



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102015000059217
Data Deposito	07/10/2015
Data Pubblicazione	07/04/2017

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	60	W	10	16

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	60	W	10	20

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	60	W	10	22

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	60	W	30	045

Titolo

METODO DI CONTROLLO DI UN VEICOLO STRADALE CON RUOTE POSTERIORI STERZANTI DURANTE LA PERCORRENZA DI UNA CURVA

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO DI CONTROLLO DI UN VEICOLO STRADALE CON RUOTE
POSTERIORI STERZANTI DURANTE LA PERCORRENZA DI UNA CURVA"

di FERRARI S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA EMILIA EST 1163

MODENA (MO)

Inventori: VARISCO Stefano, MINCIGRUCCI Francesca

*** **

SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione è relativa ad un metodo di controllo di un veicolo stradale con ruote posteriori sterzanti durante la percorrenza di una curva.

ARTE ANTERIORE

I veicoli a quattro ruote sterzanti, altrimenti detti 4WS (*"four wheel steering"*), sono sul mercato da molti anni anche se i modelli in circolazione non sono molti e per lo più sono basati su sistemi meccanici passivi che permettono di impartire alle ruote posteriori degli angoli di sterzata *"fissi"*. In tali sistemi meccanici passivi le ruote posteriori sono accoppiate alle ruote anteriori per impartire alle ruote posteriori stesse angoli di sterzata fissi quando le ruote anteriori vengono sterzate.

Sistemi più moderni di tipo dinamico e dotati di un

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

attuatore attivo (elettrico o idraulico) controllato da una centralina elettronica permettono di controllare la sterzata delle ruote posteriori impartendo alle ruote posteriori stesse degli angoli di sterzata variabili all'interno di un intervallo predeterminato (determinato dai limiti meccanici del meccanismo di sterzata).

In caso di percorrenza di una curva ad alta velocità (ad esempio oltre 60 km/h), la sterzata delle ruote posteriori permette di aumentare la stabilità del veicolo in particolare in prossimità della perdita di aderenza; per migliorare la stabilità del veicolo durante la percorrenza di una curva ad alta velocità le ruote posteriori vengono fatte sterzare in fase (ovvero in direzione concorde con la sterzata delle ruote anteriori e quindi quando le ruote anteriori sterzano verso destra anche le ruote posteriori sterzano verso destra) per ridurre l'angolo di imbardata rendendo più agevole il controllo del veicolo stesso. In altre parole, la sterzata in fase delle ruote posteriori permette di contrastare la forza centrifuga che tende a far sbandare il retrotreno in curva e quindi il retrotreno si conforma alla traiettoria ideale a vantaggio della stabilità e dell'efficacia. In questa situazione, le ruote posteriori vengono fatte sterzare con un angolo di sterzo abitualmente inferiore a 2° e dipendente dall'angolo di sterzo delle ruote anteriori.

In caso di manovra a bassa velocità (ad esempio fino a 60 km/h), la sterzata delle ruote posteriori permette di diminuire sensibilmente il raggio di sterzata; in particolare, per aumentare la manovrabilità del veicolo alle basse velocità le ruote posteriori vengono fatte sterzare in controfase (ovvero in direzione opposta rispetto alla sterzata delle ruote anteriori e quindi quando le ruote anteriori sterzano verso destra le ruote posteriori sterzano verso sinistra e viceversa) con un angolo di sterzo massimo di 3-5° e dipendente dall'angolo di sterzo delle ruote anteriori.

DESCRIZIONE DELLA INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è di fornire un metodo di controllo di un veicolo stradale con ruote posteriori sterzanti durante la percorrenza di una curva, il quale metodo di controllo permetta di massimizzare le prestazioni durante la percorrenza della curva senza rendere il veicolo stradale instabile e, nello stesso tempo, sia anche di facile ed economica realizzazione.

Secondo la presente invenzione viene fornito un metodo di controllo di un veicolo stradale con ruote posteriori sterzanti durante la percorrenza di una curva, secondo quanto rivendicato dalle rivendicazioni allegate.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La presente invenzione verrà ora descritta con

riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista schematica ed in pianta di un veicolo stradale provvisto di un differenziale autobloccante a controllo elettronico e di ruote posteriori sterzanti che vengono controllate in accordo con la presente invenzione;
- la figura 2 è una ulteriore vista schematica ed in pianta del veicolo stradale della figura 1 con in evidenza un meccanismo di sterzata delle ruote posteriori;
- la figura 3 è una vista schematica del veicolo stradale della figura 1 durante la percorrenza di una curva con in evidenza la traiettoria, la velocità di avanzamento e l'angolo di assetto;
- la figura 4 è un grafico che mostra l'andamento nel tempo dell'angolo di assetto effettivo e dell'angolo di assetto desiderato durante la percorrenza di una curva; e
- la figura 5 è una ulteriore vista schematica ed in pianta di una variante del veicolo stradale della figura 1 provvisto di una trazione inseribile alle ruote anteriori.

FORME DI ATTUAZIONE PREFERITE DELL'INVENZIONE

Nella figura 1, con il numero 1 è indicato nel suo

complesso un veicolo stradale provvisto di due ruote 2 anteriori e di due ruote 3 posteriori motrici, che ricevono la coppia motrice da un sistema 4 di motopropulsione.

Il sistema 4 di motopropulsione comprende un motore 5 termico a combustione interna, il quale è disposto in posizione anteriore longitudinale ed è provvisto di un albero 6 motore, ed una trasmissione 7 servoassistita, la quale trasmette la coppia motrice generata dal motore 5 a combustione interna alle ruote 3 motrici posteriori e presenta la configurazione denominata "transaxle". La trasmissione 7 comprende un albero 8 di trasmissione che da un lato è collegato all'albero 6 motore e dall'altro lato è meccanicamente collegato ad un cambio 9, il quale è provvisto di almeno una frizione ed è disposto in posizione posteriore longitudinale. In cascata al cambio 9 è collegato un differenziale 10 autobloccante a controllo elettronico, dal quale partono una coppia di semiassi 11, ciascuno dei quali è solidale ad una rispettiva ruota 3 posteriore motrice. Il differenziale 10 autobloccante a controllo elettronico comprende un corpo scatolato, una coppia conica che è alloggiata all'interno del corpo scatolato e trasmette la coppia motrice ai due semiassi 11, ed una frizione 12 di bloccaggio che è atta a bloccare in modo regolabile un semiassie 11 rispetto al corpo scatolato. Quando la frizione 12 di bloccaggio è completamente aperta

(ovvero la percentuale di bloccaggio è pari a zero), il differenziale 10 autobloccante è completamente libero e la coppia motrice viene equamente ripartita tra le due ruote 3 posteriori motrici (ovvero ciascuna ruota 3 posteriore motrice riceve il 50% della coppia motrice complessiva indipendentemente dalla sua velocità di rotazione); chiudendo la frizione 12 di bloccaggio (ovvero aumentando la percentuale di bloccaggio), il differenziale 10 autobloccante inizia a bloccare e viene progressivamente aumentata la coppia motrice verso la ruota 3 posteriore motrice che ruota più lentamente (ovvero la ruota 3 posteriore motrice che ruota più lentamente riceve più coppia motrice rispetto alla ruota 3 posteriore motrice che ruota più velocemente).

Ciascuna ruota 2 o 3 è meccanicamente collegata ad un telaio del veicolo 1 stradale mediante una sospensione 13 (parzialmente illustrata nella figura 1), la quale è provvista di un ammortizzatore 14 a controllo elettronico, ovvero provvisto di un attuatore che permette di variare (ovvero aumentare o diminuire) lo smorzamento dell'ammortizzatore 14 a controllo elettronico. A titolo di esempio, l'attuatore elettrico di ciascun ammortizzatore 14 a controllo elettronico potrebbe comprendere una o più elettrovalvole che modulano la dimensione di fori di passaggio dell'olio all'interno dell'ammortizzatore 14 a

controllo elettronico, oppure potrebbe comprendere un fluido magneto-reologico che modifica le sue proprietà fisiche in funzione di un campo magnetico applicato.

