(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
H02P 5/00 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년11월23일
(11) 등록번호 10-0647039
(24) 등록일자 2006년11월10일

(21) 출원번호 10-2005-0083253
(22) 출원일자 2005년09월07일
심사청구일자 2005년09월07일

(65) 공개번호
(43) 공개일자

(73) 특허권자 울산대학교 산학협력단
울산 남구 무거동 산29

(72) 발명자 전태원
부산 금정구 구서2동 신동아아파트 101동 403호

안정렬
울산 울주군 청량면 상남리 신덕하 594-4번지

이홍희
울산 중구 다운동 590번지 다운현대아파트 101동 403호

노의철
부산 남구 용호1동 LG메트로시티2차아파트 125동 2003호

김홍근
대구 수성구 지산동 1269번지 동서맨션 106동 1102호

(74) 대리인 이풍우
김홍진

심사관 : 김기영

전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법

(57) 요약

본 발명은 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법에 관한 것으로, 인버터와 함께 전동기 전압, 전류, 위치 및 속도 등 각 센서모듈에서 검출한 값을 네트워크를 이용하여 전송받아 제어하며, 제어모듈에서 네트워크를 통해 각각의 센서모듈로 동시에 450㎲마다 동기신호를 보내는 단계(S10)와; 상기 동기신호를 받은 각각의 센서는 모듈내 타이머를 동시에 초기화시키는 단계(S20)와; 상기 초기화된 타이머 값을 기준으로 하여 450㎲ 구간에서 150㎲ 간격으로 전류와 전압 및 속도 3개의 센서모듈에서 차례로 각 센서 값을 제어모듈로 전송하는 단계(S30)와; 상기 제어모듈은 전송된 전류값과 전압값으로 다음 2개의 샘플링 구간에 사용할 전류값과 전압값을 예측하고, 전송된 속도 및 위치정보의 시정수가 크므로 예측하지 않고 속도특정모드에서 검출된 값으로 다음 2개의 샘플링 구간을 예측하여 전동기 제어시스템을 수행하는 단

계(S40)를 포함한다. 따라서, 본 발명은 네트워크에 의한 각 센서 값의 네트워크 전송 지연시간을 예측할 수 있으며, 두 개의 기울기를 사용하는 기법을 사용하여 상기 센서들을 포함하여 인버터 구동장치 전체를 네트워킹함으로써 유지보수가 용이하여 생산성을 향상시키는 효과가 있다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

3상전류 검출용 모듈과 3상전압 검출용 모듈과 엔코더 출력펄스로 속도 및 위치 검출용 모듈 등 3개의 센서용 모듈과 이 센서 값으로 전동기 속도 또는 위치제어를 수행하는 제어모듈로 구성되는 네트워크의 각 센서 통신지연 시간 예측과 시간지연에 따른 보상기법에 있어서,

제어모듈에서 네트워크를 통해 각각의 센서모듈로 동시에 450㎲마다 동기신호를 보내는 단계(S10)와;

상기 동기신호를 받은 각각의 센서는 모듈내 타이머를 동시에 초기화시키는 단계(S20)와;

상기 초기화된 타이머 값을 기준으로 하여 450㎲ 구간에서 150㎲ 간격으로 전류와 전압 및 속도 3개의 센서모듈에서 차례로 각 센서 값을 제어모듈로 전송하는 단계(S30)와;

상기 제어모듈은 전송된 전류값과 전압값으로 다음 2개의 샘플링 구간에 사용할 전류값과 전압값을 예측하고, 전송된 속도 및 위치정보의 시정수가 크므로 예측하지 않고 속도특정모드에서 검출된 값으로 다음 2개의 샘플링 구간을 예측하여 전동기 제어시스템을 수행하는 단계(S40)를 포함하는 것을 특징으로 하는 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법.

청구항 2.

제 1항에 있어서,

상기 제어모듈의 교류신호 예측방법으로 두 개의 기울기를 사용하는 것을 특징으로 하는 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법에 관한 것으로, 더욱 세부적으로는 PWM인버터-전동기 구동시스템의 신뢰성 향상과 유지보수 비용 및 시간을 줄이기 위하여 센서를 포함한 시스템 전체를 네트워킹하는 방식으로, 인버터와 함께 전동기 전압, 전류, 위치 및 속도 등 각 센서모듈에서 검출한 값을 네트워크를 이용하여 전송받아 제어하는 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법에 관한 것이다.

