



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0100058
(43) 공개일자 2016년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 27/08 (2006.01) G01R 31/26 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G01R 27/08 (2013.01)
G01R 31/26 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0022542
(22) 출원일자 2015년02월13일
심사청구일자 2015년02월13일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)
(72) 발명자
성상만
충남 천안시 서북구 시청로 39 101-401
(74) 대리인
이한옥, 이성준

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치 및 그 방법

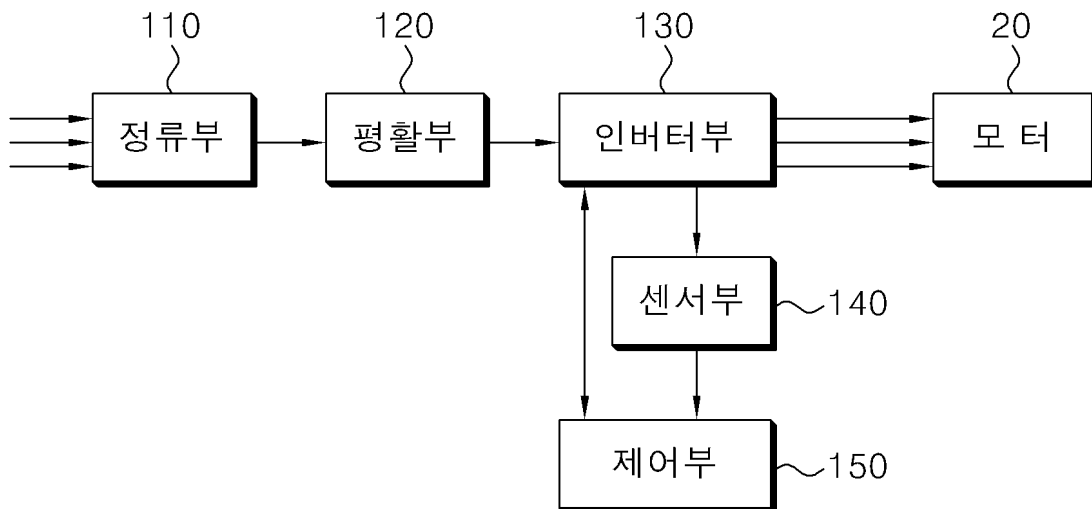
(57) 요약

본 발명은 인버터에서 사용되는 스위칭소자인 트랜지스터가 스위칭 온(On) 될 때의 저항값을 추정하여 인버터의 고장을 검출하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치 및 그 방법에 관한 것으로, 입력되는 3상 교류전원을 정류회로를 이용하여 입력직류전원으로 변환하는 정류부와, 상기 정류부의 정류회로에 접속하여

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2

100



정류된 직류 중에 포함된 리플을 제거하는 평활부와, 상기 평활부에서 출력되는 직류전압을 다시 임의의 주파수와 전압을 갖는 3상 교류전압으로 변환하는 인버터부와, 전류 센서와 전압 센서 중 어느 하나 이상으로 이루어진 센서가 상기 인버터부에 장착되어 모터로 입력되는 상전류와 상전압 중 어느 하나 이상을 검출하는 센서부 및 상기 센서부에서 검출된 전류와 전압 중 어느 하나 이상의 수치를 이용하여 스위칭소자인 트랜지스터의 온(On) 저항값을 구하고 그 고장 여부를 판단하는 제어부를 포함하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치 및 그 방법을 제공한다.

명세서

청구범위

청구항 1

입력되는 3상 교류전원을 정류회로를 이용하여 입력직류전원으로 변환하는 정류부;

상기 정류부의 정류회로에 접속하여 정류된 직류 중에 포함된 리플을 제거하는 평활부;

상기 평활부에서 출력되는 직류전압을 다시 기설정된 주파수와 전압을 갖는 3상 교류전압으로 변환하는 인버터부;

전류 센서와 전압 센서 중 어느 하나 이상으로 이루어진 센서가 상기 인버터부에 장착되어 모터로 입력되는 상 전류와 상전압 중 어느 하나 이상을 검출하는 센서부; 및

상기 센서부에서 검출된 전류와 전압 중 어느 하나 이상의 수치를 이용하여 스위칭소자인 트랜지스터의 온(On) 저항값을 구하고 그 고장 여부를 판단하는 제어부;를 포함하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 인버터부는,

복수의 스위칭소자와 전류 검출용 저항으로 이루어진 것을 특징으로 하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는,

상기 인버터부에 접속하여 온(On)되는 스위칭소자인 트랜지스터를 식별하는 온(On) 트랜지스터 식별부와, 상기 센서부로부터 모터로 입력되는 상전류와 상전압 중 어느 하나 이상을 수신하여 전류/전압을 계산하는 전류/전압 계산부와, 계산된 전류/전압 수치를 바탕으로 트랜지스터의 온(On) 저항값을 계산하는 온(On) 저항 계산부 및 상기 온(On) 저항 계산부의 수치를 바탕으로 스위칭소자인 트랜지스터의 고장 여부를 판단하는 고장 진단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 온(On) 트랜지스터 식별부는,

상기 제어부의 스위칭 명령을 넘겨받거나 스위칭신호를 측정함으로써 온(On) 트랜지스터를 식별하거나,

모터의 위치 측정값을 이용하여 온(On) 트랜지스터를 식별하는 것을 특징으로 하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 전류/전압 계산부는,

