



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년12월28일
(11) 등록번호 10-0789442
(24) 등록일자 2007년12월20일

(51) Int. Cl.

H02P 6/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0015325
(22) 출원일자 2006년02월16일
심사청구일자 2006년02월16일
(65) 공개번호 10-2007-0082447
(43) 공개일자 2007년08월21일
(56) 선행기술조사문헌
JP2004336865 A
JP10136677 A
JP2000278987 A

(73) 특허권자

엘에스산전 주식회사

서울 중구 남대문로5가 84-11

(72) 발명자

박철현

경기 안양시 동안구 호계동 533번지

김정하

경기 안양시 동안구 호계동 533번지

(74) 대리인

박장원

전체 청구항 수 : 총 9 항

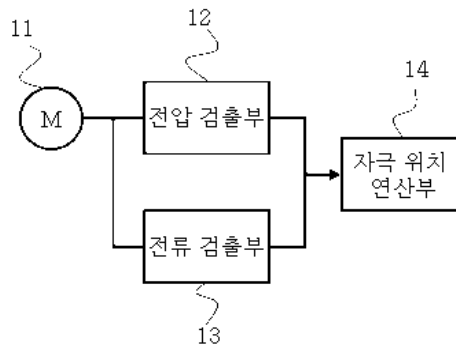
심사관 : 이상웅

(54) 전동기의 센서리스 제어 방법

(57) 요약

본 발명은, 전동기의 자극의 위치를 센서 없이 정확하게 검출할 수 있는 전동기의 센서리스 제어 방법에 관한 것이다. 이를 위하여 본 발명의 실시예에 따른 전동기의 센서리스 제어 방법은, 제1 전기각에서 전동기에 인가되는 U 상을 검출하고, 제2 전기각에서 상기 전동기에 인가되는 V 상을 검출하고, 제3 전기각에서 상기 전동기에 인가되는 W 상 전류를 검출하는 단계와; 상기 검출된 각 전류의 극성 및 상기 검출된 각 전류 값을 근거로 상기 전동기의 자극의 위치를 연산하는 단계로 이루어진다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

제1 전기각에서 전동기에 인가되는 U 상을 검출하고, 제2 전기각에서 상기 전동기에 인가되는 V 상을 검출하고, 제3 전기각에서 상기 전동기에 인가되는 W 상 전류를 검출하는 단계와;

상기 검출된 각 전류의 극성 및 상기 검출된 각 전류 값을 근거로 상기 검출된 각 전류의 극성에 따라 미리 결정된 연산식을 선택하고, 상기 선택된 연산식에 상기 검출된 각 전류 값들을 대입함으로써 상기 자극의 위치를 연산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전동기의 센스리스 제어 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 전기각은 0도, 상기 제2 전기각은 120도, 제3 전기각은 240도인 것을 특징으로 하는 전동기의 센스리스 제어 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 자극의 위치를 연산하는 단계는,

상기 U상 전류의 극성이 정(+)이고, 상기 V상 전류의 극성이 부(-)이고, 상기 W상 전류의 극성이 부(-)일 때
$$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_v - I_w)}{2I_u - I_v - I_w}$$
 식에 상기 검출된 각 전류 값을 대입함으로써 상기 자극의 위치를 연산하며, 여기서, 상기 I_u 는 상기 검출된 U상 전류 값이며, 상기 I_v 는 상기 검출된 V상 전류 값이며, 상기 I_w 는 상기 검출된 W상 전류 값인 것을 특징으로 하는 전동기의 센스리스 제어 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 자극의 위치를 연산하는 단계는,

상기 U상 전류의 극성이 정(+)이고, 상기 V상 전류의 극성이 정(+)이고, 상기 W상 전류의 극성이 부(-)일 때
$$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_u - I_v)}{2I_w - I_u - I_v} + \frac{\pi}{3}$$
 식에 상기 검출된 각 전류 값을 대입함으로써 상기 자극의 위치를 연산하며, 여기서, 상기 I_u 는 상기 검출된 U상 전류 값이며, 상기 I_v 는 상기 검출된 V상 전류 값이며, 상기 I_w 는 상기 검출된 W상 전류 값인 것을 특징으로 하는 전동기의 센스리스 제어 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 자극의 위치를 연산하는 단계는,

