



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

DOMANDA NUMERO	102001900947589
Data Deposito	27/07/2001
Data Pubblicazione	27/01/2003

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	P		

Titolo

DISPOSITIVO E METODO DI CONTROLLO DELLA VELOCITA' ANGOLARE DI UN MOTORE.

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per invenzione industriale  
di C.R.F. SOCIETÀ CONSORTILE PER AZIONI  
di nazionalità italiana,

5 con sede a 10043 ORBASSANO (TORINO), STRADA TORINO, 50

Inventori: RICHARD Francesco, TONETTI Marco

\*\*\* \*\*\*\* \*\*\*

TO 2001A 000 752

La presente invenzione è relativa ad un dispositivo  
e ad un metodo di controllo della velocità angolare di  
10 un motore.

In particolare, la presente invenzione trova  
vantaggiosa, ma non esclusiva applicazione nel controllo  
della velocità angolare di un motore di un veicolo, cui  
la trattazione che segue farà esplicito riferimento  
15 senza per questo perdere in generalità.

Come è noto, in campo automobilistico la buona  
guidabilità di una vettura durante un transitorio di  
velocità del motore costituisce uno degli obiettivi il  
cui perseguimento presenta le maggiori difficoltà.

20 Infatti, esistono alcune condizione operative del  
motore in cui il garantire una buona guidabilità della  
vettura diventa un compito decisamente arduo. Ad  
esempio, frenare la vettura quando questa è in movimento  
con motore al minimo e marcia innestata, genera una  
25 serie di strattonamenti ("shakings") di entità

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

progressivamente crescente che vengono percepiti con fastidio dai passeggeri e dal conducente, e che sono la conseguenza dell'azione della centralina di controllo sul motore volta a contrastarne la riduzione del numero di giri derivante dalla frenata al fine di mantenere il motore al minimo.

Altre condizioni operative in cui i passeggeri ed il conducente della vettura vengono sottoposti ad un fastidioso contraccolpo sono costituite da una brusca accelerazione dopo il rilascio del freno, oppure dal cosiddetto accompagnamento al rilascio del pedale dell'acceleratore, durante il quale la centralina di controllo porta gradualmente il motore al minimo dopo il rilascio del pedale dell'acceleratore.

In particolare, al rilascio del pedale dell'acceleratore, la velocità angolare del motore, nel seguito indicata per brevità "velocità motore", presenta generalmente il cosiddetto "undershooting", ossia scende leggermente al di sotto del valore minimo per poi riportarsi immediatamente al valore minimo stesso e questo particolare andamento della velocità motore produce un leggero contraccolpo percepito con fastidio dal conducente e dai passeggeri della vettura.

Gli algoritmi di controllo della velocità angolare del motore fino ad ora implementati dalle centraline di

controllo per migliorare la guidabilità delle vetture  
realizzano un controllo di tipo PI (proporzionale-  
integrale) o PID (proporzionale-integrale-derivativo).  
Questi algoritmi di controllo, oltre ad essere  
5 generalmente scarsamente efficaci nel prevenire gli  
inconvenienti sopra descritti, presentano numerosi  
parametri di calibrazione che rendono la loro  
calibrazione effettuabile solo con tecniche empiriche e  
non deterministiche. La calibrazione degli algoritmi di  
10 controllo viene infatti attualmente effettuata eseguendo  
innanzitutto una serie di prove su strada dalle quali si  
determina il comportamento della vettura nelle  
condizioni operative sopra descritte, e poi effettuando  
una calibrazione sostanzialmente manuale dei parametri  
15 di tali algoritmi di controllo affidandosi  
all'esperienza di persone che realizzano queste  
calibrazioni da molti anni.

Scopo della presente invenzione è quello di  
realizzare un metodo ed un dispositivo di controllo  
20 della velocità angolare di un motore che consentano di  
superare almeno in parte gli inconvenienti sopra  
descritti.

In particolare, lo scopo della presente invenzione  
è quello di realizzare un metodo ed un dispositivo di  
25 controllo della velocità angolare di un motore che

consentano, in campo automobilistico, non solo una significativa riduzione delle sensazioni di fastidio percepite dai passeggeri e dal conducente del veicolo nelle condizioni operative sopra citate, ma anche una  
5 loro calibrazione con tecniche deterministiche.

