



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년12월08일  
(11) 등록번호 10-0999139  
(24) 등록일자 2010년12월01일

(51) Int. Cl.  
B62D 5/04 (2006.01) B62D 6/02 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2007-0130544  
(22) 출원일자 2007년12월13일  
심사청구일자 2008년08월13일  
(65) 공개번호 10-2009-0063029  
(43) 공개일자 2009년06월17일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP08175404 A  
KR1020040108107 A  
KR1020030066877 A  
KR1019980060565 A

(73) 특허권자  
기아자동차주식회사  
서울특별시 서초구 양재동 231  
현대자동차주식회사  
서울 서초구 양재동 231  
(72) 발명자  
최해용  
서울특별시 서초구 양재동 18-5번지 성영빌라트 404호  
(74) 대리인  
특허법인신세기

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 김동진

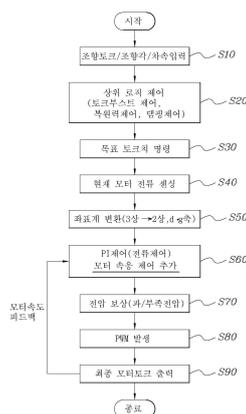
(54) 전동식 파워 스티어링의 제어방법

(57) 요약

본 발명은 감속기를 구성하는 워م/웜휠의 기어비를 증가시킴에 따라 발생하는 관성 모멘트의 증가를 보상하는 로직을 추가함으로써 관성 모멘트의 증가에 따른 조향 응답성 저하를 방지할 수 있도록 창안된 전동식 파워 스티어링의 제어방법에 관한 것이다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 기술구성은, 조향 토크, 조향각, 조향각속도, 차속을 입력받아 토크 부스트 제어, 복원력 제어, 댐핑 제어를 통해 모터의 목표 토크치를 계산하고, 현재 모터의 전류를 센싱한 다음 이에 대한 비례적분 제어(PI 제어)를 통해 상기 목표 토크치와의 과/부족 전압을 보상하는 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 발생시킴으로써 최종적인 모터 토크를 제어하는 전동식 파워 스티어링의 제어방법에 있어서, 상기 비례적분 제어 단계에는 실시간으로 센싱되는 모터 속도에 따라 가변하는 비례상수( $\alpha$ )에 의한 모터 속도 제어가 추가된다.

대표도 - 도2



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

조향 토크, 조향각, 조향각속도, 차속을 입력받아 토크 부스트 제어, 복원력 제어, 댐핑 제어를 통해 모터의 목표 토크치를 계산하고, 현재 모터의 전류를 센싱한 다음 이에 대한 비례적분 제어(PI 제어)를 통해 상기 목표 토크치에 대해 과하거나 부족한 전압을 보상하는 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 발생시킴으로써 최종적인 모터 토크를 제어하는 전동식 파워 스티어링의 제어방법에 있어서,

상기 비례적분 제어 단계에는 실시간으로 센싱되는 모터 속도에 따라 가변하는 비례상수( $\alpha$ )에 의한 모터 속도 제어가 추가된 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링의 제어방법.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서,

상기 비례상수( $\alpha$ )는 모터 속도에 반비례하는 값을 가지는 것을 특징으로 하는 전동식 파워 스티어링의 제어방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 전동식 파워 스티어링 제어방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 전동식 파워 스티어링 시스템에 있어서 감속기를 구성하는 워/워휠의 기어비를 증가시킴에 따라 발생하는 관성 모멘트의 증가를 보상할 수 있는 로직이 추가된 전동식 파워 스티어링의 제어방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 전동식 파워 스티어링 시스템(MDPS: Motor Driven Power Steering)은 모터의 동력에 의해 차량의 주행 속도에 따라 핸들의 조타력을 주차 또는 저속시 가볍게 해주고, 고속시 무겁게 하여 고속 주행 안정성을 제공함과 아울러 비상시 급속한 조향이 이루어지도록 함으로써 운전자에게 최적의 조향 조건을 제공하는 시스템이다.

[0003] 도 1에는 일반적인 전동식 파워 스티어링 시스템이 도시되어 있다. 이 시스템은 운전자에 의해 조작되는 스티어링 휠(1)과 이 스티어링 휠(1)과 연결되어 운전자의 스티어링 방향에 따라 회전하는 조향 칼럼(2), 이 조향 칼럼(2)의 끝단에 설치되어 전동식 파워 스티어링 시스템 전체를 제어하고 특히 모터 토크를 제어하기 위한 최종 전류치를 출력하는 제어부(3), 상기 조향 칼럼(2)의 끝단에 설치되고 상기 제어부(3)로부터 출력되는 최종 전류치에 의해 작동되는 모터(4)와 이 모터의 회전속도를 조절하는 감속기(5), 상기 스티어링 휠(1)의 조향 토크를 감지하는 토크 센서(6), 상기 모터(4)의 회전력을 차륜으로 전달하는 유-조인트(7) 및 기어박스(8)로 구성된다. 이 밖에, 차속 센서, 조향각 센서, 조향각속도 센서 등이 장착되어 센싱된 결과를 상기 제어부(3)로 전송한다.

