



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0059325
(43) 공개일자 2018년06월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 22/10 (2006.01) B23Q 17/00 (2006.01)
G01R 31/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 22/10 (2013.01)
B23Q 17/007 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0013963
(22) 출원일자 2017년01월31일
심사청구일자 2017년01월31일
(30) 우선권주장
1020160158624 2016년11월25일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
정세교
경상남도 진주시 가좌안골길21번길 5, 105동 120
1호(가좌동, 가좌제일풍경채)
(74) 대리인
두호특허법인

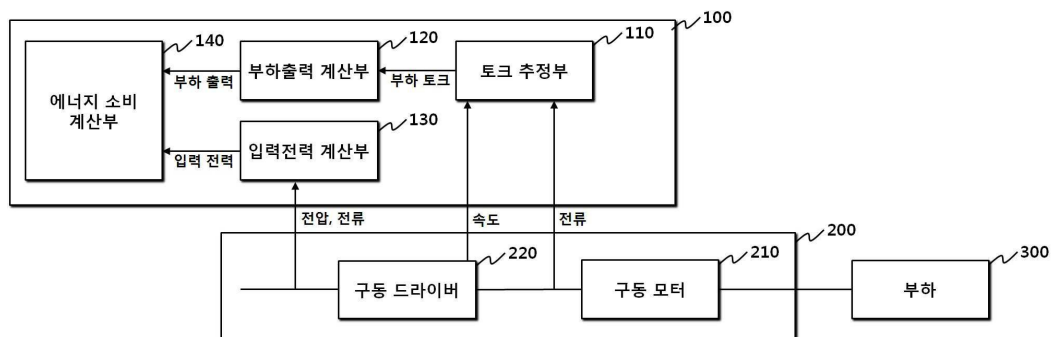
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 구동장치의 에너지 소비 추정 장치 및 방법

(57) 요약

구동장치의 에너지 소비 추정 장치가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치는, 구동 모터 및 상기 구동 모터의 구동을 제어하는 구동 드라이버를 포함하는 구동장치의 에너지 소비를 추정하기 위한 장치에 있어서, 상기 구동 모터로 공급되는 전류 및 상기 구동 드라이버에서 제공되는 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정하는 토크 추정부, 상기 부하 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 출력을 계산하는 부하출력 계산부, 상기 구동장치로 입력되는 전압 및 전류를 이용하여 상기 구동장치의 입력 전력을 계산하는 입력전력 계산부, 및 상기 부하 출력 및 상기 입력 전력을 이용하여 상기 부하 및 상기 구동장치의 에너지 소비량을 계산하는 에너지 소비 계산부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01R 31/34 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016-0529

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 기계산업핵심기술개발사업

연구과제명 공작기계 에너지 소비 저감을 위한 장비 운용 최적화 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 경상대학교산학협력단

연구기간 2016.05.01 ~ 2016.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

구동 모터 및 상기 구동 모터의 구동을 제어하는 구동 드라이버를 포함하는 구동장치의 에너지 소비를 추정하기 위한 장치에 있어서,

상기 구동 모터로 공급되는 전류 및 상기 구동 드라이버에서 제공되는 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정하는 토크 추정부;

상기 부하 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 출력을 계산하는 부하출력 계산부;

상기 구동장치로 입력되는 전압 및 전류를 이용하여 상기 구동장치의 입력 전력을 계산하는 입력전력 계산부; 및

상기 부하 출력 및 상기 입력 전력을 이용하여 상기 부하 및 상기 구동장치의 에너지 소비량을 계산하는 에너지 소비 계산부를 포함하는 구동장치의 에너지 소비 추정 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 토크 추정부는, 상기 구동 모터로 공급되는 전류를 이용하여 상기 구동 모터의 토크를 계산하는 모터 토크 계산부; 및

상기 구동 모터의 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하 토크를 추정하는 부하 토크 추정부를 포함하는 구동장치의 에너지 소비 추정 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 모터 토크 계산부는, 상기 구동 모터에 공급되는 상전류를 dq 좌표축상에서의 d축 전류 및 q축 전류로 변환하며, 아래의 수식식

$$T_e = \frac{3}{2} \left(\frac{P}{2} \right) (\lambda_m i_q + (L_d - L_q) i_q i_d)$$

(이때, T_e 는 상기 구동 모터의 토크, P 는 상기 구동 모터의 극수, λ_m 은 상기 구동 모터의 쇄교 자속 수, i_q 는 q축 전류, i_d 는 d축 전류, L_d 는 상기 구동 모터의 d축 인덕턴스, L_q 는 상기 구동 모터의 q축 인덕턴스)

을 이용하여 상기 구동 모터의 토크를 계산하는 에너지 소비 추정 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 모터 토크 계산부는, 위상 고정 루프(Phase Locked Loop; PLL)를 이용하여 상기 상전류의 위상각을 추정하고, 상기 위상각을 이용하여 상기 상전류를 상기 d축 전류 및 상기 q축 전류로 변환하는 에너지 소비 추정

장치.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 부하 토크 추정부는, 상기 구동 모터의 토크, 상기 구동 모터의 관성 모멘트 및 상기 구동 모터의 댐핑 계수를 이용하여 상기 구동 모터의 속도를 추정하고, 상기 구동 드라이버에서 제공되는 상기 구동 모터의 속도 및 상기 추정된 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하의 토크를 추정하는 에너지 소비 추정 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 부하 토크 추정부는, 아래의 수학적식

$$\begin{bmatrix} \frac{d\hat{\omega}}{dt} \\ \frac{d\hat{T}_L}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{B}{J} & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\omega} \\ \hat{T}_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{J} \\ 0 \end{bmatrix} T_s + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} (\omega - \hat{\omega})$$

$\hat{T}_L$

(이때, $\hat{T}_L$ 은 상기 추정된 부하 토크, J는 상기 구동 모터의 관성 모멘트, B는 상기 구동 모터의 댐핑 계수,

ω

$\hat{\omega}$

는 상기 구동 드라이버에서 제공된 구동 모터의 속도, $\hat{\omega}$ 는 상기 추정된 구동 모터의 속도, l_1 , l_2 는 상기 부하 토크 추정부의 이득, T_s 는 상기 구동 모터의 토크)

을 이용하여 상기 부하의 토크를 추정하는 에너지 소비 추정 장치.

