(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0096828
(43) 공개일자 2011년08월31일

(51) Int. Cl.
G01R 31/34 (2006.01) *G01R 31/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0016306
(22) 출원일자 2010년02월23일
심사청구일자 2010년02월23일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
이상빈
서울특별시 강남구 논현동 105 동현아파트 5동 1105호
홍종만
서울특별시 동대문구 제기2동 148-95번지 206호
(74) 대리인
특허법인주원

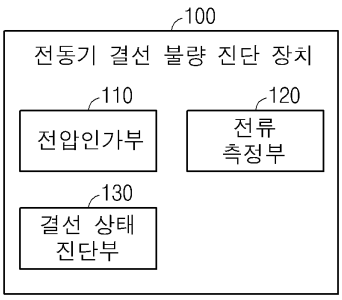
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 전동기 결선 불량 진단 장치, 방법, 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체

(57) 요 약

전동기 결선 불량 진단 장치, 방법, 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체가 개시된다. 전동기 결선 불량 진단 장치는 전압 인가부, 전류 측정부, 및 결선 상태 진단부를 포함한다. 전압 인가부는 전동기가 정지하는 경우, 인버터를 이용해 전동기로의 전압 인가를 위한 복수의 단자에 대해 순차적으로 두 단자씩 미리 설정된 전압을 인가하고, 전류 측정부는 순차적 전압 인가 각각에 대해, 전압이 인가된 두 단자를 통해 흐르는 전류를 각각 측정하며, 결선 상태 진단부는 각 인가된 전압, 및 측정된 전류를 이용하여 저항값을 산출하고, 산출된 복수의 저항값들의 관계가 미리 설정된 기준에 해당하는 경우 상기 전동기의 결선 상태가 불량이라고 진단한다. 이와 같이, 전동기가 정지하는 경우마다 인버터를 이용해 전동기의 결선 불량을 진단함으로써, 고가의 별도 진단 장비 없이도 신속하고 정확하게 전동기 결선 불량을 진단할 수 있게 된다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

전동기가 정지하는 경우, 인버터를 이용해 상기 전동기로의 전압 인가를 위한 복수의 단자에 대해 순차적으로 두 단자씩 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가부;

상기 순차적 전압 인가 각각에 대해, 전압이 인가된 두 단자를 통해 흐르는 전류를 각각 측정하는 전류 측정부; 및

상기 각 인가된 전압, 및 측정된 전류를 이용하여 저항값을 산출하고, 산출된 복수의 저항값들의 관계가 미리 설정된 기준에 해당하는 경우 상기 전동기의 결선 상태가 불량이라고 진단하는 결선 상태 진단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기 결선 불량 진단 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 미리 설정된 기준은 상기 산출된 저항값 중 미리 설정된 범위를 벗어나는 저항값이 있는 것인 것을 특징으로 하는 전동기 결선 불량 진단 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 미리 설정된 기준은 상기 산출된 저항값들의 비율이 미리 설정된 범위를 벗어나는 것인 것을 특징으로 하는 전동기 결선 불량 진단 장치.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 결선 상태 진단부는 상기 복수의 단자 중 일부에 대해 산출된 저항값이 다른 단자에 대해 산출된 저항값보다 큰 경우, 상기 일부 단자쪽의 결선에 불량을 진단하는 전동기 결선 불량 진단 장치.

청구항 5

전동기가 정지하는 경우, 인버터를 이용해 상기 전동기로의 전압 인가를 위한 복수의 단자에 대해 순차적으로 두 단자씩 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가 단계;

상기 순차적 전압 인가 각각에 대해, 전압이 인가된 두 단자를 통해 흐르는 전류를 각각 측정하는 전류 측정 단계; 및

상기 각 인가된 전압, 및 측정된 전류를 이용하여 저항값을 산출하고, 산출된 복수의 저항값들의 관계가 미리 설정된 기준에 해당하는 경우 상기 전동기의 결선 상태가 불량이라고 진단하는 결선 상태 진단 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기 결선 불량 진단 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 미리 설정된 기준은 상기 산출된 저항값 중 미리 설정된 범위를 벗어나는 저항값이 있는 것인 것을 특징으로 하는 전동기 결선 불량 진단 방법.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 미리 설정된 기준은 상기 산출된 저항값들의 비율이 미리 설정된 범위를 벗어나는 것인 것을 특징으로 하는 전동기 결선 불량 진단 방법.