Il suddetto scopo è raggiunto dalla presente invenzione in quanto essa è relativa ad un dispositivo di controllo della velocità angolare di un motore, come definito nella rivendicazione 1.

10 Il suddetto scopo è inoltre raggiunto dalla presente invenzione in quanto essa è relativa ad un metodo di controllo della velocità angolare di un motore, come definito nella rivendicazione 10.

Per una migliore comprensione della presente  
15 invenzione viene ora descritta una forma di realizzazione preferita, a puro titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 mostra uno schema a blocchi al più  
20 alto livello di astrazione di un sistema costituito da un veicolo e dal suo gruppo motopropulsore;

- la figura 2 mostra uno schema a blocchi più dettagliato del sistema di figura 1;

- le figure 3 e 4 mostrano la risposta del sistema  
25 di figure 1 e 2 ad una sollecitazione a gradino;

- la figura 5 mostra uno schema a blocchi di un dispositivo di controllo della velocità motore realizzato secondo la presente invenzione;
- la figura 6 mostra uno schema a blocchi più  
5 dettagliato di un blocco osservatore facente parte del dispositivo di controllo di figura 5;
- la figura 7 mostra uno schema a blocchi più dettagliato di un blocco stimatore di coppia resistente facente parte del blocco osservatore di figura 6;
- 10 - la figura 8 mostra uno schema a blocchi più dettagliato di un blocco tracciatore facente parte del dispositivo di controllo di figura 5;
- le figure 9 e 10 mostrano l'andamento delle uscite del blocco tracciatore di figura 8 durante un  
15 transitorio di velocità;
- la figura 11 mostra uno schema a blocchi più dettagliato di un blocco controllore facente parte del dispositivo di controllo di figura 5;
- la figura 12 mostra l'andamento di una grandezza  
20 che interviene all'interno del blocco controllore di figura 11;
- la figura 13 mostra l'andamento della velocità motore e del suo valor medio sul ciclo motore;
- la figura 14 mostra l'andamento della derivata  
25 della velocità motore;

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

- le figure 15-18 mostrano l'andamento di grandezze coinvolte nella determinazione della marcia innestata nel cambio di velocità di un veicolo durante un cambio marcia; e

5        - le figure 19-22 mostrano l'andamento di grandezze coinvolte nella determinazione della marcia innestata nel cambio di velocità di un veicolo durante il movimento al minimo del veicolo con il cambio di velocità in folle.

10        Per facilitare la comprensione della presente invenzione qui di seguito vengono introdotte alcune relazioni cinematiche e sistemistiche caratteristiche del sistema costituito da un veicolo e dal suo gruppo motopropulsore ("powertrain"), il quale, come è noto,  
15        comprende il motore e la trasmissione ("drivetrain"), la quale è a sua volta formata dal cambio di velocità, dalla frizione che accoppia in modo rilasciabile il cambio di velocità al motore, e da una unità di uscita ("final drive unit"), costituita dal differenziale e dai  
20        semiassi, che collega il cambio di velocità alle ruote del veicolo.

In particolare, ai fini del controllo della velocità motore, il sistema costituito dal veicolo e dal suo gruppo motopropulsore può, al più alto livello di  
25        astrazione, essere rappresentato con lo schema a blocchi

mostrato nella figura 1, in cui con 1 è indicato il motore, con 2 è indicato l'albero motore, con 3 è indicata la trasmissione, e con 4 è indicata la restante parte del veicolo.

5        Come è noto, la combustione del combustibile genera una certa coppia agente sull'albero motore, nel seguito indicata con il nome di coppia di combustione  $T_{cmb}$ : se il sistema fosse nel suo insieme perfettamente rigido, allora la velocità motore  $\omega_{eng}$  risulterebbe data dalla  
10 seguente equazione:

$$T_{cmb} - R = J_{sys} \cdot \dot{\omega}_{eng} \quad 1)$$

in cui  $R$  è la coppia resistente globale agente sull'albero motore, e  $J_{sys}$  è il momento di inerzia del  
15 sistema controllato calcolato rispetto all'asse di rotazione dell'albero motore.