Secondo quanto illustrato nella figura 2, le ruote 3 posteriori motrici sono sterzanti, ovvero sono portate dalle corrispondenti sospensioni 13 in modo da potere ruotare insieme (ovvero con lo stesso grado di rotazione) a destra o a sinistra attorno ad un asse verticale per variare il corrispondente angolo di sterzo; in particolare, è previsto un attuatore 15 (elettrico o idraulico) che comanda in modo attivo la variazione dell'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici.

In caso di percorrenza di una curva ad alta velocità (ad esempio oltre 60 km/h), la sterzata delle ruote 3 posteriori motrici permette di aumentare la stabilità del veicolo 1 stradale; in particolare, per migliorare la stabilità del veicolo 1 stradale durante la percorrenza di una curva ad alta velocità le ruote 3 posteriori motrici vengono fatte sterzare in fase (ovvero in direzione concorde con la sterzata delle ruote 2 anteriori e quindi quando le ruote 2 anteriori sterzano verso destra anche le ruote 3 posteriori motrici sterzano verso destra). In altre parole, la sterzata in fase delle ruote 3 posteriori motrici permette di contrastare la forza centrifuga che tende a far sbandare il retrotreno in curva e quindi il

retrotreno si conforma alla traiettoria ideale a vantaggio della stabilità e dell'efficacia. In questa situazione, le ruote 3 posteriori motrici vengono fatte sterzare con un angolo di sterzo abitualmente inferiore a 2° e dipendente dall'angolo di sterzo delle ruote 2 anteriori (ovvero tanto maggiore è l'angolo di sterzo delle ruote 2 anteriori, tanto maggiore è l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici).

In caso di manovra a bassa velocità (ad esempio fino a 60 km/h), la sterzata delle ruote 3 posteriori motrici permette di diminuire sensibilmente il raggio di sterzata; in particolare, per aumentare la manovrabilità del veicolo 1 stradale alle basse velocità le ruote 3 posteriori motrici vengono fatte sterzare in controfase (ovvero in direzione opposta rispetto alla sterzata delle ruote 2 anteriori e quindi quando le ruote 2 anteriori sterzano verso destra le ruote 3 posteriori motrici sterzano verso sinistra e viceversa) con un angolazione massima di $3-5^\circ$ e dipendente dall'angolo di sterzo delle ruote 2 anteriori (ovvero tanto maggiore è l'angolo di sterzo delle ruote 2 anteriori, tanto maggiore è l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici).

Il veicolo 1 stradale comprende una unità 16 di controllo elettronica ("ECU") che, tra le altre cose, regola il comportamento del veicolo 1 stradale durante la

percorrenza di una curva intervenendo, come meglio descritto in seguito, sul differenziale 10 autobloccante (ovvero sulla frizione 12 di bloccaggio del differenziale 10 autobloccante), sugli ammortizzatori 14 delle sospensioni 13, e sull'attuatore 15 per controllare l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici. Fisicamente, l'unità 16 di controllo può essere composta da un solo dispositivo oppure da più dispositivi tra loro separati e comunicanti attraverso la rete CAN del veicolo 1 stradale.

Secondo quanto illustrato nella figura 3, durante la percorrenza di una curva l'unità 16 di controllo determina in modo noto l'angolo β di assetto effettivo del veicolo 1 stradale (ovvero l'angolo compreso fra l'asse x longitudinale del veicolo 1 stradale e la direzione della velocità V di avanzamento del veicolo 1 stradale nel baricentro B). A titolo di esempio, l'unità 16 di controllo stima la traiettoria T seguita del veicolo 1 stradale utilizzando le misure fornite in tempo reale da un giroscopio tri-assiale e da un posizionatore satellitare; in particolare, la traiettoria T viene determinata integrando due volte nel tempo le accelerazioni misurate dal giroscopio tri-assiale e le misure fornite dal posizionatore satellitare vengono utilizzate per annullare ciclicamente gli errori di posizione che si verificano nel

processo di integrazione. Inoltre, l'unità 16 di controllo stima la velocità V di avanzamento del veicolo 1 stradale nel baricentro B utilizzando le misure fornite in tempo reale dal giroscopio tri-assiale; in particolare, la velocità V del veicolo 1 stradale nel baricentro B viene determinata integrando una volta nel tempo le accelerazioni misurate dal giroscopio tri-assiale (verificando che la velocità V di avanzamento del veicolo 1 stradale nel baricentro B sia effettivamente tangente alla traiettoria T seguita del veicolo 1 stradale, altrimenti, in caso di scostamento significativo, viene compiuta almeno una ulteriore iterazione del calcolo apportando delle correzioni ai parametri utilizzati).

Durante la percorrenza di una curva, l'unità 16 di controllo determina in tempo reale (ad esempio come descritto in precedenza) l'angolo β di assetto effettivo (reale) del veicolo 1 stradale. Inoltre, durante la percorrenza di una curva, l'unità 16 di controllo determina un angolo β_{ref} di assetto desiderato (ottimale) che permette di massimizzare la prestazione (ovvero la velocità di percorrenza della curva) mantenendo nel contempo il veicolo 1 stradale in condizioni stabili (ovvero in piena sicurezza).

Secondo una possibile (ma non vincolante) forma di attuazione, l'unità 16 di controllo ciclicamente (ad

esempio con una frequenza almeno di alcune decine di Hz) stima (in modo noto) una aderenza delle ruote 2 e 3 al fondo stradale, determina un raggio di curvatura della traiettoria T del veicolo 1 stradale (ovvero determina un grado di curvatura della traiettoria T), e determina una velocità V di avanzamento del veicolo 1 stradale. In funzione dell'aderenza delle ruote 2 e 3 (quindi della stabilità del veicolo 1 stradale), del raggio di curvatura della traiettoria T, e della velocità V di avanzamento l'unità 16 di controllo ciclicamente determina l'angolo β_{ref} di assetto desiderato; in particolare, per determinare l'angolo β_{ref} di assetto desiderato l'unità 16 di controllo può utilizzare una mappa predeterminata (normalmente stabilita in modo sperimentale durante una fase di progettazione e messa a punto del veicolo 1 stradale e memorizzata in una memoria) oppure un modello matematico del veicolo 1 stradale.

Durante la percorrenza di una curva, l'unità 16 di controllo stabilisce ad anello aperto un valore iniziale (di partenza) del bloccaggio del differenziale 10 autobloccante in funzione dell'angolo β_{ref} di assetto desiderato e successivamente corregge, se necessario, il bloccaggio del differenziale 10 autobloccante in funzione dello scostamento tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{ref} di assetto desiderato. In particolare, l'unità

16 di controllo varia il bloccaggio del differenziale 10 autobloccante utilizzando un controllo in retroazione che utilizza l'angolo β di assetto effettivo come variabile di retroazione.

Di conseguenza, l'unità 16 di controllo varia ciclicamente il bloccaggio del differenziale 10 autobloccante in funzione della differenza tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{ref} di assetto desiderato: il bloccaggio del differenziale 10 autobloccante viene diminuito se l'angolo β di assetto effettivo è inferiore all'angolo β_{ref} di assetto desiderato, il bloccaggio del differenziale 10 autobloccante viene mantenuto costante se l'angolo β di assetto effettivo è uguale (ovviamente considerando una certa tolleranza) all'angolo β_{ref} di assetto desiderato, ed il bloccaggio del differenziale 10 autobloccante viene aumentato se l'angolo β di assetto effettivo è superiore all'angolo β_{ref} di assetto desiderato. Le modalità di variazione del bloccaggio del differenziale 10 autobloccante rispetto all'errore di controllo (ovvero alla differenza tra l'angolo β di assetto effettivo e all'angolo β_{ref} di assetto desiderato) possono seguire la classica modalità di controllo PID (Proporzionale-Integrale-Derivativo).

