(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0098766
(43) 공개일자 2013년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 33/12 (2006.01) *G01N 27/72* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0020551
(22) 출원일자 2012년02월28일
심사청구일자 2012년02월28일

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 사림동 9 창원대학교
동진정공 주식회사
경상남도 김해시 진영읍 서부로179번길 56
동아전장주식회사
서울특별시 도봉구 덕릉로59라길 46, 39호 .40호 (창동)
(72) 발명자
김규탁
경상남도 창원시 성산구 삼정자로 79 유니온빌리지아파트 105동 302호
조규원
경상남도 창원시 의창구 외동반림로254번길 28
우석현
경상남도 창원시 의창구 사림로4번길 11
(74) 대리인
김종선, 이형석

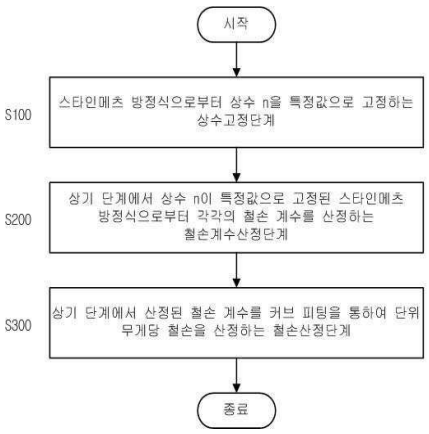
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **회전기의 철손 산출 방법**

(57) 요 약

본 발명은 철심 재료에 따른 철손계수를 산정하여 철손을 계산하는 회전기의 철손 산출 방법에 관한 것으로, 스타인메츠 방정식으로부터 상수 n을 특정값으로 고정하는 상수고정단계, 상기 단계에서 상수 n이 특정값으로 고정된 스타인메츠 방정식으로부터 각각의 철손 계수를 산정하는 철손계수산정단계 및 상기 단계에서 산정된 철손 계수를 커브 피팅을 통하여 단위 무게당 철손을 산정하는 철손산출단계를 포함하여, 스타인메츠 상수를 특정값으로 고정시켜 철심 재료에 따른 철손계수를 산정하기 때문에, 종래의 고전적인 스타인메츠 방정식을 이용하여 발생하는 오차를 줄임으로써 보다 정확하게 철손을 계산할 수 있다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345161322
부처명	한국연구재단
연구사업명	지역기초연구활성화(지역혁신인력양성)
연구과제명	차세대 자동차 전장품용 스위칭 모터 최적 설계 기술 개발
주관기관	창원대학교 산학협력단
연구기간	2011.04.01 ~ 2012.02.29

특허청구의 범위

청구항 1

스타인메츠 방정식 $W_i = k_h f B_m^n + k_e f^2 B_m^2 + k_a f^{1.5} B_m^{1.5}$ 로부터 상수 n을 특정값으로 고정하는 상수고정단계;

전기 강판의 자속 밀도 대 단위 무게당 철손의 데이터(Epstein data)를 이용하여 상기 스타인메츠 방정식의 각각의 철손 계수를 산정하는 철손계수산정단계; 및

상기 단계에서 산정된 철손 계수에 따라 각 주파수별 철손을 산정하는 철손산출단계;를 포함하는 회전기의 철손 산출 방법.

상기 스타인메츠 방정식에서, k_h는 히스테리시스 손실 계수, k_e는 와전류 손실 계수, k_a는 이상 와전류 손실 계수이다.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 스타인메츠 상수 n 은 자연수 2로 고정되는 것을 특징으로 하는 회전기의 철손 산출 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 스타인메츠 상수 n 이 자연수 2로 고정된 스타인메츠 방정식은,

$W_T = k_h f B_m^2 + k_e f^2 B_m^2 + k_a f^{1.5} B_m^{1.5}$ 인 것을 특징으로 하는 회전기의 철손 산출 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 철손의 데이터(Epstein data)는 철심 제작사로부터 제공받는 데이터인것을 특징으로 하는 회전기의 철손 산출 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 철손산출단계는,

산정한 철손 계수를 주파수 함수로 표현하여 주파수 대역에서의 단위 무게당 철손을 산정하는 것을 특징으로 하는 회전기의 철손 산출 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 철손산출단계는,

상기 철손을 주파수로 나누어 히스테리시스 손실은 상수로, 와전류 손실은 1차 함수로, 이상와전류 손실은 지수 함수 형태로 정의하는 것을 특징으로 하는 회전기의 철손 산출 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 철손 계수를 주파수 함수로 표현한 식은,

$$\frac{W_i}{f}=\frac{W_h+W_e+W_a}{f}=k_hB^n+k_efB^2+k_a\sqrt{f}B^{1.5}$$

인 것을 특징으로 하는 회전기의 철손 산출 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 철손산출단계는;

