(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
B61K 13/00 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년03월20일
(11) 등록번호 10-0696982
(24) 등록일자 2007년03월13일

(21) 출원번호 10-2005-0111859
(22) 출원일자 2005년11월22일
심사청구일자 2005년11월22일

(65) 공개번호
(43) 공개일자

(73) 특허권자 한국철도기술연구원
경기도 의왕시 월암동 360-1

(72) 발명자 변윤섭
경기 안양시 동안구 관양동 1589 한가람 세경아파트 504-308

구동회
경기 안산시 상록구 본오동 872-20 우성아파트 5동 1302호

권삼영
대전 유성구 지족동 열매마을아파트 705-303

(74) 대리인 김국진

(56) 선행기술조사문헌
JP2003081076 A
KR100583269 B1
KR10037007 B1
KR1020040015579 A
* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 한성근

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 가상 공전활주 모의장치

(57) 요약

본 발명은 가상 공전활주 모의장치에 관한 것으로 특히, 차량의 추진에 필요한 견인력을 발생시키는데 필요한 토크량을 디지털 아날로그 변환기를 통하여 전압 또는 전류신호로 출력하거나 그 량을 디지털 값으로 변환하여 통신케이블로 전송하는 점착력 제어기와; 상기 점착력 제어기로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값을 가상의 차량 모의장치에 적용시켜 운전조건에서 선정된 구배, 주행저항, 점착특성에 따른 전동기의 회전속도와 차량의 속도를 계산하여 그 값을 다시 디지털 아날로그 변환기를 통해 전압 또는 전류신호로 변환시켜 상기 점착력 제어기로 전달하는 가상열차 모의 제어기;로 구성한 것을 특징으로 한다.

따라서, 마찰에 의한 기기의 마모, 소음을 피할 수 있고, 속도 증가에 따른 관성력의 증가로 발생할 수 있는 기기의 위험성을 감소시킬 수 있으며, 프로그램으로 제어하기 때문에 임의의 레일조건 등 어떠한 점착특성도 모의가 가능하고, 서로간의

다양한 점착특성간의 순시적인 변환이 가능하며, 열차의 운행 조건을 고려하기 위한 주행저항, 열차 중량의 변동, 구배조건 등을 고려한 시험이 가능하고, 일반 자동차나 전기 자동차, 열차 등 점착력에 의해 구동되는 모든 경우에 시험 및 적용이 가능함은 물론 병렬로 구동되는 다중 전동기에도 적용시킬 수 있는 것이다.

대표도

도 3

특허청구의 범위

청구항 1.

차량의 추진에 필요한 견인력을 발생시키는데 필요한 토크량(T_m)을 산출하여 통신케이블을 통해 가상열차 모의 제어기로 전송하는 점착력 제어기와;

상기 점착력 제어기로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)을 가상의 차량 모의장치에 적용시켜 운전조건에서 선정된 구배, 주행저항, 점착특성에 따른 견인 전동기의 회전속도(ω_{rpm_m})와 가상 열차의 속도(ϖ_{rpm_u})를 계산하여 상기 점착력 제어기로 전달하는 가상열차 모의 제어기;로 구성한 것을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

청구항 2.

청구항 1에 있어서,

상기 점착력 제어기에서 출력되어 가상열차 모의 제어기로 전달되는 토크량(T_m)이나, 상기 가상열차 모의 제어기에서 계산되어 점착력 제어기로 전달되는 견인 전동기의 회전속도(ω_{rpm_m}) 및 가상 열차의 속도(ϖ_{rpm_u})는 디지털 아날로그 변환기를 통하여 전압 또는 전류신호로 출력하거나 디지털 값으로 변환되어 통신케이블을 통해 전달되는 것을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

청구항 3.

청구항 2에 있어서,

상기 점착 제어기와 가상열차 모의 제어기는 각각 컴퓨터로 구성한 것을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

청구항 4.

청구항 3에 있어서,

상기 가상열차 모의 제어기는, 점착력 제어기로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)에 의거하여 모의 구동되며 회전속도(ω_{rpm_m})를 산출하여 상기 점착력 제어기와 가상 열차부로 전달하는 견인 전동기부와;

상기 견인 전동기부에서 출력되는 가상 차량의 견인 전동기 회전수(ω_{rpm_m})를 입력받아 가상 열차의 속도(ϖ_{rpm_u})를 산출하여 점착력 제어기로 출력시켜 줌과 동시에 바퀴와 레일사이의 점착력(T_{AE})을 산출하여 견인 전동기부로 출력시켜 주는 가상 열차부;로 구성한 것을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

청구항 5.

청구항 4에 있어서,

상기 견인 전동기부는, 점착력 제어기로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)에서 상기 가상 열차부로부터 출력되는 바퀴와 레일사이의 점착력(T_{AE})과 회전마찰 계수부에서 출력되는 견인 전동기의 회전마찰 계수(B)를 빼내어 전동기의 관성계수(J_{eq})를 산출하는 제 1 합산기와;

상기 관성계수(J_{eq})를 역산($1/J_{eq}$)하는 관성계수 역수부와;

상기 관성계수의 역수($1/J_{eq}$)를 적분하여 견인 전동기의 기계적인 회전 각속도(ω_M)를 산출하는 제 1 적분기와;

상기 회전 각속도(ω_M)에서 견인 전동기의 회전마찰 계수(B)를 산출해 내는 회전마찰 계수부와;

상기 제 1 적분기에서 출력되는 견인 전동기의 회전속도[rad/sec]를 분당 회전수[rpm]로 환산해 주는 분당 회전수 환산부;로 구성한 것을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

청구항 6.