상기 U상 전류의 극성이 부(-)이고, 상기 V상 전류의 극성이 정(+)이고, 상기 W상 전류의 극성이 부(-)일 때
$$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_w - I_u)}{2I_v - I_u - I_w} + \frac{2\pi}{3}$$
 식에 상기 검출된 각 전류 값을 대입함으로써 상기 자극의 위치를 연산하며, 여기서, 상기 I_u 는 상기 검출된 U상 전류 값이며, 상기 I_v 는 상기 검출된 V상 전류 값이며, 상기 I_w 는 상기 검출된 W상 전류 값인 것을 특징으로 하는 전동기의 센스리스 제어 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 자극의 위치를 연산하는 단계는,

상기 U상 전류의 극성이 부(-)이고, 상기 V상 전류의 극성이 정(+)이고, 상기 W상 전류의 극성이 정(+)일 때

$$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_v - I_w)}{2I_u - I_v - I_w} + \pi$$

식에 상기 검출된 각 전류 값을 대입함으로써 상기 자극의 위치를 연산하며, 여기서, 상기 I_u 는 상기 검출된 U상 전류 값이며, 상기 I_v 는 상기 검출된 V상 전류 값이며, 상기 I_w 는 상기 검출된 W상 전류 값인 것을 특징으로 하는 전동기의 센서리스 제어 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 자극의 위치를 연산하는 단계는,

상기 U상 전류의 극성이 부(-)이고, 상기 V상 전류의 극성이 부(-)이고, 상기 W상 전류의 극성이 정(+)일 때

$$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_u - I_v)}{2I_w - I_u - I_v} + \frac{4}{3}\pi$$

식에 상기 검출된 각 전류 값을 대입함으로써 상기 자극의 위치를 연산하며, 여기서, 상기 I_u 는 상기 검출된 U상 전류 값이며, 상기 I_v 는 상기 검출된 V상 전류 값이며, 상기 I_w 는 상기 검출된 W상 전류 값인 것을 특징으로 하는 전동기의 센서리스 제어 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 자극의 위치를 연산하는 단계는,

상기 U상 전류의 극성이 정(+)이고, 상기 V상 전류의 극성이 부(-)이고, 상기 W상 전류의 극성이 정(+)일 때

$$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_w - I_u)}{2I_v - I_u - I_w} + \frac{5}{3}\pi$$

식에 상기 검출된 각 전류 값을 대입함으로써 상기 자극의 위치를 연산하며, 여기서, 상기 I_u 는 상기 검출된 U상 전류 값이며, 상기 I_v 는 상기 검출된 V상 전류 값이며, 상기 I_w 는 상기 검출된 W상 전류 값인 것을 특징으로 하는 전동기의 센서리스 제어 방법.

청구항 11

영구 자석 동기 전동기의 정지 상태에서 0도, 120도, 240도 간격으로 각도를 바꾼 정부의 전압을 상기 전동기에 인가하는 단계와;

상기 0도에서 상기 영구 자석 동기 전동기에 인가되는 U 상 전류를 검출하고, 상기 120도에서 상기 영구 자석 동기 전동기에 인가되는 V 상 전류를 검출하고, 상기 240도에서 상기 영구 자석 동기 전동기에 인가되는 W 상 전류를 검출하는 단계와;

상기 검출된 각 전류의 극성에 따라 미리결정된 연산식을 선택하는 단계와;

상기 선택된 연산식에 상기 검출된 전류 값들을 대입함으로써 상기 영구 자석 동기 전동기의 자극의 위치를 연산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<10> 본 발명은 전동기에 관한 것으로서, 특히 영구 자석 동기 전동기(permanent magnet synchronous motor, PMSM)의 센서리스 제어 방법에 관한 것이다.

<11> 종래에는 영구 자석 동기 전동기를 제어하기 위한 다양한 센서리스 제어 방법이 연구되고 있다. 예를 들면, 종래 기술에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법은 영구 자석 동기 전동기의 자극을 검출하기 위한 센서를 특정 전기각(electrical degree)에 설치하고, 그 설치된 센서를 통해 검출된 신호를 근거로 영구 자석 동기 전동기의 자극의 위치를 검출하였다.

