

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000024236
Data Deposito	21/09/2021
Data Pubblicazione	21/03/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	60	T	8	171

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	60	T	8	172

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	60	T	8	52

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	60	T	13	74

Titolo

METODO E SISTEMA DI CONTROLLO DI UN IMPIANTO FRENANTE
--

I0194942/FC

TITOLARE: BREMBO S.P.A.

TITOLO: "METODO E SISTEMA DI CONTROLLO DI UN IMPIANTO
FRENNANTE"

5 DESCRIZIONE

[0001] Campo dell'invenzione

[0002] La presente invenzione riguarda un impianto frenante di un veicolo, e si riferisce in particolare ad un metodo di controllo di un impianto frenante di un veicolo e al
10 relativo sistema.

[0003] Stato della tecnica

[0004] Nei moderni veicoli, ad esempio le autovetture, sono sempre più diffusi impianti frenanti muniti di sistemi frenanti elettronici in tecnologia BBW (dall'acronimo
15 inglese, "Brake By Wire").

[0005] All'interno di un sistema frenante elettronico in tecnologia BBW, durante la fase di frenata, è fondamentale conoscere la forza esercitata da una coppia di pastiglie di una pinza freno su un rispettivo disco
20 freno, in modo che tale forza possa essere modulata dal sistema frenante elettronico in tecnologia BBW con un tipico controllo ad anello chiuso. Il valore di forza esercitato dalla pinza viene confrontato con un valore di forza di riferimento richiesto per la frenata, dal
25 guidatore del veicolo o da un sistema elettronico di

assistenza alla guida, al fine di garantire per l'appunto che la forza frenante raggiunga tale valore di forza di riferimento richiesto.

[0006] Tale confronto è eseguito non soltanto nei casi
5 tipici di richiesta di frenata ma anche in quei casi specifici in cui il sistema frenante elettronico in tecnologia BBW debba rispondere a richieste provenienti da ulteriori sistemi elettronici di cui può essere munito il veicolo quali, ad esempio, il sistema antibloccaggio
10 delle ruote in frenata (ABS, Antilock Braking System) o il sistema elettronico di controllo stabilità (ECS Electronic Stability Control) o in cui debba rispondere alle condizioni di bassa aderenza del veicolo stesso.

[0007] Allo stato dell'arte per avere un feedback sul
15 livello della forza di serraggio applicata si hanno principalmente due scelte:

[0008] 1. Con un sensore di forza che copre l'intero campo operativo della pinza (che potrebbe anche essere un sensore di pressione o un sensore di coppia);
20 [0009] 2. Con uno stimatore che calcola indirettamente la forza applicata in base a misure aggiuntive disponibili sulla pinza del sistema BBW, come posizione, corrente, temperatura.

[0010] L'opzione 1 presenta alcuni limiti relativi a
25 fattibilità, costi, risoluzione/accuratezza e

riutilizzabilità.

[0011] Per quanto riguarda la fattibilità, in alcuni casi non è possibile avere un sensore in grado di leggere l'intero range operativo della pinza freno nel piccolo
5 spazio disponibile nella pinza stessa.

[0012] Per quanto riguarda i costi, sviluppare e validare un sensore con elevato range di lettura può essere molto costoso.

[0013] Per quanto riguarda la risoluzione/accuratezza, in
10 un sensore, il range di lettura del sensore, l'accuratezza e la risoluzione sono caratteristiche legate tra loro e non possono essere determinate in modo indipendente: un aumento del range di lettura del sensore può comportare una perdita di accuratezza e risoluzione.

15 [0014] Per quanto riguarda la riutilizzabilità, a meno che non si utilizzi un sensore con un range molto ampio anche in attuatori dove è richiesto un range di lettura inferiore, è necessario scegliere il sensore con il range appropriato per ogni applicazione e non è possibile
20 utilizzare lo stesso sensore su più applicazioni con range differenti, ad esempio per diversi segmenti di veicoli.

[0015] L'opzione 2 ha il limite che una stima è soggetta a molte incertezze e variabilità lungo la vita dei
25 componenti, ad esempio a causa di variazioni di

efficienza, usura delle pastiglie, variazione dei parametri di produzione dell'attuatore e della pinza, effetti termici, variazioni di forze di attrito, ecc. Questi aspetti possono comportare stime con scarsi
5 livelli di accuratezza, soprattutto nella prima parte dell'evento di frenata a bassa forza e quando il punto di contatto pastiglie-disco deve essere invece determinato e rilevato con elevata accuratezza.

[0016] Soluzione

10 [0017] Scopo della presente invenzione è quello di proporre un metodo e sistema di controllo di un impianto frenante in grado di ovviare, almeno in parte, ai limiti e inconvenienti delle soluzioni della tecnica nota.

[0018] Tale scopo è raggiunto con un metodo di controllo di
15 un impianto frenante secondo la rivendicazione 1 e con un sistema di controllo secondo la rivendicazione 13.

[0019] Alcune forme di realizzazione vantaggiose sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

[0020] Figure

20 [0021] Ulteriori caratteristiche e vantaggi del metodo e del relativo sistema secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione di seguito riportata di esempi preferiti di realizzazione, dati a titolo indicativo e non limitativo, con riferimento alle annesse figure, in
25 cui:

[0022] - la figura 1 illustra mediante uno schema a blocchi un sistema elettronico di controllo di un impianto frenante di un veicolo, in accordo ad una forma di realizzazione dell'invenzione;

5 [0023] - la figura 2 illustra mediante uno schema a blocchi un sistema elettronico di controllo di un impianto frenante di un veicolo, in accordo ad un'ulteriore forma di realizzazione dell'invenzione;

[0024] - la figura 3 è un grafico di una curva di rigidezza
10 tra forza e spostamento, in parte misurata e in parte stimata, ottenuta in accordo con una forma di realizzazione del metodo di controllo secondo l'invenzione;

[0025] - le figure 4, 4a sono due grafici di curve di
15 rigidezza tra forza e spostamento e forza e tempo, rispettivamente, che includono la caratteristica di isteresi della pinza;

[0026] - la figura 5 è un altro grafico di una curva di rigidezza tra forza e spostamento con isteresi, che
20 rappresenta il fenomeno dei transitori tra la curva di salita e la curva di discesa della forza di serraggio; e

[0027] - la figura 6 è un diagramma di flusso di un metodo di controllo di un impianto frenante di un veicolo, secondo una forma di realizzazione
25 dell'invenzione.

[0028] Negli allegati disegni, con 1; 100 è stato indicato nel suo complesso e in forma schematica un sistema di controllo elettronico di un impianto frenante in alcune forme di realizzazione dell'invenzione. In particolare, 5 il sistema di controllo trova applicazione in un impianto frenante di tipo Brake-By-Wire con un'architettura distribuita, in cui ogni corner del veicolo è controllato in modo indipendente in anello chiuso in modo da minimizzare l'errore tra il valore di forza di frenata 10 target, ovvero di riferimento (FR), e l'intensità della forza di frenata effettivamente applicata dalla pinza freno.

[0029] Si precisa che il valore associato al target di frenata e all'intensità della forza applicata dalla pinza 15 può dipendere delle strategie di controllo adottate, dal sensore utilizzato o dalla topologia del corner, e può essere, ad esempio, ma non limitato a, forza, pressione o coppia. Queste misure sono correlate tra loro e possono essere facilmente convertite tra loro; pertanto, nella 20 descrizione che segue tali grandezze correlate verranno genericamente indicate come "forza" o "forza di serraggio".