수학식 $K=A\cdot f^B$ 을 이용하여 각각의 계수를 피팅하여 주파수 대역에서의 단위 무게당 철손을 산정하는 것을 특징으로 하는 회전기의 철손 산출 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 회전기의 철손 산출 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 철심 재료에 따른 철손계수를 산정하여 철손을 계산하는 회전기의 철손 산출 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 본 발명에서 정의하는 회전기(回轉機, rotary machine)란 전기에너지를 기계적 회전에너지로 바꾸는 전동기와 기계적 회전에너지를 전기에너지로 바꾸는 발전기를 총칭한다.

[0003] 회전기 등의 전기기기에서 손실은 기기의 운전조건이나 효율을 결정하는 중요한 요소이므로 손실을 정밀하게 예측하여 설계하는 것이 매우 중요하다. 전기기기의 손실은 크게 동손과 철손이 있다. 동손은 전기 권선 저항을 통해 비교적 쉽게 계산 할 수 있으나 철손의 정밀 계산은 아직도 다방면에서 많은 연구가 진행 될 정도로 해결하여야 할 문제가 남아 있다. 이는 영구자석 및 철심 재질의 향상 및 전기기기의 Compact화로 인하여 전기기기의 자속밀도의 증가와 이로 인한 철손의 증가로 고전적인 스타인메츠(Steinmetz) 방정식을 이용하면 많은 오차를 수반하게 되며, 슬롯-치 구조로 인한 자속의 고조파 성분에 의한 철손 등을 고려하여야 하는 문제점이 있다.

[0004] 대한민국 등록특허공보 제10-0270107호(2000년07월27일)에는 전기강판 연속 철손 측정장치가 개시되어 있다. 도 1은 개시된 종래기술에 의한 전기강판 철손측정장치의 구성을 보여주는 블럭도로써, 전기강판에 소정의 자속을 발생시키는 1차여기코일과 상기 전기강판의 자속발생시의 열손실을 검출하는 2차센싱코일로 이루어진 철손측정센서(11)와, 마이크로컴퓨터(14)의 제어신호에 의하여 상기 철손측정센서(11)의 1차여기코일에 소정의 전류를 인가하는 파워서플라이(13)와, 상기 철손측정센서(11)의 2차센싱코일에 걸리는 전압값과 상기 1차여기코일에 인가된 전류값에 의한 전력값을 출력하는 전력계(12)와, 상기 철손측정센서(11)로부터 검출되는 철손치에 대한 보상 및 상기 전력계(12)로부터 전력값을 입력받아, 데이타기입기(15)에 손실신호를 인가하고, 다시, 그 데이타기입기(15)로부터 상기 손실신호를 나타내는 데이타를 입력받아 철손값을 계산하는 마이크로컴퓨터(14)와, 상기 마이크로컴퓨터(14)로부터 입력되는 손실신호를 소정 양식의 디지탈데이타로 출력하는 데이타기입기(15)와, 상

기 마이크로컴퓨터(14)로 소정의 부호화신호를 인가하는 엔코더(16)와, 상기 마이크로컴퓨터(14)로부터 출력되는 계산결과를 챠트기록지에 표시하는 챠트기록기 (17)와, 상기 마이크로컴퓨터(14)로부터의 출력치를 화면상에 디스플레이하는 모니터(18)와, 상기 마이크로컴퓨터(14)로부터 출력되는 결과를 소정의 종이에 프린트하는 프린터(19)를 구비한다.

[0005] 그러나, 이와 같은 종래기술에 따른 철손 측정 장치는, 고전적인 스타인메츠(Steinmetz) 방정식을 이용하기 때문에 많은 오차를 수반하게 되는 문제점이 있다. 즉, 철손은 시변 자계에 의하여 철심의 재료적 성질에 의해 발생하는 손실이다. 일반적으로 철손에 관련된 정보는 자속밀도나 주파수에 따른 단위 무게당 철손으로 제조업체에 의해 표나 그래프로 제공된다. 하지만, 표나 그래프에는 설계자가 원하는 자속밀도나 주파수에 따른 단위 무게당 철손이 제공되지 않으므로 설계자는 철손 계수를 산정하여 설계자가 원하는 자속밀도와 주파수에서의 철손을 구하여야 한다.