공장 자동화 시스템에서는 컴퓨터를 이용하여 분산된 공정을 자동화하고 이들을 수직, 수평적으로 통합하여 전체 공정을 일관되게 관리함으로써 생산성을 향상시키고 비용을 절감시키는 동시에 자동화 공정의 설계와 구축 및 유지관리에 유연성과 신뢰도를 극대화시키는 효과를 거두고 있다. 그리하여 모든 공정의 통합화를 추구하는 분산제어 및 자동화시스템에서 네트워킹 기술은 가장 핵심이 되는 기술로 부각되고 있다.

최근에는 공장 자동화 설비의 자동화셀 중 대표적인 엑추에이터인 PWM인버터-전동기 구동시스템에서도 네트워크 기술을 접목하고 있다. 즉 다수의 전동기를 네트워크를 통하여 각 전동기의 속도 또는 위치 제어와 함께 각 전동기의 동작상태를 감시하는 시스템을 구축하고 있다. 또한 다중 인버터에서 각 셀 단위의 회로에 네트워크 기능을 포함하여 네트워크로 제어하면서 각 셀 단위의 회로 상태를 감시함에 따라, 유지보수가 용이하고 전압의 크기에 따라 셀 단위 회로를 쉽게 첨가 또는 제거할 수 있다.

그러나, 상기 PWM인버터-전동기 구동시스템 자체 즉, 각 센서의 네트워크 제어기술에 대한 연구는 상당히 미흡한 실정이다. 전동기 구동시스템의 센서 중 엔코더로 전동기의 속도 또는 위치를 검출하여 이 값을 네트워크로 전송하는 장비는 개발되고 있으나, 네트워크로 교류전류와 전압센서 값을 전송하는 시스템은 아직 연구되고 있지 않는 실정이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 PWM인버터-전동기 구동시스템의 신뢰성 향상과 유지보수 비용 및 시간을 줄이기 위하여 센서를 포함한 시스템 전체를 네트워킹하는 방식으로, 인버터와 함께 전동기 전압, 전류, 위치 및 속도 등 각 센서모듈에서 검출한 값을 네트워크를 이용하여 전송받아 제어하는 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법을 제공하는데 목적이 있다.

상기 네트워크를 이용하여 전압, 전류, 속도 등 센서 값을 전송받아 전동기 구동시스템을 제어할 경우, 네트워크의 특성상 각 메시지의 우선순위로 인하여 데이터 전송시 네트워크에 의한 시간지연이 발생하여 시스템의 제어성능이 떨어지게 되고, 전동기 속도 및 위치의 시정수가 상당히 크므로 네트워크 전송에 의한 시간지연에 거의 영향을 받지 않으나, 교류전압 및 전류값은 이 시간지연에 상당히 영향을 받게 된다. 또한, 각 센서모듈은 독립적으로 동작하여 통신지연 시간을 정확히 알 수 없으므로, 각 센서 값의 시간지연에 따른 보상이 상당히 힘들게 되므로, 본 발명에서는 네트워크를 통하여 전송받은 각종 센서 값 중 특히 교류전압 및 전류의 통신지연 시간을 예측할 수 있는 방법과 각 센서 값의 시간지연에 대한 보상 기법을 개발함에 기술적 과제가 있다.

발명의 구성

목적을 달성하기 위한 구성으로는,

제어모듈에서 네트워크를 통해 각각의 센서모듈로 동시에 450㎲마다 동기신호를 보내는 단계와, 상기 동기신호를 받은 각각의 센서는 모듈내 타이머를 동시에 초기화시키는 단계와, 상기 초기화된 타이머 값을 기준으로 하여 450㎲ 구간에서 150㎲ 간격으로 전류와 전압 및 속도 3개의 센서모듈에서 차례로 각 센서 값을 제어모듈로 전송하는 단계와, 상기 제어모듈은 전송된 전류값과 전압값으로 다음 2개의 샘플링 구간에 사용할 전류값과 전압값을 예측하고, 전송된 속도 및 위치정보의 시정수가 크므로 예측하지 않고 속도특정모드에서 검출된 값으로 다음 2개의 샘플링 구간을 예측하여 전동기 제어시스템을 수행하는 단계를 포함한다.

상기 제어모듈의 교류신호 예측방법으로 두 개의 기울기를 사용하는 것을 특징으로 한다.