[0030] Inoltre, elementi comuni alle varie forme di realizzazione sono indicati con gli stessi numeri di 25 riferimento.

[0031] Ai fini della presente descrizione per veicolo, non mostrato nelle figure, si intende qualsiasi veicolo o motoveicolo, anche di tipo commerciale, avente due, tre, quattro o più ruote.

5 [0032] Inoltre, per impianto frenante, anch'esso non mostrato nelle figure, s'intende un insieme di tutti i componenti (da quelli meccanici e/o elettrici o elettronici fino al fluido frenante) che concorrono alla generazione della frenata di servizio di un veicolo o
10 alla generazione della frenata di stazionamento di un veicolo.

[0033] Le figure 1 e 2 rappresentano schemi a blocchi di possibili forme di realizzazione del sistema 1.

[0034] In alcune forme di realizzazione, il sistema di
15 controllo comprende un modulo di controllo veicolo 101.

[0035] Il modulo di controllo veicolo 101, ad esempio un modulo hardware e/o una logica software all'interno di un modulo hardware principale, è configurato, tra i compiti a cui è destinato, per ricevere una richiesta di frenata
20 RF (richiesta di decelerazione).

[0036] Tale richiesta di frenata RF può provenire da un pedale freno (non mostrato nelle figure) azionabile dal conducente del veicolo ed essere ad esempio elaborata da una logica di tipo EBD (Electronic Brake-force
25 Distribution, non mostrata nelle figure) implementabile

dal modulo di controllo veicolo 101 oppure provenire da una logica automatica di assistenza alla guida del veicolo, ad esempio una logica di tipo AEB (Autonomous Emergency Brake, frenata di emergenza autonoma, anch'essa
5 non mostrata nelle figure).

[0037] Il modulo di controllo veicolo 101 può essere configurato per determinare un valore di forza di riferimento FR sulla base della richiesta di frenata RF ed eventualmente di altre informazioni provenienti da
10 sensori associati all'impianto frenante, o in generale, al veicolo.

[0038] In altre forme di realizzazione, il modulo di controllo veicolo 101 è esterno al sistema di controllo 1; 100 oggetto della presente invenzione e fornisce al
15 sistema il sistema di controllo 1; 100 il valore della forza di riferimento FR.

[0039] Il sistema 1; 100 comprende inoltre uno o più dispositivi di rilevazione corner 10 operativamente associati ad un corner di un veicolo.

20 [0040] Questi dispositivi di rilevazione corner 10 sono configurati per rilevare informazioni di corner rappresentative dell'impianto frenante in corrispondenza di un corner del veicolo. Ai fini della presente descrizione, per "informazioni di corner rappresentative
25 dell'impianto frenante in corrispondenza di un corner

veicolo" s'intendono per l'appunto informazioni relative ad ogni dispositivo frenante, anche se non necessariamente fisicamente localizzate in corrispondenza del relativo corner.

5 [0041] I dispositivi di rilevazione corner 10 comprendono sensori attuatore 102 adatti ad acquisire informazioni relative allo stato dell'attuatore pinza, ad esempio un attuatore elettromeccanico o elettro-idraulico, che è azionabile per comandare il serraggio e il rilascio della
10 rispettiva pinza freno.

[0042] In maggior dettaglio, in alcune forme di realizzazione, i sensori attuatore 102 comprendono sensori di posizione, sensori di tensione elettrica, sensori di corrente elettrica, sensori di temperatura e
15 così via.

[0043] In tal caso, le informazioni acquisite dai sensori attuatore 102 sono, ad esempio:

[0044] - la posizione dell'attuatore elettro-meccanico o elettro-idraulico della pinza freno;

20 [0045] - grandezze derivate dalla posizione dell'attuatore elettro-meccanico della pinza freno quali, ad esempio: velocità, accelerazione o la derivata dell'accelerazione (strappo o jerk);

[0046] - la tensione elettrica/PWM (Pulse With
25 Modulation) di alimentazione del motore elettrico atto a

movimentare l'attuatore elettro-meccanico o elettro-idraulico e ulteriori grandezze derivate (ad esempio, picchi tensione elettrica, media filtrata, potenza elettrica derivata con corrente elettrica e così via);

5 [0047] - la corrente elettrica assorbita dal motore elettrico e ulteriori grandezze derivate (ad esempio, picchi corrente elettrica, media filtrata, potenza elettrica derivata con tensione elettrica, stima del consumo, efficienza e potenza elettrica assorbita e così
10 via);

[0048] - la temperatura esterna dell'attuatore elettro-meccanico o elettro-idraulico e/o del motore elettrico.

[0049] I dispositivi di rilevazione corner 10 comprendono inoltre, per ogni corner, un sensore di forza 104 adatto
15 ad acquisire un'informazione correlata alla forza di serraggio esercitata dalla pinza freno sul disco freno.

[0050] In una forma di realizzazione, il sensore di forza 104 è adatto a misurare la forza di serraggio esercitata dalla pinza freno almeno in un range limitato alla prima
20 parte del range operativo della pinza freno, ovvero alla prima parte della corsa del pistone dell'attuatore elettro-meccanico o, nel caso di attuatore elettro-idraulico, alla prima parte della corsa del flottante della pompa o della corsa dei pistoni della pinza.

25 [0051] In altre parole, il sensore di forza 104 può avere

un range di lettura della forza inferiore rispetto al range operativo della pinza freno.

[0052] In altre forme di realizzazione, il sensore di forza 104 è, o è utilizzato per funzionare come, un sensore binario, ovvero uno switch di forza, adatto a rilevare solo se la forza di serraggio esercitata dalla pinza supera un valore di soglia prestabilito. In questo caso, ad esempio, le informazioni di corner comprendono un'informazione rappresentativa di inizio fase di forza da parte dell'attuatore elettro-meccanico, ovvero un'informazione (ad esempio, un "flag") rappresentativa dell'inizio della fase di carico, in cui il pistone dell'attuatore elettro-meccanico o elettro-idraulico inizia a fare forza e passa da una posizione a vuoto ad una posizione in cui comincia a caricare sulla pinza freno.

[0053] Il sistema 1 comprende inoltre un modulo estimatore di forza 110 configurato per determinare un valore di forza stimata FS sulla base di un modello di rigidità pinza rappresentato da una curva di rigidità teorica F_x che mette in relazione la forza di serraggio applicata dall'attuatore con la posizione P del pistone dell'attuatore elettro-meccanico o elettro-idraulico.

[0054] Il modello di rigidità pinza è fornito da un modulo di modellizzazione rigidità 120.

[0055] In una forma di realizzazione illustrata nella figura 1, in cui il sistema impiega un sensore di forza 104 configurato per misurare la forza di serraggio almeno in un range limitato alla parte inferiore del range operativo della pinza, il modulo di modellizzazione rigidezza 120 costruisce la curva di rigidezza teorica F_x sulla base delle informazioni acquisite dal sensore di forza e dalle informazioni sullo stato dell'attuatore pinza. Nel prosieguo della descrizione verranno descritti alcuni esempi di algoritmi di costruzione del modello.

[0056] In questa forma di realizzazione, il modulo estimatore di forza 110 è configurato per stimare la curva di rigidezza teorica nel range di forza di serraggio oltre il range di lettura del sensore e fino al valore massimo di forza di serraggio della pinza, o comunque oltre un certo valore di soglia di forza di serraggio prestabilito all'interno del range di lettura del sensore, ad esempio al di sotto del quale l'accuratezza di misura del sensore è soddisfacente e sopra il quale l'accuratezza di misura del sensore non è ritenuta soddisfacente.

