



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년12월06일
(11) 등록번호 10-1338707
(24) 등록일자 2013년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01D 5/244 (2006.01) G01D 5/245 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0131007
(22) 출원일자 2012년11월19일
심사청구일자 2012년11월19일
(56) 선행기술조사문헌
JP2011099828 A
JP2009254040 A
JP2002168653 A
JP2007315856 A

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
대성전기공업 주식회사
경기도 안산시 단원구 산단로 31 (원시동)
(72) 발명자
김윤현
대전광역시 유성구 어은로 57, 105동 801호 (어은동, 한빛아파트)
나병철
경기도 안양시 동안구 관양동 1651 동편마을 320동 1002호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 정안

전체 청구항 수 : 총 14 항

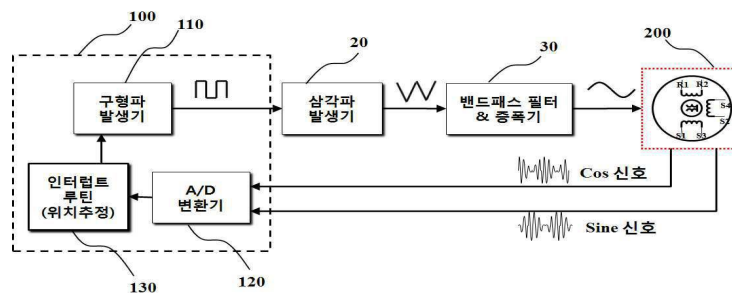
심사관 : 김려원

(54) 발명의 명칭 여자 신호 발생 장치 및 레졸버 검출 장치

(57) 요약

본 발명의 여자 신호 발생 장치는, 모터 제어(회전 위치 검출 동작)를 위한 인터럽트 신호에 대응하여 동작하는 업 카운터의 증가에 따라 톱니파를 생성하는 톱니파 발생기; 상기 톱니파와 기준값을 비교하여 구형파를 생성하는 구형파 발생기; 및 상기 구형파로 레졸버의 여자 코일로 출력할 정현파를 생성하는 정현파 발생기를 포함할 수 있으며, 상기 톱니파는 상기 인터럽트 신호 보다 소정 시간 앞서서 최대값에 도달할 수 있다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

이승훈

경기도 안양시 동안구 시민대로 277, 1810호 (관양
동)

이원용

서울특별시 노원구 월계로45길 21, 108동 604호 (월계동, 롯데캐슬루나아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

회전 위치 검출 동작을 위한 인터럽트 신호에 대응하여 동작하는 업 카운터의 증가에 따라 톱니파를 생성하는 톱니파 발생기;

상기 톱니파와 기준값을 비교하여 구형파를 생성하는 구형파 발생기; 및

상기 구형파로 레졸버의 여자 코일로 출력할 정현파를 생성하는 정현파 발생기를 포함하는 여자 신호 발생 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 톱니파는 상기 인터럽트 신호 보다 소정 시간 앞서서 최대값에 도달하는 것을 특징으로 하는 여자 신호 발생 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 소정 시간은 레졸버의 출력신호의 지연시간에 따라 미리 설정되는 것을 특징으로 하는 여자 신호 발생 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 업 카운터는,

상기 인터럽트 신호가 발생하면, 미리 지정된 개수로 복귀하여 카운팅을 수행하는 것을 특징으로 하는 여자 신호 발생 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 업 카운터는,

상기 인터럽트 신호가 발생하면, 카운팅되는 최대값이 소정 개수로 설정되는 것을 특징으로 하는 여자 신호 발생 장치.

청구항 6

레졸버에 대한 회전 위치 검출 동작을 위한 인터럽트 신호를 생성하는 검출 제어부; 및

상기 인터럽트 신호에 대응하여 상기 레졸버의 여자 코일로 출력할 정현파 형태의 여자 신호를 생성하는 여자 신호 발생 장치를 포함하되,

상기 정현파는 상기 인터럽트 신호 보다 소정 시간 앞서서 최대값에 도달하는 것을 특징으로 하는 레졸버 검출

장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 소정 시간은 레졸버의 출력신호의 지연시간에 따라 미리 설정되는 것을 특징으로 하는 레졸버 검출 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 여자 신호 발생 장치는,

모터 제어를 위한 인터럽트 신호에 대응하여 동작하는 업 카운터의 증가에 따라 톱니파를 생성하는 톱니파 발생기,

상기 톱니파와 기준값을 비교하여 구형파를 생성하는 구형파 발생기, 및

상기 구형파로 상기 레졸버의 여자 코일로 출력할 정현파를 생성하는 정현파 발생기

를 포함하는 레졸버 검출 장치.

청구항 9

레졸버의 여자코일로 출력되는 정현파를 생성하는 정현파 발생기;

상기 정현파 발생기에서 생성된 정현파와 소정 기준 전압을 비교하는 비교기; 및

상기 비교기의 비교 결과에 따라 회전 위치 검출 동작을 위한 인터럽트 신호를 생성하는 검출 제어부

를 포함하는 레졸버 검출 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 정현파 발생기에서 생성된 정현파를 증폭하여 상기 여자코일로 출력하는 증폭기

를 더 포함하는 레졸버 검출 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 비교기의 기준 전압 값에 따라, 상기 비교기 출력 신호의 듀티비가 다르게 되며,

상기 비교기 출력 신호의 라이징 에지에서 상기 인터럽트 신호가 생성되는 것을 특징으로 하는 레졸버 검출 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 비교기의 기준 전압 값은 레졸버의 출력신호의 지연시간에 따라 결정된 값으로 미리 설정되는 것을 특징으로

로 하는 레졸버 검출 장치.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 비교기 출력 신호의 라이징 에지에서 클리어되며, 클리어 이후 소정의 계측 시간이 경과한 후 상기 인터럽트 신호를 생성하도록 상기 검출 제어부에 신호를 출력하는 타이머

를 더 포함하는 레졸버 검출 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 타이머의 계측 시간은 레졸버의 출력신호의 지연시간에 따라 결정된 값으로 미리 설정되는 것을 특징으로 하는 레졸버 검출 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 레졸버 출력신호의 최대값을 샘플링함과 동시에 위치의 추정이 가능하도록 여자신호를 발생시키는 여자 신호 발생 장치 및 레졸버 검출 장치에 관한 것으로, 특히 별도의 레졸버-디지털 변환기가 필요없이 마이크로컨트롤러의 잉여자원을 이용하여 소프트웨어적으로 레졸버 신호로부터 위치 검출이 용이하도록 구성할 수 있는 여자 신호 발생 장치 및 레졸버 검출 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 레졸버는 모터나 엔진 등 회전 장치의 회전 정도를 계측하는 장치로서, 일반적으로 전동기 구동 시스템의 레졸버는 빈번한 가변속이나 정밀한 위치제어가 요구되는 전동기 구동 시스템에서 회전자의 위치를 감지하기 위해 사용된다.

[0003] 최근 많은 응용분야에 적용되고 있는 전동기 구동 시스템의 레졸버는 코일이 권선되는 고정자와 회전자 사이의 자기저항(magnetic reluctance) 변화를 이용하는 가변 자기저항 타입이 주를 이루고 있다. 이 타입의 레졸버는 회전자와 고정자 사이에 전기적으로 접촉되는 부분이 없고 구조가 단순하여 기존의 다른 센서 방식에 비해 비교적 저가로 제작할 수 있는 장점이 있다.

