



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0064895
(43) 공개일자 2019년06월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/34 (2006.01) G01R 27/08 (2006.01)
G01R 27/28 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/346 (2013.01)
G01R 27/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0164202
(22) 출원일자 2017년12월01일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
현대자동차주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
기아자동차주식회사
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
(72) 발명자
채웅찬
경기도 광명시 오리로 801, 309동 403호(하안동,
이편한세상센트레빌아파트)
문상훈
경기도 용인시 수지구 성북1로164번길 13, 203동
404호(성북동, 버들치마을 성북 힐스테이트 2차아
파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박영복

전체 청구항 수 : 총 14 항

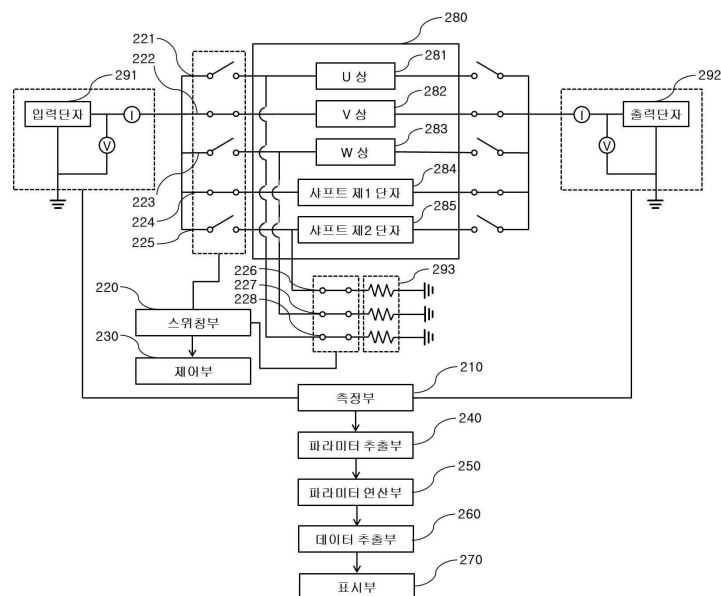
(54) 발명의 명칭 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 3상 모터에서 발생하는 공동 모드 및 차동 모드의 전기적 잡음이 샤프트에 전달되는 정도를 네트워크 파라미터의 형태로 추출할 수 있는 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치 또는 방법에 관한 것이다.

본 발명의 일 실시예에 따른 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단을 포함하는 5단자 망 네트워크로 구성된 3상 전 (뒷면에 계속)

대표도



동기의 파라미터 추출 방법은, 입력 단자와 출력 단자에 상기 3상 전동기의 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단 중 2개의 단자를 선택적으로 연결하여 전압과 전류를 측정하고, 상기 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터를 추출하는 제1 단계; 상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 공통 연결된 공통 모드와 상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 차등 연결된 차동 모드 각각의 전압 및 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터를 추출하는 제2 단계; 및 상기 제1 내지 제2 단계에서 추출된 상기 입력 임피던스 파라미터와 변환 파라미터를 샤프트 양단에 대한 공통 모드 및 차동 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 혼합 모드의 임피던스 파라미터로 연산하는 제3 단계를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01R 27/28 (2013.01)

G01R 31/343 (2013.01)

(72) 발명자

김정식

서울특별시 서초구 서초대로 385, 1동 307호(서초동, 진흥아파트)

신영진

경상남도 창원시 성산구 반송로 177, 107동 1201호(반림동, 현대아파트)

조형준

경기도 수원시 영통구 센트럴파크로 60, 6303동 2004호(이의동, 래미안 광고)

류영곤

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 503-1호(반연리, 울산과학기술원)

한기진

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 401-2호(반연리, 울산과학기술원)

명세서

청구범위

청구항 1

제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단을 포함하는 5단자 망 네트워크로 구성된 3상 전동기의 파라미터 추출 방법에 있어서,

입력 단자와 출력 단자에 상기 3상 전동기의 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단 중 2개의 단자를 선택적으로 연결하여 전압과 전류를 측정하고, 상기 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터를 추출하는 제1 단계;

상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 공통 연결된 공통 모드와 상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 차등 연결된 차등 모드 각각의 전압 및 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터를 추출하는 제2 단계; 및