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 복수의 단자 중 일부에 대해 산출된 저항값이 다른 단자에 대해 전압을 인가하여 산출된 저항값보다 큰 경우, 상기 일부 단자쪽의 결선에 불량을 진단하는 결선 단자 확인 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기 결선 불량 진단 방법.

청구항 9

제 5 내지 8항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전기 설비 진단 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 인버터로 구동되는 전동기 시스템의 결선 불량을 진단하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 결선 불량은 전동기 시스템에서 빈번하게 발생하는 문제이며, 고저항 연결(high-resistance electrical connection)이라고도 한다. 결선 불량은 인버터와 전동기 사이의 전기적 접속(joint)이 안정적으로 체결되지 못하였을 때 발생하며, 이는 작업자의 실수나 커넥터(connector)의 느슨한 체결, 접점(contact) 표면의 부식, 산화, 오염 또는 충격 등에 의해 일어난다.

[0003] 일단 결선 불량이 발생하면, 반복적인 열팽창과 수축 및 진동이 접점의 열화를 가속시켜 결선 불량이 더욱 커지게 된다. 또한 열은 접점의 산화를 가속시켜 저항과 온도를 더욱 상승시키며, 결선 불량이 어느 수준을 넘어서게 되면 해당 부위의 국부적인 온도 상승, 전압 불평형 및 스파크(spark)가 발생한다.

[0004] 이 중 접점의 국부적인 온도 상승은 개회로(開回路) 혹은 폐회로(閉回路) 고장을 유발하며, 시스템의 효율을 감소시킨다. 전압 불평형은 전류의 역상성분(逆相成分)을 발생시켜 전동기의 과열과 진동을 발생시키고 효율을 떨어트린다. 또한 접점의 과열과 스파크는 화재 발생의 주된 원인 중 하나이므로 시스템의 신뢰성, 효율성 및 안전성을 위해 결선 불량을 진단하는 것이 매우 중요하다.

[0005] 결선 불량을 진단하는 방법에는 일반적으로 아래와 같이 몇 가지가 있다.

[0006] 1. 저항 불균형을 측정하는 방법은, 전동기가 정지 중일 때 직류 전원을 인가하여 각 상들의 저항을 측정한 뒤, 이들간의 비율 차이를 계산하는 오프라인(off-line) 진단 방법이다.

[0007] 그러나, 이 방법은 측정을 위해 작업자가 전동기 제어반에 일일이 돌아다녀야 하므로 그 실시가 불편하고 안전사고의 위험의 단점이 있다. 더우기, 측정하여야 하는 전동기가 다수일때는 모든 전동기에 대해 계속적으로 측정을 수행할 수 없기 때문에 전동기에 결선 불량 상태에 대한 정보를 실시간으로 빠르게 얻을 수 없다.

[0008] 2. 전압 불평형을 측정하는 방법은, 전동기가 운전 중일 때 상간 전압을 측정하여 이들의 전압 강하로부터 결선 불량 여부를 추정하는 방법이다. 이 방법은 간단하며 저가의 전압계만으로도 적용이 가능하지만, 전동기가 운전 중일 때 전동기 제어반(MCC; motor control center)을 열어야 하기 때문에 전기 충격 등의 위험 요소가 있으며, 작업자가 전동기 제어반에 일일이 돌아다녀야 하는 단점이 있다.

