

LLT 변압기 적용 LLC 직렬공진컨버터 동작특성

李賢官^{*}, 金恩洙[†], 許東榮^{**}, 李奇植^{***}, 丁烽根^{***}, 姜聲仁^{***}

Operating Characteristics of LLC Series Resonant Converter Using A LLT Transformer

Hyun-Kwan Lee, Eun-Soo Kim, Dong-Young Huh, Gi-Sik Lee
Bong-Geun Chung and Sung-In Kang

요 약

LLT 변압기 적용 LLC 직렬공진컨버터의 동작특성에 대해 설명하였다. 본 논문에서는 1차측 권선과 2차측 권선을 분리하고, 변압기 중간에 공극(Air-Gap)을 삽입한 일체화된 LLT 변압기를 적용하였다. 이와 같이 적용된 LLT 변압기의 경우 1차측 누설인덕턴스만이 증가되는 것이 아니고 2차측 누설인덕턴스 또한 증가되게 된다. 이렇게 증가된 2차측 누설인덕턴스는 전압이득 특성곡선에 있어 LLC 직렬공진컨버터에 적용한 변압기를 사용한 경우보다 전체적으로 높은 전압이득 특성을 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 2차측 누설인덕턴스를 고려한 일체화된 LLT 변압기적용 LLC 직렬공진컨버터에 대해 이론적으로 해석하고 시뮬레이션 하였으며, 400W급 시제품을 제작하여 실험한 결과에 대해 서술하였다.

ABSTRACT

Operating Characteristics of LLC Series resonant converter with a LLT(Inductor-Inductor-Transformer) transformer is presented. LLT transformer used to combine the inductor and transformer into one unit has the increased leakage inductance in the primary and secondary due to the winging method and the use of the gaped core. The increased leakage inductance in the primary and secondary of LLT transformer can be impacted on the DC voltage gain characteristics of LLC series resonant converter. In the paper, DC gain characteristics and the experimental results of the LLC series resonant converter with a LLT transformer are verified on the simulation based on the theoretical analysis and the 400W experimental prototype.

Key Words : LLC Resonant Converter, LLT Transformer, DC gain characteristics

1. 서 론

최근 평면 디스플레이의 기술이 발전하면서 디스플레이 장치들이 대형화 되어가고 있는 추세에 있다. 특

히 PDP(Plasma Display Panel) 컬러 TV의 경우 이러한 대형화 추세에 맞춰 제품의 크기 및 무게저감 그리고 높은 전력밀도와 효율 특성을 요구하고 있다. 이러한 요구조건을 만족하기 위해 많은 ZVS DC/DC 컨버터들이 연구되어 왔고^[1], 최근에는 전력밀도 및 효율특성을 더욱 증가시키기 위해 LLC 직렬 공진컨버터가 적용되고 있는 추세이다. 이러한 LLC 직렬 공진컨버터는 높은 전력밀도와 크기 및 무게 저감을 위해 인덕터와 변압기를 하나의 변압기로 일체화시킨 변압기를 사용하는 추세에 있다. 따라서 본 논문에서는 공진에

[†]교신저자 : 정회원, 전주대 전기전자정보통신공학부 조교수
E-mail : eskim@jj.ac.kr

^{*}정회원, 전주대 전기전자공학과 석사과정

^{**}정회원, LG이노텍(주) Display Network사업부 연구위원

^{***}정회원, 전주대 전기전자공학부 학부과정

접수일자 : 2006. 7. 11 1차 심사 : 2006. 8. 1

심사완료 : 2006. 8. 23

필요한 누설인덕턴스를 증가시키는 방법으로 1차측 권선과 2차측 권선을 분리하고, 변압기 중간에 공극(Air-Gap)을 삽입한 일체화된 LLT 변압기를 적용하였다. 그러나 적용된 LLT 변압기의 경우 공극에 의한 자화인덕턴스 저감뿐만 아니라 변압기 권선방법에 의해 1차측 누설인덕턴스만이 증가되는 것이 아니고 2차측 누설인덕턴스 또한 증가되게 된다. 기존 LLC 직렬 공진 컨버터의 전압이득특성에서는 출력전압이 낮고, 변압기 1, 2차측 누설인덕턴스가 적어 2차측 누설인덕턴스를 고려하지 않았다. 그러나 본 논문에서 적용한 LLT 변압기는 1차측 누설인덕턴스 뿐만 아니라 2차측 누설인덕턴스 또한 증가되기 때문에 기존 LLC 직렬공진컨버터에서 검토한 전압이득특성보다 높은 DC전압이득 및 기율기 특성을 나타나게 된다. 이러한 높은 DC전압이득 및 기율기 특성은 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터 설계에 있어 많은 검토와 고려를 해야 한다. 따라서 본 논문에서는 2차측 누설인덕턴스를 고려한 일체화된 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터에 대해 이론적으로 해석하고 시뮬레이션 하였으며, 400W급 시제품을 제작하여 실험한 결과에 대해 서술하였다.

2. LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터

그림 1은 LLT 변압기의 형상과 1차측 권선과 2차측 권선이 각각 26턴과 22턴에서 공극이 0.22mm일 때의 자속분포를 나타내었다. LLC 직렬 공진컨버터에 필요한 공진요소인 누설인덕턴스를 증가시키고 플린징 효과(Fringing effect)에 따른 1차측 및 2차측 권선의 열적 스트레스를 줄이기 위해서 그림 1에서 볼 수 있는 것처럼 LLT 변압기 1차측 권선과 2차측 권선을 분리하는 권선 방법을 사용하였고, LLT 변압기 중간에 공극(Air-Gap)을 삽입하였다. 그러나 이러한 권선 방법은 1차측의 누설인덕턴스를 증가시키는 것뿐만 아니라 2차측의 누설인덕턴스 또한 증가하게 된다. 그리고 본 논문에 적용된 LLT 변압기처럼 2차측 누설인덕턴스가 증가된 경우 회로해석에 있어 무시할 수 없는 요소로 작용하게 된다. 그러나 기존 많은 LLC 직렬 공진컨버터에 관한 논문들은 2차측 누설인덕턴스를 고려하지 않고 1차측 누설인덕턴스와 자화인덕턴스의 비에 대해서 주로 설명되고 있다^[2-4]. 2차측 누설인덕턴스를 고려하지 않은 LLC 직렬 공진컨버터의 경우 표준화된 공진주파수(f_n)가 1인 부분에서 모든 부하에 대해 전압이득이 1인 반면, 2차측 누설인덕턴스를 고려한

LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터의 경우는 표준화된 공진주파수(f_n)가 1인 부분에서 모든 부하에 대해 전압이득이 1보다 크게 나타난다. 이와 같이 2차측 누설인덕턴스를 고려한 경우 전압이득 특성곡선에 있어 2차측 누설인덕턴스를 고려하지 않은 경우보다 전체적으로 높은 전압이득 특성을 가지게 되고 스위칭 주파수 제어범위도 좁아지게 되는 특성을 가지게 된다. 이러한 전압이득 특성은 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터를 설계할 때 기존 LLC 직렬 공진컨버터의 설계 절차를 따를 경우 많은 문제점을 야기시킬 수 있기 때문에 충분히 고려되어야 할 사항이 된다.

그림 2(a)는 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터에 대한 주 회로이고, 그림 2(b)는 등가회로를 나타낸 것이다. 그림 2(a)에서 C_s , L_1 및 L_2 그리고 L_m 은 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터의 1차측 직렬 커패시터와 누설인덕턴스 및 2차측 누설인덕턴스 그리고 자화인덕턴스를 나타낸 것이다. 그리고 그림 2(b)에서 R_{ac} 은 그림 2(a)의 부하저항, 다이오드 그리고 커패시터 필터를 등가화한 등가 AC부하 저항 ($R_{ac} = 8R_L / \pi^2$)이고, 회로 해석의 용이성을 위해

본 논문에서는 권선 비($N = \frac{n_1}{n_2}$)를 1로 하였다.

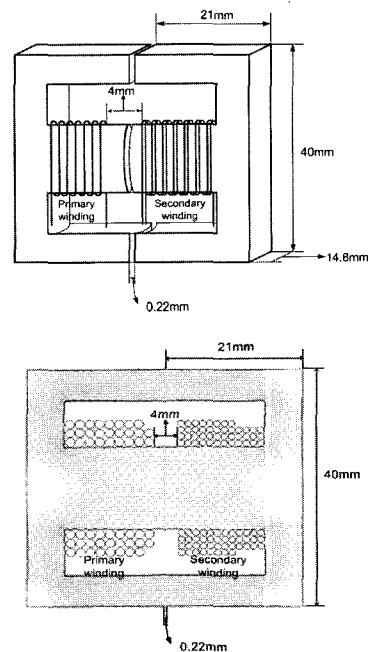


그림 1 LLT 변압기의 형상과 자속분포
Fig. 1 Configuration and flux distribution of LLT transformer