청구항 7

구동 모터 및 상기 구동 모터의 구동을 제어하는 구동 드라이버를 포함하는 구동장치의 에너지 소비를 추정하기 위한 장치에 의해 수행되는 방법에 있어서,

상기 구동 모터로 공급되는 전류 및 상기 구동 드라이버에서 제공되는 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정하는 단계;

상기 부하 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 출력을 계산하는 단계;

상기 구동장치로 입력되는 전압 및 전류를 이용하여 상기 구동장치의 입력 전력을 계산하는 단계; 및

상기 부하 출력 및 상기 입력 전력을 이용하여 상기 부하 및 상기 구동장치의 에너지 소비량을 계산하는 단계를 포함하는 구동장치의 에너지 소비 추정 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 부하 토크를 추정하는 단계는, 상기 구동 모터로 공급되는 전류를 이용하여 상기 구동 모터의 토크를 계산하는 단계; 및

상기 구동 모터의 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하 토크를 추정하는 단계를 포함하는 구동 장치의 에너지 소비 추정 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 모터의 토크를 계산하는 단계는, 상기 구동 모터에 공급되는 상전류를 dq 좌표축상에서의 d축 전류 및 q축 전류로 변환하며, 아래의 수학적식

$$T_e = \frac{3}{2} \left(\frac{P}{2} \right) (\lambda_m i_q + (L_d - L_q) i_q i_d)$$

(이때, T_e 는 상기 구동 모터의 토크, P 는 상기 구동 모터의 극수, λ_m 은 상기 구동 모터의 쇄교 자속 수, i_q 는 q축 전류, i_d 는 d축 전류, L_d 는 상기 구동 모터의 d축 인덕턴스, L_q 는 상기 구동 모터의 q축 인덕턴스)

을 이용하여 상기 구동 모터의 토크를 계산하는 에너지 소비 추정 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 모터의 토크를 계산하는 단계는, 위상 고정 루프(Phase Locked Loop; PLL)를 이용하여 상기 상전류의 위상각을 추정하고, 상기 위상각을 이용하여 상기 상전류를 상기 d축 전류 및 상기 q축 전류로 변환하는 에너지 소비 추정 방법.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 구동 모터의 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하 토크를 추정하는 단계는, 상기 구동 모터의 토크, 상기 구동 모터의 관성 모멘트 및 상기 구동 모터의 댐핑 계수를 이용하여 상기 구동 모터의 속도를 추정하고, 상기 구동 드라이버에서 제공되는 상기 구동 모터의 속도 및 상기 추정된 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하의 토크를 추정하는 에너지 소비 추정 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 구동 모터의 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하 토크를 추정하는 단계는, 아래의 수학적식

$$\begin{bmatrix} \frac{d\hat{\omega}}{dt} \\ \frac{d\hat{T}_L}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{B}{J} & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\omega} \\ \hat{T}_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{J} \\ 0 \end{bmatrix} T_e + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} (\omega - \hat{\omega})$$

$$\hat{T}_L$$

(이때, $\hat{T}_L$ 은 상기 추정된 부하 토크, J 는 상기 구동 모터의 관성 모멘트, B 는 상기 구동 모터의 댐핑 계수,



는 상기 구동 드라이버에서 제공된 구동 모터의 속도, 는 상기 추정된 구동 모터의 속도, I_1 , I_2 는 상기 부하 토크 추정부의 이득, T_e 는 상기 구동 모터의 토크)

을 이용하여 상기 부하의 토크를 추정하는 에너지 소비 추정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 구동장치의 에너지 소비 추정 기술과 관련된다.

배경 기술

[0002] 최근 공작기계에서 소비되는 에너지를 저감하기 위한 에너지소비 저감 기능을 탑재한 공작기계들이 개발되고 있다. 이러한 공작기계의 에너지소비 저감을 위해서는 공작기계에서 소비되는 에너지를 실시간으로 정확하게 측정할 수 있는 에너지 소비 측정 시스템이 필수적이다.

[0003] 한편, 공작기계에서 스핀들과 이송계의 구동장치에서 소비되는 에너지의 양은 매우 크며, 공작기계의 에너지소비 저감제어를 위해서는 스핀들과 이송계의 구동장치에서 소비되는 에너지를 정확하게 측정하는 것이 중요하다.

[0004] 이와 관련하여, 스핀들과 이송계의 구동장치에서 소비되는 에너지를 측정하기 위해 토크 및 속도 정보가 필요하나, 기구적인 특성으로 공작기계의 스핀들 및 이송계의 축에 토크센서를 장착하는 것이 불가능하여 구동장치에서 소비되는 에너지의 측정이 어렵다는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10- 1471969호 (2014.09.29.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 구동 모터 및 구동 모터의 구동을 제어하는 구동 드라이버를 포함하는 구동장치의 에너지 소비를 추정할 수 있는 에너지 소비 추정 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 구동장치의 에너지 소비 추정 장치는, 구동 모터 및 상기 구동 모터의 구동을 제어하는 구동 드라이버를 포함하는 구동장치의 에너지 소비를 추정하기 위한 장치에 있어서, 상기 구동 모터로 공급되는 전류 및 상기 구동 드라이버에서 제공되는 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정하는 토크 추정부, 상기 부하 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 출력을 계산하는 부하출력 계산부, 상기 구동장치로 입력되는 전압 및 전류를 이용하여 상기 구동장치의 입력 전력을 계산하는 입력전력 계산부, 및 상기 부하 출력 및 상기 입력 전력을 이용하여 상기 부하 및 상기 구동장치의 에너지 소비량을 계산하는 에너지 소비 계산부를 포함한다.