[0004] 이와 같이 구성된 전동식 파워 스티어링 시스템은 종래의 유압식 파워 스티어링 시스템과 비교할 때, 차량 무게의 감소 및 동력 손실의 방지 등으로 연비 및 유지비가 적게 든다는 점, 오일 삭제로 누유가 없어 환경 친화적이라는 점, 부품수 감소로 경량화를 실현하고 조립성을 향상시킬 수 있다는 점, 차량 속도별 정확한 조타력 제어가 가능하고 고속주행 안전성이 향상되어 조향 성능이 향상된다는 점 등의 여러 가지 장점이 있어 최근에 급속히 그 사용이 증가되고 있는 추세이다.

[0005] 이러한 추세에 따라 전동식 파워 스티어링 시스템의 중량 및 원가를 절감할 수 있는 최적의 시스템 개발을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

**발명의 내용**

**해결하고자하는 과제**

[0006] 본 발명은 이러한 연구 동향의 일환으로 개발된 것으로서, 전동식 파워 스티어링 시스템에 있어서 감속기를 구

성하는 워/워휠의 기어비를 증가시킬 때 발생하는 모터 속도 증가 및 이에 따른 관성 모멘트의 증대를 효과적으로 제어함으로써, 상기 기어비의 증가에 따른 원가 절감 효과를 달성할 수 있도록 해주는 전동식 파워 스티어링의 제어방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

**과제 해결수단**

[0007] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 기술구성은, 조향 토크, 조향각, 조향각속도, 차속을 입력받아 토크 부스트 제어, 복원력 제어, 댐핑 제어를 통해 모터의 목표 토크치를 계산하고, 현재 모터의 전류를 센싱한 다음 이에 대한 비례적분 제어(PI 제어)를 통해 상기 목표 토크치와의 과/부족 전압을 보상하는 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 발생시킴으로써 최종적인 모터 토크를 제어하는 전동식 파워 스티어링의 제어방법에 있어서, 상기 비례적분 제어 단계에는 실시간으로 센싱되는 모터 속도에 따라 가변하는 비례상수( $\alpha$ )에 의한 모터 속응 제어가 추가되어 구성된다.

[0008] 또한, 상기 비례상수( $\alpha$ )는 모터 속도에 반비례하는 값을 가지도록 구성된다.

**효과**

[0009] 상술한 바와 같이 구성된 본 발명의 전동식 파워 스티어링의 제어방법에 따르면, 워/워휠의 기어비를 증가시킬 때 발생하는 모터 속도 증가 및 이에 따른 관성 모멘트의 증대를 효과적으로 제어할 수 있다. 이에 따르면, 상기 기어비의 증가에 따른 원가 절감 효과를 달성할 수 있어 저가형 전동식 파워 스티어링 시스템의 구축이 가능해진다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0010] 본 발명은 모터의 중량 및 사이즈 저감 효과에 따른 저가형 전동식 파워 스티어링 시스템의 제어방법에 관한 것이다. 전동식 파워 스티어링 시스템에 있어서 모터 감속기를 구성하는 워/워휠의 기어비를 증가시키면 모터의 정격 운전점이 변동되어 모터의 요구 토크가 감소된다.

[0011] 예를 들어 종래에 일정한 워/워휠의 기어비에서 400W의 출력을 내는데 3.7 N·m의 정격 토크가 요구되었는데, 본 발명에서와 같이 워/워휠의 기어비를 1.4배 증가시켰을 때는 동일한 출력을 내는데 2.4 N·m의 정격 토크만이 필요하게 된다. 이러한 정격 토크의 감소는 동일한 출력에서 모터의 중량 및 사이즈 저감 효과를 가져오므로 저가형 전동식 파워 스티어링 시스템의 구축이 가능하다.

[0012] 다만, 워/워휠의 기어비를 증가시키면 그 반대 급부로 모터 속도가 증가한다. 예를 들어, 상기와 같이 워/워휠의 기어비를 1.4배 증가시키면 모터 속도는 1050rpm에서 1500rpm으로 증가된다. 이와 같이 모터 속도가 증가하면 모터의 관성 모멘트가 증가하게 되고 그 결과 조향 제어에 대한 응답성이 저하된다.