상기 제1 내지 제2 단계에서 추출된 상기 입력 임피던스 파라미터와 변환 파라미터를 샤프트 양단에 대한 공통 모드 및 차등 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 혼합 모드의 임피던스 파라미터로 연산하는 제3 단계를 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제3 단계에서 상기 혼합 모드의 임피던스 파라미터는 수학식 1에 의하여 연산되고, 상기 수학식 1은

$$Z_M = M_V Z M_I^{-1}$$

이며, Z_M 은 혼합 모드의 임피던스 파라미터, M_V 는 공통 모드 및 차등 모드의 전압 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터, M_I 는 공통 모드 및 차등 모드의 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터이고, Z 는 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터인, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 제1 단계는, 상기 입력 및 출력 단자와 상기 3상 전동기의 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단 사이에 연결된 복수의 제1 변환 스위치를 선택적으로 절환하여 전류를 차단 또는 통전시키도록 제어하는 단계를 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 방법.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 제1 단계는, 복수의 제2 변환 스위치를 온(ON)하여 상기 3상 전동기의 5단자 망 중 선택된 측정 대상인 2개의 단자를 제외한 나머지 단자들을 기준 임피던스로 접지하는 단계를 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 혼합 모드의 임피던스 파라미터 중 상기 샤프트 양단과 공통 모드 및 차등 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 데이터를 추출하는 제4 단계를 더 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 방법.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 제4 단계에서 추출된 데이터를 표시부로 전송하는 제5 단계를 더 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 방법.

청구항 7

제1 항 내지 제6 항 중 어느 한 항에 따른 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터 해독 가능 기록 매체.

청구항 8

제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단을 포함하는 5단자 망 네트워크로 구성된 3상 전동기의 파라미터 추출 장치에 있어서,

입력 단자와 출력 단자에 상기 3상 전동기의 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단 중 2개의 단자를 선택적으로 연결하여 전압과 전류를 측정하는 측정부;

상기 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터 및 상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 공통 연결된 공통 모드와 상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 차등 연결된 차동 모드 각각의 전압과 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터를 추출하는 파라미터 추출부; 및

상기 파라미터 추출부에서 추출된 상기 입력 임피던스 파라미터와 변환 파라미터를 샤프트 양단에 대한 공통 모드 및 차동 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 혼합 모드의 임피던스 파라미터로 연산하는 파라미터 연산부를 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 파라미터 연산부는 수학식 1에 의하여 상기 혼합 모드의 임피던스 파라미터를 연산하고, 상기 수학식 1은

$$Z_M = M_V Z M_I^{-1}$$

이며, Z_M 은 혼합 모드의 임피던스 파라미터, M_V 는 공통 모드 및 차동 모드의 전압 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터, M_I 는 공통 모드 및 차동 모드의 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터이고, Z 는 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터인, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치.

청구항 10

제8 항에 있어서,

상기 입력 및 출력 단자와 상기 3상 전동기의 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단 사이를 연결하되, 선택적으로 절환하는 복수의 제1 변환 스위치를 갖는 스위칭부를 더 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치.

청구항 11

제10 항에 있어서,

상기 복수의 변환 스위치를 절환하여 상기 입력 및 출력 단자와 상기 3상 전동기의 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단 사이를 선택적으로 차단 또는 통전시키도록 제어하는 제어부를 더 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치.

청구항 12

제10 항에 있어서,

상기 스위칭부는, 상기 3상 전동기의 5단자 망 중 선택된 측정 대상 단자를 제외한 나머지 단자들을 기준 임피던스로 접지하도록 절환하는 복수의 제2 변환 스위치를 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치.

청구항 13

제8 항에 있어서,

상기 혼합 모드의 임피던스 파라미터 중 상기 샤프트 양단과 공통 모드 및 차동 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 데이터를 추출하는 데이터 추출부를 더 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 데이터 추출부로부터 상기 데이터를 전송 받아 표시하는 표시부를 더 포함하는, 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 3상 모터에서 발생하는 공통 모드 및 차동 모드의 전기적 잡음이 샤프트에 전달되는 정도를 네트워크 파라미터의 형태로 추출할 수 있는 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치 또는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 모터의 속도 제어를 위한 PWM(pulse width modulation)의 보급에 따라 스위칭 펄스에서 발생하는 고주파 전자파 잡음에 의한 모터 구동시스템의 EMI(Electromagnetic interference) 문제 해결에 대한 요구가 증가되고 있다.

[0003] 구동 시스템에서 모터는 많은 권선들로 구성되어 있어 인버터의 스위칭에 의해 발생하는 전기적 잡음이 시스템으로 전달되는 주요 경로가 된다. 특히, 모터의 샤프트(shaft)는 기계적으로 타 장비에 연결되므로 샤프트에 걸리는 전압 및 전류는 직접적으로 전기적 잡음을 전달하여 시스템의 오작동을 유발한다. 일반적으로 샤프트 전압 발생의 주요 원인은 모터 권선 구조의 기생 커플링 성분에 의해 전달되는 공통 모드 및 차동 모드의 전기적 잡음으로 인한 영향으로 알려져 있다.

