

논문 2009-46E-2-1

# 일체형 방식의 인덕터 코어에 대한 전자장 해석

## (Electromagnetic Field Analysis about Core of Union Type)

김 기 준\*

(Kijoon Kim)

### 요 약

본 연구에서는 초소형화의 욕구와 고밀도의 내실을 동시에 충족시킬 수 있으며 전자 장애를 발생하지 않는 일체형 인덕터 코어를 개발하기 위한 방법의 하나로 고전류인가에 따른 인덕터의 전자장 특성을 분석하고자하였다. 분석 결과, 인덕터 내부에서는 전자장이 크게 발생하였지만 인덕터 표면에 나타나는 자장분포 값은 매우 미약하여 주위의 다른 전자 부품에 영향을 미칠 정도는 아니었으며, 표면을 벗어나면 그 값은 순식간에 거의 0[T]로 작아지고 있기 때문에 일체형 인덕터를 이용하여 회로를 구성하였을 때 다른 전자 부품들에 대한 전자 장애는 발생하지 않을 것으로 생각된다. 이 결론은 일체형 인덕터 개발에 많은 영향을 미칠 것이며, 특히 인덕터 코어의 특성 분석 및 신뢰도 향상에 많은 도움이 될 것으로 예상된다.

### Abstract

The inductor needs to have the desire of super miniaturization, substance of high density and no electronic obstacle. In this study, it analyzes electromagnetic field properties of the core due to inserted high current to develop union type inductor. As the results, it appears high electromagnetic field in inductor insides, but magnetic is very small in inductor surfaces. Also, magnetic distribution are almost 0[T] in circumferences get out of the inductor surfaces. It is an evidence that magnetic distribution as the electronic magnetic obstacle does not appear at other electronic parts. These above results affect to develop the union type inductor, especially it can be expect to help analysis of electromagnetic field properties of inductor core and reliability improvement.

**Keywords:** 일체형, 인덕터, 전자장, 자장벡터, 자장분포

## I. 서 론

인쇄회로 기판(PCB : Printed Circuit Board)공정에서 주로 사용되는 표면 실장 기술(SMT:Surface Mount Technology)은 인쇄회로 기판위에 납을 인쇄하여 그 위에 각종 표면실장장비(SMD: Surface Mount Device)부품을 장착한 후, Reflow을 통과시켜 PCB와 전자부품의 리드간을 접합하는 기술이다<sup>[1]</sup>.

인쇄 기판의 표면에 실장하는 전자 부품을 일컫는 표

면실장장비는 표면 실장 기술을 이용하여 인쇄 기판의 한면 또는 양면에 상이한 부품을 실장 할 수 있을뿐더러 기판에 탑재할 수 있는 부품의 수도 증가하고 있어서 고밀도의 실장이 점점 가능하여지고 있다. 또한, 표면 실장 기술을 통해 PCB의 가용면적을 5분의 1까지 줄일 수 있어 일반 가전제품이나 휴대폰 등의 단말기 제조과정에서 요구되는 경박 단소화를 이룰 수 있으며 고밀도 실장으로 총비용도 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

최근에 이르러 표면실장장비 부품은 크기는 작아지는 반면에 용량은 커지는 소형, 대용량화 추세에 있으며, 이중 인덕터의 경우는 전 세계시장 규모가 2000년 약 55억만개에서 2008년 현재 배에 가까운 신장을 보이고 있다<sup>[2]</sup>. 특히, 인덕터는 최근에 이르러 20[A]의 대전

\* 정회원, 인천전문대학 컴퓨터제어과  
(Dept. of Computer Control Eng., Incheon City College)

※ 본 연구는 2008년도 인천전문대학 교내연구비지원에 의해 수행되었음

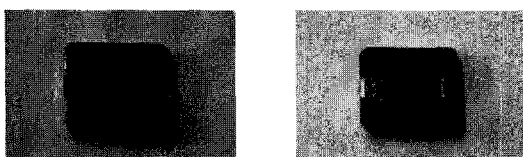
접수일자: 2009년2월9일, 수정완료일: 2009년6월10일

류에도 견딜 수 있는 제품의 개발을 요구하고 있으며, 이와 같은 대용량에도 불구하고 다른 부품이나 장비에 영향을 미치지 않는 특성을 요구하고 있다. 이에 관련 업체에서는 요구하는 특성을 만족하기 위하여 일체형 방식으로 개발 방법을 바꾸고 있으며 전자 장해에도 견실하게 동작할 수 있는 인덕터의 개발에 관심을 기울이고 있다.

