(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0064425
(43) 공개일자 2018년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60T 8/17 (2006.01) *B60T 8/1761* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B60T 8/1705 (2013.01)
B60T 8/17616 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7011400
(22) 출원일자(국제) 2016년09월27일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2018년04월23일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2016/072964
(87) 국제공개번호 WO 2017/060126
국제공개일자 2017년04월13일
(30) 우선권주장
10 2015 116 862.6 2015년10월05일 독일(DE)

(71) 출원인
크노르-브렘제 시스테메 퓌어 쉬에넨파제우게 게엠베하
독일 데-80809 뮌헨 무자커 슈트라쎄 80
(72) 발명자
라젤 토마스
독일 85635 회헨키르헨-지게르츠브룬 파크슈트라쎄 4
마이어 라인홀트
독일 85757 칼스펠트 하게부텐베그 3
(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 11 항

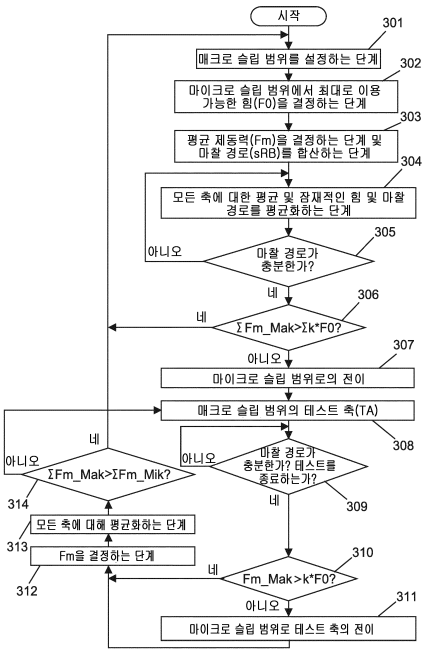
(54) 발명의 명칭 **적응성 안티 스키드 제어를 위한 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 레일 차량의 브레이크 시스템(56, 60)을 적응성 활성화하기 위한 장치(51) 및 방법에 관한 것으로서, 상기 브레이크 시스템(56, 60)은 미리 결정된 제1 및 제2 슬립 파라미터 범위에 따라 제어되고, 상기 제1 슬립 파라미터 범위는 보다 높은 허용 슬립 범위를 갖는 매크로 슬립 범위이고, 상기 제2 슬립 파라미터 범위는 보다

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



낮은 허용 슬립 범위를 갖는 마이크로 슬립 범위이고, 그리고 상기 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력 및 상기 브레이크 시스템(56, 60)의 현재 슬립 범위에서 구현되는 평균 제동력이 결정된다. 상기 매크로 슬립 범위에서 결정된 평균 제동력을 상기 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력과 비교하여 불충분한 슬립 효과를 나타내는 경우, 상기 매크로 슬립 범위로부터 상기 마이크로 슬립 범위로의 전이가 트리거링된다. 대안적으로, 상기 매크로 슬립 범위에서 결정된 평균 제동력을 상기 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력과 비교하여 충분한 슬립 효과를 나타내는 경우, 상기 마이크로 슬립 범위로부터 상기 매크로 슬립 범위로의 전이가 트리거링될 수 있다.

(52) CPC특허분류
B60Y 2200/30 (2013.01)
B60Y 2400/81 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

안티 스키드 제어 기능에 의해 레일 차량의 브레이크 시스템(56, 60)을 적응성 활성화하기 위한 장치(51)에 있어서,

상기 안티 스키드 제어 기능은, 상기 안티 스키드 제어 기능이 미리 결정된 제1 및 제2 슬립 파라미터 범위에 따라 상기 브레이크 시스템(56, 60)을 제어함으로써, 휠-레일-접촉 시 바람직하지 않은 점착 조건에서 상기 레일 차량의 휠(52)의 블로킹을 방지하고, 상기 제1 슬립 파라미터 범위는 보다 높은 허용 슬립 범위를 갖는 매크로 슬립 범위이고, 상기 제2 슬립 파라미터 범위는 보다 낮은 허용 슬립 범위를 갖는 마이크로 슬립 범위이고,

상기 장치(51)는

- 상기 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력을 결정하기 위한 최대 힘 결정 수단(302);

- 상기 브레이크 시스템(56, 60)의 현재 슬립 범위에서 구현되는 평균 제동력을 결정하기 위한 제동력 결정 수단(303, 304);

- 상기 매크로 슬립 범위에서 결정된 평균 제동력을 상기 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력과 비교하기 위한 비교 수단(306); 및

- 상기 매크로 슬립 범위 또는 상기 마이크로 슬립 범위를 설정하기 위한 슬립 범위 설정 수단(301, 307)

을 포함하고,

상기 장치는 상기 매크로 슬립 범위에서 불충분한 슬립 효과를 나타내는 상기 비교 수단(306)의 비교 결과에 응답하여 상기 매크로 슬립 범위로부터 상기 마이크로 슬립 범위로의 전이를 트리거링시키도록 상기 슬립 범위 설정 수단(301, 307)을 활성화시키거나 또는 상기 매크로 슬립 범위에서 충분한 슬립 효과를 나타내는 상기 비교 수단(314)의 비교 결과에 응답하여 상기 마이크로 슬립 범위로부터 상기 매크로 슬립 범위로의 전이를 트리거링시키도록 상기 슬립 범위 설정 수단을 활성화시키도록 구성되는 것인 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 장치(51)는 미리 결정된 마찰 경로에 도달하는 것에 응답하여 상기 비교 수단(306)에 의한 상기 비교를 트리거링시키도록 구성되는 것인 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 장치(51)는 상기 마찰 경로를 상기 휠(52)과 상기 레일 차량 사이의 시간과 속도 차이의 곱으로서 결정하도록 구성되는 것인 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 장치(51)는 상기 마이크로 슬립 범위로의 전이 시 상기 레일 차량의 적어도 하나의 축을 상기 매크로 슬립 범위의 테스트 단계에 대한 테스트 축으로서 남겨두도록 구성되는 것인 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 장치(51)는 미리 결정되어 도입된 마찰 경로 또는 최대 테스트 시간에 도달할 때 상기 테스트 축의 상기 테스트 단계를 종료시키도록 구성되는 것인 장치.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 장치(51)는, 상기 테스트 축의 평균 제동력이 상기 마이크로 슬립 범위에서 인자에 의해 평가된 최대로 이용 가능한 제동력보다 작은 경우, 상기 테스트 축의 상기 매크로 슬립 범위를 종

료시키기 위해 상기 슬립 범위 설정 수단(301, 307)을 활성화시키도록 구성되는 것인 장치.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 장치(51)는 상기 매크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력을 상기 마이크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력과 비교하기 위한 추가의 비교 수단(314)을 포함하고, 상기 장치는, 상기 매크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력이 상기 마이크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력을 초과하는 경우, 상기 브레이크 시스템의 모든 축을 상기 매크로 슬립 범위에서 작동시키도록, 또는 상기 마이크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력이 상기 매크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력을 초과하는 경우, 상기 브레이크 시스템의 모든 축을 상기 마이크로 슬립 범위에서 작동시키도록, 상기 슬립 범위 설정 수단(301, 307)을 트리거링시키는 것인 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 장치는 상기 축의 평균 제동력이 상기 각 축의 평균 제동력을 합산함으로써 결정되도록 구성되는 것인 장치.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 최대 힘 결정 수단(302)은 휠-레일-접촉이 스키드 단계로 완전히 전이될 때 상기 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력을 이를 위해 필요한 힘과 상관시킴으로써 결정하도록 구성되는 것인 장치.