[0008] 상기 토크 추정부는, 상기 구동 모터로 공급되는 전류를 이용하여 상기 구동 모터의 토크를 계산하는 모터 토크 계산부, 및 상기 구동 모터의 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하 토크를 추정하는 부하 토크 추정부를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 모터 토크 계산부는, 상기 구동 모터에 공급되는 상전류를 dq 좌표축상에서의 d축 전류 및 q축 전류로 변환하며, 아래의 수학적

$$T_e = \frac{3}{2} \left(\frac{P}{2} \right) (\lambda_m i_q + (L_d - L_q) i_q i_d)$$

[0010]

[0011] (이때, T_e 는 상기 구동 모터의 토크, P 는 상기 구동 모터의 극수, λ_m 은 상기 구동 모터의 쇄교 자속 수, i_q 는 q축 전류, i_d 는 d축 전류, L_d 는 상기 구동 모터의 d축 인덕턴스, L_q 는 상기 구동 모터의 q축 인덕턴스)

[0012]

을 이용하여 상기 구동 모터의 토크를 계산할 수 있다.

[0013]

상기 모터 토크 계산부는, 위상 고정 루프(Phase Locked Loop; PLL)를 이용하여 상기 상전류의 위상각을 추정하고, 상기 위상각을 이용하여 상기 상전류를 상기 d축 전류 및 상기 q축 전류로 변환할 수 있다.

[0014]

상기 부하 토크 추정부는, 상기 구동 모터의 토크, 상기 구동 모터의 관성 모멘트 및 상기 구동 모터의 댐핑 계수를 이용하여 상기 구동 모터의 속도를 추정하고, 상기 구동 드라이버에서 제공되는 상기 구동 모터의 속도 및 상기 추정된 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하의 토크를 추정할 수 있다.

[0015]

상기 부하 토크 추정부는, 아래의 수학적식

$$\begin{bmatrix} \frac{d\hat{\omega}}{dt} \\ \frac{d\hat{T}_L}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{B}{J} & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\omega} \\ \hat{T}_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} T_e + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} (\omega - \hat{\omega})$$

[0016]

$$\hat{T}_L$$

[0017]

(이때, $\hat{T}_L$ 은 상기 추정된 부하 토크, J 는 상기 구동 모터의 관성 모멘트, B 는 상기 구동 모터의 댐핑 계수,

$$\omega$$

$$\hat{\omega}$$

ω 는 상기 구동 드라이버에서 제공된 구동 모터의 속도, $\hat{\omega}$ 는 상기 추정된 구동 모터의 속도, l_1 , l_2 는 상기 부하 토크 추정부의 이득, T_e 는 상기 구동 모터의 토크)

[0018]

을 이용하여 상기 부하의 토크를 추정할 수 있다.

[0019]

본 발명의 일 실시예에 따른 구동장치의 에너지 소비 추정 방법은, 구동 모터 및 상기 구동 모터의 구동을 제어하는 구동 드라이버를 포함하는 구동장치의 에너지 소비를 추정하기 위한 장치에 의해 수행되는 방법에 있어서, 상기 구동 모터로 공급되는 전류 및 상기 구동 드라이버에서 제공되는 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정하는 단계, 상기 부하 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 출력을 계산하는 단계, 상기 구동장치로 입력되는 전압 및 전류를 이용하여 상기 구동장치의 입력 전력을 계산하는 단계, 및 상기 부하 출력 및 상기 입력 전력을 이용하여 상기 부하 및 상기 구동장치의 에너지 소비량을 계산하는 단계를 포함한다.

[0020]

상기 부하 토크를 추정하는 단계는, 상기 구동 모터로 공급되는 전류를 이용하여 상기 구동 모터의 토크를 계산하는 단계, 및 상기 구동 모터의 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하 토크를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0021]

상기 모터의 토크를 계산하는 단계는, 상기 구동 모터에 공급되는 상전류를 dq 좌표축상에서의 d축 전류 및 q축 전류로 변환하며, 아래의 수학적식

$$T_e = \frac{3}{2} \left(\frac{P}{2} \right) (\lambda_m i_q + (L_d - L_q) i_q i_d)$$

[0022]

[0023]

(이때, T_e 는 상기 구동 모터의 토크, P 는 상기 구동 모터의 극수, λ_m 은 상기 구동 모터의 쇄교 자속 수, i_q 는 q

축 전류, i_d 는 d축 전류, L_d 는 상기 구동 모터의 d축 인덕턴스, L_q 는 상기 구동 모터의 q축 인덕턴스)

[0024] 을 이용하여 상기 구동 모터의 토크를 계산할 수 있다.

[0025] 상기 모터의 토크를 계산하는 단계는, 위상 고정 루프(Phase Locked Loop; PLL)를 이용하여 상기 상전류의 위상각을 추정하고, 상기 위상각을 이용하여 상기 상전류를 상기 d축 전류 및 상기 q축 전류로 변환할 수 있다.