도 1은 본 발명에 따른 3개 센서모듈을 포함한 인버터-전동기 구동장치의 네트워크 구성도이고, 도 2는 본 발명에 따른 동기신호와 전류, 전압 및 속도 센서모듈에서 측정값을 전송하는 방법을 나타낸 도면이고, 도 3은 본 발명에 따른 제어모듈에서의 동기신호 발생 및 각 샘플링 구간별 동작모드이고, 도 4는 본 발명에 따른 두 개 기울기를 사용하여 교류신호를 예측하는 방법을 나타낸 도면이고, 도 5는 본 발명에 따른 제어모듈에서 전송하는 동기신호와 각 센서모듈에서의 타이머 파형도이고, 도 6은 본 발명에 따른 한 개의 기울기를 사용하여 교류신호 예측시 교류신호 오차 및 기울기에 대한 시뮬레이션 결과도이고, 도 7은 본 발명에 따른 두 개의 기울기를 사용하여 교류신호 예측시 교류신호 오차 및 기울기에 대한 시뮬레이션 결과도이고, 도 8은 본 발명에 따른 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법을 나타낸 공정도이다.

이하, 도면을 참고로 구성요소를 설명하면 다음과 같다.

도 1은 3개 센서모듈을 포함한 인버터 전동기 구동장치의 네트워크 구성도로서, 상기 네트워크는 3상전류 검출용 모듈, 3상전압 검출용 모듈과 엔코더 출력펄스로 속도 및 위치 검출용 모듈 등 3개의 센서용 모듈과, 상기 센서 값으로 전동기 속도 또는 위치제어를 수행하는 제어모듈로 구성되며, 제어용 네트워크로 CAN을 사용하며, 상기 센서의 지연시간을 일정하게 유지시키기 위하여, 동기신호와 각 센서에서 측정한 값을 전송하는 시점을 조정하기 위하여 타이머를 사용한다.

제어모듈에서 전송하는 동기신호와 센서모듈의 타이머로 각 센서 값의 전송을 동기시키는 방법에 있어서, 먼저 제어모듈에서 네트워크로 3개 센서모듈로 동시에 450㎲마다 동기신호를 보내고, 각 센서는 제어모듈로부터 동기신호를 받으면 각 센서모듈내 타이머를 동시에 초기화시킨다. 그리고, 상기 타이머 값을 기준으로 하여 450㎲ 구간에서 150㎲ 간격으로 전류, 전압과 속도 등 3개의 센서모듈에서 차례로 각 센서 값을 제어모듈에 전송한다.

상기 제어모듈에서는 샘플링시간 150㎲마다 네트워크를 통하여 각 센서모듈로부터 3상전류, 3상전압, 속도 및 위치값을 순번적으로 받게 되며, 전류값을 전송받는 샘플링 구간에서는 전송된 전류값으로 다음 2개의 샘플링 구간에 사용할 전류값을 예측한 다음, 전압값을 전송받는 샘플링 구간에서는 전송된 전압값으로 다음 2개의 샘플링 구간에 사용할 전압값을 예측한다. 그리고, 속도값을 전송받는 모드에서는 속도 및 위치정보의 시정수가 상당히 크므로, 이 값들은 예측하지 않고 속도특정모드에서 검출된 값으로 다음 두 샘플링 구간에서 사용하며, 상기 샘플링 구간마다 전송받은 센서 값과 예측한 센서 값으로 전동기 제어시스템을 수행하게 된다.

도 2는 동기신호와 전류, 전압, 속도 및 위치 센서모듈에서 센서 값을 전송하는 방법으로, 제어모듈에서 네트워크를 통하여 3개 센서모듈로 동시에 450㎲마다 동기신호를 보내면, 3개의 센서모듈에서는 동시에 제어모듈로부터 동기신호를 전송받게 되며, 이때 동기신호의 전송데이터 패키지 비트수가 52비트이므로 약 52㎲sec 후에 수신 인터럽트가 발생하면 각 센서모듈내의 타이머 값을 동시에 초기화 시킨다.

각 센서모듈에서는 상기 타이머를 사용하여 150㎲마다 차례로 측정한 센서 값을 제어모듈로 전송하는 것으로 즉, 전류센서모듈에서는 동기신호를 받으면 즉시 측정한 전류값을 전송하며, 전압센서모듈에서는 동기신호를 받은 후 150㎲후에 전압값을 전송하고, 속도센서모듈에서는 타이머가 300㎲에서 속도 및 위치정보를 제어모듈로 전송한다.