[0004] 공통 모드의 전기적 잡음은 3상 권선들과 접지(일반적으로 모터의 프레임) 사이의 기생 커플링 성분을 통해 전달되는 전기적 잡음 성분이며, 차동 모드의 전기적 잡음은 3상 권선들 사이에서 발생하는 기생 커플링 성분을 통해 전달되는 전기적 잡음 성분이다.

[0005] 이러한 공통 모드 및 차동 모드의 전기적 잡음은 모터의 절연 파괴에도 영향을 끼치며, 특히 샤프트를 통하여 외부 장비로 전파되게 된다.

[0006] 사용자의 목적에 의해 샤프트로 전달되는 전기적 잡음을 실험을 통하여 측정할 수는 있지만, 모터에서 발생하는 전반적인 전도성 잡음이 샤프트로 어느 정도 전달되는지에 대한 정량적인 데이터 추출은 어렵다. 따라서 종래의 모터 설계자는 전도성 잡음에 의한 샤프트 전압 발생이 시스템에서 문제가 될 시, 모터에서 발생하는 전기적 잡음과 샤프트 사이의 커플링에 대한 적절한 분석 없이, 단순히 최종적으로 나오는 전기적 잡음을 감소시키기 위해 필터를 추가적으로 구동시스템에 설치하는 방법 또는 샤프트 양단을 브러시로 접지시키는 방법을 사용해 왔다.

[0007] 하지만, 이러한 방법들은 적절한 원인 분석이 수반되지 않고, 최종적으로 나오는 전기적 잡음을 감소하는 방법은 필터에 의한 부피 및 단가가 추가되는 단점이 있으며, 브러시로 접지하는 방법 역시 기계적 접촉에 의한 마모로 모터의 수명을 단축시키고 스파크로 인해 시스템의 안정성을 떨어뜨린다. 따라서, 모터 설계자 또는 사용자가 모터 설계 시 기존의 방법을 사용하지 않고 전자기적 적합성을 고려하여 최적 설계하기 위해서는, 모터에서 발생하는 전체적인 전도성 잡음이 샤프트로 전달되는 파라미터를 데이터로 추출할 수 있는 장치가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이에 본 발명은 3상 모터에서 발생하는 공통 모드 및 차동 모드의 전기적 잡음과 이러한 전기적 잡음들이 샤프트에 전달되는 정도를 네트워크 파라미터의 형태로 추출하는 장치 또는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0009] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은

또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기와 같은 과제를 해결하기 위해 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단을 포함하는 5단자 망 네트워크로 구성된 3상 전동기의 파라미터 추출 방법은, 입력 단자와 출력 단자에 상기 3상 전동기의 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단 중 2개의 단자를 선택적으로 연결하여 전압과 전류를 측정하고, 상기 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터를 추출하는 제1 단계; 상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 공통 연결된 공통 모드와 상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 차동 연결된 차동 모드 각각의 전압 및 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터를 추출하는 제2 단계; 및 상기 제1 내지 제2 단계에서 추출된 상기 입력 임피던스 파라미터와 변환 파라미터를 샤프트 양단에 대한 공통 모드 및 차동 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 혼합 모드의 임피던스 파라미터로 연산하는 제3 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기와 같은 과제를 해결하기 위해 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단을 포함하는 5단자 망 네트워크로 구성된 3상 전동기의 파라미터 추출 장치는, 입력 단자와 출력 단자에 상기 3상 전동기의 제1 내지 제3 권선 및 샤프트 양단 중 2개의 단자를 선택적으로 연결하여 전압과 전류를 측정하는 측정부; 상기 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터 및 상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 공통 연결된 공통 모드와 상기 입력 단자와 출력 단자에 상기 제1 내지 제3 권선이 차동 연결된 차동 모드 각각의 전압과 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터를 추출하는 파라미터 추출부; 및 상기 파라미터 추출부에서 추출된 상기 입력 임피던스 파라미터와 변환 파라미터를 샤프트 양단에 대한 공통 모드 및 차동 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 혼합 모드의 임피던스 파라미터로 연산하는 파라미터 연산부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 적어도 일 실시예에 의하면, 다음과 같은 효과가 있다.

[0013] 3상 모터에서 발생하는 공통 모드 및 차동 모드의 전기적 잡음 추출 및 이들 전기적 잡음이 샤프트 축의 양단에 전달되는 정도를 파라미터로 추출할 수 있다.

[0014] 또한, 전기적 잡음과 샤프트 간의 전달 파라미터 뿐만 아니라 모터의 권선에서 발생하는 공통 모드와 차동 모드 잡음 자체에 대한 파라미터도 추출이 되므로, 모터에서 발생하는 전반적인 전도성 잡음을 분석할 수 있다.