상기 센서부에 전압 센서 및 전류 센서를 모두 구비한 후 상기 인버터부에 장착하여 전압 센서 및 전류 센서의 값을 모두 사용하거나,

상기 센서부에 전압 센서 또는 전류 센서 어느 하나만을 구비한 후 상기 인버터부에 장착하여 전압 센서 또는 전류 센서의 어느 하나의 값을 사용하여 모터로 입력되는 각 상의 전압 및 전류를 계산해내는 것을 특징으로 하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 전류/전압 계산부는,

상기 센서부에 전압 센서 또는 전류 센서 어느 하나만을 구비한 후 상기 인버터부에 장착하여 전압 센서 또는 전류 센서의 어느 하나의 값을 사용하여 모터로 입력되는 각 상의 전압 및 전류는 수학적

$$V_{jn} = R_s i_j + \frac{d\lambda_j}{dt} \quad (j=a,b,c)$$

(여기서, V_{jn} 는 중성점을 기준으로 한 j상의 전압, R_s 는 모터 코일 저항, 그리고 λ_j 는 j상의 쇠교자속임)을 이용하여 산출하는 것을 특징으로 하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 온(On) 저항 계산부는,

$$R_{1on} = \frac{V_{dc} - V_a}{I_a}, R_{3on} = \frac{V_{dc} - V_b}{I_b}, R_{5on} = \frac{V_{dc} - V_c}{I_c}$$

$$R_{2on} = -\frac{V_a}{I_a}, R_{4on} = -\frac{V_b}{I_b}, R_{6on} = -\frac{V_c}{I_c}$$

수학적 (여기서, R_{ion} 은 트랜지스터 Q_i 의 온(On) 저항, V_{dc} 는 입력직류전원, V_a, V_b, V_c 는 각 상전압, i_a, i_b, i_c 는 에 각 상전류임)의해서 온(On) 트랜지스터의 저항값을 계산하는 것을 특징으로 하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 고장 진단부는,

상기 트랜지스터의 온(On) 저항값이 일정 범위의 기설정된 트랜지스터의 온(On) 저항값보다 작거나 크면 상기 트랜지스터에 이상이 있다고 판정하는 것을 특징으로 하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치.

청구항 9

온(On) 트랜지스터를 식별하고 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 검출하는 단계;

센서부에 의해 산출된 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 바탕으로 전류/전압 전류부가 인버터부의 각 상의 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 계산하는 각 상의 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 계산하는 단계;

상기 전류/전압 계산부가 산출한 각 상의 전류값 및 전압값을 이용하여 온(On) 저항 계산부가 상기 온(On) 트랜지스터의 저항값을 계산하는 단계;

산출된 상기 온(On) 트랜지스터의 저항값을 기설정된 범위의 온(On) 트랜지스터값과 비교하여 작거나 크면 다음 단계로 진행하고 그렇지 않으면 처음 단계로 돌아가는 기설정된 온(On) 트랜지스터값과 비교하는 단계; 및

이전 단계에서 온(On) 트랜지스터의 저항값이 기설정된 값의 범위를 초과하게 되면 스위칭 소자인 트랜지스터에 고장이 발생된 것으로 판단하는 스위칭 고장 판단 단계(S250)를 포함하는 특징으로 하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 인버터에서 사용되는 스위칭소자인 트랜지스터가 스위칭 온(On) 될 때의 저항값을 추정하여 인버터의 고장을 검출하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 인버터의 의미는 직류(DC)전원을 교류(AC)전원으로 변환하는 전원변환장치를 말하지만, 일반적으로는 교류(AC)전원의 전압 및 주파수를 제어하기 위한 전력변환장치를 통칭하는 것으로 주로 모터제어에 사용된다.
- [0003] 도 1은 일반적인 인버터의 회로도를 개략적으로 나타낸 도면으로서, 일반적인 인버터(10)는 3상 교류전원을 직류전원으로 변환하여 공급하는 전원공급부(11)와, 전원공급부(11)로부터 출력되는 직류전압의 맥동성분을 평활화하는 평활부(12)와, 평활부(12)에서 출력되는 직류전압을 교류전압으로 변환하여 모터(20)에 제공하는 인버터부(13)로 이루어진다.
- [0004] 전원공급부(11)는 다이오드 소자 등과 같은 전력용 반도체가 사용되어 구성되고, 평활부(12)는 캐패시터로 구성되며, 인버터부(13)는 스위칭소자가 연결되어 사용된다. 여기서 스위칭소자들을 온/오프(On/Off)하는 타이밍을 달리하면 모터에 공급되는 3상 전력의 전압 및 전류가 달라지고 이에 따라 BLDC 모터, PMSM 모터 또는 IM 모터 등 대부분의 모터에 있어서 회전 속도와 같은 제어를 할 수 있게 된다.
- [0005] 한편, 이러한 인버터(10)에 고장이 발생하면 모터(20) 제어가 어려워지고 이와 같이 모터(20) 제어가 어려워지면 모터(20)가 장착된 시스템 전반에 고장을 일으키게 된다. 이것은 인버터(10)의 고장만으로도 시스템 전반에 경제적인 손실 및 안전상에 심각한 문제를 가져오게 되는 결과를 낳게 된다.
- [0006] 특히, 인버터(10)는 여러 가지 소자로 이루어져 있기 때문에 고장이 발생하면 이를 육안으로 식별할 수 없어 고장 부위를 검출하는데 어려움이 있다. 특히 전기자동차와 같이 모터 구동시스템이 다른 부품들과 연계되어 동작할 경우, 고장원인을 밝히는 과정이 더욱 복잡해지므로 고장의 정확한 규명이 어렵다.
- [0007] 그리고 인버터(10) 중에서도 인버터부(20)의 스위칭소자가 고장 발생율이 가장 높다. 때문에 인버터(10)의 고장을 체크하기 위하여 주로 스위칭소자의 이상여부를 체크하게 되고, 스위칭소자의 이상여부 체크 방법은 스위칭소자 각각의 저항을 측정하여 판단하는 방법을 사용하였다.
- [0008] 그런데 이러한 종래의 인버터 고장검출 방법은 스위칭소자가 과전류 등에 의해 스위칭소자의 내부가 단락이 되면 저항값이 '0'에 가까워지고, 과전류에 의해 오픈현상이 일어나게 되면 저항값이 무한대에 가까워지는 현상에 착안한 것이다.
- [0009] 하지만 이러한 인버터 고장검출 방법은 스위칭소자가 완전히 고장이 나야 비로소 시스템을 멈추고 시스템을 검사하여 고장을 검출하는 방법이므로 스위칭소자가 약간의 고장이 발생하여 시스템이 여전히 작동할 때에는 고장을 알 수 없다는 문제점이 있다.