Secondo una preferita, ma non vincolante, forma di attuazione, quando l'angolo β di assetto effettivo è

all'interno di un intorno predeterminato dell'angolo β_{ref} di assetto desiderato (ovvero quando il valore assoluto della differenza tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{ref} di assetto desiderato è inferiore ad una soglia predeterminata), l'unità 16 di controllo per controllare l'angolo β di assetto effettivo non agisce più sul bloccaggio del differenziale 10 autobloccante, ma agisce unicamente (come meglio descritto in seguito) sullo smorzamento (ovvero sulla taratura) degli ammortizzatori 14 a controllo elettronico delle sospensioni 13. In altre parole, quando l'angolo β di assetto effettivo è all'interno di un intorno dell'angolo β_{ref} di assetto desiderato, per controllare l'angolo β di assetto effettivo viene variato lo smorzamento (ovvero la taratura) degli ammortizzatori 14 e non viene variato il bloccaggio del differenziale 10 autobloccante; mentre, quando l'angolo β di assetto effettivo è esterno all'intorno dell'angolo β_{ref} di assetto desiderato, per controllare l'angolo β di assetto effettivo non viene variato lo smorzamento (ovvero la taratura) degli ammortizzatori 14 e viene variato il bloccaggio del differenziale 10 autobloccante.

L'unità 16 di controllo calcola la velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo derivando nel tempo l'angolo β di assetto effettivo e varia lo smorzamento (ovvero la taratura) degli ammortizzatori 14 a

controllo elettronico in funzione della velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo. In altre parole, in funzione della velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo l'unità 16 di controllo varia lo smorzamento (ovvero la taratura) degli ammortizzatori 14 a controllo elettronico per rende gli ammortizzatori 14 a controllo elettronico più rigidi (duri, ovvero con un minore smorzamento) oppure più cedevoli (morbidi, ovvero con un maggiore smorzamento).

Se la velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo è negativa (e preferibilmente in valore assoluto superiore ad una corrispondente soglia), ovvero tende a diminuire l'angolo β di assetto effettivo, gli ammortizzatori 14 delle sospensioni 13 posteriori vengono irrigiditi (cioè vengono resi più rigidi) ed eventualmente gli ammortizzatori 14 delle sospensioni 13 anteriori vengono resi più cedevoli. In altre parole, in caso di velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo negativa l'assale posteriore del veicolo 1 stradale viene irrigidito ed eventualmente l'assale anteriore del veicolo 1 stradale viene reso più cedevole per migliorare il comportamento dinamico del differenziale 10 autobloccante. In alternativa, in caso di velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo negativa lo smorzamento dell'assale anteriore del veicolo 1 stradale

non viene modificata.

Se la velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo è positiva (e preferibilmente in valore assoluto superiore ad una corrispondente soglia), ovvero tende ad aumentare l'angolo β di assetto effettivo, gli ammortizzatori 14 delle sospensioni 13 posteriori vengono resi più cedevoli ed eventualmente gli ammortizzatori 14 delle sospensioni 13 anteriori vengono irrigiditi (cioè vengono resi più rigidi). In altre parole, in caso di velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo positiva l'assale posteriore del veicolo 1 stradale viene reso più cedevole e l'assale anteriore del veicolo 1 stradale viene irrigidito (cioè reso più rigido) per stabilizzare il veicolo 1 stradale. In alternativa, in caso di velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo positiva lo smorzamento dell'assale anteriore del veicolo 1 stradale non viene modificata.

Riassumendo, l'unità 16 di controllo porta l'angolo β di assetto effettivo in un intorno dell'angolo β_{TGT} di assetto desiderato agendo sul bloccaggio del differenziale 10 autobloccante; quando l'angolo β di assetto effettivo si trova in un intorno dell'angolo β_{TGT} di assetto desiderato, l'unità 16 di controllo mantiene l'angolo β di assetto effettivo nell'intorno dell'angolo β_{TGT} di assetto desiderato agendo sullo smorzamento degli ammortizzatori 14

a controllo elettronico (che hanno un effetto veloce sul mantenimento dell'angolo β di assetto effettivo in quanto rispondenti alla velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo stesso). Il risultato di quanto sopra descritto è mostrato nel grafico della figura 4, in cui si vede l'evoluzione temporale dell'angolo β di assetto effettivo (in linea continua) e dell'angolo β_{DES} di assetto desiderato (in linea tratteggiata) durante la percorrenza di una curva (all'inizio ed alla fine della curva il veicolo 1 stradale è orientato parallelamente alla propria traiettoria T e quindi all'inizio ed alla fine della curva l'angolo β di assetto effettivo è zero); si osservi come l'angolo β di assetto effettivo oscilla abbastanza rapidamente attorno all'angolo β_{DES} di assetto desiderato come conseguenza dell'azione sullo smorzamento degli ammortizzatori 14 a controllo elettronico.

Inoltre, durante la percorrenza di una curva e per annullare lo scostamento tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{DES} di assetto desiderato l'unità 16 di controllo varia anche l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici. In altre parole, per controllare l'angolo β di assetto effettivo (cioè per rendere l'angolo β di assetto effettivo identico all'angolo β_{DES} di assetto desiderato) l'unità 16 di controllo agisce anche sull'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici

oltre che sul bloccaggio del differenziale 10 autobloccante e sullo smorzamento (taratura) degli ammortizzatori 14 come descritto in precedenza.

Durante la percorrenza di una curva, l'unità 16 di controllo stabilisce ad anello aperto un valore iniziale (di partenza) dell'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici in funzione dell'angolo di sterzo delle ruote 2 anteriori (imposto dal guidatore attraverso il volante) e successivamente corregge, se necessario, l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori in funzione dello scostamento tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{ref} di assetto desiderato.

Durante la percorrenza di una curva, l'unità 16 di controllo stabilisce preventivamente se il veicolo 1 stradale si trova in condizioni stabili oppure in condizioni non stabili. Preferibilmente, l'unità 16 di controllo stabilisce che il veicolo 1 stradale si trova in condizioni stabili se la velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo (cioè la derivata prima nel tempo l'angolo β di assetto effettivo) è inferiore ad un valore β_{LIM} limite e stabilisce che il veicolo 1 stradale si trova in condizioni non stabili se la velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo è superiore al valore β_{LIM} limite; ovviamente, il confronto tra la velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto

effettivo ed il valore β_{LIM} limite avviene con una certa isteresi per evitare variazioni troppo frequenti tra le condizioni stabili e le condizioni non stabili quando la velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo è prossima al valore β_{LIM} limite.

Secondo altre forme di attuazione, l'unità 16 di controllo potrebbe determinare in altri modi se il veicolo 1 stradale si trova in condizioni stabili o in condizioni non stabili; ad esempio, l'unità 16 di controllo potrebbe determinare se il veicolo 1 stradale si trova in condizioni stabili o in condizioni non stabili in funzione del jerk trasversale (cioè in funzione della derivata dell'accelerazione trasversale rispetto al tempo) ed in particolare confrontando il jerk trasversale con un corrispondente valore limite.

Quando il veicolo 1 stradale si trova in condizioni stabili e l'angolo β_{DES} di assetto desiderato indica la tendenza al riallineamento (per massimizzazione la velocità longitudinale), l'unità 16 di controllo varia l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici in funzione dello scostamento tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{DES} di assetto desiderato; in particolare, quando il veicolo 1 stradale si trova in condizioni stabili e l'angolo β_{DES} di assetto desiderato indica la tendenza al riallineamento l'unità 16 di controllo diminuisce l'angolo

di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici (ovvero raddrizza le ruote 3 posteriori motrici) al fine di indirizzare l'angolo β di assetto effettivo verso l'obiettivo descritto dall'angolo β_{TGT} che tende a zero. In particolare, l'angolo β_{TGT} di assetto desiderato indica la tendenza al riallineamento quando l'angolo β_{TGT} di assetto desiderato è zero o prossimo allo zero (cioè decrescente verso lo zero); più in generale, l'angolo β_{TGT} di assetto desiderato indica la tendenza al riallineamento quando l'angolo β_{TGT} di assetto desiderato è decrescente (ovvero tende ad azzerarsi) ed è inferiore all'angolo β di assetto effettivo.

