

휴대용 이동 통신기기의 슬림화를 위한 파워 칩 인덕터의 제품화

엄재현* 조일제* 서종고* 김성일* 김두일* 박준형**
*LG전자 생산기술원 **세라텍

A Product of Power Chip Inductor for Slim Mobile Communication Set

Jaehyun Uhm* Iljae-Cho* Jong-go Seo* Sung-il Kim* Duil Kim* Junhyung Park**
*LG Electronics-PERI **Ceratech Corp.

Abstract - An obstacle is an element for power to small and slim the existing portable communication set. Developed Inductor for Chip-type electric power in needs to solve this. Stack applied Process, and used gap of a magnetic path, and made a height of an element to 1.0T or below, and this development commodity did product for saturation prevention to materials of silver. Saturation current characteristic of Chip-type inductor was low compare with winding-type inductors, but bulk against performance were had superior excellence. Chip-type inductor can raise performance per unit volume compared with the existing inductors at these papers. Therefore, acceleration can get growth of small and slim of a mobile product done, and expect.

소자의 제작 중 압축(press)과정을 거치면서 높이가 15% 정도 줄어들기 때문에 이를 감안하여 패턴과 자성체 시트를 크게 설계하였다. 따라서 본 논문에서는 칩형 인덕터의 기준을 3225 크기와 1.0T(1.0mm) 높이로 설정하였다.

표 2는 두 인덕터에 대한 결과값을 나타낸 표이다. 표 2에서 나타낸 바와 같이, 권선형 인덕터의 시뮬레이션 값은 4.9uH의 인덕턴스와 1,010mA의 직류포화전류(I_{DC})를 얻었으며, 칩형 인덕터에 비해 인덕턴스는 약 0.1uH, 직류포화전류는 약 200mA가 크게 나타났다. 이러한 차이는 칩인덕터에 비해 권선형 인덕터의 자성체의 단면적이 상대적으로 넓으며 도선의 단면적 또한 칩인덕터에 비해 넓고 권선수도 적기 때문이다. 따라서 인덕턴스 값은 자로의 유무에 따라 크게 달라지며, 자성체의 물리적 구조가 커짐에 따라 소자의 크기도 비례하여 커지기 때문에 부피에 따른 전기적 특성 값은 칩형 인덕터 쪽이 우세한 결과를 나타낸 것이 된다.

1. 서 론

현재 개인용 이동통신장치와 디스플레이장치의 발달로 인해 초박형 기기의 수요와 공급이 증가하는 추세에 있다. 또한 IC의 발전, 초소형 수동소자의 개발, 실장기술의 발달로 인해 개인용 이동통신장치의 초박형화가 급속히 이루어지고 있다. 하지만 이러한 추세에도 불구하고 걸림돌로 작용하는 소자는 전력소자이다. 이동용 기기라는 특성 때문에 한정된 용량의 배터리를 사용해야 하므로 고효율의 전력 변환기를 이용하여 장비의 각 부분에 전력을 공급해야만 한다.

모바일 기기의 전력공급부분은 아날로그-디지털 혼성신호를 이용한 IC의 발전으로 면적과 부피의 많은 절감 효과를 얻었지만, 비교적 많은 수의 소자가 필요한 부분이기 때문에 아직도 개선의 여지가 많이 존재한다. 특히 전력용 인덕터의 경우, 모바일 기기에 사용되기 위해서는 부피에 대한 부분의 개선이 요구된다.

전력용 인덕터의 인덕턴스 증가는 곧 자성체 크기의 증가와 R_{DC}의 증가라는 문제점이 수반되며, 이 문제점을 줄이고자 제질의 특성을 좋게 하기 위해서는 제품의 생산단가의 증가라는 문제를 갖는다. 또한 자성체의 포화 방지를 위해서 필요한 자로(磁路)의 gap은 자성체의 발달과 인덕턴스의 손실이라는 문제점을 갖고 있다.

