



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0081591
(43) 공개일자 2020년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/34 (2006.01) G01R 23/16 (2006.01)

G01R 31/00 (2006.01) H02K 21/00 (2014.01)

(52) CPC특허분류

G01R 31/343 (2013.01)

G01R 23/16 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0170543

(22) 출원일자 2018년12월27일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

현대자동차주식회사

서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

기아자동차주식회사

서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)

(72) 발명자

박홍극

충남 천안시 서북구 두정동 두정역길 48 두정역푸르지오아파트 107동 1301호

유정모

서울특별시 성북구 인촌로26길 32 304호 (안암동5가)

(74) 대리인

남호현

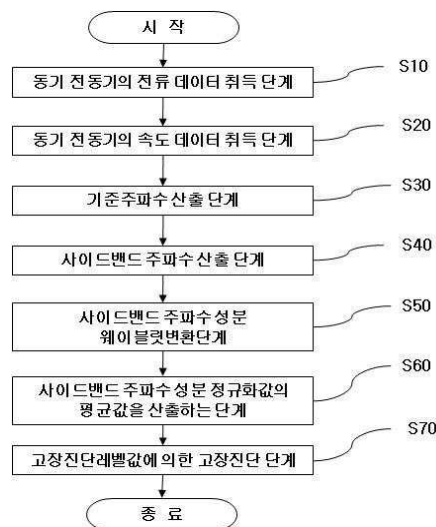
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 웨이블릿변환을 이용한 동기전동기의 고장진단방법

(57) 요약

본 발명은 동기전동기의 고장진단방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 다양한 운전조건하에서 하이브리드 자동차 또는 전기 자동차의 영구자석 동기 전동기에서 점진적 고장 성분을 검출할 수 있는 것으로서, 고장 성분이 검출되는 주파수 성분에 대해서만 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)을 적용하여 실시간으로 평균값을 산출하고, 평균값이 고장으로 판단되는 기준값보다 큰 경우 고장으로 진단하는 구성을 특징으로 하는 동기전동기의 고장진단방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01R 31/006 (2013.01)

H02K 21/00 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

자동차의 동기 전동기의 고장을 진단하는 방법에 있어서,

상기 동기 전동기의 제어기(30)가 구동모터(20)에 결선된 전류센서(40)로부터 일정시간 동안의 전류 데이터를 취득하는 단계(S10);

상기 제어기(30)가 구동모터(20)에 결선된 속도센서(50)로부터 상기 S10 단계에서의 전류값 저장시의 구동모터(20)의 속도값을 검출하여 속도 데이터를 취득하는 단계(S20);

상기 제어기(30)가 구동모터의 기본주파수 성분을 산출하는 단계(S30);

상기 제어기(30)가 구동모터의 사이드밴드주파수 성분을 산출하는 단계(S40);

상기 제어기(30)가 상기 S40 단계에서 산출된 사이드밴드주파수성분의 웨이블릿 변환을 실시하여 사이드밴드주파수 성분들의 정규화를 수행하는 단계(S50);

상기 제어기(30)가 상기 S50 단계에서 산출된 사이드밴드주파수 성분의 정규화값들의 평균정규화값을 산출하여 이를 고장진단레벨값(dB avr)로 정의하는 단계(S60)

상기 S10 단계 내지 S60 단계 이후, 상기 제어기(10)가 해당 구동모터(20)의 운전중의 사이드밴드주파수 성분들의 평균정규화값을 산출한 후, 산출된 평균정규화값이 상기 고장진단레벨값(dB avr)과 비교하여 고장 여부를 판단하는 단계(S70);

를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 동기 전동기의 고장진단방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 고장여부를 판단하는 단계(S70)는,

산출된 평균정규화값이 상기 고장진단레벨값(dB avr) 보다 더 크면 고장으로 판단하고,

산출된 평균정규화값이 상기 고장진단레벨값(dB avr) 보다 더 작으면 정상으로 판단하는 것을 특징으로 하는 동기 전동기의 고장진단방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 사이드밴드 주파수 성분의 웨이블릿 변환 단계(S50)의 상기 사이드밴드주파수의 정규화의 수행은 Log 스케일(scale)(dB)로 수행되는 것을 특징으로 하는 동기 전동기의 고장진단방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항중 어느 한 항의 고장진단방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 수록된 컴퓨터에 의하여 판독가능한 저장매체.