따라서 본 연구는 초소형화의 욕구와 고밀도의 내실을 동시에 충족시킬 수 있으며 전자 장해를 발생하지 않는 일체형 인덕터 코어를 개발하기 위한 방법의 하나로 전류인가에 따른 인덕터의 전자장 특성을 분석하고자 한다.

## II. Inductor Core

최근에 이르러 인덕터 코어는 컴퓨터의 메인 보드, 디지털 오디오 앰프와 DVD(Low Pass Filter), PDP TV(PFC Filter), Battery Charge(Choke Coil) 등에 많이 이용되고 있다. 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. 인덕턴스의 값은 코어를 사용했을 경우 권선에 인가되는 전류에 의해 발생한 자속이 코어내부로 들어가게 되는 구조이면 계산에 의해 간단히 구할 수 있다. 코어에 감은 코일의 인덕턴스는 코어재의 투자율이 어느 주파수를 넘으면 낮게 나타나고, 동시에 손실도 증가하게 된다. 그 투자율이 저하하기 시작하는 주파수는 투자율에 반비례 하고 있기 때문에 인덕터를 공진회로에 사용할 경우에는 비교적 투자율이 낮고 사용 주파수 내에서는 투자율이 일정한 재질 코어를 사용해야 한다. 한편, 고주파 전류를 저지하는 초크 코일로서 인덕터를 사용할 경우에는 인덕턴스의 절대값은 그 다지 문제가 되지 않으므로 비교적 높은 투자율의 재질



(a) 상면

(b) 하면

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

인 코어를 사용할 수 있다.

일체형 방식의 인덕터 코어는 드럼 모양을 한 FERRITE CORE에 특성에 맞게 기존에는 코일에 LEAD를 부착하여 사용 하던 것을 각종 휴대기기의 대두로써 시장의 소형이면서 경량에 대한 요구에 맞게 전극을 부착하여 그림 1과 같이 칩화한 것이다<sup>[3]</sup>.

## III. 인덕터의 전기적 특성

일체형 방식의 인덕터 코어는 100 [KHz], 1[V]에서 표면 저항값이 0.3[MΩ] 이상이 되어야하고, 전류를 가변하여 최악의 조건인 30[A]까지 인가하였을 때 표면온도가 95[°C] 이하로 하여 신뢰성 있는 제품이 되어야 한다. 이때 온도 측정은 인덕터 자체로부터 1/2 인치의 거리에서 측정되어야 한다. 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 테이터를 산출할 수도 있다. 따라서 측정 장치는 항온 항습의 조건을 갖춘 곳에서 시험이 이루어져야 하며, 측정 장치는 외부의 잡음을 최대한 차단할 수 있도록 해야 한다.

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 I<sup>2</sup>R 손실과 AC 손실이 포함된다. 표면 효과 손실은 이동하는 전하가 고주파에서 도체를 통과할 수 없을 때 발생한다. 따라서 유효 구리 단면이 감소하고 AC 전류에 대한 저항이 증가한다. 근접 효과 손실은 권선에서 감긴 각 와이어가 인접하여 감긴 와이어와 상호작용하면서 발생하는 자기장으로부터 발생한다. 이러한 자기장은 각 권선에서 전류의 분포에 영향을 미치고 전류 밀집현상(Current Crowding)을 발생시키며, 이는 다시 권선의 유효 AC 저항을 증가시킨다. 표면 깊이(Skin Depth) 효과는 여러 개의 얇은 연선이 번들로 감긴 리츠 와이어를 사용할 경우 일부 감소시킬 수 있다<sup>[4]</sup>.

## IV. 전자장 해석

### 1. 해석 조건 설정

전자장은 전기장과 자기장의 합성어로서 전기장은

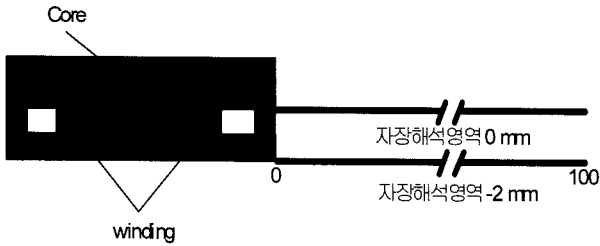


그림 3. 일체형 방식의 인덕터의 구조  
Fig. 3. The Structure of Union Type Inductor.