[0006] 일반적으로 철손(W_i)은 두 가지 성분으로 분류된다. 즉, 히스테리시스 손실(Hysterisis loss : W_h)과 와전류 손실(Eddy Current loss : W_e)이다. 여기서 히스테리시스 손실은 자성재료가 단위 시간당 히스테리시스 루프를 몇 회 주회하는가의 문제이며, 이는 주파수 f와 자속밀도 B_m^n 에 비례한다. 와전류 손실은 주파수 증가에 따른 도전성을 띤 재질의 유기 기전력변화에 의한 와전류의 증가와 이에 따른 손실에 기인하므로, f^2과 B_m^2에 각각 비례한다. 그러므로 이상적인 정현파 자계의 크기와 주파수의 변화에 따른 철손식인 스타인메츠(Steinmetz) 식을 아래의 수학식 1과 같이 표현할 수 있다.

수학식 1

[0007] $$W_i = W_h + W_e = k_h f B_m^n + k_e f^2 B_m^2$$

[0008] 여기서 k_h는 히스테리시스 손실 계수, k_e는 와전류 손실 계수, n은 스타인메츠 상수로 이들 값을 결정하는 것이 중요하다. 그런데, 앞서 언급된 히스테리시스 손실 성분, 와전류 손실 성분 외에 회전기에서는 자석폭이나 판에 미치는 장력에 의해 발생하는 이상 와전류 손실 성분(Abnomalous eddy current loss : W_a)이 존재하므로, 이를 고려하여 수학식 1에 W_a를 더하여 아래의 수학식 2를 쓸 수 있다.

수학식 2

[0009] $$W_i = W_h + W_e + W_a = k_h f B_m^n + k_e f^2 B_m^2 + k_a f^{1.5} B_m^{1.5}$$

[0010] k_a는 이상 와전류 손실 계수이다. 회전기에서 일어나는 전기강판의 철손 계산의 문제는 결국 수학식 2에서 계수 성분으로 존재하는 히스테리시스 손실 계수, 와전류 손실 계수, 이상 와전류 손실 계수 및 스타인메츠 상수의 결정으로 귀결되며, 이 계수들의 정확한 산정이 철손 계산의 키 포인트이다.

[0011] 그러나, 이와 같은 종래기술에 따른 철손 측정 장치는, 수학식 1과 같은 스타인메츠 방정식을 이용하여 철손을 계산하게 되면, 자속밀도가 1[T]이상이거나 높은 주파수 영역에서는 오차가 존재할 수 있고, 수학식 2와 같은 스타인메츠 방정식을 이용하여 철손을 계산하게 되면 와전류손은 과대평가되고, 히스테리시스 손실은 과소평가되어 오차가 발생하는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-0270107호(2000년07월27일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 스타인메츠 상수를 특정값으로 고정시켜 철심 재료에 따른 철손계수를 산정함으로써 오차를 줄이고 보다 정확하게 철손을 계산하는 회전기의 철손 산출 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 회전기의 철손 산출 방법은, 스타인메츠 방정식 $W_i = k_h f B_m^n + k_e f^2 B_m^2 + k_a f^{1.5} B_m^{1.5}$ 로부터 상수 n을 특정값으로 고정하는 상수고정단계, 전기강판의 자속 밀도 대 단위 무게당 철손의 데이터(Epstein data)를 이용하여 상기 스타인메츠 방정식의 각각의 철손 계수를 산정하는 철손계수산정단계 및 상기 단계에서 산정된 철손 계수에 따라 각 주파수별 철손을 산정하는 철손산출단계를 포함한다.

[0015] 상기 스타인메츠 방정식에서, k_h는 히스테리시스 손실 계수, k_e는 와전류 손실 계수, k_a는 이상 와전류 손실 계수이다.

[0016] 상기 스타인메츠 상수 n 은 자연수 2로 고정될 수 있으며, 상기 스타인메츠 상수 n 이 자연수 2로 고정된 스타인메츠 방정식은, $W_T = k_h f B_m^2 + k_e f^2 B_m^2 + k_a f^{1.5} B_m^{1.5}$ 인 것이 바람직하다.

[0017] 상기 철손산출단계는, 산정한 철손 계수를 주파수 함수로 표현하여 주파수 대역에서의 단위 무게당 철손을 산정할 수 있다.

[0018] 상기 철손산출단계는, 상기 철손을 주파수로 나누어 히스테리시스 손실은 상수로, 와전류 손실은 1차 함수로, 이상와전류 손실은 지수함수 형태로 정의할 수 있다.

[0019] 상기 철손 계수를 주파수 함수로 표현한 식은,

[0020] $$\frac{W_i}{f} = \frac{W_h + W_e + W_a}{f} = k_h B^n + k_e f B^2 + k_a \sqrt{f}\, B^{1.5}$$ 인 것이 바람직하다.