[0004] 상술한 타입의 레졸버는, 여자 코일에 사인파를 인가하고, 제1/제2 출력 코일에서 상기 여자 코일에 인가된 사인파와 회전에 따른 파형이 혼합된 출력 사인 신호 및 출력 코사인 신호를 출력한다. 상기 출력 사인 신호 및 출력 코사인 신호는 위치 검출 수단으로 입력되고, 상기 위치 검출 수단은 상기 신호들을 분석하여 회전 위치를 판단한다. 상기 위치 검출 수단은 별도의 전용 검출 회로로 구현되거나, 범용 마이크로컨트롤러(예: 모터 제어용 컨트롤러)의 일 기능으로서 구현될 수 있다.

[0005] 상기와 같은 별도의 레졸버-디지털 변환기가 필요 없이 마이크로컨트롤러의 잉여자원을 이용하여 소프트웨어적으로 레졸버 신호로부터 위치 검출을 수행하는 레졸버-디지털 변환 방법에 있어서, 위치 검출의 정확성을 높이기 위해서는, 레졸버 출력신호의 최대값을 샘플링함과 동시에 위치의 추정이 가능하도록 인터럽트의 발생 시점과 출력신호의 최대값이 동기가 이루어지도록 하기 위한 수단이 요구되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 레졸버의 위치 검출의 정확도를 높일 수 있는 여자 신호 발생 장치 및 레졸버 검출 장치를 제공하고 자 한다.

[0007] 본 발명은 별도의 레졸버-디지털 변환기가 필요 없이 마이크로컨트롤러의 잉여자원을 이용하여 소프트웨어적으로 레졸버 신호로부터 위치 검출이 용이하도록 구성한 레졸버 여자신호 발생장치와 방법에 관한 것으로 특히 레졸버 출력신호의 최대값을 샘플링함과 동시에 위치의 추정이 가능하도록 인터럽트의 발생 시점과 출력신호의 최대값이 동기가 이루어지도록 여자신호를 발생시키는 여자 신호 발생 장치 및 레졸버 검출 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에 따른 여자 신호 발생 장치는, 모터 제어(회전 위치 검출 동작)를 위한 인터럽트 신호에 대응하여 동작하는 업 카운터의 증가에 따라 톱니파를 생성하는 톱니파 발생기; 상기 톱니파와 기준값을 비교하여 구형파를 생성하는 구형파 발생기; 및 상기 구형파로 레졸버의 여자 코일로 출력할 정현파를 생성하는 정현파 발생기를 포함할 수 있다.

[0009] 여기서, 상기 톱니파는 상기 인터럽트 신호 보다 소정 시간 앞서서 최대값에 도달할 수 있다.

[0010] 여기서, 상기 소정 시간은 레졸버의 출력신호의 지연시간에 따라 미리 설정될 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 업 카운터는, 상기 인터럽트 신호가 발생하면, 미리 지정된 개수로 복귀하여 카운팅을 수행할 수 있다.

[0012] 여기서, 상기 업 카운터는,

[0013] 상기 인터럽트 신호가 발생하면, 카운팅되는 최대값이 소정 개수로 설정될 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 측면에 따른 레졸버 검출 장치는, 레졸버에 대한 회전 위치 검출 동작을 위한 인터럽트 신호를 생성하는 검출 제어부; 및 상기 인터럽트 신호에 대응하여 상기 레졸버의 여자 코일로 출력할 정현파 형태의 여자 신호를 생성하는 여자 신호 발생 장치를 포함하되, 상기 정현파는 상기 인터럽트 신호 보다 소정 시간 앞서서 최대값에 도달할 수 있다.

[0015] 여기서, 상기 소정 시간은 레졸버의 출력신호의 지연시간에 따라 미리 설정될 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 여자 신호 발생 장치는, 모터 제어를 위한 인터럽트 신호에 대응하여 동작하는 업 카운터의 증가에 따라 톱니파를 생성하는 톱니파 발생기, 상기 톱니파와 기준값을 비교하여 구형파를 생성하는 구형파 발생기, 및 상기 구형파로 상기 레졸버의 여자 코일로 출력할 정현파를 생성하는 정현파 발생기를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 레졸버 검출 장치는, 레졸버의 여자코일로 출력되는 정현파를 생성하는 정현파 발생기; 상기 정현파 발생기에서 생성된 정현파와 소정 기준 전압을 비교하는 비교기; 및 상기 비교기의 비교 결과에 따라 모터 제어(회전 위치 검출 동작)를 위한 인터럽트 신호를 생성하는 검출 제어부를 포함할 수 있다.

[0018] 여기서, 상기 정현파 발생기에서 생성된 정현파를 증폭하여 상기 여자코일로 출력하는 증폭기를 더 포함할 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 비교기의 기준 전압 값에 따라, 상기 비교기 출력 신호의 듀티비가 다르게 되며, 상기 비교기 출력 신호의 라이징 에지에서 상기 인터럽트 신호가 생성될 수 있다.

[0020] 여기서, 상기 비교기의 기준 전압 값은 레졸버의 출력신호의 지연시간에 따라 결정된 값으로 미리 설정될 수 있다.

[0021] 여기서, 상기 비교기 출력 신호의 라이징 에지에서 클리어되며, 클리어 이후 소정의 계측 시간이 경과한 후 상기 인터럽트 신호를 생성하도록 상기 검출 제어부에 신호를 출력하는 타이머를 더 포함할 수 있다.

[0022] 여기서, 상기 타이머의 계측 시간은 레졸버의 출력신호의 지연시간에 따라 결정된 값으로 미리 설정될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 상기 구성에 따른 본 발명의 여자 신호 발생 장치 및 레졸버 검출 장치를 실시하면 레졸버의 위치 검출의 정확도를 높일 수 있는 이점이 있다.

[0024] 예컨대, 본 발명에 의하여 레졸버센서가 연결된 모터(전동기)의 속도, 토크제어를 수행할 경우, 모터제어의 전류제어를 수행하는 인터럽트루틴에서 모터의 위치정보를 필요로하는 시점에 레졸버 출력신호의 최대값을 샘플링함과 동시에 모터의 위치의 추정이 가능하여 레졸버 출력신호로부터 정확한 위치를 검출할 수 있다.

[0025] 또는, 본 발명에 의하여 별도의 레졸버-디지털 변환기가 필요 없이 마이크로컨트롤러의 잉여자원을 이용하여 소프트웨어적으로 레졸버 신호로부터 정확한 위치 검출이 용이하도록 하므로 저가격으로 레졸버센서를 위치 센서로 사용하는 것이 가능하게 하는 이점도 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 레졸버 출력신호의 sampling 주기를 설명하기 위한 파형도.

도 2는 위치 추종 알고리즘의 sinwt에 따른 위치추종오차의 조사(A/D Conversion 분해능 10bit인 경우)결과의 그래프.

도 3a 및 3b는 레졸버 출력신호의 샘플링 시점에 따른 효과를 설명하기 위한 파형도.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 여자신호 발생 장치를 도시한 블록도.

도 5는 도 4의 여자신호 발생 장치의 세부 구성을 이루는 구형파발생기와 삼각파발생기의 상세 블록도.

도 6은 도 5의 각 구성 요소의 동작 파형도.

도 7은 도 5의 각 구성 요소의 동작 파형도로서, 여자신호의 지연을 고려한 조정에 따른 각 파트의 동작 파형도.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 여자신호 발생 장치를 도시한 블록도.

도 9는 도 8의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 여자신호의 지연을 고려한 각 파트의 동작 파형도.

도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 여자신호 발생 장치를 도시한 블록도.

도 11은 도 10의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 각 파트의 동작 파형도.

도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 여자신호 발생 장치를 도시한 블록도.

도 13은 도 12의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 각 파트의 동작 파형도.

도 14는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 여자신호 발생 장치를 도시한 블록도.

