

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 12월 20일 (20.12.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/173354 A2

- (51) 국제특허분류:
B60W 30/02 (2006.01) *B60K 7/00* (2006.01)
B60W 40/112 (2012.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/004473
- (22) 국제출원일: 2012년 6월 7일 (07.06.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2011-0057399 2011년 6월 14일 (14.06.2011) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **주식회사 유디엠텍 (UDMTEK CO., LTD.)** [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 원천동 아주대학교 산학협력원 113, 443-749 Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자; 겸
- (71) 출원인 : **김영철 (KIM, Young Ryul)** [KR/KR]; 경기도 성남시 분당구 이매동 한신아파트 211 동 2204 호, 463-060 Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자; 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **왕지남 (WANG, Gi Nam)** [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 영통동 신원아파트 644-1604, 443-470 Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: **윤재승 (YOON, Jae Seung)**; 서울특별시 강남구 역삼동 718-10 덕천빌딩 7층, 135-080 Seoul (KR).

- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: ROLL MOTION CONTROL DEVICE FOR AN IN-WHEEL MOTOR-DRIVEN ELECTRIC VEHICLE

(54) 발명의 명칭 : 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치

(57) Abstract: Disclosed is a roll motion control device for an in-wheel motor-driven electric vehicle. The roll motion control device for the in-wheel motor-driven electric vehicle according to one embodiment of the present invention comprises a suspension system, in which each wheel is provided with a spring that is extended or compressed by a degree corresponding to an angle defined between a virtual link of the suspension system and a road by applying, as a component force, a driving or braking force of a wheel which are generated by friction between the wheel, which is rotated by torque from an in-wheel motor, and the road, to a vehicle frame so as to interrupt a vertical motion of the vehicle frame caused by a roll motion when the vehicle turns.

(57) 요약서: 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치가 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치는, 차륜마다, 인휠(In-Wheel) 모터의 토크에 따라 회전하는 차륜과 노면과의 마찰에 의해 발생하는 차륜의 구동력 또는 제동력이 현가장치의 가상링크와 노면이 이루는 사이각만큼, 차량 선회시 롤 운동으로 인한 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력으로 차체에 작용함에 따라 신장 또는 압축되는 스프링이 구비된 현가장치를 포함한다.



WO 2012/173354 A2

명세서

발명의 명칭: 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치

기술분야

- [1] 본 발명은 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 인휠 모터의 토크 제어를 통하여 차량 선회시 발생하는 롤링을 저감하는 기술에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 전기자동차에 있어서 전기구동모터는 본래의 기능으로 기존의 내연기관차량의 엔진을 대체하여 차륜을 회전시키는 구동력을 발생시키는 장치이다. 전기구동 모터는 내연기관의 엔진과 비교할 때 명령받은 토크를 매우 빠르고 정확히 만들어내는 장점이 있으며, 특히 전기구동모터를 차륜 내에 설치하는 인휠 모터의 경우는 전후좌우 각 차륜을 독립적으로 구동할 수 있다. 따라서 인휠 모터 구동 전기자동차는 인휠 모터의 우수한 제어성과 독립적인 구동력을 가지게 된다. 이로 인해서 최근 인휠 모터 구동 전기 자동차 분야에서는 전기구동모터의 우수한 제어성과 독립적인 구동력을 이용하여 차륜 슬립 제어 및 차량 선회시 요(yaw) 운동제어에 대한 기술이 개발 및 연구가 활발히 이루어지고 있다.
- [3] 그러나, 인휠 모터 구동 전기 자동차 분야에서 차량 선회시 발생하는 롤링을 저감시켜 탑승자가 차량의 선회시 좌우 방향으로 쏠리는 현상을 방지하는 것에 대한 기술개발 및 연구가 이루어지지 않고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 인휠 모터의 각 차륜의 독립적인 제동력 또는 구동력 제어 특성을 이용하여 차량의 선회시 발생하는 차체가 좌우로 쏠리는 현상을 저감 하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치가 제안된다.

과제 해결 수단

- [5] 본 발명의 일 양상에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치는, 차륜마다, 인휠(In-Wheel) 모터의 토크에 따라 회전하는 차륜과 노면과의 마찰에 의해 발생하는 차륜의 구동력 또는 제동력이 현가장치의 가상링크와 노면이 이루는 사잇각 만큼, 차량 선회시 롤 운동으로 인한 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력으로 차체에 작용함에 따라 신장 또는 압축되는 스프링이 구비된 현가장치를 포함한다.
- [6] 상기 차체에 작용하는 분력을 만들기 위한 각 차륜의 인휠 모터의 토크 방향 및 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 제동력 또는 구동력의 방향은, 차량이 좌 선회를 하는 경우, 좌측전륜 및 우측후륜에 구동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 제동력이 작용하며, 차량이 우 선회를 하는 경우,

좌측전륜 및 우측후륜에 제동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 구동력이 작용할 수 있다.

