

논문 2010-47IE-2-6

일체형 SMD Inductor 코어에 대한 온도 특성

(Temperature Properties about SMD Inductor Core of Union Type)

김 기 준*

(Kijoon Kim)

요 약

본 연구에서는 초소형화의 욕구와 우수한 신뢰성을 가진 일체형 SMD 인덕터 코어를 개발하기 위하여 전력값에 따른 온도 특성을 분석하였다. 전자부품의 온도가 상승하면 소자의 정상적인 동작을 보장하기 힘든 기능적 장애를 가져오고, 부품의 고장율을 높여 수명을 단축하게 된다. 또한, 열응력이나 열팽창에 의하여 부품에 충격을 주고 오동작을 일으키게 되어 신뢰성에 많은 영향을 미치게 된다. 일체형 SMD Inductor Core를 주위온도와 소자온도 차에 의한 온도상승을 측정하였으며, 각 전력값에 따른 온도 특성을 통해서 안정된 전력값을 얻을 수 있었고, 측정된 직류 전류와 저항 R_{dc} 를 이용하여 시뮬레이션한 결과 40 [°C]의 온도 상승분에서 양호한 정격 전류값을 찾을 수 있었다.

Abstract

In this study, to develop union type SMD inductor core needs to have the desire of super miniaturization and high reliability, it analyzed temperature properties due to electric power value. As the temperature of electronic parts rise, it bring to technical obstacles that parts can not normal operation, it reduce the span of life to raise the fault ratio. Also, it impact to the parts by heat change power and expansive power, it can not behave exactly, and it have an effect on reliability. It measured the difference value between conditional temperature and parts temperature to union type SMD inductor core. As the results of simulation using D.C. current and resistor(R_{dc}), it obtained the excellent regular current values at rising temperature of 40[°C].

Keywords : 일체형, 인덕터, 온도특성, 직류저항, 정격전류

I. 서 론

전자산업의 급속한 발달은 각종 전자 장비 및 부품의 소형·경량화를 가속화 시키고 있는데, 그 부품중에서 인덕터는 오랫동안 전자산업에서 매우 핵심적인 위치를 차지하지 못했었다. 그 이유는 인덕터를 소형으로 만드는 것이 매우 어려워서 개발을 기피했기 때문이다. 집적회로를 많이 사용하게 되면서 모든 회로소자를 소형으로 만드는 것이 필요하였고, 근래에는 들고 다니는 소형 개인 휴대전화 및 각종 휴대용 오락기구가 등장하

면서 인덕터의 존재는 필수적인 위치로 자리를 확보하였다^[1].

소형 개인 휴대 전화의 안테나에서 받는 전자파의 주파수는 수 [GHz]로서, 이와 같은 주파수 영역에서는 인덕터를 사용하지 않을 수 없다. 최근에는 Micro-machining 기술이 발전하여 크기가 0.1[mm] 보다 더 작은 기계부품 등을 만들 수 있게 되자 이 기술을 사용하여 아주 소형의 인덕터를 만들려는 연구 활동이 진행되고 있다. 이와 같은 소형 부품의 제조가 가능해지고 첨단 전자부품 소재의 국산화로 전자부품소재산업이 활발해지면서, 전자제품의 디지털화에 대한 고주파, 대전류용 노이즈 제거 및 소형화 에너지절약제품의 개발에 대한 필요성이 대두되었다^[2].

SMD(Surface Mount Device) 인덕터는 표면실장장

* 정회원, 인천대학교 공과대학 메카트로닉스전공
(Major of Mechatronics, University of Incheon)
※ 본 연구는 2009년도 인천대학교(구 인천전문대학)
교내연구비지원에 의해 수행되었음
접수일자: 2010년3월5일, 수정완료일: 2010년6월7일

비를 이용하여 코어안에 특성에 맞게 전선을 감고 기존에는 Lead를 부착하여 사용하던 것을 소형 경량화에 맞추어 전극을 부착하여 칩화한 것이다^[3]. SMD 인덕터는 크기는 작고 가벼워졌지만 본래의 특성을 갖추어야 하며, 특히 온도 상승에 따른 특성을 갖추어야 한다.

일반적으로 전자부품의 온도가 상승하면 소자의 정상적인 동작을 보증하기 힘든 기능적 장애를 가져오고, 부품의 고장율을 높여 수명을 단축하게 된다. 또한, 열응력이나 열팽창에 의하여 부품에 충격을 주고 오동작을 일으키게 되어 신뢰성에 많은 영향을 미치게 된다.