도 15은 도 14의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 각 파트의 동작 파형도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 레졸버는 위치 검출 센서로 모터 제어의 모터 위치와 속도를 검출하는데 사용되고 있다. 레졸버를 이용 위치 검출을 위해서는 RDC(Resolver to Digital Converter : 레졸버-디지털 변환기)가 필요하나, RDC 가격이 비싸다는 단점이 있다.

[0028] 한편, 마이크로컨트롤러의 발전으로 모터 제어에 사용하는 마이크로컨트롤러의 잉여능력을 이용하여 RDC 대신 소프트웨어로 레졸버 출력 신호로부터 직접 위치 검출의 구현이 가능하여졌다.

[0029] 레졸버는 $k1 \sin \omega t$ 의 여자신호를 인가하면 사인성분 $A \sin \theta \sin \omega t$ 와 코사인성분 $A \cos \theta \sin \omega t$ 의 2개의

변조된 레졸버 신호가 출력된다. 그러면, 상기 레졸버 출력신호를 근거로 RDC는 위치를 산출한다.

[0030] 그런데, 마이크로컨트롤러의 잉여능력을 이용하여 RDC 대신 소프트웨어적으로 레졸버 출력신호 $A\sin\theta\sin\omega t$

와 $A\cos\theta\sin\omega t$ 로부터 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{A\sin\theta\sin\omega t}{A\cos\theta\sin\omega t}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\sin\theta}{\cos\theta}\right)$ 의 탄젠트 식이나 식

$E = A(\sin\theta\cos\phi - \cos\theta\sin\phi) = A\sin(\theta - \phi)$ 를 근거로 한 ϕ 를 θ 에 일치시키도록 하는 수렴에 의한 방법이 일반적으로 소프트웨어에 의한 레졸버 이용 위치추정을 위해 이용될 수 있다.

[0031] 레졸버의 $\sin\omega t$ 의 여자주파수는 10kHz로 인가하는 것이 일반적이며 여자주파수의 주기는 100usec로 이는 모터 제어의 전류제어 주기인 100usec와 일치하며 100usec 주기의 인터럽트에서 수행된다. 따라서, 도 1에 도시한 바와 같이, 100usec 주기인 $\sin\omega t$ 의 여자주파수 주기 동안 한번 샘플링하여 위치를 추정할 수 있다.

[0032] 여기서, 만약 샘플링한 레졸버 출력신호에서 $\sin\omega t$ 성분이 양(+)이면 식 $E = A(\sin\theta\cos\phi - \cos\theta\sin\phi) = A\sin(\theta - \phi)$ 에서 ϕ

는 θ 로 수렴하지만 음(-)이면 식 $E = A(\sin\theta\cos\phi - \cos\theta\sin\phi) = A\sin(\theta - \phi)$ 에서 ϕ (θ 는 $\pm 180^\circ$)로 수렴하여 위치 추정을 할 때는 $\sin\omega t$ 성분의 극성의 정보를 함께 검출하여야 한다. 또한, 레졸버 출력신호에서 $\sin\omega t$ 성분의 값의 크기는 위치 추정의 오차를 결정하는 분해능과 직접적인 관련이 있다.

[0033] 도 2는 $\sin\omega t$ 에 따른 위치오차의 시뮬레이션(모의실험) 결과로 $\sin\omega t$ 의 값이 작아질수록 위치오차는 기하급수적으로 증가함을 알 수 있다. 도 2에 도시한 내용은, 이상적인 레졸버 출력에 대한 모의실험으로서, 실제 레졸버 출력에 정원의 변동, 노이즈, AD 변환기의 오차 등의 다른 실제적인 요소가 포함되면 오차는 더욱 증가할 것이며 극단적인 경우 $\sin\omega t$ 가 0근처에서는 위치 추정이 불가능하게 됨을 알 수 있다.

[0034] 그런데, 한번이라도 위치추정을 잘못하면 모터제어가 불가능하여 모터제어를 응용하는 제품, 예로 전기자동차의 경우에 치명적인 사고를 유발시킬 수 있기 때문에 위치 추정은 제품의 신뢰성에 중요한 요소이다.

[0035] 따라서, 정확한 위치 추정을 위해서는 $\sin\omega t = 1$ (or -1)인 즉, 도 1의 A, B와 같이 출력신호의 최대값을 샘플하는 것이 최적이다.

[0036] 출력신호의 최대값에서 샘플링하는 기존 특허(등록번호 10-0876658)가 출원되어 있다. 그러나 이 방법은 단순히 출력신호의 최대값에서 샘플링한다는 당업계에서 공감하는 상식적인 요구사항을 언급하고 있을 뿐, 최대값에서 샘플링하나 취치 추정을 하는 시점에 대한 구체적인 방안의 제시가 없다.

[0037] 한편, 도 3a 및 3b는 최대값에서 샘플링하나 취치 추정을 하는 시점이 다른 경우의 위치 오차에 대한 설명을 보여주고 있다.

[0038] 도 3a에 도시한 바와 같이, $\sin\omega t = 1$ 의 최대값 A에서 샘플링하여도 위치 추정시점이 다르면 추정시점의 샘플

링 최대값 B가 아니므로 a 만큼의 위치오차를 수반한다. 따라서 $\sin\omega t \neq 1$ 이 아니지만 오히려 추정시점의 샘플

링 값 C를 샘플링하는 것이 오차가 적게된다. 즉, 도 3b와 같이, $\sin\omega t = 1$ 의 최대값에서 샘플링 한 값을 가지고 추정하기에 실제 추정시점에서의 위치는 B(각도 a)이나 추정위치는 여전히 $A' = A''$ (각도 b)이며 위치오차는 a 가 된다.

[0039] 모터의 속도가 느린 경우, 즉 샘플링과 추정시점과의 시간차이 동안 위치의 변화가 적거나 또는 운이 좋게 샘플링과 추정시점과의 시간차이가 작은 경우는 위치 오차가 크지 않으나 모터 속도가 빠르면 점점 위치오차가 증가하여 더욱 문제가 된다. 예로 16극, 6000rpm으로 모터가 고속으로 회전하고 운이 나빠 샘플링과 추정시점과의

시간차이가 가장 큰 경우(샘플링 후 거의 100usec 후에 위치 추정)는 최대 28.8도의 오차가 발생한다. 결국 출력신호의 최대값을 샘플링함과 동시에 위치를 추정하여야 정확한 위치를 추정할 수 있으며 이를 가능하게 할 수 있는 방법의 제시가 필요하다.

[0040] 일반적으로 모터 제어에서는 100usec 인터럽트 주기동안에 전류 또는 토크제어를 수행하며 이때 모터의 위치 정보가 필요하다. 따라서 인터럽트의 발생과 동시에 출력신호의 최대값을 샘플링할 수 있다면, 즉, 여자신호(입력신호)의 최대값이 아닌 출력신호의 최대값 시점에 인터럽트가 발생한다면 출력신호의 최대값을 샘플링함과 동시에 위치의 추정이 가능하다.

실시예 1

[0041] 실시예 1에 따른 레졸버 검출 방안은, 여자신호를 위한 UP카운터를 이용한 톱니파발생기와 비교기기준값에 의해 구형파를 발생하는 구형파발생기를 마이크로콘트롤러를 이용하여 구성하고, 상기 UP카운터의 주기는 인터럽트의 발생주기와 동기가 되도록 UP카운터의 최대값을 설정하여 인터럽트 발생주파수와 같은 주파수의 여자신호가 발생되도록 하며, 상기 UP카운터를 인터럽트 주기마다 카운터값을 강제적으로 특정 설정값으로 설정하여 여자신호의 지연이 고려되어 인터럽트루틴에서 인터럽트 시작 시점에 레졸버 출력의 여자신호 성분이 최대값일 때 샘플링하는 것이 가능하도록 하는 것이다.