Il sistema controllato è in realtà formato non solo dall'albero motore ma anche da tutte quelle parti meccanicamente collegate con esso, per cui il sistema  
20 controllato cambia durante il funzionamento del veicolo. Infatti, all'interno della trasmissione vi sono la frizione ed il cambio di velocità che sono controllati dal conducente del veicolo generalmente attraverso il pedale della frizione e la leva del cambio.

25        Nella figura 2 è mostrato lo schema a blocchi più

dettagliato con cui può essere rappresentato, ai fini del controllo della velocità motore, il sistema costituito dal veicolo a motore e dal suo gruppo motopropulsore, in cui con 5 è indicata la frizione, con 5 6 è indicato il cambio di velocità, e con 7 è indicata l'unità di uscita.

In base ai comandi del conducente, tre stati principali del sistema controllato possono essere distinti:

10 a) motore senza carico ("Idle"): quando la frizione è aperta; in questo stato operativo il sistema controllato è costituito dal motore e dall'albero motore;

b) in folle ("neutral"): quando la frizione è 15 chiusa ed il cambio di velocità è in folle; in questo stato operativo il sistema controllato è costituito dal motore, dall'albero motore e dall'albero principale del cambio di velocità; e

c) con marcia innestata ("gear"): quando la 20 frizione è chiusa ed una marcia è innestata; in questo stato operativo il sistema controllato è costituito dal motore, dall'albero motore, dalla trasmissione e dal veicolo.

All'interno dell'ultimo stato, il sistema 25 controllato cambia in funzione della marcia innestata,

dato che ciascuna marcia presenta un proprio rapporto di trasmissione differente da quello delle altre marce.

Pertanto, all'interno della relazione 1)  $R$  e  $J_{sys}$  cambiano in funzione dello stato del sistema controllato.

Il momento di inerzia del motore può essere a grandi linee calcolato sia in modo teorico a partire dai dati di progetto sia analizzando la risposta del sistema nello stato al minimo ("idle state") all'applicazione di una sollecitazione a gradino ("step response").

Per motori di veicoli per passeggeri, esso generalmente è  $J_{eng} \in [0,1; 0,5] \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .

Il momento di inerzia della trasmissione può essere calcolato a partire dai dati di progetto, mentre il momento di inerzia del veicolo può essere calcolato per mezzo della seguente relazione:

$$J_{veh} = \frac{4 \cdot J_{whl} + M_{veh} \cdot L_{whl}^2}{r^2} \quad 2)$$

in cui  $M_{veh}$  è la massa del veicolo (una o due persone dovrebbero essere incluse),  $L_{whl}$  è il raggio delle ruote, ed  $r$  è il rapporto di trasmissione.

Dalla relazione 2) risulta immediatamente chiaro come il momento di inerzia del veicolo dipenda dalla marcia innestata. Più avanti nella trattazione verrà

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

indicato un metodo per determinare in modo preciso ed accurato la marcia innestata in un cambio di velocità di un veicolo.

Nel sistema mostrato nella figura 1 possono poi  
5 essere identificate diverse componenti di coppia resistente. In particolare, per il motore, possono essere identificate:

- attriti ("frictions"), che possono essere a grandi linee modellate come una costante a cui si somma  
10 una componente viscosa proporzionale alla velocità motore; e

- resistenze accessorie ("accessory resistances"), la cui influenza può essere modellata come una coppia resistente costante; di queste ultime, alcune sono  
15 "attivate" dalla centralina di controllo, per cui la corrispondente coppia resistente, se nota, può essere compensata in anticipo, mentre nessuna informazione è disponibile per le altre, per cui nessuna compensazione istantanea risulta possibile.

20 Per la trasmissione possono invece essere identificate solo frizioni, che possono anche qui essere a grandi linee modellate come una costante a cui si somma una componente viscosa proporzionale alla velocità motore.