[0010] 관련 선행기술로는 한국등록특허 10-0566437호(공개일: 2006. 03. 31)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 인버터에 전류 센서와 전압 센서 중 어느 하나 이상으로 이루어진 센서를 장착하고 인버터에 사용되는 스위칭소자인 트랜지스터가 스위칭 온(On)이 되는 시점의 트랜지스터 온(On) 저항값을 추정하여 트랜지스터의 단락 또는 오픈 고장이 발생한 경우뿐만 아니라 트랜지스터에 약간의 고장이 발생하여 트랜지스터 온(On) 저항값이 변할 때에도 고장을 민감하게 검출할 수 있는 트랜지스터 온(On) 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0012] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않는다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치는, 입력되는 3상 교류전원을 정류회로를 이용하여 입력직류전원으로 변환하는 정류부와, 상기 정류부의 정류회로에 접속하여 정류된 직류 중에 포함된 리플을 제거하는 평활부와, 상기 평활부에서 출력되는 직류전압을 다시 임의의 주파수와 전압을 갖는 3상 교류전압으로 변환하는 인버터부와, 전류 센서와 전압 센서 중 어느 하나 이상으로 이루어진 센서가 상기 인버터부에 장착되어 모터로 입력되는 상전류와 상전압 중 어느 하나 이상을 검출하는 센서부 및 상기 센서부에서 검출된 전류와 전압 중 어느 하나 이상의 수치를 이용하여 스위칭소자인 트랜지스터의 온(On) 저항값을 구하고 그 고장 여부를 판단하는 제어부를 포함할 수 있다.

[0014] 구체적으로, 상기 인버터부는, 복수의 스위칭소자와 전류 검출용 저항으로 이루어진 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 구체적으로, 상기 제어부는, 상기 인버터부에 접속하여 온(On)되는 스위칭소자인 트랜지스터를 식별하는 온(On) 트랜지스터 식별부와, 상기 센서부로부터 모터로 입력되는 상전류와 상전압 중 어느 하나 이상을 수신하여 전류/전압을 계산하는 전류/전압 계산부와, 계산된 전류/전압 수치를 바탕으로 트랜지스터의 온(On) 저항값을 계산하는 온(On) 저항 계산부 및 상기 온(On) 저항 계산부의 수치를 바탕으로 스위칭소자인 트랜지스터의 고장 여부를 판단하는 고장 진단부를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 구체적으로, 상기 온(On) 트랜지스터 식별부는, 상기 제어부의 스위칭 명령을 넘겨받거나 스위칭신호를 측정함으로써 온(On) 트랜지스터를 식별하거나, 모터의 위치 측정값을 이용하여 온(On) 트랜지스터를 식별하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 구체적으로, 상기 전류/전압 계산부는, 상기 센서부에 전압 센서 및 전류 센서를 모두 구비한 후 상기 인버터부에 장착하여 전압 센서 및 전류 센서의 값을 모두 사용하거나, 상기 센서부에 전압 센서 또는 전류 센서 어느 하나만을 구비한 후 상기 인버터부에 장착하여 전압 센서 또는 전류 센서의 어느 하나의 값만을 사용하여 모터로 입력되는 각 상의 전압 및 전류를 계산해내는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 구체적으로, 상기 전류/전압 계산부는, 상기 센서부에 전압 센서 또는 전류 센서 어느 하나만을 구비한 후 상기 인버터부에 장착하여 전압 센서 또는 전류 센서의 어느 하나의 값만을 사용하여 모터로 입력되는 각 상의 전압