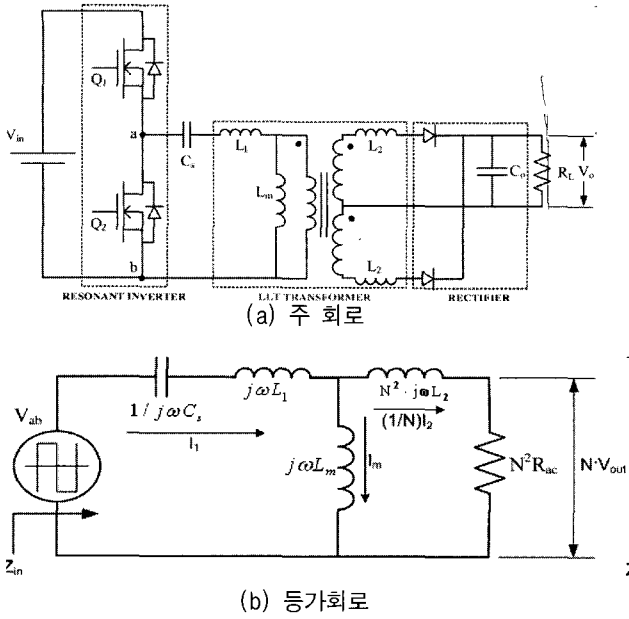


그림 2 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터의 주회로와 등가회로
 Fig. 2 Main circuit and its equivalent circuit of LLC series resonant converter with a LLT transformer
 (a) Main circuit (b) Equivalent circuit

그림 2(b)로부터 등가 AC부하저항이 단락일 때의 공진주파수(Resonant frequency: f_r)와 개방일 때의 코너주파수(Corner frequency : f_c)를 식(1)과 식(2)에 나타내었다. 또한 식(3)의 L_{eq} 는 변압기 2차측을 단락시켰을 때 1차측에서 측정할 등가누설인덕턴스이다.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq} \cdot C_s}} \quad (1)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_m) \cdot C_s}} \quad (2)$$

$$L_{eq} = \frac{L_m \cdot N^2 L_2}{L_m + N^2 L_2} + L_1 \quad (3)$$

그리고 그림 2(b)의 등가회로로부터 각각의 표준화된 값들을 아래 식 (4),(5),(6),(7)와 같이 정의하였다.

$$f_n = f_s / f_r \quad (4)$$

$$A = L_1 / L_m \quad (5)$$

$$B = (N^2 L_2) / L_m \quad (6)$$

$$Q = \frac{2\pi f_s L_{eq}}{R_{ac}} \quad (7)$$

여기서 f_n 는 스위칭주파수(f_s)와 공진주파수(f_r)의 비로써 표준화된 주파수를 나타낸 것이며, A 는 1차측 자화인덕턴스(L_m)와 1차측 누설인덕턴스(L_1)의 비율을 나타낸 것이고, B 는 1차측 자화인덕턴스(L_m)와 1차측에서 권선 비를 고려하여 바라본 2차측 누설인덕턴스(L_2)의 비율을 나타낸 것이다. 그리고 Q 는 부하 Quality factor를 나타낸 것이다. 그림 2(b)의 등가회로와 식(4),(5),(6),(7)에 의해 얻은 전압이득(M) 특성 식 ($M = \frac{V_{out}}{V_{ab}}$)은 식 (8)과 같다.

$$M = \left| \frac{1}{1 + A - \left(\frac{1}{f_n}\right)^2 \left(A + \frac{B}{1+B}\right) + jQ(1+B)\left(f_n - \frac{1}{f_n}\right)} \right| \quad (8)$$

식 (8)에서 2차측 누설인덕턴스(L_2)가 매우 작아서 무시할 수 있다면 B 는 0이 되며, 식 (9)과 같이 2차측 누설인덕턴스를 고려하지 않은 LLC 직렬 공진컨버터의 전압이득 특성을 얻게 된다.

$$M = \left| \frac{1}{1 + A \left[1 - \left(\frac{1}{f_n}\right)^2\right] + jQ \left(f_n - \frac{1}{f_n}\right)} \right| \quad (9)$$

식(8)과 식(9)를 비교하여 볼 때 $f_n = 1$ 일 때 2차측 누설인덕턴스(L_2)를 고려한 식 (8)의 경우는

$$M = \left| \frac{1}{1 - \frac{B}{1+B}} \right| = \left| \frac{L_m + L_2}{L_m} \right| \quad (10)$$

이며, 2차측 누설인덕턴스(L_2)를 고려하지 않은 식(9)의 경우

$$M = 1 \quad (11)$$

이 된다. 이와 같이 위의 식(10)과 식(11)을 통해 2차측 누설인덕턴스(L_2)가 전압이득($M = \frac{V_{out}}{V_{ab}}$) 특성에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