[0021] 상기 철손산출단계는, 수학식 $K = A \cdot f^B$ 을 이용하여 각각의 계수를 피팅하여 주파수 대역에서의 단위 무게당 철손을 산정할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 회전기의 철손 산출 방법에 의하면, 스타인메츠 상수를 특정값으로 고정시켜 철심 재료에 따른 철손계수를 산정하기 때문에, 종래의 고전적인 스타인메츠 방정식을 이용하여 발생하는 오차를 줄임으로써 보다 정확하게 철손을 계산할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 종래기술에 의한 전기강판 철손 측정 장치의 구성을 보여주는 블럭도.

도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 회전기의 철손 산출 방법을 나타낸 순서도.

도 3a 및 3b는 철심 제작사에서 제공한 S60(50PN1300)의 철손 데이터를 나타낸 그래프.

도 4는 철손 성분 양상을 나타낸 그래프.

도 5는 커브 피팅을 통해 산정된 철솔으 나타낸 그래프.

도 6a 내지 6c는 산정된 주파수별 손실 계수를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0025] 도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 회전기의 철손 산출 방법을 나타낸 순서도이다.

[0026] 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 회전기의 철손 산출 방법은, 스타인메츠 방정식 $W_i = k_h f B_m^n + k_e f^2 B_m^2 + k_a f^{1.5} B_m^{1.5}$ 로부터 상수 n을 특정값으로 고정하는 상수고정단계(S100), 상기 단계에서 상수 n이 특정값으로 고정된 스타인메츠 방정식으로부터 각각의 철손 계수를 산정하는 철손계수산정단계(S200) 및 상기 단계에서 산정된 철손 계수를 커브 피팅을 통하여 단위 무게당 철손을 산정하는 철손산출단계(S300)를 포함한다. 상기 스타인메츠 방정식에서, k_h는 히스테리시스 손실 계수, ke는 와전류 손실 계수, ka는 이상 와전류 손실 계수이다.

[0027] 상수고정단계(S100)에서 철손 수식, 즉 스타인메츠(Steinmetz) 방정식은 실험 수식으로써 전기 강판의 재질에 따라 계수값이 달라지게 된다. 최초의 철손 수식은 아래의 수학식 3과 같으나 철손을 측정하는 장비가 발전하고, 전기 강판의 재질이 발전함에 따라 철손 수식은 수학시 4와 같이 수정되기에 이르렀다. 그러나 전술한 바와 같이 수학식 4도 자속밀도가 1[T]이상이거나 높은 주파수 영역에서는 오차가 존재한다고 알려져 있어 수학식 5와 같이 변하였다. 이러한 철손식의 변화는 영구자석의 재질 향상 및 전기기기의 콤팩트화에 의한 원인을 들 수 있다.

수학식 3

[0028] $$W_i = k_h f B_m^{1.6} + k_e f^2 B_m^{1.6}$$

수학식 4

[0029] $$W_i = k_h f B_m^{1.6} + k_e f^2 B_m^2$$

수학식 5

[0030] $$W_i = k_h f B_m^n + k_e f^2 B_m^2 + k_a f^{1.5} B_m^{1.5}$$

[0031] 그러나, 전술한 스타인메츠 방정식의 변천사에서 알 수 있는 바와 같이 위 수식들은 와전류손에 대하여는 전동기의 재질 발달에 따라 민감하게 고려하였으나 히스테리시스손실은 그 대처가 미흡한 것이 또한 현실이다. 즉, 수학식 5에 의하여 철손을 계산하게 되면 와전류손은 과대평가되고, 히스테리시스 손실은 과소평가되는 결과를 얻을 수 밖에 없다. 따라서, 본 발명의 바람직한 일실시예에서는 수학식 6과 같이 스타인메츠 상수를 2로 고정시키고, 곡선일치법(curve fitting method)를 이용하여 철손 계수들을 산정하였다.

수학식 6

[0032] $$W_T = k_h f B_m^2 + k_e f^2 B_m^2 + k_a f^{1.5} B_m^{1.5}$$

[0033] 여기서, 곡선일치법이란 측정 자료와 이론식을 반복적으로 비교함으로써 측정 자료에 근사하는 이론식의 계수를

추출하는 수치해석 방법으로서, 가장 일반적인 곡선일치법은 최소자승법이 있다.

[0034] 도 3a 및 3b는 철심 제작사에서 제공한 S60(50PN1300)의 철손 데이터를 나타낸 그래프로서, 도 3a는 50, 60Hz, 도 3b는 100, 200, 400Hz의 철손 데이터를 나타낸다.