<12> 그러나, 종래 기술에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법은 영구 자석 동기 전동기가 회전하여 U 상 원점이 검출되기 전에는 자극의 위치를 정확하게 검출할 수 없었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<13> 따라서, 본 발명의 목적은, 전동기의 자극의 위치를 센서 없이 정확하게 검출할 수 있는 전동기의 센서리스 제어 방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

<14> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 전동기의 센서리스 제어 방법은, 제1 전기각에서 전동기에 인가되는 U 상을 검출하고, 제2 전기각에서 상기 전동기에 인가되는 V 상을 검출하고, 제3 전기각에서 상기 전동기에 인가되는 W 상 전류를 검출하는 단계와; 상기 검출된 각 전류의 극성 및 상기 검출된 각 전류 값을 근거로 상기 전동기의 자극의 위치를 연산하는 단계로 이루어진다.

<15> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 전동기의 센서리스 제어 방법은, 영구 자석 동기 전동기의 정지 상태에서 0도, 120도, 240도 간격으로 각도를 바꾼 정부의 전압을 상기 전동기에 인가하는 단계와; 상기 0도에서 상기 영구 자석 동기 전동기에 인가되는 U 상 전류를 검출하고, 상기 120도에서 상기 영구 자석 동기 전동기에 인가되는 V 상 전류를 검출하고, 상기 240도에서 상기 영구 자석 동기 전동기에 인가되는 W 상 전류를 검출하는 단계와; 상기 검출된 각 전류의 극성에 따라 미리결정된 연산식을 선택하는 단계와; 상기 선택된 연산식에 상기 검출된 전류 값들을 대입함으로써 상기 영구 자석 동기 전동기의 자극의 위치를 연산하는 단계로 이루어진다.

<16> 이하에서는, 영구 자석 동기 전동기의 자극의 위치를 센서 없이 정확하게 검출할 수 있는 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법의 바람직한 실시예를 도1~도6을 참조하여 상세히 설명한다. 여기서, 본 발명은 영구 자석 동기 전동기의 자극 위치에 따라 권선에 공급하는 전압 각도를 제어하는 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 장치에 적용된다.

<17> 도1은 본 발명의 실시예에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법에 적용된 장치의 구성을 나타낸 도이다.

<18> 도1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 장치는, 영구 자석 동기 전동기(11)의 정지 상태에서 전기각(electrical degree) 0도, 120도, 240도 간격으로 각도를 바꾼 정부(positive-negative)(+, -) 전압을 상기 영구 자석 동기 전동기(11)에 인가하는 전압 검출부(12)와; 상기 0도에서 U상 전류를 검출하고, 상기 120도에서 V상 전류를 검출하고, 상기 240도에서 W상 전류를 검출하는 전류 검출부(13)와; 상기 검출된 각 전류의 극성과 상기 검출된 전류 값들을 근거로 상기 영구 자석 동기 전동기의 자극 위치를 연산하는 자극 위치 연산부(14)로 구성된다. 여기서, 상기 영구 자석 동기 전동기(11)에 인가되는 상기 U상, V상, W상은 서로 120도의 위상차를 나타내며, U상의 0도가 전기각의 0도와 일치한다.

<19> 상기 자극 위치 연산부(14)는 상기 검출된 각 전류의 극성에 따라 미리결정된 연산식에 상기 검출된 전류 값들을 대입함으로써 상기 영구 자석 동기 전동기(11)의 자극 위치를 연산한다. 상기 영구 자석 동기 전동기(11)의 회전자의 위치에 따라 총 자속(자석에 의한 자속과 고정자 권선에 의한 자속의 총합)의 크기가 변화하기 때문에, 영구 자석 동기 전동기(11)를 최적으로 제어하기 위해서는 영구 자석 동기 전동기(1)내의 코일이 자석의 어떤 극과 정렬되었는지를 검출하여야 한다. 자속의 크기에 따라 인덕턴스의 크기가 변화하며 또한 인덕턴스 크기에 따라 전류의 크기도 변화한다. 즉, 본 발명은 전류의 크기의 대소로 자극을 검출한다.