전기를 띤 물체 및 전자 등에 힘을 작용시키는 장으로서 전기를 사용하는 모든 물체로부터 정전하 주위에 발생된다. 전기장은 발생원으로부터 수직방향으로 발생하는데 사람이나 나무, 건물 등에 의하여 쉽게 제거된다. 이에 반해 자기장은 발생원을 중심으로 원형으로 형성되는 특성을 가지고 있으며, 나무나 사람과 같은 어떤 물체에 의해 쉽게 제거 혹은 약해지지 않는 특성을 가지고 있다. 전자기장은 전하나 자기의 운동에 의해 야기되는 공간의 상태이지만, J.C.맥스웰은 이와 같은 특수한 공간의 장을 그 발생원인 전하나 자기에서 분리된 독립적인 물리적 존재로 취급하고, 1864년 전기장·자기장의 상호관계를 조사하여 전자기장이론을 세웠다<sup>[6]</sup>.

일체형 방식의 인덕터 코어는 초소형이면서 초경량인 6.6[mm]×6.6[mm]×4[mm]의 크기를 대상으로 하였으며, 코일의 비투자율이 35이고, 턴수를 4.5로 하였을 때 각각 인가되는 전류를 1, 10, 20, 30[A]로 가정하여 전자장을 해석하였다. 그림 3과 같이 인덕터의 구조는 좌우 대칭의 일체형 구조로 되어있으며, 내부에 권선을 원통형으로 감아서 삽입한 후 단자와 접합하여 코어를 형성하게 된다. 따라서 인덕터의 대칭 구조에서 왼쪽 부분을 대상으로 하여 해석이 이루어졌다. 또한, 권선 코일이 위치하는 높이를 자장해석영역 0mm로 설정하였으며, 인덕터의 하단영역을 자장해석영역 -2mm로 각각 설정하였다.

## 2. 해석 결과

### 2.1 인덕터 내부의 해석

그림 4에서 7까지는 각각 1[A], 10[A], 20[A], 30[A]를 인가했을 때 인덕터 내부에 발생하는 자장의 벡터도로서 전류가 인가되는 권선 주위로 자장이 형성되는 것을 볼 수 있다. 이때 권선이 속해있는 네모 박스부분을

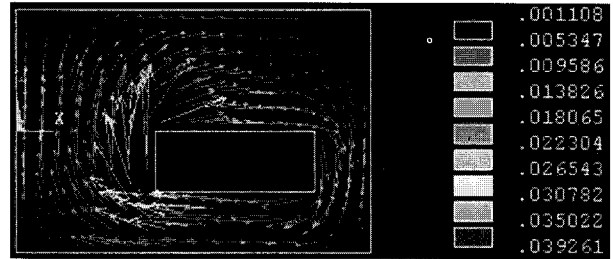


그림 4. 인덕터의 자장벡터(1[A])  
Fig. 4. Magnetic Field of Inductor(1[A]).

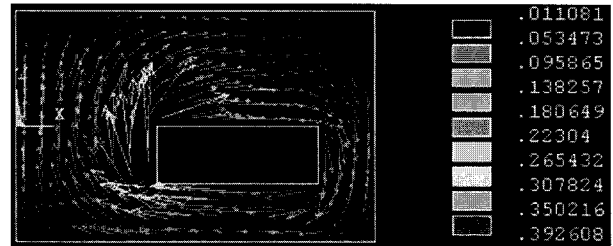


그림 5. 인덕터의 자장벡터(10[A])  
Fig. 5. Magnetic Field of Inductor(10[A]).

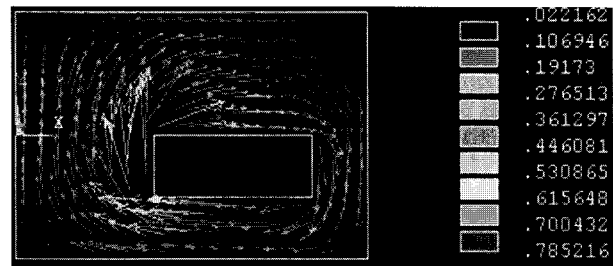


그림 6. 인덕터의 자장벡터(20[A])  
Fig. 6. Magnetic Field of Inductor(20[A]).