[0035] 도시된 바와 같이, 도 3a 및 3b는 철심 제작사에서 제공하는 전기 강판의 자속 밀도 대 단위 무게당 철손의 데이터, 즉 엡스타인 데이터(Epstein data)이다. 제공된 철손 데이터는 설계자가 원하는 자속밀도와 주파수에 대한 정보를 제공하지 않기 때문에 제공받은 데이터를 이용하여 설계자가 원하는 주파수 대역에서의 철손을 산정하여야 한다.

[0036] 즉, 철손계수산정단계(S200)에서는, 제작사에서 제공받은 철손 데이터를 바탕으로 상기 수학식 6의 철손 수식에 있는 히스테리시스 손실 계수 k_h, 와전류 손실 계수 k_e, 이상 와전류 손실 계수 k_a, 스타인메츠 상수를 산정한다.

[0037] 한편, 산정한 철손 계수를 주파수 함수로 표현하여 주파수 대역에서의 단위 무게당 철손을 산정한다. 즉, 철손에 대한 자속밀도의 함수로 나타내기 위해서 철손에 주파수를 나누어 아래의 수학식 7과 같은 함수로 나타낼 수 있다.

수학식 7

[0038] $$\frac{W_i}{f}=\frac{W_h+W_e+W_a}{f}=k_hB^n+k_efB^2+k_a\sqrt{f}B^{1.5}$$

[0039] 철손을 주파수로 나누면 도 4와 같이 히스테리시스 손실은 상수로, 와전류 손실은 1차 함수로 이상와전류 손실은 지수함수 형태로 정의할 수 있다. 도 4는 철손 성분 양상을 나타낸 그래프이다.

[0040] 이후, 위의 수학식 7과 같은 함수를 사용하여 커브 피팅을 시행하여 각 주파수가 가지는 철손 계수를 산정할 수 있다.

[0041] 아래의 표 1과 도 5는 커브 피팅을 통하여 철심 제작사가 제공한 데이터 즉, Epstein 데이터와 철손계수산정단계(S200)에서 산정된 철손 계수를 이용하여 구한 단위 무게당 철손을 그래프로 나타낸 것이다.

표 1

[0042]

Hz	k_h	k_e	k_a
50	0.04021	0.0003248	0.00203
60	0.03901	0.0003152	0.00224
100	0.0368	0.0002973	0.0009431
200	0.0343	0.0002771	0.0006437

[0043] 또한, 상기 철손산출단계(S300)에서 각 손실 계수는 비선형적인 곡선을 가지기 때문에 수학식 8을 이용하여 계수를 피팅하였다.

수학식 8

[0044] $$K=A\cdot f^B$$

[0045] 상기 수학식 8을 통하여 산정된 손실 계수는 아래 표 2와 같다. 철손에는 고조파에 의한 손실도 있기 때문에 철손 계수를 산정할 때는 예로서, 650W급 모터의 구동 주파수인 200Hz의 20차수 고조파인 4000Hz 때의 계수까지

산정하였다.

표 2

Variable	$K = a \cdot f^b$	
	a	b
k_h	0.008759	-0.4844
k_e	0.01812	-0.6985
k_a	0.008947	-0.4976

[0046]

[0047] 도 6a 내지 6c는 산정된 주파수별 손실 계수 그래프이다.

[0048] 본 발명의 바람직한 일실시예의 방법과 종래의 커브 피팅 방법 및 수정된 스타인메츠 방정식 방법에 의해 계산된 각각의 철손 비교 결과를 표 3에 나타내었다.

표 3

Hz	Curve Fitting Method(CFM)	수정된 Steinmetz 방정식(MSE)	본 발명의 실시예의 방법
10	0.44	0.58	0.67
20	1.14	1.38	1.45
30	2.04	2.28	2.39
40	3.09	3.26	3.47
50	4.28	4.32	4.69
60	5.59	5.45	6.05
70	7.02	6.63	7.53
80	8.56	7.88	9.13
90	10.19	9.17	10.85
100	11.93	10.53	12.67

[0049]

[0050] 표 3에서 알 수 있는 바와 같이 철손의 총량은 수정된 스타인메츠 방정식에 의해 계산한 철손은 고조파 자속밀도에 의한 이상와전류손이 고려되지 않아 타 방법에 비해 다소 작게 계산되었다. CFM법과 본 연구에서 제안한 방법에 의한 결과는 큰 오차가 수반되지 않았다.