Preferibilmente, l'unità 16 di controllo varia l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici utilizzando un controllo in retroazione che utilizza l'angolo β di assetto effettivo come variabile di retroazione. Di conseguenza, quando il veicolo 1 stradale si trova in condizioni stabili e l'angolo β_{TGT} di assetto desiderato indica la tendenza al riallineamento, l'unità 16 di controllo diminuisce l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici in funzione della differenza tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{TGT} di assetto desiderato. Le modalità di diminuzione dell'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici rispetto all'errore di controllo (ovvero alla differenza tra l'angolo β di

assetto effettivo e all'angolo β_{TOT} di assetto desiderato) possono seguire la classica modalità di controllo PID (Proporzionale-Integrale-Derivativo).

Diversamente, durante la percorrenza di una curva, in accelerazione o in frenata e quando il veicolo 1 stradale si trova in condizioni di limite di stabilità (ovvero in condizioni non stabili), l'unità 16 di controllo determina un nuovo angolo di assetto β_{TOT} di assetto desiderato secondo un criterio di stabilità predeterminato ed incrementa l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici sia in funzione della differenza tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo assetto β_{TOT} di assetto desiderato, sia in funzione della velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo (cioè l'aumento dell'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori è tanto maggiore quanto maggiore è la velocità β' di variazione dell'angolo β di assetto effettivo). Preferibilmente, anche in questo caso l'unità 16 di controllo varia l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici utilizzando un controllo in retroazione che utilizza l'angolo β di assetto effettivo come variabile di retroazione.

Durante la percorrenza di una curva, in accelerazione o in frenata e quando il veicolo 1 stradale si trova in condizioni di limite di stabilità (ovvero in condizioni non stabili), l'unità 16 di controllo può anche valutare

l'opportunità di utilizzare le forze longitudinali (frenanti o traenti) applicate alle ruote 3 posteriori motrici per incrementare la stabilità laterale del veicolo 1 stradale, sfruttando l'orientazione nel piano X-Y (longitudinale/trasversale) delle ruote 3 posteriori motrici; tale valutazione si esplica confrontando la capacità di generare forza del pneumatico nelle due direzioni (longitudinale e laterale) con l'impegno del pneumatico stesso determinato dalle condizioni di moto. In funzione del fatto che la forza longitudinale possa essere orientata in modo favorevole l'unità 16 di controllo incrementa l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici per trovare il miglior sfruttamento, lungo la direzione trasversale del veicolo 1 stradale, delle forze disponibili sull'asse posteriore. In altre parole, l'unità 16 di controllo determina la forza longitudinale e la forza laterale agenti su ciascuna ruota 3 posteriore motrice durante la percorrenza della curva e, se utile, varia l'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici in modo tale da conferire a ciascuna ruota 3 posteriore motrice una orientazione nel piano longitudinale/laterale che permetta di massimizzare la forza laterale agente sulla ruota 3 posteriore motrice anche a scapito della forza longitudinale agente sulla ruota 3 posteriore motrice stessa (cioè accetta di trasmettere meno forza

longitudinale pur di massimizzare la trasmissione di forza trasversale). In altre parole, l'unità 16 di controllo valuta l'opportunità di utilizzare una quota parte della forza longitudinale agente sulle ruote 3 posteriori motrici per aumentare la forza trasversale agente sulle ruote 3 posteriori motrici orientando le ruote 3 posteriori motrici stesse nel piano X-Y mediante la variazione dell'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici.

E' importante osservare che l'azione sull'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici si combina in modo sinergico con l'azione sul bloccaggio del differenziale 10 autobloccante e sullo smorzamento (taratura) degli ammortizzatori 14 per permettere di inseguire con estrema precisione e senza oscillazioni apprezzabili l'angolo β_{rer} di assetto desiderato (cioè l'angolo β di assetto effettivo è sempre pari, a meno di scostamenti non significativi e privi di contenuto oscillatorio rilevate, all'angolo β_{rer} di assetto desiderato). In questo modo, è possibile massimizzare le prestazioni durante la percorrenza della curva (ovvero si massimizza la velocità di percorrenza della curva) senza rendere il veicolo 1 stradale instabile, in quanto l'angolo β_{rer} di assetto desiderato viene determinato proprio per raggiungere l'obiettivo delle massime prestazioni senza rischi. In particolare, l'angolo β di assetto effettivo viene regolato principalmente agendo

sul bloccaggio del differenziale 10 autobloccante e sullo smorzamento (taratura) degli ammortizzatori 14, mentre l'azione sull'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici permette di rendere più efficiente ed efficace l'azione sul bloccaggio del differenziale 10 autobloccante e sullo smorzamento (taratura) degli ammortizzatori 14. In altre parole, la variazione dell'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici permette al differenziale 10 autobloccante ed agli ammortizzatori 14 di avere un effetto più pronto e più efficace sull'angolo β di assetto effettivo consentendo quindi di minimizzare lo scostamento tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{TOT} di assetto desiderato.

Secondo la forma di attuazione illustrata nelle figure 1 e 2, le ruote 3 posteriori sono motrici mentre le ruote 2 anteriori sono sempre condotte (ovvero non è prevista alcuna trasmissione di coppia motrice alle ruote 2 anteriori). Secondo la forma di attuazione illustrata nella figura 5, è prevista una linea 17 di trasmissione secondaria inseribile, la quale è atta a collegare temporaneamente l'albero 6 motore anche alle ruote 2 anteriori in modo tale da rendere temporaneamente motrici anche le ruote 2 anteriori stesse. La linea 17 di trasmissione secondaria comprende una coppia di frizioni 18 secondarie, ciascuna delle quali è direttamente accoppiata

ad una rispettiva ruota 2 anteriore; in particolare, ciascuna frizione 18 secondaria è coassiale alla rispettiva ruota 2 anteriore e presenta una uscita calettata ad un semiasse 19 della rispettiva ruota 2 anteriore. La linea 17 di trasmissione secondaria comprende una coppia 20 conica per trasmettere il moto dall'albero 5 motore alle frizioni 18 secondarie ed è priva di differenziale anteriore la cui funzione viene svolta dalle frizioni 18 secondarie (in altre parole, una eventuale differenza di velocità di rotazione tra le due ruote 2 anteriori viene compensata mediante una corrispondente differenza nello slittamento delle due frizioni 18 secondarie).

Le due frizioni 18 secondarie della linea 17 di trasmissione secondaria permettono di operare il cosiddetto "torque vectoring", cioè permettono di differenziare le coppie motrice applicate alle due ruote 2 anteriori. In uso, il controllo di trazione elettronico trasferisce parte della coppia motrice generata dal motore 5 termico a combustione interna solo quando le ruote 3 posteriori motrici iniziano a perdere di aderenza (cioè iniziano a slittare); ovvero, il controllo di trazione elettronico trasferisce alle ruote 2 anteriori la coppia motrice in esubero che non riesce a venire scaricata a terra dalle ruote 3 posteriori motrici (ovviamente se anche le ruote 2 anteriori iniziano a slittare il controllo di trazione

elettronico taglia la coppia motrice generata dal motore 5 termico a combustione interna).