[0042] 도 4는 본 발명의 여자신호 발생 장치의 일 실시예로서, 마이크로콘트롤러(100)에 내장되어 있는 구형파발생기(110)에서 발생된 구형파는 아날로그 삼각파발생기(20)에 연결되며 이 삼각파발생기(20)는 구형파에 따라 10Khz의 삼각파를 발생한다.

[0043] 상기 발생한 삼각파는 밴드패스 필터(30)을 거치면서 정현파로 바뀌고 증폭기(30)에서 레졸버(200)의 정격에 맞는 전압과 전류의 여자신호 $K\sin\omega t$ 로 변환하여 레졸버(200)에 인가한다.

[0044] 상기 여자신호가 인가된 레졸버(200)는 회전하면서 위치정보 θ 와 여자신호 $K\sin\omega t$ 가 함께 포함된 변조된 SIN신호 $A\sin\theta\sin\omega t$ 와 COS신호 $A\cos\theta\sin\omega t$ 를 출력한다.

[0045] 레졸버(200) 출력신호 $A\sin\theta\sin\omega t$ 와 COS신호 $A\cos\theta\sin\omega t$ 는 마이크로콘트롤러(100) 내부에 있는 A/D변환기(120)에 입력되며 A/D변환기(120)는 100usec 인터럽트 주기에 한번 씩 레졸버(200) 출력신호를 샘플링, A/D변환한다.

[0046] 상기 A/D변환기(120)에 의해 디지털 값으로 변환된 레졸버(200) 출력신호는 100usec 인터럽트루틴에서 소프트웨어적으로 위치 θ 를 추정한다.

[0047] 위치추정 알고리즘은 하기 수학식 1과 같이 구현되며 레졸버(200) 출력신호는 각각 $\cos\Phi$ 와 $\sin\Phi$ 를 곱하고 빼서 하기 수학식 1의 E를 계산할 수 있다.

수학식 1

$$E = A\sin\omega t(\sin\theta\cos\Phi - \cos\theta\sin\Phi) = A\sin\omega t\sin(\theta - \Phi)$$

[0048]

[0049] 결국 Φ 를 조절하여 상기 수학식 1의 값이 0이 되도록 수렴하면 이때의 Φ 는 하기 수학식 2와 같이 구하고자하는 위치 θ 가 된다.

수학식 2

$$\text{if } E = A \sin \omega t \sin(\theta - \Phi) = 0, \text{ then } \theta = \Phi$$

[0050]

[0051] 도 5는 도 4의 구형파발생기(110)와 발생된 아날로그 삼각파발생기(20)의 상세 구조 및 출력 파형을 나타내며, 도 6은 도 4의 실시예에 따른 각 파트의 동작 파형을 나타낸다.

[0052] 상기 도 5의 구형파발생기(110)는 디지털카운터(111)와 비교기 기준값(112) 및 디지털비교기(113)으로 구성되었으며 카운터(111)는 도 6a와 같은 톱니파를 발생하는 UP카운터로 동작하고 주기가 100usec가 되도록 최대값 N을 설정한다.

[0053] 카운터(111)의 톱니파는 비교기(113)에 입력되어 카운터의 최대값 N의 반인 (N/2)으로 설정된 비교기 기준값(112)과 비교되어 도 6b와 같이 대칭의 구형파가 출력된다.

[0054] 이때, 100usec 인터럽트루틴에서 인터럽트 시작 시점에 카운터(111)를 0으로 클리어 시키면 구형파는 인터럽트 시작 시점에서 그림 6b와 같이 톱니파의 0으로의 클리어 시점과 동시에 상승하는 구형파 파형이 발생된다.

[0055] 상기 구형파발생기(110)의 구형파는 아날로그 삼각파발생기(20)에 입력되며 삼각파발생기(20)는 하기 수학식 3과 같이 적분기로 동작하여 도 6c와 같이 삼각파가 발생된다.

수학식 3

$$V_o = -\frac{1}{RC} \int V_i dt$$

[0056]

[0057] 이때, 삼각파 출력전압의 크기는 RC로 조절할 수 있으며 삼각파의 최대치는 구형파의 상승 순간, 즉 인터럽트의 시작 시점에서 발생한다.

[0058] 삼각파 출력은 배드패스 필터와 증폭기(30)을 거쳐 도 6d와 같은 정현파 여자신호로 변환되어 레졸버(200)에 인가된다.

[0059] 상기 정현파 여자신호 $K \sin \omega t$ 의 최대값은 구형파의 라이징 순간, 즉 인터럽트의 시작 시점에서 발생하여 인터럽트 시작 시점에 레졸버 출력 신호를 샘플링하면 레졸버 출력 신호의 최대값 즉 $\sin \omega t = 1$ 에서 샘플링이 가능하며 샘플링과 동시에 위치의 추정이 가능하다.

[0060] 그러나, 상기 정현파 여자신호 $K \sin \omega t$ 필터와 레졸버 내부의 누설인덕턴스 성분 등의 영향으로 α 만큼 지연되어 레졸버 출력신호가 $A \sin \theta \sin(\omega t + \alpha)$ 와 $A \cos \theta (\sin \omega t + \alpha)$ 와 같이 $K \sin \omega t$ 가 아닌 지연된 $K \sin(\omega t + \alpha)$ 가 포함된 변조된 SIN신호와 COS신호를 출력할 수 있다. 따라서, 지연의 영향으로 인터럽트 루틴에서 레졸버 출력신호의 최대값에서의 샘플링이 오차가 발생할 수 있다.

[0061] 상술한 지연의 영향을 고려하기 위해서 도 7과 같이 인터럽트 시점에 카운터(111)를 0으로 클리어 시키지 않고 지연을 고려한 N1값으로 세팅하면 여자신호의 최대값은 인터럽트 시작 시점보다 앞서며 레졸버 출력의 여자신호 성분 $K \sin(\omega t + \alpha)$ 이 최대값일 때 샘플링이 가능하다.

[0062] 상기 방법에 의해 인터럽트 시점에 카운터(111)를 세팅값을 조절하면 여자신호의 위상을 레졸버의 특성에 맞추어 조절이 가능하며 결국 어떠한 레졸버 사양에서도 본 발명에 의해 레졸버 출력의 여자신호 성분

$K\sin(wt+\alpha)$ 이 최대값일 때 샘플링과 위치 추정이 가능하다.