표 4

Hz	Curve Fitting Method(CFM)			수정된 Steinmetz 방정식(MSE)			본 발명의 실시예의 방법		
	W_h[%]	W_e[%]	W_a[%]	W_h[%]	W_e[%]	W_a[%]	W_h[%]	W_e[%]	W_a[%]
10	7.13	66.79	26.08	127.59	5.17	-	66.29	23.40	10.32
20	4.00	75.36	20.64	107.25	8.70	-	50.90	33.49	15.61
30	2.81	79.50	17.69	96.93	11.84	-	41.61	39.41	18.98
40	2.17	82.07	15.76	90.49	14.42	-	35.32	43.33	21.35
50	1.77	83.86	14.37	85.42	17.13	-	30.76	46.11	23.13
60	1.50	85.21	13.30	81.28	19.45	-	27.29	48.19	24.53
70	1.30	86.26	12.44	77.83	21.72	-	24.55	49.80	25.66
80	1.14	87.12	11.74	74.87	23.98	-	22.33	51.07	26.60
90	1.02	87.84	11.14	72.41	26.06	-	20.49	52.11	27.40
100	0.93	88.44	10.63	70.09	28.02	-	18.95	52.97	28.08

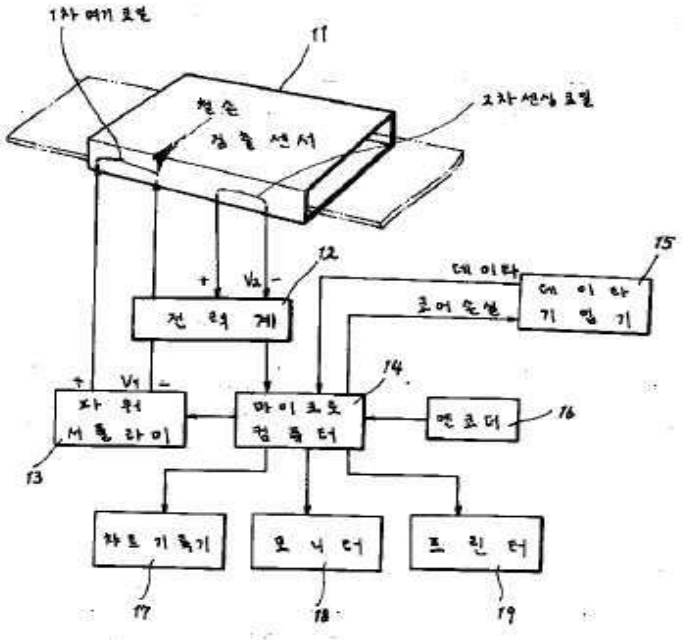
[0051]

[0052] 그러나, 히스테리시스손과 와전류 손의 구성비를 살펴보면 표 4에서 보는 바와 같이 구동 주파수 100[Hz], 3,000[rpm]에서 히스테리시스 소실은 전체 철손의 0.93[%]로 매우 낮게 계산되고 있다. 이는 종래의 커브 피팅 방법(CFM)에서는 히스테리시스손실이 매우 낮게, 와전류 손실은 매우 크게 평가되고 있음을 알 수 있다. 그러나, 본 연구에서 제안한 방법에서는 히스테리시스손이 18.95[%]로 계산되었다. 이는 철심 재질이 s23(50PN800)을 감안할 때 매우 합리적인 비율이라 사료된다.

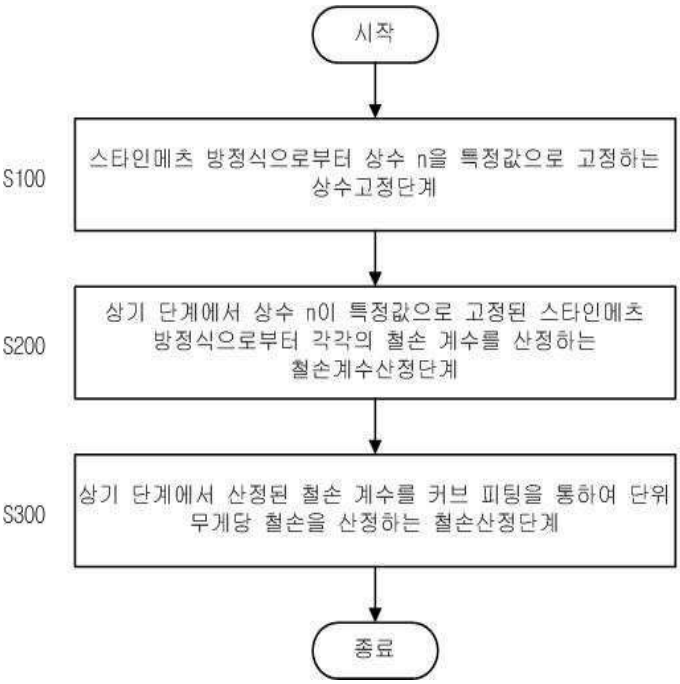
[0053] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