발명의 설명

기술분야

본 발명은 동기전동기의 고장진단방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 다양한 운전조건하에서 하이브리드 자동차 또는 전기 자동차의 영구자석 동기 전동기에서 점진적 고장 성분을 검출할 수 있는 것으로서, 고장 성분

[0001]

이 검출되는 주파수 성분에 대해서만 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)을 적용하여 실시간으로 평균값을 산출하고, 평균값이 고장으로 판단되는 기준값보다 큰 경우 고장으로 진단하는 구성을 특징으로 하는 동기전동기의 고장진단방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 영구자석 동기 전동기(이하, '동기 전동기'로 약칭)는 계자가 여자된 코일이나 영구자석을 통해 스스로 자계를 만드는 방식의 전동기로서, 모터를 구동하는 회전 자계와 회전자가 항상 동기되어 회전하는 전동기이며, 저소음이고 전류제어와 토크제어가 용이하며 에너지 효율이 우수한 장점이 있다.
- [0003] 그리고, 하이브리드 자동차 및 전기 자동차에서 이러한 동기 전동기를 구동원으로 이용하고 있으며, 도 1 에 도시된 바와 같은 구동회로에 의하여 동기 전동기가 구동된다.
- [0004] 즉, 도시된 바와 같이, 배터리(10)에서 공급되는 직류 전압을 펄스폭변조(PWM)를 통해 스위칭 소자의 On-Off 를 제어하여 교류 전압을 생성하고, 생성된 교류 전압을 동기 전동기인 구동모터(20)로 공급되어 구동 모터를 운전시킨다.
- [0005] 이때, 제어기(30)은 구동모터(20)로 공급되는 전류를 측정하기 위한 전류센서(40)를 결선하고 구동모터(20)에 속도센서(50)를 연결하여 구동모터의 출력을 제어하게 된다.
- [0006] 그런데, 구동모터는 모터의 내부 결함(감자/편심/절연과피 등)과 기계적 결함(부하변동/커플링/불평형/오정렬 등)이 있을 수 있으므로 다양한 운전 조건에서의 전동기의 고장 진단이 필수적이다.
- [0007] 종래 동기 전동기의 고장 진단 방법으로서, SPRT(Single Phase Rotation Test) 방법과 MCSA(Motor Current Signature Analysis) 방법을 이용하였다.
- [0008] 상기 SPRT 방법은 모터를 특정한 조건하에 구동시키면서 측정 장비를 통하여 모터의 전류량 및 임피던스 변화량을 확인함으로써 모터의 이상 여부를 진단하는 방법으로서, 회전자를 분리하지 않은 정지 상태의 전동기에서 진단을 수행한다.
- [0009] 그러나, 하이브리드 자동차 및 전기 자동차의 경우 매번 전동기를 정지시키고 전동기를 직접 회전시켜가며 검사를 진행할수 없다는 제약 사항이 있었다.
- [0010] 상기 MCSA 방법은 모터를 특정한 속도로 구동한 후 취득한 전류정보를 FFT(Fast Fourier Transform, 푸리에 변환)를 통한 주파수 성분 분석을 수행하여 모터의 이상 여부를 진단하는 방법인데, 하이브리드 자동차나 전기 자동차의 가변하는 주파수 특성 때문에 주행중 발생하는 모터의 이상여부를 진단하는데에는 제약이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기와 같은 종래의 제반 문제점을 해소하기 위하여 창안된 것으로서, 동기 전동기의 다양한 운전조건에서 높은 정확도로 전동기의 고장을 진단할 수 있는 고장 진단 방법을 제공하는데에 기술적 과제가 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기와 같은 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 웨이블릿 변환을 이용한 동기 전동기의 고장 진단 방법의 구성은, 고장 성분이 검출되는 주파수 성분에 대해서만 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)을 적용하여 실시간으로 평균값을 산출하고, 평균값이 고장으로 판단되는 기준값보다 큰 경우 고장으로 진단하는 구성을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0013] 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명의 웨이블릿 변환을 이용한 동기 전동기의 고장 진단 방법은, 주행중에 발생하는 가변 주파수 및 가변 부하 환경에서도 하이브리드 자동차 또는 전기 자동차의 동기 전동기의 점진적 고장을 일정한 시간마다 실시간으로 진단할 수 있는 효과를 발현한다.
- [0014] 또한, 종래의 구동모터의 구동회로의 제어기 부분의 제어방법만을 대체 적용하면 되기 때문에 기존의 구동모터 구동회로 또는 구동모터를 계속적으로 이용할 수 있어 기존 센서 등의 추가나 시스템의 변화없이 본 발명을 수

행할 수 있는 효과가 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 동기 전동기의 고장 진단 방법을 활용하여 자동차의 주행 환경이 아니더라도 정비소에서 진단 테스트 시스템을 구축할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1 은 일반적인 동기 전동기의 구동회로,

도 2 는 본 발명의 동기 전동기의 진단방법의 플로우차트,

도 3 및 도 4 는 본 발명의 고장진단방법을 통하여 동기 전동기의 고장진단을 수행하는 일례를 나타내는 그래프로서, 도 3 은 이상이 없는 정상 상태의 동기 전동기의 운전시 그래프이고, 도 4 는 30% 동적 편심 결함이 있는 동기 전동기의 운전시 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 웨이블릿 변환을 이용한 동기 전동기의 고장 진단 방법의 구성을 설명한다.

