



(b)

그림 4 (a) 더미저항  $R_1$  20[ $\Omega$ ] 실험,  
 (b) 더미저항  $R_1$  4[ $\Omega$ ] 실험

Fig. 4 (a) Dummy Resistance  $R_1$  20[ $\Omega$ ]  
 Experiments,  
 (b) Dummy Resistance  $R_1$  4[ $\Omega$ ]  
 Experiments

위의 실험에서 구할수 있는 더미저항과 효율의 관계는

$$\eta = \frac{I_{rms} \cdot V_{rms}}{V_{IN} I_{IN} + P_{loss} + P_{Rdummy}} \quad (1)$$

식 1과 같이 더미 저항에 반비례한다. 따라서 효율을 증가시키기 위해서는 더미저항  $R_1$ 을 최소로 하여 설계하는 것이 적절하나 더미저항을 없앨 경우 단락이 상태가 되어 무선전력 전송이 이루어지지 않는다. 따라서 더미저항  $R_1$ 을 최소의 적절한 값을 구할 경우 최적의 효율을 지닌 인버터를 설계 할 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 Class  $\phi_2$  인버터 회로에서 커패시터와 인버터, 인덕터등의 소자 값을 고정 시킨 상태에서 더미저항  $R_1$ 의 값을 4[ $\Omega$ ]과 20[ $\Omega$ ]으로 가변하여 인버터의 효율이 각각 36.9%와 72.4%로 증가하는 것을 확인하여 더미저항과 인버터의 효율 관계를 실험을 통하여 확인하였다.

### 참고 문헌

[1] "High Power Inverter EMI characterization and Improvement Using Auxiliary Resonant Snubber Inverter" December 17, 1998 Blacksburg, Virginia.  
 [2] Joshua W. Phinney, Member, IEEE, David J. Perreault, Senior Member, IEEE, and Jeffrey H. Lang, Fellow, IEEE "Radio Frequency Inverters With Transmission Line Input Networks".