그림 3(a)는 2차측 누설인덕턴스를 고려하지 않고 A가 각각 0.1, 0.2일때 규준화된 주파수(f_n)와 Q 변화에 대한 LLC 직렬공진컨버터의 전압이득특성이다. 그림 3(a)의 전압이득 시뮬레이션 결과에서 $A(\frac{L_1}{L_m})$ 값 변화와 Q 변화에 대한 전압이득 특성 및 기울기 변화를 나타냈다. 즉 요구된 공진주파수(f_r)와 부하 특성을 고려한 $Q(\frac{2\pi f_r L_{eq}}{R_{ac}})$ 값에서 A(0.1 \Rightarrow 0.2)가 증가함에 따라 자화인덕턴스(L_m)는 감소하고, 이에 따라 전압이득특성은 높아지며 이득기울기 변화도 많이 상승하게 되어, 본 시스템에 요구하는 입력전압 범위(360VDC~400VDC)에서 일정출력전압을 제어할 수 있다. 하지만 A의 증가는 무부하시 자화인덕턴스(L_m)를 통해 흐르는 자화전류(I_m)에 의한 순환전류가 증가하기 때문에 주스위칭 소자의 도통 손실증가에 따라 효율특성이 낮아지게 된다. 반면 그림 3(b)는 2차측 누설인덕턴스를 고려하여 A와 B가 각각 0.1일때 규준화된 주파수(f_n)와 Q 변화에 대한 전압이득 특성이다. 그림 3(b)의 시뮬레이션 결과에서 볼 수 있듯이 규준화된 주파수(f_n)가 1인 부분에서 전압이득 특성은 1.1로 10%이상의 높은 전압 이득특성이 나타나고, 이득기울기 변화도 많이 상승한다. 따라서 본 시스템에 요구된 입력전압 범위(360VDC~400VDC)에서 일정출력전압을 제어할 수 있는 전압이득특성은 그림 3(a)에서처럼 A(0.1 \Rightarrow 0.2)를 증가시키는 방법과 그림 3(b)에서처럼 2차측 누설인덕턴스를 고려하여 A($\frac{L_1}{L_m}$)와 B($\frac{L_2}{L_m}$)를 각각 0.1로 하는 방법이 있다. 하지만 그림 3(a)의 A를 증가시키는 방법은 전체적인 효율특성이 낮아지게 되므로 본 논문에서는 그림 3(b)의 2차측 누설인덕턴스를 고려하여 A와 B를 각각 0.1 그리고 Q=0.5로 설계하였다. 이러한 그림 3(b)의 전압이득 특성은 요구된 입력전압 범위(360VDC~400VDC)에서 그리고 좁은 주파수 제어범위에서 일정 출력전압 제어가 가능함으로 과부하시에도 주스위칭 소자의 소프트 스위칭 동작을 구현할 수 있는 특성을 갖는다. 또한 본 논문에 LLT 변압기 적용 LLC 직렬공진컨버터의 동작 영역은 기존 LLC 직렬공진컨버터의 스위칭 동작과 동일하기 때문에 모든 부하범위에 대해 LLT 변압기 1차측에 지상 전류가 흘러, 주스위칭 소자는 항상 소프트 스위칭을 하며, LLT 변압기 2차측 불연속 공진전류에 의해 정류다이오드의 역회복 특성에 따른 스위칭 손실을 개선하여 좋은 효율특성을 얻을 수 있다.

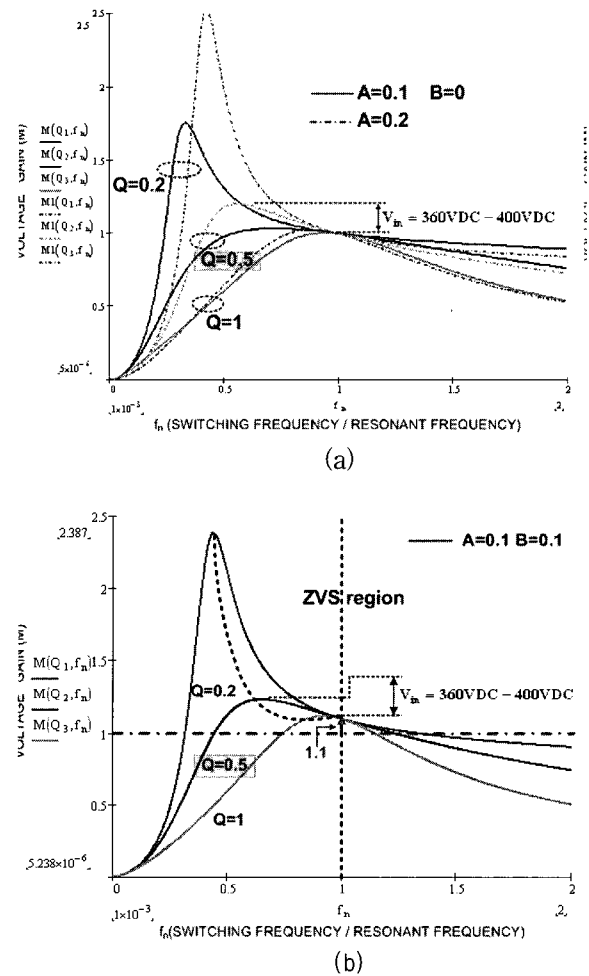


그림 3 LLT 변압기 적용 LLC 직렬공진컨버터의 전압이득 특성
 Fig. 3 Voltage gain characteristics of LLC series resonant converter with a LLT transformer

3. LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터 설계 및 검토

PDP의 유지 전원을 위한 400W LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터의 설계 조건은 아래와 같다.

- * 출력전력(P_o) = 400W
- * 입력전압(V_{in}) = 360~400VDC
- * 출력전압(V_{out}) = 190VDC
- * 출력전류(I_o) = 2.1A
- * 공진주파수(f_r) = 150kHz
- * 스위칭주파수(f_s) = 115kHz~275kHz

위의 설계조건에 대해 2차측 누설인덕턴스를 고려하여 시뮬레이션 한 그림 3(b)의 표준화된 전압이득 특성곡선을 이용하여 최대 효율을 얻기 위한 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터를 설계해야 한다. 본 논문에서는 일정 출력전압 제어에서 스위칭 주파수 변화에 대해 모든 부하에서도 충분한 전압이득을 얻을 수 있으며, 주 스위칭 소자 또한 ZVS(Zero Voltage Switching) 동작을 하는 영역을 얻기 위해 Q를 0.5로 인덕턴스 비인 A와 B는 각각 0.1로 선택하였다. 이러한 경우 그림 3(b)에서 볼 수 있는 것처럼 표준화된 주파수(f_n)가 1인 곳에서 전압이득은 1.1이 된다. 따라서 이러한 전압이득 특성을 고려하여 표준화된 주파수가 1인 부분에서 최대 입력전압에 대해 요구된 출력전압을 얻기 위한 권선 비(N)는 식 (12)과 같다.

$$N = \frac{n_1}{n_2} = 1.18 \quad (12)$$

그리고 위의 설계조건과 식 (4),(5),(6),(7)을 이용하여 표준화된 주파수가 1인 부분에서 요구되는 등가 누설인덕턴스(L_{eq})와 1차측 자화인덕턴스(L_m) 그리고 1차측 누설인덕턴스(L_1)와 2차측 누설인덕턴스(L_2) 및 1차측 직렬커패시터(C_s)는

$$L_{eq} = \frac{Q \cdot R_{ac}}{2\pi f_r} \cong 54.2\mu H \quad (13)$$

$$L_m = \frac{L_{eq}}{A + \frac{B}{1+B}} \cong 283.9\mu H \quad (14)$$

$$L_1 = A \cdot L_m \cong 28.4\mu H \quad (15)$$

$$L_2 = (B \cdot L_m) / N^2 \cong 20.4\mu H \quad (16)$$

$$C_s = \frac{1}{2\pi f_r \cdot Q \cdot R_{ac}} \cong 20.7nF \quad (17)$$

이다. 그리고 LLC 직렬 공진을 위해 제작된 LLT 변압기는 이수 코어(EER 4042, PM5)를 사용하였으며 공극은 0.22mm를 적용하였다.

표 1은 위의 설계절차에 따라 제작한 LLT 변압기의 실제 측정된 값을 나타내었다.

표 1 측정된 LLT 변압기의 파라메타
Table 1 Measured parameters of a LLT transformer

| | 등가 누설 인덕턴스 (L_{eq}) | 1차측 누설 인덕턴스 (L_1) | 2차측 누설 인덕턴스 (L_2) | 1차측 자화 인덕턴스 (L_m) |
|-----|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 실측값 | 61 μH | 24.24 μH | 30.55 μH | 270.8 μH |

그리고 그림 4는 표 1의 측정된 LLT 변압기의 파라메타와 실제 적용한 커패시터(22nF) 값을 이용하여 부하 변화에 대해 Mathcad를 이용한 전압이득 시뮬레이션 결과이다. 그림 4에서 요구된 입력전압 범위(360VDC~400VDC)에서 일정출력 전압(190VDC)을 제어할 수 있으며, 좁은 스위칭 동작영역(98kHz~137kHz)에서 동작됨을 볼 수 있었다. 여기서, 계산에 의해 얻어진 식 (10),(11),(12),(13),(14)의 이론값과 표 1의 실측값 및 사용된 커패시터(22nF) 값의 차이가 있어 공진주파수의 경우 요구된 공진주파수(150kHz)보다 낮은 공진주파수(137kHz)를 얻었다. 그리고 주스위칭 소자의 ZVS동작과 2차측 다이오드의 ZCS 동작을 위한 컨버터의 동작 영역은 그림 4에서와 같이 등가부하저항($R_{ac} = 8 \cdot R_L / \pi^2$)이 단락일 때 공진주파수($f_r = 137kHz$)와 등가부하저항이 중부하(400W)일 경우의 공진주파수($f_c = 98kHz$) 사이에서 동작되어야 한다.