도 3은 제어모듈에서 동기신호 발생 및 샘플링 시간인 150㎲마다 동작모드를 보인 것으로, 제어모듈에서 동기신호를 각 센서모듈에 전송하면 네트워크 전송시간 52㎲ 후에 센서모듈들이 상기 동기신호를 받는다. 먼저 전류모듈에서는 측정한 전류를 바로 제어모듈로 전송하고 약 84㎲ 후에 제어모듈에서 전류수신 인터럽트가 발생하여 전류모듈로부터 전류값을 수신받는다. 이때 수신한 전류값을 이용하여 다음 두 샘플링 구간에서 사용할 전류값을 예측하게 되며, 실제 수신한 전류값과 그전의 샘플링 시간에서 예측한 전압값 및 속도값을 사용하여 전동기제어루프를 수행하게 된다.

다음 샘플링 구간에서는 전압수신 인터럽트가 발생하면 전압모듈로부터 전압값을 수신받게 되며, 이때 수신한 전압값을 이용하여 다음 두 샘플링 구간에서 사용할 전압값을 예측하게 된다. 그리고, 실제 수신한 전압값과 그전의 샘플링 시간에서 예측한 전류값 및 속도값을 이용하여 전동기제어루프를 수행하게 된다.

세 번째 샘플링 구간에서는 속도수신 인터럽트가 발생하면 속도모듈로부터 속도 및 위치값을 수신받게 되며, 수신한 속도 또는 위치값과 그전의 샘플링 구간에서 예측한 전류와 예측한 전압값으로 전동기제어루프를 수행하게 된다.

상기에서 서술한 것과 같이, 한 주기 450㎲sec에서 3개의 샘플링 구간으로 나누어 전류, 전압, 속도 및 위치값을 차례로 센서모듈로부터 전송받아, 3개의 샘플링 구간 중 1개 샘플링 구간에서는 전송받은 전류 또는 전압값을 사용할 수 있으며, 나머지 2개 샘플링 구간에서는 예측한 전류 또는 전압값으로 사용하여야 한다. 상기의 전류 및 전압을 예측하는 일반적인 방법으로는 전 단계에서 측정된 센서 값과 현재 측정한 값의 변화량 즉, 기울기를 구한 후, 상기 기울기를 이용하여 다음 샘플링 구간에서의 값을 예측하는 단일 기울기를 사용하는 방법이다. 그런데, 상기 단일 기울기만으로 센서 값을 예측시에는 실제 센서 값과 예측한 센서 값 사이에 오차가 많이 발생하게 되며, 특히 두 번째 샘플링 구간에서는 예측한 센서 값에 더 많은 오차가 발생하게 된다.

따라서, 도 4에서는 상기 실제전류와 예측한 전류 사이의 오차를 감소시키기 위하여 두 개의 기울기를 사용하여 교류신호를 예측하는 것으로, 먼저 식(1)과 같이 전 단계에서 측정한 교류값 Im_{o2}와 그전 단계에서 측정한 교류값 Im_{o1}으로 기울기 slope_1은 계산하고, 현재 측정한 교류값 Im과 전 단계에서 측정한 교류값 Im_{o2}으로 기울기 slope_2을 식(2)와 같이 각각 계산한다.

$$slope_1=\frac{I_{m_o2}-I_{m_o1}}{3T_s} \quad (1)$$

$$slope_2=\frac{I_m-I_{m_o2}}{3T_s} \quad (2)$$

상기 두 개의 기울기로 다음 식(3)과 같이 교류신호를 예측하기 위한 새로운 기울기를 계산한다. 이 식에서 상수 a,b값은 두 개의 기울기 중 어떤 기울기가 더 큰지, 두 개의 기울기가 극성 즉 양인지 음인지 등을 판단하여 결정한다.

$$slope_n=slope_2\times\left(a\Longleftrightarrow\frac{slope_1\pm slope_2}{slope_2}+b\right) \quad (3)$$

새로운 기울기를 사용하여 첫 번째 샘플링 구간과 두 번째 샘플링 구간에서의 예측한 교류 센서 값은 다음 식(4)와 식(5)와 같이 각각 계산할 수 있다.

$$I_{m_1}=I_m+Ts\times Slope_n \quad (4)$$

$$I_{m_2}=I_m+2Ts\times Slope_n \quad (5)$$

도 5는 제어모듈에서 전송하는 동기신호와 각 센서모듈의 타이머 파형을 보인 것으로, 동기신호 파형이 상승면과 하강면에서 즉, 450㎲마다 동기신호를 모든 센서모듈로 전송하며, 약 55㎲ 후에 센서모듈에서 상기 동기신호를 받아 각 센서의 타이머가 초기화됨을 알 수 있다. 전류센서 모듈은 동기신호를 받은 후 바로 측정한 전류값을 전송하고, 전압센서 모듈은 150㎲sec에서 타이머 주기 인터럽트가 발생하여 측정한 전압값을 제어모듈로 전송하며, 속도센서 모듈은 타이머 초기화 후 300㎲에 타이머 주기 인터럽트가 발생되며, 이때 속도 및 위치 정보를 전송한다.