[0009] 3. 적외선 열화상기를 이용하는 방법은, 전동기가 운전 중일 때 적외선 열화상기로 전동기 제어반 내부의 접점들의 온도를 측정하는 방법이다. 결선이 불량하면 해당 부분의 온도가 상승해 적외선 열화상기로 감지가 가능한데, 이 방법은 전압 불평형을 측정하는 방법보다는 상대적으로 안전하지만, 역시 전동기 제어반이 열려 있으므로 위험요소가 존재하며 작업자가 전동기 제어반에 일일이 돌아다녀야 한다. 또한 적외선 열화상기가 고가이며, 각각의 접점들이 작업자의 시야에 잘 들어와야 한다는 조건이 있다.

[0010] 4. 역상 전류를 이용하는 방법은, 전동기가 운전 중일 때 전동기의 전류를 측정해, 이로부터 역상 성분을 계산하여 결선 불량을 추정하는 방법이다. 결선이 불량하면 역상성분의 전류가 증가하는데, 이 방법은 전동기의

매개변수가 필요하고, 역상 성분을 계산함으로써 다른 방법들보다 계산 처리 능력이 많이 요구되는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 작업자가 직접 전동기 시스템에 접근하지 않으면서도 고가의 별도의 장비 없이 용이하고 신속하게 전동기 시스템의 결선 불량을 진단할 수 있는 장치, 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따른 전동기 결선 불량 진단 장치는 전압 인가부, 전류 측정부, 및 결선 상태 진단부를 포함한다. 전압 인가부는 전동기가 정지하는 경우, 인버터를 이용해 전동기로의 전압 인가를 위한 복수의 단자에 대해 순차적으로 두 단자씩 미리 설정된 전압을 인가하고, 전류 측정부는 순차적 전압 인가 각각에 대해, 전압이 인가된 두 단자를 통해 흐르는 전류를 각각 측정하며, 결선 상태 진단부는 각 인가된 전압, 및 측정된 전류를 이용하여 저항값을 산출하고, 산출된 복수의 저항값들의 관계가 미리 설정된 기준에 해당하는 경우 상기 전동기의 결선 상태가 불량이라고 진단한다.

[0013] 이와 같이, 전동기가 정지하는 경우마다 인버터를 이용해 전동기의 결선 불량을 진단함으로써, 고가의 별도 진단 장비 없이도 신속하고 정확하게 전동기 결선 불량을 진단할 수 있게 된다.

[0014] 여기서, 미리 설정된 기준은 산출된 저항값 중 미리 설정된 범위를 벗어나는 저항값이 있는 것일 수도, 산출된 저항값들의 비율이 미리 설정된 범위를 벗어나는 것일 수도 있다.

[0015] 또한, 결선 상태 진단부는 복수의 단자 중 일부에 대해 산출된 저항값이 다른 단자에 대해 산출된 저항값보다 큰 경우, 일부 단자쪽의 결선에 불량을 진단할 수 있다. 이러한 구성은 전동기의 결선의 불량은 물론 불량의 발생 위치까지도 진단할 수 있도록 해준다.

[0016] 아울러, 상기 장치를 방법의 형태로 구현한 발명과 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 매체가 개시된다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 의해, 작업자가 직접 전동기 시스템에 접근하지 않으면서도 고가의 별도의 장비 없이 용이하고 신속하게 전동기 시스템의 결선 불량을 진단할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 전동기 결선 불량 진단 장치의 일 실시예의 개략적인 블록도.

도 2는 인버터로 구동되는 전동기 시스템의 개념도.

도 3은 도 2의 S_1과 S_6의 스위칭을 통해 a상과 b상 사이에 DC 전압을 입력할 때의 등가회로.

도 4는 도 3에서 S_1이 온 상태일 때의 전류 i_{as}의 경로를 나타낸 등가회로.

도 5는 도 3에서 S_1이 오프 상태일 때의 전류 i_{as}의 경로를 나타낸 등가회로.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.