청구항 10

휠-레일-접촉 시 바람직하지 않은 점착 조건에서 레일 차량의 휠(52)의 블로킹이 방지되는 방식으로 상기 레일 차량의 브레이크 시스템(56, 60)을 적응성 활성화하기 위한 방법에 있어서,

상기 브레이크 시스템(56, 60)은 미리 결정된 제1 및 제2 슬립 파라미터 범위에 따라 제어되고, 상기 제1 슬립 파라미터 범위는 보다 높은 허용 슬립 범위를 갖는 매크로 슬립 범위이고, 상기 제2 슬립 파라미터 범위는 보다 낮은 허용 슬립 범위를 갖는 마이크로 슬립 범위이고,

상기 방법은

- 상기 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력을 결정하는 단계(302);

- 상기 브레이크 시스템의 현재 슬립 범위에서 구현되는 평균 제동력을 결정하는 단계(303, 304);

- 상기 매크로 슬립 범위에서 결정된 평균 제동력을 상기 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력과 비교하는 단계(306); 및

- 상기 매크로 슬립 범위에서 불충분한 슬립 효과를 나타내는 상기 비교하는 단계(306)의 비교 결과에 응답하여 상기 매크로 슬립 범위로부터 상기 마이크로 슬립 범위로의 전이를 트리거링시키거나, 또는 상기 매크로 슬립 범위에서 충분한 슬립 효과를 나타내는 상기 비교하는 단계(314)의 비교 결과에 응답하여 상기 마이크로 슬립 범위로부터 상기 매크로 슬립 범위로의 전이를 트리거링시키는 단계(307)

를 포함하는 방법.

청구항 11

컴퓨터 장치 상에서 실행될 때, 제10항에 따른 단계들을 수행하기 위한 코드 수단을 포함하는 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 안티 스키드 제어 기능에 의해 레일 차량의 브레이크 시스템을 적응성 활성화하기 위한 장치 및 방법에 관한 것으로서, 상기 안티 스키드 제어 기능은 휠-레일-접촉 시 바람직하지 않은 점착 조건에서 레일 차량의 휠의 블로킹을 방지한다.

배 경 기 술

[0002] 레일 차량을 위한 안티 스키드 시스템은 자동차의 잠김 방지 브레이크 시스템(ABS)과 유사한 기능을 수행한다. 레일 차량의 제동 시, 휠과 레일 사이의 접촉면에서의 변화하는 어드히전(adhesion) 조건으로 인해 급작스러운 축 정지가 발생할 수 있으며, 이로 인해 제동 거리가 연장될 때 휠 림에서의 동심성을 악화시키는 휠 플랫이 발생할 수 있다. 안티 스키드 시스템의 본질적인 목적은 예를 들어 공압식 브레이크 실린더의 적합한 자동 배기 및 환기에 의해 제동 중의 차축 정지를 방지하는 것이다.

[0003] 제동을 위해, 철도 견인 차량의 운전자는 브레이크 제어 압력을 인가하고, 이를 통해 짧은 시간 후에 상응하는 브레이크 실린더 압력이 휠 세트에서 공압식 브레이크 실린더 내로 설정된다. 이렇게 도입된 브레이크 토크로 인해 휠 세트가 지연되고, 이를 통해 휠 접촉면에서 휠과 레일 사이에 슬립이 발생한다. 슬립은 제동의 경우 다음과 같이 정의된다:

[0004] $$s=(v-R\omega)/v,$$

[0005] 여기서 s는 슬립, v는 차량 속도, ω는 차축 속도 그리고 R은 공칭 휠 반경을 나타낸다. 레일 차량을 지연시키는 마찰력은 슬립 의존성 어드히전비(adhesion ratio) 및 휠 접촉력의 곱이다. 슬립이 증가함에 따라 어드히전비는 급격하게 증가하고, 최대값에 도달한 후에는 서서히 감소한다. 이 경우 어드히전의 최대값은 다양한 영향 인자, 그 중에서도 기상 조건과 레일의 상태에 의존한다. 매끄럽거나 또는 단풍으로 덮인 레일에서는 특히 낮다. 슬립이 없는 주행에서는 어드히전비도 존재하지 않는다.

[0006] 따라서 레일 차량의 경우 달성 가능한 제동력 또는 견인력은 휠과 레일 사이에 이용 가능한 어드히전에 비례한다. 이 경우 관련된 휠 슬립을 갖는 최대한으로 제공되는 어드히전은 다양한 파라미터에 의존한다. 예를 들어 DE 10 2006 057 813 A1호에 설명된 것과 같은 현재 종래 기술에 따르면, 본질적으로 2개의 슬립 범위가 구별될 수 있다. 한편으로는 예를 들어 국제 철도 연합(Union internationale des chemins de fer(UIC))의 표준 UIC 541-05에 대한 시험에서 물기가 있는 중간층의 경우에 일반적인 것과 같이, 어드히전 상태는 높은 휠 슬립을 필요로 한다. 다른 한편으로는 중간층이 예를 들어 단풍 또는 유성 물질로 이루어진 경우에는, 적은 휠 슬립을 필요로 한다.

[0007] 따라서 안티 스키드 시스템 또는 트랙션 제어 장치는 어드히전을 최대화하기 위해 적절한 휠 슬립을 설정해야 한다. UIC 541-05에 따라 허용되는 종래의 안티 스키드 시스템은 UIC 541-05를 통해 허용되는 슬립 범위에서 일반적인 휠 슬립을 제어한다. 이러한 슬립 범위는 어드히전으로서 물-비누 혼합물로 표준에서 정의된 시험 조건에 맞추어진다. 전술한 DE 10 2006 057 813 A1호에서, 2개의 상이한 제어 범위는 주행 시험 및 주행 조작으로부터의 경험에 기초하여 구별된다. 정상적인 슬립 범위는 30%보다 낮고, 낮은 슬립 범위는 5%보다 낮다. 2개의 슬립 범위 사이의 전환은 높은 휠 슬립에서의 충분하지 않은 감속 성능에 의해 또는 휠 세트 지연의 평가에 의해, 계절적인 조건(가을)으로 이루어진다.

[0008] 다른 안티 스키드 방법에서는, 예를 들어 휠-레일-접촉에 존재하는 중간 매체의 특성이 식별되고 최대 어드히전을 달성하기 위해 필요한 최적의 휠 슬립이 이들 특성으로부터 유도되는 모델 기반 방법이 추구된다. 또한, 어드히전-슬립-관계의 축 방식의 측정에 기초하여 어드히전 최대치로 슬립을 설정하는 것이 제안되었다. 또 다른 방법은 휠 슬립에 대해 적응을 수행하지 않고, 그 대신에 축의 50%를 (UIC 541-05에 따른) 표준 슬립 범위로 제어하고 나머지 50%를 대안적인 작은 슬립 범위로 제어하는 것에 기초한다.