[0057] In alcune forme di realizzazione, il sistema di controllo elettronico è configurato per utilizzare l'informazione sulla forza di serraggio proveniente dal sensore di forza se il valore della forza di riferimento

FR è al di sotto del valore di soglia stabilito per il sensore di forza, e per utilizzare il valore di forza stimato FS se il valore della forza di riferimento FR è superiore al valore di soglia.

5 [0058] In altre parole, il modello di rigidità è utilizzato per stimare la forza al di fuori del range di lettura del sensore in modo da fornire il feedback per il controllo in anello chiuso per tutto il range operativo del corner.

10 [0059] Ad esempio, il confronto tra il valore della forza di riferimento FR e il valore di soglia può essere fatto dal modulo estimatore di forza 110 sulla base di un'informazione proveniente dal sensore attuatore 102, ad esempio la posizione del pistone dell'attuatore elettro-
15 meccanico.

[0060] Il sistema 1; 100 comprende inoltre un modulo di controllo frenata 130.

[0061] Il modulo di controllo frenata 130, ad esempio un modulo hardware e/o una logica software all'interno di un
20 modulo hardware principale, è configurato per ricevere il segnale rappresentativo del valore di forza stimata FS, proveniente dal modulo estimatore, e il segnale rappresentativo della forza reale FA rilevata dal sensore di forza. Il modulo di controllo frenata 130 è
25 configurato per confrontare uno di questi due segnali (ad

esempio a seconda che il valore di forza di riferimento FR sia al di sotto o al di sopra del valore di soglia prestabilito), con il valore di forza di riferimento FR e per generare un segnale di controllo SC di un attuatore
5 elettro-meccanico o elettro-idraulico di una pinza freno dell'impianto frenante (rappresentato schematicamente al di fuori del sistema 1; 100 ed indicato con il riferimento AE) sulla base di tale confronto.

[0062] Si noti che il segnale di controllo SC è ad esempio
10 il valore di riferimento (set point) di corrente elettrica o di tensione elettrica (PWM) da fornire all'attuatore elettro-meccanico AE della pinza freno.

[0063] In una forma di realizzazione, il sistema 1 comprende inoltre un modulo di pilotaggio elettronico DR
15 dell'attuatore elettro-meccanico AE.

[0064] Il modulo di controllo frenata 130 può essere configurato per fornire il segnale di controllo SC all'attuatore elettro-meccanico AE tramite il modulo di pilotaggio elettronico DR.

20 [0065] Il modulo di pilotaggio DR è configurato per ricevere il segnale di controllo SC, quindi un livello di richiesta di frenata (percentuale/PWM), generando conseguentemente un segnale di pilotaggio SC' da fornire all'attuatore elettro-meccanico AE, ad esempio un
25 pilotaggio in corrente elettrica da fornire al motore

elettrico atto a movimentare l'attuatore elettromeccanico AE.

[0066] In una forma di realizzazione, il modulo di modellizzazione rigidezza 120 è configurato per
5 modellizzare la curva di rigidezza teorica con una curva parabolica, cubica o esponenziale, in base alle caratteristiche della pinza nel range di lettura del sensore di forza.

[0067] Più in dettaglio, in alcune forme di realizzazione
10 il modulo di modellizzazione rigidezza 120 è configurato per modellizzare la curva di rigidezza teorica in uno dei seguenti due modi, a seconda delle caratteristiche della pinza (ad esempio in base a geometria, attriti, ecc.).

[0068] Se, ad esempio in una fase "offline" di sviluppo e
15 test del sistema, si riscontra che il modello identificato, ad esempio la curva parabolica, cubica o esponenziale, rappresenta correttamente tutto il range operativo della pinza, il modello identificato può essere costruito sulla base delle informazioni ottenibili dal
20 sensore nel range di lettura e la stessa curva può essere utilizzata per stimare la forza nella parte superiore del range operativo della pinza, ovvero al di fuori del range di lettura del sensore o comunque oltre il valore di soglia prestabilito.

25 [0069] Se invece si riscontra che il modello identificato,

ad esempio la curva parabolica, cubica o esponenziale, rappresenta correttamente solo la parte inferiore del range operativo della pinza, in cui si può utilizzare la lettura del sensore, allora il modello indentificato
5 viene utilizzato per realizzare un'estrapolazione lineare per estendere il modello nella parte alta del range operativo della pinza, ovvero esternamente all'area coperta dal sensore, in cui la rigidezza della pinza può essere meglio identificata come una curva lineare anziché
10 una curva parabolica, cubica o esponenziale.

[0070] In altre parole, come si può apprezzare dalla figura 3, se il modello ha un fit solo con la parte bassa del range operativo, in questa parte bassa la curva ha una caratteristica non lineare, ad esempio parabolica o
15 cubica. La parte alta (rappresentata con la linea al tratto) viene estrapolata dal modello a partire dalla pendenza del tratto finale della parte bassa e l'estrapolazione ha una caratteristica lineare.

[0071] Il modulo di modellizzazione rigidezza 120 può essere configurato per implementare una routine di
20 identificazione modello secondo diverse strategie.

[0072] Una prima strategia prevede di identificare il modello in tempo reale ad ogni nuovo ciclo di controllo dell'impianto frenante, utilizzando le nuove informazioni
25 provenienti dal sensore di forza.

[0073] In accordo con una seconda strategia, l'identificazione del modello viene eseguita solo al raggiungimento di valori di soglia di forza intermedi (cioè al di sotto del valore di soglia del sensore) e
5 predefiniti, durante un evento di frenata. Le soglie di forza intermedie possono essere scelte a distanza costante (ad esempio ogni 1000N) oppure possono essere distribuite aumentando il numero di campioni nell'area dove c'è la maggiore non linearità e riducendo i campioni
10 dove la curva è più lineare o quasi lineare.

[0074] In accordo con una terza strategia, l'identificazione del modello viene eseguita una volta per evento di frenatura, dopo aver raccolto tutti i dati dal sensore di forza, e ad esempio quando l'attuatore non
15 sta frenando.

[0075] In alcune forme di realizzazione, il modulo di modellizzazione di rigidezza della pinza può essere configurato in modo da aggiungere, nella fase di fitting del modello, un parametro di obsolescenza associato ai
20 dati utilizzati. Infatti, può succedere che ci siano molti dati disponibili nella parte bassa del range operativo della pinza, dove si verifica la maggior parte dell'evento di frenata, e pochi dati ad elevati livelli di forza. I dati relativi ad alti livelli di forza
25 potrebbero quindi anche essere datati, relativi ad eventi

di frenata avvenuti anche molto tempo prima rispetto all'evento di frenata che il sistema sta controllando.

[0076] L'algoritmo di fitting può quindi prevedere l'introduzione, durante la fase di modellizzazione, di un
5 parametro di obsolescenza associato ai dati disponibili in modo che i dati più recenti abbiano un peso maggiore rispetto a quelli più datati. Ciò consente al processo di stima del modello di utilizzare le informazioni disponibili sull'intero range operativo del sensore, ma
10 di essere più reattivo al cambiamento di rigidità dovuto, ad esempio, all'usura delle pastiglie o all'effetto termico su disco e pinza.