청구항 4에 있어서,

상기 가상 열차부는, 견인 전동기부로부터 견인 전동기의 회전속도(ω_{rpm_m})를 입력받아 1분당 회전수[rpm]를 초당 이동거리[m/s]로 환산하여 전동기의 선속도(v_m)를 산출하는 선속도 산출부와;

상기 견인 전동기의 선속도(v_m)와 제 2 적분기에서 입력되는 차량의 속도(v_{tr}) 차를 이용하여 슬립(공전 또는 활주) 속도(v_{sl})를 계산하는 제 2 합산기와;

상기 슬립속도(v_{sl})에 대한 선로의 다양한 운행 조건에 따른 점착계수(μ)들을 산출하는 점착계수 산출부와;

상기 점착계수(μ)에 차량의 무게(Mg)를 곱하여 점착력(F_{AE})으로 환산하는 곱셈기와;

상기 점착력(F_{AE})과 구배상수 설정부에서 출력되는 구배상수($Mg\cdot\sin\theta$) 및 주행 저항력 산출부에서 출력되는 차량의 주행 저항력(R_t) 차를 환산하여 차량의 동력학을 산출해 내는 제 3 합산기와;

상기 제 3 합산기에서 출력되는 차량의 동력학 산술 값을 전동기 한 개가 감당하는 차량 질량(M)으로 나누어 차량 질량의 역수($1/M$)를 산출해 내는 차량질량 역산부와;

상기 차량질량 역산부의 출력신호를 적분하여 차량의 가속도를 차량의 속도(v_{tr})로 산출해 내는 제 2 적분기와;

차량 바퀴의 점착력(F_{AE})을 구동 토크(T_{AE})로 산출하여 견인 전동기부로 출력하는 점착토크 지령 산출부와;

상기 제 2 적분기에서 출력되는 차량의 초당속도[m/s]를 시간당 속도[km/h]로 산출해 내는 속도 환산부와;

상기 속도 환산부에서 출력되는 시간당 속도[km/h]를 이용하여 주행 저항력(R_r) 을 산출해 내는 주행 저항력 산출부와;

상기 제 2 적분기에서 출력되는 차량의 초당 이동거리[m/s]를 1분당 회전수[rpm]로 환산(ϖ_{rpm-u})해 내는 회전속도 환산부;로 구성한 것을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

청구항 7.

청구항 6에 있어서,

상기 점착계수 산출부는, 제 2 합산기를 통해 입력되는 차량의 선로운행 조건에 따르는 점착상태를 변환해 주는 스위치와;

상기 스위치를 통해 입력되는 슬립속도(v_{sl})에 대한 선로의 다양한 운행조건(건조상태 ; μ_1, 젖은상태 ; μ_2, 결빙상태 ; μ_n)에 따른 점착계수(μ)를 각각 산출해 내는 수개의 운행 조건별 점착계수 산출부;로 구성한 것을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

청구항 8.

청구항 7에 있어서,

상기 스위치는 모의 시험조건에서 수동 또는 시간 테이블에 의해 순차 전환되는 것을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

청구항 9.

청구항 6에 있어서,

상기 선속도 산출부는 $\frac{2\pi r_{wh}}{60 \cdot G}$ 의 공식을 이용하여 전동기의 선속도(v_m)를 산출하는 것임을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

(여기서, r_{wh} : 바퀴의 반경 [m], G : 변속기어비이다.)

청구항 10.

청구항 6에 있어서,

상기 회전속도 환산부는 $\frac{60 \cdot G}{2\pi r_{wh}}$ 의 공식을 이용하여 차량의 초당 이동거리[m/s]를 1분당 회전수[rpm]로 환산(ϖ_{rpm-u})하는 것임을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

(여기서, r_{wh} : 바퀴의 반경 [m], G : 변속기어비이다.)

청구항 11.

청구항 6에 있어서,

상기 제 3 합산기에서 차량의 동력학을 산출하는 방정식은,

$$M\frac{dv_{tr}}{dt} = F_{AE} - R_t(v_{tr}) - Mg\cdot\sin\theta$$

로 이루어지고,

상기 점착력 제어기에서 수행하는 견인 전동기의 토크 방정식은,

$$T_m = J_{eq}\frac{d\omega_M}{dt} + F_{AE}\cdot\frac{r_{wh}}{G} + B\omega_M$$

으로 이루어진 것을 특징으로 하는 가상 공전활주 모의장치.

(여기서, M: 전동기 한 개가 감당하는 차량 질량 [kg],

g : 중력가속도 [$kg\cdot m/\sec^2$], W : 차량의 무게 Mg

F_{AE} : 바퀴와 레일사이의 점착력 [N]

v_{tr} : 차량속도 [$m/\sec$], v_m : 전동기 선속도 [$m/\sec$],

R_t : 공기저항 등에 의한 주행 저항력 [N]

θ : 레일의 경사도, T_m : 전동기 토크 [$N\cdot m$],

ω_M : 전동기 기계적인 회전각속도 [$rad/\sec$],

J_{eq} : 축으로 환산한 등가관성 [$kg\cdot m^2$],

B : 회전 마찰계수 [$kg\cdot m/\sec$],

$\frac{d}{dt}$: 시간에 따른 변화율,

r_{wh} : 바퀴의 반경 [m],

G : 변속기어비 이다.)

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 가상 공전활주 모의장치에 관한 것으로 더욱 상세하게는 점착력을 모의하기 위한 물리적인 마찰력을 사용하지 않아 마찰에 의한 기기의 마모, 소음을 피할 수 있고, 휠을 사용하지 않아 속도 증가에 따른 관성력의 증가로 발생할 수 있는 기기의 위험성을 감소시킬 수 있으며, 또한 전체시험을 컴퓨터상에서 프로그램으로 제어하기 때문에 임의의 레일조건(레일의 습도상태, 결빙상태, 건조상태, 기름의 점착, 기타 이물질의 점착)등 어떠한 점착특성도 모의가 가능하고, 또 점착조건을 프로그램으로 처리함으로 서로간의 다양한 점착특성간의 순시적인 변환이 가능하며, 열차의 운행 조건을 고려하기 위한 주행저항, 열차 중량의 변동, 구배조건 등을 고려한 시험이 가능하고, 일반 자동차나 전기 자동차, 열차 등 점착력에 의해 구동되는 모든 경우에 시험 및 적용이 가능함은 물론 병렬로 구동되는 경우도 프로그램으로 적용 가능하도록 발명한 것이다.

일반적으로 바퀴식 구동장치를 이용하여 추진하는 차량(자동차, 철도 등)은 추진 및 제동시 필연적으로 공전 및 활주 현상이 발생한다.

이런 현상은 마찰면(바퀴와 노면) 사이의 최대 점착력 이상의 구동력이 가해지면 과도한 공전이 발생하고, 최대 점착력 이하의 제동력에서는 과도한 활주현상이 발생한다.

이러한 과도한 공전이나 활주현상은 구동 시스템의 제어특성을 불안정하게 만들고, 접촉부위의 비정상적인 마모를 형성한다.

또한 이런 현상은 자동차에서는 자동차의 전복이나 회전을 일으켜 차량사고의 집적적인 원인을 제공하며, 시스템의 안전성 및 경제성에 큰 영향을 끼친다.