- [0063] 도 8은 본 발명의 여자신호 발생 장치의 다른 실시예로서, 도시한 여자신호 발생 장치는, UP카운터; 상기 UP카운터의 출력 데이터가 ROM에 저장된 코사인데이터를 액세스하는 어드레스버스에 연결되어 UP카운터의 증가에 따라 정현파의 데이터가 출력되는 ROM; 상기 ROM의 출력디지털 정현파가 아날로그 정현파로 변환되는 D/A변환기; 상기 D/A변환기 출력의 고조파 함유 정현파가 깨끗한 정현파로 변환하는 필터와 레졸버 정격에 맞게 구동하는 증폭기를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다. 여기서, 상기 UP카운터를 설정(세팅)을 마이크로콘트롤러를 이용하여 달성될 수 있다.
- [0064] 도시한 여자신호 발생 장치의 동작은 상기 클럭 주파수와 UP카운터의 최대값 및 ROM의 코사인저장데이터 용량을 인터럽트의 발생주기와 동기가 되도록 산정하는 단계; UP카운터를 이용한 톱니파발생기에 인터럽트 주기마다 카운터값을 강제적으로 특정 설정값으로 세팅하여 인터럽트루틴에서 인터럽트 시작 시점에 레졸버 출력의 여자신호 성분이 최대값일 때 샘플링되도록 하는 단계를 포함하여 이루어진다.
- [0065] 도시한 여자신호 발생 장치의 마이크로콘트롤러(100)는 UP카운터(41)와 연결되어 카운터 값을 세팅하고 UP카운터(41)의 증가하는 카운터 값은 ROM(42)의 어드레스 버스에 연결되어 정현파 데이터값이 저장되어 있는 ROM의 번지를 입력하여 ROM의 데이터번스를 통해 정현파 값이 출력되도록 한다. 상기 ROM(42)의 출력 디지털 정현파 데이터는 D/A변환기(43)에 연결되어 아날로그 정현파값으로 변환된다.
- [0066] 이때, 카운터(41)와 ROM(42)의 클럭을 예로 2.5Mhz를 입력하면 100usec 주기에 250번 UP카운터가 증가하고 ROM의 번지가 0번지에서 249번지까지 250번지를 엇세스 할 수 있으며 이는 ROM의 250번지에 코사인과 한 주기의 데이터를 저장하고 ROM의 데이터버스를 8비트로 하면 정현파발생용으로 256바이트 용량의 저가격의 ROM을 이용할 수 있다.
- [0067] ROM(42)의 출력 데이터는 저분해능의 디지털 값이므로 D/A변환기(43) 출력 정현파도 하모닉 성분이 어느 정도 포함된 정현파이다.
- [0068] 따라서, 상기 발생한 정현파는 밴드패스 필터(30)을 거치면서 깨끗한 정현파로 바뀌고 증폭기(30)에서 레졸버(200)의 정격에 맞는 전압과 전류의 여자신호 $K\sin wt$ 로 변환하여 레졸버(200)에 인가한다.
- [0069] 상기 레졸버(200)에 여자신호가 인가된 이후 100usec 인터럽트루틴에서 소프트웨어적으로 위치 θ 를 추정하기까지 과정은 도 4에 도시한 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 경우와 유사하다.
- [0070] 도 9는 도 8의 실시예에 따른 각 파트의 동작 파형을 나타내며 도 8의 UP카운터(41)는 도 9a와 같이 0에서 N까지 증가하는 톱니파형으로 동작하고, 이때 N을 249로 설정하면 ROM의 0번지에서 249번지까지 지정하는 번지 지령 데이터를 출력하게 된다.
- [0071] ROM에는 코사인 데이터가 저장되어 있으므로 UP카운터(41)의 출력이 0이면 ROM 0번지의 $\cos(0\text{도})$ 값이 엇세스되고 UP카운터(41)의 출력이 증가함에 따라 ROM의 데이터버스는 도 9b와 같은 파형의 디지털 값이 실리게 된다.
- [0072] 상기 ROM의 데이터버스로부터 출력되는 코사인 데이터는 D/A변환기를 거쳐 레졸버의 여자신호로 인가되고, 만약 필터와 레졸버를 거치면서 레졸버 출력인 Sin과 COS의 변조신호에 포함되어 있는 여자신호가 지연이 없다면 인터럽트루틴에서 인터럽트 시작 시점에 UP카운터(41)를 0으로 세팅하면 레졸버 출력의 여자신호 성분 $K\sin(wt)$ 이 최대값일 때 샘플링이 가능하다.
- [0073] 그러나, 실제 지연이 존재하므로 이때 여자신호의 지연의 영향을 고려하여 100usec 인터럽트루틴에서 인터럽트 시작 시점에 UP카운터(41)를 N1으로 세팅하면 여자신호의 최대값은 인터럽트 시작 시점보다 앞서며 레졸버 출력의 여자신호 성분 $K\sin(wt+\alpha)$ 이 최대값일 때 샘플링이 가능하다.
- [0074] 상기 방법에 의해 인터럽트 시점에 UP카운터(41)의 세팅값 N1 값을 조절하면 여자신호의 위상을 레졸버의 특성에 맞추어 조절이 가능하며 결국 어떠한 레졸버 사양에서도 본 발명에 의해 레졸버 출력의 여자신호 성분

$K\sin(wt+\alpha)$ 이 최대값일 때 샘플링과 위치 추정이 가능하다.

실시예 2

- [0075] 도 10은 본 발명의 여자신호 발생 장치의 또 다른 실시예의 블록도를 나타내며, 모터제어 전용 마이크로컨트롤러(100)의 내장 PWM발생장치 내에 있는 삼각파 발생부를 이용하는 것을 특징으로 한다.
- [0076] 도시한 여자신호 발생 장치는, 마이크로컨트롤러 내장 카운터를 이용한 삼각파 발생기(400); 상기 삼각파발생기(400)와 비교 기준값에 의해 발생되는 구형파발생기(160); 상기 구형파를 정현파로 변환하는 필터와 레졸버 정격에 맞게 구동하는 증폭기(30)를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0077] 도시한 여자신호 발생 장치의 주요 동작은, 삼각파의 최대치에서 인터럽트가 발생하여 인터럽트루틴에서 인터럽트 시작 시점에 레졸버 출력의 여자신호 성분이 최대값 근처에서 샘플링하는 것이다.
- [0078] 상기 모터제어 전용 마이크로컨트롤러(100)의 내장 PWM발생장치 내에 있는 삼각파 발생기(140)는 업다운 카운터로 동작하여 도 11a와 같이 100usec 주기의 삼각파를 발생하며 삼각파의 최고치에서 인터럽트를 발생할 수 있다.
- [0079] 삼각파 발생기(140)의 삼각파는 비교기(160)에 입력되어 업다운 카운터로 동작하는 삼각파 발생기(140)의 최대값의 반으로 설정된 비교기 기준값(150)과 비교되어 도 11b와 같이 대칭의 구형파가 출력된다.
- [0080] 상기 발생한 구형파 출력은 밴드패스 필터(30)을 거치면서 깨끗한 정현파로 바뀌고, 증폭기(30)에서 레졸버

(200)의 정격에 맞는 전압과 전류의 여자신호 $K\sin wt$ 로 변환하여 레졸버(200)에 인가된다.

- [0081] 상기 레졸버(200)에 여자신호가 인가된 이후 100usec 인터럽트루틴에서 소프트웨어적으로 위치 θ 를 추정하기까지 과정은 상술한 도 5 또는 도 8의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 경우와 유사하다.
- [0082] 상기 도 10의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치는, 마이크로컨트롤러(100)의 잉여자원외에 별도의 장치가 필요 없는 가장 간단한 구조의 여자신호의 발생장치로, 만약 필터와 레졸버를 거치면서 레졸버 출력인 Sin과 COS의 변조신호에 포함되어 있는 여자신호가 지연이 없다면 인터럽트루틴에서 인터럽트 시작 시점에 레졸버 출력의 여자신호 성분 $K\sin(wt)$ 이 최대값일 때 샘플링이 가능하다.

- [0083] 상기 도 10의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치는, 구조는 간단하나 실제 지연이 존재하므로 여자신호의 지연의 영향을 받아 레졸버 출력의 여자신호 성분 $K\sin(wt+\alpha)$ 이 최대값일 때 보다 약간의 위상오차를 가지고 샘플링을 하는 단점이 있다.

- [0084] 그러나, 실제 여자신호의 지연의 영향은 일반적으로 위치추정을 못할 정도로 크지 않기에, 어느 정도의 위치추정 오차만이 존재하며 이 위치추정 오차를 수용할 수 있는 응용분야에서는 상기 도 10의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 적용이 가능하다.