- [7] 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력의 합이 "0"이 되며, 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력이 만드는 선회 모멘트 합이 "0"이 될 수 있다.
- [8] 본 발명의 다른 양상에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치는, 운전자의 목표 롤각과 차량에서 출력된 차량의 롤각의 편차를 출력하는 제1감산기; 운전자의 목표 종방향 속도와 차량에서 출력되는 차량의 종방향 속도의 편차를 출력하는 제2감산기; 상기 제1감산기에서 출력된 값을 비례 적분 제어하여, 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력을 출력하는 제 1 PI 제어기; 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력에 동일한 크기의 좌측 전후륜 및 우측 전후륜의 반경을 곱하여, 롤 운동 제어를 위하여 좌측 전후륜 및 우측 전후륜에 적용될 롤 운동 제어 토크를 출력하는, 토크 변환부; 상기 제2감산기에서 출력된 값을 비례 적분 제어하여 운전자의 목표 종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크를 출력하는, 제 2 PI 제어기; 상기 롤 운동 제어 토크와 제 2 PI 제어기에서 출력된 구동 토크 및 차량에서 출력된 차량의 롤각을 이용하여, 각 차륜의 토크를 구하는, 토크 형성부; 및 차륜마다, 인휠(In-Wheel) 모터의 토크에 따라 회전하는 차륜과 노면과의 마찰에 의해 발생하는 차륜의 구동력 또는 제동력이 현가장치의 가상링크와 노면이 이루는 사잇각 만큼, 차량 선회시 롤 운동으로 인한 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력으로 차체에 작용함에 따라 신장 또는 압축되는 스프링이 구비된 현가장치를 포함하며, 상기 각 차륜의 토크에 따라 각 차륜의 회전에 의한 주행 중, 차량의 선회시 차체의 원심력에 의한 차량의 롤각 및 차체의 종방향 속도를 각각 차체 롤각 감지센서 및 자동차 속도 감지센서를 이용하여 측정해서 출력하는 차량을 포함한다.
- [9] 상기 운전자의 목표 롤각은, 0도로 설정될 수 있다.
- [10] 상기 각 차륜의 토크는 각 차륜의 토크 방향 및 롤각에 따라 아래의 수학식을 이용하여 구해질 수 있다.
- [11] **[수학식]**

$$\begin{cases} \theta_R > 0, & T_1, T_4 = -T_R + T_V/4, \\ & T_2, T_3 = T_R + T_V/4 \\ \theta_R < 0, & T_1, T_4 = T_R + T_V/4, \\ & T_2, T_3 = -T_R + T_V/4 \end{cases}$$

[12]

- [13] 이때, T_R 는 롤 운동 제어 토크, T_V 는 운전자의 목표 종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크, T_1 은 좌측전륜 토크, T_2 는 우측전륜 토크, T_3 는 좌측후륜 토크,

T_4 는 우측후륜 토크를 나타내며, θ_R 은 롤각을 나타낸다.

- [14] 상기 롤각이 0도보다 큰 경우는 차량이 좌 선회하는 경우이며, 상기 롤각이 0도보다 작은 경우는 차량이 우 선회하는 경우일 수 있다.
- [15] 상기 차체에 작용하는 분력을 만들기 위한 각 차륜의 인휠 모터의 토크 방향 및 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 제동력 또는 구동력의 방향은, 차량이 좌 선회를 하는 경우, 좌측전륜 및 우측후륜에 구동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 제동력이 작용하며, 차량이 우 선회를 하는 경우, 좌측전륜 및 우측후륜에 제동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 구동력이 작용할 수 있다.
- [16] 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력의 합이 "0"이 되며, 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력이 만드는 선회 모멘트 합이 "0"이 될 수 있다.

발명의 효과

- [17] 본 발명의 실시예에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치에 따르면, 인휠 모터의 독립적인 제동력 또는 구동력 제어 특성을 이용하여 차량의 선회시 발생하는 차체의 롤 운동으로 수반되는 롤각을 저감 함으로써, 차량 선회시 차체가 좌우로 쏠리는 롤링 현상을 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [18] 도 1은 후륜 타이어 노면 접지점의 상하운동과 현가장치의 가상링크의 관계도.
- [19] 도 2는 차량 제동시에 관성력의 방향과 피칭각을 나타낸 도면.
- [20] 도 3은 차량 선회시의 롤링운동을 예시한 도면.
- [21] 도 4는 이상적인 현가장치 모델과 실제적인 현가장치 모델을 나타낸 도면.
- [22] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 현가장치 모델을 나타낸 도면.
- [23] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치의 구성을 나타낸 도면.
- [24] 도 7은 차량 선회시의 롤링 운동에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [25] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 실시예를 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 후술 되는 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.
- [26] 본 발명의 실시예에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치는, 좌우전륜 및 좌우후륜 각 차륜별로 상하운동을 가능하게 하는 현가장치를

구비한다. 이 현가장치에 의해 차륜 타이어의 노면접지 중심점은, 차륜을 옆에서 보았을 때, 도 1에 도시된 바와 같은 접지점의 상하 이동궤적을 가질 수 있다. 이 접지점의 상하 이동궤적은 차량의 운동에 있어서

안티다이브(anti-dive)/안티리프트(anti-lift) 특성과 관계되며, 도 1에 도시된 바와 같이 가상링크의 회전에 의해 움직이며, 가상링크와 노면은 소정의 각도(θ)를 이루고 있다.

[27] 이 안티다이브/안티리프트 특성에 대해서 살펴보기로 한다.

[28] 차량이 가속하거나 감속하게 되면 차량의 무게중심에 작용하는 관성력으로 인하여 차체는 피칭운동을 하게 된다.

[29] 예를 들어 도 2에 도시된 바와 같이, 차량이 제동력에 의해 감속을 하게 되면 감속도에 의한 차량의 관성력이 차량의 전진방향으로 작용하여 차체가 앞으로 기울어지는 방향의 모멘트가 되어, 전륜의 경우 하중이 증가하고 후륜의 경우 하중이 작아져서, 결국 차량은 다이브(dive, 차체가 진행방향으로 기울어지게 되는 현상) 된다.