<20> 이하에서는, 전기각에 따른 인덕턴스 변화와 전류 변화를 도2A~도4를 참조하여 설명한다.

<21> 도2A~2C는 총 자속의 흐름을 나타낸 도이다.

<22> 도2A에 도시한 바와 같이, 점선(phase A flux)은 코일에 의한 자속(flux)을 나타내고, 실선은 자석에 의한 자속(flux)을 나타낸다.

<23> 도3는 전기각에 따른 인덕턴스 변화를 나타낸 도이다.

<24> 도4는 전기각에 따른 전류 변화를 나타낸 도이다.

<25> 도2A 및 도3-도4에 도시한 바와 같이, N극이 고정자 권선 자속축과 일치한 경우에, 전기각이 270도일 때의 인덕

턴스(약 0.57 mH)와 전류 값(약 45.5 A/s)에 해당한다.

- <26> 도2B 및 도3-도4에 도시한 바와 같이, N극과 S극이 동일하게 고정자 권선 자속축과 일치한 경우에, 전기각이 0도일 때의 인덕턴스(약 0.7 mH)와 전류 값(약 45.25 A/s)에 해당한다.
- <27> 도2C 및 도3-도4에 도시한 바와 같이, S극이 고정자권선 자속축과 일치한 경우에, 전기각이 90도일 때의 인덕턴스(약 0.62 mH)와 전류 값(약 45.4 A/s)에 해당한다.
- <28> 따라서, 인덕턴스의 포화 특성을 이용하여 U, V, W상 전류를 검출하고, 그 검출된 전류의 극성을 근거로 전류의 극성에 따라 미리결정된 연산식을 선택하고, 그 선택된 연산식에 상기 검출된 전류 값들을 대입함으로써 자극 위치를 정확하게 연산할 수 있다.
- <29> 이하에서는, 상기 미리결정된 연산식을 도5를 참조하여 상세히 설명한다.
- <30> 도5는 본 발명의 실시예에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법에 적용된 미리결정된 자극 위치 연산식을 나타낸 도이다.
- <31> 도5에 도시한 바와 같이, U, V, W상 전류를 검출하고, 그 검출된 전류의 극성을 근거로 미리결정된 연산식을 선택하고, 그 선택된 미리결정된 연산식에 상기 검출된 전류 값들을 대입함으로써 자극 위치를 정확하게 연산할 수 있다.
- <32> 상기 미리결정된 연산식 중 I_U , I_V , I_W 의 극성이 (+, -, -)일 때의 회전자 위치를 검출하기 위한 수학적식을 구하면 아래와 같다.

수학식 1

$$\begin{aligned} \Delta I_W - \Delta I_V &= \Delta I_o [\cos(\theta - 2\pi/3) - \cos(\theta + 2\pi/3)] = \sqrt{3} \Delta I_o \sin \theta \\ \Delta I_V - \Delta I_U &= \Delta I_o [\cos \theta - \cos(\theta + 2\pi/3)] = \sqrt{3} \Delta I_o \sin(\theta + \pi/3) \\ \Delta I_U - \Delta I_W &= \Delta I_o [\cos \theta - \cos(\theta - 2\pi/3)] = -\sqrt{3} \Delta I_o \sin(\theta - \pi/3) \end{aligned}$$

<33>

$$\therefore 2\Delta I_V - \Delta I_U - \Delta I_W = 3\Delta I_o \cos \theta$$

<34>

$$\frac{\Delta I_U - \Delta I_V}{2\Delta I_V - \Delta I_U - \Delta I_W} = \frac{\Delta I_o \sin \theta}{\sqrt{3} \Delta I_o \cos \theta}$$

<35>

$\sin \theta \cong \theta$, $\cos \theta \cong 1$ 이라하면

<36>

$$\theta \cong \frac{\sqrt{3}(\Delta I_U - \Delta I_V)}{2\Delta I_V - \Delta I_U - \Delta I_W}$$

<37>

<38> 여기서, 상기 0도, 120도, 240도가 갖는 의미는 정(+) 극성을 각각 갖는 U 상, V상, W상의 전류 값이 가장 크게 검출되는 각도로서, 영구 자석 동기 전동기(11)의 실험에 의해 구한 실증적 각도이다. 따라서, 본 발명에서 자극의 위치 연산을 위해 검출된 전류는 dq변환을 이미 수행한 d축 전류나 q축 전류가 아니라 dq변환하지 않은 3상인 U상, V상, W상이 사용된다.