및 전류는 수학적 $V_{jn} = R_s i_j + \frac{d\lambda_j}{dt} \quad (j=a, b, c)$ (여기서, V_{jn} 는 중성점을 기준으로 한 j상의 전압, R_s 는 모터 코일 저항, 그리고 λ_j 는 j상의 쇠교자속임)을 이용하여 산출하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0019] 구체적으로, 상기 온(On) 저항 계산부는,

$$R_{1on} = \frac{V_{dc} - V_a}{I_a}, R_{3on} = \frac{V_{dc} - V_b}{I_b}, R_{5on} = \frac{V_{dc} - V_c}{I_c}$$

[0020] 수학적 $R_{2on} = -\frac{V_a}{I_a}, R_{4on} = -\frac{V_b}{I_b}, R_{6on} = -\frac{V_c}{I_c}$ (여기서, R_{ion} 은 트랜지스터 Q_i 의 온

(On) 저항, V_{dc} 는 입력직류전원, V_a, V_b, V_c 는 각 상전압, i_a, i_b, i_c 는 에 각 상전류임)의해서 온(On) 트랜지스터의 저항값을 계산하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0021] 구체적으로, 상기 고장 진단부는, 상기 트랜지스터의 온(On) 저항값이 일정 범위의 기설정된 트랜지스터의 온(On) 저항값보다 작거나 크면 상기 트랜지스터에 이상이 있다고 판정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 구체적으로, 온(On) 트랜지스터를 식별하고 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 검출하는 단계와, 센서부에 의해 산출된 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 바탕으로 전류/전압 전류부가 인버터부의 각 상의 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 계산하는 각 상의 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 계산하는 단계와, 상기 전류/전압 계산부가 산출한 각 상의 전류값 및 전압값을 이용하여 온(On) 저항 계산부가 상기 온(On) 트랜지스터의 저항값을 계산하는 단계와, 산출된 상기 온(On) 트랜지스터의 저항값을 기설정된 범위의 온(On) 트랜지스터값과 비교하여 작거나 크면 다음 단계로 진행하고 그렇지 않으면 처음 단계로 돌아가는 기설정된 온(On) 트랜지스터값과 비교하는 단계 및 이전 단계에서 온(On) 트랜지스터의 저항값이 기설정된 값의 범위를 초과하게 되면 스위칭 소자인 트랜지스터에 고장이 발생된 것으로 판단하는 스위칭 고장 판단 단계(S250)를 포함하는 특징으로 하는 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출방법을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 인버터의 스위칭소자인 트랜지스터의 온(On) 저항값을 추정하여 인버터의 고장을 검출하기 때문에, 트랜지스터의 단락 또는 오픈 고장이 발생한 경우뿐만 아니라 트랜지스터에 약간의 고장이 발생하여 트랜지스터 온(On) 저항값이 변할 때에도 고장을 민감하게 검출할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 일반적인 인버터의 회로도를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치를 개략적으로 나타낸 블록도이다.

도 3은 도 2에 도시된 제어부를 나타낸 블록도이다.

도 4는 인버터의 트랜지스터가 온(On) 되었을 때 트랜지스터의 전압/전류 특성 곡선을 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출방법을 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 어느 곳에서든지 동일한 부호로 표시한다. 또한 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0026] 먼저, 도 1의 일반적인 인버터의 회로도에서 도시된, 전원공급부(11), 평활부(12), 인버터부(13) 및 모터(20)는 본 발명의 정류부(110), 평활부(120), 인버터부(130) 및 모터(20)에 각각 대응하며 동일한 구성을 갖는다. 특히, 입력직류전원(V_{dc}), 캐패시터(C), 스위칭소자(Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6), 전류 검출용 저항(R_{ct}), 상 전압(V_a, V_b, V_c) 및 상 전류(i_a, i_b, i_c)에 사용되는 기호는 이하의 설명에서 동일하게 사용하기로 한다.

[0027] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치를 개략적으로 나타낸 블록도로서, 인버터의 고장검출장치(100)는 정류부(110), 평활부(120), 인버터부(130), 센서부(140), 제어부(150) 및 모터(20)를 포함한다.

[0028] 정류부(110)는, 입력되는 3상 교류전원을 정류회로를 이용하여 입력직류전원(V_{dc})으로 변환한다. 일반적으로 모터의 회전속도를 제어하기 위해서는 모터에 입력되는 전원의 주파수를 변환하여야 한다. 그런데 상용전원은 단

상의 교류전원이어서 주파수가 불변이기 때문에 교류전원을 직류전원으로 변환하여 주파수를 바꾸고 다시 교류전원으로 환원하여 모터(20)로 입력하게 된다. 때문에 정류부(110)가 인버터부(130)로 입력될 입력직류전원을(V_{dc}) 생성하게된다. 그리고 보통 상용 교류전원을 직류전원으로 변환하는 정류부(110)에는 pn-접합의 다이오드를 사용한 실리콘 정류기가 많이 쓰인다.