25 Per il veicolo, infine, possono essere

identificate:

- una resistenza al rotolamento ("rolling resistance"), la quale è sostanzialmente costante con rare ma imprevedibili variazioni;

5 - una resistenza aerodinamica all'avanzamento ("aerodynamic drag"), la quale è proporzionale al quadrato della velocità veicolo, e pertanto al quadrato della velocità motore; ed

- una resistenza causata dalla pendenza della  
10 strada ("road slope resistance"), la quale ha improvvise, imprevedibili e non trascurabili variazioni.

Il comportamento dinamico del sistema mostrato nelle figure 1 e 2 può essere analizzato per mezzo della risposta ad una sollecitazione a gradino, ossia portando  
15 innanzitutto il sistema in regime stazionario ("steady state"), e quindi incrementando istantaneamente la coppia di combustione  $T_{cmb}$  di una data quantità. Nelle figure 3 e 4 sono riportati gli andamenti qualitativi della velocità motore  $\omega_{eng}$  nei tre stati sopra elencati,  
20 cioè al minimo, in folle e con marcia innestata.

In particolare, in tutti e tre gli stati la dinamica principale della risposta alla sollecitazione a gradino ("step response main dynamics") è di tipo esponenziale (ma con differente guadagno ingresso-  
25 uscita), ed una piccola oscillazione, nel seguito

indicata con il nome di "dinamica di ciclo", può essere notata.

Nello stato con marcia inserita, una marcata oscillazione smorzata, nel seguito indicata con il nome di "dinamica di trasmissione" ("drivetrain dynamics"), si somma alla dinamica principale immediatamente dopo il gradino di ingresso.

In particolare, per quanto riguarda la dinamica principale, il comportamento esponenziale della risposta al gradino è determinato dal momento di inerzia del sistema e dalla variazione nel tempo della coppia resistente agente sull'albero motore.

Sia il regime transitorio che i guadagni istantanei dipendono dallo stato del sistema: questi ultimi in particolare si riducono passando dallo stato al minimo allo stato in folle e poi allo stato con marcia innestata, e si riducono inoltre all'aumentare della marcia innestata.

La dinamica principale è simile a quella ottenuta modellando il sistema come composto da un momento di inerzia  $J_{sys}$  e da una frizione viscosa  $\beta_{sys}$ .

Per quanto riguarda invece la dinamica di trasmissione, che come detto è costituita dall'oscillazione smorzata della risposta al gradino nello stato con marcia inserita, essa è dovuta

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

all'elasticità della trasmissione, la quale permette ad una certa parte dell'energia cinetica (e quindi delle oscillazioni della velocità motore) di passare continuamente dal motore al veicolo e viceversa.

5        La dinamica di trasmissione è naturalmente smorzata dalla trasmissione: infatti, ad ogni passaggio attraverso la trasmissione, la summenzionata parte dell'energia cinetica si riduce a causa delle frizioni presenti nella trasmissione stessa.

10       La frequenza e l'ampiezza della dinamica di trasmissione dipende dalla marcia innestata: maggiore è il rapporto di trasmissione del cambio di velocità, maggiore è la frequenza e minore è l'ampiezza.

15       Per quanto riguarda infine la dinamica di ciclo, essa è costituita da una persistente piccola oscillazione della velocità motore che può essere facilmente notata in regime stazionario. Essa è dovuta allo sbilanciamento dei cilindri del motore, cioè alle non trascurabili differenze fra le coppie motrici di combustione generate  
20 nei vari cilindri del motore (gli iniettori potrebbero ad esempio avere differenti comportamenti, ecc.).

25       La frequenza della dinamica di ciclo è funzione della velocità motore (dato che il suo periodo è pari al periodo di un ciclo motore), e la sua ampiezza dipende dall'entità delle differenze fra i vari cilindri del

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

motore.

Alla luce di quanto sopra introdotto, verrà ora descritto con riferimento allo schema a blocchi di figura 5 un dispositivo di controllo della velocità motore realizzato secondo la presente invenzione, il quale, in regime di rotazione minimo del motore, ha lo scopo di mantenere la velocità motore al di sopra di un determinato valore minimo, a meno che il conducente del veicolo desideri altrimenti, al fine di evitare spegnimenti (shutdowns") del motore non intenzionali, mentre in tutti gli altri regimi di rotazione de motore ha lo scopo di gestire in modo ottimale i transistori desiderati di velocità motore.