[0015] 본 발명에서 얻은 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명에 따른 3상 전동기의 5단자 망 네트워크 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

도 2는 본 발명에 따른 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치를 도시한 블록도이다.

도 3은 본 발명에 따른 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출장치에서 공통 모드의 전압과 전류를 측정하는 일 실시예를 도시한 블록도이다.

도 4는 본 발명에 따른 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출장치에서 차동 모드의 전압과 전류를 측정하는 일 실시예를 도시한 블록도이다.

도 5는 혼합 모드의 임피던스 파라미터에 관한 일례를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.

[0018] 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개

시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0019] 이하에서는 본 발명에 따른 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치 및 방법의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0020] 도 1은 본 발명에 따른 3상 전동기의 5단자 망 네트워크 구성을 설명하기 위한 블록도이다.
- [0021] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 3상 전동기(100)는 제1 권선(U 상; 110), 제2 권선(V 상; 120), 제3 권선(W 상; 130) 및 샤프트 양단(140, 150)을 포함하는 5단자 망 네트워크로 구성될 수 있다.
- [0022] 도 2는 본 발명에 따른 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치를 도시한 블록도이다.
- [0023] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출 장치(200)는 측정부(210), 스위칭부(220), 제어부(230), 파라미터 추출부(240), 파라미터 연산부(250), 데이터 추출부(260) 및 표시부(270)를 포함할 수 있다.
- [0024] 측정부(210)는 제1 내지 제3 권선의 각 상(281-283)과 샤프트 양단(284, 285)을 포함하는 5단자 망 네트워크로 구성된 3상 전동기(280) 중 2개의 단자에 대한 전압 및 전류를 선택적으로 측정한다.
- [0025] 스위칭부(220)는 3상 전동기(280)의 제1 내지 제3 권선(281-283) 및 샤프트 양단(284, 285)과 입력 및 출력 단자(291, 292) 사이를 연결하는 복수의 제1 변환 스위치(221-225) 및 3상 전동기(280)의 제1 내지 제3 권선(281-283) 및 샤프트 양단(284, 285)을 기준 임피던스(293)로 접지시키는 복수의 제2 변환 스위치(226-228)를 포함할 수 있다.
- [0026] 제어부(230)는 복수의 제1 변환 스위치(221-225)를 절환하여 입력 및 출력 단자(291, 292)와 3상 전동기(280)의 제1 내지 제3 권선(281-283) 및 샤프트 양단(284, 285) 사이를 선택적으로 차단 또는 통전시키도록 스위칭부(220)를 제어할 수 있다.
- [0027] 또한, 제어부(230)는 복수의 제2 변환 스위치(226-228)를 절환하여 3상 전동기(280)의 5단자 망 중 선택된 측정 대상인 2개의 단자를 제외한 나머지 단자들을 기준 임피던스(293)로 접지할 수 있다.
- [0028] 예를 들어, 도 2에 도시된 일례를 살펴보면 제어부(230)는 복수의 제1 변환 스위치(221-225) 중 제1-2 및 제1-4 변환 스위치(222, 224)를 온(ON)하여 입력 단자(291)와 출력 단자(292)를 제2 권선(282)과 샤프트 제1 단자(284)와 연결하고, 측정부(210)는 제2 권선(282)과 샤프트 제1 단자(284)의 단자 전압 및 단자 전류를 측정한다.
- [0029] 그리고 제어부(230)는 복수의 제1 변환 스위치(221-225) 중 제1-1, 제1-3 및 제1-5 변환 스위치(221, 223, 225)를 오프(OFF)하여 선택된 측정 대상인 제2 권선(282)과 샤프트 제1 단자(284)를 제외한 나머지 제1 권선(281), 제3 권선(283) 및 샤프트 제2 단자(285)와 입력 및 출력 단자(291, 292)의 연결을 차단하고, 복수의 제2 변환 스위치(226-228)를 온(ON)하여 제1 권선(281), 제3 권선(283) 및 샤프트 제2 단자(285)를 기준 임피던스(293)로 접지할 수 있다.
- [0030] 여기서 기준 임피던스(293)는 50Ω일 수 있으나, 이는 예시적인 것으로 구체적인 기준 임피던스(293)의 값은 이에 한정되지 아니함은 통상의 기술자에게 자명하다.
- [0031] 복수의 제1 변환 스위치를 오프(OFF)하여 입력 및 출력 단자와 측정 대상인 2개의 단자를 제외한 나머지 단자들의 연결을 차단하고, 복수의 제2 변환 스위치를 온(ON)하여 기준 임피던스로 접지하는 이유는 측정 대상 단자를 제외한 나머지 단자들에서 발생하는 커플링(coupling) 및 반사에 의한 영향을 제거하기 위함이다.
- [0032] 한편, 3상 전동기(280)의 5단자 망 중 2개의 단자를 선택하여 측정하는 일례를 하기의 표 1을 참조하여 설명하기로 한다.
- [0033] 표 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3상 전동기의 파라미터 추출 장치가 5단자 망 중 2개의 단자를 선택하여 측정하는 일례를 나타낸다.