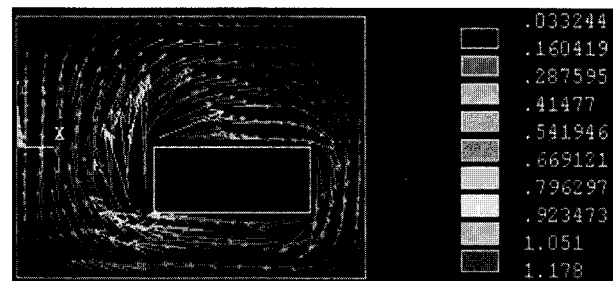


그림 7. 인덕터의 자장벡터(30[A])  
Fig. 7. Magnetic Field of Inductor(30[A]).

중심으로 가장 큰 자장이 형성되고 있으며, 인덕터의 끝부분으로 가면서 그 크기는 급격히 작아지고 있다. 최대 인가전류 30[A]의 경우에 권선부분에 나타나는 자장벡터는 1.178[T]이지만 인덕터의 끝부분에서는 0.033[T] 정도로 아주 미약하게 형성되고 있다. 그림 8은 그림 4에서 7까지 나타난 결과에서 인가된 전류값이 1[A]에서 30[A]로 상승하면서 나타난 자장의 크기를 도시한 것으로, 전류 상승에 따라 직선적으로 인가 전류

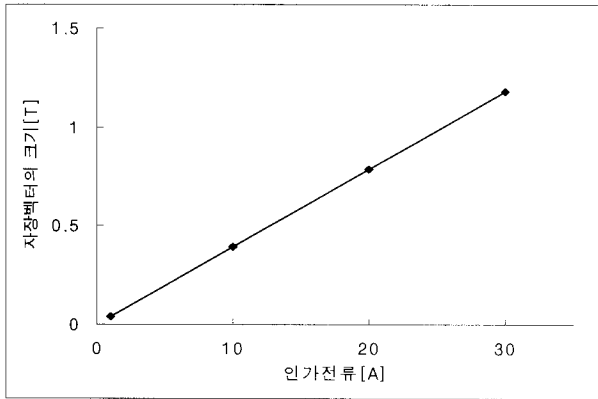


그림 8. 전류에 따른 자장의 크기  
Fig. 8. Magnetic Field Magnitude due to current.

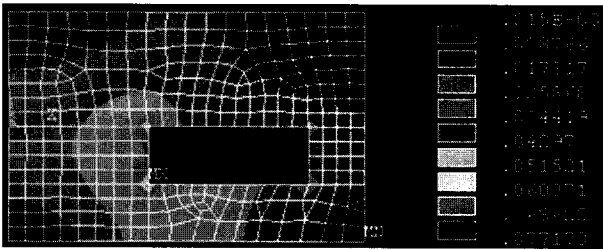


그림 9. 인덕터의 자장분포(1[A])  
Fig. 9. Magnetic Field Distribution of Inductor(1[A])

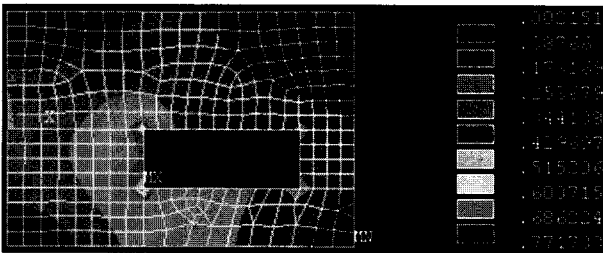


그림 10. 인덕터의 자장분포(10[A])  
Fig. 10. Magnetic Field Distribution of Inductor(10[A]).

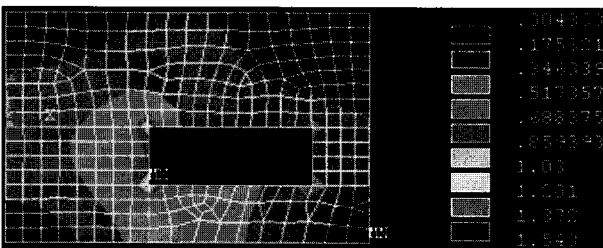


그림 11. 인덕터의 자장분포(20[A])  
Fig. 11. Magnetic Field Distribution of Inductor(20[A]).

에 비례하는 양상을 나타내고 있다.