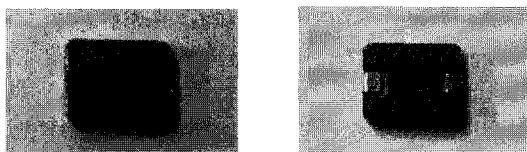
따라서, 본 연구에서는 노트북PC 및 데스크탑 PC 메인 보드, 디지털 오디오 앰프와 DVD (Low Pass Filter), PDP TV (PFC Filter), Battery Charge (Choke Coil) 등에 이용되는 일체형 SMD 인덕터 코어의 전류 인가에 따른 온도 특성을 분석하여 신뢰성을 향상시키고, 온도 증가에 따른 전류값을 시뮬레이션하여 양호한 정격 전류값을 얻고자 하였다.

II. Inductor Core

인덕턴스는 인덕터의 가장 중요한 특성으로서 권선으로 흐르는 전류와 권선과 쇠교하는 자속수와의 비로 정의되는 양으로써 권선으로 흐르는 전류의 시간 변화량과 권선 양단에 발생하는 기전력의 비로 표시된다^[4].

일체형 방식의 SMD 인덕터 코어는 기존에는 코일에 Lead를 부착하여 사용 하던 것을 각종 휴대기기의 대두로써 소형이면서 경량에 대한 시장의 요구에 맞게 그림 1과 같이 전극을 부착하여 칩화한 것이다^[3].

일체형 방식의 인덕터 코어의 특성인 인덕턴스와 온도의 측정은 매우 민감한 사항으로서 인가되는 전압과 주파수에 따라서 급격한 변화를 일으키게 된다. 또한, 대용량화 추세에 따른 내부의 고밀도실장은 외부의 조건에 따라서 예측하기 어려운 데이터를 산출할 수도 있다. 따라서 측정 장치는 항온 항습의 조건을 갖춘 곳에



(a) 상면

(b) 하면

그림 1. 일체형 방식의 인덕터 코어
Fig. 1. Inductor Core of Union Type.

서 시험이 이루어져야 하며, 측정 장치는 외부의 잡음을 최대한 차단할 수 있도록 해야 한다^[4-5].

인덕터에 있어서 전력 소모의 두 가지 주요 요인은 권선 손실과 코어 손실로서 권선 손실에는 표면 효과(Skin Effect)와 근접 효과(Proximity Effect)로 인한 DC 저항 손실과 AC 손실이 포함된다. 표면 효과 손실은 이동하는 전하가 고주파에서 도체를 통과할 수 없을 때 발생한다.

이때 전력소모에 따른 열의 발생은 모든 것을 파괴하고 피로시켜 열화 시켜간다. 일반적으로 전자부품의 온도가 상승하면 소자의 정상적인 동작을 보증하기 힘든 기능적 장애를 가져오고, 부품의 고장율을 높여 수명을 단축하게 된다. 열피로라는 말은 온도차에 따르는 팽창·수축을 반복하는 중에, 물리적·기계적으로 구조가 피로해 가는 현상이다. 화학반응을 촉진하는 온도상승은 열화의 속도를 가속화하며 소재의 수명을 단축하는 가장 일반적인 열화요인이 되는데, 이러한 여러 가지 요인에 의해서 전자 부품의 피로·열화는 진행하고, 특성의 열화나 절연 성능의 저하 및 고장을 일으킨다. 기기의 온도상승 한계도 소재의 열열화의 관점에서 결정되는 경우가 많은데, 이것들에 의한 소재의 물리적, 화학적 변화에 의해서 전기적, 기계적인 성능이 저하된다.

III. 전력(Power, P[W]) - 온도(Temperature, $\Delta T[^\circ\text{C}]$) 특성 측정

전력대비 온도 특성은 DC Power Supply를 이용하여 전류를 공급하고, 그에 따른 주변온도와 인덕터 표면온도를 측정하여 그 차를 이용하여 온도를 산출하였다. HiTESTER를 이용하여 R_{dc} 를 측정하였으며, 전류와 저항값을 이용하여 전력을 계산할 수 있었다.