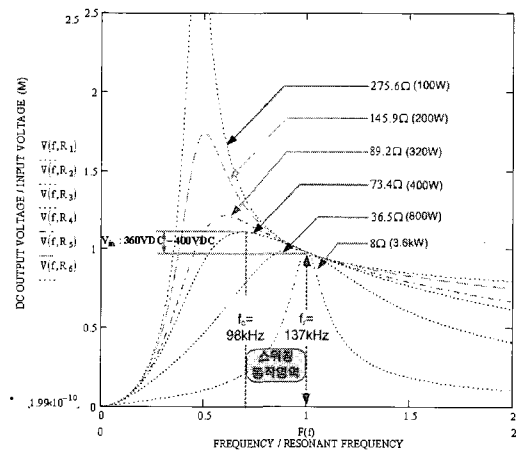


그림 4 등가 AC 저항 변화에 대한 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation results for the equivalent ac resistance R_{ac}

5. 실험 결과

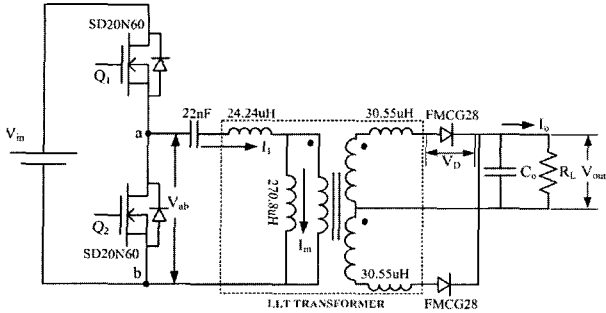


그림 5 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터
Fig. 5 LLC series resonant converter with a LLT transformer

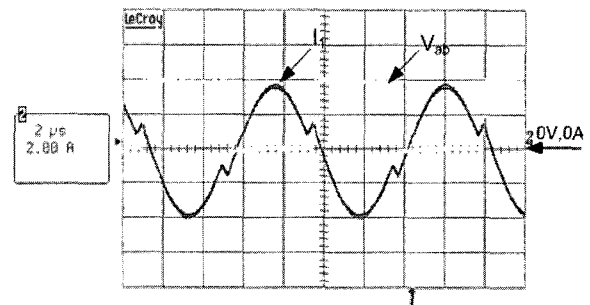
본 논문의 실험은 위의 설계절차에 따라 설계된 표 1의 LLT 변압기를 적용한 LLC 직렬 공진컨버터에 대해 요구된 입력전압 범위(360~400VDC)에서 일정 출력전압(190VDC), 출력용량 (400W)에 대하여 실험했다. 그리고 본 논문에 실험 적용한 그림 5의 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터에 대한 실험 조건과 적용된 소자정격에 대해 표 2에 나타내었다.

표 2 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터 주요정격
Table 2 Specifications of LLC series resonant Converter with a LLT transformer

| | |
|---------------------|--------------------|
| 입력전압 | 360~400VDC |
| 출력전압 / 전류 | 190VDC / 2.1A |
| 출력용량 | 400W |
| 스위칭 주파수(f_s) | 98~137kHz |
| 공진 주파수(f_r) | 137kHz |
| 직렬공진커패시터(C_s) | 22nF |
| 입력 전해 커패시터 | 250V, 820uF×2EA |
| 출력 전해 커패시터(C_o) | 450V, 330uF×2EA |
| 스위칭 소자 | SD20N60, 650V, 20A |
| 출력 정류다이오드 | FMCG28, 800V, 3A |

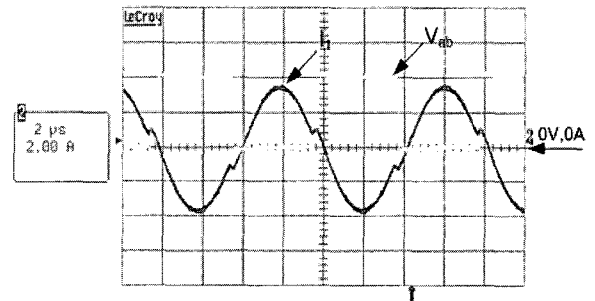
그림 6(a)과 그림 6(b) 및 그림 6(c) 그리고 그림 6(d)은 일정 190VDC 출력전압 제어상태에서 400W, 300W, 200W, 100W에 대한 실험파형을 나타낸 것이다. 그림 6(a)에서부터 그림 6(d)을 통해 알 수 있는 것처럼 중 부하(400W)에서 경 부하(100W)까지 LLT