[30] 이때, 노면에 작용하는 제동력으로 인하여 이 제동력을 받는 전륜 현가장치의 가상링크 및 후륜 현가장치의 가상링크는, 각각 노면과 이루는 소정의 제1각도(θ_1) 및 제2각도(θ_2)를 이루고, 제1각도만큼 차체의 윗 방향으로 분력이

발생하며 이 윗 방향으로 발생된 분력에 의해서 전륜 현가장치 스프링이 신장되고(늘어나고) 제2각도만큼 차체의 아래 방향으로 분력이 발생하며 이 아래 방향으로 발생된 분력에 의해 후륜 현가장치 스프링이 압축되어서, 결국 차량의 다이브 현상이 저감 된다.

[31] 도 2에 도시된 바와 같이, 전륜 현가장치의 가상링크의 순간 회전중심(C_1)의 위치가 전륜의 후방에 있도록, 후륜 현가장치의 가상링크의 순간 회전중심(C_2)

의 위치가 후륜의 전방에 있도록 설계된 경우, 차량의 제동으로 인해 발생하는 차체의 피칭 운동을 방해하는 분력을 만들어 낼 수 있다. 이러한 분력으로 인해서 차체의 상하운동이 저감 되는데, 이것이 바로 안티다이브/안티리프트 특성이다.

[32] 즉, 현가장치가 만들어 내는 안티다이브/안티리프트 특성을 이용하면, 인휠 모터의 토크에 의해 회전하는 차륜이 노면과의 마찰에 의해서 발생하는 제동력 또는 구동력이, 현가장치의 가상링크와 노면이 이루는 사잇각 만큼, 차체의 상하 방향의 분력으로 차체에 작용하여, 현가장치의 스프링이 늘어나거나 압축될 수 있다.

[33] 한편, 차량이 선회할 때 원심력에 의하여 차체가 차량 선회 외측 방향으로 기울어진 각도, 즉 롤각 만큼 차체가 기울어지는 롤링 운동이 발생한다. 이로

인해서 차체가 기울어진 방향의 현가장치 스프링은 압축되고 반대편 방향의 현가장치 스프링은 신장 된다. 이 롤링 운동은 차량 탑승자의 승차감에 나쁜 영향을 줄 수 있고 심한 경우 차량 전복의 원인으로 작용할 수 있다.

- [34] 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이 차량(50)이 진행방향의 좌측으로 선회하는 경우 진행방향의 우측 방향으로 발생하는 원심력에 의한 롤각 θ_R 만큼 차체가

우측방향으로 기울어지는 롤링 운동이 발생한다. 이로 인해서 차량의 좌측 전후륜 현가장치 스프링은 신장되고 우측 전후륜 현가장치의 스프링은 압축된다.

- [35] 이에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동제어장치는, 차량 선회시 발생하는 차체의 롤 운동을 억제하기 위하여 현가장치 스프링에 의해 지지 되는 차체의 상하운동을 제한하려는 것이다.

- [36] 다시 도 3에서, 차량이 좌 선회하면 우측방향으로 롤 각이 발생하게 된다. 즉, 좌측 전후륜 현가장치의 스프링은 신장되며 우측 전후륜 현가장치의 스프링은 압축된다. 이러한 롤 운동을 저감 시키기 위해서는 도 3에 도시된 바와 같이 인휠모터의 토크의 방향 즉 각 차륜이 노면으로부터 받는 제동력 또는 구동력의 방향은 좌측 전륜의 경우 구동력, 좌측 후륜의 경우 제동력, 우측 전륜의 경우 제동력, 우측 후륜의 경우 구동력이 발생 되도록 하여야 한다.

- [37] 이러한 롤 운동을 제어하기 위해 발생시킨 각 차륜의 제동력 또는 구동력은 차량의 본래의 선회속도와 선회모멘트를 발생시키지 않은 것이 된다. 왜냐하면 롤 운동을 제어하기 위해 발생시킨 각 차륜의 제동력 또는 구동력의 합은 "0(Zero)"가 되며 또한 각 차륜의 제동력 또는 구동력에 의한 선회모멘트 역시 "0(Zero)"가 되기 때문이다. 이것이 바로 차량 본래의 운동 방향을 저해하지 않고 차량의 롤 운동을 제어할 수 있는 원리가 되는 것이다.

- [38] 기존 내연기관 차량에 있어서 차체의 상하운동을 제한하기 위한 수단은, 차체에 작용하는 상하방향의 힘을 직접 제어하는 것으로서, 이를 위해 현가장치 요소인 댐퍼의 댐핑력을 이루는 댐핑계수를 가변할 수 있는 가변댐퍼를 두고 댐핑계수를 결정하는 알고리즘으로 스카이훅 제어 기법이 사용되고 있다. 이에 대해서 살펴보기로 한다.

- [39] 스카이훅 제어는 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이 가상의 관성기준(Inertia Reference)과 차량의 스프링 상중량(Spring mass)(차체) M에 가상의 스카이훅 수동 댐퍼를 설치하여 차체 M의 속도에 직접 비례하는 감쇄력을 발생시키는 방법이다.

- [40] 그러나 실제로는 이것이 가능하지 않기 때문에, 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이 현가장치의 가변 댐퍼를 이용하여 이와 등가적인 감쇄력을 발생시킨다.

- [41] 실제 현가장치 모델에서의 등가 댐핑 계수는 아래의 수학식 1을 통해서 구해질 수 있다.