철도 차량에서는 레일과 바퀴의 과도한 손상으로 유지보수 비용을 증가시킬 뿐만 아니라 각각의 시스템이 보유하고 있는 최대의 성능을 발휘하지 못하게 된다.

이러한 물리적인 특성을 분석하고 불리한 특성을 극복하기 위한 연구를 위해 공전 및 활주특성을 모의할 수 있는 장치가 개발되어 활용되고 있다.

기존의 모의장치들은 노면과 타이어 또는 레일과 열차바퀴의 점착특성을 모의하기 위한 원형 회전체와 바퀴를 모의하는 회전 바퀴로 구성하여 서로의 마찰 회전을 통하여 점착특성을 모의하고 시험하고 있다.

즉, 종래의 공전활주 모의장치들은 도 1에 도시한 바와 같이 레일과 휠의 물리적인 점착특성을 만들어 주기 위해 휠 간의 마찰력을 이용하는데, 열차바퀴를 모의한 휠(13)과 레일을 모의한 휠(14)을 각각 제작하여 각각 구동전원 공급부(15)(16)에 의해 그 구동이 제어되는 견인 전동기(11) 및 부하 전동기(12)의 축에 설치하고, 이들을 서로 접촉시켜 점착력을 만들어 주게 된다.

이러한 기계적 접촉방식을 이용하는 공전활주 모의장치에서는 차량의 무게 변동이나 레일 또는 노면의 다양한 환경 및 상태조건(레일의 습도상태, 결빙상태, 건조상태, 기름의 점착, 기타 이물질의 점착)의 점착특성을 모의 또는 실제 운행 조건을 고려하거나, 순시적으로 점착특성을 변환시켜 시험하는 것이 불가능하다.

또한, 종래의 기계식 마찰형 공전활주 모의장치에서는 젖은 노면 상태를 모의하기 위해 두 휠(13)(14)의 접촉 부위에 물을 살포하는 형식을 취하게 되는데, 이런 형식으로는 실제의 습도분포현상을 유사하게 모의할 수 없을 뿐 아니라, 서로의 점착특성을 순시적으로 변환시키는 것이 불가능하다.

또, 겨울에 발생할 수 있는 결빙상태 등은 겨울에 시험을 수행하지 않으면 모의가 불가능하다.

그리고, 모의장치가 물리적인 접촉을 통하여 점착력을 모의하기 때문에 휠 간의 마모, 소음이 발생하며, 회전속도가 높아질수록 휠의 관성력이 커져 기기의 위험성이 높아지고 유지관리 비용이 증가하게 되는 문제점도 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이와 같은 종래의 제반 문제점을 해결하기 위하여 안출한 것으로 기존의 방식과 달리 물리적인 접촉을 이용하지 않고 컴퓨터 등으로 구성되는 점착력 제어기와 가상 열차 모의 제어기를 상호 연결하고 실제 전동기와 차량을 전동기 토크 관계식과 차량운동 방정식에 의해 가상으로 구현하되, 차량 운행상태를 프로그램적으로 조합하여 점착력 제어기와 가상

차량의 점착력 및 구동특성을 모의하는 방식을 통해 첫째 마찰에 의한 기기의 마모, 소음을 피할 수 있고, 둘째 휠을 사용하지 않아 속도 증가에 따른 관성력의 증가로 발생할 수 있는 기기의 위험성을 감소시킬 수 있으며, 셋째 점착특성을 프로그램으로 제어하기 때문에 임의의 레일조건 등 어떠한 점착특성도 모의가 가능하고, 넷째 점착조건을 프로그램으로 처리함으로 서로간의 다양한 점착특성간의 순시적인 변환이 가능하며, 다섯째 열차의 운행 조건을 고려하기 위한 주행저항, 열차 중량의 변동, 구배조건 등을 고려한 시험이 가능하고, 여섯째 일반 자동차나 전기 자동차, 열차 등 점착력에 의해 구동되는 모든 경우에 시험 및 적용이 가능함은 물론 병렬로 구동되는 다중 전동기에도 적용시킬 수 있는 가상 공전활주 모의장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 가상 공전활주 모의장치는, 차량의 추진에 필요한 견인력을 발생시키는데 필요한 토크량을 디지털 아날로그 변환기를 통하여 전압 또는 전류신호로 출력하거나 그 량을 디지털 값으로 변환하여 통신케이블로 전송하는 점착력 제어기와; 상기 점착력 제어기로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값을 가상의 차량 모의장치에 적용시켜 운전조건에서 선정된 구배, 주행저항, 점착특성에 따른 전동기의 회전속도와 차량의 속도를 계산하여 그 값을 다시 디지털 아날로그 변환기를 통해 전압 또는 전류신호로 변환시켜 상기 점착력 제어기로 전달하는 가상열차 모의 제어기;로 구성한 것을 특징으로 한다.

이때, 상기 가상열차 모의 제어기는 점착력 제어기로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)에 의거하여 모의 구동되며 회전속도(ω_{rpm-m})를 산출하여 상기 점착력 제어기와 가상 열차부로 전달하는 견인 전동기부와; 상기 견인 전동기부에서 출력되는 가상 차량의 견인 전동기 회전수(ω_{rpm-m})를 입력받아 가상 열차의 속도(ϖ_{rpm-u})를 산출하여 점착력 제어기로 출력시켜 줌과 동시에 바퀴와 레일사이의 점착력(T_{AE})을 산출하여 견인 전동기부로 출력시켜 주는 가상 열차부;로 구성한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 견인 전동기부는 점착력 제어기로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)에서 상기 가상 열차부에서 출력되는 바퀴와 레일사이의 점착력(T_{AE})과 회전마찰 계수부에서 출력되는 견인 전동기의 회전마찰 계수(B)를 빼내어 전동기의 관성계수(J_{eq})를 산출하는 제 1 합산기와; 상기 관성계수(J_{eq})를 역산($1/J_{eq}$)하는 관성계수 역수부와; 상기 관성계수의 역수($1/J_{eq}$)를 적분하여 견인 전동기의 기계적인 회전 각속도(ω_M)를 산출하는 제 1 적분기와; 상기 회전 각속도(ω_M)에서 견인 전동기의 회전마찰 계수(B)를 산출해 내는 회전마찰 계수부와; 상기 제 1 적분기에서 출력되는 견인 전동기의 회전속도[rad/sec]를 분당 회전수[rpm]로 환산해 주는 분당 회전수 환산부;로 구성한 것을 특징으로 한다.