Quando il veicolo 1 stradale si trova in condizioni stabili ed in ingresso curva e l'angolo β di assetto effettivo è inferiore all'angolo β_{TOT} di assetto desiderato, l'unità 16 di controllo regola le frizioni 18 secondarie per aumentare la coppia motrice trasmessa alla ruota 2 anteriore esterna alla curva (ovvero diminuire la coppia motrice trasmessa alla ruota 2 anteriore interna alla curva); in altre parole, quando il veicolo 1 stradale si trova in condizioni stabili ed in ingresso curva e l'angolo β di assetto effettivo è inferiore all'angolo β_{TOT} di assetto desiderato, l'unità 16 di controllo trasferisce coppia motrice dalla ruota 2 anteriore interna alla curva alla ruota 2 anteriore esterna alla curva per fare in modo che la ruota 2 anteriore esterna alla curva riceva più coppia motrice rispetto alla ruota 2 anteriore interna alla curva. Preferibilmente, la differenza di distribuzione delle coppia motrice sulle ruote 2 anteriori è tanto maggiore (ovviamente a favore della ruota 2 anteriore esterna alla curva) quanto maggiore è la differenza tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{TOT} di assetto desiderato; a titolo di esempio, potrebbe venire utilizzata una mappa determinata sperimentalmente che fornisce la ripartizione della coppia motrice tra le ruote 2 anteriori

in funzione della differenza tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{DES} di assetto desiderato.

Quando il veicolo 1 stradale si trova in condizioni non stabili, la ripartizione della coppia motrice sulle ruote 2 anteriori viene mantenuta equilibrata (ovvero 50% sulla ruota 2 anteriore interna alla curva e 50% sulla ruota 2 anteriore esterna alla curva).

E' importante osservare che sulla ripartizione della coppia motrice tra le ruote 2 anteriori non interviene solo il controllo dell'assetto sopra descritto, ma anche il controllo di trazione che determina a monte ed in modo indipendente dal controllo dell'assetto sopra descritto il quantitativo ottimale di coppia traente allocabile all'asse anteriore e riduce la coppia motrice su una ruota 2 anteriore quando la ruota 2 anteriore stessa perde aderenza (la riduzione della coppia motrice può avvenire trasferendo coppia motrice all'altra ruota 2 anteriore oppure tagliando la coppia motrice generata dal motore 5 termico a combustione interna).

E' importante osservare che l'azione sulla ripartizione di coppia motrice tra le ruote 2 anteriori si combina in modo sinergico con l'azione sul bloccaggio del differenziale 10 autobloccante e sullo smorzamento (taratura) degli ammortizzatori 14 per permettere di inseguire con estrema precisione e senza oscillazioni

apprezzabili l'angolo β_{TOT} di assetto desiderato (cioè l'angolo β di assetto effettivo è sempre pari, a meno di scostamenti non significativi e privi di contenuto oscillatorio rilevate, all'angolo β_{TOT} di assetto desiderato). In questo modo, è possibile massimizzare le prestazioni durante la percorrenza della curva (ovvero si massimizza la velocità di percorrenza della curva) senza rendere il veicolo 1 stradale instabile, in quanto l'angolo β_{TOT} di assetto desiderato viene determinato proprio per raggiungere l'obiettivo delle massime prestazioni senza rischi. In particolare, l'angolo β di assetto effettivo viene regolato principalmente agendo sul bloccaggio del differenziale 10 autobloccante e sullo smorzamento (taratura) degli ammortizzatori 14, mentre l'azione sulla ripartizione di coppia motrice tra le ruote 2 anteriori permette di rendere più efficiente ed efficace l'azione sul bloccaggio del differenziale 10 autobloccante e sullo smorzamento (taratura) degli ammortizzatori 14. In altre parole, la variazione della ripartizione di coppia motrice tra le ruote 2 anteriori permette al differenziale 10 autobloccante ed agli ammortizzatori 14 di avere un effetto più pronto e più efficace sull'angolo β di assetto effettivo consentendo quindi di minimizzare lo scostamento tra l'angolo β di assetto effettivo e l'angolo β_{TOT} di assetto desiderato.

Secondo una diversa forma di attuazione non illustrata, il veicolo 1 stradale è privo di differenziale 10 autobloccante a controllo elettronico e di ammortizzatori 14 a controllo elettronico e quindi per controllare l'angolo β di assetto effettivo unità 16 di controllo elettronica può agire solo sull'angolo di sterzo delle ruote 3 posteriori motrici (se le ruote 3 posteriori motrici sono sterzanti) e/o sulla ripartizione della coppia motrice sulle ruote 2 anteriori (se le ruote 2 anteriori sono motrici).

Il metodo di controllo sopra descritto presenta numerosi vantaggi.

In primo luogo, il metodo di controllo sopra descritto permette di massimizzare le prestazioni durante la percorrenza della curva (ovvero permette di massimizzare la velocità di percorrenza della curva) senza rendere il veicolo 1 stradale instabile (ovvero avvicinandosi al limite di stabilità del veicolo 1 stradale mantenendo comunque un margine di sicurezza adeguato).

Inoltre, il metodo di controllo sopra descritto è particolarmente sicuro, in quanto mantiene sempre il veicolo 1 stradale sotto controllo ed è sempre in grado di intervenire rapidamente ed efficacemente in caso di necessità.

Infine, il metodo di controllo sopra descritto è di

semplice ed economica implementazione in un veicolo stradale provvisto di differenziale autobloccante a controllo elettronico, in quanto non richiede l'aggiunta di alcun componente fisico (ovvero l'hardware del sistema non viene in alcun modo modificato) ma è completamente realizzabile via software. E' importante osservare che il metodo di controllo sopra descritto non impegna né una elevata capacità di calcolo, né una estesa quantità di memoria e quindi la sua implementazione è possibile in una unità di controllo nota senza necessità di aggiornamenti o potenziamenti.

R I V E N D I C A Z I O N I

1) Metodo di controllo di un veicolo (1) stradale con ruote (3) posteriori sterzanti durante la percorrenza di una curva; il metodo di controllo comprende la fase di determinare un angolo (β) di assetto effettivo del veicolo (1) stradale;

il metodo di controllo è **caratterizzato dal fatto di** comprendere le ulteriori fasi di:

determinare un angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato; e
variare l'angolo di sterzo delle ruote (3) posteriori in funzione della differenza tra l'angolo (β) di assetto effettivo e l'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato.

2) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 1 e comprendente l'ulteriore fase di diminuire l'angolo di sterzo delle ruote (3) posteriori quando l'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato indica la tendenza al riallineamento.

3) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 2, in cui la diminuzione dell'angolo di sterzo delle ruote (3) posteriori dipende dalla differenza tra l'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato e l'angolo (β) di assetto effettivo.

4) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 2 o 3 e comprendente l'ulteriore fase di determinare che l'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato indica la tendenza al riallineamento quando l'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato è zero o prossimo allo zero.

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

5) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 2, 3 o 4 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare se il veicolo (1) stradale è in condizioni stabili oppure in condizioni non stabili; e

diminuire l'angolo di sterzo delle ruote (3) posteriori solo se il veicolo (1) stradale è in condizioni stabili.

6) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 5 e comprendente l'ulteriore fase di aumentare l'angolo di sterzo delle ruote (3) posteriori se il veicolo (1) stradale è in condizioni non stabili.

7) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 6, in cui l'aumento dell'angolo di sterzo delle ruote (3) posteriori dipende dalla differenza tra l'angolo (β_{ref}) di assetto desiderato e l'angolo (β) di assetto effettivo.

8) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 6 o 7, in cui l'aumento dell'angolo di sterzo delle ruote (3) posteriori è tanto maggiore quanto maggiore è la velocità (β') di variazione nel tempo dell'angolo (β) di assetto effettivo.

9) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 5 a 8, in cui, quando il veicolo (1) stradale è in condizioni stabili, l'angolo di sterzo delle ruote (3) posteriori viene variato utilizzando un controllo in retroazione che utilizza l'angolo (β) di assetto

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

effettivo come variabile di retroazione.

10) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 5 a 9 e comprendente le ulteriori fasi di:

calcolare la velocità (β') di variazione dell'angolo (β) di assetto effettivo derivando nel tempo l'angolo (β) di assetto effettivo; e

determinare se il veicolo (1) stradale è in condizioni stabili oppure in condizioni non stabili in funzione della velocità (β') di variazione dell'angolo (β) di assetto effettivo.

11) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 10 e comprendente le ulteriori fasi di:

stabilire che il veicolo (1) stradale è in condizioni stabili se la velocità (β') di variazione dell'angolo (β) di assetto effettivo è inferiore ad un valore (β_{LIM}) limite; e

stabilire che il veicolo (1) stradale è in condizioni non stabili se la velocità (β') di variazione dell'angolo (β) di assetto effettivo è superiore al valore (β_{LIM}) limite.

12) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 11 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare la forza longitudinale e la forza

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

laterale agenti su ciascuna ruota (3) posteriore durante la percorrenza della curva; e

variare l'angolo di sterzo delle ruote (3) posteriori in modo tale da conferire a ciascuna ruota (3) posteriore una orientazione nel piano longitudinale/laterale che permetta di massimizzare la forza laterale agente sulla ruota (3) posteriore anche a scapito della forza longitudinale agente sulla ruota (3) posteriore stessa.

13) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 12 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare se il veicolo (1) stradale è in condizioni stabili oppure in condizioni non stabili; e

aumentare la coppia motrice trasmessa alla ruota (2) anteriore esterna alla curva diminuendo di conseguenza la coppia motrice trasmessa alla ruota (2) anteriore interna alla curva quando il veicolo (1) stradale si trova in condizioni stabili ed in ingresso curva e l'angolo (β) di assetto effettivo è inferiore all'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato.

14) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 13, in cui la differenza di distribuzione delle coppia motrice sulle ruote (2) anteriori è tanto maggiore quanto maggiore è la differenza tra l'angolo (β) di assetto effettivo e l'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato.

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

15) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 13 o 14 e comprendente l'ulteriore fase di mantenere equilibrata la ripartizione della coppia motrice sulle ruote (2) anteriori quando il veicolo (1) stradale si trova in condizioni non stabili.

16) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 15, in cui la fase di determinare l'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato comprende le ulteriori fasi di:

stimare una aderenza di ruote (2, 3) del veicolo (1) stradale;

determinare un raggio di curvatura di una traiettoria (T) del veicolo (1) stradale;

determinare una velocità (V) di avanzamento del veicolo (1) stradale; e

determinare l'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato utilizzando una mappa predeterminata od un modello matematico del veicolo (1) stradale ed in funzione dell'aderenza delle ruote (2, 3), del raggio di curvatura della traiettoria (T), e della velocità (V) di avanzamento.

17) Metodo di controllo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 16, in cui:

le ruote (3) posteriori sono motrici e ricevono il moto attraverso un differenziale (10) autobloccante a controllo elettronico; ed

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

il bloccaggio del differenziale (10) autobloccante viene variato in funzione della differenza tra l'angolo (β) di assetto effettivo e l'angolo (β_{DES}) di assetto desiderato.

18) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 17, in cui:

il bloccaggio del differenziale (10) autobloccante viene diminuito se l'angolo (β) di assetto effettivo è inferiore all'angolo (β_{DES}) di assetto desiderato;

il bloccaggio del differenziale (10) autobloccante viene mantenuto costante se l'angolo (β) di assetto effettivo è uguale all'angolo (β_{DES}) di assetto desiderato;
e

il bloccaggio del differenziale (10) autobloccante viene aumentato se l'angolo (β) di assetto effettivo è superiore all'angolo (β_{DES}) di assetto desiderato.

19) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 17 o 18 e comprendente le ulteriori fasi di:

calcolare la velocità (β') di variazione dell'angolo (β) di assetto effettivo derivando nel tempo l'angolo (β) di assetto effettivo; e

variare lo smorzamento di ammortizzatori (14) a controllo elettronico di sospensioni (13) del veicolo (1) stradale in funzione della velocità (β') di variazione dell'angolo (β) di assetto effettivo.

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

20) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 19, in cui:

quando l'angolo (β) di assetto effettivo è all'interno di un intorno dell'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato viene variato lo smorzamento degli ammortizzatori (14) e non viene variato il bloccaggio del differenziale (10) autobloccante; e

quando l'angolo (β) di assetto effettivo è esterno all'intorno dell'angolo (β_{TOT}) di assetto desiderato non viene variato lo smorzamento degli ammortizzatori (14) e viene variato il bloccaggio del differenziale (10) autobloccante.

21) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 19 o 20, in cui:

se la velocità (β') di variazione dell'angolo (β) di assetto effettivo è negativa, ovvero tende a diminuire l'angolo (β) di assetto effettivo, gli ammortizzatori (14) delle sospensioni (13) posteriori vengono irrigiditi; e

se la velocità (β') di variazione dell'angolo (β) di assetto effettivo è positiva, ovvero tende a aumentare l'angolo (β) di assetto effettivo, gli ammortizzatori (14) delle sospensioni (13) anteriori vengono resi più cedevoli.

p.i.: FERRARI S.P.A.