- [42] 수학식 1

$$C_{eq} = C_{sky} \frac{\dot{x}}{\dot{x} - \dot{y}}$$

[43] 이때,

$$C_{eq}$$

는 실제 현가장치 모델에서의 등가 댐핑 계수,

$$C_{sky}$$

는 이상적인 현가장치 모델에서의 등가 댐핑 계수,

$$\dot{x}$$

는 차체(스프링 상중량)의 상하방향 속도,

$$\dot{y}$$

는 차륜(스프링 하중량)의 상하방향 속도를 나타낸다.

[44] 또한, 도 4의 (b)에서 등가적인 감쇄력은 아래의 수학식 2와 같은 조건에서만 구해질 수 있다.

[45] 수학식 2

$$\dot{x}(\dot{x} - \dot{y}) > 0$$

[46] 이때, 등가적인 감쇄력은

$$\dot{x} > 0$$

이고

$$\dot{x} - \dot{y} > 0$$

인 경우를 모두 만족하는 경우에 발생하거나,

$$\dot{x} < 0$$

이고

$$\dot{x} - \dot{y} < 0$$

인 경우를 모두 만족하는 경우에 발생할 수 있다. 즉, 차체의 상하방향 속도의 방향과, 차체의 상하방향 속도와 차륜 상하방향 속도 간 차의 방향이 모두 일치한 경우에 등가적인 감쇄력이 발생할 수 있다.

[47] 이에 본 발명의 실시예에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치는, 스카이 혹 제어기법을 이용하여 차량 선회시 차체가 좌우로 기울어짐에 따라 각 차륜 현가장치 스프링의 신장 및 압축에 의한 전기자동차

차체의 상하방향의 운동을 감소시키는 방향으로 힘을 발생하여 차체에 인가함으로써, 각 현가장치 스프링의 상하방향 운동을 감소시켜 차량 선회로 인한 차체의 롤각을 저감할 수 있게 된다.

[48] 본 발명의 실시예에 적용되는 현가장치의 모델이 도 5에 도시되어 있다.

[49] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 현가장치 모델은, 인휠(In-Wheel) 모터를 구비한 전기자동차의 차륜(4), 전기자동차 차체(1)를 지지하는 스프링(spring)(2) 및 전기자동차 차체(1)의 상하방향의 진동을 흡수하는 댐퍼(damper)(3)를 구비할 수 있다. 이때, 차륜(4)은 전기자동차의 좌측 전후륜 및 우측 전후륜을 쿼터(quarter) 모델화하여 좌측 전후륜 및 우측 전후륜 중 하나의 차륜으로만 표시한 경우이다. 이는 예시에 해당하며 다른 실시예도 가능함은 당연하다.

[50] 인휠 모터의 토크에 의해 회전하는 차륜과 노면 사이의 마찰에 의해 발생하는 구동력 또는 제동력이, 현가장치의 가상링크가 노면과 이루는 사잇각 만큼, 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력으로 차체에 작용하여, 현가장치의 스프링이 신장되거나 압축될 수 있다.

[51] 이때, 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력

$$F_c$$

는, 차량 선회시 발생하는 차체가 기울어짐으로 인한 차체의 상하방향의 운동을 감소시키기 위해 차체에 인가되는 힘이 된다. 이에 따라, 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력

$$F_c$$

가 차체에 작용하여, 현가장치의 스프링이 차체의 롤링 운동을 방해하는 방향으로 신장되거나 압축된다. 이에 따라 차량 선회시 발생하는 차체의 롤각이 감소됨으로써 차량의 롤링 운동이 저감될 수 있게 된다.

[52] 그리고 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력

$$F_c$$

는 차량의 선회로 인해서, 차량의 좌측 전후륜 각각에 의해 발생하는 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력과, 차량의 우측 전후륜 각각에 의해 발생하는 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력으로 나뉘어 나눌 수 있다.

[53] 좌측 전후륜 각각에 의해 발생하는 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력은, 인휠 모터의 토크에 의해 회전하는 좌측 전후륜 각각과 노면 간 마찰에 의해 발생하는 좌측 전후륜 각각의 구동력 또는 제동력이, 좌측 전후륜 현가장치 각각의 가상링크와 노면이 이루는 사잇각 만큼, 차체의 상하운동을 방해하는 분력으로 차체에 작용하여, 좌측 전후륜 현가장치 각각의 스프링을 신장하거나 압축하는 힘을 나타낸다.

- [54] 우측 전후륜 각각에 의해 발생하는 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력은, 인휠 모터의 토크에 의해 회전하는 우측 전후륜 각각과 노면 간 마찰에 의해 발생하는 우측 전후륜 각각의 구동력 또는 제동력이, 우측 전후륜 현가장치 각각의 가상링크와 노면이 이루는 사잇각 만큼, 차체의 상하운동을 방해하는 분력으로 차체에 작용하여, 우측 전후륜 현가장치 각각의 스프링을 신장하거나 압축하는 힘을 나타낸다.
- [55] 롤 운동을 제어하기 위해 차체에 작용하는 분력을 만들기 위한 각 차륜의 인휠모터 토크의 방향 및 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 제동력 또는 구동력의 방향은, 차량이 좌 선회를 하는 경우, 좌측 전후륜 각각에 의해 발생하는 차체의 상하 방향 운동을 방해하는 분력이 차체를 하방향으로 내리려는 힘으로 작용하여야 하며 우측 전후륜 각각에 의해 발생하는 차체의 상하 방향 운동을 방해하려는 분력이 차체를 상방향으로 올리려는 힘으로 작용하여야 하므로, 좌측전륜 및 우측후륜에 구동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 제동력이 작용하여야 한다. 차량이 우 선회를 하는 경우, 차량이 좌 선회를 하는 경우와 반대로, 좌측전륜 및 우측후륜에 제동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 구동력이 작용하여야 한다.
- [56] 차량의 좌 선회 또는 우 선회시에 롤 운동을 제어하기 위한 각 차륜의 제동력 또는 구동력의 방향을 적용하고 이들의 크기가 같도록 적용하여 이들이 만드는 차량의 제동력 또는 구동력의 합, 즉 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력의 합이 "0"이 되며, 또한 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력이 만드는 선회 모멘트 합이 "0"이 됨으로써, 차량의 본래의 진행 속도 및 선회 방향을 방해하지 않고 차량의 롤 운동을 저감시킬 수 있게 된다.
- [57]
- [58] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치의 구성을 나타낸 도면이다.
- [59] 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치는, 제1감산기(10), 제2감산기(11), 제 1 PI제어기(12), 제 2 PI제어기(13), 토크 변환부(14), 토크 형성부(15) 및 차량(16)을 포함한다.
- [60] 제1감산기(10)는 운전자의 목표 롤각