표 1

	제1 포트	제2 포트
측정 1	샤프트 제1 단자	샤프트 제2 단자
측정 2	샤프트 제1 단자	제1 권선(U 상)
측정 3	샤프트 제1 단자	제2 권선(V 상)
측정 4	샤프트 제1 단자	제3 권선(W 상)
측정 5	샤프트 제2 단자	제1 권선(U 상)
측정 6	샤프트 제2 단자	제2 권선(V 상)
측정 7	샤프트 제2 단자	제3 권선(W 상)
측정 8	제1 권선(U 상)	제2 권선(V 상)
측정 9	제1 권선(U 상)	제3 권선(W 상)
측정 10	제2 권선(V 상)	제3 권선(W 상)

[0035] 예를 들어, 3상 전동기의 5단자 망인 샤프트 제1 단자, 제2 단자 및 제1 권선 내지 제3 권선 중 2개의 단자를 선택하여 입력 및 출력 단자 각각의 제1 및 제2 포트와 연결하여 측정할 수 있다. 여기서 제1 포트는 입력 단자 및 출력 단자 중 일측(예를 들면, 양(+))의 입출력 단자)이고, 제2 포트는 입력 및 출력 단자 중 타측(예를 들면, 음(-)의 입출력 단자)일 수 있다.

[0036] 다시 도 2로 돌아와서, 파라미터 추출부(240)는 측정부(210)로부터 측정된 단자 전압 및 단자 전류 값을 이용하여 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터를 추출할 수 있다.

[0037] 예를 들어, 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터는 아래의 수학식 1에 의할 수 있다.

수학식 1

$$\begin{bmatrix} V_{shaft1} \\ V_{shaft1} \\ V_U \\ V_V \\ V_W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} & Z_{14} & Z_{15} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} & Z_{24} & Z_{25} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} & Z_{34} & Z_{35} \\ Z_{41} & Z_{42} & Z_{43} & Z_{44} & Z_{45} \\ Z_{51} & Z_{52} & Z_{53} & Z_{54} & Z_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{shaft1} \\ I_{shaft1} \\ I_U \\ I_V \\ I_W \end{bmatrix} \Rightarrow V = ZI$$

[0039] 여기서, V는 단자 전압, I는 단자 전류, Z는 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터이고, shaft 1, 2는 샤프트 제1 단자 및 제2 단자, U, V, W는 제1 내지 제3 권선 각 상의 단자를 의미한다.

[0040] 측정부(210)는 전술한 도 3에 도시된 바와 같이 2개의 단자를 선택적으로 연결하여 출력되는 단자 전압 및 단자 전류를 측정하고, 파라미터 추출부(240)는 측정부(210)로부터 측정된 전압 및 전류 값을 수학식 1에 대입하여 행렬 방정식을 통하여 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터를 추출할 수 있다.

[0041] 또한, 파라미터 추출부(240)는 입력 단자(291)와 출력 단자(292)에 제1 내지 제3 권선이 공통 연결된 공통 모드와 입력 단자와 출력 단자에 제1 내지 제3 권선이 차동 연결된 차동 모드 각각의 전압 및 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터를 추출할 수 있다.

[0042] 공통 모드와 차동 모드 각각의 전압 및 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터를 추출하는 이유는, 공통 모드 및 차동 모드의 전기적 잡음이 샤프트 양단에 전파되는 데이터를 추출하기 위함이다.

[0043] 공통 모드 및 차동 모드에 대한 구체적인 설명은 도 3 내지 도 4를 참조하여 설명하기로 한다.

[0044] 도 3은 본 발명에 따른 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출장치에서 공통 모드의 전압과 전류를 추출하는 일 실시예를 도시한 블록도이다.

[0045] 공통 모드는 입력 및 출력 단자의 일측(예를 들면, 양(+))의 입출력단자)이 병렬 연결된 제1 내지 제3 권선(310-330)에 공통 연결되고, 파라미터 추출부는 공통 모드(340)의 전압 및 전류를 추출할 수 있다.