또, 상기 가상 열차부는 견인 전동기부로부터 견인 전동기의 속도를 입력받아 분당 회전수[rpm]를 초당 이동거리[m/s]로 환산하여 전동기의 선속도를 산출하는 선속도 산출부와; 상기 선속도와 제 2 적분기에서 입력되는 차량의 속도 차를 이용하여 슬립(공전 또는 활주) 속도를 계산하는 제 2 합산기와; 상기 제 2 합산기에서 출력되는 슬립속도에 대한 선로의 다양한 운행 조건에 따른 점착계수들을 산출하는 점착계수 산출부와; 상기 점착계수 산출부에서 출력되는 점착계수에 차량의 무게를 곱하여 점착력으로 환산하는 곱셈기와; 상기 곱셈기에서 출력되는 점착력과 구배상수 설정부에서 출력되는 구배상수 및 주행 저항력 산출부에서 출력되는 차량의 주행 저항력 차를 환산하여 차량의 동력학을 산출해 내는 제 3 합산기와; 상기 제 3 합산기에서 출력되는 차량의 동력학 산술 값을 전동기 한 개가 감당하는 차량 질량으로 나누어 차량 질량의 역수를 산출해 내는 차량질량 역산부와; 상기 차량질량 역산부의 출력신호를 적분하여 차량의 가속도를 차량의 속도로 산출해 내는 제 2 적분기와; 상기 곱셈기에서 출력되는 차량 바퀴의 점착력을 구동 토크로 산출하여 견인 전동기부로 출력하는 점착토크 지령 산출부와; 상기 제 2 적분기에서 출력되는 차량의 초당속도[m/s]를 시간당 속도[km/h]로 산출해 내는 속도 환산부와; 상기 속도 환산부에서 출력되는 시간당 속도를 이용하여 공기저항 등에 의한 주행 저항력을 산출해 내는 주행 저항력 산출부와; 상기 제 2 적분기에서 출력되는 차량의 초당 이동거리[m/s]를 1분당 회전수[rpm]로 환산해 내는 회전속도 환산부;로 구성한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 점착계수 산출부는 모의 시험조건에서 수동 또는 시간 테이블에 의해 순차 전환되어 차량의 선로운행 조건에 따르는 점착상태를 변환해 주는 스위치와; 상기 스위치를 통해 입력되는 슬립속도(v_{sl})에 대한 선로의 다양한 운행조건(건조상태 μ_1, 젖은상태 μ_2, 결빙상태 μ_n 등)에 따른 점착계수를 산출해 내는 수개의 운행 조건별 점착계수 산출부;로 구성한 것을 특징으로 한다.

발명의 구성

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 2는 본 발명 장치의 블록 구성도를 나타낸 것이고, 도 3은 본 발명 장치 중 가상열차 모의 제어기의 상세 블록 구성도를 나타낸 것이며, 도 4는 도 3 중 점착계수 산출부의 상세 블록 구성도를 나타낸 것이다.

이에 따르면 본 발명의 가상 공전활주 모의장치는, 차량의 추진에 필요한 견인력을 발생시키는데 필요한 토크량(T_m)을 산출하여 통신케이블을 통해 가상열차 모의 제어기(2)로 전송하는 점착력 제어기(1)와;

상기 점착력 제어기(1)로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)을 가상의 차량 모의장치에 적용시켜 운전조건에서 선정된 구배, 주행저항, 점착특성에 따른 견인 전동기의 회전속도(ω_{rpm-m})와 가상 열차의 속도(ϖ_{rpm-u})를 계산하여 통신 케이블을 통해 상기 점착력 제어기(1)로 전달하는 가상열차 모의 제어기(2);로 구성한 것을 특징으로 한다.

이때, 상기 점착력 제어기(1)에서 출력되어 가상열차 모의 제어기(2)로 전달되는 토크량(T_m)이나, 상기 가상열차 모의 제어기(2)에서 계산되어 점착력 제어기(1)로 전달되는 견인 전동기의 회전속도(ω_{rpm-m}) 및 가상 열차의 속도(ϖ_{rpm-u})는 디지털 아날로그 변환기를 통하여 전압 또는 전류신호로 출력하거나 디지털 값으로 변환되어 통신케이블을 통해 전달되는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 가상열차 모의 제어기(2)는 점착력 제어기(1)로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)에 의거하여 모의 구동되며 회전속도(ω_{rpm-m})를 산출하여 상기 점착력 제어기(1)와 가상 열차부(4)로 전달하는 견인 전동기부(3)와;

상기 견인 전동기부(3)에서 출력되는 가상 차량의 견인 전동기 회전수(ω_{rpm-m})를 입력받아 가상 열차의 속도(ϖ_{rpm-u})를 산출하여 점착력 제어기(1)로 출력시켜 줌과 동시에 바퀴와 레일사이의 점착력(T_{AE})을 산출하여 견인 전동기부(3)로 출력시켜 주는 가상 열차부(4);로 구성한 것을 특징으로 한다.

또, 상기 견인 전동기부(3)는 점착력 제어기(1)로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)에서 상기 가상 열차부(4)로부터 출력되는 바퀴와 레일사이의 점착력(T_{AE})과 회전마찰 계수부(34)에서 출력되는 견인 전동기의 회전마찰 계수(B)를 빼내어 전동기의 관성계수(J_{eq})를 산출하는 제 1 합산기(31)와;

상기 관성계수(J_{eq})를 역산($1/J_{eq}$)하는 관성계수 역수부(32)와;

상기 관성계수의 역수($1/J_{eq}$)를 적분하여 견인 전동기의 기계적인 회전 각속도(ω_M)를 산출하는 제 1 적분기(33)와;

상기 회전 각속도(ω_M)에서 견인 전동기의 회전마찰 계수(B)를 산출해 내는 회전마찰 계수부(34)와;

상기 제 1 적분기(33)에서 출력되는 견인 전동기의 회전속도[rad/sec]를 분당 회전수[rpm]로 환산해 주는 분당 회전수 환산부(35);로 구성한 것을 특징으로 한다.