- [0029] 평활부(120)는, 정류부(110)의 정류회로에 접속하여 정류된 직류 중에 포함된 리플을 제거하는 역할을 하며 직류를 통하여 교류를 저지하는 일종의 필터 회로로 이루어진다. 즉, 높은 전압은 낮추어 주고, 낮은 전압은 높여서 일정한 전압을 유지할 수 있도록 한다. 평활부(120)에는 주로 캐패시터(C)가 사용된다.
- [0030] 인버터부(130)는, 평활부(120)에서 출력되는 직류전압을 다시 임의의 주파수와 전압을 갖는 3상 교류전압으로 변환하여 모터(20)에 제공한다. 인버터부(130)에서 직류전원을 교류전원으로 바꾸는 역할을 하는 스위칭소자(Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6)로는 전계효과 트랜지스터(FET)나 스위칭소자로서 특성이 우수한 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT)가 사용될 수 있다. 물론 스위칭 소자가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0031] 그리고 인버터부(130)에는 각 상에 해당하는 전류를 검출하기 위한 전류 검출용 저항(R_{ct}) 3개가 더 포함될 수 있다. 장작 위치는 3상 교류전원을 생성하기 위해 각 상에 해당하는 스위칭소자인 Q1와 Q2, Q3와 Q4 및 Q5와 Q6의 하위에 각각 장착될 수 있다.
- [0032] 센서부(140)는, 전류 센서와 전압 센서 중 어느 하나 이상으로 이루어진 센서가 인버터부(130)에 장착되어 모터(20)로 입력되는 상전류와 상전압 중 어느 하나 이상을 검출하여 제어부(150)로 전송함으로써 제어부(150)가 인버터부(130)의 스위칭소자인 트랜지스터가 온(On)되는 시점에 트랜지스터의 온(On) 저항값을 추정할 수 있도록 한다.
- [0033] 제어부(150)는, 인버터부(130)에 접속하여 온(On)되는 스위칭소자인 트랜지스터를 식별하는 온(On) 트랜지스터 식별부(151)와, 센서부(140)로부터 모터(20)로 입력되는 상전류와 상전압 중 어느 하나 이상을 수신하여 전류/전압을 계산하는 전류/전압 계산부(153)와, 계산된 전류/전압 수치를 바탕으로 온(On)되는 스위칭소자인 트랜지스터의 온(On) 저항값을 계산하는 온(On) 저항 계산부(155) 및 온(On) 저항 계산부(155)의 수치를 바탕으로 스위칭소자인 트랜지스터의 고장 여부를 판단하는 고장 진단부(157)를 포함한다(도 3 참조).
- [0034] 온(On) 트랜지스터 식별부(151)는, 어떤 시점에서 어느 트랜지스터가 온(On)이 되는지를 식별하는데, 이러한 식별 방법은 두 가지 방법으로 구성될 수 있다.
- [0035] 첫째는, 제어부(150)의 트랜지스터 스위칭 명령을 관찰하는 방법으로서, 제어부(150)의 제어 소프트웨어로부터 스위칭 명령을 넘겨받거나 트랜지스터에 연결된 스위칭신호를 측정하는 방법이 그것이다. 둘째는, 모터(20)의 위치 측정값을 이용하는 방법으로서, 통상적으로 모터(20)를 구동할 때는 현재 회전 위치로부터 어느 트랜지스터를 온(On)할지를 결정하기 때문에 모터(20)의 회전 위치를 알면 온(On)이 되는 트랜지스터를 식별할 수 있다.
- [0036] 이와 같이 어떤 시점에서 어느 트랜지스터가 온(On) 되는지를 알아야 인버터부(130)의 스위칭소자인 각각의 트랜지스터들의 온(On) 저항값을 구할 수 있다.
- [0037] 전류/전압 계산부(153)는, 모터(20)로 입력되는 각 상의 전압 및 전류를 계산해낸다. 그런데, 각 상의 전압 및 전류는 모터(20)를 구동할 때 시간에 따라 계속 변하는 값이므로 측정 혹은 계산으로 구해야 하며, 그 계산 방법으로는 두 가지 방법이 사용될 수 있다.
- [0038] 첫째는, 센서부(140)에 전압 센서 및 전류 센서를 모두 구비한 후 인버터부(130)에 장착하여 전압 센서 및 전류 센서의 값을 모두 사용하는 방법이다. 센서부(140)의 전압 센서는 각 상의 스위칭소자들이 장착된 라인에 연결되어 직접 각 상의 전압을 측정하고 이를 제어부(150)가 전송받아 검출해낸다. 다만 전류를 측정하는 방법은 전압 측정과 마찬가지로 센서부(140)의 전류 센서로부터 직접 측정하는 방법을 사용하거나, 또는 각각의 전류 검출용 저항(R_{ct})에 흐르는 전류를 이용하여 각 상에 공급되는 전류를 계산하는 방법이 있다.
- [0039] 둘째는, 센서부(140)에 전압 센서 또는 전류 센서 어느 하나만을 구비한 후 인버터부(130)에 장착하여 전압 센서 또는 전류 센서의 어느 하나의 값만을 사용하는 방법이다. 그런 후에 모터 구동 방정식인 수학식 1을 이용하여 전압 센서 또는 전류 센서 중 어느 하나가 측정하지 않은 전압 또는 전류 값을 계산하는 방법이다.