In particolare, in regime di rotazione minimo del motore, il dispositivo di controllo secondo la presente invenzione ha lo scopo di evitare che la velocità motore scenda al di sotto di un determinato valore minimo, tenendo conto che il conducente potrebbe esplicitamente volere che la velocità motore scenda al di sotto del suddetto valore minimo (ad esempio quando si frena con motore al minimo e marcia innestata oppure quando si innesta una marcia più alta), il comfort del veicolo deve essere preservato, e improvvise variazioni della velocità motore sono di solito indesiderate, e tale scopo viene a grandi linee raggiunto aumentando, se

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 843B)

necessario, la coppia di combustione richiesta dal conducente del veicolo, senza però eccedere la massima coppia motrice erogabile dal motore.

Con riferimento ora alla figura 5, il dispositivo di controllo della velocità motore secondo la presente invenzione è indicato nel suo insieme con 10 ed è implementato all'interno della centralina elettronica (ECU) preposta al controllo del motore e del veicolo, indicata in figura con 11. Per completezza illustrativa, nella figura 5 è inoltre riportato lo schema a blocchi di figura 1.

Il dispositivo di controllo 10 è essenzialmente formato da quattro blocchi: un blocco misuratore di velocità di sistema 12, un blocco tracciatore 13, un blocco osservatore 14, ed un blocco controllore 15.

In particolare, il blocco misuratore di velocità di sistema 12 svolge le funzioni di selezione della più significativa ed adatta misura della velocità motore  $\omega_{eng}$  ed, eventualmente, di elaborazione della velocità motore misurata per ridurre le dinamiche che possono causare problemi di stabilità al sistema controllato.

In dettaglio, il blocco misuratore di velocità di sistema 12 presenta un primo ingresso ricevente la velocità motore  $\omega_{eng}$ , un secondo ingresso ricevente la velocità di rotazione di un organo dell'unità finale,

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

nel seguito per brevità indicata con "velocità veicolo"  
 $\omega_{veh}$ , ed una uscita fornente una velocità motore  
misurata  $\omega_{meas}$  che può coincidere con la velocità motore  
 $\omega_{eng}$  oppure con la velocità veicolo  $\omega_{veh}$ , oppure ancora  
5 può essere la velocità motore  $\omega_{eng}$  opportunamente  
filtrata, in base ad un determinato criterio descritto  
in dettaglio in seguito.

In particolare, la velocità motore  $\omega_{eng}$  può ad  
esempio essere misurata tramite un dispositivo di misura  
10 noto accoppiato all'albero motore e costituito da una  
ruota fonica calettata sull'albero motore e da un  
sensore elettromagnetico affacciato alla ruota fonica e  
generante un segnale elettrico indicativo della velocità  
e della posizione angolare della ruota fonica stessa.

15 In particolare, il dispositivo di misura della  
velocità motore fornisce un valore della velocità motore  
per ogni cilindro, in corrispondenza del punto morto  
superiore del relativo pistone, e ciascuno di tali  
valori è disponibile immediatamente dopo metà della  
20 rotazione dell'albero motore a cui si riferisce ( $180^\circ$  di  
angolo motore).

La velocità veicolo  $\omega_{veh}$  rappresenta invece una  
indicazione della velocità motore  $\omega_{eng}$  alternativa a  
quella fornita dal dispositivo di misura sopra descritto  
25 e può essere misurata mediante un qualsiasi dispositivo

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

di misura noto accoppiato ad esempio ai semiassi oppure ad un organo rotante del differenziale. Per i motivi che saranno in seguito chiariti, la misura della velocità veicolo  $\omega_{veh}$  potrebbe anche non essere prevista, da cui  
5 l'utilizzo in figura 5 di una linea tratteggiata.

Il blocco tracciatore 13 svolge invece la funzione di gestione delle cosiddette fasi di riequilibrio ("restoring phases"), ossia di gestione delle transizioni fra i vari stati del sistema o fra  
10 differenti valori della velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$ .