그림 4에서 7까지의 방향성을 갖는 자장 벡터의 크기와 그림 9에서 13까지의 자장분포와의 크기를 비교해보면 자장 분포의 값이 크게 형성되는 것을 확인할 수 있다. 이것은 그림 4의 경우에서 가장 큰값을 보이고

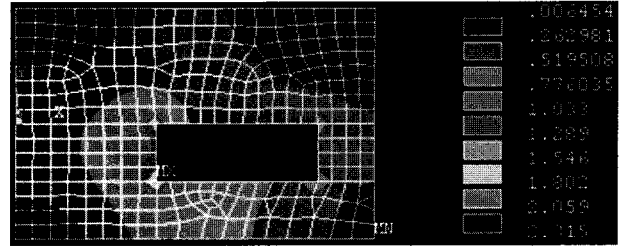


그림 12. 인덕터의 자장분포(30[A])  
Fig. 12. Magnetic Field Distribution of Inductor(30[A]).

있는 벡터량(0.035022[T]와 0.039261[T])의 중첩분을 합성해서 계산해보면 0.074283[T]으로 그림 9와 같이 자장 분포의 값인 0.077173[T]과 유사하게 나오고 있음을 알 수 있다. 또한, 같은 방법으로 최대 인가전류인 그림 7의 경우에서 가장 큰값을 보이고 있는 벡터량(1.178[T]와 1.051[T])의 중첩분을 합성해서 계산해보면 2.229[T]으로 그림 12와 같이 자장 분포의 값인 2.315[T]와 유사하게 나오고 있음을 알 수 있다.

### 2.2 인덕터 주위의 해석

그림 13에서부터 그림 16까지는 인덕터 주위에 형성되는 자장 분포를 살펴보았다. 인덕터 표면의 경계면에서는 그림 13에서와 같이 1[A]인가시에는 0.001922[T]

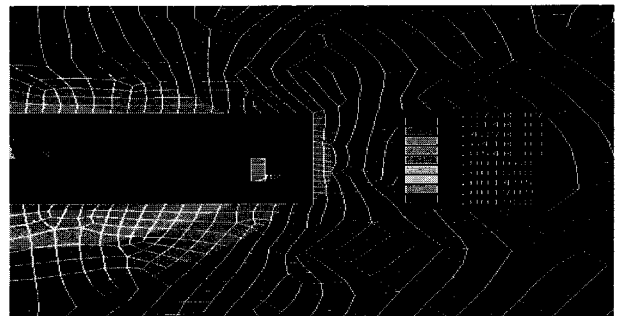


그림 13. 인덕터 주위의 자장분포(1[A])  
Fig. 13. Magnetic Field Distribution of Inductor circumference(1[A]).

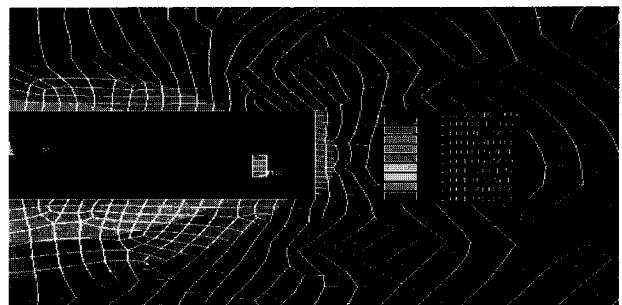


그림 14. 인덕터 주위의 자장분포(10[A])  
Fig. 14. Magnetic Field Distribution of Inductor circumference(10[A]).

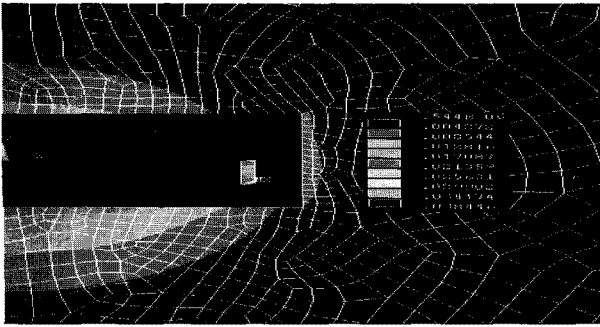


그림 15. 인덕터 주위의 자장분포(20[A])  
Fig. 15. Magnetic Field Distribution of Inductor circumference(20[A]).