[0009] 종래 기술에 따른 기존의 안티 스키드 시스템은 본질적으로 어드히전 유형에 최적화되어 있다. 상이한 상태에 대한 적응은 수행되지 않는다. 현재 어드히전이 작거나 또는 매우 작은 휠 슬립을 필요로 하는 경우, 축은 최적화되지 않은 휠 슬립에서 작동한다. 슬립 범위의 적응이 수행될 때, 차량 특이성 파라미터(예를 들어 가속도, 질량, 힘 등)가 고려되어야 한다. 낮은 지연(작은 슬립)의 상태를 벗어나는 것은 자세히 설명되지 않는다. 휠 세트 가속도의 단수의 단시간의 편차는 적절한 슬립 범위의 잘못된 해석으로 이어질 수 있다. 대부분의 경우 슬립 범위의 결정에 필요한 어드히전과 슬립 사이의 관계를 결정하기 위해, 복수의 파라미터 및/또는 참조 데이터를 갖는 특성 맵이 필요하다. 전체 시스템의 적절한 휠 슬립에 대한 평가가 단일의 축의 피드백을 기반으로 하는 시스템의 경우, 모든 축에 유사한 어드히전 유형이 존재한다는 것을 가정으로 한다.

[0010] 상기 마지막에 언급된 비-적응성 방법은 절충안을 의미한다. 이는 레일 차량에 대한 파라미터가 인식될 필요가 없으며 정의된 일정한 휠 슬립 분포를 제공하지 않는다는 장점이 있다. 따라서 오류 적응이 방지될 수 있다. 그러나, 결과적으로 축의 50%만이 적절한 슬립 범위에서 작동한다. 따라서, 이용 가능한 시스템 제동력은 오류

적응된 시스템의 것보다는 크지만, 올바르게 적응된 시스템의 것보다는 작다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 따라서, 본 발명은 개선된 적응 효과를 갖는 안티 스키드 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 이것은 본 발명에 따르면 첨부된 독립 청구항들의 교시에 의해 달성된다. 본 발명의 유리한 실시예 및 개발예는 종속항의 주제이다.

[0013] 상기 목적을 달성하기 위해, 레일 차량의 브레이크 시스템을 적응성 활성화하기 위한 장치 및 방법이 제안되며, 브레이크 시스템은 미리 결정된 제1 및 제2 슬립 파라미터 범위에 따라 제어되고, 제1 슬립 파라미터 범위는 보다 높은 허용 슬립 범위를 갖는 매크로 슬립 범위이고, 제2 슬립 파라미터 범위는 보다 낮은 허용 슬립 범위를 갖는 마이크로 슬립 범위이고, 그리고 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력 및 브레이크 시스템의 현재 슬립 범위에서 구현되는 평균 제동력이 결정된다. 매크로 슬립 범위에서 결정된 평균 제동력과 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력의 비교가 매크로 슬립 범위에서 불충분한 슬립 효과를 나타내는 경우, 매크로 슬립 범위로부터 마이크로 슬립 범위로의 전이를 트리거링시킨다. 대안적으로, 매크로 슬립 범위에서 결정된 평균 제동력과 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력의 비교가 매크로 슬립 범위에서 충분한 슬립 효과를 나타내는 경우, 마이크로 슬립 범위로부터 매크로 슬립 범위로의 전이를 트리거링시킬 수 있다.

[0014] 소프트웨어 제어 방식 프로세서를 갖는 컴퓨터 장치의 도움으로 안티 스키드 제어를 구현함에 있어서, 본 발명에 따른 청구된 방법은 컴퓨터 프로그램으로서도 또한 구현될 수 있으며, 컴퓨터 프로그램은 프로그램이 컴퓨터 장치 상에서 실행될 때, 청구항 제9항에 따른 단계들을 수행하기 위한 코드 수단을 포함한다.

[0015] 설명된 해결 방안의 장점은, 마이크로 슬립 범위로부터 매크로 슬립 범위로 또는 그 반대로의 자동 전이를 가능하게 하는 안티 스키드 제어를 위한 완전한 절차가 제안된다. 이를 통해 휠 슬립은 지속적으로 현재의 어드히전 상태에 대해 적응될 수 있다. 제동력 결정 시 평균화로 인해, 어드히전에서의 단시간의 통계적인 변동이 슬립 범위의 평가에 영향을 미치지 않는다. 평균 및 필터링된 변수의 사용을 통해 제어 시 평균화된("급격하지 않은") 어드히전 상태 및 그 변화가 고려된다.

[0016] 따라서 적절한 제어 범위를 평가하기 위해 어드히전과 슬립의 노력이 드는 상관이 필요하지 않다. 원하는 슬립 범위에 대한 모든 결정은 평균 제동력과 마찰 경로의 비교를 기반으로 한다. 따라서 현재 사용 가능한 절대적인 힘에 대한 인식은 필요하지 않다. 제동력에 비례하는 신호로 충분하다.

[0017] 원칙적으로 차량 또는 브레이크 컴포넌트의 파라미터에 대한 지식도 또한 필요하지 않다. 제동력에 비례하는 신호가 힘의 구별을 위해 사용되는 경우, 이는 바람직하게는 이에 대응하게 스케일링되어야 한다. 공압식 브레이크 시스템에서 예를 들어 평균 브레이크 압력은 제동력의 척도로서 사용될 수 있다.

[0018] 제1 유리한 개발예에 따르면, 장치는 미리 결정된 마찰 경로에 도달하는 것에 응답하여 비교 수단에 의한 비교를 트리거링시키도록 구성될 수 있다. 이를 통해 미리 결정된 마찰 경로에 도달한 후에만 마이크로 슬립 범위의 특성과 매크로 슬립 범위의 특성의 비교가 이루어지도록 보장될 수 있어, 보다 의미 있는 결과가 획득될 수 있다. 여기서 마찰 경로는 일 방식으로 예를 들어 휠과 레일 차량 사이의 속도 차이와 시간의 곱으로서 결정될 수 있다.

[0019] 제2 유리한 개발예에 따르면, 장치는 마이크로 슬립 범위로의 전이 시 레일 차량의 적어도 하나의 축을 매크로 슬립 범위의 테스트 단계에 대한 테스트 축으로서 남겨두도록 구성될 수 있다. 이러한 방법에 의해, 마이크로 슬립 범위에서도 또한 매크로 슬립 범위의 특성과 마이크로 슬립 범위의 특성 사이의 비교를 수행할 수 있도록 하기 위해, 매크로 슬립 범위의 특성은 마이크로 슬립 범위로의 전이 후에도 계속적으로 병행하여 검출될 수 있다. 여기서 테스트 축의 테스트 단계는 바람직하게는 미리 결정되어 도입된 마찰 경로의 도달 후에 또는 최대 테스트 시간 후에 종료될 수 있어, 이를 통해 매크로 슬립 범위에서 작동되는 테스트 축에 대한 평균 제동력의 의미 있는 값을 얻을 수 있다. 그러나 테스트 단계는 또한 계속될 수 있으므로, 축은 매크로 슬립 테스트 단계 이후에도 매크로 슬립 제어 상태로 지속되고 이에 따라 매크로 슬립 축이 축적될 수 있다.

[0020] 제3 유리한 개발예에 따르면, 장치는 테스트 축의 평균 제동력이 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력보다 작은 경우, 테스트 축의 매크로 슬립 범위를 종료시키기 위해 슬립 범위 설정 수단을 활성화시키도록 구성될 수 있다. 따라서, 테스트 축은 그 평균 제동력이 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력보다 크다면, 매크로 슬립 범위에서만 작동된다.