[0018] 단, 개시된 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분하게 전달될 수 있도록 하기 위한 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 대안으로 구체화될 수도 있다.

[0019] 또한, 본 발명 명세서에서 사용되는 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0021] 본 발명의 동기 전동기의 고장 진단방법(이하, '고장 진단방법'으로 약칭)은, 다양한 운전조건하에서 하이브리드 자동차 또는 전기 자동차의 영구자석 동기 전동기에서 점진적 고장 성분을 검출할 수 있는 것으로서, 고장 성분이 검출되는 주파수 성분에 대해서만 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)을 적용하여 실시간으로 평균값을 산출하고, 평균값이 고장으로 판단되는 기준값보다 큰 경우 고장으로 진단하는 고장진단 방법이다.

[0022] 상기 웨이블릿 변환(wavelet transforms)은 신호, 시스템, 프로세스의 모델을 특수한 신호의 집합으로 구성하기 위하여 수행되는 공지의 변환기법으로서, 이 특수한 신호를 웨이블릿이라 지칭하고, 국부적으로 존재하는 어떤 하나의 작은 파(wavelet)를 패턴으로 하여 이것을 천이시키거나 확대, 축소의 스케일(scale)을 통하여 임의의 파형으로 표현한 것이다.

[0023] 이러한 웨이블릿 변환은 주파수 분석 분야에서 폭넓게 이용되고 있으며 신호의 특정 부분의 주파수를 조사하거나, 노이즈를 포함한 신호를 평활하거나, 신호와 노이즈의 경계를 구하거나, 시계열의 해석, 신호의 압축 등에 이용되고 있다.

[0024] 이러한 웨이블릿의 가장 큰 특징은 주파수 영역에서 신호를 표현하는 푸리에(Fourier) 해석의 특징을 비롯하여 시간적 또는 공간적 추이도 동시에 가변적으로 다룰 수 있는 시간-주파수 해석이 가능하다는 것이다. 웨이블릿 변환에 의한 시간-주파수 해석의 특징은 고주파수 영역에서는 시간 분해능이 높고, 저주파 영역에서는 주파수 분해능이 높은 특징을 가지고 있다.

[0025] 본 발명은 이와 같은 웨이블릿 변환을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 고장을 진단하는 방법이며, 이하, 도 2 에 도시된 본 발명의 고장진단방법의 순서도를 참조하여 보다 상세하게 개조식으로 설명하기로 한다.

[0027] 1) 동기 전동기의 전류 데이터 취득 단계(S10)

[0028] 먼저, 본 발명의 고장진단방법은, 전술한 도 1 에 도시된 바와 같은 전력공급회로에 의하여 구동되는 동기 전동기의 고장을 진단하는 방법으로서, 종래 자동차에 설치되는 구동모터(20)와 같은 동기전동기의 전력공급회로를 이용하여 수행된다.

[0029] 도시된 바와 같이, 배터리(10)에서 공급되는 직류 전압을 펄스폭변조(PWM)를 통해 스위칭 소자의 온-오프(On-Off)를 제어하여 교류 전압을 생성하고, 생성된 교류 전압을 동기 전동기인 구동모터(20)로 공급되어 구동모터를 운전시킨다.

