

# 가변하는 이격거리에 적합한 자성체 형상 연구

신창수, 진아비, 장해룡, 김동희\*  
 전남대학교 전기공학과

## Study on Adequate Magnetic Core Shape by Distance Variation

Chang-Su Shin, Yafei Chen, Hailong Zhang, and Dong-Hee Kim\*  
 Department of Electrical Engineering, Chonnam National University

### ABSTRACT

무선전력전달 시스템을 위한 코일을 설계함에 있어 코일 및 코어의 치수, 재료 및 형상은 효율과 직관된 요소이므로 가장 적절한 선택이 필요하다. 하지만 높은 효율을 가지는 무선전력전달 시스템을 설계하더라도 실제 이격거리는 가변하므로 예상했던 효율과 다른 결과가 야기된다. 본 연구에서는 기존의 E-E 형상과 C-C 형상 및 제안한 Plat C-C 형상을 페라이트 코어를 바탕으로 x-y-z 이격거리의 변화량에 따른, 결합계수를 유한요소해석 시뮬레이션을 통해 비교 및 분석하고 200W급 하드웨어를 통해 검증한다.

### 1. 서론

무선전력전달(Wireless Power Transfer, WPT) 시스템이 각광을 받음에 따라 효율성, 기능 및 적용 가능성부터 유연성과 보안성에 이르는 에너지 전송 성능을 개선하기 위한 연구가 진행 중이다. 특히, 에너지 효율은 WPT 시스템에서 가장 중요한 사항이므로 이를 해결하기 위한 코일설계, 회로 토폴로지 및 전력 제어 등에서 많은 연구가 진행 중에 있다.<sup>[1]</sup>

코일설계는 코일과 코어의 치수, 재료 및 형상의 선택에 관한 연구로써, 코일간 결합계수는 전력전달에 중요한 지표로 고려된다. 기존 형상에 관한 연구에서는 E-E 형상, C-C 형상 등이 제안되고 연구되었다.<sup>[2]</sup>

본 논문에서는 기존에 제시되었던 E-E 형상과 C-C 형상 및 새롭게 제안하는 Plat C-C 형상을 동일한 인덕턴스를 가지도록 시뮬레이션을 통해 설계하고 결합계수를 비교하였다. 또한 수직 및 수평 이격거리를 다르게 함으로써 생기는 결합계수의 차이를 비교하고 분석하였다.

### 2. 코어 형상의 비교

#### 2.1 시뮬레이션 환경

그림 1의 a, b, c는 각각 본 논문에서 다루는 코어의 세 가지 형상으로 동일한 부피를 가지도록 설계하였다.

표 1은 신뢰성을 높이기 위하여 비슷한 조건으로 조성한 코어의 사양으로 코일의 턴 수와 코어의 재질은 모두 동일하며 코어간의 부피 차는 1% 미만이다. 인덕턴스는 55.5uH를 기준으로 설계하였다.

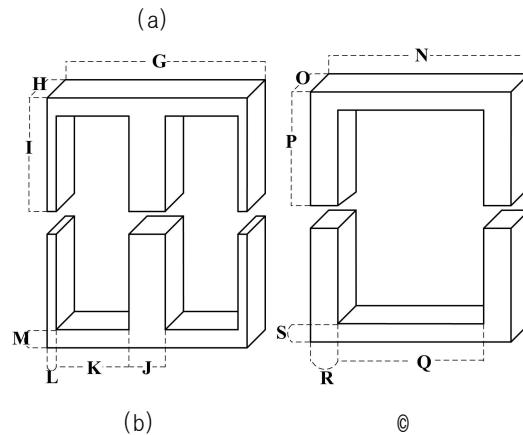
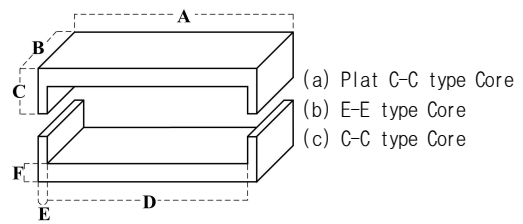