변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터의 단자전류는 항상 지상전류가 흐르는 것을 볼 수 있다. 뿐만 아니라 전 부하 범위에 대해 스위칭 소자는 ZVS(Zero Voltage Switching)동작함을 볼 수 있다. 그림 7은 2차측 정류 다이오드 전압 및 1차측 단자 전압과 전류에 대한 실험파형을 나타낸 것으로, LLT 변압기 2차측 누설 인덕턴스(30.55uH)가 크다 할지라도 2차측 정류 다이오드에 인가되는 전압은 출력전압(V_{out})의 두 배 전압으로 억제(Clamping)됨으로 전압 스트레스에 많은 영향을 주지 않는 것을 볼 수 있다. 그리고 그림 8은 입력전압 380VDC이고 출력전압 190VDC 일정 전압 제어 상태에서 부하 변화에 대한 효율 특성을 나타낸 것이다. 그림 8에서 볼 수 있는 것처럼 모든 스위칭소자들이 소프트 스위칭 동작에 따라 경 부하에서 중 부하에 이르기까지 96%이상의 높은 효율 특성이 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 그림 9는 LLT 변압기 적용 400W급 LLC 직렬 공진컨버터에 대한 시제품 사진이다.



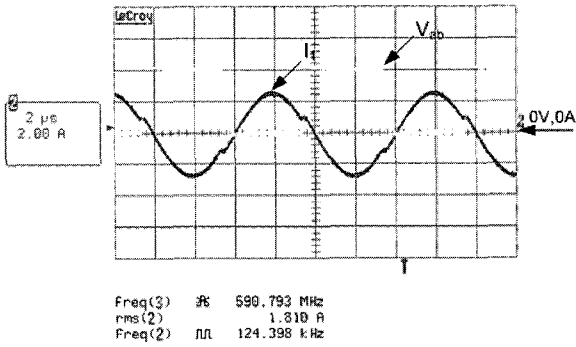
Freq(3) 94.5128 MHz
rms(2) 2.485 A
Freq(2) 117.661 kHz

(a) 400W

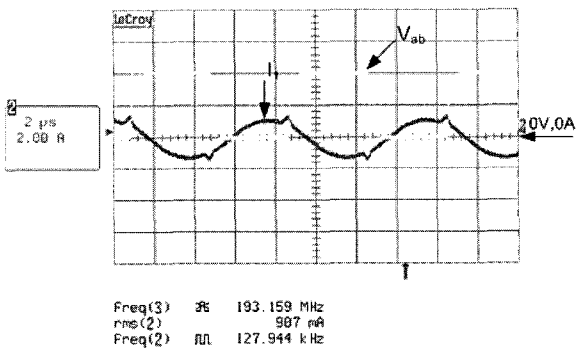


Freq(3) 286.606 MHz
rms(2) 2.420 A
Freq(2) 122.064 kHz

(b) 300W



(c) 200W



(d) 100W

그림 6 LLC 직렬 공진컨버터의 1차측 단자 전압과 전류 실험파형 (200V/div., 2A/div., 2us/div.)

Fig. 6 Experimental waveforms of the terminal voltage(v_{ab}) and current(i_1) in the primary of the LLC series resonant converter (200V/div., 2A/div., 2us/div.)

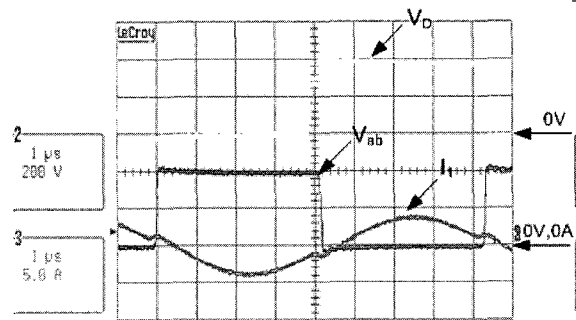


그림 7 LLC 직렬 공진컨버터의 2차측 정류다이오드 전압 및 1차측 전압과 전류 실험파형 (200V/div., 5A/div., 1us/div.)

Fig. 7 Experimental waveforms of the rectifying diode voltage(v_D), the terminal voltage(v_{ab}) and current(i_1) in the primary and secondary of the LLC series resonant converter (200V/div., 5A/div., 1us/div.)