뿐만 아니라, 상기 가상 열차부(4)는 견인 전동기부(3)로부터 견인 전동기의 회전속도(ω_{rpm-m})를 입력받아 1분당 회전수[rpm]를 초당 이동거리[m/s]로 환산하여 전동기의 선속도(v_m)를 산출하는 선속도 산출부(41)와;

상기 선속도 산출부(41)에서 출력되는 견인 전동기의 선속도(v_m)와 제 2 적분기(47)에서 입력되는 차량의 속도(v_{tr}) 차를 이용하여 슬립(공전 또는 활주) 속도(v_{sl})를 계산하는 제 2 합산기(42)와;

상기 제 2 합산기(42)에서 출력되는 슬립속도(v_{si})에 대한 선로의 다양한 운행 조건에 따른 점착계수(μ)들을 산출하는 점착계수 산출부(43)와;

상기 점착계수 산출부(43)에서 출력되는 점착계수(μ)에 차량의 무게(Mg)를 곱하여 점착력(F_{AE})으로 환산하는 곱셈기(44)와;

상기 곱셈기(44)에서 출력되는 점착력(F_{AE})과 구배상수 설정부(52)에서 출력되는 구배상수($Mg\cdot\sin\theta$) 및 주행 저항력 산출부(50)에서 출력되는 차량의 주행 저항력(R_t) 차를 환산하여 차량의 동력학을 산출해 내는 제 3 합산기(45)와;

상기 제 3 합산기(45)에서 출력되는 차량의 동력학 산술 값을 전동기 한 개가 감당하는 차량 질량(M)으로 나누어 차량 질량의 역수($1/M$)를 산출해 내는 차량질량 역산부(46)와;

상기 차량질량 역산부(46)의 출력신호를 적분하여 차량의 가속도를 차량의 속도(v_{tr})로 산출해 내는 제 2 적분기(47)와;

상기 곱셈기(44)에서 출력되는 차량 바퀴의 점착력(F_{AE})을 구동 토크(T_{AE})로 산출하여 견인 전동기부(3)로 출력하는 점착토크 지령 산출부(48)와;

상기 제 2 적분기(47)에서 출력되는 차량의 초당속도[m/s]를 시간당 속도[km/h]로 산출해 내는 속도 환산부(49)와;

상기 속도 환산부(49)에서 출력되는 시간당 속도[km/h]를 이용하여 공기저항 등에 의한 주행 저항력(R_t) 을 산출해 내는 주행 저항력 산출부(50)와;

상기 제 2 적분기(47)에서 출력되는 차량의 초당 이동거리[m/s]를 1분당 회전수[rpm]로 환산(ϖ_{rpm-u})해 내는 회전속도 환산부(51);로 구성한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 점착계수 산출부(43)는 모의 시험조건에서 수동 또는 시간 테이블에 의해 순차 전환되며 제 2 합산기(42)를 통해 입력되는 차량의 선로운행 조건에 따르는 점착상태를 변환해 주는 스위치(431)와;

상기 스위치(431)를 통해 입력되는 슬립속도(v_{si})에 대한 선로의 다양한 운행조건(건조상태 ;μ_1, 젖은상태 ;μ_2, 결빙상태 ;μ_n)에 따른 점착계수(μ)를 산출해 내는 수개의 운행 조건별 점착계수 산출부(432_1)-(432n);로 구성한 것을 특징으로 한다.

상기에 있어서 선속도 산출부(41)에서는 $\frac{2\pi r_{wh}}{60\cdot G}$ 의 공식에 의해 전동기의 선속도(v_m)를 산출하고, 상기 회전속도 환산부(51)에서는 $\frac{60\cdot G}{2\pi r_{wh}}$ 의 공식에 의해 차량의 초당 이동거리[m/s]를 1분당 회전수[rpm]로 환산(ϖ_{rpm-u})해 내는 것을 특징으로 한다.

여기서, 상기 r_{wh} : 바퀴의 반경 [m], G : 변속기어비이다.

이와 같이 구성된 본 발명 장치의 작용효과를 설명하면 다음과 같다.

먼저, 본 발명의 가상 공전활주 모의장치는 도 2에 나타낸 바와 같이 크게, 점착력 제어기(1)와 가상열차 모의 제어기(2)로 구성하되, 상기 가상열차 모의 제어기(2)는 견인 전동기부(3)와 가상 열차부(4)로 구성한 것이다.

이때, 상기 점착력 제어기(1)와 가상열차 모의 제어기(2)는 아날로그 디지털 변환기를 통하여 전압 또는 전류신호를 전송하거나 통신 케이블을 통해 상호 연결된 구성을 갖게 되는데, 필요에 따라서는 상기 점착력 제어기(1)와 가상열차 모의 제어기(2)를 각각 컴퓨터로 구성하여 두 대의 컴퓨터 간 또는 1대 대 다수 컴퓨터를 포함하여 필요에 따라서는 다양한 연결이 가능하다.

한편, 상기 점착력 제어기(1)는 차량의 추진에 필요한 견인력을 발생시키는데 필요한 토크량(T_m)을 산출하여 도시 생략된 디지털 아날로그 변환기를 통해 전압 또는 전류신호로 출력하거나 디지털 값으로 변환시켜 통신케이블을 통해 가상열차 모의 제어기(2)로 전달하게 된다.

또한, 상기 가상열차 모의 제어기(2)는 상기 점착력 제어기(1)로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)을 입력받아 자체 내 가상 차량 모의장치에 적용시켜 운전조건에서 선정된 구배, 주행저항, 점착특성에 따른 견인 전동기의 회전속도(ω_{rpm-m})와 가상 열차의 속도(ϖ_{rpm-u})를 계산한 후 상기 점착력 제어기(1)와 마찬가지로 도시 생략된 디지털 아날로그 변환기를 통해 전압 또는 전류신호로 출력하거나 디지털 값으로 변환시켜 통신 케이블을 통해 상기 점착력 제어기(1)로 전달하게 된다.

이때, 상기 가상열차 모의 제어기(2)는 열차의 운행특성 및 환경조건을 고려하여 노면(레일)과 바퀴(열차의 휠) 사이의 점착력을 모의하는 부분으로 차량의 부하역활을 수행하는데, 이 부하는 견인 전동기의 토크가 된다.

이 토크의 생성은 전술한 바와 같이 가상열차 모의 제어기(2)에서 발생하며, 실제의 전동기와 차량 및 점착관계가 컴퓨터 등으로 구성되는 상기한 가상열차 모의 제어기(2)상에서 차량과 전동기의 수식적인 운동방정식에 근거한다.

각각은 수식적인 운동방정식에 의해 프로그램이 구성되며 이들의 수식적인 관계는 다음과 같다.