그림 1 세 가지 형상의 코어  
 Fig. 1 Tree shapes of core

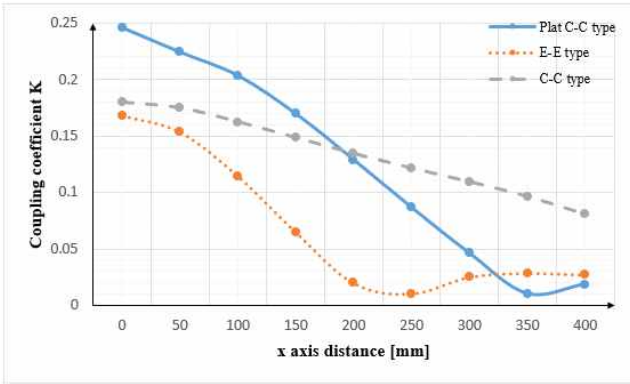
표 1 코어의 형상 사양  
 Table 1 Core Shape Specification

Core Shape Specification											
Shape-type	Dimension [mm]							Volume [mm <sup>3</sup> ]	Coil Turns	L[μH]	Core Material
Plat C-C type	mark	A	B	C	D	E	F	9,936k	8 turns	55.5	Ferrite PM11
	value	480	460	100	440	20	40				
E-E type	mark	G	H	I	J	K	L	9,844k			
	value	440	230	250	80	160	20		40		
C-C type	mark	N	O	P	Q	R	S	9,844k	55.7		
	value	440	230	250	320	60	40				

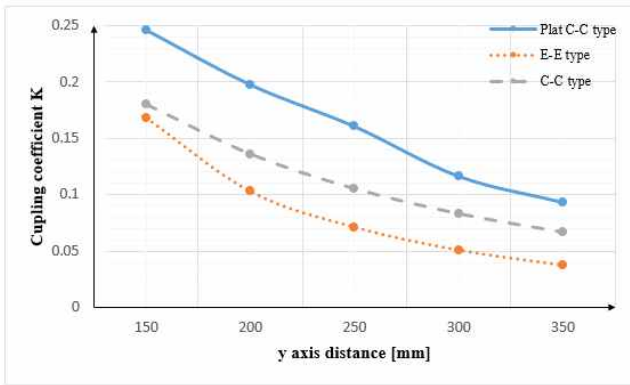
#### 2.2 가변하는 이격거리에 따른 코어형상의 결합계수

결합계수란 두 코일 사이의 자기적 결합의 정도를 나타내는 수치로써 효율과 밀접한 관계를 가진다.

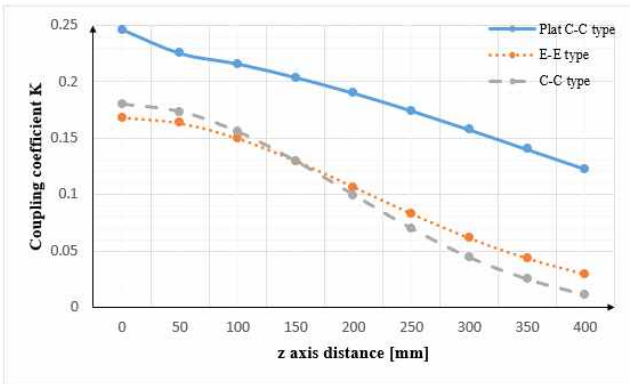
그림 2는 세 가지 코어 형상의 이격거리를 가변한 후 결합



a. Coupling coefficient according to x-axis distance



b. Coupling coefficient according to y-axis distance



c. Coupling coefficient according to z-axis distance

그림 2 수평수직 이격거리에 따른 결합계수  
Fig. 2 Coupling coefficient according to horizontal and vertical distance variation