In dettaglio, il blocco tracciatore 13 presenta un primo ingresso ricevente una velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$ , la quale rappresenta la velocità motore  $\omega_{eng}$  che si desidera raggiungere, un secondo ingresso ricevente una  
15 coppia massima erogabile dal motore  $T_{max}$ , un terzo ingresso ricevente la posizione del pedale dell'acceleratore APP, al quale è indicativa della potenza richiesta al motore 1, una prima uscita fornente una velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$ , la quale  
20 rappresenta l'andamento che la velocità motore  $\omega_{eng}$  deve avere durante il transitorio di velocità verso detta velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$ , ed una seconda uscita fornente una coppia ad anello aperto  $T_{ol}$ , la quale rappresenta la coppia che il motore 1 deve istante per  
25 istante erogare durante il transitorio di velocità

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

affinché la velocità motore  $\omega_{eng}$  segua la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$ .

Il blocco osservatore 14 svolge invece la funzione di stima in tempo reale della velocità motore e della  
5 coppia resistente globale agente sull'albero motore.

In particolare, il blocco osservatore 14 presenta un primo ingresso ricevente la velocità motore misurata  $\omega_{meas}$  fornita dal blocco misuratore di velocità di sistema 12, un secondo ingresso ricevente la coppia di  
10 combustione  $T_{cmb}$ , una prima uscita fornente una velocità motore osservata  $\omega_{obs}$  che contiene solo in minima parte le dinamiche secondarie del sistema, ovvero quelle che non costituiscono l'oggetto del controllo e che pregiudicano le prestazioni e la stabilità del sistema  
15 stesso, ed una seconda uscita fornente una coppia resistente osservata  $R_{obs}$  che rappresenta la coppia resistente globale agente sull'albero motore 2.

Il blocco controllore 15 presenta un primo, un secondo, un terzo ed un quarto ingresso riceventi  
20 rispettivamente la coppia ad anello aperto  $T_{o1}$ , la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$ , la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$ , e la coppia resistenza osservata  $R_{obs}$ , ed una uscita fornente la summenzionata coppia di combustione  $T_{cmb}$ .

25 Il blocco controllore 15 comanda quindi il motore

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

1, ed in particolare il suo impianto di iniezione, in modo tale che la coppia motrice da questo generata sia esattamente pari alla coppia di combustione  $T_{cmb}$ .

Nella figura 6 è mostrato uno schema a blocchi più  
5 dettagliato del blocco osservatore 14.

Secondo quanto illustrato nella figura 6, il blocco osservatore 14 ha una struttura ad anello chiuso in cui la grandezza di retroazione è costituita dalla velocità motore osservata  $\omega_{obs}$ , la quale contiene solo la  
10 dinamica principale e viene fornita al blocco controllore 15 al fine di evitare problemi di instabilità al sistema controllato.

In particolare, il blocco osservatore 14 comprende un blocco sommatore 16 avente un primo ingresso  
15 ricevente la velocità motore misurata  $\omega_{meas}$ , un secondo ingresso ricevente la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$ , ed una uscita fornente un errore di velocità motore  $\delta\omega_1$  pari alla differenza fra la velocità motore misurata  $\omega_{meas}$  e la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$ ; un blocco  
20 stimatore di coppia resistente 16 avente un ingresso ricevente l'errore di velocità motore  $\delta\omega$ , una prima uscita fornente la coppia resistente osservata  $R_{obs}$ , ed una seconda uscita fornente una coppia resistente istantanea  $R_{inst}$  che, a differenza della coppia  
25 resistente osservata  $R_{obs}$  tiene conto delle variazioni

istantanee della coppia resistente agente sull'albero motore 2, ad esempio dovute al passaggio delle ruote del veicolo su una buca o su una cunetta del manto stradale; ed un blocco modello di sistema 17, nel quale è memorizzato il modello comportamentale del sistema costituito dal motore 1, dalla trasmissione 3 e dal veicolo 4, avente un primo ingresso ricevente la coppia di combustione  $T_{cmb}$ , un secondo ingresso ricevente la coppia resistente istantanea  $R_{inst}$ , ed una uscita fornente la succitata velocità motore osservata  $\omega_{obs}$  fornita al blocco sommatore.