[0026] 상기 구동 모터의 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하 토크를 추정하는 단계는, 상기 구동 모터의 토크, 상기 구동 모터의 관성 모멘트 및 상기 구동 모터의 댐핑 계수를 이용하여 상기 구동 모터의 속도를 추정하고, 상기 구동 드라이버에서 제공되는 상기 구동 모터의 속도 및 상기 추정된 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하의 토크를 추정할 수 있다.

[0027] 상기 구동 모터의 토크 및 상기 구동 모터의 속도를 이용하여 상기 부하 토크를 추정하는 단계는, 아래의 수학적 식

$$\begin{bmatrix} \frac{d\hat{\omega}}{dt} \\ \frac{d\hat{T}_L}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{B}{J} & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\omega} \\ \hat{T}_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{J} \\ 0 \end{bmatrix} T_e + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} (\omega - \hat{\omega})$$

[0028]

$$\hat{T}_L$$

[0029] (이때, $\hat{T}_L$ 은 상기 추정된 부하 토크, J는 상기 구동 모터의 관성 모멘트, B는 상기 구동 모터의 댐핑 계수,

$$\omega$$

$$\hat{\omega}$$

는 상기 구동 드라이버에서 제공된 구동 모터의 속도, $\hat{\omega}$ 는 상기 추정된 구동 모터의 속도, l_1 , l_2 는 상기 부하 토크 추정부의 이득, T_e 는 상기 구동 모터의 토크)

[0030] 을 이용하여 상기 부하의 토크를 추정할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명의 실시예들에 따르면, 구동 모터로 공급되는 전류 및 구동 드라이버에서 제공되는 구동 모터의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정함으로써, 별도의 토크센서 없이 구동장치의 에너지 소비량을 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치를 설명하기 위한 블록도

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 추정부의 블록도

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 모터 토크 계산부의 동작을 설명하기 위한 도면

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 부하 토크 추정부의 동작을 설명하기 위한 도면

도 5는 본 발명의 추가적인 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치를 설명하기 위한 도면

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치에 의해 수행되는 에너지 소비 추정 방법을 나타낸 흐름도

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치의 실험 결과를 나타내는 도면

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

- [0034] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치(100)를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0036] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치(100)는 구동장치(200)의 에너지 소비량을 추정하기 위한 것으로, 토크 추정부(110), 부하출력 계산부(120), 입력전력 계산부(130) 및 에너지 소비 계산부(140)를 포함한다.
- [0037] 이때, 구동장치(200)는 예를 들어, 공작 기계 등과 같은 다양한 형태의 장치에 포함되어 부하(300)에 구동력을 제공하기 위한 장치로서, 예를 들어 구동 모터(210) 및 구동 모터(210)를 제어하기 위한 구동 드라이버(220)를 포함할 수 있다.
- [0038] 이때, 구동 모터(210)는 예를 들어, DC 모터, 서보 모터, 스텝 모터 등과 같이 다양한 형태의 모터를 포함할 수 있다.
- [0039] 토크 추정부(110)는 구동 모터(210)로 공급되는 전류 및 구동 드라이버(220)에서 제공되는 구동 모터(210)의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정한다.
- [0040] 이때, 구동 모터(210)로 공급되는 전류는 예를 들어, 구동 모터(210)의 입력단에 구비된 전류 센서 등으로부터 획득될 수 있다. 또한, 구동 모터(210)의 속도는 예를 들어, 구동 드라이버(220)로부터 획득될 수 있다.
- [0041] 한편, 토크 추정부(110)에 의한 부하 토크 추정에 관한 상세한 설명은 도 2 내지 도 4를 참조하여 후술하기로 한다.
- [0042] 부하출력 계산부(120)는 토크 추정부(110)에 의해 추정된 부하 토크 및 구동 모터(210)의 속도를 이용하여 부하출력을 계산한다.
- [0043] 구체적으로, 부하출력 계산부(120)는 구동 드라이버(220)로부터 획득된 구동 모터(210)의 속도와 토크 추정부(110)에 의해 추정된 부하 토크를 곱하여 부하 출력을 계산할 수 있다.
- [0044] 입력전력 계산부(130)는 구동장치(200)로 입력되는 전압 및 전류를 이용하여 구동장치(200)의 입력 전력을 계산한다.
- [0045] 구체적으로, 입력전력 계산부(130)는 구동 드라이버(220) 입력단의 전압 및 전류에 대한 정보를 획득하고, 획득된 전압 및 전류를 곱하여 구동장치(200)의 입력 전력을 계산할 수 있다. 이때, 입력전력 계산부(130)는 예를 들어, 구동 드라이버(220)의 입력단에 구비된 전압 센서 및 전류 센서로부터 구동장치(200)에 공급되는 전압 및 전류 정보를 획득할 수 있다.
- [0046] 에너지 소비 계산부(140)는 부하출력 계산부(120)에 의해 계산된 부하 출력 및 입력전력 계산부(130)에 의해 계산된 구동장치(200)의 입력 전력을 이용하여 부하(300) 및 구동장치(200)의 에너지 소비량을 계산한다.
- [0047] 구체적으로, 에너지 소비 계산부(140)는 부하출력 계산부(120)에 의해 계산된 부하출력을 적분하여 부하(300)의 에너지 소비량을 계산할 수 있다.
- [0048] 또한, 에너지 소비 계산부(140)는 입력전력 계산부(130)에 의해 계산된 구동장치(200)의 입력 전력을 적분하여 구동장치(200)의 에너지 소비량을 계산할 수 있다.
- [0049] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 추정부(110)의 블록도이다.
- [0050] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 토크 추정부(110)는 모터 토크 계산부(111), 부하 토크 추정부(112)를 포함할 수 있다.

[0051] 모터 토크 계산부(111)는 구동 모터(210)로 공급되는 전류를 이용하여 구동 모터(210)의 토크를 계산할 수 있다.