$$\theta_R^{**}$$

과 차량(16)에서 출력된 차량의 롤각

$$\theta_R$$

의 편차를 출력한다. 이때, 운전자의 목표 롤각은 "O(Zero)도"일 수 있다. 이는 차량 탑승자가 롤 운동의 영향을 받지 않도록 하여 안락한 승차감을 갖도록 하기

위해서이다.

- [61] 제2감산기(11)는 운전자의 목표 종방향 속도

$$V^{**}$$

와 차량(16)에서 출력되는 차량의 종방향 속도

$$V$$

의 편차를 출력한다. 이때, 운전자의 목표 종방향 속도

$$V^{**}$$

는 차량 주행 중에 운전자가 원하는 차량 속도를 의미한다. 운전자는 운전중인 차량의 현재 차속, 즉 차량의 종방향 속도

$$V$$

를 인지하여 차량의 속도를 유지하거나 가속 또는 감속을 하게 된다. 차량의 속도를 유지하기 위해서는 현재의 가속 페달의 상태를 유지하며, 가속을 위해서는 가속페달을 더욱 밟으며, 감속을 위해서는 주로 감속페달을 조작하게 된다. 이러한 운전자의 가감속 페달의 조작은, 인휠 모터의 토크를 증대시키거나 감소시키는 것 또는 회생 제동 토크의 명령과 동일하므로, 도 6의 제 2 PI 제어기의 역할과 동일하다. 왜냐하면 PI 제어기는 운전자의 목표 종방향 속도와 현재 차량의 종방향 속도의 편차로부터 인휠 모터에 인가되는 토크, 즉 운전자의 목표 종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크

$$T_v$$

를 출력하기 때문이다.

- [62] 제 1 PI 제어기(12)는 제1감산기(10)에서 출력된 값을 비례 적분 제어하여, 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력을 출력한다.

- [63] 토크 변환부(14)는 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력에 동일한 크기의 좌측 전후륜 및 우측 전후륜의 반경을 곱하여, 롤 운동 제어를 위하여 좌측 전후륜 및 우측 전후륜에 적용될 롤 운동 제어 토크

$$T_R$$

를 출력한다.

- [64] 제 2 PI 제어기(13)는 제2감산기(11)에서 출력된 값을 비례 적분 제어하여 운전자의 목표 종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크

$$T_v$$

를 출력한다.

- [65] 토크 형성부(15)는 토크 변환부(14)에서 출력된 롤 운동 제어 토크

$$T_R$$

과 PI 제어기(13)에서 출력된 구동 토크

$$T_v$$

및 차량(16)에서 출력된 차량의 롤각

$$\theta_R$$

를 이용하여, 좌측전륜의 토크

$$T_1$$

, 우측전륜의 토크

$$T_2$$

, 좌측후륜의 토크

$$T_3$$

및 우측후륜의 토크

$$T_4$$

을 구한다.

- [66] 이때, 좌측전륜의 토크, 우측전륜의 토크, 좌측후륜의 토크 및 우측후륜의 토크는 전후좌우 각 차륜의 토크 방향 및 롤각에 따라 아래의 수학식 3을 이용하여 구할 수 있다.

- [67] 수학식 3

$$\begin{cases} \theta_R > 0, & T_1, T_4 = -T_R + T_v/4, \\ & T_2, T_3 = T_R + T_v/4 \\ \theta_R < 0, & T_1, T_4 = T_R + T_v/4, \\ & T_2, T_3 = -T_R + T_v/4 \end{cases}$$

- [68] 이때,

$$T_R$$

는 롤 운동 제어 토크,

$$T_v$$

는 운전자의 목표 종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크,

$$T_1$$

은 좌측전륜 토크,

$$T_2$$

는 우측전륜 토크,

$$T_3$$

는 좌측후륜 토크,

$$T_4$$

는 우측후륜 토크를 나타내며,

$$\theta_R$$

은 롤각을 나타낸다.

- [69] 차량의 롤각이 양의 값을 갖는 경우, 도 3에 도시된 바와 차량의 좌선회를 의미하므로, 좌측전륜의 토크 및 우측후륜의 토크는, 음의 값을 갖는 롤 운동제어 토크

$$T_R$$

에, 운전자의 목표종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크

$$T_v$$

를 각 4개의 차륜에 4등분하여 이를 합한 값으로 결정하고, 우측전륜의 토크 및 좌측후륜의 토크는, 양의 값을 갖는 롤 운동 제어 토크

$$T_R$$

에, 운전자의 목표 종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크

$$T_v$$

를 각 4개의 차륜에 4등분하여 이를 합한 값으로 결정할 수 있다.