<39> 도6은 본 발명의 실시예에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법을 나타낸 흐름도이다.

<40> 먼저, 상기 전압 검출부(12)는, 영구 자석 동기 전동기의 정지 상태에서 전기각(electrical degree) 0도, 120도, 240도 간격으로 각도를 바꾼 정부(positive-negative)(+, -) 전압을 상기 영구 자석 동기 전동기에 인가한다(S11).

<41> 상기 전류 검출부(13)는, 상기 전기각 0도에서 U상 전류를 검출하고(S12), 상기 전기각 120도에서 V상 전류를 검출하고(S13), 상기 전기각 240도에서 W상 전류를 검출하고(S14), 그 검출된 각 전류 값을 자극 위치 연산부(14)에 출력한다.

<42> 상기 자극 위치 연산부(14)는 상기 검출된 각 전류의 극성과 상기 검출된 전류 값들을 근거로 상기 영구 자석 동기 전동기(11)의 자극 위치를 연산한다(S15). 예를 들면, 상기 자극 위치 연산부(14)는, 상기 검출된 U상 전류의 극성은 정(+)이고, 상기 검출된 V상 전류의 극성은 부(-)이고, 상기 검출된 W상 전류의 극성은 부(-)일 때

그 극성에 따라 미리결정된 연산식(식2)에 상기 검출된 전류 값들을 대입함으로써 상기 영구 자석 동기 전동기의 자극 위치(예를 들면, 초기 자극의 위치)를 정확하게 연산할 수 있다. 여기서, 상기 검출된 U상 전류의 극성은 정(+)이고, 상기 검출된 V상 전류의 극성은 부(-)이고, 상기 검출된 W상 전류의 극성은 부(-)일 때 상기 영구 자석 동기 전동기의 구간은 실험 결과 330~30도임을 알 수 있다.

수학식 2

$$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_v - I_w)}{2I_u - I_v - I_w}$$

<43>

<44>

여기서, 상기 I_u 는 상기 전기각 0도에서 검출된 U상 전류 값이며, 상기 I_v 는 상기 전기각 120도에서 검출된 V상 전류 값이며, 상기 I_w 는 상기 전기각 240도에서 검출된 W상 전류 값이다.

<45>

한편, 동기 전동기는 회전자의 구조에 따라 SPM(표면 부착형 영구자석 전동기)과 IPM(매입형 영구자석 전동기)으로 구분되며, MRL용 엘리베이터에는 SPM이 적용되지만 IPM을 사용하는 부하, 즉 고속 압축기 등에도 본 발명의 자극 위치 검출 방법이 적용될 수도 있다.

<46>

본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

발명의 효과

<47>

이상에서 상세히 설명한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법은, 제1 전기각에서 전동기에 인가되는 U 상을 검출하고, 제2 전기각에서 상기 전동기에 인가되는 V 상을 검출하고, 제3 전기각에서 상기 전동기에 인가되는 W 상 전류를 검출하고, 상기 검출된 각 전류의 극성 및 상기 검출된 각 전류 값을 근거로 상기 전동기의 자극의 위치를 연산함으로써 영구 자석 동기 전동기의 자극의 위치를 센서 없이 정확하게 검출할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

<1>

도1은 본 발명의 실시예에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법에 적용된 장치의 구성을 나타낸 도이다.

<2>

도2A~2C는 총 자속의 흐름을 나타낸 도이다.

<3>

도3는 전기각에 따른 인덕턴스 변화를 나타낸 도이다.

<4>

도4는 전기각에 따른 전류 변화를 나타낸 도이다.