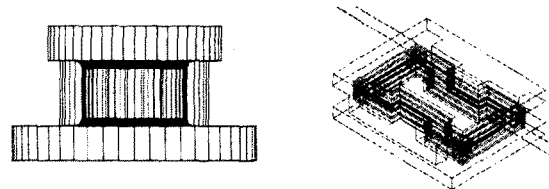
전력용 인덕터로 가장 많이 쓰이는 권선형 인덕터의 가장 큰 문제점인 권선 사이의 공간 손실 때문에 인덕터의 전체 부피가 증가한다는 것과 구조적 특징 때문에 완벽한 자로를 형성하지 못한다는 것이다. 원하는 크기의 인덕턴스를 얻기 위해서는 일정한 횟수 이상으로 권선을 감아야 하므로 권선 사이의 공간에 대한 손실이 생기지만, 최근 들어 시도 되는 편각도선(Flat Coil)을 이용한다면 권선 사이의 공간 손실을 줄일 수 있다. 편각 도선이란, 원형의 단면을 가진 권선이 아닌 직사각형의 단면의 권선을 말하며, 이를 이용한다면 권선 간의 공간 손실을 최소화 할 수 있다. 또한 편각 도선을 이용하여 권선형 인덕터에 자로를 확보하는 방법은, 일반적인 적층형 인덕터에 자로와 도선 면적을 구분하여 I-형과 같은 형태로 자성체의 모양을 적용하는 것이다.

본 논문에서는 이러한 전력용 인덕터의 문제점을 해결하기 위해, 새로운 방법의 칩인덕터를 고안하여, 시뮬레이션 및 검증용 실시하였다. 그리하여 개선된 칩인덕터를 개발하여 제품화 하였다. 본 논문의 칩인덕터는 상/하단면의 제질을 자성체로 제작하여 투자율을 극대화 시켰으며, 자로의 단면적에 대한 산포를 줄여 전체적인 인덕턴스를 증가시켰다.

2. 본 론 및 실험

2.1 권선형 인덕터와 칩형 인덕터의 시뮬레이션 비교

그림 1은 권선형과 칩형 인덕터를 구현한 모델이다. 위 모델을 Maxwell-3D를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 이때 적용한 파라미터는 표 1과 같다. 권선형은 인덕터는 4.7uH 값을 갖으며, 크기가 4532x1.3T인 인덕터를 기준으로 정하였고, 칩형 인덕터는



a) 권선형 인덕터 b) 칩형 인덕터
〈그림 1〉 Maxwell-3D를 이용한 인덕터의 구조

〈표 1〉 각 인덕터의 제작 조건

	일반 권선형	일반 칩인덕터
소자의 두께	1.3mm	1.0mm
No. turns	22.5	14
Sheet 두께	φ : 87um	t : 40um
Material	400제	400제

〈표 2〉 각 인덕터의 시뮬레이션 값

	일반 권선형		칩형 인덕터
	시뮬레이션	측정값	
R _{DC} (Ω)	0.45	0.42	0.3
Inductance(uH)	4.9	4.7	4.8
IDC(mA)	1010	710	810

표 2에서, 권선형 인덕터는 칩형 인덕터에 비해 RDC값이 0.15Ω 정도가 높은 것으로 나타났다. 또한 기존 생산된 권선형 인덕터의 실제 값과 시뮬레이션 값을 칩형 인덕터와 비교해 볼 때, 칩형 인덕터의 인덕턴스가 4% 작음을 나타냈으며 직류포화전류는 30%가 작은 것으로 나타났다. 하지만 부피를 비교해보면, 권선형 인덕터의 부피는 18.72㎤이며 칩형 인덕터는 8㎤이다. 따라서 단위 면적당 인덕턴스값과 직류포화전류값은 칩형 인덕터 쪽이 우세하다. 하지만 칩형 인덕터는 아령모양의 코어구조를 갖는 인덕터에 한정되며, I-type의 칩형 인덕터의 경우에는 오차가 조금 달라질 수 있다.

2.2 칩형 인덕터 sample 제작 및 특성 비교

위 시뮬레이션을 바탕으로 칩형 인덕터를 제작하였다. 제작된 제품은 3225사이즈에 1.0T 두께의 물리적 구조를 갖는다. 제품 제작 시 Press 공정으로 인한 실제 두께가 30% 정도 줄어들므로 제작 초기의 재료는 목표 크기보다 30%정도 증가한 크기로 준비해야 한다. 이러한 방법으로 칩형 인덕터를 제작하였고 그 모양과 X-ray 사진은 그림 2와 같다. 외형은 기본적으로 범용 칩인덕터와 같으며 친환경 대응을 위해 RoHS 대응용 소재를 사용하였다.

