

권철심형 원형단면 코어의 비교 분석

심민석^{*}, 공정식^{**}, 김철호^{*}, 오철수^{*}
^{*}경북대학교 전기공학과 ^{**}서리벌대학

Comparison and Analysis of round shape core of transformer

Min-Suk Sim^{*}, Jeoung-Sik Kong^{**}, Chul-Ho Kim^{*}, Chul-Soo Oh^{*}
^{*}Dept. of Electrical Eng. Kyungpook N. Univ. ^{**}Sorabol College

Abstract - This paper deals with the characteristic analysis of round shape core of transformer compared with conventional EI core transformer. The round shape has specific configuration to reduce leakage magnetic flux. Characteristics such as B-H characteristic curve and in-rush current, etc. are compared.

1. 서 론

일반적으로 변압기는 권철심형 변압기와 적철심형 변압기로 구분된다. 적철심형 변압기는 비투자율과 저항율이 크고 히스테리시스 손이 적은 규소 강판을 얇게 절연한 철심을 적층하여 사용하고 있으며, 철심과 권선의 상대적인 위치에 따라 철심이 내측에 있으면 내철형, 권선이 내측에 있고 철심으로 둘러싸인 형태는 외철형이다. 권철심 변압기는 철심의 절단없이 방향성 규소강대로 구성된 철심을 감은 형태로 동일한 용량의 적철심 변압기와 비교하여 철손이 작으며 소형 경량이다.

이 논문에서는 전원장치의 부피와 무게를 결정하는 중요한 소자인 변압기에서 권철심형 원형 단면의 코어 변압기의 재질과 구조를 분석하였으며, 누설자속, B-H 커브를 측정하여 EI 변압기와 비교 분석하였다. 철심의 재료는 자속밀도가 높은 Z-8H를 사용하였으며, 절단면없이 감겨져 있으며 그 단면이 원형에 가깝게 감겨져 있다. 부피를 줄이기 위해 1차 코일은 코어의 긴 가지 양쪽에 같은 턴수로 감아 직렬로 연결되어 있으며, 2차 코일은 1차 코일 위쪽에 보빈을 넣고 그 상부 양쪽에 같은 턴수로 코일을 감아 병렬로 연결되어 있다. 코어의 단면이 원형이므로 다른 변압기와 같이 끝 각부분에 자기가 집중, 방출되는 것이 없고, 또한 자로에 틈이 없어 자기적 결합이 양호하며, 자속의 누설이 작다.

2. 본 론

2.1 변압기 코어의 재질 분석

코어의 철심 재료는 일반적으로 전자강판을 사용한다. 이 전자강판은 방향성 전자강판과 무방향성 전자강판으로 나뉘어 진다. 무방향성 전기강판은 방향과 관계없이 평균 자성이 우수하도록 만들어지는 재료로 철심에 대해 자화되는 방향이 일정치 않은 모터와 같은 회전기에 사용된다. 방향성 전자 강판은 그 결정 배열이 압연 방향으로 정렬된 것이므로 그 때문에 압연 방향의 자기 특성이 우수하여, 변압기와 같은 정지기에 사용된다.

전자 강판의 규격 종류는 그 기본 특성인 철손, 자속 밀도에 의해 분류되는데 규격 체계의 중심은 철손 특성에 의한다, 철손 규격값이 W 17/50, W 15/50 는 각각 자속 밀도 1.7T, 1.5T, 주파수 50Hz일 때의 철손을 나타내고 있으며, 자속 밀도를 나타내는 B 10, B 50은 각각의 자화력이 1000A/m, 5000A/m일 때의 자속 밀도를 나타내고 있다. 철손, 자속 밀도, 용도, 기종의 주체가 고자

속 밀도 영역에서 사용하는 것이므로 저자속 밀도 영역에서의 규격은 규정되어 있지 않다.

전자 강판의 제품 두께는 방향성 전자 강판의 경우 0.3mm, 0.35mm의 2종류가 있으며, 무방향성 전자 강판의 경우 0.35mm, 0.50mm, 0.65mm의 3종류가 있다. 그런데 실제의 수요는 S 14 이상의 고급품은 0.35mm, 0.50mm가 있으며, S 18 이하의 것에는 0.5mm가 종류이고 0.35mm, 0.65mm는 매우 적다.

여기서는 방향성 전자 강판 중 최근 품질 향상이 현저하여 고급품으로 자리 잡고 있는 배향성이 높은 제품을 사용하고 있으며, 일반 방향성 규소강대와 고배향성 규소 강판을 비교 하였다.