실시예 3

- [0085] 상기 실시예 1 또는 실시예 2에 따른 본 발명의 여자신호 발생 장치는, 인터럽트루틴에서 여자신호의 위상을 결정하거나 출력신호의 최대값이 인터럽트의 발생 시점과 동기가 이루어지도록 여자신호를 발생시키는 작업 등 여자신호의 발생 작업을 능동적으로 수행하는 것을 특징으로 하는 반면, 본 실시예 3에 따른 여자신호 발생 장치는 여자신호 발생은 마이크로컨트롤러(100) 외부에서 자동으로 만들어지고 인터럽트는 여자신호에 의해서 발생되도록 하는, 즉 인터럽트는 여자신호에 대해서 수동적으로 동작하는 것을 특징으로 하고 있다.

- [0086] 도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 블록도를 나타내며 여자신호와 비교기 기준값

의 비교에 의해 발생한 신호에 의해 인터럽트가 발생하는 것을 특징으로 한다.

[0087] 도시한 여자신호 발생 장치는, 정현파발생기(51)와, 정현파발생기(51)에 의해 발생한 정현파 여자신호와 비교기 기준값을 비교하여 구형파를 생성하는 구형파발생기인 비교기(54)와, 상기 비교기 출력 신호로부터 위치 추정을 수행하는 인터럽트를 발생시키는 마이크로컨트롤러(100) 내 인터럽트 루틴(130)을 포함하여 구성될 수 있다.

[0088] 도 12에서 정현파발생기(51)는 일반적으로 윈브릿지 발진기 등으로 10Khz의 아날로그 정현파를 발생시킬 수 있으며 비교기기준값(53)은 여자신호의 지연을 고려하여 정현파의 최대값 근처에서 설정하며 기준값과 정현파는 도 13a와 같이 나타낼 수 있다.

[0089] 상기 정현파발생기(51)의 정현파는 증폭기(52)를 거쳐 레졸버(200)의 정격에 맞는 전압과 전류의 여자신호 $K\sin wt$ 로 변환하여 레졸버(200)에 인가되면서 동시에 기준값(53)과 함께 비교기(54)에 입력되어 도 13b와 같은 로우(Low)의 폭이 작은 구형파가 출력된다.

[0090] 따라서, 상기 발생한 구형파 출력은 마이크로컨트롤러(100)의 인터럽트 핀에 연결되어 구형파의 라이징 엣지에서 인터럽트가 발생되도록 설정한다.

[0091] 상기 발생된 인터럽트는 정현파의 주기와 동기인 100usec로 발생된 100usec 인터럽트루틴에서 소프트웨어적으로 위치 θ 를 추정하며 그 과정은 상술한 도 5 및 도 7, 도 10의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 경우와 유사하다.

[0092] 상기 발생된 인터럽트는 여자신호의 최대값보다 약간 지연되어 발생되나 실제 여자신호의 지연을 고려하면 인터럽트는 도 13과 같이 레졸버 출력의 여자신호 성분 $K\sin(wt+\alpha)$ 의 최대값 근처에서 발생할 수 있다.

[0093] 도 12의 실시예에 따른 본 발명의 여자신호 발생 장치는, 마이크로컨트롤러(100)를 이용한 간단한 구조의 레졸버 위치 추정 방법으로 매뉴얼 작업으로 기준값(53)을 조절하는 불편한 점이 있지만 인터럽트루틴에서 인터럽트 시작 시점에 레졸버 출력의 여자신호 성분 $K\sin(wt)$ 이 최대값일 때 샘플링이 가능하다.

[0094] 도 14 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 블록도를 나타내며, 도 12의 실시예의 여자신호 발생 장치가 인터럽트가 발생하는 것 대신에, 여자신호와 비교기 기준값의 비교에 의해 발생한 신호를 I/O 포트에 입력하고 신호와 동기가 맞는 타이머 값을 입력하여 여자신호의 위상을 판정하는데 사용하는 것을 특징으로 한다.

[0095] 도시한 여자신호 발생 장치는, 정현파발생기(51)와, 정현파발생기(51)에 의해 발생한 정현파 여자신호와 비교기 기준값을 비교하여 구형파를 생성하는 구형파발생기로서 비교기(54); 비교기(54) 출력과 연결된 마이크로컨트롤러(100)의 I/O포트(160)와 타이머(130)를 포함하여 구성된다.

[0096] 도시한 여자신호 발생 장치의 동작은, 상기 비교기 출력으로부터 여자신호의 극성을 판정하는 단계; 비교기 출력과 연결된 타이머로부터 여자신호의 위상을 판정하는 단계; 여자신호의 극성과 위상으로부터 마이크로컨트롤러의 인터럽트루틴에서 레졸버 출력 신호를 샘플링하는 단계로 이루어질 수 있다.

[0097] 도 14에서 정현파발생기(51)와 비교기기준값(53) 그리고 비교기(54)는 도 12의 여자신호 발생 장치의 경우와 같은 구조로 되어 있으나, 상기 도 12의 경우와 달리 도 14의 여자신호 발생 장치는, 비교기기준값(53)을 정현파의 중간값으로 설정하여, 도 15b와 같이 하이와 로우의 크기가 같은 대칭인 구형파가 발생하며 기준값과 정현파는 도 15a와 같이 나타낼 수 있다.

[0098] 여기서, 상기 정현파발생기(51)의 정현파는 또한 도 12의 경우와 마찬가지로 증폭기(52)를 거쳐 레졸버(200)의 정격에 맞는 전압과 전류의 여자신호 $K\sin wt$ 로 변환하여 레졸버(200)에 인가된다.

[0099] 상기 발생한 비교기(54)의 구형파 출력은 마이크로컨트롤러(100)의 I/O 핀에 연결되어, 도 5, 도 7, 도 10 또는 도 12의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치의 경우와 유사한 방법으로 레졸버 신호로부터 위치를 추정하는 인

터럽트 루틴에서 여자신호 $K\sin wt$ 의 극성을 판단할 수 있다.

[0100] 이때 상기 발생한 비교기(54)의 구형과 출력의 상승엿지에서 도 15와 같이 도 14의 타이머(61)를 클리어시켜 인 터럽트 루틴에서 타이머 값을 읽어 여자신호의 위상을 판단할 수 있도록 구현할 수 있다.

[0101] 상기 타이머값의 최고값을 N으로 하였을 때 여자신호 $K\sin wt$ 의 위상과 타이머값의 관계는 하기 표 1과 같다.

표 1

여자신호의 위상	타이머의 값	여자신호의 위상	타이머의 값
0도 ~ 15도	0 ~ N/24	180도 ~ 195도	N*12/24 ~ N*13/24
15도 ~ 30도	N/24 ~ N*2/24	195도 ~ 210도	N*13/24 ~ N*14/24
30도 ~ 45도	N*2/24 ~ N*3/24	210도 ~ 225도	N*14/24 ~ N*15/24
45도 ~ 60도	N*3/24 ~ N*4/24	225도 ~ 240도	N*15/24 ~ N*16/24
60도 ~ 75도	N*4/24 ~ N*5/24	240도 ~ 255도	N*16/24 ~ N*17/24
75도 ~ 90도	N*5/24 ~ N*6/24	255도 ~ 270도	N*17/24 ~ N*18/24
90도 ~ 105도	N*6/24 ~ N*7/24	270도 ~ 285도	N*18/24 ~ N*19/24
105도 ~ 120도	N*7/24 ~ N*8/24	285도 ~ 300도	N*19/24 ~ N*20/24
120도 ~ 135도	N*8/24 ~ N*9/24	300도 ~ 315도	N*20/24 ~ N*21/24
135도 ~ 150도	N*9/24 ~ N*10/24	315도 ~ 330도	N*21/24 ~ N*22/24
150도 ~ 165도	N*10/24 ~ N*11/24	330도 ~ 345도	N*22/24 ~ N*23/24
165도 ~ 180도	N*11/24 ~ N*12/24	345도 ~ 360도	N*23/24 ~ N

[0103] 이때, 인터럽트루틴에서 위치추정을 위해 레졸버 출력신호를 샘플링할 때 레졸버 출력신호중 여자신호성분의 위 상이 sin15도 보다 작은 값에서 샘플링하지 않기 위해서는 타이머 값이 여자신호 $K\sin wt$ 의 위상이 0도~15도 인 (0 ~ N/24)와 위상이 165도~195도인 (N*11/24 ~ N*13/24)와 위상이 345도~360도인 (N*23/24 ~ N)를 피해서 레졸버의 출력신호를 샘플링하도록 인터럽트 루틴에서 소프트웨어적으로 처리한다.