[0046] 도 4는 본 발명에 따른 3상 전동기의 임피던스 파라미터 추출장치에서 차동 모드의 전압과 전류를 측정하는 일 실시예를 도시한 블록도이다.

[0047] 차동 모드는 제1 내지 제3 권선(410-430) 중 하나(410)를 입력 및 출력 단자의 일측(예를 들면, 양(+))의 입출력 단자)과 연결하고, 상호 병렬 연결된 나머지 2개의 권선(420, 430)을 입력 및 출력 단자의 타측(예를 들면, 음(-))의 입출력단자)과 차등 연결시킨다. 파라미터 추출부는 U 상에 의한 차등 모드(440)의 전압 및 전류를 추출할 수 있다.

[0048] 여기서, 제1 내지 제3 권선의 구조적 대칭에 의해 제1 내지 제3 권선 각 상의 단자 전압과 단자 전류를 공통 모드 및 차등 모드의 전압과 전류의 관계로 변환시키는 전압 전달 행렬 및 전류 전달 행렬은 하기의 수학식 2로 정의할 수 있다.

수학식 2

[0049]

$$\begin{bmatrix} V_{CM} \\ V_{DM,U} \\ V_{DM,V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 1 & \frac{-1}{2} & \frac{-1}{2} \\ \frac{-1}{2} & 1 & \frac{-1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_U \\ V_V \\ V_W \end{bmatrix}$$

[0050]

$$\begin{bmatrix} I_{CM} \\ I_{DM,U} \\ I_{DM,V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{1}{2} & \frac{-1}{4} & \frac{-1}{4} \\ \frac{-1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{-1}{4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_U \\ I_V \\ I_W \end{bmatrix}$$

[0051] 여기서, V_{CM} , I_{CM} 은 공통 모드에서의 전압과 전류, V_{DM} , I_{DM} 은 차등 모드에서의 전압과 전류, DM, U는 U 상에 의한 차등 모드, DM, V는 V 상의 차등 모드를 의미한다.

[0052] 한편, 파라미터 추출부(240)가 추출하는 변환 파라미터는 상기의 수학식 3에서 정의되는 공통 모드와 차등 모드 각각의 전압 및 전류 전달 행렬에 샤프트 양단의 전압 및 전류 관계를 포함할 수 있다. 이는 전술한 바와 같이 공통 모드 및 차등 모드의 전기적 잡음이 샤프트 양단에 전파되는 데이터를 추출하기 위함이며, 변환 파라미터는 하기의 수학식 3으로 정의할 수 있다.

수학식 3

[0053]

$$\begin{bmatrix} V_{shaft1} \\ V_{shaft1} \\ V_{CM} \\ V_{DM,U} \\ V_{DM,V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{-1}{2} & \frac{-1}{2} \\ 0 & 0 & \frac{-1}{2} & 1 & \frac{-1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{shaft1} \\ V_{shaft1} \\ V_U \\ V_V \\ V_W \end{bmatrix} \Rightarrow V_M = M_V V$$

[0054]

$$\begin{bmatrix} I_{shaft1} \\ I_{shaft1} \\ I_{CM} \\ I_{DM,U} \\ I_{DM,V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{-1}{4} & \frac{-1}{4} \\ 0 & 0 & \frac{-1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{-1}{4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{shaft1} \\ I_{shaft1} \\ I_U \\ I_V \\ I_W \end{bmatrix} \Rightarrow I_M = M_I I$$

[0055] 여기서, V는 단자 전압, I는 단자 전류, shaft 1, 2는 샤프트 제1 단자 및 제2 단자, V_{CM} , I_{CM} 은 공통 모드에서

의 전압과 전류, V_{DM} , I_{DM} 은 차동 모드에서의 전압과 전류이고, DM, U는 U 상에 의한 차동 모드, DM, V는 V 상의 차동 모드를 의미한다. V_M 은 혼합 모드의 전압, V_I 는 혼합 모드의 전류, M_V 는 공통 모드 및 차동 모드의 전압 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터, M_I 는 공통 모드 및 차동 모드의 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터를 의미한다.

[0056] 수학식 3에 의하여 정의되는 변환 파라미터를 통하여 5단자 망의 단자 전압 및 단자 전류는 공통 모드 및 차동 모드에 대한 전압 및 전류 관계로 변환이 된다.

[0057] 다시 도 2로 돌아와서, 이하에서는 파라미터 추출부(240)로부터 추출된 입력 임피던스 파라미터와 변환 파라미터를 이용하여 공통 모드 및 차동 모드의 전기적 잡음이 샤프트 양단(284, 285)에 전파되는 데이터를 추출하기 위한 혼합 모드의 임피던스 파라미터를 연산하는 일 실시예를 설명하기로 한다.