표 1. 전자강판 규격

종류기호	두께 [mm]	밀도 [g/cm ³]	철손[W/kg] W 17/50	자속밀도 [T] B10
방향성 규소강대	G 09	0.30	1.27	1.84
	G 10	0.30	1.35	1.83
	G 11	0.30	1.50	1.79
	G 12	0.30	1.69	1.79
오리엔트 코어 하이비	Z 6H	0.30	1.05이하	1.89 이상
	Z 7H	0.30	1.13이하	
	Z 8H	0.30	1.22이하	

표 1에서는 보듯이 오리엔트 코어 하이비가 일반 방향성 규소 강대보다 철손이 작으며, 높은 자속밀도를 가진다.

여기서는 고성능방향성 하이비제인 두께 0.3mm, Z 8H를 사용 그 특성을 최대한 활용하여 코어의 부피를 최소화 단순화 하였다.

2.2 변압기 코어 제작

변압기의 부피와 무게를 줄이기 위하여 고밀도하에서 고투자율, 코어손실이 최소인 철심 재질을 사용하였으며, 그 코일의 단면이 원형이 되도록 감기위하여 철심은 너비가 일정하게 커졌다가 점점 작아진다. 그 철심을 각이 지지 않은 직사각형 모양으로 감았다. 철심의 두께는 0.3mm이며, 이 권철심의 총 턴수는 70턴이며 길이는 17.2m 이다. 각이 지지 않게 하여 다른 변압기와 같이 끝 각 부분에 자기가 집중되고, 방출되는 것을 최소화 되도록 하였으며, 자로에 갇히지 않도록 감아 자기적 결합이 양호, 누설자속을 최소화 하였다. 원형 단면 권철

심형 코어의 제작은 권선 1턴당의 길이를 다른 변압기와 비교 하였을때 최단거리이며, 변압기의 부피와 무게를 줄일 수 있다.

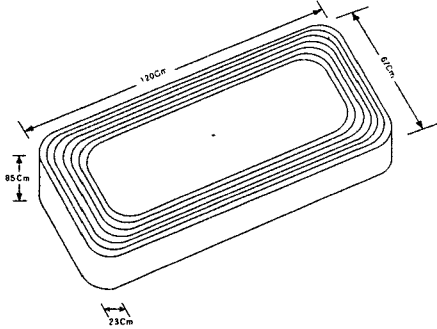


그림 1. 원형단면 권철심 코어

원형 단면의 직경은 23mm 이며, 가로길이 85mm, 세로길이 120mm이다. 원형 단면 권철심으로 하여 자로에 절단 갭이 없으며, EI 변압기에서와 같이 철심 적층 작업이 없고, 코일 감기 작업에서의 오차에 따른 변압기의 떨림의 소리 증대가 없고, 누설전류의 증대를 최소화 하였다.

2.3 변압기 코일 설계

원형 단면 코어의 긴가지 양쪽으로 2개로 분리된 원형 보빈을 넣어 고정시켜 돌리면서 1차 코일이 감겨져 있다. 1차 보빈의 재질은 PBT(94V-0)을 사용하고 있으며, 1차 코일의 구조는 코어의 긴가지 한쪽에 1층에 118턴으로 6층 구조로 감겨져 있으며, 보빈의 길이는 60mm 이고, 코일의 굵기는 0.5mm에서 알 수 있듯이 나란히 정렬되게 감겨져 있다. 다른 쪽 긴 가지에도 동일한 형태로 감아서 직렬로 연결하였다. 1차 권선의 총 턴수는 한쪽 코어 부분에 708턴씩 감아 총 턴수는 1416턴이다. 그리고 다시 2차 보빈을 코어에 넣고 코일을 감는다. 2차 코일의 굵기는 0.8mm이고 한층에 81턴으로 나란히 감아 3층 구조로 감아 한쪽에 270턴으로 감아 양쪽 코일을 병렬로 연결 하였다. 원형 단면 변압기와 비교분석한 EI형 변압기의 사양은 아래와 같다.