수학식 1

$$V_{jn} = R_s i_j + \frac{d\lambda_j}{dt} \quad (j=a, b, c)$$

[0040]

[0041]

여기에서 V_{jn} 는 중성점(neutral point)을 기준으로 한 j상의 전압, R_s 는 모터 코일 저항, 그리고 λ_j 는 j상의 쇠교자속(magnetic flux linkage)이다. V_{jn} 는 각 상의 전압 V_j 와 각 상의 전압 평균의 차이로부터 구할 수 있고, λ_j 는 모터의 종류에 따라 조금씩 다르게 표현되지만 각 상의 전압과 전류에 대한 함수로 표현되므로 이러한 함수로부터 계산될 수 있다. 그러므로 모터 구동 방정식인 수학식 1을 이용하면 전압 센서 측정값만을 가지고서도 각 상의 전류를 계산할 수 있고, 역으로 전류 센서 측정값만을 가지고서도 각 상의 전압을 계산할 수 있다.

[0042]

이상과 같이 센서부(140)에서 각 상의 전압과 전류 중 어느 하나 이상을 측정한 값을 제어부(150)가 검출하면 전류/전압 계산부(153)는 각 상에 해당하는 전압과 전류를 계산할 수 있게 된다.

[0043]

온(On) 저항 계산부(155)는, 온(On) 트랜지스터 식별부(151)에서 식별된 온(On) 트랜지스터에 대하여 전류/전압 계산부(153)가 계산한 전류값과 전압값을 이용하여 트랜지스터가 온(On)되는 시점에서의 저항값을 추정한다.

[0044]

온(On) 저항 계산부(155)가 온(On) 저항을 계산하는 방법은 아래와 같다.

[0045]

도 4는 인버터의 트랜지스터가 온(On) 되었을 때 트랜지스터의 전압/전류 특성 곡선을 나타낸 그래프이다. 여기서 스위칭소자인 트랜지스터가 전계 효과 트랜지스터(FET)일 때와, 접합형 트랜지스터(BJT)인 경우(도 4의 괄호부분)를 동시에 나타내었다.

[0046]

한편 전계 효과 트랜지스터(FET)인 경우 온(On) 저항(R_{on})은 다음의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{on} = \frac{V_{DS}}{I_D}$$

[0047]

[0048]

수학식 2에서 V_{ds} 는 전계 효과 트랜지스터의 드레인-소스 간 전압을 나타내고, I_{ds} 는 전계 효과 트랜지스터의 드레인에 흐르는 전류를 나타낸다.

[0049]

이어서 접합형 트랜지스터인 경우 온(On) 저항(R_{on})은 다음의 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$R_{on} = \frac{V_{CE}}{I_C}$$

[0050]

- [0051] 수학식 3에서 V_{ce} 는 접합형 트랜지스터의 컬렉터-이미터 간 전압을 나타내고, I_c 는 전계 효과 트랜지스터의 컬렉터에 흐르는 전류를 나타낸다.
- [0052] 도 4에 나타난 트랜지스터의 전압/전류 특성 곡선 그래프 및 수학식 2 또는 수학식 3을 참조하면 인버터부(130)에서 하나의 상에 연결된 상부 트랜지스터(Q1,Q3,,Q5) 및 하부 트랜지스터(Q2,Q4,Q6)는 과전류 방지를 위해 동시에 온(On) 되지는 않는다는 사실을 이용하면 인버터부(130)의 스위칭소자인 각각의 트랜지스터(Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6)들의 온(On) 저항은 아래의 수학식 4와 같이 계산할 수 있다.

수학식 4

$$R_{1on} = \frac{V_{dc} - V_a}{I_a}, R_{3on} = \frac{V_{dc} - V_b}{I_b}, R_{5on} = \frac{V_{dc} - V_c}{I_c}$$

$$R_{2on} = \frac{V_a}{I_a}, R_{4on} = \frac{V_b}{I_b}, R_{6on} = \frac{V_c}{I_c}$$