[0052] 구체적으로, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 모터 토크 계산부(111)의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[0053] 도 3을 참조하면, 모터 토크 계산부(111)는 구동 모터(210)로 공급되는 상전류(i_a , i_b , i_c)를 dq(direct-quadrature) 좌표축상에서의 d축 전류(i_d) 및 q축 전류(i_q)로 변환할 수 있다.

[0054] 구체적으로, 모터 토크 계산부(111)는 위상 고정 루프(Phase Locked Loop; PLL)를 이용하여 상전류(i_a , i_b , i_c)의 위상각(phase angle)(θ)을 추정하고, 위상각(θ)을 이용하여 상전류(i_a , i_b , i_c)를 d축 전류(i_d) 및 q축 전류(i_q)로 변환할 수 있다.

[0055] 예를 들어, 모터 토크 계산부(111)는 변환 행렬을 포함하는 하기 수학식 1로 표시되는 방정식을 이용하여 상전류(i_a , i_b , i_c)를 d축 전류(i_d) 및 q축 전류(i_q)로 변환할 수 있다. 이때, 상술한 바와 같이, 모터 토크 계산부(111)는 하기 수학식 1의 상전류(i_a , i_b , i_c)의 위상각(phase angle)(θ)을 위상 고정 루프를 이용하여 추정할 수 있다.

[0056] [수학식 1]

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ i_0 \end{bmatrix} = k_1 \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin \theta & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ k_2 & k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

[0057]

[0058] 이때, k_1 , k_2 는 밸런스트(balanced) 계수로서 예를 들어 $k_1=2/3$, $k_2=1/2$ 일 수 있으며, θ 는 위상 고정 루프를 이용하여 추정된 상전류(i_a , i_b , i_c)의 위상각을 나타낸다.

[0059] 한편, 수학식 1에서 i_0 는 상 전류(i_a , i_b , i_c)간 서로 120° 의 위상차를 가지므로 0이 될 수 있다.

[0060] 한편, 모터 토크 계산부(111)는 변환된 d축 전류(i_d) 및 q축 전류(i_q)를 이용하여 구동 모터(210)의 토크(T_e)를 계산할 수 있다. 구체적으로, 모터 토크 계산부(111)는 하기 수학식 2로 표시되는 방정식을 이용하여 구동 모터(210)의 토크(T_e)를 계산할 수 있다.

[0061] [수학식 2]

$$T_e = \frac{3}{2} \left(\frac{P}{2} \right) (\lambda_m i_q + (L_d - L_q) i_q i_d)$$

[0062]

[0063] 이때, P 는 구동 모터의 극수, λ_m 은 구동 모터의 쇄교 자속 수, L_d 는 구동 모터의 d축 인덕턴스, L_q 는 구동 모터의 q축 인덕턴스를 나타낸다.

[0064] 다시 도 2를 참조하면, 부하 토크 추정부(112)는 구동 모터(210)의 토크 및 구동 모터(210)의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정할 수 있다. 이때, 구동 모터(210)의 속도는 구동 드라이버(220)로부터 제공받을 수 있다.

[0065] 구체적으로, 부하 토크 추정부(112)는 모터 토크 계산부(111)로부터 계산된 구동 모터(210)의 토크(T_e)와 구동 모터(210)의 관성 모멘트(J) 및 댐핑 계수(B)를 이용하여 구동 모터(210)의 속도를 추정할 수 있다.

[0066] 이후, 부하 토크 추정부(112)는 구동 드라이버(220)에서 제공되는 구동 모터(210)의 속도(ω) 및 추정된 구동

$\hat{\omega}$

모터(210)의 속도()를 이용하여 부하(300)의 토크를 추정할 수 있다.

[0067] 구체적으로, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 부하 토크 추정부(112)의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[0068] 도 4를 참조하면, 부하 토크 추정부(112)는 모터 토크 계산부(111)에서 계산된 구동 모터(210)의 토크(T_e)와 구

$\hat{T}_L$

동 드라이버(220)에서 제공되는 구동 모터(210)의 속도(ω)를 이용하여 부하 토크 추정값()을 얻을 수 있다.

$\hat{T}_L$

[0069] 구체적으로, 부하 토크 추정부(112)는 하기 수학적 식 3으로 표시되는 방정식을 이용하여 부하 토크 추정값()을 얻을 수 있다.

[0070] [수학적 식 3]

$$\begin{bmatrix} \frac{d\hat{\omega}}{dt} \\ \frac{d\hat{T}_L}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{B}{J} & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\omega} \\ \hat{T}_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{J} \\ 0 \end{bmatrix} T_e + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} (\omega - \hat{\omega})$$

[0071]

ω

[0072] 이때, J는 구동 모터(210)의 관성 모멘트, B는 구동 모터(210)의 댐핑 계수, 는 구동 모터(210)의 속도,

$\hat{\omega}$

는 추정된 구동 모터(210)의 속도를 나타낸다.

[0073] 또한, l_1 및 l_2 는 부하 토크 추정부(112)의 이득을 나타내며, 예를 들어 미리 설정된 값을 가지는 상수일 수 있다.

[0074] 도 5는 본 발명의 추가적인 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0075] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치(100)는 계산한 부하(300) 및 구동장치(200)의 에너지 소비량, 부하(300) 및 구동장치(200)의 소모 전력, 구동 모터(210)의 전압 및 전류 등을 수치값 및 그래프 등으로 디스플레이하는 디스플레이 장치(400)와 연결되어 실시될 수 있다.

[0076] 이때, 디스플레이 장치는 예를 들어, 액정표시장치(LCD; Liquid Crystal Display), 초박막 액정표시장치(TFT-LCD; Thin Film Transistor LCD), 발광다이오드(LED; Light Emitting Diode), 레티나 디스플레이(Retina Display), 플렉시블 디스플레이(Flexible Display) 등으로 구성될 수 있다.