[0077] Si noti che la scelta della frequenza di esecuzione della routine di identificazione del modello può derivare
15 da un compromesso tra l'esigenza di aggiornamento frequente del modello e l'ottimizzazione del carico computazionale.

[0078] In una variante di realizzazione illustrata nella figura 2, che impiega un sensore di forza 104 binario,
20 ovvero configurato o utilizzato solo per fornire un'informazione sul raggiungimento di un predefinito valore di soglia di forza di serraggio, il modello di rigidità 120 è ottenuto in una fase di configurazione del sistema elettronico di controllo, ovvero in modalità
25 "offline". Ad esempio, in questo caso si può effettuare

una misura della posizione del pistone dell'attuatore pinza e della forza di serraggio pinza per il tramite di un sensore esterno durante una rampa di forza e si usano i dati rilevati per determinare i parametri del modello di rigidezza.

[0079] Il sensore di forza 104 binario, in altre parole, percepisce se c'è o non c'è forza di serraggio. La forza percepita può essere la forza di contatto pastiglia-disco. Il sensore rileva la presenza di forza ad esempio quando la forza supera una certa soglia prestabilita. Al superamento di questa soglia il modulo estimatore applica il modello fornito dal modulo di modellizzazione rigidezza 120 (che nella figura 2 è rappresentato esterno al sistema di controllo) per ottenere il valore di forza stimata FS in funzione dell'informazione ricevuta dal sensore attuatore 102.

[0080] In questo caso, il sistema di controllo 100 può comprendere un modulo di memorizzazione 122 in cui viene memorizzato il modello di rigidezza ricavato "offline" dal modulo di modellizzazione rigidezza 120. Il modulo di memorizzazione 122 è accessibile da parte del modulo estimatore di forza 110.

[0081] In alcune forme di realizzazione, il modulo di modellizzazione rigidezza è configurato per tener conto dell'effetto di isteresi presente sulla pinza, così che

la curva di incremento della forza di serraggio non coincide con la curva di decremento della forza quando la forza richiesta viene ridotta.

[0082] Più in dettaglio, in una forma di realizzazione, il
5 modulo di modellizzazione rigidezza è configurato per implementare questo effetto di isteresi identificando il modello di rigidezza solo per la fase di aumento della forza e ricavando la fase discendente della curva attraverso una traslazione del modello di una quantità
10 predefinita.

[0083] La figura 4 mostra una curva di rigidezza F_x in funzione della posizione del pistone, che include l'effetto di isteresi della pinza. Si nota una fase discendente della forza di serraggio che è
15 sostanzialmente una traslazione della fase ascendente. La figura 4a mostra la stessa curva di rigidezza, ma in funzione del tempo. In una variante di realizzazione, vengono invece identificati due modelli utilizzando le informazioni provenienti dal sensore di forza sia durante
20 la fase di applicazione sia durante la fase di rilascio dell'evento di frenatura.

[0084] In entrambi i casi, una volta ottenute le due curve, il modulo di modellizzazione è configurato per implementare un meccanismo di raccordo tra le due curve
25 quando è richiesta una certa modulazione di forza e

l'attuatore cambia direzione passando da una fase di incremento della forza ad una fase di decremento della forza, o viceversa.

[0085] In particolare, come mostrato nella figura 5, l'algoritmo di modellizzazione implementa alcune curve di transizione aggiuntive che possono essere identificate e modellate come un comportamento lineare, una curva parabolica, una curva cubica, esponenziale o un filtro in base al comportamento reale della pinza.

[0086] Per implementare correttamente questo meccanismo, il modulo di modellizzazione può ricevere dal sensore che rileva la posizione del pistone dell'attuatore elettromeccanico o elettro-idraulico AE (o altra informazione correlata) un'informazione sulla direzione di movimento dell'attuatore (in applicazione o in rilascio).

[0087] In alcune forme di realizzazione, il sensore di forza 104 è meccanicamente integrato nell'attuatore elettromeccanico o elettro-idraulico. Tale integrazione potrebbe essere implementata secondo forme di realizzazione alternative.

[0088] Ad esempio, in una forma di realizzazione, il sensore di forza è sempre soggetto alla forza applicata, anche al di sopra del valore di soglia di forza di serraggio. In questa forma di realizzazione, il sensore deve essere progettato meccanicamente in modo da

resistere all'intera gamma di forze della pinza senza deformazioni permanenti o danni. In termini di forza misurata, può essere progettato in modo da fornire una misura solo fino al valore di soglia raggiungendo il
5 fondo scala dell'interfaccia (soluzione che offre la massima risoluzione). In alternativa, il sensore può avere una scala di interfaccia più ampia ma fornire una misura con minore accuratezza al di sopra del valore di soglia.

10 [0089] In una variante di realizzazione, il sensore è integrato con un design meccanico che consente alla sezione sensibile del sensore di essere sollecitato solo fino al valore di soglia della forza di serraggio. Questa soluzione consente di progettare la sezione sensibile del
15 sensore per resistere solo a una forza fino al valore di soglia, senza la necessità di una struttura meccanica in grado di resistere all'intero range di forza della pinza.

[0090] Con riferimento ora al diagramma a blocchi della figura 6, viene descritto un metodo 500 di controllo di
20 un impianto frenante di un veicolo secondo la presente invenzione.

[0091] Il metodo 500 comprende una fase simbolica di inizio STR.

[0092] Il metodo prevede di predeterminare (502) un valore
25 di soglia FT di forza di serraggio rilevabile dal sensore

pinza, tale valore di soglia FT essendo inferiore rispetto al valore massimo di forza di serraggio esercitabile dalla pinza.

[0093] Come detto sopra, il valore di soglia di forza FT di
5 serraggio può essere il valore massimo del range di lettura del sensore, oppure un valore di soglia scelto in funzione dell'accuratezza del sensore pinza.

[0094] Il metodo 500 comprende una fase di ricevere (506) un valore di una forza di riferimento (FR).

10 [0095] In alcune forme di realizzazione, il valore della forza di riferimento (FR) è ricevuto (504) da un modulo di controllo veicolo 101 che, sulla base di una richiesta di frenata (RF), genera (502) il valore della forza di riferimento (FR).

15 [0096] Il metodo comprende inoltre una fase di identificare (508), ad opera di un modulo di modellizzazione rigidità pinza, un modello di rigidità pinza definito da una curva di rigidità teorica che mette in relazione la forza di serraggio esercitata dalla pinza con la
20 posizione dell'attuatore pinza.

[0097] Se il valore della forza di riferimento FR è superiore al valore di soglia FT, il metodo comprende la fase di stimare (510), ad opera di un modulo estimatore di forza 120, un valore di forza di serraggio stimata FS
25 utilizzando il modello di rigidità pinza e

un'informazione correlata alla posizione dell'attuatore elettromeccanico.

[0098] Il metodo comprende inoltre la fase di generare (512), da parte di un modulo di controllo freno 130, un
5 segnale di controllo attuatore sulla base del valore di forza di serraggio stimata FS e del valore della forza di riferimento FR.

[0099] In una forma di realizzazione in cui il sensore pinza ha un range di lettura da zero almeno fino al
10 valore di soglia FT, se il valore della forza di riferimento FR è inferiore al valore di soglia FT il metodo comprende una fase di generare (512'), da parte del modulo di controllo freno, un segnale di controllo attuatore SC sulla base del valore di forza di serraggio
15 reale FA, misurata dal sensore pinza.