도 6은 한 개의 기울기를 사용하여 교류신호 예측시, 실제 교류신호와 예측 교류신호, 실제 교류신호에 대한 예측 교류신호와의 오차, 기울기의 시뮬레이션 결과이다. 한 주기 동안 신호의 크기에 따라 교류신호 오차가 바뀌며, 특히 신호의 양과 음의 최대치에서 오차가 크게 발생되며, 첫 번째 샘플링 구간에서 예측한 교류신호의 오차보다 두 번째 샘플링 구간에서의 예측 교류신호 값의 오차가 더 크게 나타남을 알 수 있다.

도 7은 두 개의 기울기를 사용하여 교류신호 예측시, 실제 및 예측 교류신호와 두 교류신호의 오차, 두 개의 기울기로 계산한 새로운 기울기의 파형을 보인 것이며, 한 개의 기울기를 사용하는 방식과 비교하면, 한 주기내에 전체적으로 전류오차가 상당히 감소되었으며, 특히 두 번째 샘플링 시간에서의 예측 전류값의 오차가 크게 감소됨을 알 수 있다.

도 8은 본 발명에 따른 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법을 나타낸 공정도로서, 제어모듈에서 네트워크를 통해 각각의 센서모듈로 동시에 450㎲마다 동기신호를 보내는 단계(S10)와, 상기 동기신호를 받은 각각의 센서는 모듈내 타이머를 동시에 초기화시키는 단계(S20)와, 상기 초기화된 타이머 값을 기준으로 하여 450㎲ 구간에서 150㎲ 간격으로 전류와 전압 및 속도 3개의 센서모듈에서 차례로 각 센서 값을 제어모듈로 전송하는 단계(S30)와, 상기 제어모듈은 전송된 전류값과 전압값으로 다음 2개의 샘플링 구간에 사용할 전류값과 전압값을 예측하고, 전송된 속도 및 위치정보의 시정수가 크므로 예측하지 않고 속도특정모드에서 검출된 값으로 다음 2개의 샘플링 구간을 예측하여 전동기 제어시스템을 수행하는 단계(S40)를 포함한다.

발명의 효과

상기한 바와 같이, 본 발명은 인버터-교류전동기 구동장치에서 엔코더에 의해 검출되는 속도뿐만 아니라 교류전압 및 전류 즉, 전동기 구송시스템에 필요한 모든 센서들을 네트워킹하는 시스템을 개발함으로써, 동기신호와 각 센서의 타이머를 사용하여 각 센서의 전송 지연시간을 일정하게 유지시키는 기법으로 네트워크에 의한 각 센서 값의 네트워크 전송 지연시

간을 예측할 수 있으며, 두 개의 기울기를 사용하는 기법을 사용하여 예측한 센서 값의 오차를 상당히 감소시킬 수 있어, 상기 센서들을 포함하여 인버터 구동장치 전체를 네트워킹함으로써 유지보수가 용이하여 생산성을 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 3개 센서모듈을 포함한 인버터-전동기 구동장치의 네트워크 구성도.

도 2는 본 발명에 따른 동기신호와 전류, 전압 및 속도 센서모듈에서 측정값을 전송하는 방법을 나타낸 도면.

도 3은 본 발명에 따른 제어모듈에서의 동기신호 발생 및 각 샘플링 구간별 동작모드.

도 4는 본 발명에 따른 두 개 기울기를 사용하여 교류신호를 예측하는 방법을 나타낸 도면.

도 5는 본 발명에 따른 제어모듈에서 전송하는 동기신호와 각 센서모듈에서의 타이머 파형도.