Matteo MACCAGNAN

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

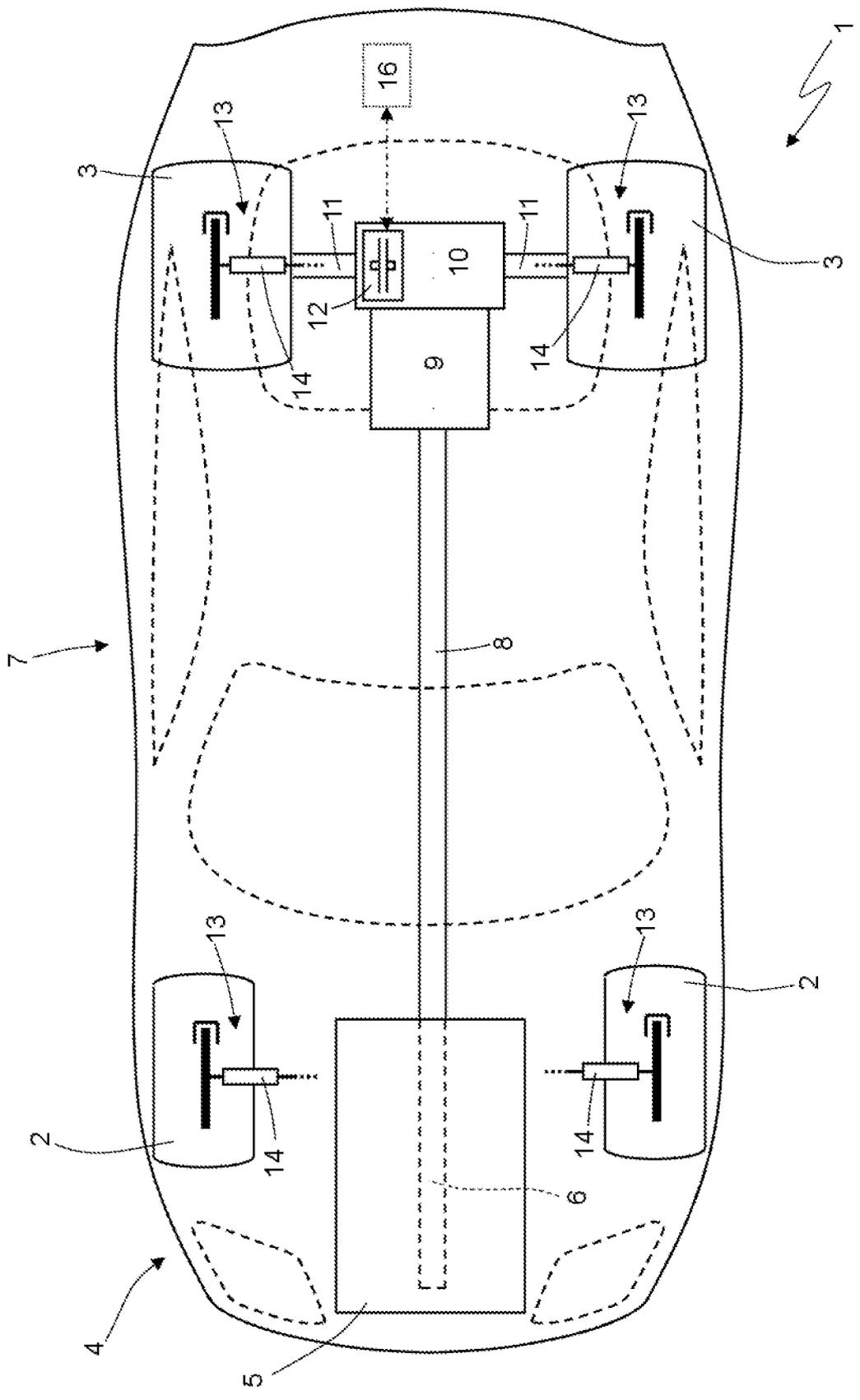


Fig. 1

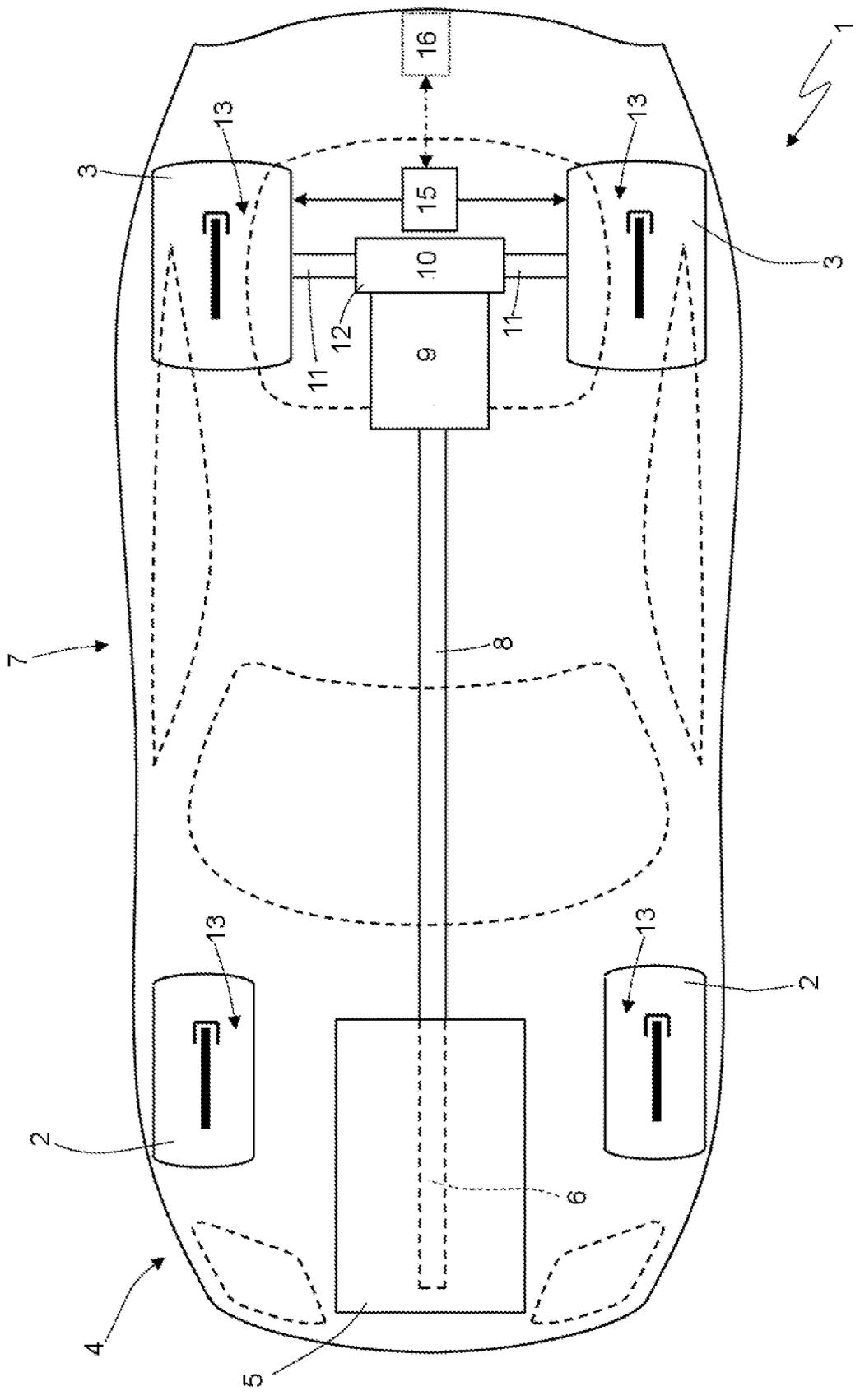