[0020] 도 1은 본 발명에 따른 전동기 결선 불량 진단 장치의 일 실시예의 개략적인 블록도이다.

[0021] 도 1에서, 전동기 결선 불량 진단 장치(100)는 전압 인가부(110), 전류 측정부(120), 및 결선 상태 진단부(130)를 포함한다.

[0022] 전압 인가부(110)는 전동기가 정지하는 경우, 인버터를 이용해 전동기로의 전압 인가를 위한 복수의 단자에 대해 순차적으로 두 단자씩 미리 설정된 전압을 인가하고, 전류 측정부(120)는 순차적 전압 인가 각각에 대해, 전

압이 인가된 두 단자를 통해 흐르는 전류를 각각 측정한다.

[0023] 여기서, 복수의 단자는 3상 전동기에서의 3개의 단자를 의미하고, 순차적으로 두 단자씩 전압을 인가하는 것은 3상 전동기의 a상과 b상, b상과 c상, c상과 a상 사이에 각각 전압을 인가하는 것을 의미한다.

[0024] 또한, 본 실시예에서는 두단자 사이에서 전압을 인가하고 전류를 측정하는 예를 개시하고 있지만, 전류를 인가하고 전압을 측정하는 경우도 동일하게 본 발명의 실시라고 할 것이다.

[0025] 결선 상태 진단부(130)는 각 인가된 전압, 및 측정된 전류를 이용하여 저항값을 산출하고, 산출된 복수의 저항값들의 관계가 미리 설정된 기준에 해당하는 경우 상기 전동기의 결선 상태가 불량이라고 진단한다.

[0026] 여기서, 미리 설정된 기준은 장치의 제작자나 사용자에 의해 장치에 미리 설정된 기준을 의미하는 것으로서, 산출된 저항값 중 미리 설정된 범위를 벗어나는 저항값이 있는 것일 수도, 산출된 저항값들의 비율이 미리 설정된 범위를 벗어나는 것일 수도 있다.

[0027] 이와 같이, 전동기가 정지하는 경우마다 인버터를 이용해 전동기의 결선 불량을 진단함으로써, 고가의 별도 진단 장비 없이도 신속하고 정확하게 전동기 결선 불량을 진단할 수 있게 된다.

[0028] 또한, 결선 상태 진단부(130)는 복수의 단자 중 일부에 대해 전압을 인가하는 경우 산출된 저항값이 다른 단자에 대해 산출된 저항값보다 큰 경우, 일부 단자쪽의 결선에 불량을 진단할 수 있다. 이러한 구성은 전동기의 결선의 불량은 물론 불량의 발생 위치까지도 진단할 수 있도록 해준다.

[0029] 이하, 보다 구체적인 예를 들어 도 1의 결선 상태 진단 장치를 보다 상세하게 설명한다.

[0030] 도 2는 인버터로 구동되는 전동기 시스템의 개념도이다. 도 2에서 정류기는 AC전원을 입력 받아 DC전원으로 바꾸며, 이 DC전원은 스위칭 소자 S_1~S_6을 통해 임의의 주파수를 가지는 AC 전원으로 바뀐다. 전류 센서는 인버터의 출력단에 흐르는 전류를 측정하며 이 값은 컨트롤러에 입력된다. 컨트롤러는 여러 종류의 마이컴이 사용될 수 있으며, 입력 받은 전류값과 지령 속도/토크 등을 이용하여 일련의 연산 과정을 거친 뒤 스위칭 소자의 온/오프 신호를 발생시키고, 이를 게이트 드라이버로 출력한다.

[0031] 도 2의 커넥터는 인버터의 출력단과 전동기의 입력단을 전기적으로 연결하며, 이상적인 경우에는 커넥터의 저항이 0이 되어야 하지만, 작업자의 실수나 커넥터의 느슨한 체결, 접점 표면의 부식, 산화, 오염 또는 충격 등에 의해 저항이 증가하게 된다. 도 2의 R_{HR}이 비정상적으로 증가한 저항이다.