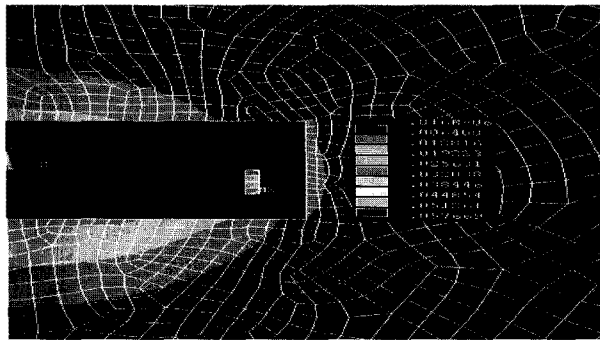


그림 16. 인덕터 주위의 자장분포(30[A])  
Fig. 16. Magnetic Field Distribution of Inductor circumference(30[A]).

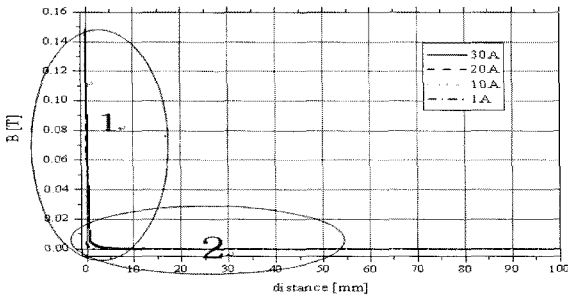


그림 17. 자장분포(0[mm])  
Fig. 17. Magnetic Field distribution(0[mm]).

이고, 그림 16에서와 같이 30[A]인가시에는 0.057669[T]로 형성되고 있다. 표면에 나타나는 자장분포 값은 매우 미약하여 주위의 다른 전자 부품에 영향을 미칠 정도는 아니었으며, 표면을 벗어나면 그 값은 거의 0에 가깝게 작아지고 있다.

그림 17은 권선 코일이 위치하는 높이인 자장해석영역 0mm에 대한 자장 분포로서, 인덕터 표면에서부터 거리에 따라 변화하는 분포를 살펴보았다. 그림 17의 결과에서 1영역과 2영역을 구분하여 확대한 그림이 그림 18과 19이다.

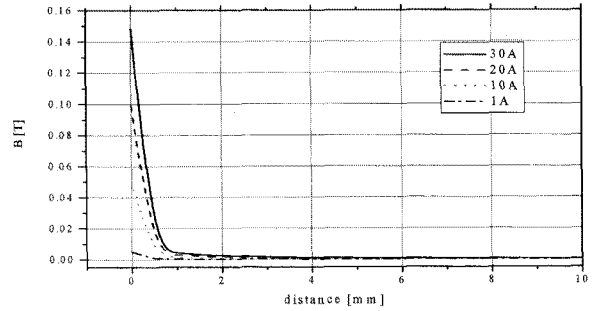


그림 18. 자장분포(1의 경우)  
Fig. 18. Magnetic Field distribution(In case of 1).

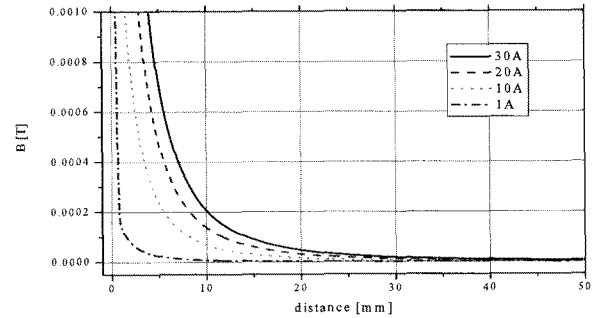


그림 19. 자장분포(2의 경우)  
Fig. 19. Magnetic Field distribution(In case of 2).

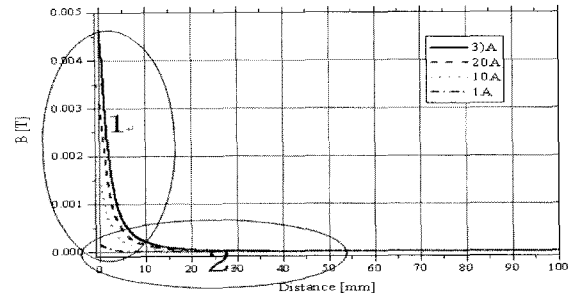


그림 20. 자장 분포 (-2[mm])  
Fig. 20. Magnetic Field distribution(-2[mm]).

그림 18에서와 같이 최대 크기를 형성하는 인가 전류 30[A]의 경우, 인덕터 표면에서 약 0.14[T]의 자장이 분포되지만 표면을 지나 1[mm]이내에서 거의 0[T]로 작아지고 있다.

