

새로운 형상의 통합변압기적용 LED PSU

주종성*, 이영수**, 강철하*, Malon*, 허예창*, 김은수*†
 전주대학교*, LG이노텍(주)**

The Integrated Transformer of New Shape for LED PSU

J.S Joo*, Y.S Lee**, C.H Kang*, Malon*, Y.C Heo*, K.J Yoo*, E.S Kim*†
 JeonJu University*, LG Innotek**

1. 서 론

최근 기존의 광원과는 달리 고 효율, 긴 수명 및 친환경 소자인 LED조명이 시장에서 각광받는 추세이다. 하지만 LED조명시스템의 비싼 단가가 단점으로 부각되고 있으며, 이를 해결하기 위한 노력과 연구들이 지속되고 있다.^[1] 특히 LED PSU(Power Supply Unit)의 단가저감 및 경량화를 위해 효과적인 결과를 얻어낼 수 있는 Integrated Magnetic Component Design 연구가 검토되고 있으며, 그 중 AC/DC 컨버터의 PFC(Power Factor Correction)인덕터와 LLC공진컨버터를 하나로 통합하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 기 연구되었던 통합변압기^[2]보다 더 적은 상호결합계수(Mutual coupling coefficient : k)를 가지며 적용 코아 개수를 줄일 수 있는 새로운 형상의 2 in 1 통합변압기를 제안하였고^[3] Maxwell 3D 시뮬레이션과 측정을 통해 기 연구되었던 EIE 코아 적용 통합변압기와 제안된 2 in 1 통합변압기의 상호 커플링계수(k)를 비교하여 적용 가능성을 입증하였다. 또한 150W급 Outdoor용 LED조명전원장치의 시제품을 제작하여 실험을 통해 적용 가능성을 확인하였다.

2. 제안된 새로운 형상의 통합변압기

기존 150W급 Outdoor용 LED조명전원장치의 경우 국제 고조파 규제인 IEC61000 3 2 Class C의 규제를 만족시키기 위해 그림 1과 같이 입력 정류부에 PFC(Power Factor Correction) AC/DC 컨버터단이 요구되고, 절연 및 효율 개선을 위해 영전압 스위칭이 가능한 LLC공진컨버터가 사용된다.

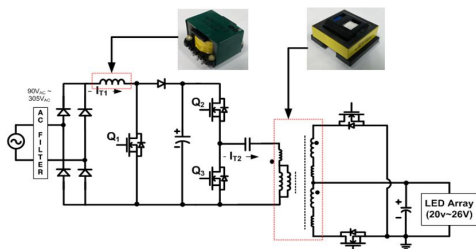


그림 1. 기존의 LED PSU(Power Supply Unit)

그러나 이들 개별 Magnetic Component를 사용할 경우 코아의 개수가 인덕터에 적용되는 코아 상·하단 2개, 변압기를 위한 코아 상·하단 2개, 총 4개가 적용되고 보빈의 개수 또한 인덕터와 변압기에 각각 2개가 사용되어 단가저감이나 고 집적화에 어려움이 있었다. 따라서 그림 2와 같이 개별적으로 사용되던 PFC인덕터와 LLC공진변압기의 코아를 하나로 통합하여 코아와 보빈의 개수를 저감할 수 있는 기 연구된 EIE 코아는 PFC인덕터에 적용된 “E”형상의 코아, LLC공진변압기에 적용되던 “E”형상의 코아 그리고 두 개의 자속 패스를 위한 “I”형상의 코아 총 3개의 코아가 사용되어 기존 개별 Magnetic Component 사용한 것 보다 1개의 코아 개수

만 감소시킬 수 있어 가격 저감을 크게 이루지 못하며, PFC인덕터와 LLC공진변압기의 상호자속간섭 때문에 변압기 설계가 쉽지 않았다.^[2]

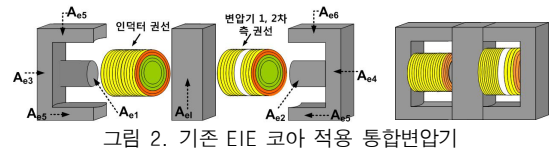


그림 2. 기존 EIE 코아 적용 통합변압기

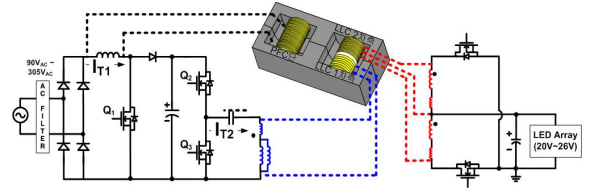
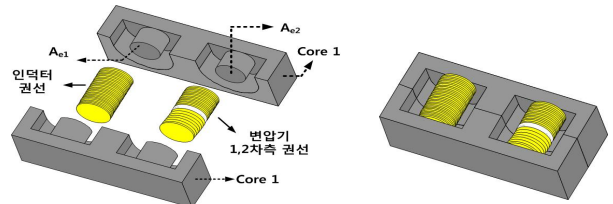
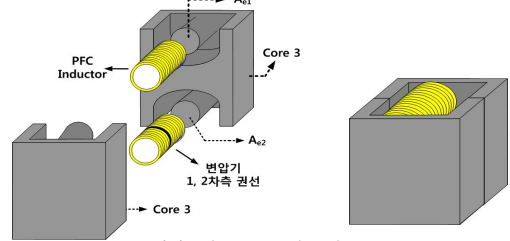