[0013] 따라서, 워/워휠의 기어비를 증가시킨 저가형 전동식 파워 스티어링 시스템을 상용화하기 위해서는 모터 속도의 증가에 따른 조향 제어의 응답성 저하를 해결하여야 한다. 본 발명은 기존의 전동식 파워 스티어링의 제어방법에 있어서 상기 모터 속도의 증가에 따른 속응 제어 로직을 추가함으로써 이러한 문제점을 해결한 것이다.

[0014] 도 2는 본 발명에 따른 전동식 파워 스티어링의 제어방법을 나타낸 순서도이고, 도 3은 그 블록도이다. 참고로 도 3에서 제어부(10) 내에 도시된 구성은 소프트웨어적인 로직을 나타내고, 제어부(10) 외에 도시된 구성은 하드웨어적인 구성요소를 나타낸다.

[0015] 전동식 파워 스티어링의 제어방법은 크게 시스템 제어 단계(S10 ~ S30)와 액추에이터 제어 단계(S40 ~ S90)로 구성된다.

[0016] 먼저, 상기 시스템 제어 단계를 설명하면, 조향 장치 내에 설치된 토크 센서, 조향각 센서, 조향각속도 센서 및 차속 센서에 의해 운전자가 스티어링 휠을 조향함에 따라 발생하는 조향 토크, 조향각, 조향각속도 및 현재 차량의 속도를 센싱하여 제어부(10)로 전송한다(S10).

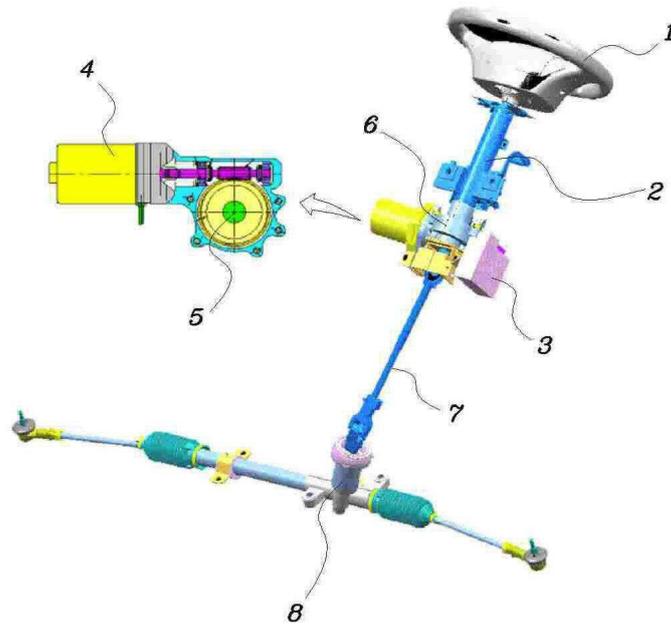
[0017] 제어부(10)는 상기 전송된 조향 토크, 조향각, 조향각속도 및 차속 데이터를 가지고 토크 부스트(torque boost) 제어, 복원력 제어, 댐핑 제어를 통해 목표 토크치를 계산한다(S20, S30). 상기 토크 부스트 제어는 운전자의 조향 토크에 따른 출력 전압을 제어하는 것이다. 상기 복원력 제어는 조향된 스티어링 휠을 센터로 복귀시키는 힘을 제어하는 것으로, 이 복원력은 조향력과 반대방향으로 작용한다. 댐핑 제어는 조향반력 또는 복원력에 상응하게 작용하여 운전자의 조향감을 향상시켜주는 힘을 제어하는 것으로, 이 댐핑력은 조향력과 동일한 방향으로 작용한다.