계수를 계산하여 산출된 값을 그래프로 표현한 그림이다. 그림 2에서 a는 수평 이격거리인 x축을 가변하였다. Plat C-C 형상과 C-C 형상의 경우 이격거리가 커짐에 따라 결합계수가 줄어들지만 자속이 가장 많이 흐르는 코어의 돌출부가 다시 가까워질 경우 결합계수가 소폭 상승한다. C-C 형상의 결합계수 하강 그래프가 가장 완만한 곡선을 그리는데 반해 Plat C-C 형상은 결합계수가 급격히 감소하다가 200mm를 기준으로 C-C 형상에 비해 결합계수가 작아진다. 그림 2에서 b는 수직 이격거리에 따른 결합계수를 나타낸 그래프로써 세 가지 코어 형상 모두 완만한 하강곡선을 그린다. 수평 이격거리에서 z축을 가변하여 산출된 결합계수를 나타낸 그림 2의 c 그래프를 보면 C-C 형상이 이전의 다른 그래프와는 다르게 결합계수가 급격

히 감소하는 곡선을 그리는 것을 확인 할 수 있다. Plat C-C 형상의 경우 C-C 형상과 E-E 형상에 비해 상대적으로 결합계수 강하 폭이 적는데 이는 Plat C-C 형상이 다른 두 형상에 비해 z축 치수가 크기 때문에 자속경로를 유연하게 유지하기 때문이다.

### 2.3 실험

그림 3은 시뮬레이션에서 가장 결합계수가 높았던 Plat C-C 형상을 사용하여 실험한 DC/DC 컨버터의 회로도이다. 그림 4의 a와 같이 1.5cm의 수직이격거리만을 가지도록 코어를 배치하였으며 55V의 입력전압으로 200W의 출력이 나오도록 설계하였다. 실험결과 AC효율은 약 95.4%가 도출되었으며 열화상 카메라로 측정해보니 그림 4의 b와 같이 약 51도의 열이 발생하는 것을 확인 할 수 있었다.

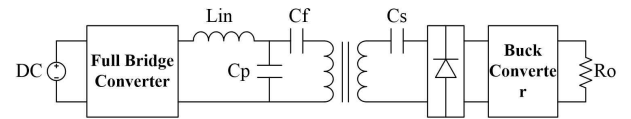


그림 3 Plat C-C 형상 코어를 적용한 DC/DC 컨버터  
Fig. 3 DC/DC Converter applied in Plat C-C type core

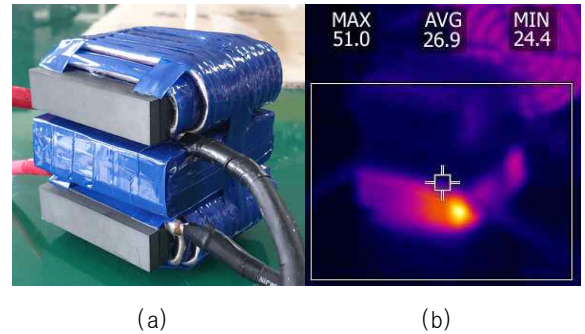


그림 4 제작된 Plat C-C 형상과 실험 중 측정된 발열온도  
Fig. 4 The shape of the plat C-C type manufactured and the heating temperature measured during the experiment

### 3. 결론

본 논문은 동일한 조건의 시뮬레이션 환경에서 다른 형상의 코어를 가변하는 이격거리에 따라 비교하였다. 수평이격거리가 거의 없는 경우 Plat C-C 형상이 가장 높은 결합계수를 가지므로 고효율 WPT 시스템을 구현함에 있어 적합함을 알 수 있었고 200W급 실험을 통해 검증하였다.

본 연구는 한국전력공사의 2018년 착수 에너지 거점대학 클러스터 사업에 의해 지원되었음(과제 번호 : R18XA04)

### 참고 문헌

[1] Zhen Zhang, Hongliang Pang, Apostolos Georgiadis and Carlo Cecati "Wireless Power Transfer-An Overview", IEEE Transaction On Industrial Electronics, Vol. 66, No. 2, FEBRUARY 2019  
[2] Chung-Chuan Hou, Yu-Hsiang Teng, Wen-Pin Chang and Kuei-Yuan Chang "Analysis and Comparison of EE-type and C-type Cores for Wireless Power Transfer Systems", 9th International Conference on Power Electronics-ECCE Asia June 1 - 5, 2015