측정 대상 SMD Inductor Core는 크기와 인덕턴스별로 구분하여 6.6[mm]×6.6[mm] 1.5[μH] Type, 10[mm]×10[mm] 0.47[μH] Type, 10[mm]×10[mm] 1.0[μH] Type, 10[mm]×10[mm] 1.5[μH] Type, 그리고 12.7[mm]×12.7[mm] 4.7[μH] Type인 5가지 종류로 나누어 측정하였다.

1. SMD INDUCTOR 6.6[mm]×6.6[mm] 1.5[μH] Type의 P- ΔT 특성

그림 2는 6.6[mm]×6.6[mm] 1.5[μH] Type 일체형 SMD Core Inductor의 전류 인가에 따른 온도상승분에 대한 측정 결과와 직류저항 성분을 이용하여 전력 대비 온도

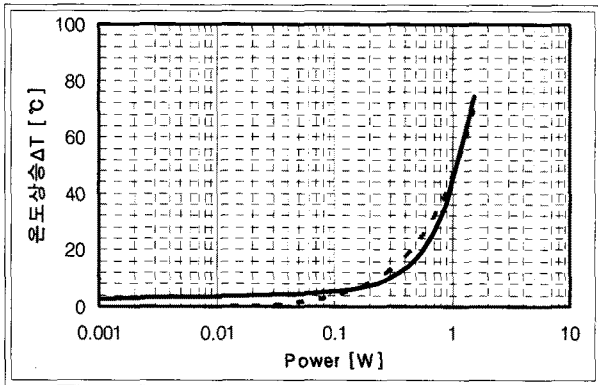


그림 2. 전력 대 온도(6.6[mm]×6.6[mm] 1.5[μH])

Fig. 2. Power vs. ΔT(6.6[mm]×6.6[mm] 1.5[μH])

표 1. 온도에 따른 정격전류의 변화
(6.6[mm]×6.6[mm] 1.5[μH])

Table 1. Change of regular current due to temperature.
(6.6[mm]×6.6[mm] 1.5[μH])

온도상승 ΔT [°C]	전력 P [W]	직류저항 R _{dc} [Ω]	정격전류 I _{dc} [A] MAX.
10	0.23	0.0109	4.65
20	0.45	0.0109	6.44
30	0.66	0.0109	7.83
35	0.77	0.0109	8.44
40	0.88	0.0109	9.00
50	1.10	0.0109	10.04

상승을 나타낸 그래프로써, x축은 로그 스케일의 전력 (P)이며, y축은 온도상승분(ΔT; 제품온도와 주위온도의 차)이다.

그림에서 표시된 실선은 전력대비 제품온도와 주위 온도의 차를 계산하여 도시한 것으로, 온도상승은 0.1[W]의 전력까지는 거의 이루어지지 않고 있지만 0.1[W]를 넘어서면 온도가 급격히 증가함을 알 수 있다. 이때 도시된 온도 특성은 일정한 함수로 표현하기 힘들기 때문에 1차 방정식에 의한 표현된 추세선을 점선으로 표현하였다. 도시된 추세선의 방정식은 $y=46.285x-0.9388$ 이며, 이 추세선을 이용하여 온도 상승에 대한 정격전류(I_{dc})를 얻을 수 있었는데, 온도 상승에 대한 정격전류는 40[°C] 이하로 설계하는 것이 일반적이기 때문에 그에 대한 정격전류 I_{dc}를 표 1과 같이 9[A]로 결정된다는 것을 알 수 있었다.

2. SMD INDUCTOR 10[mm]×10[mm] 0.47[μH]
Type의 P-ΔT 특성

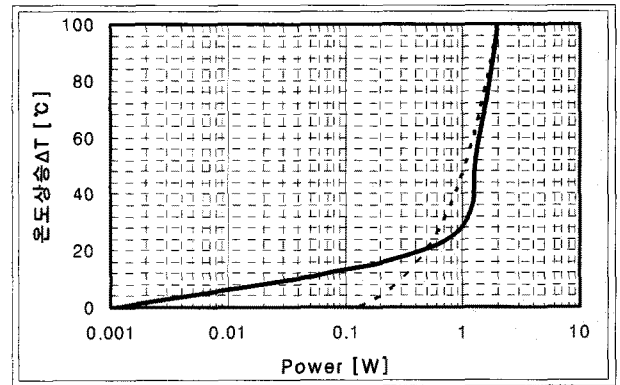


그림 3. 전력 대 온도(10[mm]×10[mm] 0.47[μH])