- [0018] 이러한 토크 부스트 제어, 복원력 제어, 댐핑 제어를 통해 운전자의 조향 정도에 따라 모터가 작동해야할 목표 토크치를 계산하고 이를 출력한다. 이 단계까지가 시스템 제어 단계에 속한다.
- [0019] 시스템 제어 단계를 통해 출력된 목표 토크치를 실현하기 위해 실제 액츄에이터인 모터의 제어는 다음과 같이 이루어진다.
- [0020] 커패시터(20)에서 인가된 전류가 3상 인버터(30)를 통해 모터(40)로 전송되는데, 제어부(10)는 현재 모터에 인가되고 있는 3상(U,V,W축)의 전류값을 센싱한다(S40). 그리고, 센싱된 3상의 전류값을 후속하는 비례적분 제어(PI 제어, Proportional Integral Control)에 의해 용이하게 제어될 수 있도록 2상(d,q축)으로 변환한다(S50). 보다 상세하게는, 센싱된 3상 전류값의 직교좌표값(a,b,c)을 정지좌표값( $\alpha, \beta$ )으로 변환하고, 이 정지좌표값( $\alpha, \beta$ )을 다시 동기좌표값(d,q)으로 변환한다(11,12).
- [0021] 다음으로, 변환된 2상 전류값을 가지고 전류 제어인 비례적분 제어(15,16)를 행한다(S60). 보다 상세하게는, 상기 변환된 2상 전류값을 가지고 유효전류 기준신호에 따른 토크 제어(13,q축)와 무효전류 기준신호에 따른 토크 제어(14,d축)를 각각 수행한다. 그 후 상기 시스템 제어를 통해 계산된 목표 토크치에 대해 현재 모터에 인가되고 있는 전압의 과/부족 양을 계산하고, 이를 보상하는 PWM(Pulse Width Modulation) 신호(17)를 발생한다(S70,S80). 상기 PWM 신호는 전원이 과전압일 때 펄스폭을 작게 하고, 저전압일 때 펄스폭을 크게 한다. 이 펄스 형태로 발생하는 신호에 의해 제어부의 출력이 모터에 전달되면 최종적인 모터 토크가 발생된다(S90).
- [0022] 상술한 S10 내지 S90 단계로 수행되는 종래의 전동식 파워 스티어링 제어방법에는 모터 속도에 따라 가변하는 관성 모멘트에 대한 제어 로직이 전혀 없기 때문에 웜/웜휠의 기어비를 증가시키는 저가형 전동식 파워 스티어링 시스템에 그대로 적용할 경우 조향 응답성의 저하를 막을 수 없다.
- [0023] 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 발명에서는 도 2에 도시된 바와 같이 상기 S90 단계에서 출력되는 최종 모터 토크에 의해 회전하는 모터의 속도를 모터 속도센서(50)에 의해 실시간으로 센싱하고, 이 모터 속도를 피드백받아 S60 단계인 비례적분 제어 단계에서 모터 속도에 따른 제어(이를 "모터 속응 제어"라고 한다)를 수행하는 로직을 추가함으로써 관성 모멘트 증가에 따른 조향 응답성 저하를 방지할 수 있도록 한 것이다. 이러한 점에서 상기 모터 속응 제어는 본 발명의 가장 특징적인 기술구성을 이룬다.
- [0024] 이 모터 속응 제어는 전동식 파워 스티어링 시스템의 사양에 따라 구체적인 로직의 구성은 달라지므로 다양한 실시예로 실현될 수 있다. 그러나, 모든 모터 속응 제어는 모터 속도에 따라 변하는 비례상수( $\alpha$ )에 의해 제어된다는 점에서 공통된다.
- [0025] 즉, 모터 속도가 증가하면 할수록 관성 모멘트가 증가하므로 운전자의 조향 응답성은 더 저하된다. 따라서, 모든 모터 속응 제어는 그 다양한 실시예에도 불구하고 상기 비례상수( $\alpha$ )를 모터 속도에 따라 가변하는 값을 가지도록 설정하고, 이에 대한 비례식으로 제어치를 산출하여 관성 모멘트의 영향이 상대적으로 작아지도록 제어한다는 점에서 공통된다 할 것이다.
- [0026] 도 4에는 본 발명에 따른 모터 속응 제어의 일 실시예가 도시되어 있다. 여기서  $I_L^*$ 는 토크 기준 신호이고,  $I_L$ 은 최종 출력되는 부하 전류를 의미한다. 그리고,  $V_{dc}$ 는 제어부의 입력 전류이고,  $V_{con}$ 는 제어부의 제어 출력 신호이며,  $V_{ref}^*$ 는 제어부 입력전압 기준 신호이고,  $V_{tri}$ 는 제어부 내부의 삼각파 전압 피크치를 의미한다. 그리고, 연산 기호가 포함된 원은 연산자이다. 예를 들어, 원 안에 (+,+)가 기재되어 있다면 2개의 값을 덧셈한다는 것을 의미한다.
- [0027] 도 4에 따르면 상기 시스템 제어를 통해 계산된 토크 기준 신호( $I_L^*$ )가 여러 단계의 연산을 거쳐 모터로 최종 출력되는 부하 전류( $I_L$ )로 계산된다. 이 최종 부하 전류( $I_L$ )는 상기 도 2의 S40 단계를 통해 센싱되고 피드백되어 토크 기준 신호( $I_L^*$ )와 연산된다. 이 때, 본 발명에 따르면, 모터 속도센서(50)가 상기 최종 부하 전류( $I_L$ )를 피드백받아 모터 속도를 실시간으로 센싱하고, 이 모터 속도에 따른 비례식(60)이 포함된 모터 속응 제어 로직을 구성한다. 여기서  $K_p$ 는 시스템 사양, 제어 범위 등에 따라 정해지는 비례계수이다.
- [0028] 하기 표 1은 도 4와 같이 구성된 모터 속응 제어 로직에서 사용되는 모터 속도에 따른 비례상수( $\alpha$ )의 변화값을 예시한 것이다.