[0032] 본 실시예에서는 전동기가 멈추었을 때마다, 인버터 스위칭을 이용하여 전동기의 입력단에 임의의 전압을 걸고 이때 흐르는 전류를 측정하여 저항을 측정한다. 하지만, 설정에 따라 전동기가 멈추었을 때마다 매번 실시하지 않을 수도 있다.

[0033] 예를 들어 스위치 S_1과 S_6을 일정한 듀티비로 유니폴라(unipolar) 스위칭 시켜 전동기의 a상과 b상 사이에 DC전압을 인가한다. 이때 전동기의 a상 고정자 권선에 흐르는 전류 i_{as}를 측정하여 a상과 b상의 저항 R_{ab}를 구할수 있으며, 비슷한 방법으로 R_{bc}와 R_{ca}를 구할 수 있다.

[0034] 상기한 DC전압 입력 방법 외에 바이폴라(bipolar) 스위칭 등을 통해 AC전압을 입력한 뒤 이에 대응하는 R_{ab}, R_{bc}, R_{ca}값들로부터 결선 불량을 진단할 수도 있다.

[0035] 실제로 인버터의 스위칭 소자는 모두 내부 저항을 가지고 있어 스위치 온 상태에서도 스위칭 소자에 일부 전압이 걸리게 된다. 또한 스위치 오프 상태에서는 프리휠링 다이오드(freewheeling diode)를 통하여 역방향으로 걸리는 전류를 흘려 스위칭 소자를 보호한다. 그러므로 결선 불량 진단을 위해 고저항을 산출할 경우 스위칭 소자의 이러한 순방향 전압 강하(forward voltage drop) 특성을 고려하면 좀 더 정확한 진단이 가능하다.

[0036] 도 3은 도 2의 S_1과 S_6의 스위칭을 통해 a상과 b상 사이에 DC 전압을 입력할 때의 등가회로이다.

[0037] 도 3에서는 스위칭 소자와 프리휠링 다이오드의 순방향 전압 강하도 고려되었다.

[0038] 도 4는 도 3에서 S_1이 온 상태일 때의 전류 i_{as}의 경로를 나타낸 등가회로이고, 도 5는 도 3에서 S_1이 오프 상태일 때의 전류 i_{as}의 경로를 나타낸 등가회로이다.

[0039] 스위칭 소자의 순방향 전압 강하를 $V_{ce,on}$, 프리휠링 다이오드의 순방향 전압 강하를 V_{ak}, S_1의 온/오프 비율인 듀

티비를 D라고 할 때, DC값으로 표현된 R_{ab}는 다음과 같다.

[0040] $$R_{ab} = 0.5 * [(V_{DC} - 2V_{ce,on})D + (-V_{ce,on} - V_{ak})(1-D)] / I_{as}$$ (식1)

[0041] 그러므로 스위칭 소자의 순방향 전압 강하, 프리휠링 다이오드의 순방향 전압 강하, 듀티비를 알 수 있는 경우, 식1을 이용하여 R_{ab}를 좀 더 정확하게 구할 수 있으며, R_{bc}와 R_{ca}도 비슷한 방법으로 구할 수 있다.

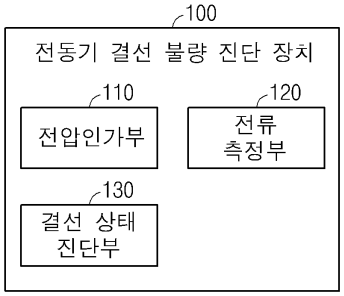
[0042] 고정자 저항을 R_s라 하고 도1과 같이 R_{HR}이 a상에 있는 경우 $R_{ab} = R_{HR}+2R_s$, $R_{bc} = 2R_s$, $R_{ca} = R_{HR}+2R_s$가 되므로 앞서 산출한 R_{ab}, R_{bc}, R_{ca}로부터 R_{HR}을 구할 수 있다. 이렇게 산출된 R_{HR}값이 미리 지정된 값을 넘어서는 경우 결선 불량인 것으로 진단할 수 있다.