[00100] In una forma di realizzazione in cui il sensore pinza ha un range di lettura da zero almeno fino al valore di soglia, la fase di identificare 508 è svolta sulla base di informazioni sulla forza di serraggio
20 rilevate dal sensore pinza in funzione di informazioni sullo stato dell'attuatore pinza.

[00101] In una forma di realizzazione, la fase di identificare 508 comprende generare una curva teorica di rigidezza di tipo parabolico, cubico, o esponenziale, su
25 tutto il range operativo della pinza.

[00102] In una variante di realizzazione, la fase di identificare 508 comprende generare una curva teorica di rigidezza avente, nel range di forze fino al valore di soglia, un primo tratto parabolico, cubico, o
5 esponenziale, ed un secondo tratto lineare, oltre al valore di soglia, ottenuto da un'estrapolazione lineare a partire dalla pendenza della porzione finale del primo tratto di curva.

[00103] In una forma di realizzazione del metodo, la
10 fase di identificare 508 viene eseguita in tempo reale ad ogni nuovo ciclo di acquisizione informazioni fornite dal sensore pinza.

[00104] In una variante di realizzazione del metodo, la fase di identificare 508 viene eseguita al termine di un
15 evento di frenatura utilizzando una pluralità di informazioni fornite dal sensore pinza durante l'evento di frenatura.

[00105] In un'ulteriore variante di realizzazione del metodo, la fase di identificare 508 viene eseguita
20 durante un evento di frenatura ad ogni superamento di sotto-soglie di forza prestabilite all'interno del range di forze fino al valore di soglia.

[00106] In una forma di realizzazione del metodo, la fase di indentificare 508 comprende una fase di
25 attribuire, per opera del modulo estimatore di forza,

pesi maggiori alle informazioni più recenti sulla forza di serraggio fornite dal sensore pinza.

[00107] In una variante di realizzazione del metodo, viene utilizzato un sensore pinza binario adatto a
5 fornire un'informazione di presenza forza di serraggio quando la forza di serraggio raggiunge un valore di soglia prestabilito.

[00108] In una forma di realizzazione del metodo, la fase di identificare 508 comprende inoltre una fase di
10 stima dell'effetto di isteresi della pinza, detta fase di stima comprendendo una traslazione di una quantità prestabilita della curva di rigidità teorica che rappresenta la fase di applicazione della forza.

[00109] In una variante di realizzazione, la fase di
15 stima dell'effetto di isteresi è basata su una rilevazione della forza di serraggio della pinza per opera del sensore pinza nella fase di rilascio dell'evento di frenata.

[00110] Verranno di seguito sottolineati alcuni
20 vantaggi del metodo di controllo e relativo sistema sopra descritti.

[00111] L'utilizzo di una combinazione di un sensore con range di lettura limitato con un algoritmo di stima della forza per estendere la misura a tutto il range
25 operativo della pinza presenta numerosi vantaggi rispetto

alle soluzioni secondo lo stato dell'arte, che prevedono di utilizzare un sensore di portata superiore o di utilizzare solamente una stima della forza.

[00112] Rispetto alla scelta di impiegare solamente un
5 algoritmo di stima della forza, avere anche un sensore di forza consente un rilevamento preciso del punto di contatto e garantisce una corretta identificazione della dispersione dei parametri e della rigidità per effetto termico, usura e invecchiamento dei componenti.

10 [00113] Inoltre, la stima dell'usura delle pastiglie su una pinza elettromeccanica è più precisa e il controllo del corner a bassi livelli di forza ha una maggiore accuratezza dando una migliore sensazione al guidatore.

[00114] Rispetto all'utilizzo di un sensore con il
15 massimo range di lettura, l'utilizzo di un sensore con un range limitato consente l'ottimizzazione dell'accuratezza e della risoluzione nell'area più critica, a bassi livelli di forza, dove un errore "piccolo" diventa più rilevante se confrontato con la forza effettiva
20 richiesta. Inoltre, il sensore con range di lettura limitato può essere progettato per sopportare forze contenute, e quindi con un packaging ridotto che si adatta meglio ad un attuatore di un sistema BbW, con ottimizzazioni anche in termini di costi di produzione.

25 [00115] Infine, la soluzione proposta permette di

adottare un sensore di forza facilmente scalabile per diverse applicazioni con diversi range di forza: lo stesso sensore fisico misurerà e sarà sottoposto sempre allo stesso valore di soglia di forza di serraggio, 5 mentre solo l'algoritmo di stima della forza al di sopra del valore di soglia potrà necessitare di una personalizzazione per estendere e adattare la scala a tutto il range operativo.

[00116] Alle forme di realizzazione del metodo e 10 sistema di controllo di un impianto frenante secondo l'invenzione un tecnico del ramo, per soddisfare esigenze contingenti, potrà apportare modifiche, adattamenti e sostituzioni di elementi con altri funzionalmente equivalenti, senza uscire dall'ambito delle seguenti 15 rivendicazioni. Ognuna delle caratteristiche descritte come appartenente ad una possibile forma di realizzazione può essere realizzata indipendentemente dalle altre forme di realizzazione descritte.

Rivendicazioni

1. Metodo di controllo di un impianto frenante di un veicolo, dove l'impianto frenante comprende almeno una
- 5 pinza freno, un attuatore pinza azionabile per causare il serraggio/rilascio della pinza freno, ed un sensore pinza adatto a rilevare una grandezza correlata al serraggio della pinza, il metodo comprendendo le fasi di:
- predeterminare (502) un valore di soglia di forza di

10 serraggio rilevabile dal sensore pinza, detto valore di soglia essendo inferiore rispetto al valore massimo di forza di serraggio esercitabile dalla pinza;

 - ricevere (506) un valore di una forza di riferimento (FR) ;

15 - identificare (508), ad opera di un modulo di modellizzazione rigidezza pinza, un modello di rigidezza pinza definito da una curva di rigidezza teorica che mette in relazione la forza di serraggio esercitata dalla pinza con la posizione dell'attuatore pinza;

20 - stimare (510), ad opera di un modulo estimatore di forza, un valore di forza di serraggio stimata (FS) utilizzando il modello di rigidezza pinza e un'informazione correlata alla posizione dell'attuatore pinza;

25 - generare (512), da parte di modulo di controllo freno,

un segnale di controllo attuatore (SC) sulla base del valore di forza di serraggio stimata (FS) e del valore della forza di riferimento (FR).

- 5 2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui il valore della forza di riferimento (FR) è ricevuto da un modulo di controllo veicolo (101) che genera il valore della forza di riferimento (FR) sulla base di una richiesta di frenata (RF).

10

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il sensore pinza ha un range di lettura da zero almeno fino al valore di soglia, e in cui se il valore della forza di riferimento (FR) è inferiore al valore di soglia, il
- 15 metodo comprende una fase di generare (512'), da parte del modulo di controllo freno, un segnale di controllo attuatore (SC) sulla base del valore di forza di serraggio misurata dal sensore pinza.

- 20 4. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il sensore pinza ha un range di lettura da zero almeno fino al valore di soglia, e in cui la fase di identificare (508) è svolta sulla base di informazioni sulla forza di serraggio rilevate dal
- 25 sensore pinza in funzione di informazioni sullo stato

dell'attuatore pinza.

5. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la fase di identificare (508) 5 comprende generare una curva teorica di rigidezza di tipo parabolico, cubico, o esponenziale, su tutto il range operativo della pinza.

6. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1- 10 4, in cui la fase di identificare (508) comprende generare una curva teorica di rigidezza avente, nel range di forze fino al valore di soglia, un primo tratto parabolico, cubico, o esponenziale, ed un secondo tratto lineare, oltre al valore di soglia, ottenuto da 15 un'estrapolazione lineare a partire dalla pendenza della porzione finale del primo tratto di curva.

7. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 5- 6, in cui la fase di identificare (508) viene eseguita in 20 tempo reale ad ogni nuovo ciclo di acquisizione informazioni fornite dal sensore pinza.

8. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 4- 6, in cui la fase di identificare (508) viene eseguita al 25 termine di un evento di frenatura utilizzando una

pluralità di informazioni fornite dal sensore pinza durante l'evento di frenatura.

9. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 4-
5 6, in cui la fase di identificare (508) viene eseguita durante un evento di frenatura ad ogni superamento di sotto-soglie di forza prestabilite all'interno del range di forze fino al valore di soglia.

10 10. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 4-9, in cui la fase di identificare (508) comprende una fase di attribuire, per opera del modulo estimatore di forza, pesi maggiori alle informazioni più recenti sulla forza di serraggio fornite dal sensore pinza.

15

11. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il sensore pinza è un sensore binario adatto a fornire un'informazione di presenza forza di serraggio quando la forza di serraggio raggiunge il valore di soglia.

20

12. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la fase di identificare (508) comprende inoltre una fase di stima dell'effetto di isteresi della pinza, detta fase di stima comprendendo
25 una traslazione di una quantità prestabilita di una curva

di rigidezza misurata che rappresenta l'andamento crescente della forza nell'evento di frenatura.

13. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni
5 precedenti, in cui la fase di identificare (508) comprende inoltre una fase di stima dell'effetto di isteresi della pinza, detta fase di stima essendo basata su una rilevazione della forza di serraggio della pinza per opera del sensore pinza nella fase di rilascio
10 dell'evento di frenata.

14. Sistema elettronico (100) di controllo di un impianto frenante di un veicolo, comprendente:

- 15 - un sensore di forza operativamente associato alla pinza freno di un corner di un veicolo;
 - un sensore attuatore operativamente associato ad un attuatore elettro-meccanico o elettro-idraulico di azionamento della pinza freno;
 - 20 - un modulo di modellizzazione rigidezza pinza;
 - un modulo estimatore di forza;
 - un modulo di controllo frenata;
- detto sistema essendo configurato per eseguire le fasi del metodo di controllo secondo una qualsiasi delle
25 rivendicazioni precedenti.