표 2. 변압기 비교

Transformer	EI	R-core
1차 권선수 (Turns)	270	1416
2차 권선수 (Turns)	148	270*2
1차 선 굵기 (mmφ)	0.9	0.5
2차 선 굵기 (mmφ)	0.56	0.8
1차권선 저항 (Ω)	1.6	9
2차권선 저항 (Ω)	2.4	2
A (area) (m ²)	0.00132	0.00041

EI형 변압기의 단면적은 $60 \times 22 = 1320 \text{ mm}^2$ 이며, 평균 자로의 길이는 $(2 \times 88) + (2 \times 45) = 0.266 \text{ m}$ 이다. 원형 단면 권철심 코어의 단면적은 $\frac{\pi d^2}{4} = 0.00041 \text{ m}^2$, d = 원형

코어의 직경(2.3cm)이다.

원형 단면 권철심 코어에 보빈을 넣고 1차 권선을 감고, 다시 보빈을 넣어 2차 코일을 감은 단면도는 다음과 같으며, 코어와 보빈, 보빈과 코일과의 간격은 최소로 유지하면서 보빈을 돌려 코일을 감을 수 있도록 하였다.

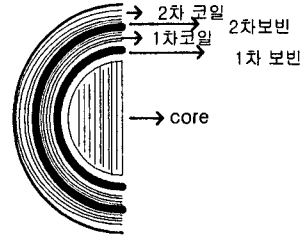


그림 2. 변압기 단면도

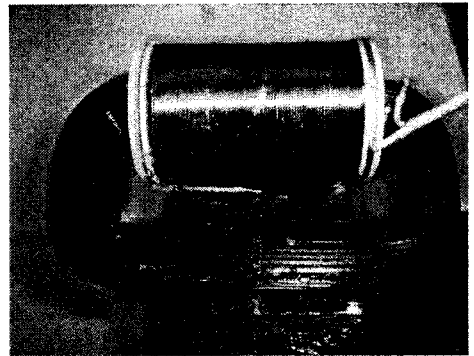


그림 3. 원형단면 권철심 변압기

그림2는 원형 단면 코어에 보빈과 1,2차 코일을 감은 단면도를 나타내고, 그림.3은 코어의 긴가지 한쪽에 코일을 감은 사진이다..

2.4 변압기 특성 실험

권철심형 원형단면 변압기의 1차측에 전압 220V를 인가하고 무부하일 때의 1차, 2차 전압과 전류 파형을 관측 하였으며, X-Y 좌표로 나타내었다. 그리고 EI 변압기에 1차에 120V를 인가하고 히스테리시스 파형을 관측하였다.

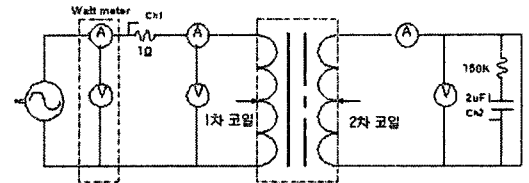


그림 4. 히스테리시스 결선도

B-H 커브를 얻기 위하여 그림.4와 같이 등가회로를 구성하였다.

변압기의 기자력 공식은 다음과 같다.

$$F = N_1 \cdot i = H \cdot l \quad 1)$$

전자속의 식은 다음과 같으며 B를 나타낸다.

$$\lambda = N\phi = NAB \quad 2)$$

변압기 2차 회로에 RC회로를 꾸며 $R \gg (1/\omega C)$ 이면 다음과 같이 나타낸다.

$$i_2 = (i_1 / R) \quad 3)$$

i_2 는 변압기 2차측 전압이고 i_1 는 콘덴서 전압이다.

R = 150kΩ 이며 C = 2μF 이다.

$$v_c = \frac{1}{C} \int i_2 dt = \frac{1}{RC} \int v_2 dt \quad (4)$$

유도법칙에 따라

$$v_2 = N_2 A \frac{dB}{dt} \quad (5)$$

$$B = \frac{1}{N_2 A} \int v_2 dt \quad (6)$$

5), 6)을 비교 하면 다음과 같이 나타낸다.