<5>

도5는 본 발명의 실시예에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법에 적용된 미리결정된 자극 위치 연산식을 나타낸 도이다.

<6>

도6은 본 발명의 실시예에 따른 영구 자석 동기 전동기의 센서리스 제어 방법을 나타낸 흐름도이다.

<7>

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

<8>

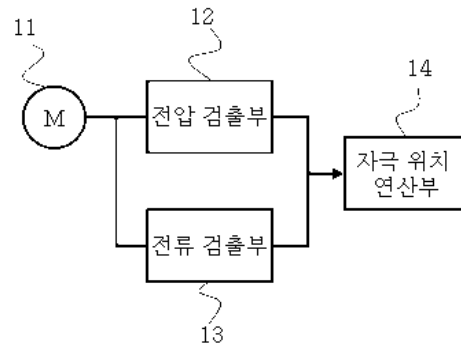
11: 영구 자석 동기 전동기 12: 전압 검출부

<9>

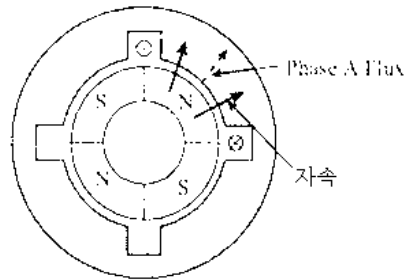
13: 전류 검출부 14: 자극 위치 연산부

도면

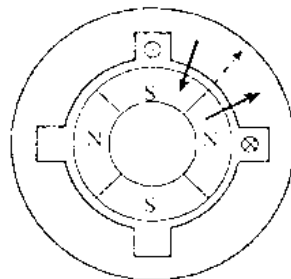
도면1



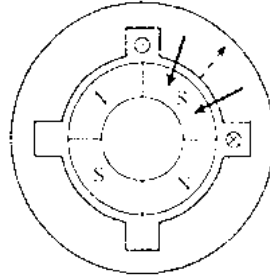
도면2a



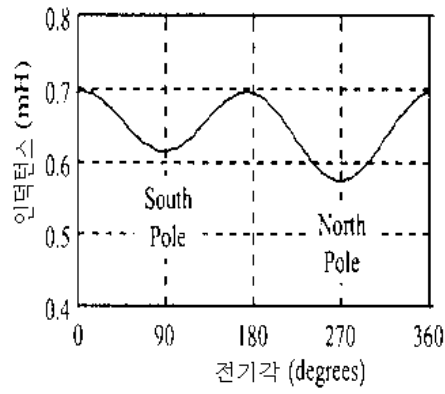
도면2b



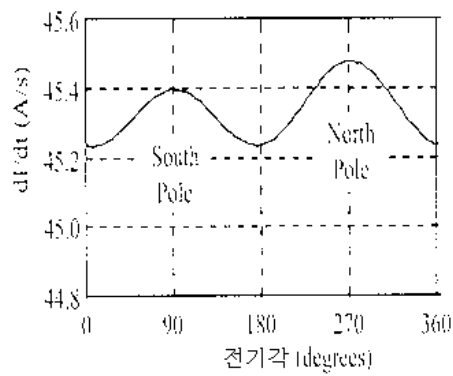
도면2c



도면3



도면4



도면5

검출 각	I_u	I_v	I_w	미리결정된 연산식
330° ~30°	+	-	-	$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_v - I_w)}{2I_u - I_v - I_w}$
30° ~90°	+	+	-	$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_u - I_v)}{2I_w - I_u - I_v} + \frac{\pi}{3}$
90° ~150°	-	+	-	$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_w - I_u)}{2I_v - I_u - I_w} + \frac{2}{3}\pi$
150° ~210°	-	+	+	$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_v - I_w)}{2I_u - I_v - I_w} + \pi$
210° ~270°	-	-	+	$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_u - I_v)}{2I_w - I_u - I_v} + \frac{4}{3}\pi$
270° ~330°	+	-	+	$\theta = \frac{\sqrt{3}(I_w - I_u)}{2I_v - I_u - I_w} + \frac{5}{3}\pi$

도면6