- [0030] 이때, 제어기(30)는 구동모터(20)로 공급되는 전류를 측정하기 위한 전류센서(40)를 결선하고 구동모터(20)에 속도센서(50)를 연결하여 구동모터의 출력을 제어한다.
- [0031] 여기서, 본 발명의 고장진단방법을 수행하기 위하여 상기 제어기(30)가 주행중인 자동차의 동기 전동기인 구동모터(20)에 결선된 전류센서(40)로부터 특정 시간 동안의 전류값을 검출하여 제어기(30)에 내장된 메모리소자에 저장하여 전류데이터를 취득한다.
- [0032] 예를 들면, 제어기(30)가 구동모터(20)의 A상 전류입력라인에 설치된 전류센서(40)로부터 40초 동안 구동모터(20)로 입력된 전류값을 입력받아 제어기(30)에 저장하게 된다.
- [0034] 2) 동기 전동기의 속도 데이터 취득 단계(S20)
- [0035] 다음으로, 제어기(30)가 구동모터(20)에 결선된 속도센서(50)로부터 상기 S10 단계에서의 전류값 저장시의 구동모터(20)의 속도값을 검출하여 제어기(30)에 내장된 메모리소자에 저장하여 속도 데이터를 취득한다.
- [0036] 이러한 속도 데이터의 취득은 구동모터(20)의 기본주파수를 산출하고, 나아가, 구동모터(20)의 속도 기반의 주파수를 확인하기 위함이다.
- [0038] 3) 기본주파수 산출 단계(S30)
- [0039] 다음으로, 제어기(30)가 취득한 전류값데이터 및 속도데이터에 따라서 전류값이 취득되는 동안의 구동모터(20)의 기본주파수(f_e , 운전주파수)를 산출하여 메모리소자에 저장한다.
- [0040] 구동모터(20)의 기본주파수의 산출은, 구동모터(20)의 사양을 나타내는 데이터시트에 기재되어 있는 값을 저장하거나, 또는, 모터의 운전속도를 산출하는 하기의 공지의 수학적 식 1 에 의해서도 산출한다.
- [0042] (수학적 식 1)
- [0043] 구동모터의 속도(rpm) = {주파수 / (구동모터의 극수/2)} x 60
- [0045] 4) 사이드밴드(Sideband)의 주파수 산출 단계(S40)
- [0046] 제어기(30)가 구동모터(20)의 고장시 발생 가능한 주파수 성분을 확인하기 위하여, 사이드밴드(Sideband, 측대파)의 주파수 성분을 산출하여 메모리소자에 저장하는 단계이다.
- [0047] 상기 사이드밴드 성분을 산출하는 수식은 하기의 공지의 수학적 식 2 에 의하여 구하여 진다.
- [0049] (수학적 식 2)
- [0050]
$$f_{fault} = (1 \pm 1/P) f_e$$
- [0051] * 범례:
- [0052] f_{fault} : 사이드밴드주파수
- [0053] P: 구동모터의 극수
- [0054] f_e : 구동모터의 기본주파수
- [0055]
- [0056] 예를 들어, 구동모터(20)의 기본 주파수가 45Hz 이고, 구동모터(20)의 극수가 6 극이라면, P(극쌍수) 값은 3 이 되므로, 해당 구동모터(20)의 사이드밴드 주파수는 각각,

[0058] $f_{\text{fault}} = (1 + 1/3) \times 45 \text{ Hz} = 60 \text{ Hz}$

[0059] $f_{\text{fault}} = (1 - 1/3) \times 45 \text{ Hz} = 30 \text{ Hz}$

[0061] 으로 산출되며, 제어기(30)가 이렇게 산출된 30 Hz 및 60 Hz 의 사이드밴드 주파수를 구동모터(20)의 사이드밴드 주파수로 정의하여 메모리소자에 저장한다.

[0063] 5) 사이드밴드 주파수 성분의 웨이블릿 변환 단계(S50)

[0064] 제어기(30)가 상기 S40 단계에서 산출된 사이드밴드주파수의 주파수 성분(이하, '사이드밴드주파수 성분')의 웨이블릿 변환을 실시하여 사이드밴드주파수 성분들의 정규화를 수행한다. 이때, 상기 사이드밴드주파수의 정규화의 수행은 Log 스케일(scale)(dB)로 수행한다.

[0065] 상기의 웨이블릿 변환은 공지의 변환공식을 사용하여 수행되며, 일례로, 하기의 수학식 3 및 수학식 4 에 의하여 수행될 수 있다.

[0067] (수학식 3)

[0068]
$$(h, \phi_{t_c, f_c, p}(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \phi_{t_c, f_c, p}^*(t) dt$$

[0069] * 범례:

[0070] h: 분석할 신호

[0071] t_c : 시간

[0072] p: 극수

[0073] $\phi_{t_c, f_c, p}(t)$: t_c, f_c 에서의 시간-주파수 Atom

[0074] (시간 주파수 Atom: 에너지가 시간-주파수의 한 지점을 중심으로 잘 집중된 신호이다. 참고로, 상기 $\phi_{t_c, f_c, p}(t)$ 는 하기의 공지의 참고수학식 1 의 Gabor function (가버함수) 또는 Frequency B-Spline 의 함수로 산출가능하다)

[0076] (참고 수학식 1)

Gabor function : $\phi_{t_c, f_c, p}(t) = \sqrt[4]{2P} e^{-P\pi(t-t_c)^2} e^{i2\pi f_c t}$