$$B = \frac{RC}{N_2 A} v_c \quad (7)$$

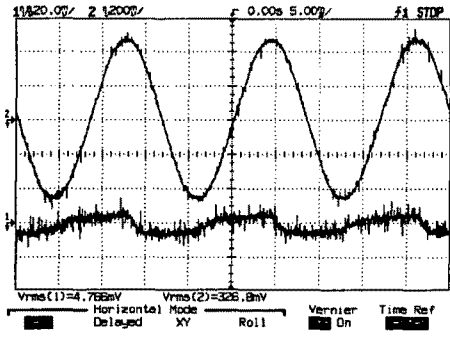


그림 5. 권철심 변압기 전압 전류

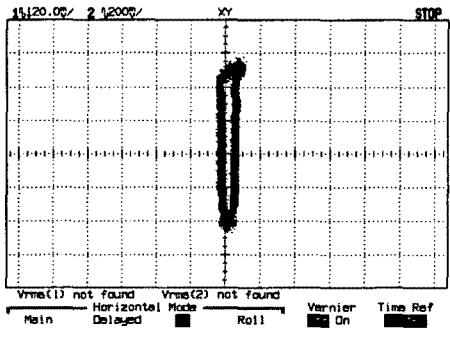


그림 6. 권철심 변압기 히스테리시스

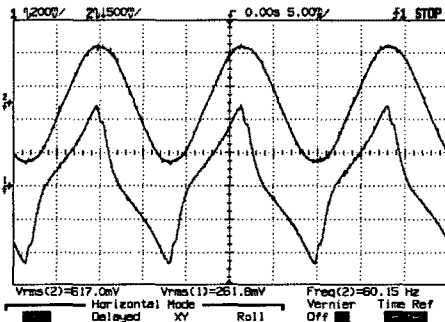


그림 7. EI 변압기 전압 전류

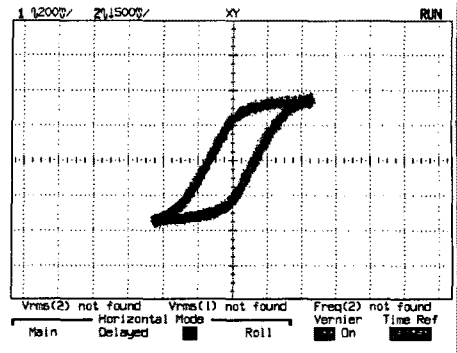


그림 8. EI 변압기 히스테리시스

그림 5의 ch1은 원형 단면코어 변압기의 1차 전류 파형을 나타내고, ch2는 2차 커패시터 전압을 나타내고 있으며 그림 6의 파형은 그림 4의 전류파형을 X축으로 나타내고 있으며, Y축으로 전압파형을 나타내어, B-H 커브를 나타내고 있다. 1차 전압 220V 인가시 2차 전압은 36이다. 1차 전류는 4mA의 작은 전류가 흐르며, B의 값은 식 6)에 의해 1.22Wb/m²이다. 자속 λ는 0.18Wb이며, H는 30A/m이다.

그림 7의 파형은 EI변압기의 파형을 나타내고 있으며, 1차 전압 120V 인가시의 파형을 나타내고 있다. 1차 전류는 0.26A를 나타내고 있으며, B의 값은 1.38Wb/m²이며, 자속 λ는 0.2Wb이다.

3. 결 론

원형단면 권철심형 변압기와 EI 변압기의 B-H 커브를 조사하였으며, 누설 자속을 측정, 단락 실험을 하였다. 같은 정격 전압에서 비교 하지 않았으나, 인덕턴스 값을 구하여 누설 인덕턴스를 구하였다. 원형단면 권철심형 변압기의 경우 인덕턴스의 값이 30H에서 누설인덕턴스의 값은 15mH이며, EI 변압기의 경우 인덕턴스의 값이 0.7H에서 누설 인덕턴스의 값은 10mH였다. 내부 권선의 저항은 설계시 고정되므로 전압에 따른 누설 임피던스는 EI변압기의 경우가 상대적으로 높고, 코일에서의 동손의 값도 큰 것을 알 수 있다.

단점으로는 전원 투입시 여자전류는 즉시 정상상태 되지 않고 과도적으로 큰 돌입 전류가 흐른다. 이런 문제를 방지하기 위해 입력전류제한을 위해 저항을 사용하거나, 1차 권선 저항을 높게 할 필요가 있다.

결론으로 이 변압기는 부피를 줄이고, 경량화 할 수 있어 제품 설계시 합리적이고 스마트한 설계를 할 수 있으며, 누설 자속이 작아 신뢰성을 요구하는 정밀기계나 의료용 장비에 적합한 것으로 판단되며, 코일이 원형에 감기기 때문에 코일의 양을 줄일 수 있고 동손이 감소한다.

[참 고 문 헌]

- [1] Linden W. Pierce, "Transformer Design and Application Considerations for Nonsinusoidal Load Currents", Vol. 32, No. 3, IEEE, 1996
- [2] John H. Brunke, "Elimination of Transformer Inrush Currents by Controlled Switching-Part I : Theoretical Considerations", Vol. 16, No. 2, IEEE, 2001
- [3] 오철수. "새로운 경향의 전기기기", 도서출판 중앙, 1997