[0043] 또는 R_{ab}, R_{bc}, R_{ca}값들이 모두 동일해야 하나 결선 불량의 영향으로 일부가 변하였을 때, 세 값의 비율이 달라지게 되며, 이 비율이 미리 지정된 값을 넘어서는 경우 결선 불량인 것으로 진단할 수 있다.

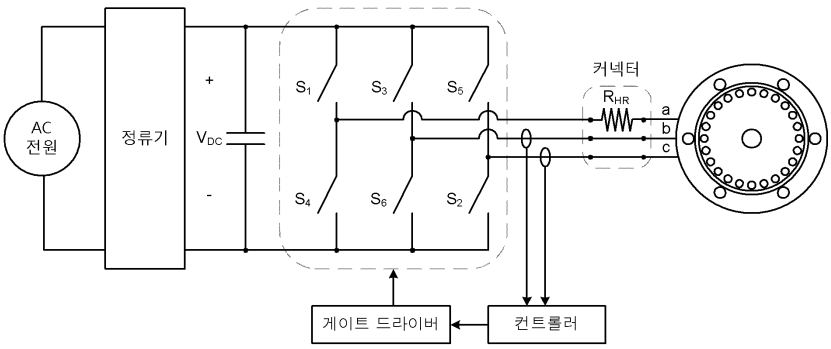
[0044] 본 발명이 비록 일부 바람직한 실시예에 의해 설명되었지만, 본 발명의 범위는 이에 의해 제한되어서는 아니 되고, 특허청구범위에 의해 뒷받침되는 상기 실시예의 변형이나 개량에도 미쳐야 할 것이다.

도면

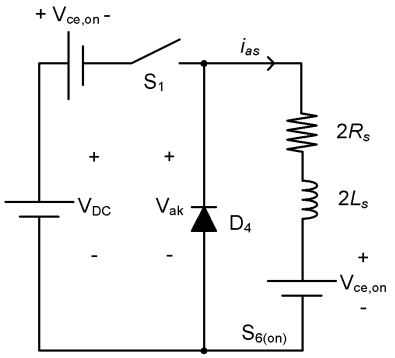
도면1



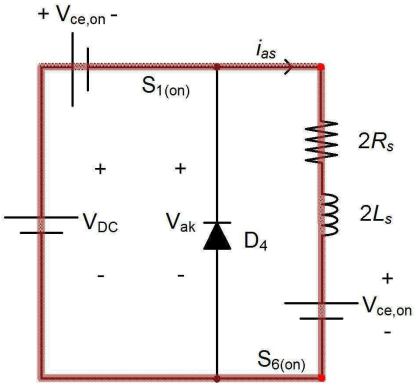
도면2



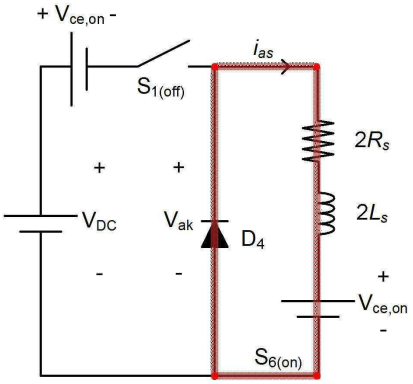
도면3


+ Vce,on -
S1
ias
2Rs
2Ls
VDC
Vak
D4
+
Vce,on
-
S6(on)

도면4


+ Vce,on -
S1(on)
ias
2Rs
2Ls
VDC
Vak
D4
+
Vce,on
-
S6(on)

도면5


+ Vce,on -
S1(off)
ias
2Rs
2Ls
VDC
Vak
D4
+
Vce,on
-
S6(on)