Frequency B-Spline : $\phi_{t_c, f_c, p}(t) = \sqrt{\frac{3}{2}} \sqrt[6]{30} \sqrt{\frac{p}{2\pi}} \text{sinc}^2 \left[\sqrt[4]{30} \sqrt{\frac{p}{2\pi}} (t - t_c) \right] e^{i2\pi f_c t}$

[0077] e:

[0078] * 범례

[0079] e: 오일러 상수

[0080] P: 극 쌍수

[0081] p: 극수

[0083] (수학식 4)

$$X = Y / Y_{fundamental}$$

[0085] * 범례

[0086] Y: 상기 수학식 3 의 좌변값, 즉, $(h, \phi_{tc,fc,p}(t))$

[0087] $Y_{fundamental}$: 기본주파수에서의 신호의 크기

[0088] (수학식 5)

$$dB = 10 \log_{10} X$$

[0090] * 범례

[0091] X: 상기 수학식 4 의 좌변값

[0093] 6) 사이드밴드주파수 성분의 정규화값의 평균값을 산출하는 단계(S60)

[0094] 다음으로, 제어기(30)가 상기 S50 단계에서 산출된 사이드밴드주파수 성분의 정규화값들의 평균정규화값을 산출하여 이를 고장진단레벨값(dB avr)로 정의하고 정의된 고장진단레벨값(dB avr)을 메모리소자에 저장한다.

[0095] 상기 평균정규화값의 산출은 공지의 변환공식을 사용하여 수행되며, 일례로, 2개의 사이드밴드주파수중 일측 사이드밴드주파수의 정규화값이 dB upper 이고, 타측 사이드밴드주파수의 정규화값이 dB lower 라 하면, 하기의 수학식 6 에 의하여 수행될 수 있다.

[0096] (수학식 6)

$$dB_{avr} = \frac{dB_{upper} + dB_{lower}}{2}$$

[0099] 7) 고장진단레벨값에 의한 고장진단 단계(S70)

[0100] 이후, 상기 제어기(10)는 상기 S10 단계 내지 S50 단계를 수행하여 구동모터(30)의 구동시 일정한 간격으로 구동모터(20)에 결선된 전류센서(40) 및 속도센서(50)로부터 전류데이터 및 속도데이터를 취득하고, 취득된 전류데이터 및 속도데이터에 따라서 사이드밴드주파수 성분들의 평균정규화값을 산출한 후, 산출된 평균정규화값이 상기 S60 단계에서 구한 고장진단레벨값(dB avr)의 보다 크면 고장으로 판단하고, 산출된 평균정규화값이 상기 S60 단계에서 구한 고장진단레벨값(dB avr)의 보다 작으면 정상으로 판단한다.

[0102] 도 3 및 도 4 는 본 발명의 고장진단방법을 통하여 동기 전동기의 고장진단을 수행하는 일례를 나타내는 그래프로서, 도 3 은 이상이 없는 정상 상태의 동기 전동기의 운전시 그래프이고, 도 4 는 30% 동적 편심 결함이 있는 동기 전동기의 운전시 그래프를 나타내고 있다.

[0103] 먼저, 도 3 을 참조하면, 도면의 상단부(a)는, 가로축은 주파수 단위(Hz)이고, 세로축은 로그(log) 스케일(dB)로 측정된 정규화값으로서, 전술한 본 발명의 진단방법의 S40 사이드밴드(Sideband)의 주파수 산출 단계에 의하여 산출된 동기 전동기의 기준주파수성분이 45Hz 대역이고, 사이드밴드들중 2 개의 주파수성분이 30Hz 대역(A 영역) 및 60Hz 대역임(B 영역)을 나타내는 그래프이다.

[0104] 또한, 도 3 의 중단부(b)는, 가로축은 시간 단위이고 세로축은 주파수 단위로서, 중단부(a)에서 산출된 동기 전동기의 기준주파수(운전주파수)가 45Hz 임을 나타내고 있다. 여기서, 중단부(a)에서 산출된 사이드밴드성분들의 레벨값이 대략 -60 dB 이고, 기준주파수성분의 레벨값은 대략 -10 dB 이므로, 사이드밴드성분들의 레벨값들이 기준주파수성분의 레벨값보다 상대적으로 더 작게 형성되므로, 중단부(b)의 시간단위-주파수 단위 그래프에서는

사이드밴드 성분들이 명백하게 표시되지 않게 된다.