도면

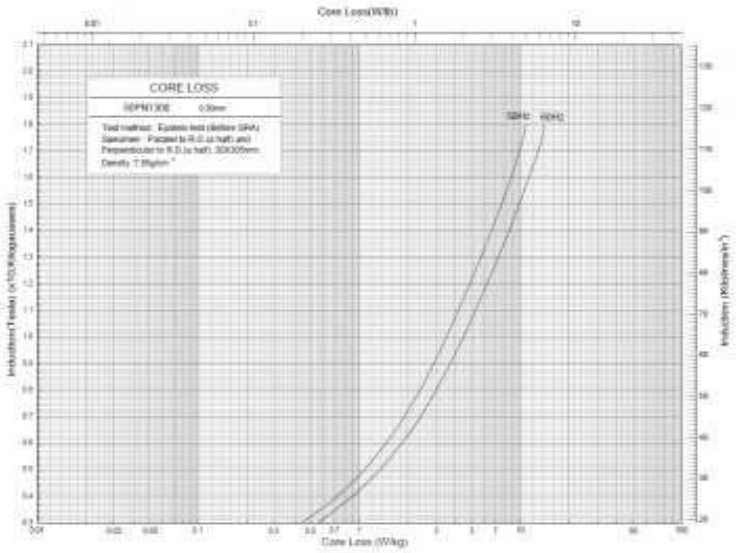
도면1


1차 여기 코일
11
철손 검출 센서
2차 센싱 코일
12
데이타
15
전력계
코어 온도
Cm 이타 기 밍 기
14
자 유 M 톨 라 이
마이크로 컴 퓨 터
엔 코 더
16
13
차트 기록기
오 니 터
프 린 터
17
18
19

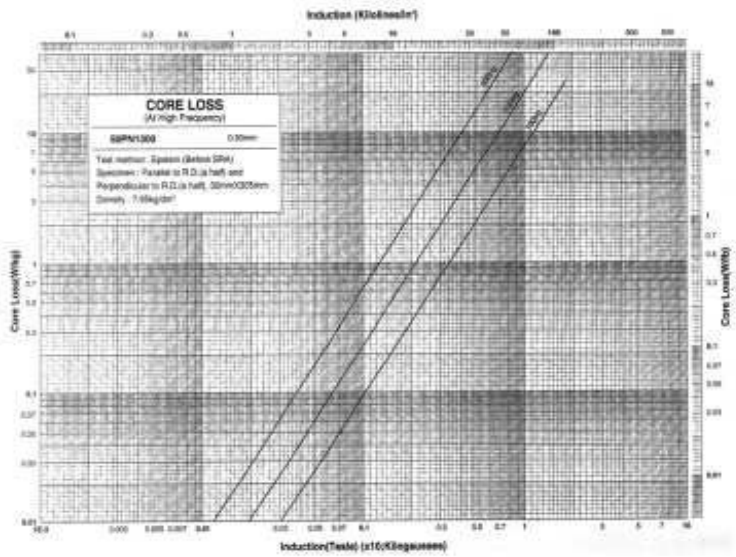
도면2


시작
S100
스타인메츠 방정식으로부터 상수 n을 특정값으로 고정하는 상수고정단계
S200
상기 단계에서 상수 n이 특정값으로 고정된 스타인메츠 방정식으로부터 각각의 철손 계수를 산정하는 철손계수산정단계
S300
상기 단계에서 산정된 철손 계수를 커브 피팅을 통하여 단위 무게당 철손을 산정하는 철손산정단계
종료