[0021] 제4 유리한 개발예에 따르면, 장치는 매크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력을 마이크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력과 비교하기 위한 추가의 비교 수단을 포함할 수 있고, 장치는 매크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력이 마이크로 슬립 범위에서 작동되는 축의 평균 제동력을 초과하는 경우, 브레이크 시스템의 모든 축을 매크로 슬립 범위에서 작동시키도록 슬립 범위 설정 수단을 트리거링시킨다. 이 경우, 슬립 범위의 축의 평균 제동력은 예를 들어 슬립 범위의 각 축의 평균 제동력을 합산함으로써 결정될 수 있다. 제안된 안티 스키드 제어에 따르면, 매크로 슬립 범위는 현재 매크로 슬립 범위의 특성에 비해 개선된 마이크로 슬립 범위에서의 전체 브레이크 시스템의 잠재력이 이용 가능할 때에만 중지된다. 여기서 구현되는 평균 제동력은, 특히 마이크로 슬립 범위에서, 잠재적으로 이용 가능한 힘 및 관련된 마이크로 슬립 제어와 함께 제공되는 어드히전으로부터 발생한다. 마이크로 슬립 제어의 효율이 낮으면 마이크로 슬립 범위는 다시 중지된다.

[0022] 제5 유리한 개발예에 따르면, 최대 힘 결정 수단은 예를 들어 휠-레일-접촉이 스키드 단계로 완전히 전이될 때 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력을 이를 위해 필요한 힘과 상관시킴으로써 결정하도록 구성될 수 있다.

[0023] 본 발명의 다른 이점, 특징 및 적용 가능성은 첨부된 도면을 참조하여 이하의 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명이 사용될 수 있는 안티 스키드 제어를 갖는 공압식 브레이크 시스템의 개략적인 블록도를 도시한다.

도 2는 제1 실시예에 따른 안티 스키드 제어의 흐름도를 도시한다.

도 3a 및 도 3b는 제안된 안티 스키드 제어를 사용하여 상이한 어드히전 유형에서 어드히전비-슬립 곡선의 예시적인 정성적 그래프를 도시한다.

도 4는 제2 실시예에 따른 적응성 기능을 갖는 안티 스키드 제어의 개략적인 기능 블록도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하에서 본 발명의 실시예가 레일 차량의 공압식 브레이크 시스템을 위한 안티 스키드 제어의 예에서 설명될 것이다.

[0026] 도 1은 본 발명에 따른 안티 스키드 제어가 소프트웨어 제어 방식으로 또는 하드와이어 방식으로 구현될 수 있는 브레이크 제어 장치(BR)(51)를 구비한 브레이크 시스템을 개략적으로 도시한다. 브레이크 시스템은 예를 들어 도 1에 도시된 휠(52)과 같은 레일 차량의 복수의 휠을 제동하기 위해 제공된다. 이를 위해, 예시적인 휠(52)뿐만 아니라 도시되지 않은 모든 다른 휠들에도 브레이크 시스템의 브레이크 장치(BE)(56)가 할당된다. 브레이크 제어 장치(51)에는 공압식 브레이크 시스템의 메인 제어 밸브 장치(HV)(60)가 연결된다. 브레이크 제어 장치(51)는 브레이크 장치(56) 및 다른 휠의 브레이크 장치에 대해 공통 브레이크 압력을 제공하기 위해 메인 제어 밸브 장치(60)를 활성화시키도록 제공된다. 또한 브레이크 장치(56)는 브레이크 제어 장치(51)를 통해 제어될 수 있고 브레이크 제어 장치(51)에 따라 메인 제어 밸브 장치(60)에 의해 제공되는 브레이크 압력을 변경할 수 있는 브레이크 밸브 장치를 갖는다. 브레이크 밸브 장치에 의해 변경된 브레이크 압력은 예를 들어, 마찰 브레이크 장치, 본 예에서는 상세히 도시되지 않은 블록 브레이크를 작동시키기 위해, 액추에이터로서 기능하는 브레이크 장치(56)의 공압 실린더에 인가된다. 이를 통해, 브레이크 제어 장치(51)에 의해 휠(52)을 제동하기 위한 원하는 브레이크 압력이 활성화될 수 있다. 휠 속도 센서(DS)(64)가 휠(52)의 휠 속도를 측정하고 브레이크 제어 장치(51)에 적절한 연결을 통해 대응하는 신호를 공급하기 위해 제공된다. 작동 시, 브레이크 제어 장치(51)는 휠 속도 센서(64)를 통해 휠(52)의 대응하는 속도 데이터를 검출한다. 또한, 선택적인 속도 센서(70)에 대한 연결을 통해 브레이크 제어 장치가 레일 차량의 주행 속도를 검출한다. 이로부터, 브레이크 제어 장치(51)는 휠(52)의 실제 휠 슬립을 결정한다.

[0027] 휠(52)의 알려진 실제 슬립에 기초하여, 브레이크 제어 장치는 휠(52)이 적어도 브레이크 작동의 시작 시 원하

는 슬립 목표값 범위 내로 제어되는 방식으로 브레이크 장치(56)를 활성화한다. 제어를 위해, 속도 센서(64)의 데이터가 사용된다. 또한, 브레이크 제어 장치(51)는 메인 제어 밸브 장치(60)에 작용하는 메인 브레이크 압력 및/또는 브레이크 장치(56)에서 개별적으로 작용하는 브레이크 압력을 검출하여 브레이크 제어 장치(51)에 전달하는 브레이크 압력 센서 장치(도시되지 않음)에 연결될 수 있다. 또한, 브레이크 제어 장치(51)가 복수의 휠의 속도로부터 주행 속도를 결정하는 것이 제공될 수도 있다.

[0028] 도 2는 예를 들어 도 1에 따라 상술된 브레이크 제어 장치(51)에서 구현될 수 있는 바와 같이, 제1 실시예에 따른 적응성 안티 스키드 제어의 흐름도를 도시한다. 이미 언급한 바와 같이, 적응성 안티 스키드 제어는 소프트웨어 제어 방식으로 또는 하드와이어 방식으로 구현될 수 있다.

[0029] 프로세스의 시작 후에, 초기에 단계(301)에서 제어에 대한 매크로 슬립 범위가 설정된다. 이어서, 단계(302)에서 휠-레일-접촉점이 스키드 단계로 완전히 전이될 때 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력이 예를 들어 이를 위해 필요한 힘과 상관시킴으로써 결정되고, 마이크로 슬립 범위의 잠재적으로 이용 가능한 힘(F0)으로 저장된다. 후속 단계(303)에서 안티 스키드 또는 트랙션 제어에 의해 구현되는 힘의 필터링 및/또는 평균화를 통해 평균 제동력이 결정된다. 제어의 추가의 과정에서 평균 제동력은 매크로 슬립 제어("Fm_Mak"로 표시됨) 또는 마이크로 슬립 제어("Fm_Mik"로 표시됨)의 결과일 수 있다. 여기서 마이크로 슬립 범위에서의 평균 제동력(Fm_Mik)은 마이크로 슬립 범위에서의 잠재적으로 이용 가능한 힘(F0)과 반드시 일치하지는 않는다. 이것은 존재하는 어드히전과 마이크로 슬립 제어 기능의 특성의 상호 작용으로부터 발생하며, 동시에 마이크로 슬립 제어의 효율을 포함한다.