- [70] 차량의 롤각이 음의 값을 갖는 경우, 도 3에 도시된 경우와 반대로 차량이 우선회를 하는 경우이므로, 좌측전륜의 토크 및 우측후륜의 토크는, 양의 값을 갖는 롤 운동제어 토크

$$T_R$$

에, 운전자의 목표종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크

$$T_v$$

를 각 4개의 차륜에 4등분하여 이를 합한 값으로 결정하고, 우측전륜의 토크 및 좌측후륜의 토크는, 양의 값을 갖는 롤 운동제어 토크

$$T_R$$

에, 운전자의 목표 종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크

$$T_v$$

를 각 4개의 차륜에 4등분하여 이를 합한 값으로 결정할 수 있다.

[71]

[72] 차량(16)은, 차륜마다, 인휠(In-Wheel) 모터의 토크에 따라 회전하는 차륜과 노면과의 마찰에 의해 발생하는 차륜의 구동력 또는 제동력이 현가장치의 가상링크와 노면이 이루는 사잇각 만큼, 차량 선회시 롤 운동으로 인한 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력으로 차체에 작용함에 따라 신장 또는 압축되는 스프링이 구비된 현가장치를 포함한다.

[73] 또한 차량(16)은, 토크 형성부(15)에서 구해진 각 토크 값에 따라 각 차륜의 회전에 의한 차량 주행 중, 차량의 선회시 차체의 원심력에 의한 차량의 롤각 및 차체의 종방향 속도를 각각 차체 롤각 감지센서 및 자동차 속도 감지센서를 이용하여 측정해서 출력한다.

[74]

[75] 도 7은 차량 선회시의 롤링 운동에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.

[76] 도시된 바와 같이, 도 7은 차량이 70kph의 Double Lane Change한 결과로서, 본 발명의 실시예에 따른 롤 운동제어가 이루어진 경우(with control), 제어가 이루어지지 않은 경우에 비해서 롤링 운동이 저감 됨을 알 수 있다.

[77] 이제까지 본 발명에 대하여 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 따라서 본 발명의 범위는 전술한 실시예에 한정되지 않고 특허청구범위에 기재된 내용 및 그와 동등한 범위 내에 있는 다양한 실시 형태가 포함되도록 해석되어야 할 것이다.

산업상 이용가능성

[78] 본 발명은 전기자동차의 개발분야에 이용될 수 있다.

[79]

청구범위

- [청구항 1] 차륜마다, 인휠(In-Wheel) 모터의 토크에 따라 회전하는 차륜과 노면과의 마찰에 의해 발생하는 차륜의 구동력 또는 제동력이 현가장치의 가상링크와 노면이 이루는 사잇각 만큼, 차량 선회시 롤 운동으로 인한 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력으로 차체에 작용함에 따라 신장 또는 압축되는 스프링이 구비된 현가장치를 포함하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 차체에 작용하는 분력을 만들기 위한 각 차륜의 인휠 모터의 토크 방향 및 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 제동력 또는 구동력의 방향은, 차량이 좌 선회를 하는 경우, 좌측전륜 및 우측후륜에 구동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 제동력이 작용하며, 차량이 우 선회를 하는 경우, 좌측전륜 및 우측후륜에 제동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 구동력이 작용하는 것을 특징으로 하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치.
- [청구항 3] 제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력의 합이 "0"이 되며, 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력이 만드는 선회 모멘트 합이 "0"이 되는 것을 특징으로 하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치.
- [청구항 4] 운전자의 목표 롤각과 차량에서 출력된 차량의 롤각의 편차를 출력하는 제1감산기;
운전자의 목표 종방향 속도와 차량에서 출력되는 차량의 종방향 속도의 편차를 출력하는 제2감산기;
상기 제1감산기에서 출력된 값을 비례 적분 제어하여, 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력을 출력하는 제 1 PI 제어기;
차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력에 동일한 크기의 좌측 전후륜 및 우측 전후륜의 반경을 곱하여, 롤 운동 제어를 위하여 좌측 전후륜 및 우측 전후륜에 적용될 롤 운동 제어 토크를 출력하는, 토크 변환부;
상기 제2감산기에서 출력된 값을 비례 적분 제어하여 운전자의 목표 종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크를 출력하는, 제 2 PI 제어기;
상기 롤 운동 제어 토크와 제 2 PI 제어기에서 출력된 구동 토크 및

차량에서 출력된 차량의 롤각을 이용하여, 각 차륜의 토크를 구하는, 토크 형성부; 및
 차륜마다, 인휠(In-Wheel) 모터의 토크에 따라 회전하는 차륜과 노면과의 마찰에 의해 발생하는 차륜의 구동력 또는 제동력이 현가장치의 가상링크와 노면이 이루는 사잇각 만큼, 차량 선회시 롤 운동으로 인한 차체의 상하방향 운동을 방해하는 분력으로 차체에 작용함에 따라 신장 또는 압축되는 스프링이 구비된 현가장치를 포함하며, 상기 각 차륜의 토크에 따라 각 차륜의 회전에 의한 주행 중, 차량의 선회시 차체의 원심력에 의한 차량의 롤각 및 차체의 종방향 속도를 각각 차체 롤각 감지센서 및 자동차 속도 감지센서를 이용하여 측정해서 출력하는 차량을 포함하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치.

[청구항 5]

제 4 항에 있어서,

상기 운전자의 목표 롤각은, 0도로 설정되는 것을 특징으로 하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치.