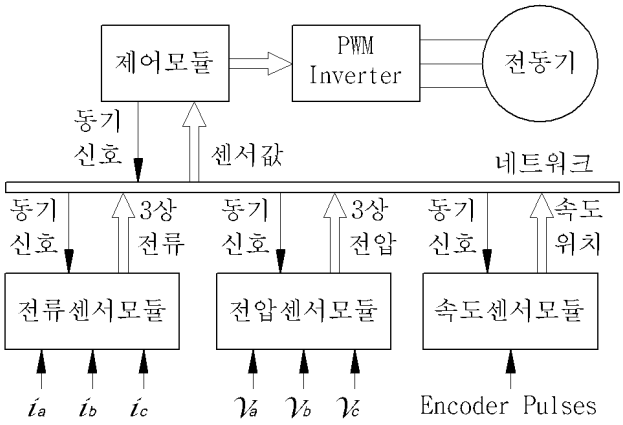
도 6은 본 발명에 따른 한 개의 기울기를 사용하여 교류신호 예측시 교류신호 오차 및 기울기에 대한 시뮬레이션 결과도.

도 7은 본 발명에 따른 두 개의 기울기를 사용하여 교류신호 예측시 교류신호 오차 및 기울기에 대한 시뮬레이션 결과도.

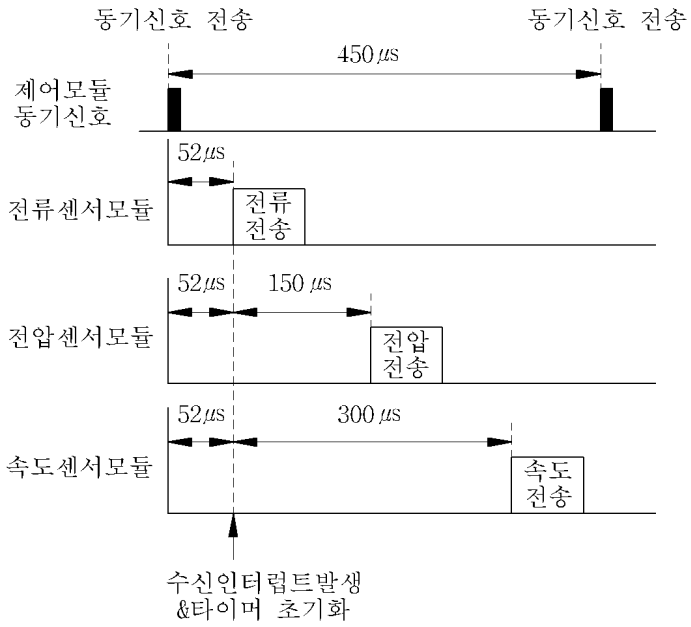
도 8은 본 발명에 따른 네트워크에 의한 전동기 구동용 센서의 시간지연 보상 기법을 나타낸 공정도.