[0030] 또한, 단계(303)에서 마찰 경로(sRB)가 예를 들어, 휠 세트와 차량 사이의 속도 차이와 시간의 곱으로서 합산된다. 물론, 마찰 경로는 또한 시간 의존성으로 합산된 슬립으로 다른 적절한 방식으로도 결정될 수 있다.

[0031] 그 후, 축 특이성 또는 휠 특이성 평균 힘(Fm_Mik 또는 Fm_Mak) 및 잠재적인 힘(F0) 및 도입된 마찰 경로가 단계(304)에서 시스템을 통해 다시 평균화된다. 따라서 매크로 슬립 범위에서의 지속에 대한 결정은 개별 축 또는 휠의 특성이 아닌 전체적인 시스템 상태(기호 "Σ"로 표시됨)를 기반으로 한다.

[0032] 그 다음, 단계(305)에서, 매크로 슬립 범위에서의 지속에 대한 결정의 신뢰성을 위해 시스템의 충분한 전체 마찰 경로(ΣsRB)가 도입되었는지 여부가 결정된다. 그렇지 않은 경우, 프로세스는 단계(304)로 되돌아가고, 마찰 경로의 합산이 계속된다. 단계(305)에서 시스템의 충분한 전체 마찰 경로(ΣsRB)가 결정되었다면, 단계(306)에서 매크로 슬립 제어와 어드히전이 조화되는지 여부에 대한 평가가 이루어진다. 이는 매크로 슬립 범위에서 구현된 평균 시스템 제동력(ΣFm_Mak) 및 마이크로 슬립 범위에서 잠재적으로 이용 가능하고 인자(k)(예를 들어, 0.5<k<1.5 등)에 의해 평가되는 시스템 힘(ΣkF0)이 비교됨으로써 이루어진다.

[0033] 매크로 슬립 효과가 충분한 경우, 즉 매크로 슬립 범위에서 구현된 평균 시스템 제동력(ΣFm_Mak)이 마이크로 슬립 범위에서 잠재적으로 이용 가능하고 평가된 시스템 힘(ΣkF0)보다 클 때, 프로세스는 다시 단계(301)(대안적으로는 단계(302))로 돌아가고, 매크로 슬립 범위는 유지된다.

[0034] 그렇지 않으면, 매크로 슬립 효과가 불충분한 경우, 즉 매크로 슬립 범위에서 구현된 평균 시스템 제동력(ΣFm_Mak)이 마이크로 슬립 범위에서 잠재적으로 이용 가능하고 평가된 시스템 힘(ΣkF0)보다 크지 않을 때, 단계(307)에서 시스템은 마이크로 슬립 범위로 전이된다. 이 경우, 모든 축은 우선 마이크로 슬립 범위에서 제어된다. 이에 대해, 단계(308)에서 선택적으로 항상 축들 중 적어도 하나는 매크로 슬립 제어의 상태에서 테스트 단계 동안 테스트 축(TA)으로서 유지될 수 있다. 이어지는 단계(309)에서, 테스트 축의 마찰 경로가 합산되어, 테스트 축의 충분한 마찰 경로(sRB)가 테스트 단계에서 도입되었는지 여부가 검사된다. 그렇지 않다면, 충분한 마찰 경로가 도입될 때까지 단계(309)가 반복된다. 따라서, 테스트 축의 테스트 단계는 충분히 도입된 마찰 경로의 결정 이후에 종료되고, 프로세스는 단계(310)로 진행한다.

[0035] 그 동안에 결정된 테스트 축의 평균 축 관련 제동력을 마이크로 슬립 범위에서 잠재적으로 이용 가능하고 평가된 힘(kF0)과 비교함으로써, 단계(310)에서 매크로 슬립 범위에서 테스트 축의 어드히전 효과가 충분한지 여부가 결정된다. 충분한 경우, 프로세스는 단계(311)로 진행한다. 매크로 슬립 범위에서 어드히전 효과가 불충분한 경우, 즉 매크로 슬립 범위에서 구현된 테스트 축의 평균 제동력(Fm_Mak)이 마이크로 슬립 범위에서 잠재적으로 이용 가능한 힘(F0)보다 크지 않은 경우, 프로세스는 단계(311)로 진행하여, 테스트 축은 마이크로 슬립 범위로 전이된다.

[0036] 단계(309)에서 매크로 슬립 테스트의 종료 후에, 축은 대응하는 기준에 따라 매크로 슬립 범위에서의 지속 또는 마이크로 슬립 범위로의 복귀에 대해 또한 자체적으로 결정할 수 있다. 그 다음 매크로 슬립 테스트를 위한 축

은 지속되는 마이크로 슬립 제어 축의 "풀(Pool)"로부터 선택될 수 있다. 따라서, 이때 마이크로 슬립 시스템 상태에도 불구하고, 하나 이상의 축이 매크로 슬립 제어 상태에 존재한다.

[0037] 마지막으로, 프로세스는 단계(312)로 진행하고, 여기서 안티 스키드 또는 트랙션 제어에 의해 구현되는 힘의 필터링 및/또는 평균화를 통해 평균 제동력이 다시 결정된다. 그 다음, 축 특이성 또는 휠 특이성 평균 힘(Fm_Mik 또는 Fm_Mak)이 시스템을 통해 단계(313)에서 다시 평균화된다. 마지막으로, 단계(314)에서, 마이크로 슬립 범위 내의 축의 구현된 평균 시스템 제동력이 매크로 슬립 범위 내의 축의 구현된 평균 시스템 제동력과 비교된다. 매크로 슬립 범위 내의 축의 제동력의 평균값이 마이크로 슬립 범위 내의 축의 제동력의 평균값을 초과하면, 프로세스는 단계(301)로 복귀하여 시스템은 매크로 슬립 범위로 복귀한다. 그렇지 않으면, 시스템은 마이크로 슬립 범위에서 지속되고, 프로세스는 단계(308)로 복귀하여, 여기서 새로운 테스트 축이 매크로 슬립 범위로 된다.

[0038] 도 3a 및 도 3b는 제안된 안티 스키드 제어를 사용하여 상이한 어드히전 유형에서 어드히전비-슬립 곡선의 예시적인 정성적 그래프를 도시하고, 여기서 수평축은 슬립(S)에 대응하고, 수직축은 어드히전비에 대응한다.

[0039] 도 3a에서, 안티 스키드 제어는 매크로 슬립 범위에서 시작한다. 슬립(S)이 증가함에 따라, 어드히전비는 급격하게 증가하고, 적어도 국부적인 최대값(마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 힘(F0)에 대응함)에 도달한 후에 천천히 감소한다. 슬립이 계속 증가하는 경우, 브레이크 시스템이 불안정해지고, 안티 스키드 제어가 강화된다. 휠-레일-접촉점에서의 마찰 상태에 따라, 안티 스키드 또는 트랙션 제어의 영향 하에 슬립과 어드히전 사이에 계속적으로 변화하는 상태가 발생한다. 이러한 변화의 시간적 경과는 도 3a에서 복합 라인 레이아웃에 의해 위에 도시된다. 도 3a의 화살표는 휠 세트와 차량 사이의 속도 차이와 시간의 곱의 합산을 통해 결정되는 마찰 경로(sRB)의 증가를 나타낸다.