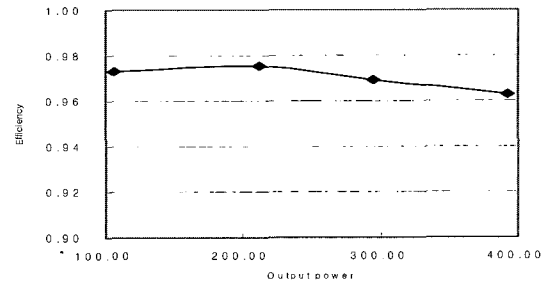
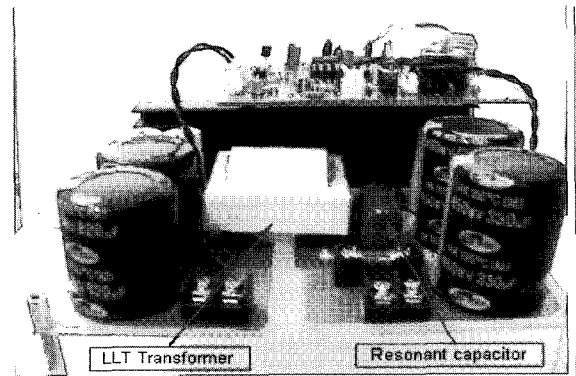


그림 8 부하 변화에 대한 효율특성

Fig. 8 Efficiency characteristics for load variations



(b)

그림 9 400W LLT변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터의 시제품
Fig. 9 Prototype of 400W LLC resonant converter with a LLT transformer

6. 결 론

본 논문에서는 PDP의 유지 전원을 위한 400W급 일체화된 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터를 서술하였고, 변압기 2차측 누설인덕턴스를 고려한 전압이득 특성에 대해 이론적 해석을 하였으며, 이 해석을 기본으로 400W급의 시제품을 제작하여 실험한 결과에 대해서 나타내었다. 실험결과 일체화된 LLT 변압기 적용 LLC 직렬 공진컨버터는 모든 부하 범위에 대해 주 스위칭 소자 및 2차측 정류다이오드가 소프트 스위칭을 이룰 수 있었고, 출력 부하변화에 대해서 일정 출력 전압을 얻을 수 있었으며, 모든 부하범위에 대해 96%이상의 높은 효율을 얻을 수 있었다.

본 연구는 LG이노텍(주) 단기프로젝트 연구지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] Jiangtao Feng, Yuequan Hu, Wei Chen and Chau-chun Wen, "ZVS Analysis of Asymmetrical Half-Bridge Converter," IEEE PESC '01, Vol.1, pp.243-247, 2001. 6.
- [2] Bo Yang, Fred C. Lee, Matthew Concannon, "Over Current Protection Methods for LLC Resonant Converter," IEEE APEC '03 Vol.2, pp. 605-609 2003, 2.
- [3] Bo Yang, Fred C. Lee, Alpha J.Zhang and Guisong Huang, "LLC Resonant Converter for Front End DC/DC Conversion," IEEE APEC '02 Vol.2, pp. 1108-1112, 2002, 3.
- [4] Yilei Gu, Zhengyu Lu, Lijun Hang, Zhaoming Qian, Guisong Huang, "Three-level LLC series resonant DC/DC converter," P.E., IEEE Trans., Vol. 20, pp.781-789, 2005. 7.
- [5] Chandan Chakraborty, Muneaki Ishida and Yoichi Hori, "Novel Half-Bridge Resonant Converter Topology Realized by Adjusting Transformer Parameters," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 49, pp.197-205, Feb. 2002.

저 자 소 개



이현관(李賢官)

1979년 10월 26일생. 2005년 전주대 전기 전자공학부 졸업. 현재 동 대학원 전기전자공학과 석사과정.



김은수(金恩洙)

1964년 3월 26일생. 1986년 중앙대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1989년~2001년 한국전기연구원 전력전자 연구그룹 선임연구원(T/L). 2001년~현재 전주대 전기전자공학과 조교수. 당 학회 학술위원.



허동영(許東營)

1961년 출생. 1987년 경북대 전자공학과 졸업. 1989년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1994년 동 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박). 1994~1997년 대우 전자 Monitor 연구소. 1998~2005년 Fairchild Child Semiconductor : Power System Control IC 개발. 2006년 현재 LG이노텍 Power 연구실 상무/연구위원.



이기식(李奇植)

1981년 4월 25일생. 2006년 현재 전주대 전기전자공학부 재학.



정봉근(丁烽根)

1982년 11월 25일생. 2006년 현재 전주대 전기전자공학부 재학.



강성인(姜聲仁)

1982년 5월 10일생. 2006년 현재 전주대 전기전자공학부 재학.