Fig. 3. Power vs. ΔT(10[mm]×10[mm] 0.47[μH])

표 2. 온도에 따른 정격전류의 변화
(10[mm]×10[mm] 0.47[μH])

Table 2. Change of regular current due to temperature.
(10[mm]×10[mm] 0.47[μH])

온도상승 ΔT [°C]	전력 P [W]	직류저항 R _{dc} [Ω]	정격전류 I _{dc} [A] MAX.
10	0.31	0.0015	14.41
20	0.49	0.0015	18.19
30	0.68	0.0015	21.31
35	0.77	0.0015	22.71
40	0.86	0.0015	24.03
50	1.05	0.0015	26.47

그림 3은 10[mm]×10[mm] 0.47[μH] Type 일체형 SMD Core Inductor의 전류 인가에 따른 온도상승분에 대한 측정 결과와 직류저항 성분을 이용하여 전력 대비 온도 상승을 나타낸 그래프로써, x축은 로그 스케일의 전력 (P)이며, y축은 온도상승분(ΔT; 제품온도와 주위온도의 차)이다.

그림에서 표시된 실선은 제품온도와 주위온도의 차를 계산하여 도시한 것으로, 온도는 1[W]까지는 완만한 상승을 보이고 있지만 1[W] 이후에는 급격한 상승을 보이고 있다.

이때 도시된 온도 특성은 일정한 함수로 표현하기 힘들기 때문에 1차 방정식에 의한 표현된 추세선을 점선으로 표현하였다. 도시된 추세선의 방정식은 $y=54.052x-6.8448$ 이며, 이 추세선을 이용하여 온도 상승에 대한 정격전류(I_{dc})를 얻을 수 있었는데, 온도 상승에 대한 정격전류는 40[°C] 이하로 설계하는 것이 일반적이기 때문에 그에 대한 정격전류 I_{dc}를 표 2에서와 같이 24.03[A]라는 것을 알 수 있다.

3. SMD INDUCTOR 10[mm]×10[mm] 1.0[μH]
Type의 P-ΔT 특성

그림 4는 10[mm]×10[mm] 1.0[μH] Type 일체형 SMD Core Inductor의 전류 인가에 따른 온도상승분에 대한 측정 결과와 직류저항 성분을 이용하여 전력 대비 온도상승을 나타낸 그래프로서, x축은 로그 스케일의 전력(P)이며, y축은 온도상승분(ΔT;제품온도와 주위온도의 차)이다.

그림에서 표시된 실선은 제품온도와 주위온도의 차를 계산하여 도시한 것으로, 온도상승은 0.1[W]의 전력까지는 거의 이루어지지 않고 있지만 0.1[W]를 넘어서면 온도가 급격히 증가함을 알 수 있다. 이때 도시된 온도 특성은 일정한 함수로 표현하기 힘들기 때문에 1차 방정식에 의한 표현된 추세선을 점선으로 표현하였다. 도시된 추세선의 방정식은 $y=33.827x+0.2072$ 이며, 이 추세선을 이용하여 온도 상승에 대한 정격전류(I_{dc})를 얻을 수 있었는데, 온도 상승에 대한 정격전류는 40[°C] 이하로 설계하는 것이 일반적이기 때문에 그에 대한 정

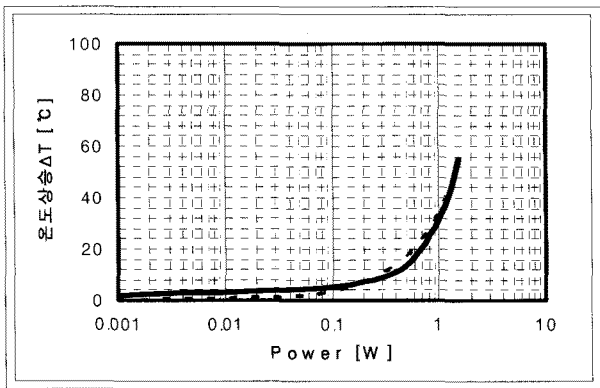


그림 4. 전력 대 온도(10[mm]×10[mm] 1.0[μH])
Fig. 4. Power vs. ΔT(10[mm]×10[mm] 1.0[μH]).