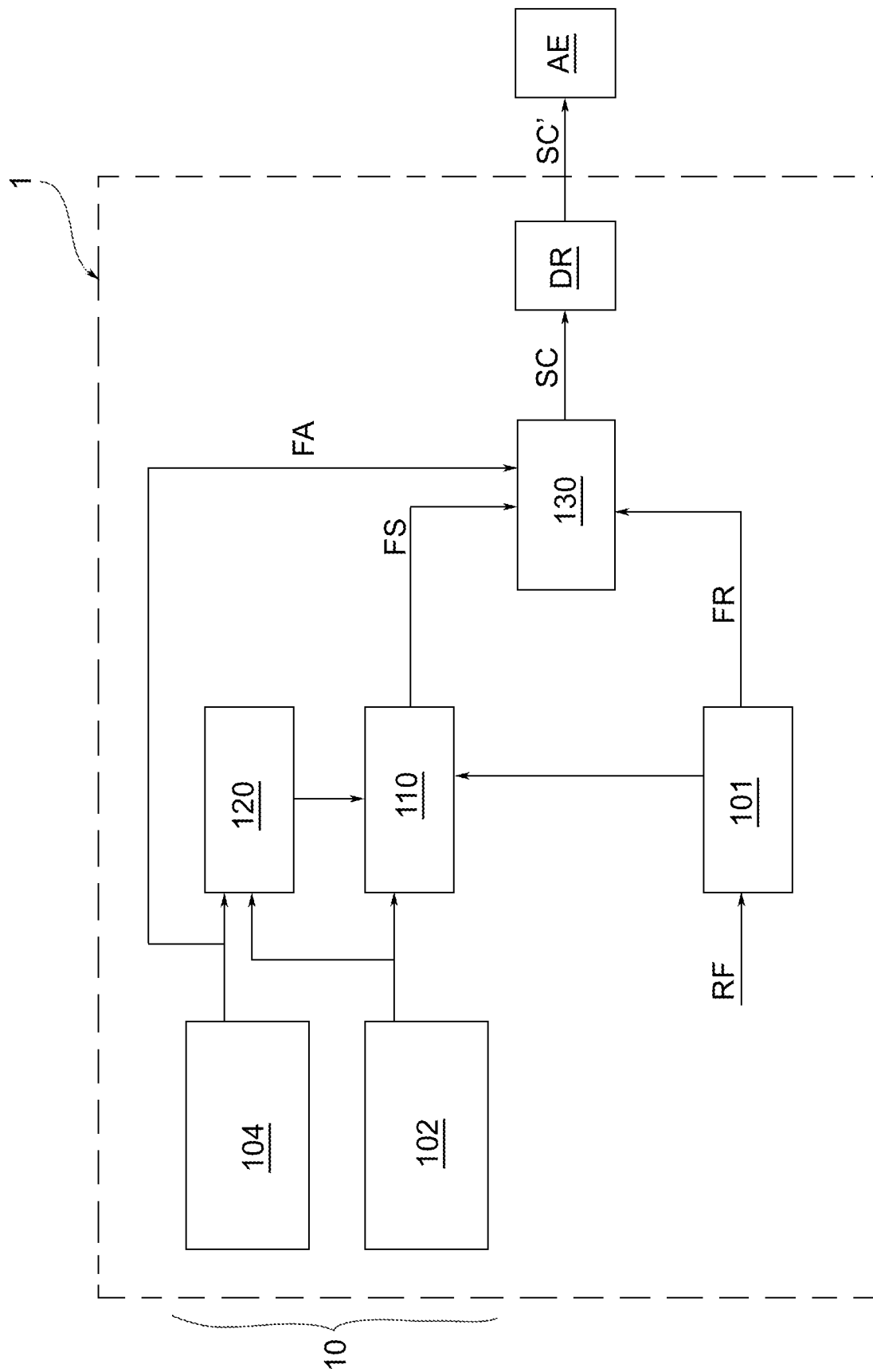


FIG.1

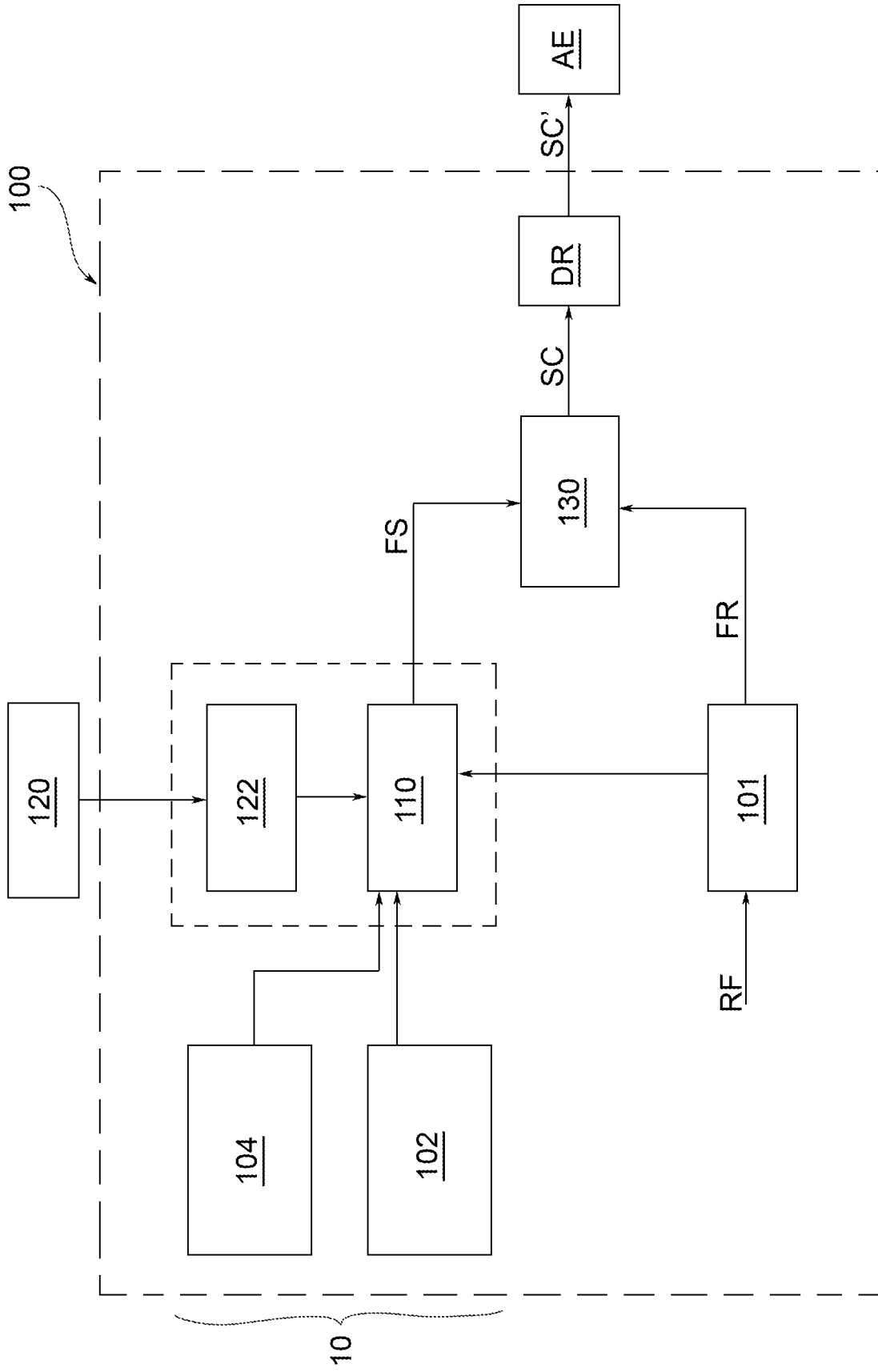


FIG.2

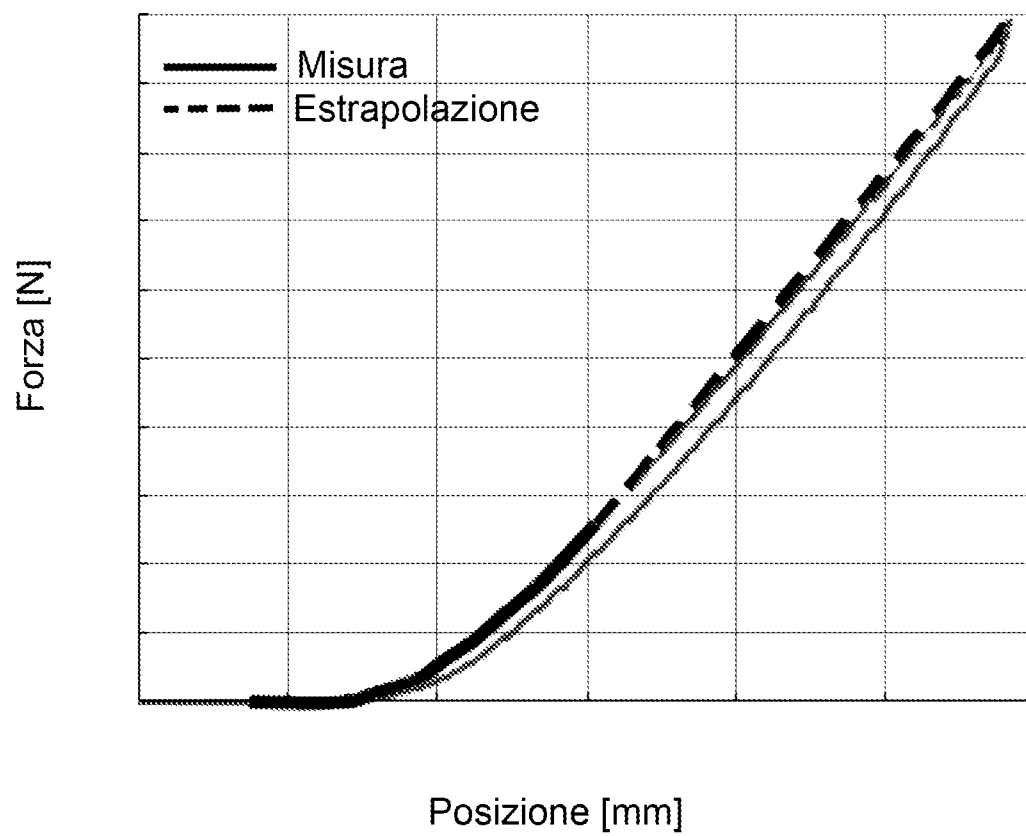


FIG.3

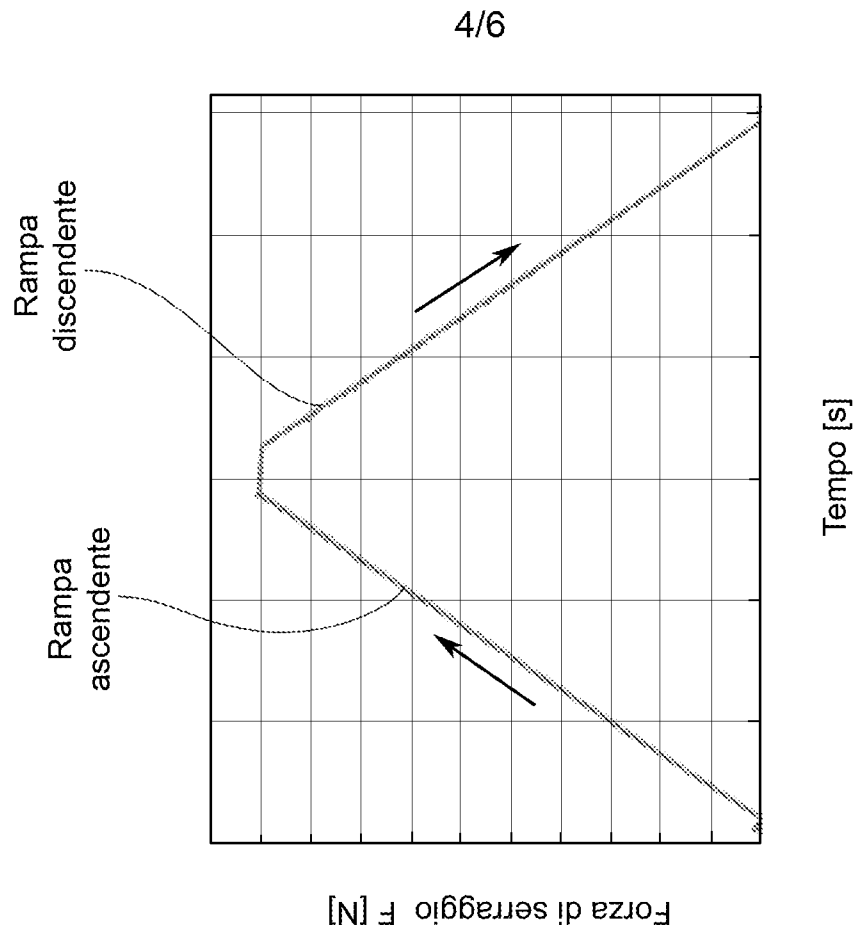