[0105] 또한, 도 3의 하단부(c)는, 전술한 본 발명의 고장진단방법의 S50 단계의 웨이블릿변환 및 S60 단계의 사이드밴드주파수 성분의 정규화값의 평균값의 산출 단계를 수행하여 산출된 고장진단레벨값(dB avr)이 대략 -60dB 레벨에서 형성된 것임을 보여주고 있으며, 이와 같이 산출된 고장진단레벨값(dB avr)에 의하여 향후의 동기 전동기의 고장진단이 수행될 수 있게 되는데 이를 도 4를 참조하여 설명하면 다음과 같다.

[0107] 도 4는 30% 동적 편심 결함이 있는 동기 전동기의 운전시 그래프로서, 도면의 상단부(a)는, 가로축은 주파수 단위(Hz)이고, 세로축은 로그(log) 스케일(dB)로 측정된 정규화값으로서, 전술한 본 발명의 진단방법의 S40 사이드밴드(Sideband)의 주파수 산출 단계에 의하여 산출된 동기 전동기의 기준주파수성분이 45Hz 대역이고, 사이드밴드들중 2개의 주파수성분이 30Hz 대역(C 영역) 및 60Hz 대역(D 영역)에서 발생되고 있음을 나타내고 있다.

[0108] 따라서, 도 4의 중단부(b)는, 가로축은 시간 단위이고 세로축은 주파수 단위로서, 상단부(a)에서 산출된 동기 전동기의 기준주파수(운전주파수)가 45Hz 일때, 사이드밴드성분들이 30Hz 대역 및 60 Hz 영역에서 형성됨을 나타내고 있다.

[0109] 여기서, 상단부(a)에서 산출된 사이드밴드성분들의 레벨값들은 대략 -20 dB 이고, 기준주파수성분의 레벨값은 대략 -10 dB 이므로, 사이드밴드성분들의 레벨값들이 기준주파수성분의 레벨값에 근접하는 레벨로 형성되어, 중단부(b)의 시간단위-주파수 단위 그래프에서는 사이드밴드 성분들이 명백하게 표시되게 된다(E 영역 및 F 영역).

[0110] 그러므로, 도 4의 하단부(c)는, 전술한 본 발명의 고장진단방법의 S50 단계의 웨이블릿변환 및 S60 단계의 사이드밴드주파수 성분의 정규화값의 평균값의 산출 단계를 수행하여 산출된 평균정규화값의 레벨값이 대략 -30dB 레벨에서 형성된 것임을 보여주고 있으며, 이와 같이 산출된 사이드밴드주파수들의 평균정규화값인 -30dB의 값은 도 3의 하단부(c)에서 나타내고 있는 고장진단레벨값(dB avr)의 -60dB 보다 더 크게 형성되고 있으므로, 본 발명의 고장진단방법에 의하여 해당 동기 전동기가 고장상태라 판단하게 된다.

[0111] 따라서, 상기와 같이 수행되는 본 발명의 동기 전동기의 고장진단방법에 의하면, 구동모터 운전시에 발생하는 사이드밴드주파수 성분들의 평균정규화값을 산출하여 구동모터의 고장에 대표적 유형인 편심, 감자 또는 부하불평형 등의 모터의 이상 여부에 대한 고장진단에 이용하기 때문에 모든 주파수성분들에 대한 정규화값을 산출할 필요가 없어 고장진단에 필요한 연산시간을 감소시킬 수 있으며, 모터의 주행중 고장진단이 매우 용이하므로, 종래 SPRT(Single Phase Rotation Test) 방법과 MCSA(Motor Current Signature Analysis) 방법에서 발생되었던 매번 전동기를 정지시키고 전동기를 직접 회전시켜가며 검사를 진행하는 제약 사항과 가변하는 주파수 특성 때문에 주행중 발생하는 고장진단이 어려운 문제점을 모두 해소한 효과를 획득하게 되었다.

[0112] 또한, 종래의 구동모터의 전력공급회로의 제어기 부분의 제어방법만을 대체 적용하면 되기 때문에 기존의 구동모터 전력공급회로 또는 구동모터를 계속적으로 이용할 수 있어 센서 등의 추가나 시스템의 변화없이 본 발명을 수행할 수 있는 효과가 있다.