표 3. 온도상승에 따른 정격전류의 변화
(10[mm]×10[mm] 1.0[μH])
Table 3. Change of regular current due to temperature.
(10[mm]×10[mm] 1.0[μH])

온도상승 ΔT [°C]	전력 P [W]	직류저항 R _{dc} [Ω]	정격전류 I _{dc} [A] MAX.
10	0.30	0.0025	10.98
20	0.59	0.0025	15.45
30	0.89	0.0025	18.89
35	1.04	0.0025	20.40
40	1.18	0.0025	21.80
50	1.48	0.0025	24.36

격전류 I_{dc} 를 표 3에서와 같이 21.8[A] 라는 것을 알 수 있다.

4. SMD INDUCTOR 10[mm]×10[mm] 1.5[μH]
Type의 P-ΔT 특성

그림 5는 10[mm]×10[mm] 1.5[μH] Type 일체형 SMD Core Inductor의 전류 인가에 따른 온도상승분에 대한 측정 결과와 직류저항 성분을 이용하여 전력 대비 온도상승을 나타낸 그래프로서, x축은 로그 스케일의 전력(P)이며, y축은 온도상승분(ΔT;제품온도와 주위온도의 차)이다.

그림에서 표시된 실선은 제품온도와 주위온도의 차를 계산하여 도시한 것으로, 온도상승은 0.1[W]의 전력까지는 거의 이루어지지 않고 있지만 0.1[W]를 넘어서면 온도가 급격히 증가함을 알 수 있다. 이때 도시된 온도 특성은 일정한 함수로 표현하기 힘들기 때문에 1차 방정식에 의한 표현된 추세선을 점선으로 표현하였다. 도시된 추세선의 방정식은 $y=34.579x+0.2875$ 이며, 이

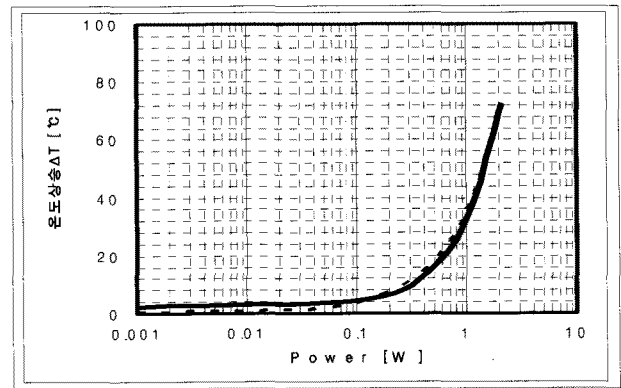


그림 5. 전력 대 온도(10[mm]×10[mm] 1.5[μH])
Fig. 5. Power vs. ΔT(10[mm]×10[mm] 1.5[μH]).

표 4. 온도상승에 따른 정격전류의 변화
(10[mm]×10[mm] 1.5[μH])
Table 4. Change of regular current due to temperature.
(10[mm]×10[mm] 1.5[μH])

온도상승 ΔT [°C]	전력 P [W]	직류저항 R _{dc} [Ω]	정격전류 I _{dc} [A] MAX.
10	0.29	0.00506	7.66
20	0.58	0.00506	10.76
30	0.87	0.00506	13.15
35	1.02	0.00506	14.20
40	1.16	0.00506	15.17
50	1.45	0.00506	16.95

추세선을 이용하여 온도 상승에 대한 정격전류(I_{dc})를 얻을 수 있었는데, 온도 상승에 대한 정격전류는 40[°C] 이하로 설계하는 것이 일반적이기 때문에 그에 대한 정격전류 I_{dc} 를 표 4에서와 같이 15.17[A] 라는 것을 알 수 있다.

5. SMD INDUCTOR 10[mm]×10[mm] 1.5[μH]

Type의 P-ΔT 특성

그림 5는 10[mm]×10[mm] 1.5[μH] Type 일체형 SMD Core Inductor의 전류 인가에 따른 온도상승분에 대한 측정 결과와 직류저항 성분을 이용하여 전력 대비 온도 상승을 나타낸 그래프로써, x축은 로그 스케일의 전력(P)이며, y축은 온도상승분(ΔT;제품온도와 주위온도의 차)이다.