[0077] 또한, 도 1에 도시된 예에서는 하나의 구동장치에 대한 에너지 소비를 추정하기 위한 하나의 에너지 소비 추정 장치만을 도시하였으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 하나 이상의 구동 장치를 구비한 기계 장치의 경우, 각 구동 장치의 에너지 소비를 추정하기 위한 하나 이상의 에너지 소비 추정 장치가 구비될 수 있다.

[0078] 예를 들어, 도 5에 도시된 예와 같이 스핀들 구동 장치(200-1) 및 이송축 구동 장치(200-2)를 구비한 공작 기계의 경우, 스핀들 구동 장치(200-1)와 이송축 구동 장치(200-2) 각각에 대한 에너지 소비 추정 장치(100-1, 100-2)가 구비될 수 있다. 또한, 각 에너지 소비 추정 장치들(100-1, 100-2)은 하나의 디스플레이 장치(400)에 각각 연결되어 추정된 에너지 소비량을 전달할 수 있다.

[0079] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치(100)에 의해 수행되는 에너지 소비 추정 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0080] 도시된 흐름도에서는 동작을 복수 개의 단계로 나누어 기재하였으나, 적어도 일부의 단계들은 순서를 바꾸어 수행되거나, 다른 단계와 결합되어 함께 수행되거나, 생략되거나, 세부 단계들로 나뉘어 수행되거나, 또는 도시되

지 않은 하나 이상의 단계가 부가되어 수행될 수 있다.

- [0081] 도 6을 참조하면, 에너지 소비 추정 장치(100)는 구동 모터(210)로 공급되는 전류 및 구동 드라이버(220)에서 제공되는 구동 모터(210)의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정한다(510).
- [0082] 이때, 부하 토크를 추정하는 단계(210)는 구동 모터(210)로 공급되는 전류를 이용하여 구동 모터(210)의 토크를 계산하는 단계(211) 및 구동 모터(210)의 토크 및 구동 모터(210)의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정하는 단계(212)를 포함할 수 있다.
- [0083] 구체적으로, 구동 모터(210)의 토크를 계산하는 단계(211)는 구동 모터(210)에 공급되는 상전류를 dq 좌표축상에서의 d축 전류 및 q축 전류로 변환하며, 상술한 수학적 식 2를 이용하여 구동 모터(210)의 토크를 계산할 수 있다. 또한, 구동 모터(210)의 토크를 계산하는 단계(211)는 위상 고정 루프를 이용하여 상전류의 위상각을 추정하고, 위상각을 이용하여 상전류를 d축 전류 및 q축 전류로 변환할 수 있다.
- [0084] 또한, 구동 모터(210)의 토크 및 구동 모터(210)의 속도를 이용하여 부하 토크를 추정하는 단계(212)는 구동 모터(210)의 토크, 구동 모터(210)의 관성 모멘트 및 구동 모터(210)의 댐핑 계수를 이용하여 구동 모터(210)의 속도를 추정하고, 구동 드라이버(220)에서 제공되는 구동 모터(210)의 속도 및 추정된 구동 모터(210)의 속도를 이용하여 부하(300)의 토크를 추정할 수 있다.
- [0085] 에너지 소비 추정 장치(100)는 부하 토크 및 구동 모터(210)의 속도를 이용하여 부하(300)의 출력을 계산한다(520).
- [0086] 에너지 소비 추정 장치(100)는 구동장치(200)로 입력되는 전압 및 전류를 이용하여 구동장치(200)의 입력 전력을 계산한다(530).
- [0087] 에너지 소비 추정 장치(100)는 부하 출력 및 입력 전력을 이용하여 부하(300) 및 구동장치(200)의 에너지 소비량을 계산한다(540).
- [0088] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치(100)의 실험 결과를 나타내는 도면이다.
- [0089] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치(100)를 동작기계에 사용되는 영구자석 동기전동기 구동 드라이버 및 제어 시스템에 적용하였다.
- [0090] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 소비 추정 장치(100)를 이용하여 추정되는 모터토크, 부하토크, 모터 공급 전력, 부하의 소모 전력, 부하 에너지 소비량을 각각 확인할 수 있다.
- [0091] 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 전술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

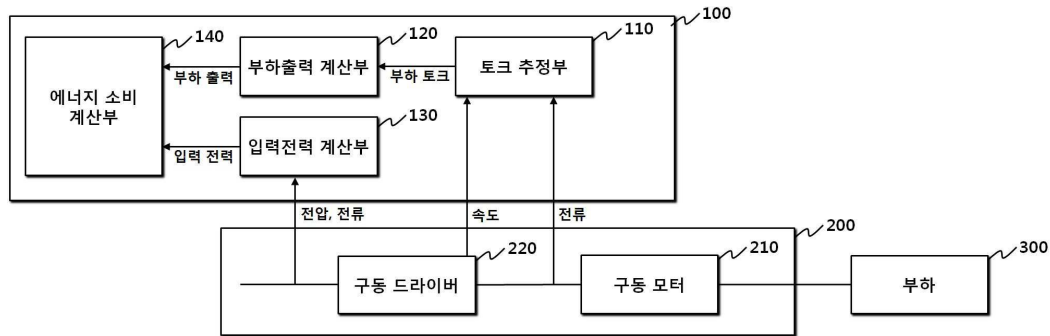
- [0092] 100: 에너지 소비 추정 장치
- 110: 토크 추정부
- 111: 모터 토크 계산부
- 112: 부하 토크 추정부
- 120: 부하출력 계산부
- 130: 입력전력 계산부
- 140: 에너지 소비 계산부
- 200: 구동장치
- 210: 구동 모터
- 220: 구동 드라이버

