

전기강판의 고조파 자기유도 성분에 의한 철손증가의 해석

한남대학교 광·전자물리 서 경철, 손 대락, 조 욱

Analysis of Core Loss Increment Due to the Higher Harmonic Induction

Applied Optics and Electromagnetics, Hannam Univ., Kyung Cheol Seo, Derac Son, Yuk Cho

1. 서 론

대소형 발전기, 변압기 및 전동기와 전자석등에 사용되는 자성재료인 전기강판 (electrical steel sheet)의 중요한 특성 중 하나가 철손(Core loss)으로 단위 질량당의 전력손실로 표시한다. 이 철손은 교류 전력 장치에 사용되는 철심에서 발생하는 열손실의 근원이기 때문에 교류 전력 장치의 설계 및 효율면에서도 중요한 비중을 차지하고 있다. 철손측정에 있어서 측정표준은 자기유도의 파형이 정현파일 경우로 한정되어 있다. 그러나 실제 교류전력장치의 코아에서 자기유도파형은 정현파가 아닌 고조파 자기유도성분을 포함하고 있다. 최근 컴퓨터의 발달로 고조파 자기유도성분을 포함하는 경우에서 교류전력장치의 설계를 수치적으로 할 수 있게 되었다. 따라서 고조파 자기유도성분을 포함하는 상태에서의 철손측정의 중요성이 증가되고 있다. 본 연구에서는 고조파 자기유도성분에 의한 철손의 증가를 ac minor loop 의 위치에 따른 철손의 증가로부터 해석을 시도하였다.

2. 실험

임의의 자기유도 파형 하에서 철손 측정이 가능한 측정시스템[1]을 사용하여 무방향성 전기강판(PN-23)에 대하여 최대자속밀도 $B_{max} = 1.0 T$ 및 $B_{max} = 1.5 T$ 에서 고조파 자기유도성분의 크기를 최대자기유도 B_{max} 의 2%, 5%, 10% 로 변화시키고, 고조파주파수성분은 $15f_0$ ($f_0 = 60 Hz$) 에서 $35f_0$ 까지 변화시키면서 철손을 측정하였다. 고조파자기유도에 의한 철손의 증가를 해석하기 위해 기본주파수 ($f_0 = 60 Hz$)의 교류자기이력곡선에서 서로 회전대칭이 되는 2 개의 ac minor loop 을 발생시키고 최대자기유도가 1.5 T 일때 ac minor loop 의 위치가 $B_p = 0 T$ 인 영역(자벽의 이동이 주로 기여하는 영역)에 있을 때의 철손증가 P_{cl} 과 ac minor loop 의 위치가 $B_p = 1.5 T$ 부분의 영역(자구의 회전이 주로 기여하는 영역)에 있을 때의 철손증가 P_{ch} 를 측정하고 이로부터 고조파자기유도에 의한 철손의 증가를 두 철손의 선형조합으로 표현하는 방법을 시도하였다.

3. 실험결과 및 고찰

고조파자기유도성분에 의한 철손의 증가는 $B_p = 0 T$ 인 영역에 생긴 ac minor loop 의 철손(P_{cl})과 자구가 회전하는 영역에 생긴 ac minor loop 의 철손(P_{ch}) 의 일정한 성분비로 표현가능 할 것 이다. 따라서 고조파자기유도 하에서의 철손 P_c

는 기본주파수성분에 의한 철손 P_{∞} 에 고조파자기유도성분에 의한 철손의 합으로 표현 가능하므로 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$P_c = P_{\infty} + (n - 1)\{k_1(B_p)P_{cl}(B_{h1}/f_h) + (1 - k_1(B_p))P_{ch}(B_{h1}/f_h)\}$$