도면

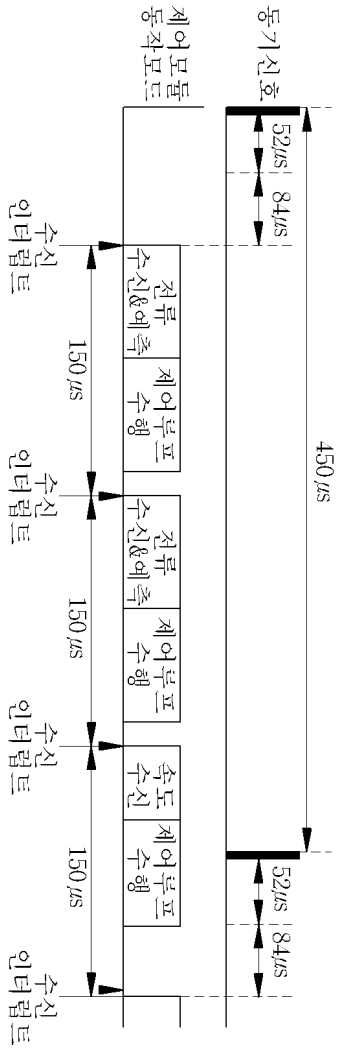
도면1



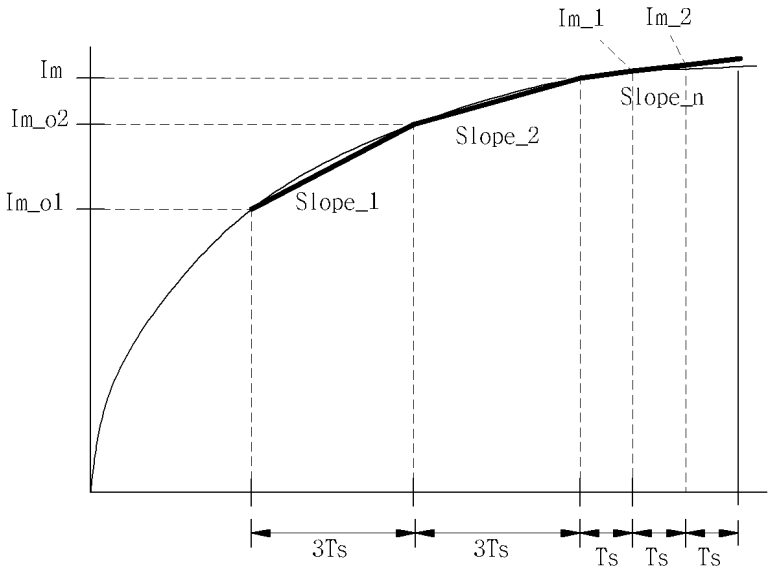
도면2


동기신호 전송
동기신호 전송
450 μs
제어모듈
동기신호
52μs
전류센서모듈
전류
전송
52μs
150 μs
전압센서모듈
전압
전송
52μs
300 μs
속도센서모듈
속도
전송
수신인터럽트발생
&타이머 초기화

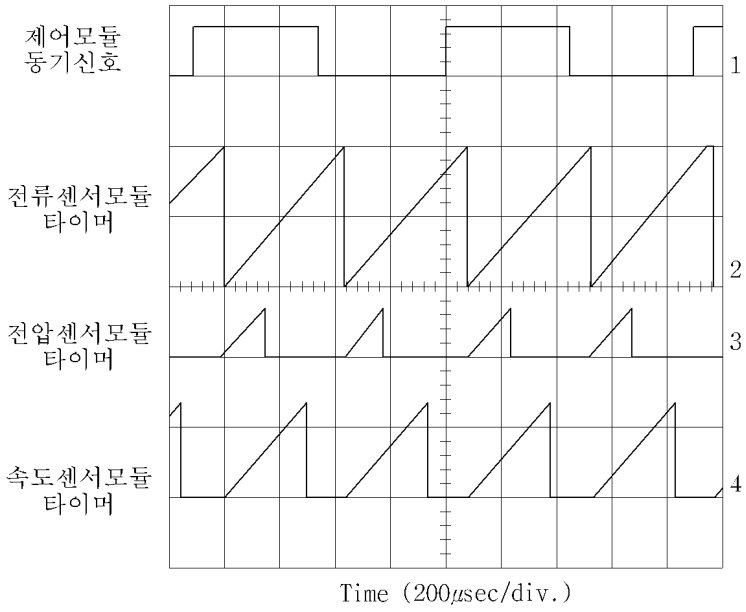
도면3


제어모듈
동작모드
동기신호
52μs
84μs
수신
인터럽트
전류
수신&예측
제어부프
수행
150 μs
수신
인터럽트
전류
수신&예측
제어부프
수행
150 μs
수신
인터럽트
속도
수신
제어부프
수행
150 μs
수신
인터럽트
450 μs
52μs
84μs