300: 부하

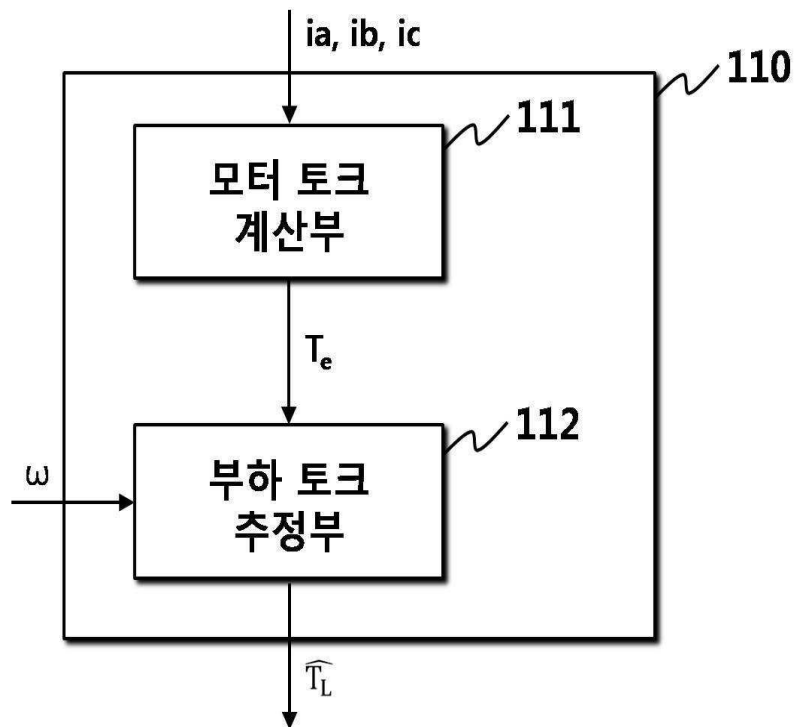
400: 디스플레이 장치

도면

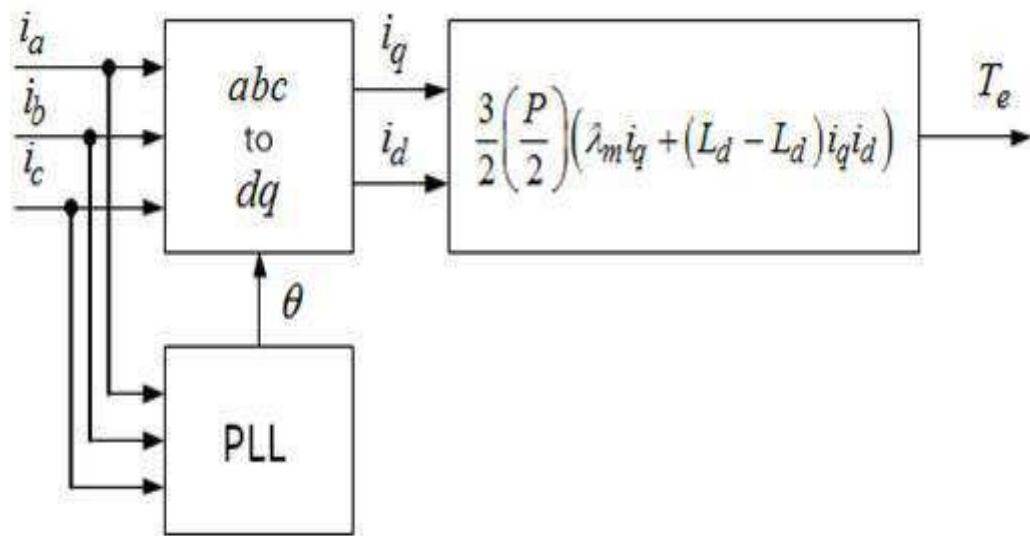
도면1



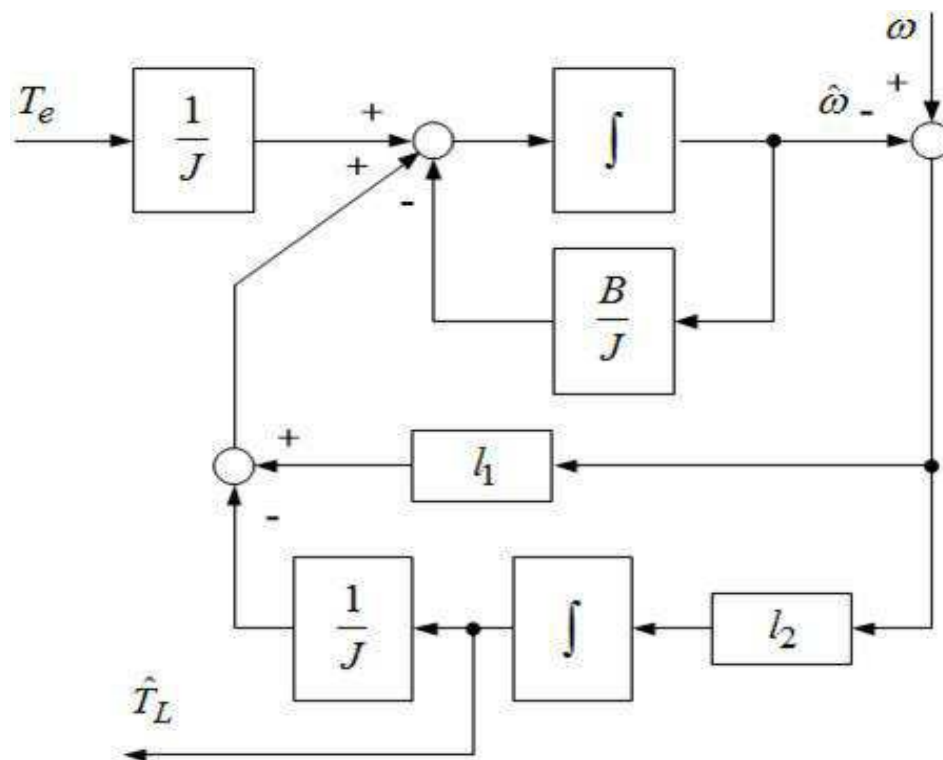