- [0053]
- [0054] 수학식 4에서 R_{ion} 은 트랜지스터 Q_i 의 온(On) 저항을 나타낸다. 또한 V_{dc} 는 인버터부(130)에 입력되는 입력직류 전원이므로 기설정된 값으로서 미리 인지된 값이다. 그리고 상 전압(V_a, V_b, V_c) 및 상 전류(i_a, i_b, i_c)는 상술한 바와 같이 전류/전압 계산부(153)에서 계산된다. 이상을 종합하여 온(On) 저항 계산부(155)는 인버터부(130)의 스위칭소자인 트랜지스터가 온(On)되는 시점에서의 저항값을 계산할 수 있게 된다.
- [0055] 고장 진단부(157)는, 온(On) 저항 계산부(155)가 계산한 트랜지스터의 온(On) 저항값에 의하여 스위칭소자인 트랜지스터의 고장여부를 판별하게 된다. 즉, 온(On) 저항 계산부(155)가 계산한 트랜지스터의 온(On) 저항값이 일정 범위의 기설정된 트랜지스터 온(On) 저항값보다 작거나 크면 트랜지스터에 이상이 있음을 판정하는 것으로서, 추정된 트랜지스터의 온(On) 저항값이 기설정된 값을 벗어나 '0'에 가까울수록 단락 고장에 가까운 것이고, 추정된 트랜지스터의 온(On) 저항값이 기설정된 값을 벗어나 무한대에 가까울수록 스위칭 소자인 트랜지스터가 오픈(Open), 달리 말해서 단선에 의한 고장에 가까운 것이다.
- [0056] 여기서 기설정되는 일정 범위의 값은 일반적으로 사용된 트랜지스터 규격에 따른 온(On) 저항값에 따를 수 있는데, 이외에도 적절한 범위의 값을 사용자가 설정함으로써 약간의 고장이 발생하여 트랜지스터의 온(On) 저항값이 변하더라도 전체 인버터 시스템을 고려하면 고장 진단부(157)가 고장 내지 경고라고 판단할 수 있게 할 수 있다.
- [0057] 한편, 인버터의 고장검출장치(100)는, 고장 진단부(157)에서 판단된 결과들을 외부로 표시할 수 있도록 하는 표시장치, 경고를 발할 수 있는 경고장치 또는 수시로 고장 진단부(157)의 판단된 결과들을 기록하고 저장할 수 있는 기록매체 등을 더 포함할 수 있음은 당연하다(미도시).
- [0058] 또한, 인버터의 고장검출장치(100)의 제어부(150)가 고장 진단부(157)의 판단된 결과들을 각종 유무선 통신 방법을 사용하여 외부로 출력할 수도 있다.
- [0059] 그리고 인버터의 고장검출장치(100)의 제어부(150)의 온(On) 트랜지스터 식별부(151)와, 전류/전압 계산부(153)와, 온(On) 저항 계산부(155) 및 고장 진단부(157)는 하나의 마이크로 컨트롤 유닛(MCU)과 같은 마이크로 칩에 담겨서 구현될 수도 있고 소프트웨어를 이용하여 구성될 수도 있다. 이때, 소프트웨어를 이용하여 실행되는 경우에 각각의 구성수단들은 필요한 작업을 실행하는 코드 세그먼트들이다.
- [0060] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출방법을 나타낸 순서도로서, 인버터의 고장검출방법은, 온(On) 트랜지스터를 식별하고 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 검출하는 단계(S210), 각 상의 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 계산하는 단계(S220), 온(On) 트랜지스터의 저항값을 계산하는 단계(S230), 기설정된 온(On) 트랜지스터값과 비교하는 단계(S240) 및 스위칭 고장 판단 단계(S250)를 포

함한다.

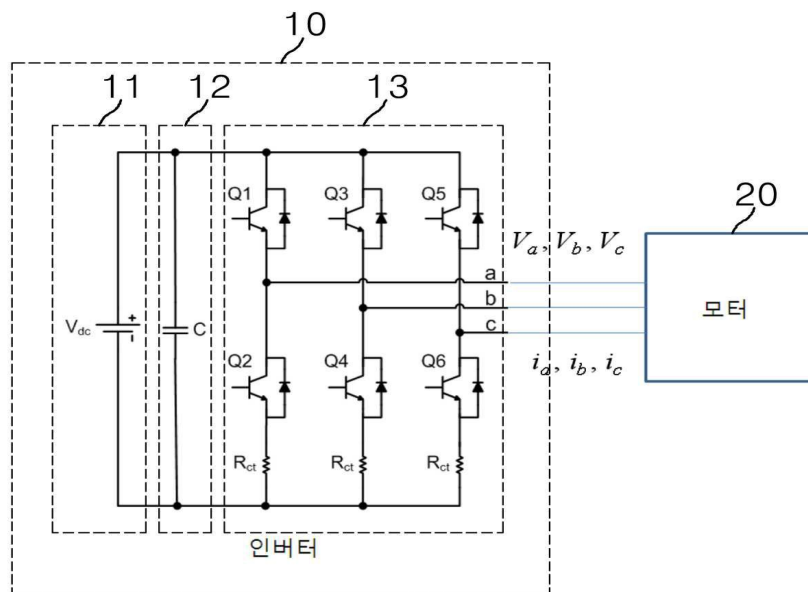
- [0061] 온(O_n) 트랜지스터를 식별하고 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 검출하는 단계(S210)는, 제어부(130)가 인버터부(130)에 연결되어서 각 상에 해당하는 스위칭 소자인 트랜지스터가 온(O_n)되는 것을 식별하고, 인버터부(130)에 연결된 센서부(140)로부터 전류와 전압 중 어느 하나 이상의 값을 입력받는 단계이다.
- [0062] 각 상의 전류와 전압 중 어느 하나 이상을 계산하는 단계(S220)는, 상술한 바와 같이 센서부(140)가 각 상에 해당하는 전류와 전압을 모두 검출하여 제어부(130)로 전송할 수도 있고, 어느 하나의 값을 검출하여 제어부(130)로 전송하면 나머지 값은 전류/전압 계산부에서 계산에 의해 산출해 내는 단계이다.
- [0063] 온(O_n) 트랜지스터의 저항값을 계산하는 단계(S230)는, 앞의 단계(S220)에서 계산된 각 상의 전류 및 전압값을 이용하여 온(O_n) 트랜지스터의 저항값을 계산해내는 단계이다.
- [0064] 기설정된 온(O_n) 트랜지스터값과 비교하는 단계(S240)는, 앞의 단계(S230)에서 계산된 온(O_n) 트랜지스터의 저항값을 기설정된 일정 범위의 온(O_n) 트랜지스터값과 비교하는 단계로서, 온(O_n) 트랜지스터의 저항값이 기설정된 값에 의해 설정된 범위의 값보다 크거나 작게 되면 다음 단계(S250)로 넘어가고, 그렇지 않으면 처음의 단계(S210)로 돌아가 다시 앞의 단계를 계속하여 반복하는 단계이다.
- [0065] 스위칭 고장 판단 단계(S250)는, 앞의 단계(S230)에서 온(O_n) 트랜지스터의 저항값이 기설정된 값의 범위를 초과하게 되면 인버터의 스위칭소자인 트랜지스터에 고장이 발생된 것으로 판단하여 이를 사용자에게 각종 표시장치 또는 경보장치 등을 통하여 표시하는 단계이다(미도시).
- [0066] 이상과 같이 본 발명은 인버터 시스템의 운영을 중지하거나 또는 인버터의 내부 회로에 별도의 진단장치를 연결할 필요 없이 상시로 트랜지스터 온(O_n) 저항값을 추정하여 인버터의 고장여부를 판단하므로 인버터 내부의 스위칭 소자에 대한 단락 고장 및 오픈(OPEN) 고장을 언제든지 검출해낼 수 있을 뿐만 아니라 종래의 인버터 고장 검출장치와 달리 약간의 고장이 발생하더라도 바로 고장을 민감하게 검출할 수 있는 이점이 있다.
- [0067] 상기와 같은 트랜지스터 온 저항값 추정에 의한 인버터의 고장검출장치 및 그 방법은 위에서 설명된 실시예들의 구성과 작동 방식에 한정되는 것이 아니다. 상기 실시예들은 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 구성될 수도 있다.