상수 k_1 은 위의 수식을 사용한 철손과 실제 측정된 철손의 차이 값이 가장 적은 조건으로 결정하였다. Fig. 1 은 실선은 실제 측정된 철손이고 점은 위의 식을 사용하여 계산한 결과이다. 의 수 있다. 그리고 k_1 으로 P_{cl} 와 P_{ch} 의 기여도를 알 수 있다. 시편 PN-23 의 경우 rolling 방향에서 $B_{max} = 1.5$ T 일때 $k_1 = 0.62$, $B_{max} = 1.0$ T 일때 $k_1 = 1$, rolling 직각방향에서 $B_{max} = 1.5$ T 일때 $k_1 = 0.68$, $B_{max} = 1.0$ T 일때 $k_1 = 0.87$ 이었다.

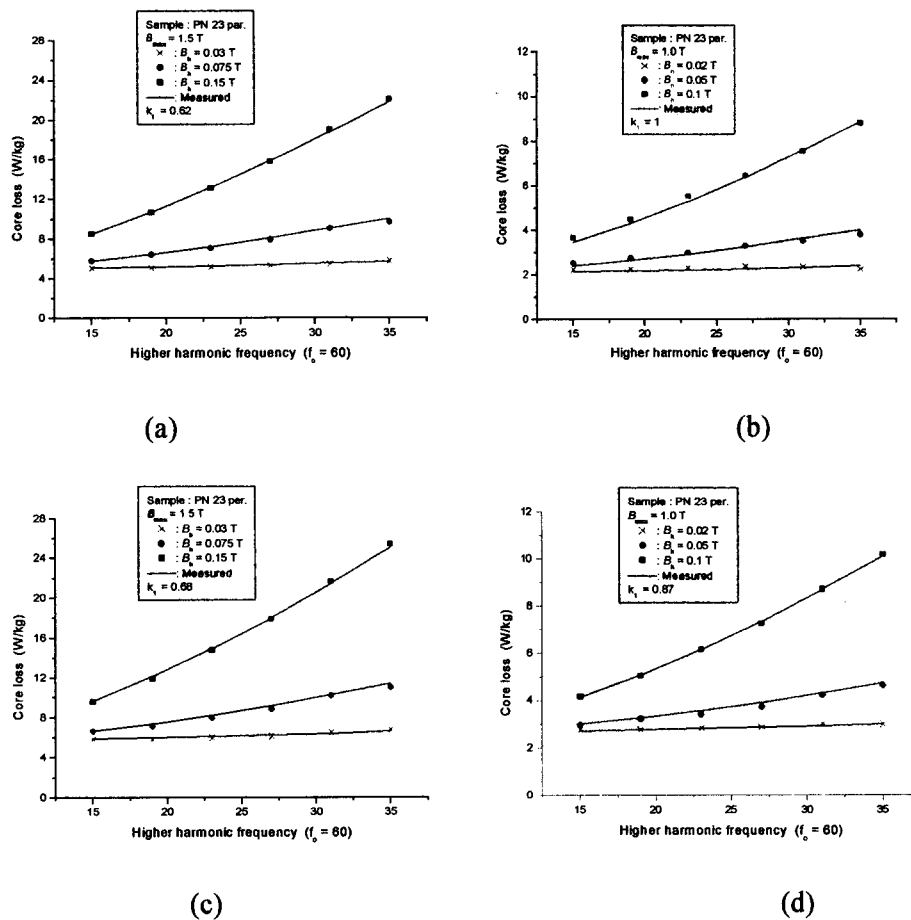


Fig. 2. Core losses depending on the higher harmonic frequency and induction for the non-oriented electrical steel , lines are measured and dots are estimated in this work; (a) $B_{max} = 1.5$ T and (b) $B_{max} = 1.0$ T for parallel to the rolling direction, (c) $B_{max} = 1.5$ T and (d) $B_{max} = 1.0$ T for perpendicular to the rolling direction

4. 참고문헌

[1] D. Son, J.D. sievert, and Y Cho, JMMM, Vol. 160, pp. 65-67(1996)