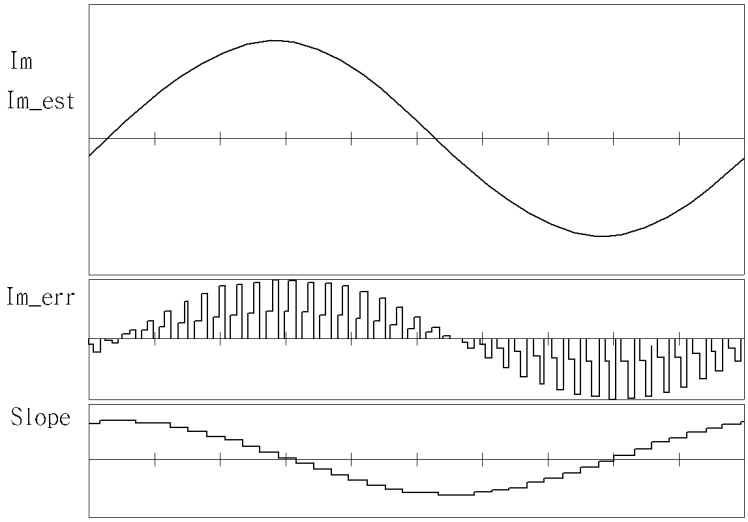
도면4


Im_1
Im_2
Im
Im_o2
Im_o1
Slope_n
Slope_2
Slope_1
3Ts
3Ts
Ts
Ts
Ts

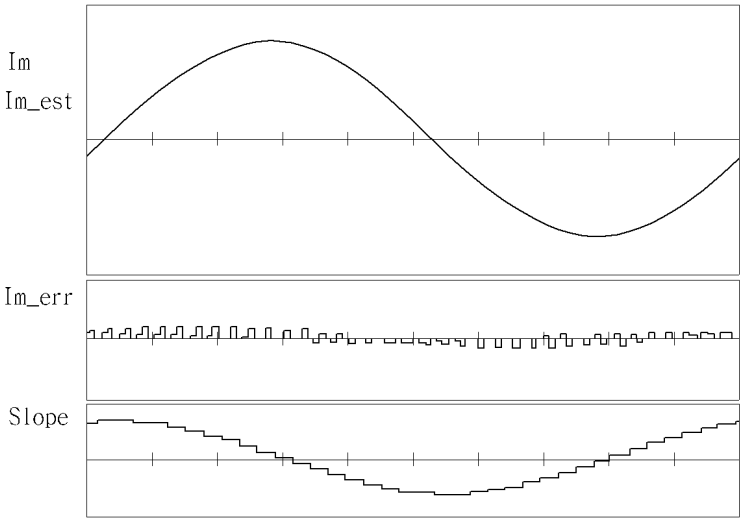
도면5


제어모듈
동기신호
전류센서모듈
타이머
전압센서모듈
타이머
속도센서모듈
타이머
1
2
3
4
Time (200μsec/div.)

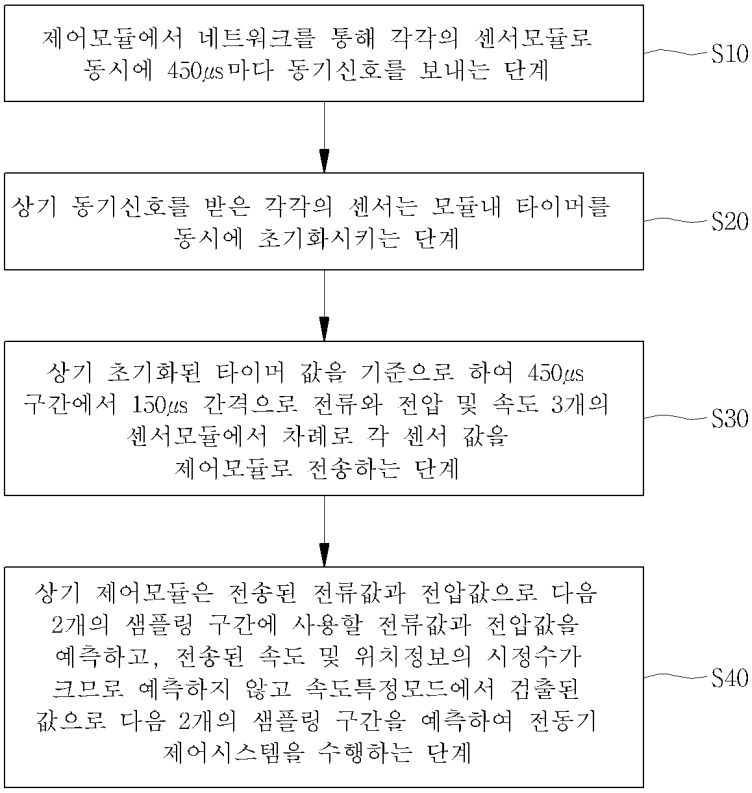
도면6



도면7



도면8


제어모듈에서 네트워크를 통해 각각의 센서모듈로 동시에 450㎲마다 동기신호를 보내는 단계
S10
상기 동기신호를 받은 각각의 센서는 모듈내 타이머를 동시에 초기화시키는 단계
S20
상기 초기화된 타이머 값을 기준으로 하여 450㎲ 구간에서 150㎲ 간격으로 전류와 전압 및 속도 3개의 센서모듈에서 차례로 각 센서 값을 제어모듈로 전송하는 단계
S30
상기 제어모듈은 전송된 전류값과 전압값으로 다음 2개의 샘플링 구간에 사용할 전류값과 전압값을 예측하고, 전송된 속도 및 위치정보의 시정수가 크므로 예측하지 않고 속도특정모드에서 검출된 값으로 다음 2개의 샘플링 구간을 예측하여 전동기 제어시스템을 수행하는 단계
S40