[0040] 또한, 도 3a에는 안티 스키드 또는 트랙션 제어에 의해 구현된 제동력의 시간 변화의 필터링 및 평균화를 통해 결정되는, 수직축 상의 매크로 슬립 범위에서의 평균 제동력(Fm_Mak)이 또한 도시된다. 이러한 평균 제동력은 전술한 바와 같이, 매크로 슬립 범위와 마이크로 슬립 범위 사이의 변화에 대한 결정을 위해 본 발명에 따라 사용될 수 있다. 도 3a의 예시적인 어드히전 시나리오에서, 매크로 슬립 범위에서의 평균 제동력은 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 힘(F0)을 초과한다. 따라서, 안티 스키드 제어는 여기서 매크로 슬립 범위를 유지할 것이다.

[0041] 도 3b에는 또 다른 예시적인 어드히전 시나리오가 도시되어 있다. 안티 스키드 제어는 다시 마이크로 슬립 범위에서 시작한다. 또한 여기서 어드히전비는 슬립(S)이 증가함에 따라 급격히 증가하고, 이용 가능한 최대 힘(F0)에 도달한 후에 감소한다. 여기서 어드히전비는 휠-레일-접촉점에서 낮은 마찰로 인해 더 작다. 도입된 마찰 경로로 인해 매크로 슬립 범위에서 평균 제동력(Fm_Mak)의 현저한 증가는 여기에서 발생하지 않는다. 매크로 슬립 범위에서의 평균 제동력(Fm_Mak)이 마이크로 슬립 범위에서 이용 가능한 힘(F0)보다 현저히 작기 때문에, 안티 스키드 제어는 시스템을 초기에 마이크로 슬립 범위로 배치한다.

[0042] 제1 경우에, 매크로 슬립 범위에서의 평균 제동력(Fm_Mak)은 마이크로 슬립 범위에서의 평균 제동력(Fm_Mik)보다 크다. 따라서, 제1 경우에 안티 스키드 제어는, 이러한 비교 결과가 매크로 슬립 범위에서 작동하는 모든 축과 마이크로 슬립 범위에서 작동하는 모든 축에 대한 평균화 시에도 또한 유효하게 유지되는 한, 시스템을 매크로 슬립 범위로 다시 복귀시킨다.

[0043] 제2 경우에, 매크로 슬립 범위에서의 평균 제동력(Fm_Mak)은 여기에서 마이크로 슬립 범위에서 결정된 평균 제동력(Fm_Mik)보다 작다. 따라서, 제2 경우에 안티 스키드 제어는, 이러한 비교 결과가 매크로 슬립 범위에서 작동하는 모든 축과 마이크로 슬립 범위에서 작동하는 모든 축에 대한 평균화 시에도 또한 유효하게 유지되는 한, 시스템을 마이크로 슬립에서 계속 작동시킨다.

[0044] 마이크로 슬립 범위에서의 상이한 평균 제동력(Fm_Mik 및 Fm_Mik_1)은 예를 들어 마이크로 슬립 제어의 상이한 효율의 결과일 수 있다.

[0045] 도 4는 제2 실시예에 따른 적응성 기능을 갖는 안티 스키드 제어 장치의 기능 블록도를 도시한다.

[0046] 기능 블록도는 복수의 논리 요소 및 플립-플롭(flip-flops)을 포함하며, 이를 통해 원하는 제어 기능이 실현된다.

[0047] 브레이크 시스템은 브레이크 레버 장치(42)를 통해 수동으로 제어될 수 있다. 브레이크 레버 장치는 압축 공기로 브레이크 장치의 피스톤(41)을 구동하는 밸브 장치(43)를 제어한다. 안티 스키드 제어 블록(44)은 밸브 장

치(43)를 적절하게 활성화시킴으로써 안티 스키드 제어를 수행한다.

[0048] 블록(46)의 우측에 있는 평균 RS-플립 플롭의 출력에서 시스템 상태, 매크로 슬립(상태 "거짓"의 바이너리 파라미터 *MIK_SLP*)과 마이크로 슬립(상태 "진실"의 바이너리 파라미터 *MIK_SLP*)은 구별된다. 따라서, 이러한 시스템 상태 플립-플롭의 출력에서의 상태는 매크로 슬립 범위 또는 마이크로 슬립 범위가 활성화되는지 여부를 나타낸다.

[0049] 여기서 "진실"로 설정된 파라미터 *INIT*를 통한 시스템의 초기화 시(도 4의 좌측 상단), 시스템 상태 플립-플롭은 그 리셋 입력(R)과 연결된 OR-요소("≥1")를 통해 리셋된다. 결과적으로, 파라미터(*MIK_SLP*)는 "거짓" 상태로 설정되고, 시스템은 처음에는 매크로 슬립 범위에서 작동한다. 매크로 슬립 상태에서, 안티 스키드 제어 블록(44)의 모든 제어 채널(*AxCtrl[x]*)은 입증된 종래의 매크로 슬립 설정값으로 작동한다. 결과적으로, 블록(47)의 좌측에 있는 RS-플립-플롭의 무효화된 출력에서의 마이크로 슬립 설정값 파라미터(*MiKs1pCtrl[x]*)는 논리 상태 "거짓"으로 설정된다. 평균 합산 힘(*FOm, FBm*) 및 합산 마찰 경로(*SRBm*)는 합산 요소에서 마이크로 슬립 범위에서 이용 가능한 힘(*FO[x]*), 실제 제동력(*FB[x]*) 및 각 제어 채널의 마찰 경로(*SRB[x]*)의 안티 스키드 제어 블록(44)에 의해 제공되는 개별 휠-레일-접촉-값을 통한 평균화된 합산에 의해 형성된다.

[0050] 매크로 슬립 제어의 효율 평가는 충분한 마찰 경로(*SRBm*)의 존재 시, 시스템 비교 블록(46)에서 마이크로 슬립 범위에서 잠재적으로 이용 가능한 힘(*FOm*)을 구현된 힘(*FBm*)과 비교함으로써 이루어진다. 충분한 매크로 슬립 효과가 존재하는 한, 시스템 상태 플립-플롭은 그 세트 입력(S)을 통해 설정되지 않으며, 파라미터(*MIK_SLP*)는 "거짓" 상태로 지속되는데, 왜냐하면 시스템은 이때 매크로 슬립 상태에서 지속되어야 하기 때문이다. 매크로 슬립 효과가 불충분한 경우, 비교 블록(46)의 출력에서 논리 상태의 변화로 인해 시스템 상태 플립-플롭이 설정되고, 시스템은 파라미터(*MIK_SLP*)가 "진실"로 상태 변화됨으로 인해 마이크로 슬립 상태로 변경된다.

[0051] 마이크로 슬립 상태에서 모든 제어 채널은 우선 마이크로 슬립 범위("진실" 상태의 파라미터 *MiKs1pCtrl[x]*)에서 시작한다. 이에 병렬되게 항상 매크로 슬립 상태 제어("거짓" 상태의 파라미터 *MiKs1pCtrl[x]*)를 갖는 테스트 단계(*TstMakS1p[x]*)에서 테스트 축 선택 블록(47)을 통해 선택된 축(*AdhTst[x]*)이 존재한다.

[0052] 테스트 축(*TstMakS1p[x]*)에 대한 매크로 슬립 제어의 효율 평가가 가능한 경우, 축은 테스트 단계를 떠나 매크로 슬립 범위에서 축의 지속이 평가된다. 평가는 축 비교 블록(45)에서 시스템 레벨에서와 동일한 제어에 따라 이루어지지만, 축에 의한 방식으로 이루어진다. 테스트 단계를 떠난 후 축은 자체적으로 매크로 슬립("거짓" 상태에서 파라미터 *MiKs1pCtrl[x]*)의 지속에 대해 결정한다.