Fig. 2

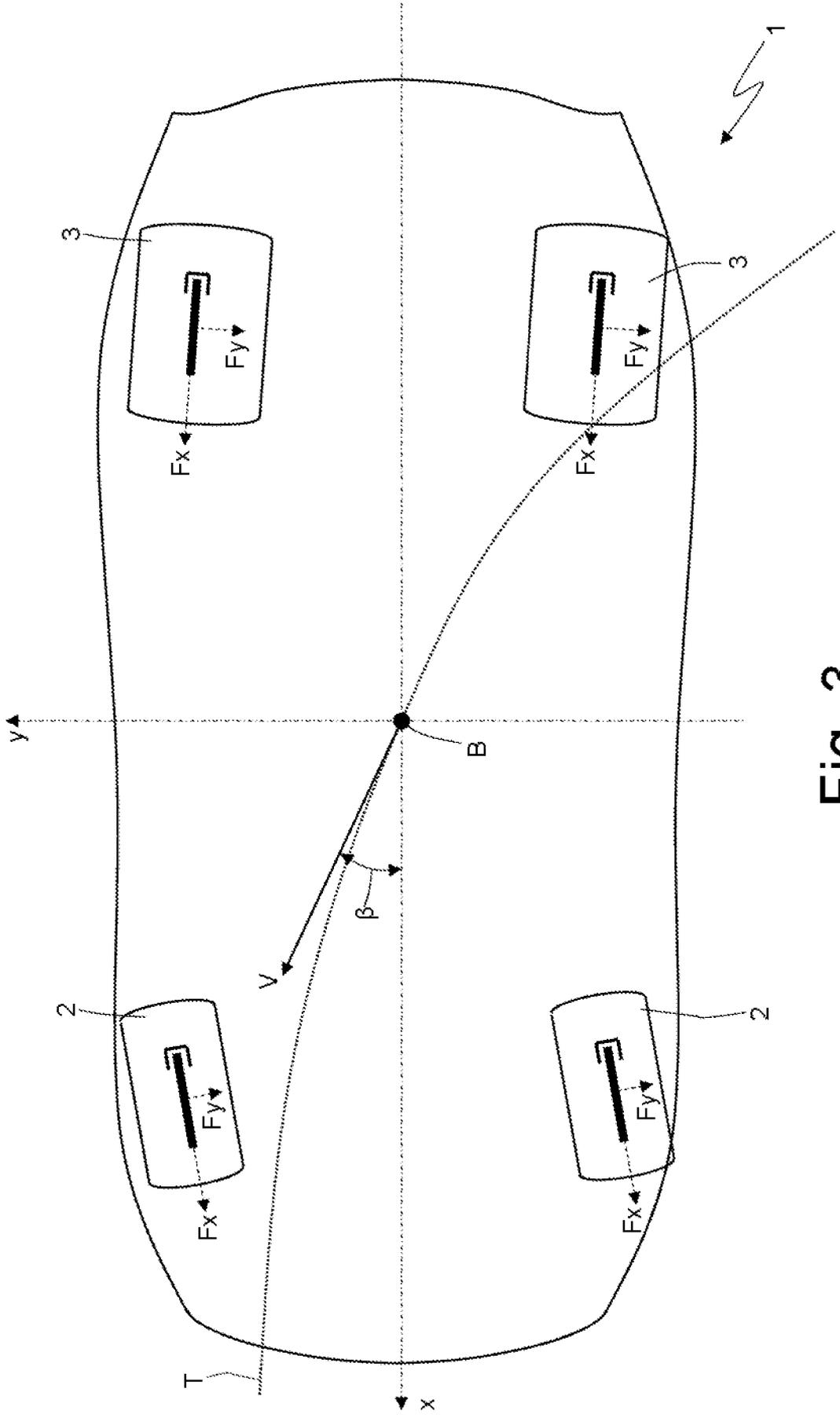


Fig. 3

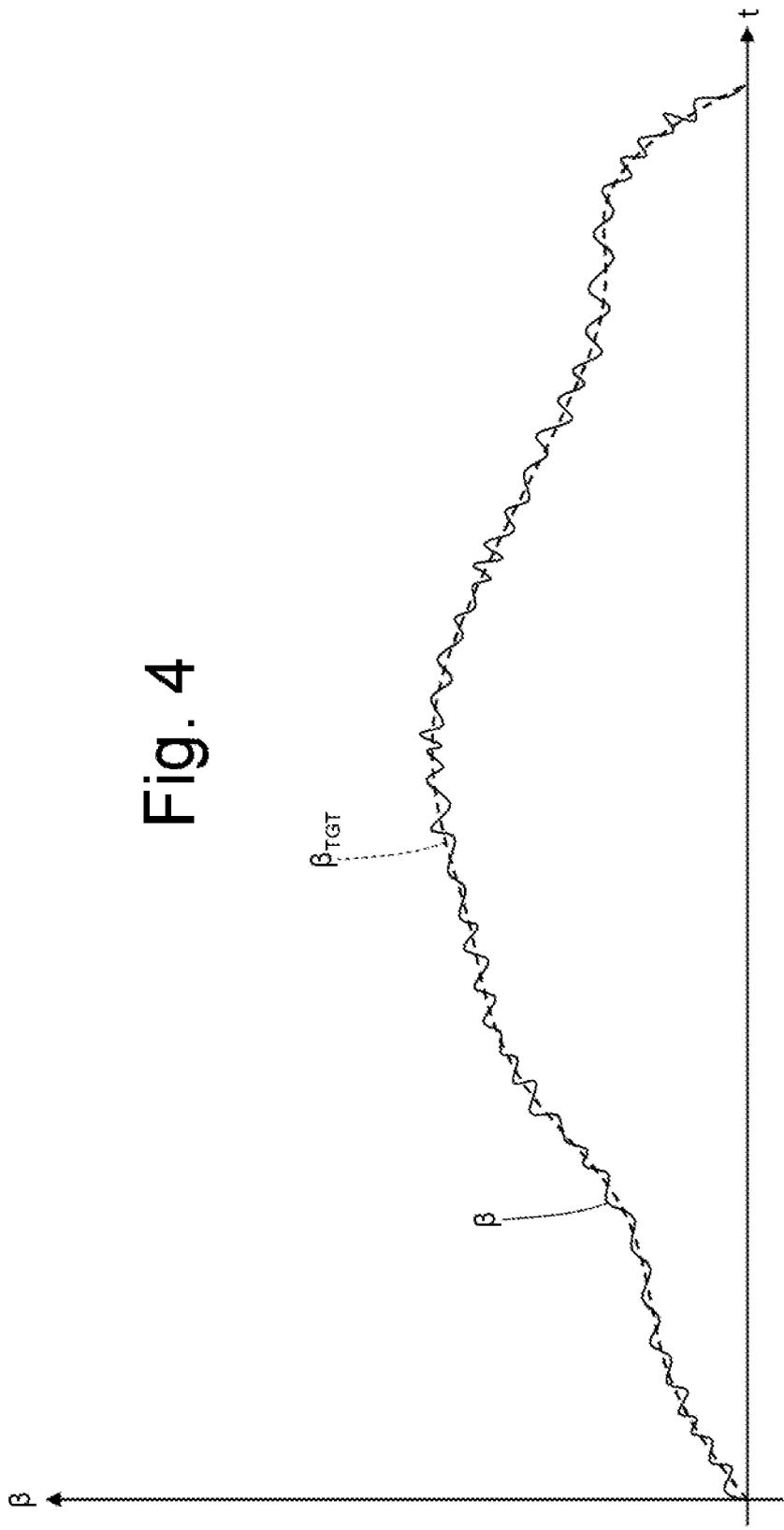


Fig. 4

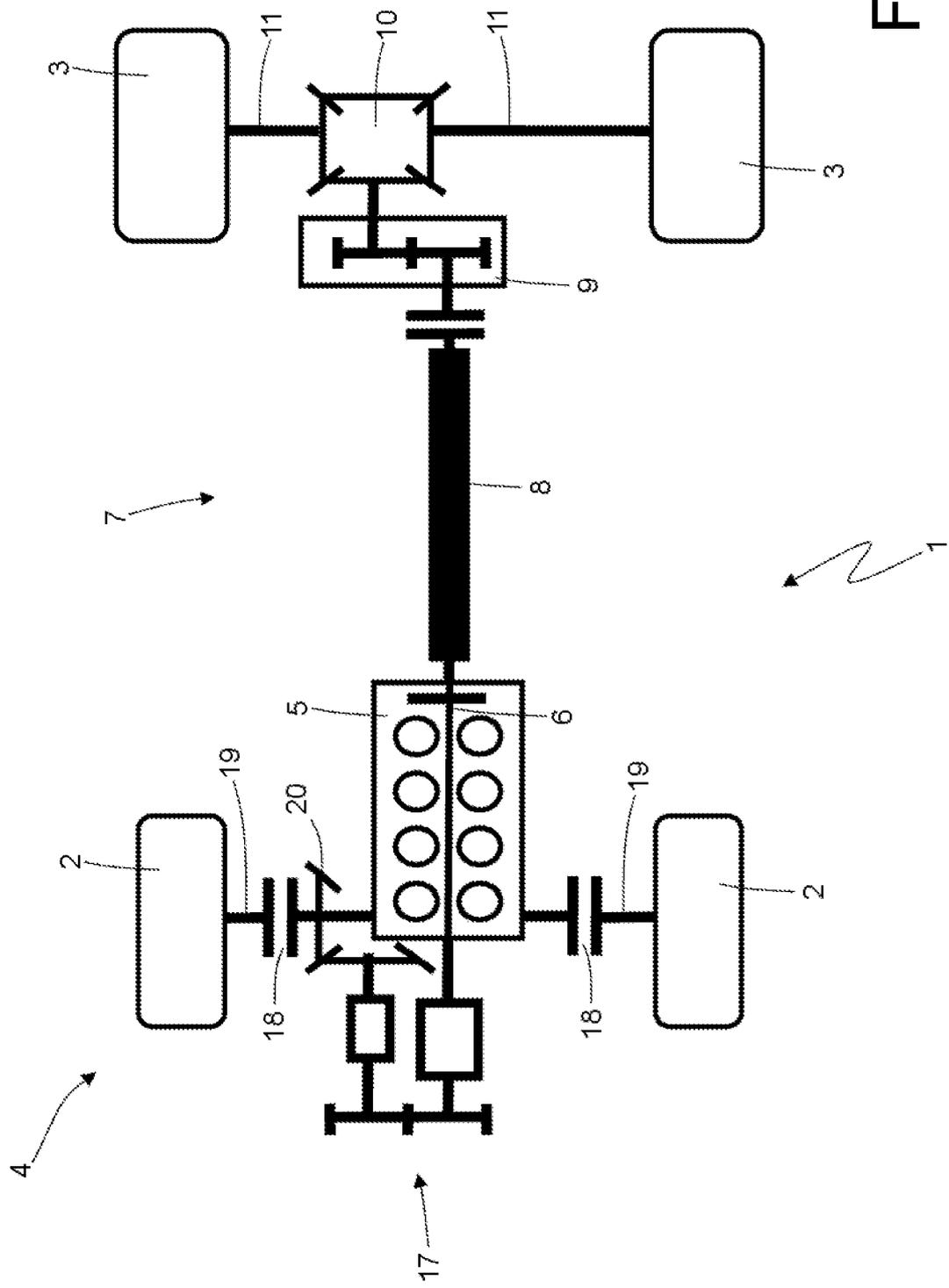


Fig. 5