In particolare, il blocco modello di sistema 17 determina la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$  in funzione della coppia di combustione del motore  $T_{cmb}$  e della coppia resistente istantanea  $R_{inst}$  secondo la seguente relazione:

$$\omega_{obs,i+1} = \omega_{obs,i} + g \cdot (T_{cmb,i} - R_{inst,i}) \quad 3)$$

dove  $g$  è il guadagno del modello del sistema.

Nella figura 7 è mostrato uno schema a blocchi più dettagliato del blocco stimatore di coppia resistente 17 che stima la resistenza globale agente sull'albero motore in funzione della differenza fra la velocità motore misurata  $\omega_{meas}$  e la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$ .

In particolare, si evidenzia il fatto che la

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

struttura dello stimatore di resistenza mostrata nella figura 7 è una conseguenza di un'assunzione di base secondo cui la coppia resistente globale agente sull'albero motore rimane costante durante un periodo di campionamento. Tale assunzione è la stessa che si fa in un controllo PI (proporzionale-integrale), ed infatti in regime stazionario il comportamento della coppia resistente osservata  $R_{obs}$  è simile al comportamento della componente integrale di tale controllo PI.

10 Con riferimento alla figura 7, il blocco stimatore di coppia resistente 17 comprende un primo blocco moltiplicatore 19 avente un ingresso ricevente l'errore di velocità motore  $\delta\omega_1$  ed una uscita fornente una variazione di coppia resistente osservata  $\delta T_1$  pari al  
15 prodotto dell'errore di velocità motore  $\delta\omega_1$  per un coefficiente moltiplicativo  $K_1$ ; un primo blocco sommatore 20 avente un primo ingresso ricevente la variazione di coppia resistente osservata  $\delta T_1$ , un secondo ingresso ricevente la coppia resistente  
20 osservata  $R_{obs}$ , ed una uscita fornente una coppia resistente aggiornata  $R_{up}$  pari alla somma della coppia resistente osservata  $R_{obs}$  e della variazione di coppia resistente osservata  $\delta T_1$ ; ed un blocco ritardatore 21  
25 avente un ingresso ricevente la coppia resistente aggiornata  $R_{up}$  ed una uscita fornente la coppia

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

resistente osservata  $R_{obs}$ .

Si fa notare come il blocco ritardatore 21, il primo blocco sommatore 20 ed il ramo di retroazione con il quale la coppia resistente osservata  $R_{obs}$  viene  
5 riportata al primo blocco sommatore 20 costituiscono di fatto un sommatore discreto attraverso il quale ad ogni istante di campionamento la coppia resistente osservata  $R_{obs}$  viene aggiornata con la variazione di coppia resistente osservata  $\delta T_1$ .

10 Il blocco stimatore di coppia resistente 17 comprende inoltre un secondo blocco moltiplicatore 22 avente un ingresso ricevente l'errore di velocità motore  $\delta\omega_1$  ed una uscita fornente una variazione di coppia resistente istantanea  $\delta T_2$  pari al prodotto dell'errore  
15 di velocità motore  $\delta\omega_1$  per un coefficiente moltiplicativo  $K_2$ ; ed un secondo blocco sommatore 23 avente un primo ingresso ricevente la coppia resistente osservata  $R_{obs}$ , un secondo ingresso ricevente la variazione di coppia resistente istantanea  $\delta T_2$ , ed una  
20 uscita fornente la succitata coppia resistente istantanea  $R_{inst}$  come somma della coppia resistente osservata  $R_{obs}$  e della variazione di coppia resistente istantanea  $\delta T_2$ .