FIG.4a

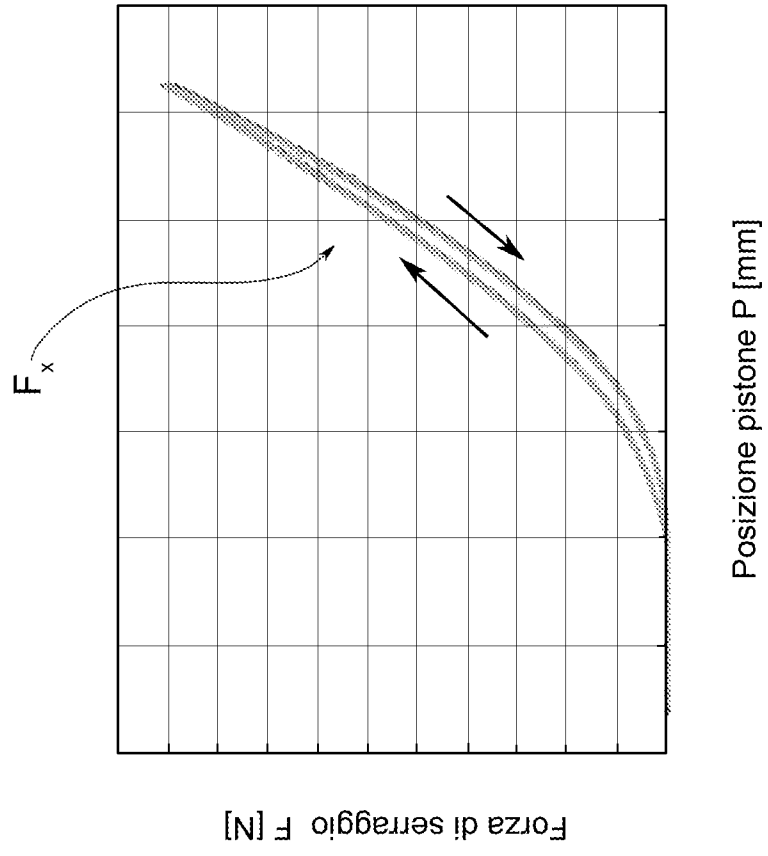


FIG.4

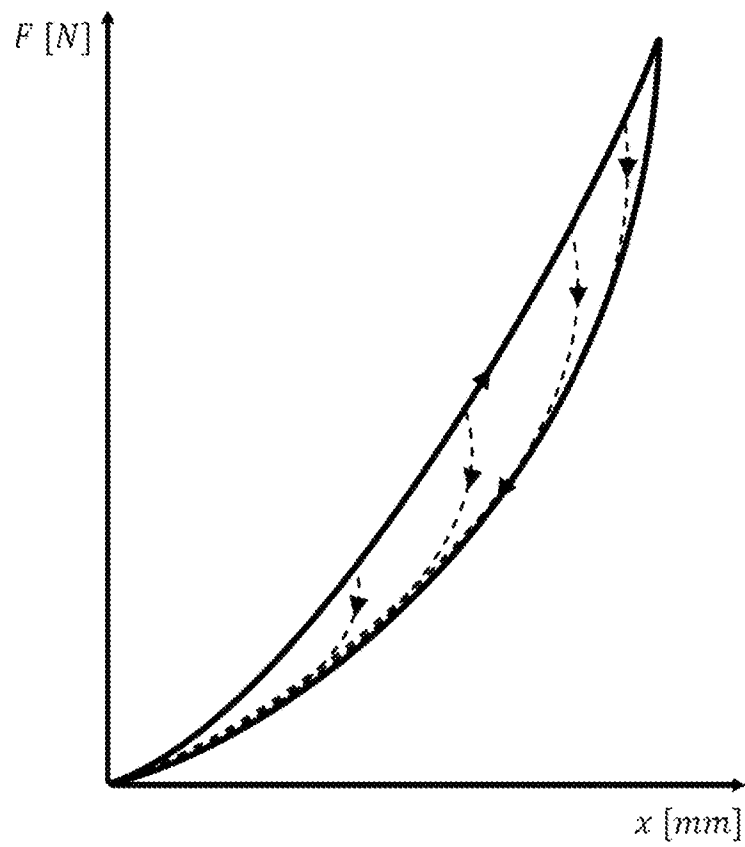


FIG.5

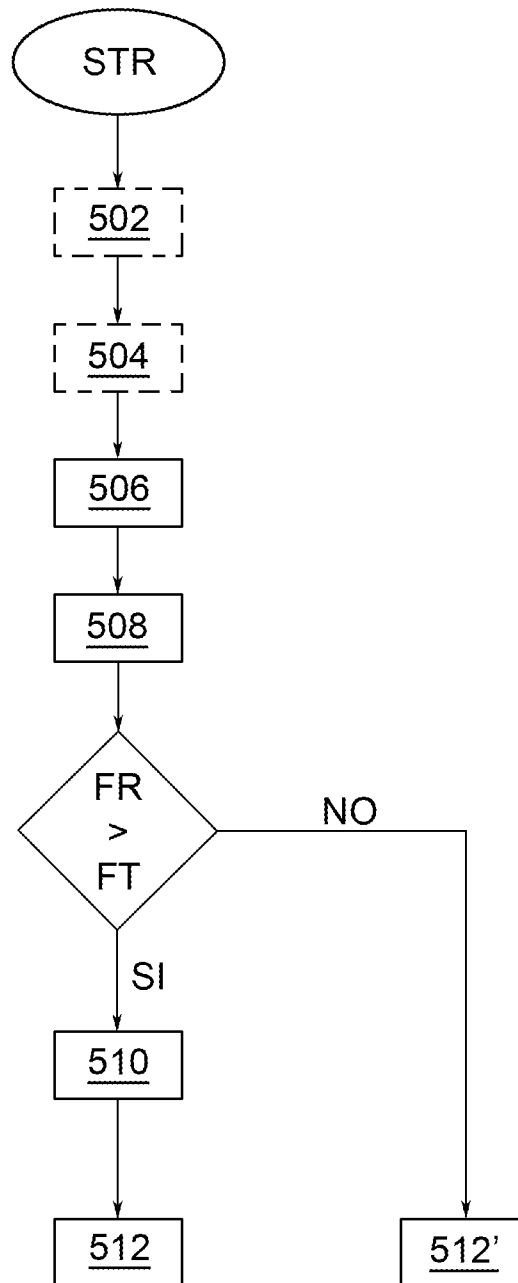


FIG.6