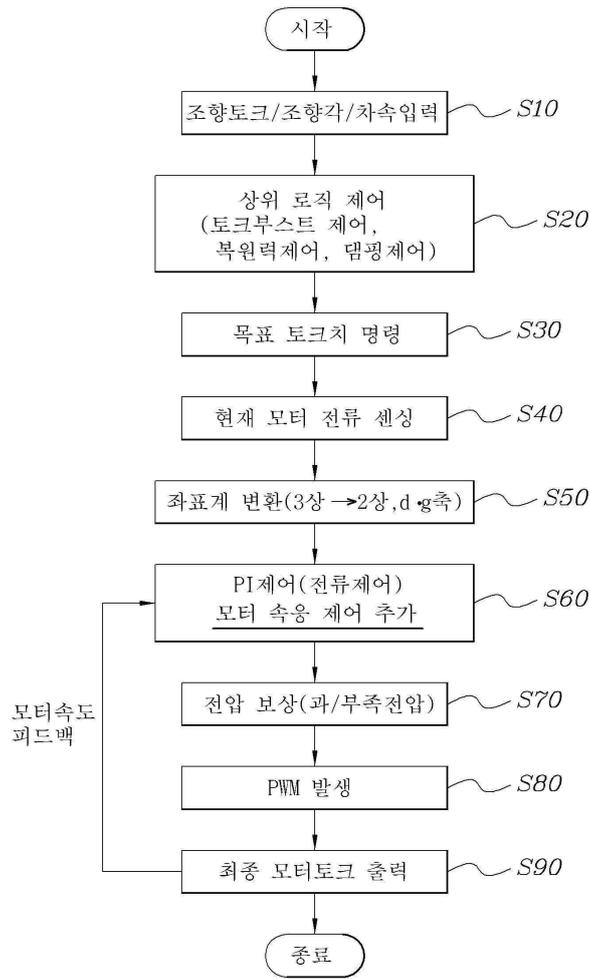


도면

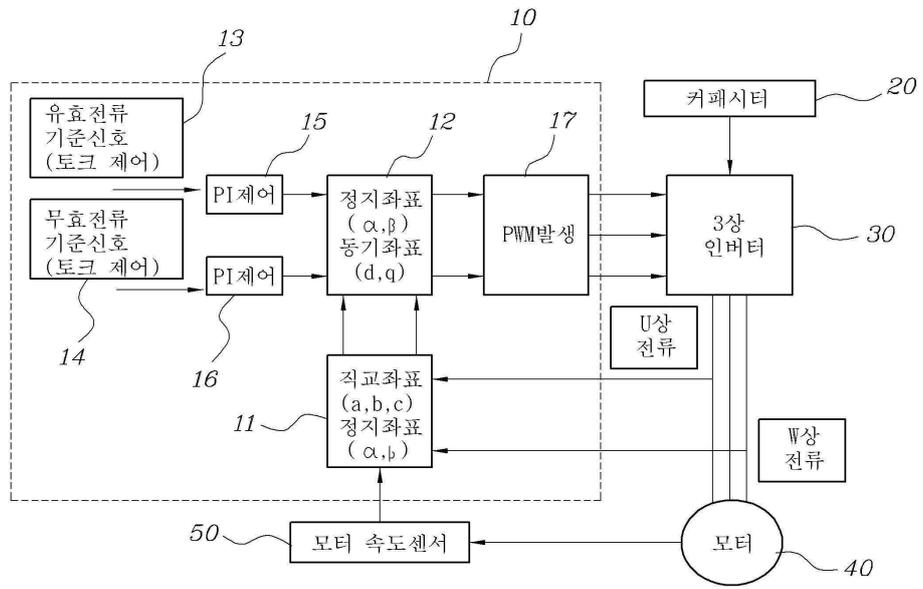
도면1



도면2



도면3



도면4