[0053] 따라서, 마이크로 슬립 상태에서 마이크로 슬립 및 매크로 슬립 범위에서 축의 혼합된 작동이 존재한다. 상이한 분포의 어드히전 상황에 따라 다르다.

[0054] 마이크로 슬립 범위에서의 축의 구현된 제동력의 평균값(F_MIK)은 도 4의 좌측 상단의 비교 요소(">")에서 매크로 슬립 범위에서의 축의 구현된 제동력의 평균값(F_MAK)과 비교된다. 매크로 슬립 축의 제동력이 마이크로 슬립 축의 제동력을 초과하면, 시스템 상태 플립-플롭은 OR-요소을 통해 리셋되고, 마이크로 슬립 상태를 떠나, 시스템이 매크로 슬립 상태로 변경된다.

[0055] 마지막으로, 전술한 실시예에서의 제어가 역순으로 시작될 수도 있다는 것을 또한 주목해야 한다. 즉, 제어는 먼저 시스템을 마이크로 슬립 시스템 상태에 설정한 다음, 매크로 슬립 시스템 상태가 충분한(높거나 또는 적어도 동등한) 제동 성능을 발생시키는지 여부를 검사한다. 이러한 절차는 예를 들어 다른 표준 위치에서 유용할 수 있다.

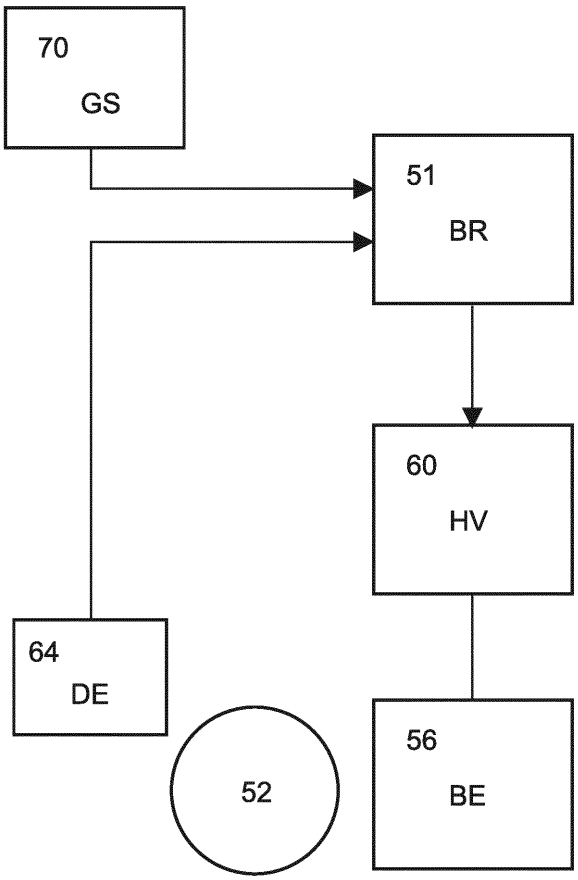
[0056] 요약하면, 레일 차량의 브레이크 시스템을 적응성 활성화하기 위한 장치 및 방법이 설명되었고, 브레이크 시스템은 미리 결정된 제1 및 제2 슬립 파라미터 범위에 따라 제어되고, 제1 슬립 파라미터 범위는 보다 높은 허용 슬립 범위를 갖는 매크로 슬립 범위이고, 제2 슬립 파라미터 범위는 보다 낮은 허용 슬립 범위를 갖는 마이크로 슬립 범위이고, 그리고 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력 및 브레이크 시스템의 현재 슬립 범위에서 구현되는 평균 제동력이 결정된다. 매크로 슬립 범위에서 결정된 평균 제동력을 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력과 비교하여 불충분한 슬립 효과를 나타내는 경우, 매크로 슬립 범위로부터 마이크로 슬립 범위로의 전이가 트리거링된다. 대안적으로, 매크로 슬립 범위에서 결정된 평균 제동력을 마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 제동력과 비교하여 충분한 슬립 효과를 나타내는 경우, 마이크로 슬립 범위로부터 매크로 슬립 범위로의 전이가 트리거링될 수 있다.

[0057] 전술한 설명, 도면 및 청구범위에 개시된 본 발명의 특징은 개별적으로 및 임의의 조합으로도 본 발명의 구현에

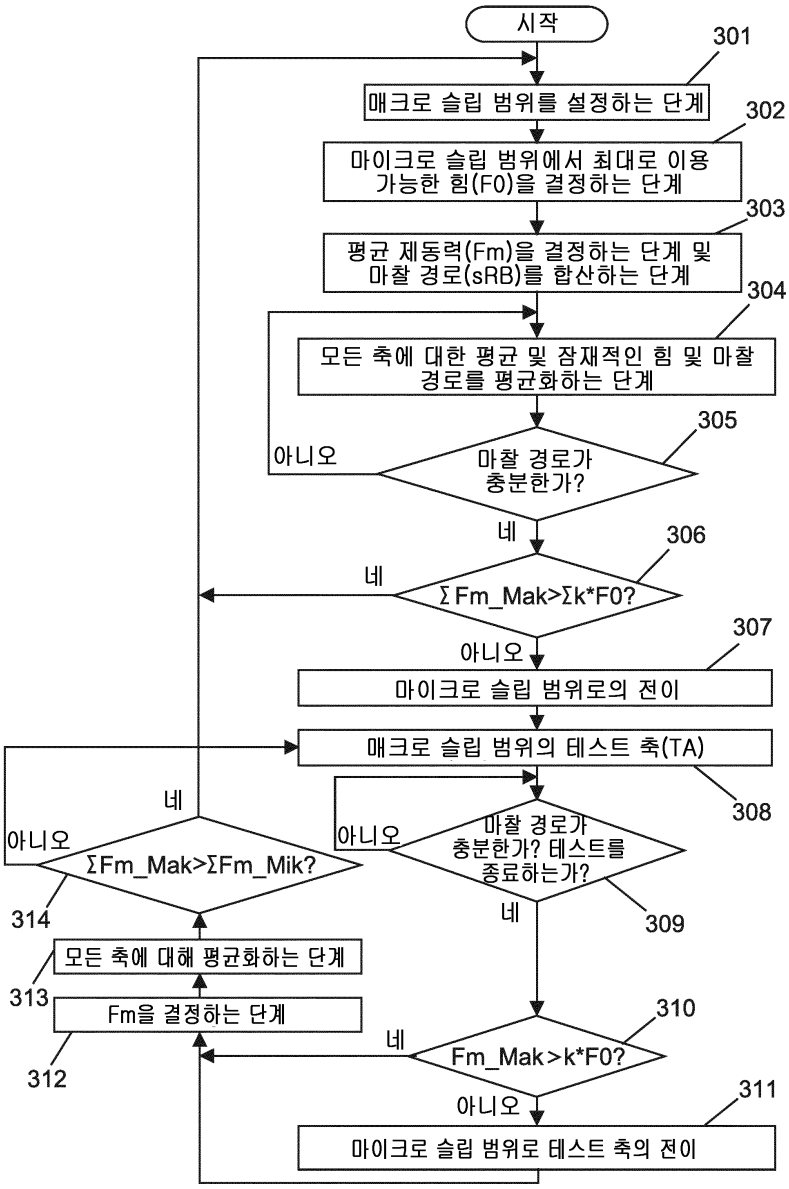
필수적일 수 있다.