부호의 설명

- [0068] 100: 인버터의 고장검출장치 110: 정류부
120: 평활부 130: 인버터부
140: 센서부 150: 제어부
 V_{dc} : 입력직류전원 C: 캐패시터
 R_{ct} : 전류 검출용 저항

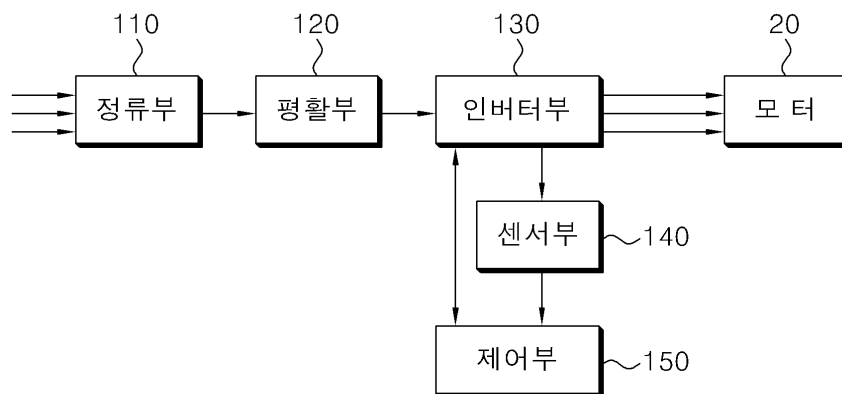
도면

도면1

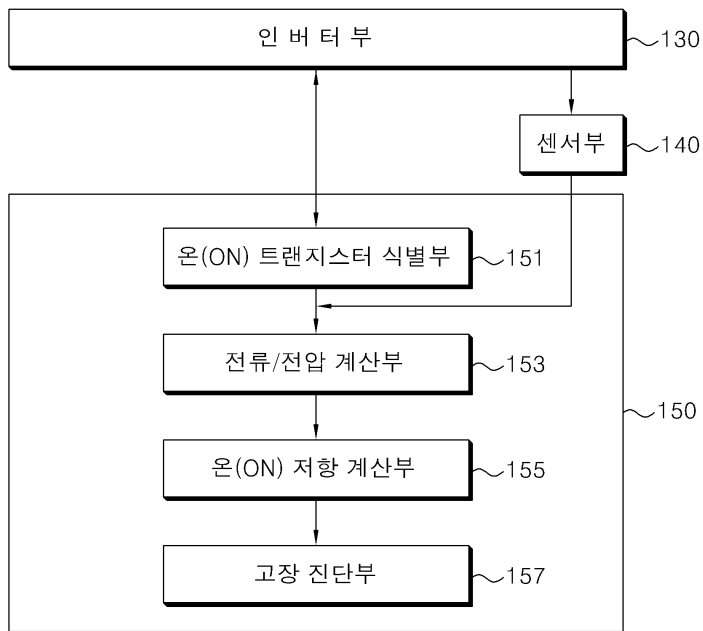


도면2

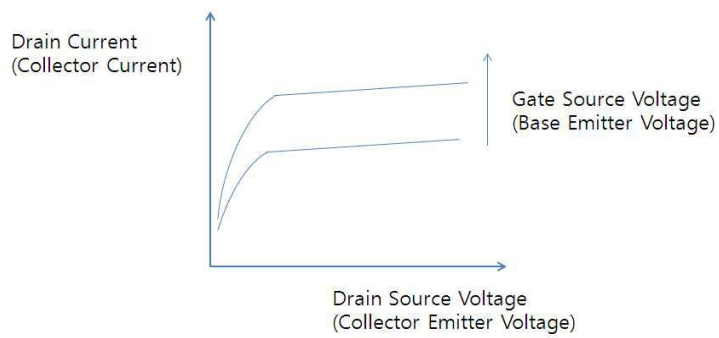
100



도면3



도면4



도면5

