

Q-6

고조파 자기유도 성분에 의한 무방향성 규소강판의 철손증가에 관한 해석

한남대학교 광·전자물리 서경철*, 손대락, 조육

Analysis of Core Losses Increment Due to the Higher Harmonic Induction
in Non-oriented Silicon steel

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

1.서론

대소형 발전기, 변압기 및 전동기와 전자석등에 사용되는 자성재료인 전기강판(electrical steel sheet)의 중요한 특성 중 하나가 단위 질량당의 전력손실로 표시되는 철손(Core loss)이다. 이 철손은 교류 전력 장치에 사용되는 철심에서 발생하는 열 손실의 근원이기 때문에 교류 전력 장치의 설계 및 효율 면에서도 중요한 비중을 차지하고 있다. 철손측정에 있어서 측정표준은 자기유도의 파형이 정현파일 경우로 한정되어 있다.[1,2] 그러나 실제 교류전력장치의 코아에서는 자기유도파형이 정현파가 아닌 고조파 자기유도성분을 포함하는 상태에서의 철손측정의 중요성이 증가되고 있다. 본 연구에서는 고조파 자기유도성분에 의한 철손의 증가를 ac minor loop의 위치에 따른 철손의 증가와 그것의 선형 조합으로 해석을 시도하였고 선형 조합을 위한 상수 k_1 을 최대자기유도 B_{max} 에 따라 조사하였다.

2.실험

임의의 자기유도 파형 하에서 철손 측정이 가능한 측정시스템[3]을 사용하여 무방향성 전기강판(PN-23)에 대하여 고조파 자기유도성분의 크기를 최대자기유도 B_{max} 의 2%, 5%, 10% 로 변화시키고 고조파주파수성분은 15% ($f_0 = 60$ Hz)에서 35% 까지 변화시키면서 철손을 측정하였다. 또한 최대자기유도 B_{max} 는 0.6 T에서부터 1.5 T 까지 증가시켰다. 고조파 자기유도에 의한 철손증가의 해석을 위해 기본주파수($f_0 = 60$ Hz)의 교류자기력곡선에서 서로 회전대칭이 되는 2개의 ac minor loop을 발생시키고 최대자기유도가 1.5 T 일 때 ac minor loop의 위치 $B_p = 0$ T 인 영역에 발생된 ac minor loop에 의한 철손증가 P_{cl} 과 $B_p = 1.4$ T 인 영역에 발생된 ac minor loop에 의한 철손증가 P_{ch} 를 측정하고 이들 두 철손증가의 선형 조합을 통하여 고조파자기유도에 의한 철손증가를 해석하고 각각의 최대자기유도 B_{max} 에 대하여 선형조합에 사용되는 상수 k_1 을 결정하였다.

3.실험 결과 및 고찰

고조파자기유도 성분에 의한 철손의 증가는 $B_p = 0$ T 인 영역에 발생된 ac minor loop에 의한 철손증가 P_{cl} 과 $B_p = 1.4$ T 인 영역에 발생된 ac minor loop에 의한 철손증가 P_{ch} 의 일정한 성분비로 고조파 자기유도하에서의 철손 $P_c(B_0, f_0, B_m, f_m)$ 는 기본주파수($f_0 = 60$ Hz)성분에 의한 철손 $P_c(B_0, f_0)$ 에 고조파자기유도 성분에 의한 철손의 함으로 표현이 가능하므로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_c(B_0, f_0, B_n, f_n) = P_c(B_0, f_0) + (n-1) \{ k_1(B_{max}) P_{cl}(B_n, f_n) + (1-k_1(B_{max})) P_{ch}(B_n, f_n) \}$$

상수 k_1 은 위의 수식을 사용한 철손과 실제 측정된 철손의 차이 값이 가장 적은 조건으로 결정하였다. Fig. 1은 실선은 실제 측정된 철손이고 점은 위의 식을 사용하여 계산한 결과이다. 그리고 각각의 최대자기유도 B_{max} 에 대한 상수 k_1 을 조사한 결과 상수 k_1 이 최대자기유도 B_{max} 에 따라 변화되는 것을 알 수 있었다. Fig. 2는 최대자기유도 B_{max} 에 따른 $k_2(1-k_1)$ 을 나타낸 것이다. Fig. 2-(a)에 서보면 roll 방향의 경우 1 T 이상에서 회전자화에 기인하는 철손 P_{ch} 가 증가하여 $k_2(1-k_1)$ 가 증가하는 현상을 보이고 있으며 Fig. 2-(b)의 roll 직각방향에 대해서는 최대자기유도 크기에 관계없이 회전자화에 의한 철손 P_{ch} 의 증가가 있기 때문에 k_2 가 최대자기유도 크기에 관계없이 증가하는 경향을 나타내고 있다.

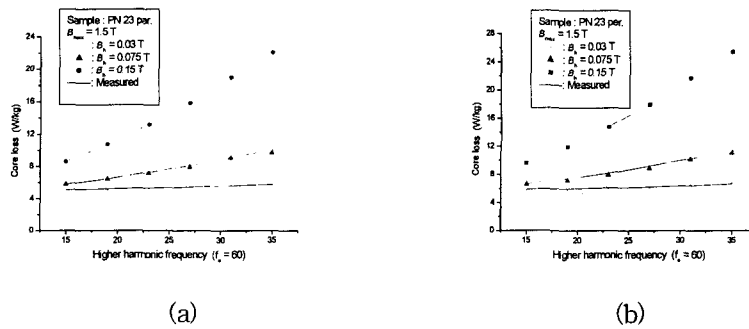


Fig. 1 Core loss depending on the higher harmonic frequency and induction for the non-oriented electrical steel, lines are measured and dots are estimated in this work: (a) $B_{max} = 1.5$ T for parallel to the rolling direction, (b) $B_{max} = 1.5$ T for perpendicular to the rolling direction

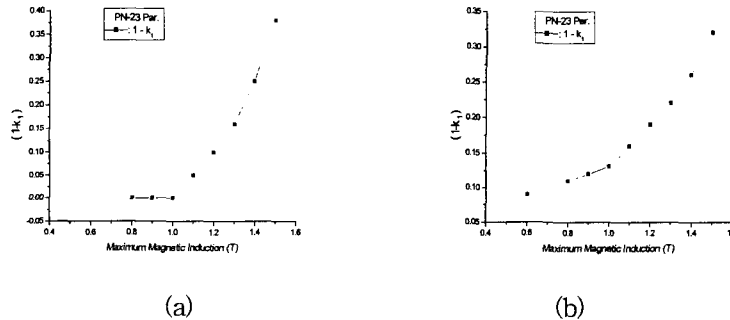


Fig. 2 Contribution factor k_2 of the core losses originated from rotational magnetization P_{ch} depending on the maximum magnetic induction

4. 참고문헌

- [1] IEC. 404-3, Method of measurement of specific total losses of magnetic sheet and strips by means of a single sheet tester.
- [2] J. D. Sievert, "Determination of AC magnetic power loss of electrical steel : Present status and trends", IEEE MAG-20, pp. 1702-1707 (1984).
- [3] D. Son, J. D. sievert, and Y Cho, JMMM, Vol. 160, pp. 65-67(1996)