[청구항 6]

제 4 항에 있어서,

상기 각 차륜의 토크는, 각 차륜의 토크 방향 및 롤각에 따라 아래의 수학적식을 이용하여 구해지는 것을 특징으로 하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치.

[수학적식]

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_R > 0, \quad T_1, T_4 = -T_R + T_V/4, \\ \quad \quad \quad T_2, T_3 = T_R + T_V/4 \\ \theta_R < 0, \quad T_1, T_4 = T_R + T_V/4, \\ \quad \quad \quad T_2, T_3 = -T_R + T_V/4 \end{array} \right.$$

이때, T_R 는 롤 운동 제어 토크, T_V 는 운전자의 목표 종방향 속도를 추종하기 위한 구동 토크, T_1 은 좌측전륜 토크, T_2 는 우측전륜 토크, T_3 은 좌측후륜 토크, T_4 는 우측후륜 토크를

나타내며, θ_R 은 롤각을 나타낸다.

[청구항 7]

제 6 항에 있어서,

상기 롤각이 0도보다 큰 경우는 차량이 좌 선회하는 경우이며, 상기 롤각이 0도보다 작은 경우는 차량이 우 선회하는 경우인 것을 특징으로 하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치.

[청구항 8]

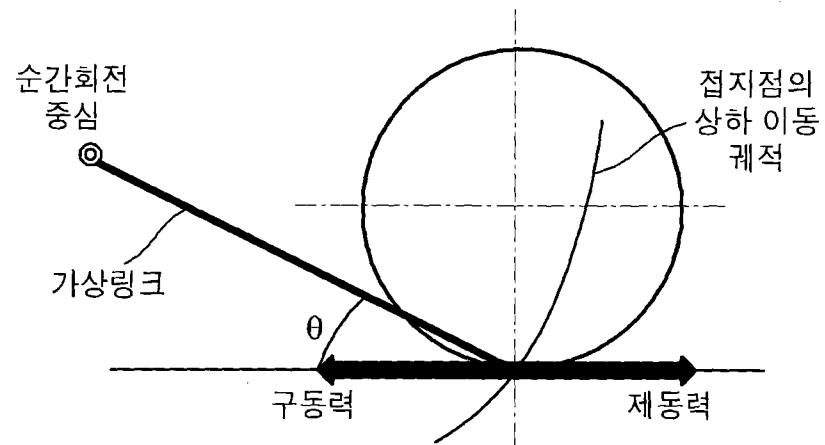
제 7 항에 있어서,

상기 차체에 작용하는 분력을 만들기 위한 각 차륜의 인휠 모터의 토크 방향 및 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 제동력 또는 구동력의 방향은, 차량이 좌 선회를 하는 경우, 좌측전륜 및 우측후륜에 구동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 제동력이 작용하며, 차량이 우 선회를 하는 경우, 좌측전륜 및 우측후륜에 제동력이 작용하며 좌측후륜 및 우측전륜에 구동력이 작용하는 것을 특징으로 하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치.

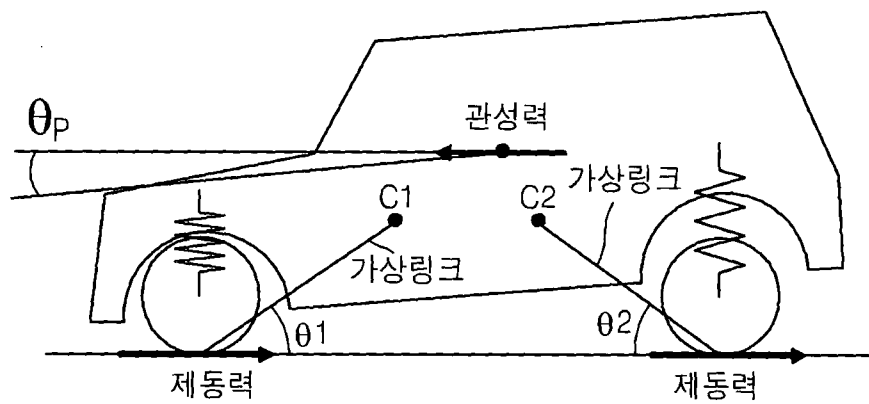
[청구항 9]

제 4 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력의 합이 "0"이 되며, 상기 노면과의 마찰에 의해 발생하는 각 차륜의 구동력 또는 제동력이 만드는 선회 모멘트 합이 "0"이 되는 것을 특징으로 하는, 인휠 모터 구동 전기자동차의 롤 운동 제어장치.

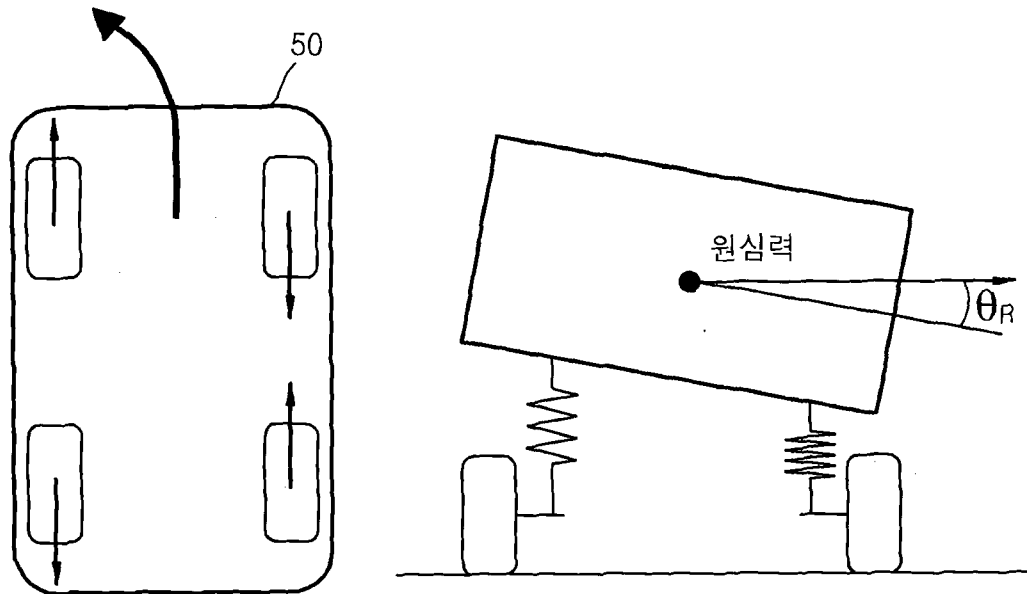
[Fig. 1]