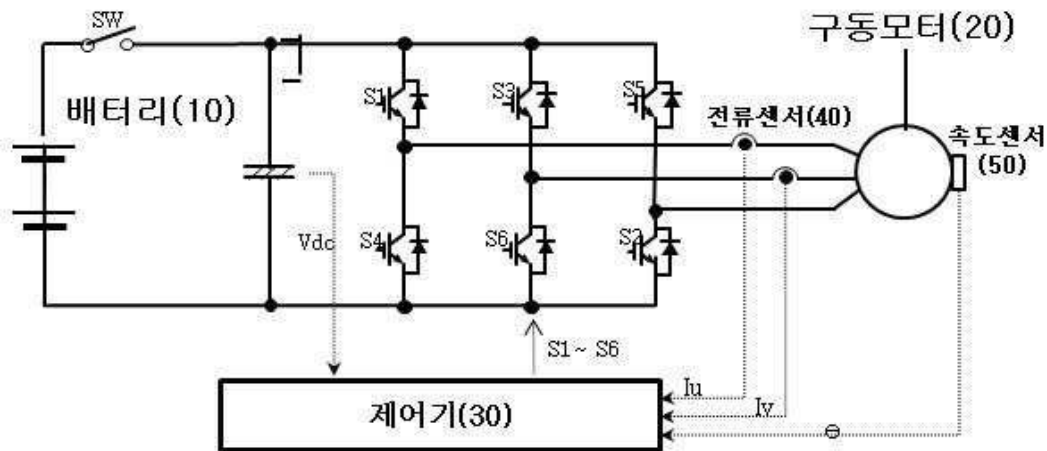
[0113] 한편, 본 발명은, 하기될 본 발명의 청구항의 고장진단방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 수록된 컴퓨터에 의하여 판독가능한 저장매체로 실시될 수 있다.

부호의 설명

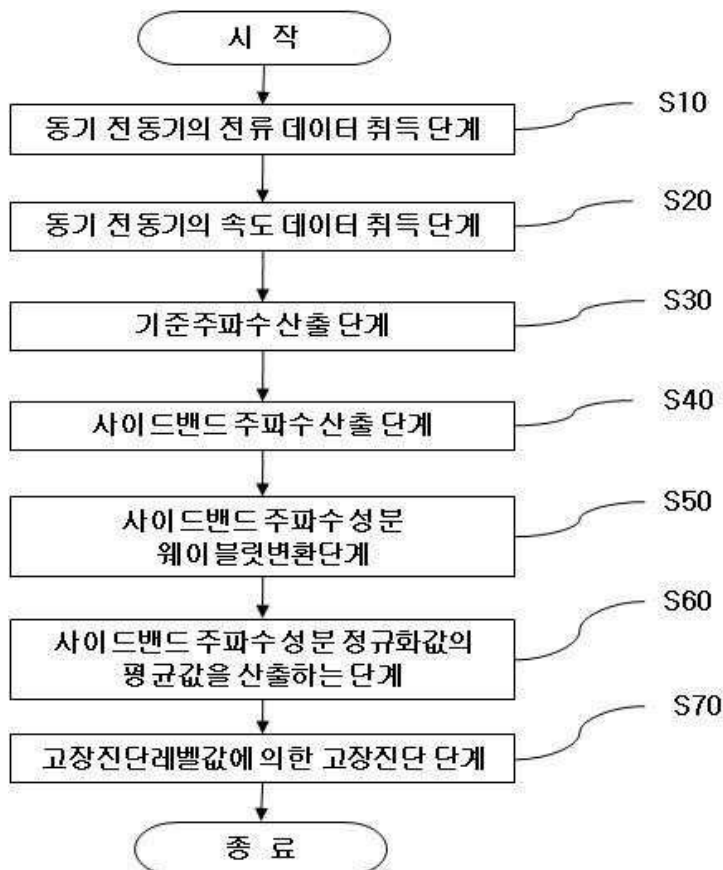
- [0114] 10; 배터리
20; 구동모터
30; 제어기
40; 전류센서
50; 속도센서