이들의 수식관계는 차량 운동상태에 따라 변경 및 생략 가능할 수 있다.

$$M\frac{dv_{tr}}{dt} = F_{AE} - R_t(v_{tr}) - Mg\cdot\sin\theta \quad \text{--------- (1)}$$

견인 전동기의 토크 방정식은 다음과 같다.

$$T_m = J_{eq}\frac{d\omega_M}{dt} + F_{AE}\cdot\frac{r_{\oslash h}}{G} + B\omega_M \quad \text{--------- (2)}$$

여기서, M :전동기 한개가 감당하는 차량 질량 [kg],

g : 중력가속도 [$kg\cdot m/\sec^2$], W : 차량의 무게 Mg

F_{AE} : 바퀴와 레일사이의 점착력 [N]

v_{tr} : 차량속도 [$m/\sec$], v_m : 전동기 선속도 [$m/\sec$],

R_t : 공기저항 등에 의한 주행 저항력 [N]

θ : 레일의 경사도, T_m : 전동기 토크 [$N\cdot m$],

ω_M : 전동기 기계적인 회전각속도 [$rad/\sec$],

J_{eq} : 축으로 환산한 등가관성 [$kg\,m^2$],

B : 회전 마찰계수 [$kg{\cdot}m/\sec$],

$\frac{d}{dt}$: 시간에 따른 변화율,

r_{wh} : 바퀴의 반경 [m],

G : 변속기어비 이다.

또한, 바퀴와 레일사이의 점착력은 점착계수와 무게의 곱에 비례한다.

$$F_{AE} \cong \mu(v_{sl}) \cdot Mg$$

여기서, μ : 점착계수로,

슬립속도 v_{sl}의 함수로 전동기의 선속도와 차량의 속도차

$$v_{sl} = v_m - v_{tr}$$

주행 저항력은 차량속도와 밀접한 관련을 갖게 되는데, 일반적으로 다음과 은 관계가 있으며, 운행 노선에 따라 계수나 함수의 변경은 가능할 수 있다.

$$R_t(v_{tr}) = 1.867 + 0.0359 \cdot v_{tr} + 0.000745 \cdot v_{tr}^2$$

여기서 차량속도 v_{tr}는 [㎞/h] 단위를 취한다.

한편, 상기 가상열차 모의 제어기(2)는 도 3과 같이 견인 전동기부(3)와 가상 열차부(4)로 구성되는데, 상기 견인 전동기부(3)는 점착력 제어기(1)로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)에 의거하여 모의 구동되며 회전속도(ω_{rpm-m})를 산출하여 상기 점착력 제어기(1)와 가상 열차부(4)로 전달하고, 상기 가상 열차부(4)는 견인 전동기부(3)에서 출력되는 가상 차량의 견인 전동기 회전수(ω_{rpm-m})를 입력받아 가상 열차의 속도(ϖ_{rpm-u})를 산출하여 점착력 제어기(1)로 출력시켜 줌과 동시에 바퀴와 레일사이의 점착력(T_{AE})을 산출하여 견인 전동기부(3)로 출력시켜 주게 된다.

이때, 상기 견인 전동기부(3) 내의 제 1 합산기(31)는 점착력 제어기(1)로부터 출력되는 견인 전동기 토크 값(T_m)에서 상기 가상 열차부(4)로부터 출력되는 바퀴와 레일사이의 점착력(T_{AE})과 후술하는 회전마찰 계수부(34)로부터 출력되는 견인 전동기의 회전마찰 계수(B)를 빼내어 견인 전동기에 대한 관성계수(J_{eq})를 산출하여 관성계수 역수부(32)로 전달하게 된다.

따라서, 상기 관성계수 역수부(32)에서는 제 1 합산기(31)에서 출력되는 관성계수(J_{eq})를 역산($1/J_{eq}$)하여 제 1 적분기(33)로 전달하게 되고, 상기 제 1 적분기(33)는 관성계수 역수부(32)에서 출력되는 관성계수의 역수($1/J_{eq}$)를 적분하여 견인 전동기의 기계적인 회전 각속도(ω_M)를 산출하게 된다.

또한, 회전마찰 계수부(34)에서는 상기 제 1 적분기(33)에서 출력되는 견인 전동기의 회전 각속도(ω_M)에서 회전마찰 계수(B)를 산출한 후 상기 제 1 합산기(31)로 전달하게 된다.

또, 분당 회전수 환산부(35)에서는 상기 제 1 적분기(33)에서 출력되는 견인 전동기의 회전속도[rad/sec]를 60/2π의 공식을 이용하여 분당 회전수[rpm]로 환산한 후 상기 점착력 제어기(1) 및 가상 열차부(4)에 전동기의 회전속도(ω_{rpm-m})로 전달하게 된다.

한편, 상기 가상 열차부(4) 내의 선속도 산출부(41)에서는 상기 견인 전동기부(3) 내의 분당 회전수 환산부(35)에서 출력되는 전동기의 회전속도(ω_{rpm-m})를 입력받아 $\frac{2\pi r_{wh}}{60 \cdot G}$ 의 공식을 이용하여 1분당 회전수[rpm]를 초당 이동거리[m/s]로 환산하여 전동기의 선속도(v_m [m/s])를 산출하게 된다.

이와 같이 상기 선속도 산출부(41)에서 전동기의 선속도(v_m)를 산출하게 되면 제 2 합산기(42)에서는 상기 전동기의 선속도(v_m)와 제 2 적분기(47)에서 입력되는 차량의 속도(v_{tr}) 차를 이용하여 슬립(공전 또는 활주) 속도(v_{sl})를 계산하게 된다.

또한, 상기 제 2 합산기(42)에서 출력되는 슬립속도(v_{sl}[m/s])를 입력받는 점착계수 산출부(43)에서는 슬립속도(v_{sl})에 대한 선로의 다양한 운행 조건에 따른 점착계수(μ)들을 산출($\mu(v_{sl})$)하게 된다.

이때, 상기 점착계수 산출부(43)는 도 4와 같이 모의 시험조건에서 수동 또는 시간 테이블에 의해 순차 전환되는 스위치(431)와 수개의 운행 조건별 점착계수 산출부(432_1)-(432n)로 구성되어 있다.

따라서, 상기 스위치(431)에서는 모의 시험조건에서 수동 또는 시간 테이블에 의해 순차 전환되며 제 2 합산기(42)를 통해 입력되는 슬립속도(v_{sl})를 수개의 운행 조건별 점착계수 산출부(432_1)-(432n)로 전달하게 된다.

그러므로 상기 수개의 운행 조건별 점착계수 산출부(432_1)-(432n)에서는 상기 스위치(431)를 통해 입력되는 슬립속도(v_{sl})에 대한 선로의 다양한 운행조건(건조상태 ; μ_1, 젖은 상태 ; μ_2, 결빙상태 ; μ_n)에 따른 각각의 점착계수(μ)를 순차적으로 산출해 낼 수 있게 되는 것이다.