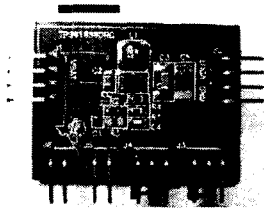


〈그림 2〉 제작된 1-core 칩형 인덕터

2.3 권선형 인덕터와 칩형 인덕터의 효율 비교

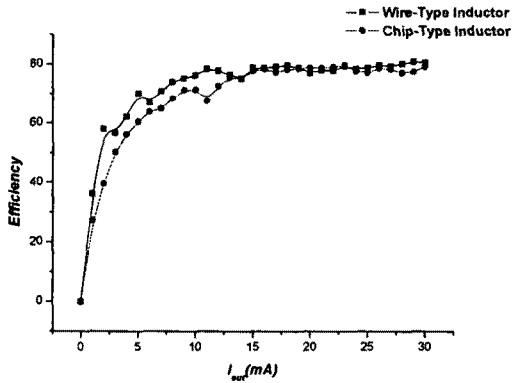
2.2에서 제작 시 나타난 불량률을 제거하여 공정 신뢰성을 구축하는 방법과, 제작된 단품상태의 칩형 인덕터가 원하는 특성으로 제작되었는지 확인할 수 있었다. 하지만 실제로 인덕터가 Application mode에서 얼마나 제 성능을 발휘하는지가 중요한 요소이다. 그리하여 제작된 칩형 인덕터의 특성을 알아보기 위해 그림 3와 같이 Test Board를 구성하였다. 제작된 PCB는 현재 mobile display 제품에서 사용되는 Boost Converter를 이용하여 제작하였다. 본 Boost Converter는 Power Supply의 3.7V 입력을 받아 16V로 출력하여 Display를 구동하는 것이다. 이 Boost Converter는 전자로드기의 출력 전류변화에 따른 입력 전류를 측정하는 형태이다. 효율 계산은 식 1과 같이 사용하였다.

$$\text{식 1. 효율} = \frac{P_{IN}}{P_{OUT}}$$



〈그림 3〉 효율 Test를 위한 Test Board

그림 4에 효율 곡선을 나타내었다. 권선형 인덕터를 이용할 경우 주 사용구간 (15~30mA)에서 79%의 효율을 얻을 수 있었으며, 칩형 인덕터의 경우 78.2%의 효율을 얻을 수 있었다. 측정오차를 감안하면 두 인덕터는 오차범위 내에 있고 볼 수 있고 실사용 구간에선 거의 효율에서 차이가 없다고 판단된다.



〈그림 4〉 인덕터의 효율 Graph

〈표 3〉 신뢰성 규격 시험 결과

No	Test Item	Result		Final Result (Pass/Fail)
		n =	pn =	
1	Resistance to solder heat	20	0	Pass
2	Solderability	20	0	Pass
3	Reflow soldering	40	0	Pass
4	Tensile strength	10	0	Pass
5	Flexure strength	10	0	Pass
6	Body strength	10	0	Pass
7	Drop	20	0	Pass
8	Vibration	20	0	Pass
9	Thermal shock	20	0	Pass
10	Heat load resistance	20	0	Pass
11	Low temp. Resistance	20	0	Pass
12	Humidity resistance	20	0	Pass
13	Humidity load resistance	20	0	Pass

* Each test condition is to express clearly of test data

본 논문에서 인덕터 제품화를 위한 신뢰성 규격 시험 결과는 표 3에서 보여준다. 본 표는 Test를 위한 각 항목 당 샘플 수량을 20ea를 기본으로 하였다. 하지만 장력 시험, Body strength 시험 그리고 Flexure strength 시험은 10ea, reflow soldering 시험은 40ea 이용하였다. 모든 Test 항목 중 PASS NOT의 수량은 하나도 없었으며, 결론적으로 개발하고자하는 칩형 인덕터의 모든 신뢰성 규격 항목을 통과하였다. 이로써 인덕터 단품상태의 신뢰성은 확보했다.

3. 결 론

위 실험 결과에 의해 3225에 1T의 높이를 가진 4.7uH의 전력용 칩 인덕터를 제품화 할 수 있었다. 기존에 개발된 소자는 1.3T 정도의 높이를 지닌 소자가 대부분이므로, 초박형 모바일 기기의 개발을 위해서는 본 논문에서 개발한 인덕터는 권선형 전력용 인덕터에 비해 성능, 부피, 면적에서 큰 경쟁력을 지녔다고 할 수 있다. 또한 칩형 Power 인덕터를 개발함으로써 국내 기술력 확보와 더불어 향후 제품의 소형화, 초박형화에 대응이 빨라짐으로 그 파급효과 또한 크다고 할 수 있다. 본 논문에서 제안한 I 코어형 칩 인덕터에 대해 현재 국내 특허 출원을 했다.

[참 고 문 헌]

- [1] LG-PERI, "A Study of Power Inductor for Slim Mobile Communication Set", 2005
- [2] PATENT, '소형박형의 전력용 칩형 인덕터', (LG전자특허 2건)
- [3] Erickson, "Fundamentals of Power Electronics Second Edition", KAP