[0058] 파라미터 연산부(250)는 파라미터 추출부(240)로부터 추출된 입력 임피던스 파라미터와 변환 파라미터를 하기의 수학식 4에 의하여 샤프트 양단에 대한 공통 모드 및 차동 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 혼합 모드의 임피던스 파라미터를 연산할 수 있다.

수학식 4

$$Z_M = M_V Z M_I^{-1}$$

[0059]

[0060] 여기서, Z_M 은 혼합 모드의 임피던스 파라미터, M_V 는 공통 모드 및 차동 모드의 전압 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터, M_I 는 공통 모드 및 차동 모드의 전류 전달 행렬이 포함된 변환 파라미터이고, Z는 5단자 망의 입력 임피던스 파라미터를 의미한다.

[0061] 데이터 추출부(260)는 혼합 모드의 임피던스 파라미터 중 샤프트 양단에 대한 공통 모드 및 차동 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 데이터를 추출할 수 있다.

[0062] 샤프트 양단에 대한 공통 모드 및 차동 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 데이터 추출에 관한 일례는 도 5를 참조하여 보다 자세히 설명하기로 한다.

[0063] 도 5는 혼합 모드의 임피던스 파라미터에 관한 일례를 나타낸다.

[0064] 도 5를 참조하면, 혼합 모드의 임피던스 파라미터는 샤프트 양단을 포함한 공통 모드 및 차동 모드 각각이 상호간에 영향을 미치는 요소로 작용함을 알 수 있다.

[0065] 여기서, 실선으로 표시된 데이터(510, 520)는 샤프트 양단(제1 단자 및 제2 단자)에 영향을 미치는 공통 모드 및/또는 차동 모드에 관한 데이터를 나타낸다. 다시 말해서, 샤프트 양단에 전달되는 전기적 잡음에 대한 데이터를 의미하며, 데이터 추출부는 샤프트 양단에 대한 공통 모드 및 차동 모드 간의 전달 임피던스 성분이 혼합된 데이터(도 5의 실선으로 표시된 데이터(510, 520) 참조)를 추출한다.

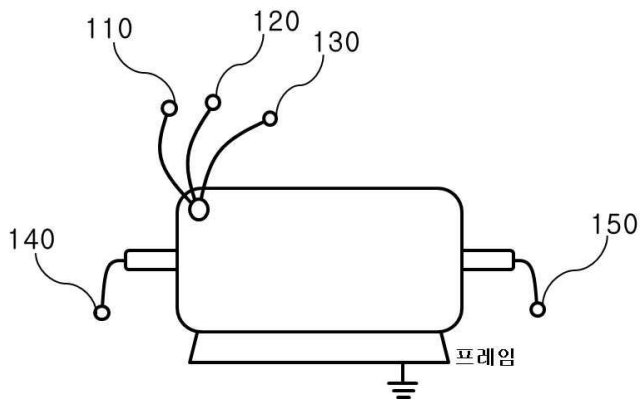
[0066] 전동기 설계자 또는 사용자는 추출되는 공통 모드 및 차동 모드의 전기적 잡음이 샤프트 양단에 전달되는 간섭 정도를 임피던스 파라미터를 통하여 수치적 분석으로 가늠할 수 있으므로, 모터 EMC(electromagnetic compatibility) 설계에 도움을 줄 수 있다. 또한, 전기적 잡음과 샤프트 간의 전달 파라미터 뿐만이 아니라 모터의 권선에서 발생하는 공통 모드와 차동 모드 잡음 자체에 대한 파라미터도 추출이 되므로, 모터에서 발생하는 전반적인 전도성 잡음을 분석할 수 있다.

[0067] 전술한 본 발명은, 프로그램이 기록된 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체의 예로는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Disk), SDD(Silicon Disk Drive), ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있다.