그림 20은 인덕터의 하단영역인 자장해석영역 -2mm에 대한 자장 분포로서, 인덕터 표면에서부터 거리에 따라 변화하는 분포를 살펴보았다. 그림 20에서 1영역과 2영역을 구분하여 확대한 그림이 그림 21과 22이다. 그림 21에서와 같이 최대 크기를 형성하는 인가 전류 30[A]의 경우, 인덕터 표면에서 약 0.0047[T]의 미약한 자장이 분포되고 있으며 표면을 지나면서 0[T]로 작아지고 있다.

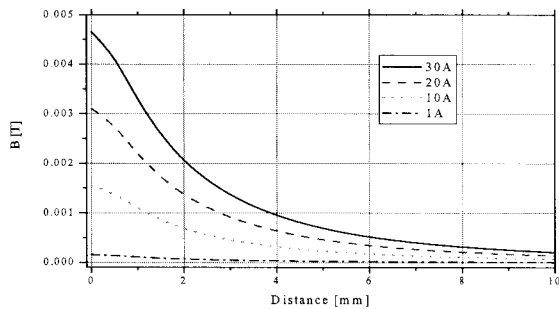


그림 21. 자장분포(1의 경우)

Fig. 21. Magnetic Field distribution(In case of 1).

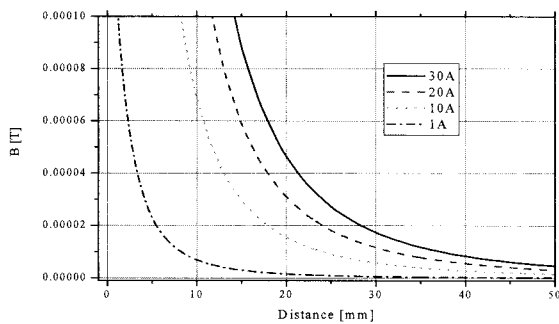


그림 22. 자장분포(2의 경우)

Fig. 22. Magnetic Field distribution(In case of 2).

## V. 결 론

전자장 해석 결과 인덕터 코어를 중심으로 내부에서 발생하는 전자장은 인덕터 주위에는 전자 장애를 미치지 않는 것으로 해석되었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

### ○ 인덕터 내부의 해석

인덕터 내부에 발생하는 자장은 전류가 인가되는 권선 주위로 자장이 형성되었으며, 권선이 속해있는 부분을 중심으로 가장 큰 자장이 형성되었고, 권선에서 인덕터의 표면으로 가면서 그 크기는 급격히 작아지고 있다.

인덕터에 인가된 전류값이 1[A]에서 30[A]로 상승하면서 나타난 자장의 크기는 전류 상승에 따라 직선적으로 인가 전류에 비례하는 양상을 나타내고 있다. 또한, 자장 벡터에서 형성된 자장의 크기는 중첩분을 합성해서 계산한 결과 자장 분포의 값과 유사하게 나타나고 있다.

### ○ 인덕터 주위의 해석

인덕터 표면에 나타나는 자장분포 값은 매우 미약하여 주위의 다른 전자 부품에 영향을 미칠 정도는 아니었으며, 표면을 벗어나면 그 값은 순식간에 거의 0[T]로 작아지고 있기 때문에 일체형 인덕터를 이용하여 회로를 구성하였을 때 다른 부품들에 대한 전자 장애는 발생하지 않을 것으로 사료된다.

이 결론은 일체형 인덕터 개발에 많은 영향을 미칠 것이며, 특히 인덕터 코어의 특성 분석 및 신뢰도 향상에 많은 도움이 될 것으로 예상된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 방근태, "SMT 공학", 남두도서, 2007.
- [2] 김기준 외, "코일을 내장한 일체형 SMD Inductor 개발", 중소기업 기술혁신개발사업 최종보고서, 2007. 3
- [3] 瀬川 毅 외, "인덕터의 선택방법과 활용 노하우", 월간 전자기술, p.97-108, 1999(11월호)
- [4] Tom Fowler, "저전력 전자장치를 위한 인덕터 선택", 월간 전자기술, p.128-132, 2008년(4월호),
- [5] 광계달 외, "전자장의 원리와 응용", 학술정보, 2006.

## 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~현재 시립인천전문대학 교수

<주관심분야 : 전자물성분석 및 센서개발, 동위원소 이용기술>