여기서 $\mu = c \cdot \exp(-a \cdot V_{sl}) - d \cdot \exp(-b \cdot V_{sl})$로 a, b, c, d 는 상수로 노면 조건에 따른 상수 값을 변경할 수 있다.(예, 건조상태에서 a=0.54, b=1.2, c=1, d=1)

이 식은 점착계수 함수의 한 예로 여러 다른 형태로 구현이 가능하다.

이때, 상기 슬립속도(v_{sl})의 함수로는 전술한 바와 같이 건조상태, 습도상태 및 결빙상태를 포함하여 기름의 점착, 기타 이물질의 노면 상태 등 기존에 함수를 이용하여 다양하게 구성할 수 있고, 상태 조건의 변경은 이들 함수를 선택적으로 임의 시간에 프로그램을 변경하여 적용할 수 있다.

한편, 상기 점착계수 산출부(43)에서 산출된 점착계수(μ)는 곱셈기(44)로 전달되어 차량의 무게(Mg)와 곱해지는 방식을 통해 점착력(F_{AE})으로 환산되는데, 이때 상기 차량의 무게(Mg)의 무게는 점착계수를 점착력으로 계산하는데 필요한 상수로써 차량의 중량(즉, 질량과 중력 가속도의 곱)을 나타낸다.

이와 같이 곱셈기(44)에 의해 환산된 점착력(F_{AE})은 제 3 합산기(45)와 점착토크 지령 산출부(48)로 전달되어진다.

따라서, 상기 제 3 합산기(45)에서는 상기 곱셈기(44)에서 출력되는 점착력(F_{AE})과 구배상수 설정부(52)에서 차량의 운행 조건에 따라 주어지는 차량의 운행 구배상태 표현 함수는 구배상수($Mg\cdot\sin\theta$) 및 주행 저항력 산출부(50)에서 출력되는 차량의 주행 저항력(R_s)의 차를 환산하여 차량의 동력학을 산출하게 된다.

또한, 상기 점착토크 지령 산출부(48)에서는 상기 곱셈기(44)에서 출력되는 차량 바퀴의 점착력(F_{AE})을 입력받아 바퀴의 반경(r_{wh})을 변속기어비(G)로 나누는 방식을 통해 구동 토크 즉, 점착력 모의 토크(T_{AE})를 산출하여 견인 전동기부(3)의 제 1 합산기(31)로 출력시켜 주게 된다.

한편, 상기 제 3 합산기(45)에서 출력되는 차량의 동력학 산술 값을 입력받은 차량질량 역산부(46)에서는 이 산술 값을 전동기 한 개가 감당하는 차량 질량(M)으로 나누어 차량 질량의 역수($1/M$)를 산출하여 제 2 적분기(47)로 전달하게 된다.

또, 상기 제 2 적분기(47)는 차량 질량의 역수를 적분하여 차량의 가속도를 차량의 속도(v_{tr}[m/s])로 환산한 다음 제 2 합산기(42)와 속도 환산부(49) 및 회전속도 환산부(51)로 전달하게 된다.

따라서, 상기 속도 환산부(49)에서는 제 2 적분기(47)에 의해 환산된 차량의 초당속도[m/s]를 시간당 속도[km/h]로 환산하여 주행 저항력 산출부(50)로 전달하게 되므로 상기 주행 저항력 산출부(50)에서는 속도 환산부(49)에서 출력되는 시간당 속도[km/h]를 이용하여 공기저항 등에 의한 차량의 주행 저항력(R_s)을 산출한 후 이를 제 3 합산기(45)로 전달 할 수 있게 된다.

또한, 상기 회전속도 환산부(51)에서는 상기 제 2 적분기(47)에서 출력되는 차량의 초당 이동거리[m/s]를 입력받아 $\frac{60\cdot G}{2\pi r_{wh}}$ 의 공식을 이용하여 1분당 회전수[rpm]로 가상 열차의 회전속도(ϖ_{rpm-u}) 환산해낸 후 상기 점착력 제어기(1)로 전달하게 된다.

전술한 실시 예들은 본 발명의 가장 바람직한 예에 대하여 설명한 것이지만, 상기 실시 예들에만 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변형이 가능하다는 것은 당업자에게 있어서 명백한 것이다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 가상 공전활주 모의장치에 의하면, 기존의 방식과 달리 물리적인 접촉을 이용하지 않고 가상의 열차와 가상 l 전동기를 프로그램으로 구성하여 차량 바퀴의 점착력 및 토크를 정해진 운동 방정식을 통해 각각 구함으로써 첫째 마찰에 의한 기기의 마모, 소음을 피할 수 있고, 둘째 휠을 사용하지 않아 속도 증가에 따른 관성력의 증가로 발생할 수 있는 기기의 위험성을 감소시킬 수 있으며, 셋째 점착특성을 프로그램으로 제어하기 때문에 임의의 레일 조건 등 어떠한 점착특성도 모의가 가능하고, 넷째 점착조건을 프로그램으로 처리함으로 서로간의 다양한 점착특성간의 순시적인 변환이 가능하며, 다섯째 열차의 운행 조건을 고려하기 위한 주행저항, 열차 중량의 변동, 구배조건 등을 고려한 시험이 가능하고, 여섯째 일반 자동차나 전기 자동차, 열차 등 점착력에 의해 구동되는 모든 경우에 시험 및 적용이 가능함은 물론 병렬로 구동되는 다중 전동기에도 적용시킬 수 있는 등 매우 유용한 발명인 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 기계적 마찰형 공전활주 모의장치의 구성도.

도 2는 본 발명 장치의 블록 구성도.

도 3은 본 발명 장치 중 가상열차 모의 제어기의 상세 블록 구성도.