그림 3. 제안된 통합변압기 적용 LLP PSU (Power Supply Unit)



(a) 제안된 코아형상 1



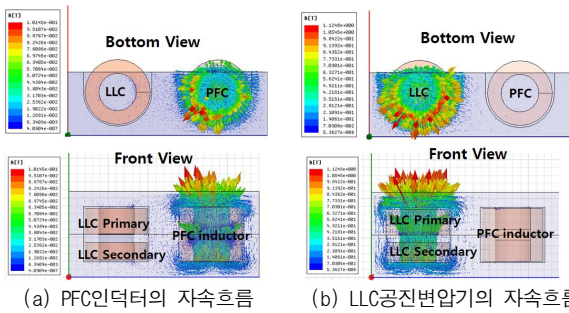
(b) 제안된 코아형상 2

그림 4. 새로운 형상의 코아 적용 2-in-1 통합변압기

따라서 본 논문에서는 기 연구된 EIE통합변압기보다 가격을 저감할 수 있고 적은 상호결합계수(k)를 가지는 그림 4(a)와 그림 4(b)같은 새로운 형상의 코아를 제안하였다. 먼저 그림 4(a)는 PFC단과 LLC단을 평행으로 배치하여 각각 총 2개의 코아만 사용하기 때문에 기존 개별 Magnetic Component를 사용한 것 보다 1/2의 코아개수를 줄일 수 있었다. 또한 제안된 2 in 1 통합변압기에서 발생할 수 있는 PFC 인덕터와 LLC 공진컨버터단 사이의 상호자속간섭이 여러 자로경로를 제공하는 제안된 코아형상에 의해 Bypass 될 수 있어 상호자속커플링(Mutual Magnetic Coupling) 영향을 기 발표된 EIE적용 통합변압기보다 줄일 수 있다. 또한 사용자의 응용분야에 따라 그림 4(b)와 같은 제안된 코아형상을 갖는 2 in 1 통합변압기의 사용이 가능하다. 본 논문에 적용된 2 in 1 통합변압기는 그림 4(a)를 적용하여 실험하였다.

3. Maxwell 3D 시뮬레이션

그림 5는 제안된 통합변압기의 자속흐름 및 PFC인덕터단과 LLC공진변압기단의 상호커플링관계를 관찰하기 위한 Maxwell 3D 시뮬레이션의 결과이다. 먼저 그림 5(a)는 PFC인덕터에서 생성된 자속의 흐름을 보여준다. PFC인덕터에서 생성된 자속이 LLC공진변압기단 자자로 거의 쇠퇴되지 않고 여러 경로의 자로를 통해 Bypass되어 리턴되는 것을 확인할 수 있다. 그림 5(b)는 LLC공진변압기에서 생성된 자속의 흐름을 보여준다. 마찬가지로 LLC공진변압기에서 생성된 자속이 PFC인덕터단으로 거의 쇠퇴되지 않고 리턴되는 것을 확인할 수 있다. 또한 PFC인덕터와 LLC공진변압기 사이의 상호결합계수(k)를 확인하기 위해 Maxwell 3D 시뮬레이션과 임피던스 측정기(PSM1735)를 이용하여 측정된 결과값을 표 1에 나타내었다. 표 1을 보면 제안된 2 in 1 통합변압기가 기 연구된 EIE코아 적용 통합변압기보다 더 적은 상호결합계수를 가지는 것을 확인할 수 있었고 이에 따라 PFC단에서 생성된 자속이 LLC단에 끼치는 영향을 기존보다 최소화할 수 있었다.



(a) PFC인덕터의 자속흐름 (b) LLC공진변압기의 자속흐름

그림 5. 새로운 형상의 2 in 1 통합변압기의 Maxwell 3D 시뮬레이션

표. 1 상호결합계수(k) 측정 값

	EIE코아 적용 통합변압기의 상호결합계수(k)	제안된 2-in-1 통합변압기의 상호결합계수(k)
Maxwell 3D	0.0046	0.0019
PSM 1735(Measured)	0.0038	0.0014

3. 실험결과

본 논문에서는 150W 정격출력용량을 갖는 Outdoor용 LED PSU에 새로운 형상의 통합변압기를 적용하여 입력전압 90V_{AC}~305V_{AC}조건 및 최대 정격출력용량 150W내에서 10%~100% 부하 변화로 실험하였다. 아래의 표 2는 적용된 2 in 1 통합변압기(LLC공진변압기 및 PFC인덕터)의 주요 측정 파라미터이다.