[0104] 도 14의 실시예에 따른 본 발명의 여자신호 발생 장치는, 다른 도 5, 도 7 또는 도 12의 경우와 달리 인터럽트 루틴에서 인터럽트 시작 시점에 레졸버 출력의 여자신호 성분 $K\sin(wt)$ 이 최대값일 때 샘플링하는 것이 아 니므로 어느 정도의 위치추정 오차만이 존재하며, 도 10의 실시예에 따른 여자신호 발생 장치와 마찬가지로 이 위치추정 오차를 수용할 수 있는 응용분야에서 적용이 가능하다.

[0105] 상술한 본 발명의 설명에 있어 위치 추정 오차를 보정하기 위해, 모터 제어(회전 위치 검출 동작)를 위한 인터 럽트 신호 보다 레졸버의 여자신호의 최대값을 약간 앞서도록 조정하는데, 상기 여자신호의 최대값이 상기 인터 럽트 신호 보다 앞서는 소정 시간은, 계측 대상인 레졸버의 규격 또는 물리적 특성(예: 출력신호의 지연시간)에 따라 미리 설정된다. 예컨대, 레졸버 종류에 따라 여자신호와 출력신호간의 지연 시간에 결정되는 바, 상기 지 연 시간을 보상할 수 있도록, 상기 앞서는 소정 시간을 레졸버 종류에 따라 설정할 수 있다.

[0106] 상기한 실시예는 그 설명을 위한 것이며, 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한, 본 발명의 기술 분야의 통상의 전문가라면 본 발명의 기술사상의 범위에서 다양한 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

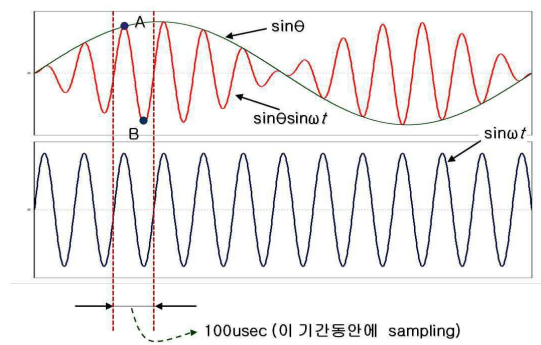
- [0107] 100 : 마이크로컨트롤러
110 : 구형과 발생기
111 : 톱니파 발생기
113 : 비교기