도면

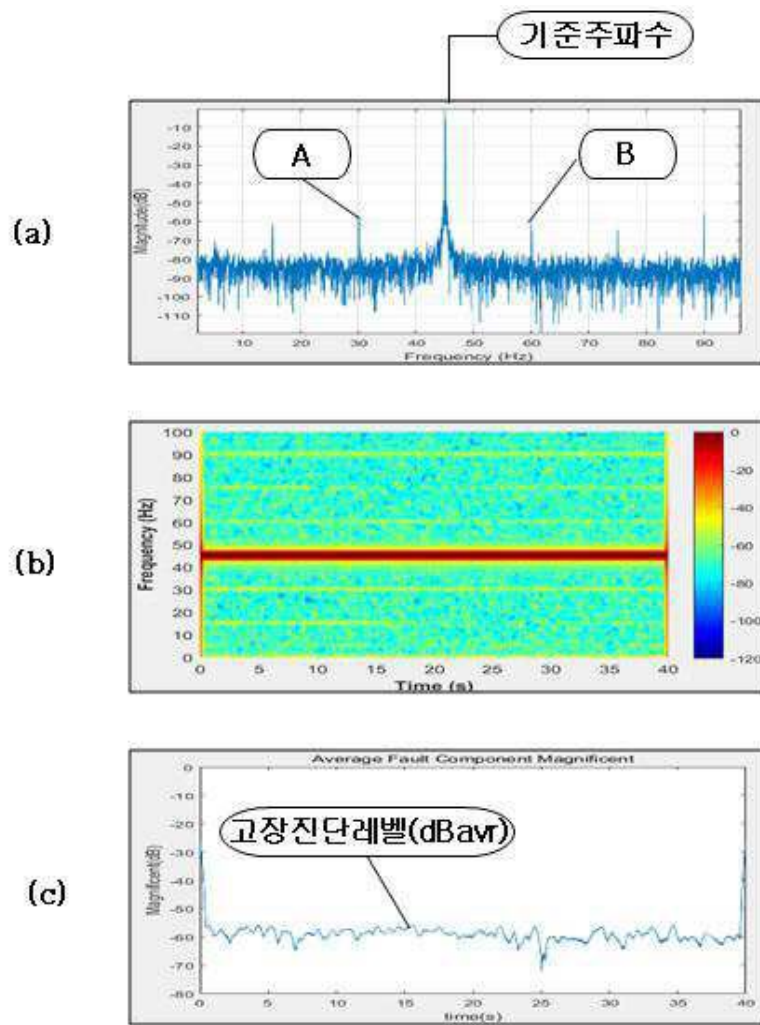
도면1



도면2

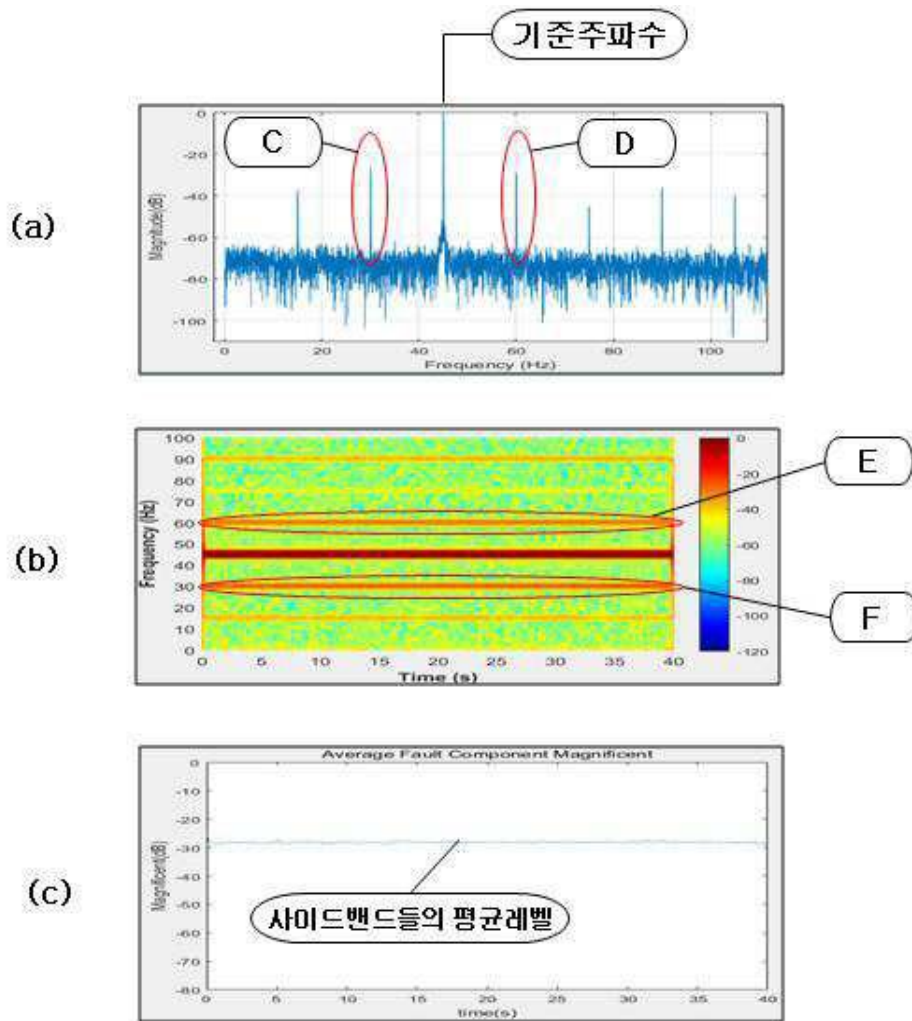


도면3



- 정상 상태 동기 전동기 운전상태

도면4



- 동적 편심 결함 동기 전동기 운전상태