그림에서 표시된 실선은 제품온도와 주위온도의 차를 계산하여 도시한 것으로, 온도상승은 0.1[W]의 전력까지는 거의 이루어지지 않고 있지만 0.1[W]를 넘어서면 온도가 급격히 증가함을 알 수 있다. 이때 도시된 온도 특성은 일정한 함수로 표현하기 힘들기 때문에 1차 방정식에 의한 표현된 추세선을 점선으로 표현하였다. 도시된 추세선의 방정식은 $y=34.579x+0.2875$ 이며, 이 추세선을 이용하여 온도 상승에 대한 정격전류(I_{dc})를 얻을 수 있었는데, 온도 상승에 대한 정격전류는 40[°C] 이하로 설계하는 것이 일반적이기 때문에 그에 대한 정격전류 I_{dc} 를 표 4에서와 같이 15.17[A] 라는 것을 알 수 있다.

6. SMD INDUCTOR 12.7[mm]×12.7[mm] 4.7[μH]

Type의 P-ΔT 특성

그림 6은 12.7[mm]×12.7[mm] 4.7[μH] Type 일체형 SMD Core Inductor의 전류 인가에 따른 온도상승분에 대한 측정 결과와 직류저항 성분을 이용하여 전력 대비 온도 상승을 나타낸 그래프로써, x축은 로그 스케일의 전력(P)이며, y축은 온도상승분(ΔT;제품온도와 주위온도의 차)이다.

그림에서 표시된 실선은 제품온도와 주위온도의 차를 계산하여 도시한 것으로, 온도상승은 0.1[W]의 전력까지는 거의 이루어지지 않고 있지만 0.1[W]를 넘어서면 온도가 급격히 증가함을 알 수 있다. 이때 도시된 온도 특성은 일정한 함수로 표현하기 힘들기 때문에 1차 방정식에 의한 표현된 추세선을 점선으로 표현하였다. 도시된 추세선의 방정식은 $y=34.379x-1.0106$ 이며, 이

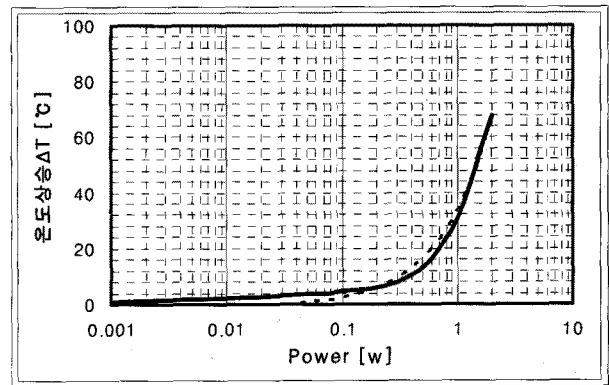


그림 6. 전력 대 온도(12.7[mm]×12.7[mm] 4.7[μH])
Fig. 6. Power vs. ΔT(12.7[mm]×12.7[mm] 4.7[μH]).

표 5. 온도상승에 따른 정격전류의 변화 (12.7[mm]×12.7[mm] 4.7[μH])

Table 5. Change of regular current due to temperature. (12.7[mm]×12.7[mm] 4.7[μH])

온도상승 ΔT [°C]	전력 P [W]	직류저항 R _{dc} [Ω]	정격전류 I _{dc} [A] MAX.
10	0.32	0.01361	4.85
20	0.61	0.01361	6.70
30	0.90	0.01361	8.14
35	1.04	0.01361	8.77
40	1.19	0.01361	9.36
50	1.48	0.01361	10.44

추세선을 이용하여 온도 상승에 대한 정격전류(I_{dc})를 얻을 수 있었는데, 온도 상승에 대한 정격전류는 40[°C] 이하로 설계하는 것이 일반적이기 때문에 그에 대한 정격전류 I_{dc} 를 표 5에서와 같이 9.36[A] 라는 것을 알 수 있다.

7. 실험 결과의 검토

크기와 인덕턴스별로 구분하여 6.6[mm]×6.6[mm] 1.5[μH] Type, 10[mm]×10[mm] 0.47[μH] Type, 10[mm]×10[mm] 1.0[μH] Type, 10[mm]×10[mm] 1.5[μH] Type, 그리고 12.7[mm]×12.7[mm] 4.7[μH] Type인 5가지 종류로 나누어 온도, 직류저항, 전류, 그리고 전력을 측정된 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

○ 온도 특성

일체형 SMD Inductor는 크기에 따라서 온도 특성이 다르게 나타나고 있는데, 각각의 인덕터는 정격 전류를 10[A]에서 26[A] 인가시 50[°C] 정도의 온도분포를 보

이고 있다. 이와 같은 전력소모에 따른 온도 분포는 미국 Vishay사의 결과와 비교하여 볼 때 비교적 양호한 특성을 보이고 있으며, 열피로를 감소시켜 수명을 연장할 수 있을 것으로 예측된다.