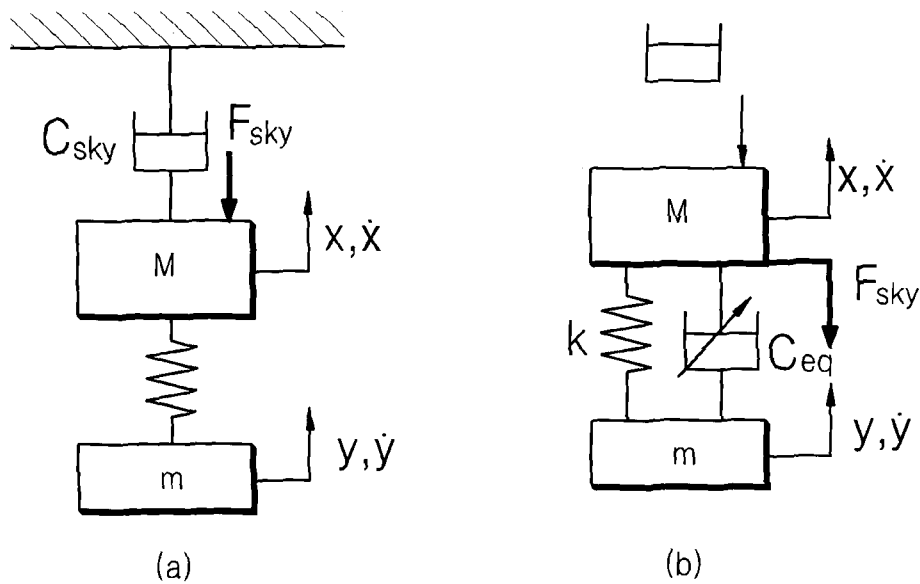
[Fig. 2]



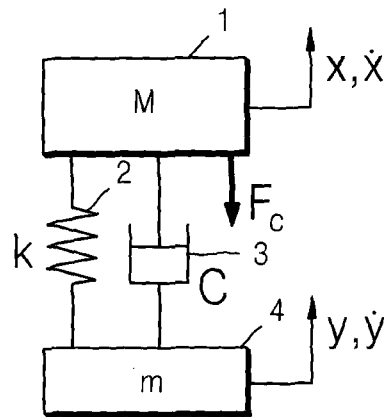
[Fig. 3]



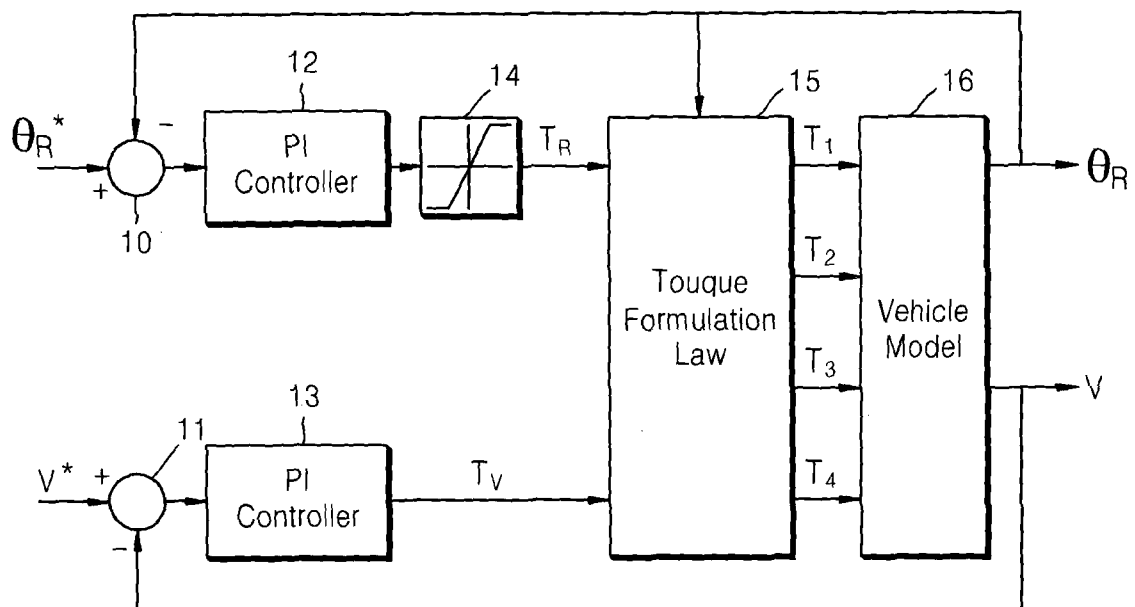
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]