도면2



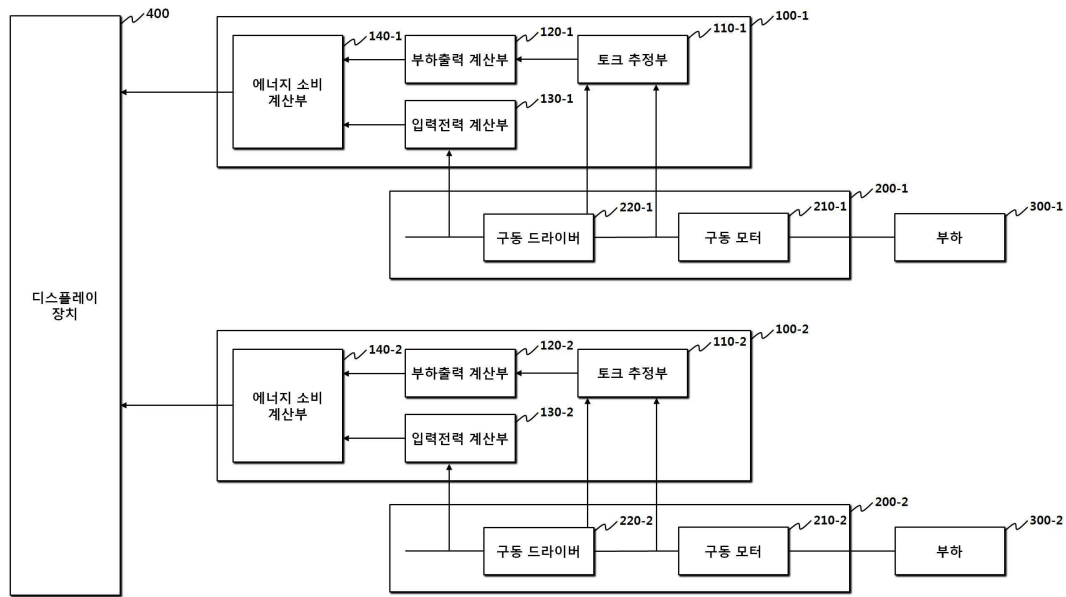
도면3



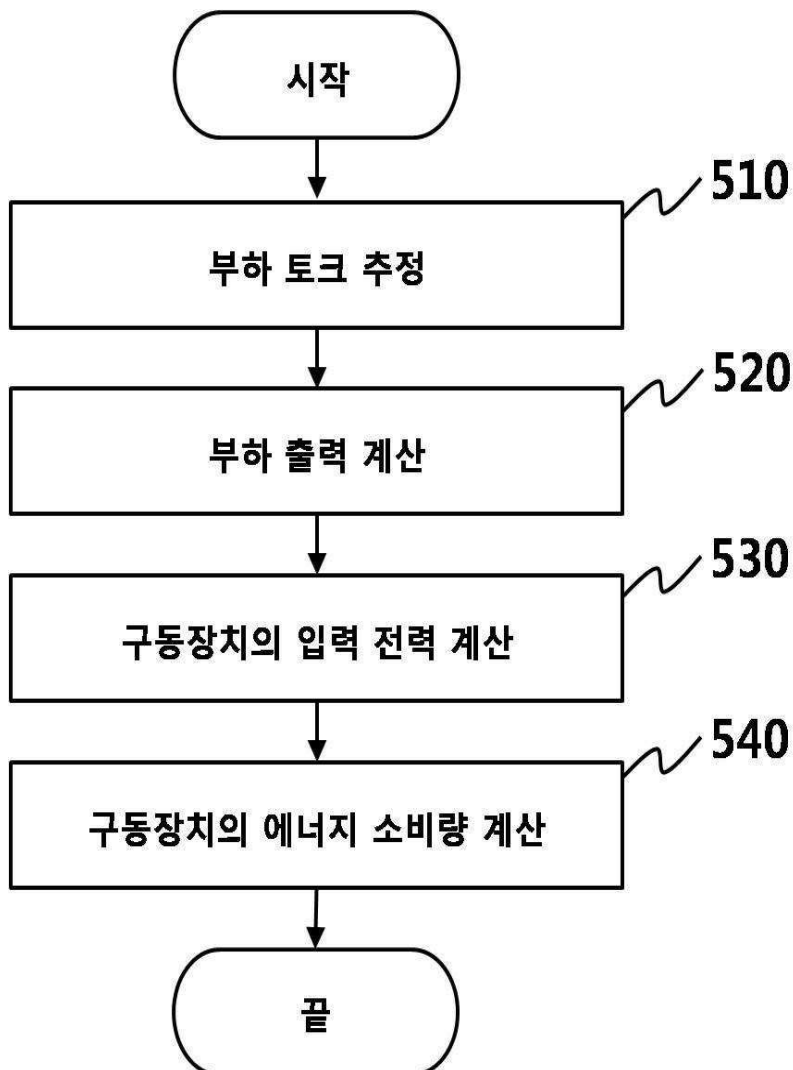
도면4



도면5



도면6



도면7