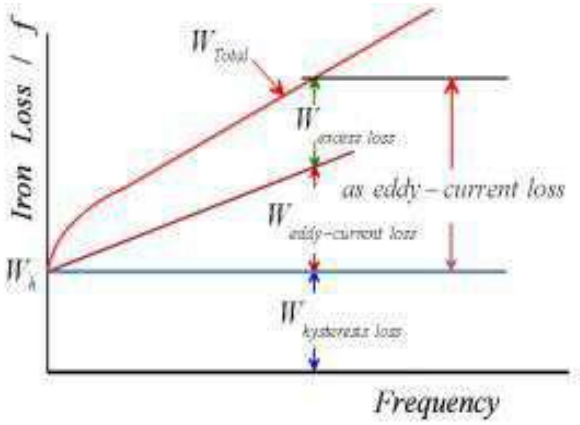
도면3a



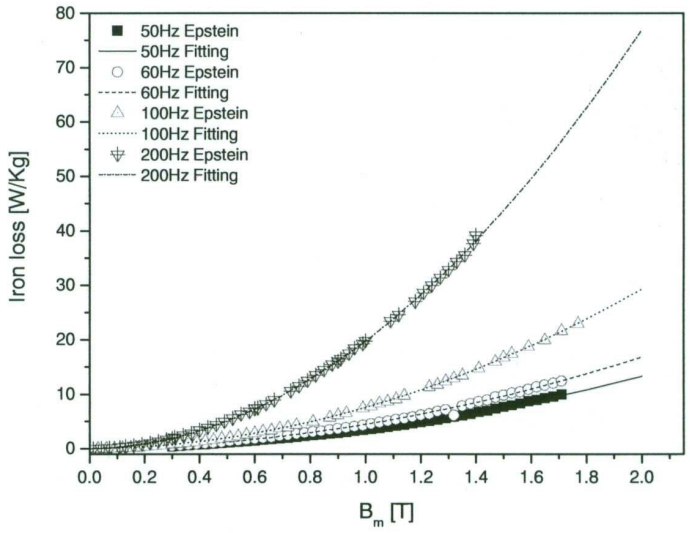
도면3b



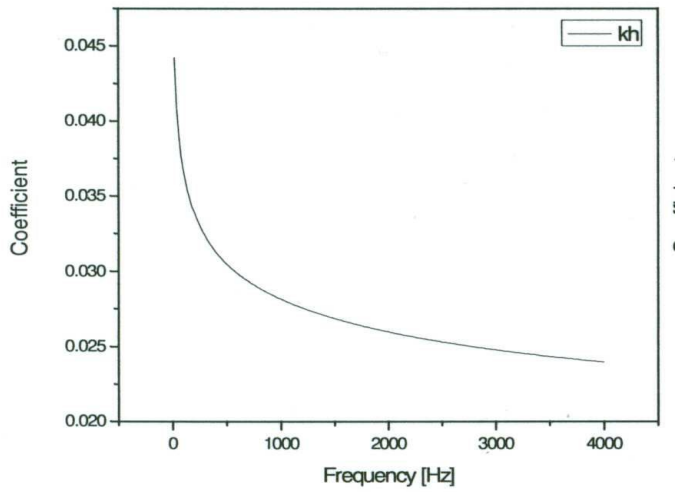
도면4



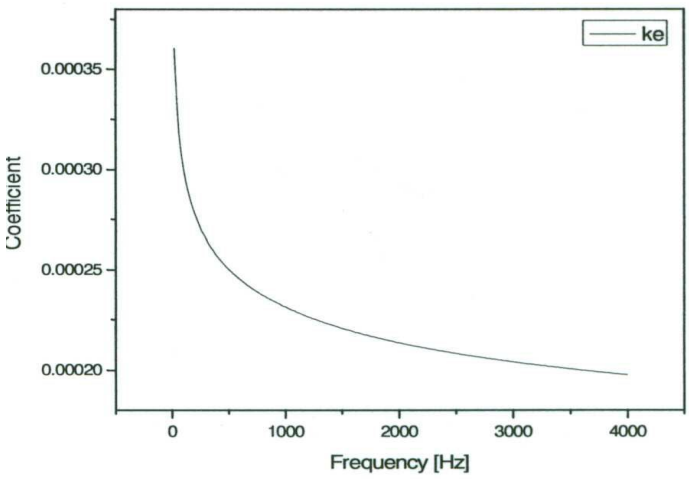
도면5



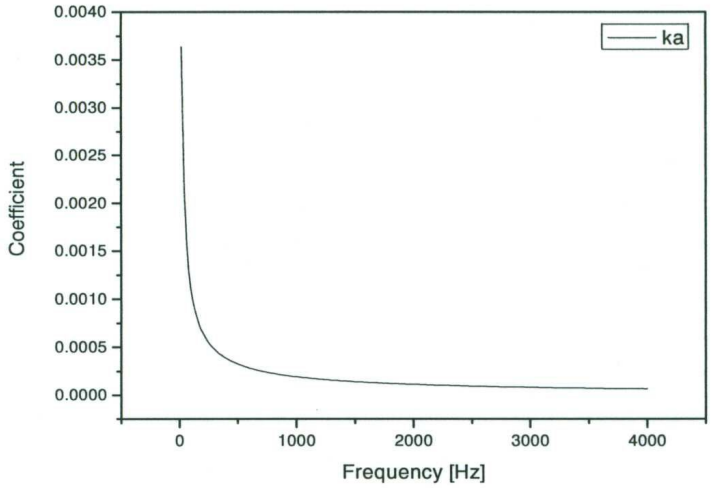
도면6a



도면6b



도면6c


ka
Coefficient
0.0040
0.0035
0.0030
0.0025
0.0020
0.0015
0.0010
0.0005
0.0000
0
1000
2000
3000
4000
Frequency [Hz]