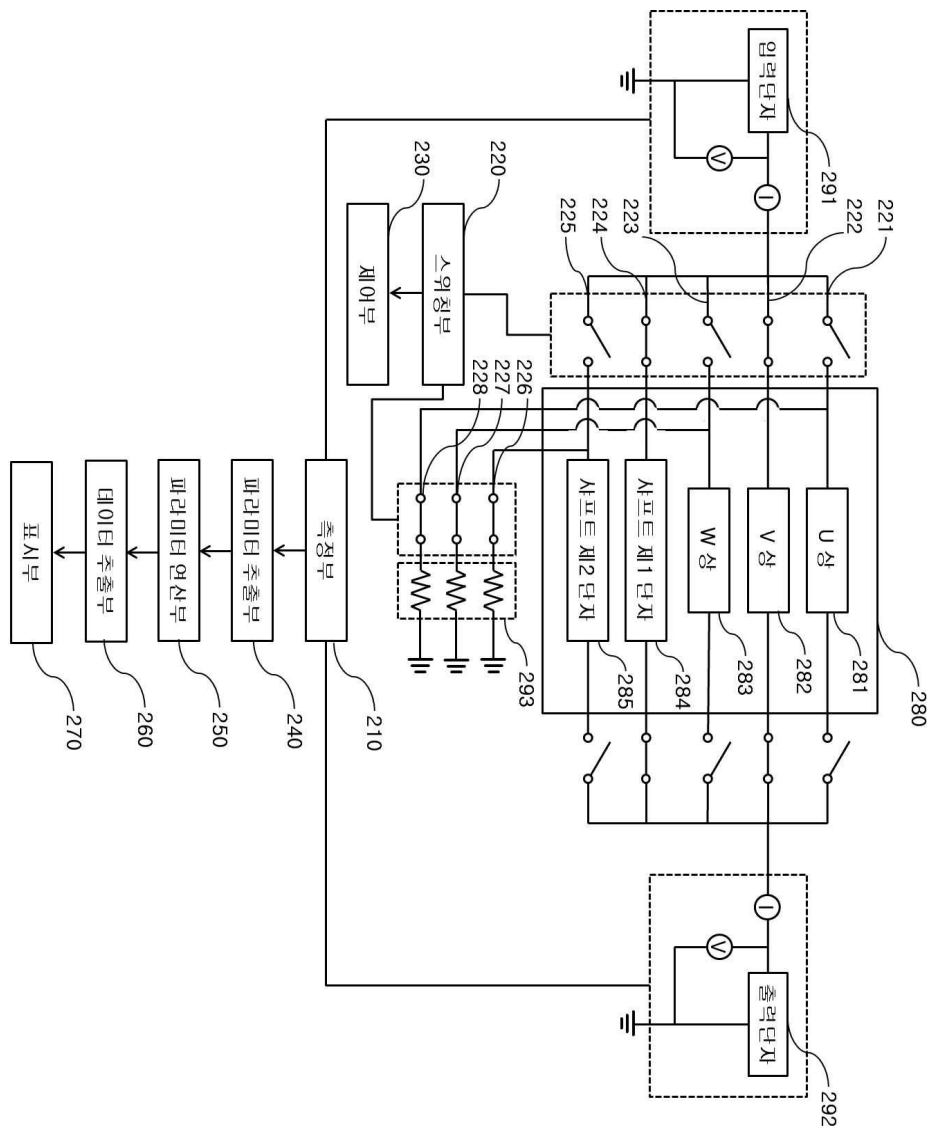
[0068] 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면

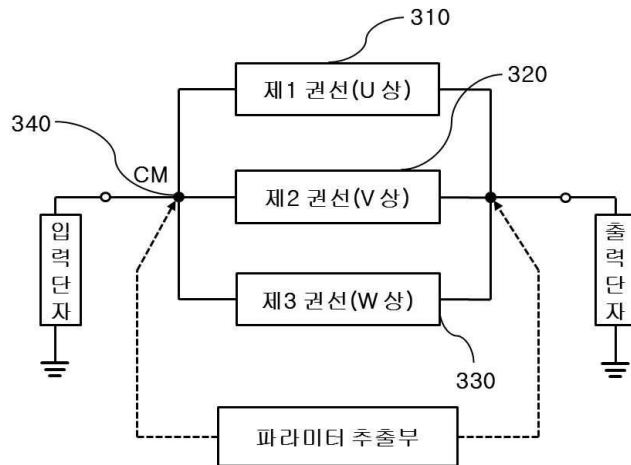
도면1



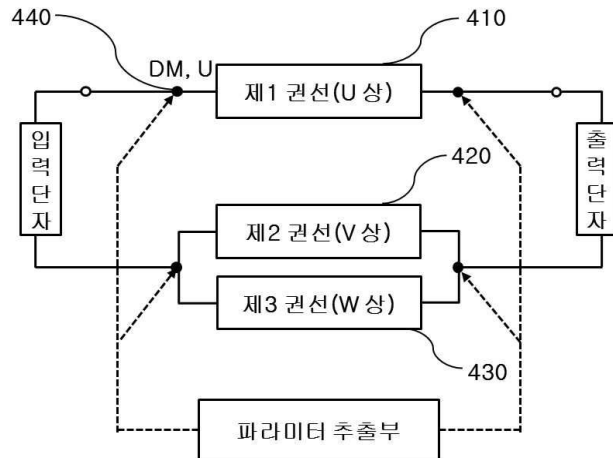
도면2



도면3



도면4



도면5