도면

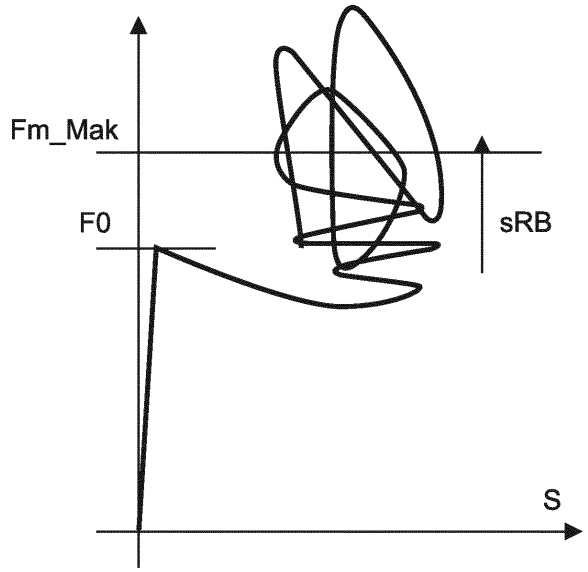
도면1



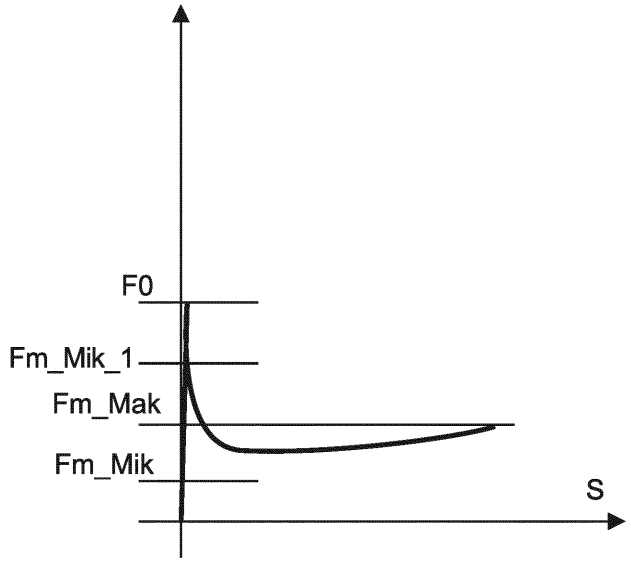
도면2


시작
301
매크로 슬립 범위를 설정하는 단계
302
마이크로 슬립 범위에서 최대로 이용 가능한 힘(F0)을 결정하는 단계
303
평균 제동력(Fm)을 결정하는 단계 및 마찰 경로(sRB)를 합산하는 단계
304
모든 축에 대한 평균 및 잠재적인 힘 및 마찰 경로를 평균화하는 단계
305
아니오
마찰 경로가 충분한가?
네
306
네
ΣFm_Mak>Σk*F0?
아니오
307
마이크로 슬립 범위로의 전이
매크로 슬립 범위의 테스트 축(TA)
308
네
아니오
ΣFm_Mak>ΣFm_Mik?
아니오
마찰 경로가 충분한가? 테스트를 종료하는가?
314
309
네
모든 축에 대해 평균화하는 단계
313
Fm을 결정하는 단계
312
310
네
Fm_Mak>k*F0?
아니오
311
마이크로 슬립 범위로 테스트 축의 전이

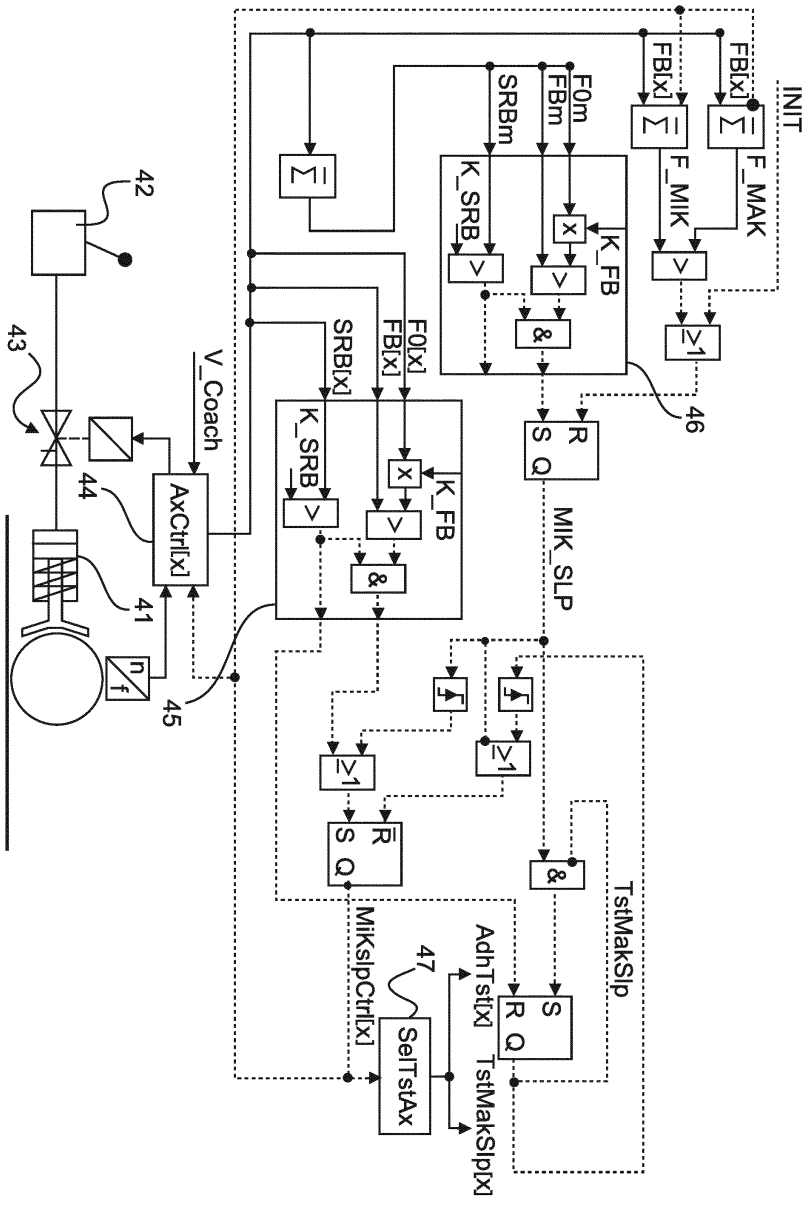
도면3a



도면3b



도면4


INIT
FBi[x]
FBi[x]
F_MAK
F_MIK
FBm
F0m
SRBm
K_SRB
K_FB
&
≥1
46
R
S Q
MIK_SLP
42
43
44
41
45
V_Coach
AxCtr[x]
SRB[x]
FBi[x]
F0[x]
K_SRB
K_FB
&
≥1
R
S Q
TstMakSlp
MikSlpCtr[x]
47
SelTstAx
AdhTst[x]
TstMakSlp[x]
S
R Q