표. 2 측정된 2-in-1 통합변압기 파라미터

LLC 공진 컨버터	1차측자기인덕턴스	L_p	569.6uH
	2차측자기인덕턴스	L_s	3.778uH
	등가누설인덕턴스	L_{eq}	118.1uH
PFC	$N(N_1/N_2)$		12.6(38/3)
	인덕턴스	L	147.3uH
	턴수	N	51T

그림 6은 입력전압 90Vac, 300Vac 출력용량 75W, 150W 조건에서 제안된 통합변압기를 사용하여 실험한 파형이다. 실험 결과 제안된 통합변압기 사용 시 PFC단과 LLC단과의 상호간섭 없는 안정된 동작특성을 볼 수 있다. 그림 7은 각각의 입력 전압 90Vac, 200Vac, 300Vac에서 각 부하별 효율특성을 나타냈다. 최대 효율은 입력전압 300Vac에서 91.16%로 측정되었다. 마지막으로 그림 8은 제안된 2 in 1 통합변압기를 적용한 150W급 LED PSU의 시제 사진이다.

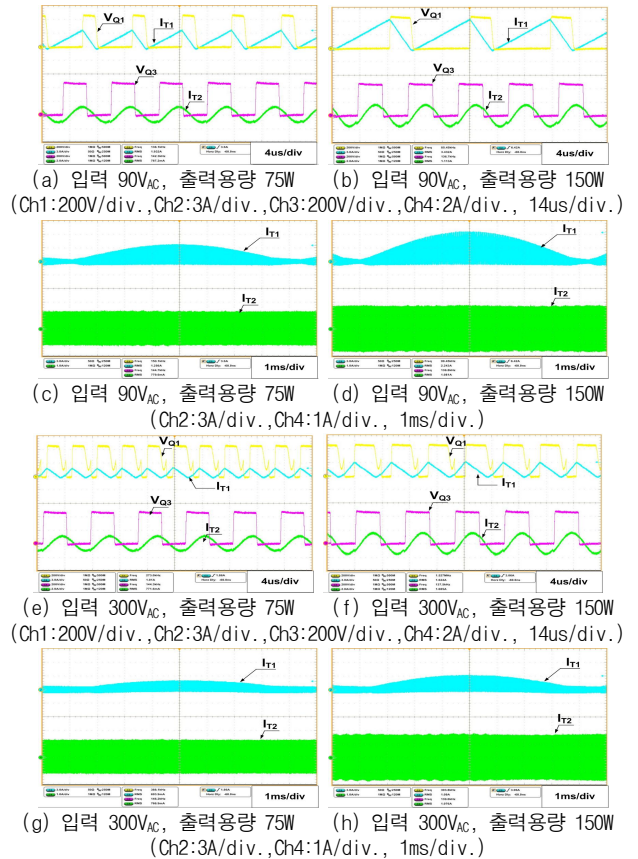


그림 6. 새로운 2-in-1 통합변압기 적용시 주요파형

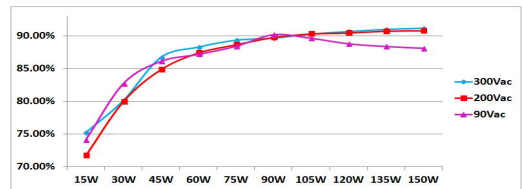


그림 7. 새로운 형상의 2-in-1 통합변압기 효율

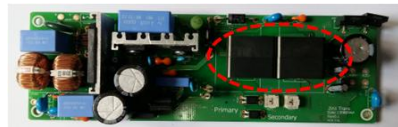


그림 8. 제안된 2-in-1 통합변압기적용 150W급 LED PSU

4. 결론

본 논문에서는 비용저감과 경량화를 위해 기 연구된 EIE코아 적용 통합변압기보다 더 적은 코아 개수와 더 유리한 상호자속커플링계수를 가지는 새로운 형상의 통합변압기를 제안하였고 Maxwell 3D 시뮬레이션을 통해 증명하였다. 또한 이를 150W급 Outdoor용 LED PSU에 적용하여 실험을 통해 검증하였다.

참고문헌

- [1] 임상규, 김대호, 장일순, 김유진, 강태규 "LED 조명과 결합된 가시광 무선통신 기술 동향" 전자통신동향분석, 제 25권 제4호, 2010. 08, pp 38 47.
- [2] 강철하, 노영재, 최용욱, 김은수, 원종섭, 김동희, 이영수 "통합된 2 in 1 변압기 적용 150W급 LED 조명전원" 2013년 전력전자학술대회논문집, pp.163 164, 2013.11
- [3] 김은수, 이영수, 김동희 "통합변압기", 특허출원 2013. 11.