20 : 삼각파 발생기

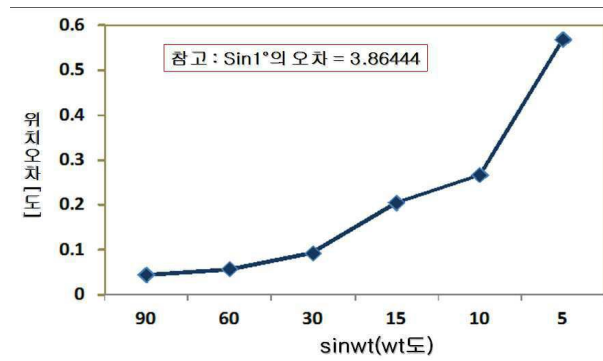
200 : 레졸버

도면

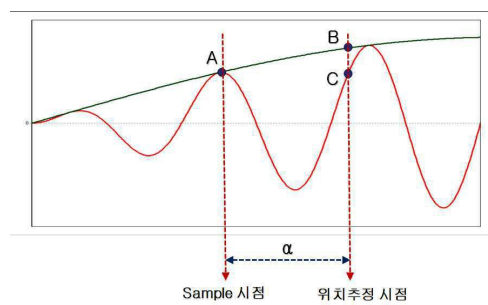
도면1



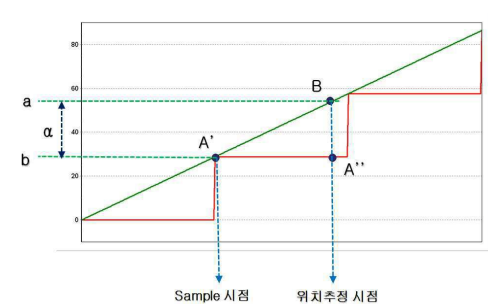
도면2



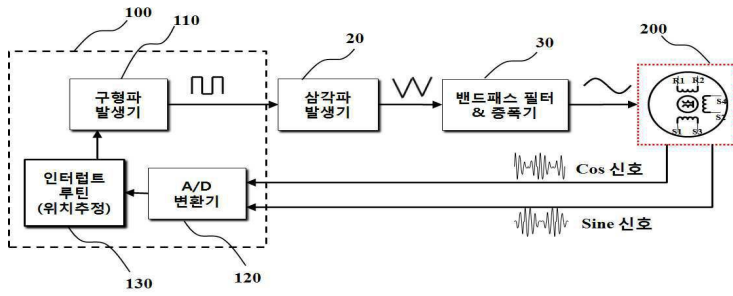
도면3a



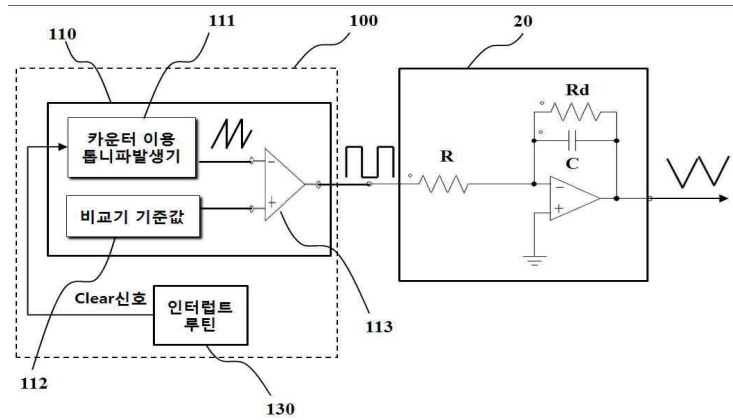
도면3b



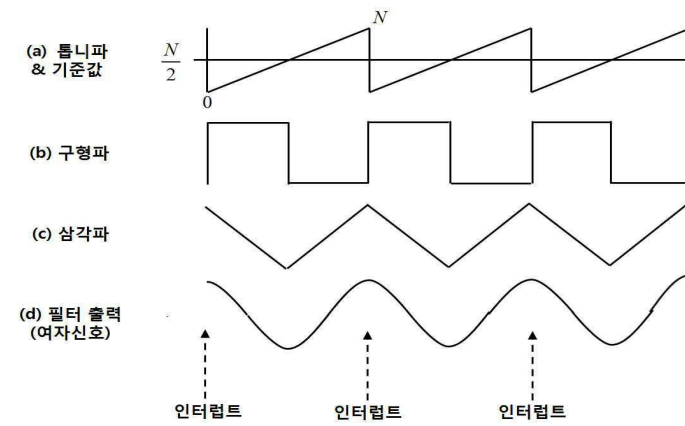
도면4



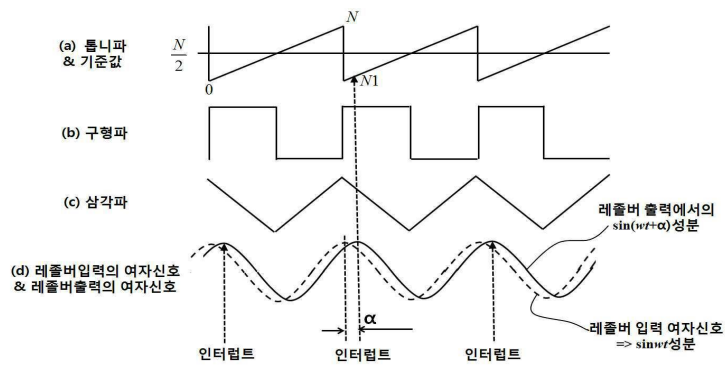
도면5



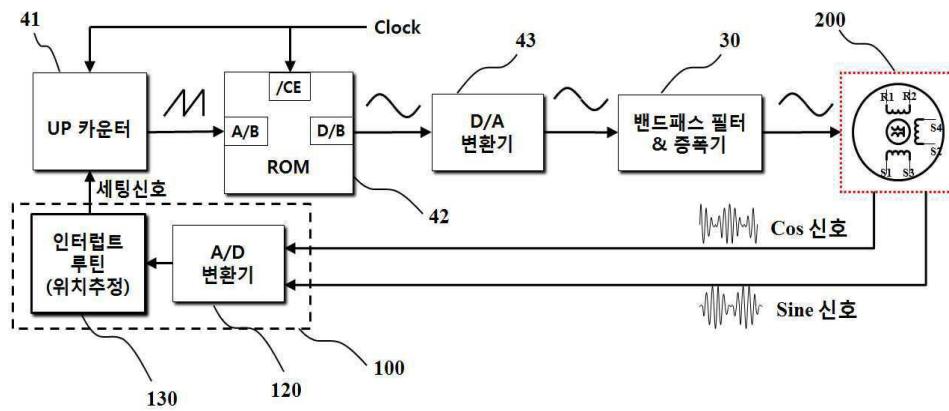
도면6



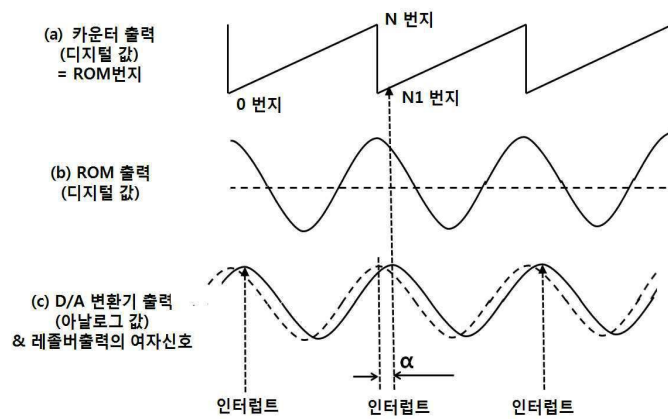
도면7



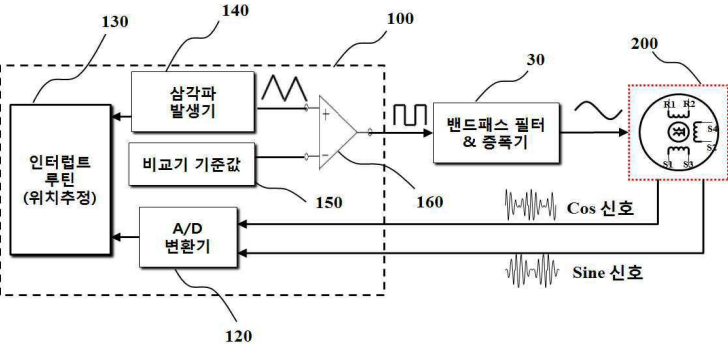
도면8



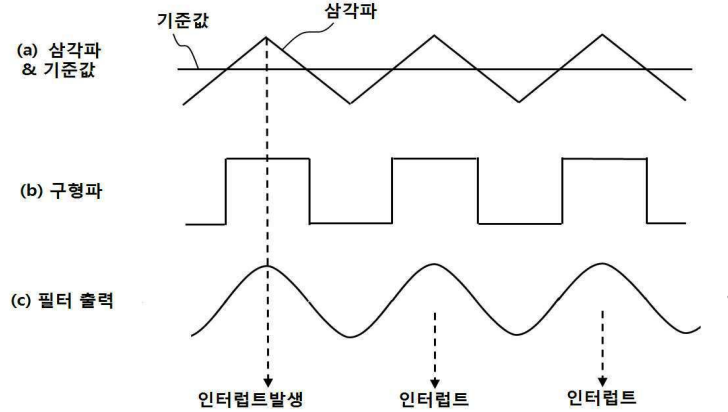
도면9



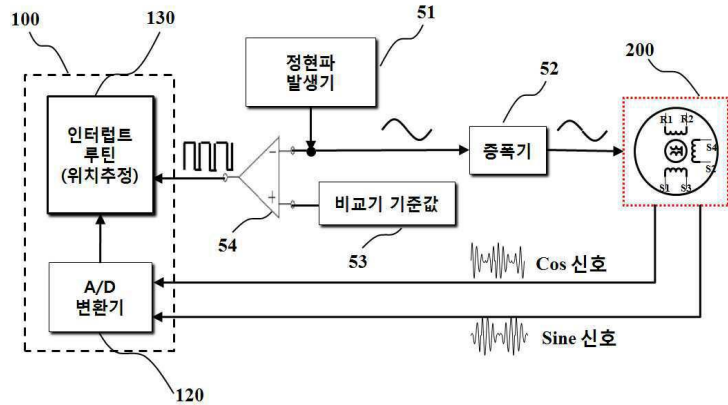
도면10



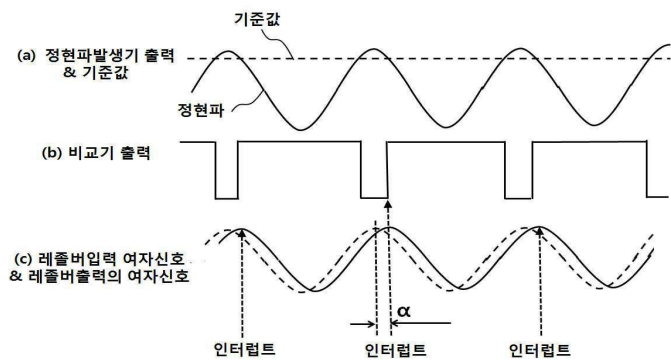
도면11



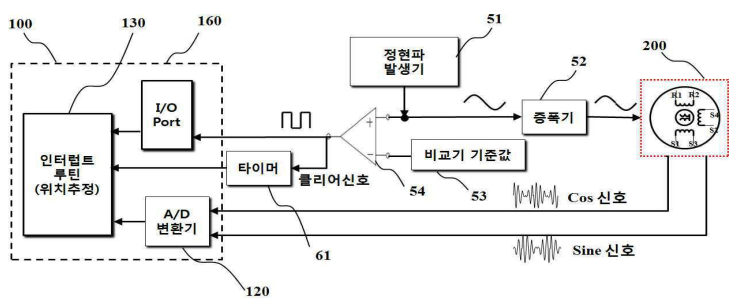
도면12



도면13



도면14



도면15