도 4는 도 3 중 점착계수 산출부의 상세 블록 구성도.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

1 : 점착력 제어기 2 : 가상열차 모의 제어기

3 : 견인 전동기부 4 : 가상 열차부

31 : 제 1 합산기 32 : 관성계수 역수부

33 : 제 1 적분기 34 : 회전마찰 계수부

35 : 분당 회전수 환산부 41 : 선속도 산출부

42, 45 : 제 2 및 제 3 합산기 43 : 점착계수 산출부

44 : 곱셈기 46 : 차량질량 역산부

47 : 제 2 적분기 48 : 점착토크 지령 산출부

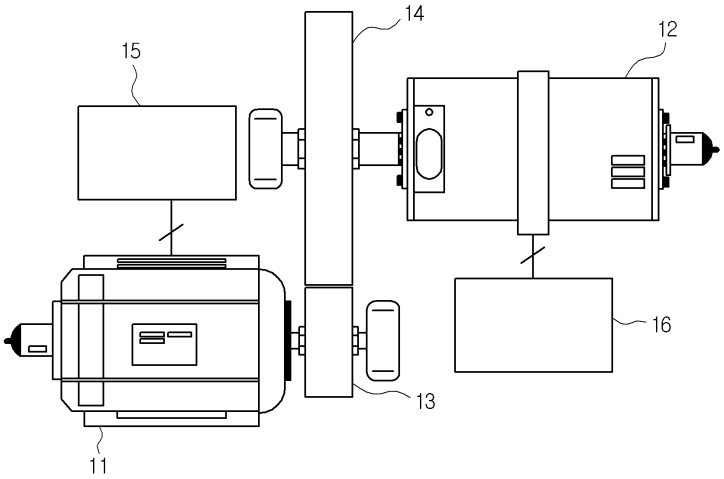
49 : 속도 환산부 50 : 주행 저항력 산출부

51 : 회전속도 환산부 52 : 구배상수 설정부

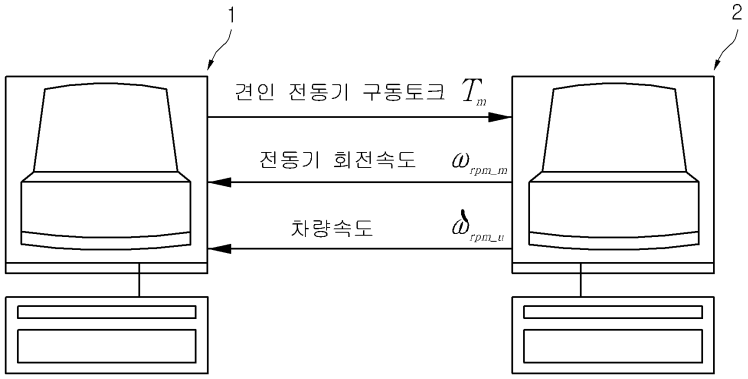
431 : 스위치 432_1-432n : 운행 조건별 점착계수 산출부

도면

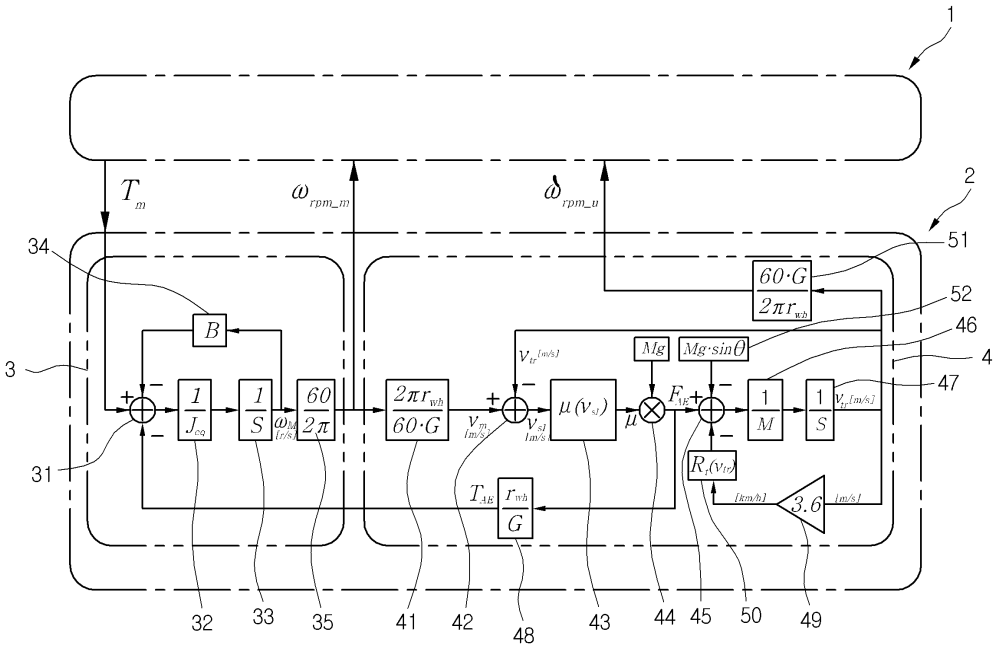
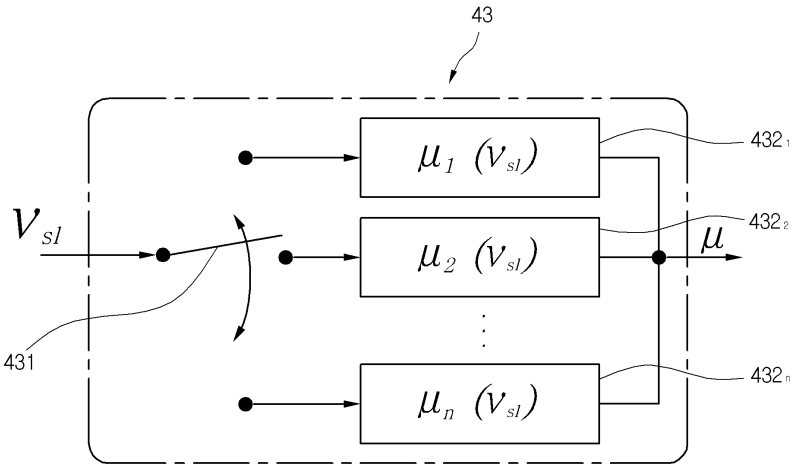
도면1



도면2


1
2
견인 전동기 구동토크 T_m
전동기 회전속도 ω_{rpm_m}
차량속도 ω_{rpm_u}

도면3


1
2
T_m
ω_{rpm_m}
ω_{rpm_u}
3
4
31
32
33
34
35
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
B
$\frac{1}{J_{eq}}$
$\frac{1}{S}$
$\frac{60}{2\pi}$
$\frac{2\pi r_{wh}}{60 \cdot G}$
$\mu(v_{sl})$
μ
Mg
$Mg \cdot \sin\theta$
F_{tE}
$\frac{1}{M}$
$\frac{1}{S}$
$R_r(v_{tr})$
3.6
T_{tE}
$\frac{r_{wh}}{G}$
$\frac{60 \cdot G}{2\pi r_{wh}}$

도면4