○ 크기에 따른 전력의 증가

코일을 내장한 일체형 SMD Inductor는 크기가 증가함에 따라 전력은 대체적으로 증가하지만, 인덕턴스값이 작아지면서 전력값이 작아지는 양상을 보이고 있다.

○ 정격 전류값의 확보

본 실험에서 인가 전류에 따른 온도 상승 변화의 측정은 가능하지만, 온도 상승 변화에 따른 전류 측정은 불가능하다. 그러므로 측정된 데이터를 이용하여 그래프화하여 다시 추세 그래프를 형성하여 수식을 구성하므로써 온도 특성 곡선을 시뮬레이션 할 수 가 있었다. 표 6에서와 같이 직류 저항값(R_{dc})을 이용하여 전력을 계산하였으며, 각 온도 특성 곡선으로부터 추세선을 시뮬레이션하여 40[°C]의 온도 상승분에서 양호한 정격 전류값을 찾을 수 있었다.

표 6. 40 [°C]에서의 정격 전류 값
Table 6. Regular Current at rising temperature of 40 [°C].

SAMPLE	전력 P [W]	직류저항 R_{dc} [Ω]	정격전류 I_{dc} [A] MAX.
6.6[mm]×6.6[mm] 1.5[μH]	0.88	0.0109	9.00
10[mm]×10[mm] 0.47[μH]	0.86	0.0015	24.03
10[mm]×10[mm] 1.0[μH]	1.18	0.0025	21.80
10[mm]×10[mm] 1.5[μH]	1.16	0.00506	15.17
12.7[mm]×12.7[mm] 4.7[μH]	1.19	0.01361	9.36

IV. 결 론

전자부품의 온도가 상승하면 소자의 정상적인 동작을 보증하기 힘든 기능적 장애를 가져오고, 부품의 고장율을 높여 수명을 단축하게 된다. 또한, 열응력이나 열팽창에 의하여 부품에 충격을 주고 오동작을 일으키게 되어 신뢰성에 많은 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구에서는 노트북PC 및 데스크탑 PC 메인 보드, 디지털 오디오 앰프와 DVD (Low Pass Filter), PDP TV (PFC Filter), Battery Charge (Choke Coil) 등에 이용

되는 코일을 내장한 일체형 SMD Inductor Core를 크기와 인덕턴스별로 구분하여 전류 인가에 따른 주위온도와 소자온도 차에 의한 온도 특성을 살펴보았다. 인가 전류와 직류 저항으로 전력값에 따른 온도 특성을 도출할 수 있었으며, 측정된 직류저항 R_{dc} 를 이용하여 추세선에 의한 시뮬레이션한 결과 40[°C]의 온도 상승분에서 양호한 정격 전류값을 찾을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 김기준, “전류 인가에 따른 인덕터의 온도 특성”, 2007년도 한국전기전자재료학회 하계학술대회논문집, p494-496, 2007.
- [2] 김재욱, “Solenoid 형태의 초소형 SMD RF 칩 인덕터에 대한 주파수 특성”, 한국산학기술학회논문지, Vol. 8, No. 3, p.454-459, 2007.
- [3] 김기준 외 5인, “SMD Inductor Core의 전기적 특성”, 2005년도 한국전기전자재료학회 춘계학술대회 논문집, p85-88, 2005.
- [4] 김기준, “일체형 방식의 인덕터 코어에 대한 전자장 해석”, 대한전자공학회 논문지 제 46권, 1E편, 제 2호, p43-48, 2009.
- [5] 김기준 외, “코일을 내장한 일체형 SMD Inductor 개발”, 중소기업 기술혁신개발사업 최종보고서, 2007. 3

저 자 소 개



김 기 준(정회원)
1983년 광운대학교 전기공학과 (공학사)
1988년 광운대학교 대학원 전기공학과(공학석사)
1992년 광운대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
1986년 3월~1994년2월 한국원자력연구소 연구원, 선임연구원
1994년 3월~2010년 2월 시립인천전문대학 교수
2010년 3월~현재 인천대학교 공과대학 메커트로닉스전공 교수
<주관심분야 : 전자물성분석 및 센서개발, 동위원소 이용기술>