Come si può notare, se l'errore di velocità motore  
25  $\delta\omega_1$  è nullo ( $\delta\omega_1=0$ ), allora la coppia resistente

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

osservata  $R_{obs}$  è considerata essere corretta, per cui viene mantenuta costante. Se invece l'errore di velocità motore  $\delta\omega_1$  non è nullo ( $\delta\omega_1 \neq 0$ ), allora l'errore di velocità motore  $\delta\omega_1$  è considerato essere causato:

5 a) da una variazione permanente della coppia resistente osservata  $R_{obs}$  (o da una differenza permanente fra la coppia di combustione richiesta dal conducente e la coppia di combustione effettivamente ottenuta). Questa variazione (differenza) di coppia viene calcolata  
10 tramite il coefficiente moltiplicativo  $K_1$ :

$$\delta T_1 = K_1 \cdot \delta\omega_1 \quad 4)$$

Il termine  $\delta T_1$  aggiorna la coppia resistente osservata  $R_{obs}$ , per cui continuerà ad influenzare in  
15 futuro la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$ ;

b) da una variazione accidentale della coppia resistente osservata  $R_{obs}$  (o da una differenza accidentale fra la coppia di combustione richiesta dal conducente e la coppia di combustione effettivamente  
20 ottenuta). Questa variazione (differenza) di coppia viene calcolata tramite il coefficiente moltiplicativo  $K_2$ :

$$\delta T_2 = K_2 \cdot \delta\omega_1 \quad 5)$$

25 Il termine  $\delta T_2$  non aggiorna la coppia resistente

osservata  $R_{obs}$ , ma influenza solamente il prossimo valore della velocità motore osservata  $\omega_{obs}$  attraverso la coppia resistente istantanea  $R_{inst}$  secondo la seguente relazione:

5

$$R_{inst,i} = R_{obs,i} + \delta T_2 \quad 6)$$

Il termine  $\delta T_2$  è infatti calcolato proprio per correggere solo la coppia resistente istantanea  $R_{inst}$  e quindi la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$  a causa della  
10 succitata variazione accidentale, ma non la coppia resistente osservata  $R_{obs}$ , come precedentemente spiegato.

I due coefficienti moltiplicativi  $K_1$  e  $K_2$  sono funzione del tempo di convergenza del blocco osservatore  
14 ed il loro calcolo può essere effettuato utilizzando  
15 formule largamente note in letteratura (si veda al riguardo qualsiasi testo approfondito di teoria dei controllori automatici).—

Nella figura 8 è mostrato uno schema a blocchi più dettagliato del blocco tracciatore 13 che gestisce le  
20 fasi di riequilibrio, ossia le transizioni fra i vari stati del sistema o fra i differenti valori della velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$ .

Secondo quanto mostrato nella figura 8, il blocco tracciatore 13 presenta una struttura ad anello aperto,  
25 la quale è una conseguenza dell'assunzione che il blocco

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

tracciatore considera il sistema come perfettamente descritto dal modello di sistema.

In particolare, il blocco tracciatore 13 comprende un blocco generatore di profili di coppia 24 ("torque outline block") avente un primo, un secondo, un terzo ed  
5 un quarto ingresso riceventi rispettivamente la coppia massima erogabile dal motore  $T_{max}$ , la velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$ , la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$ , e la posizione del pedale dell'acceleratore APP, ed una  
10 uscita fornente la coppia ad anello aperto  $T_{o1}$  che, come detto, rappresenta la coppia che il motore deve istante per istante erogare affinché la velocità motore  $\omega_{eng}$  segua la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$ ; ed un blocco modello di sistema 25 identico al blocco modello  
15 di sistema 18 di figura 6, ed avente un ingresso ricevente la coppia ad anello aperto  $T_{o1}$  ed una uscita fornente la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$ .

In particolare, si sottolinea il fatto che dall'assunzione sopra riportata secondo cui il blocco  
20 tracciatore 13 considera il sistema come perfettamente descritto dal modello di sistema, deriva che, dal punto di vista del blocco tracciatore 13 stesso, la velocità angolare del sistema (ossia la grandezza controllata) è la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$ .

25 Per tale motivo, infatti, il blocco generatore di

profili di coppia 24 opera confrontando la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$  con la velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$  al fine di stabilire se il sistema debba essere accelerato o meno.

5           Se la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$  è differente dalla velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$  ( $\omega_{ref} \neq \omega_{targ}$ ), allora il blocco generatore di profili di coppia 24 dà inizio ad una fase di riequilibrio e genera sulla propria uscita una coppia ad anello aperto  $T_{o1}$   
10           avente un andamento nel tempo di tipo trapezoidale mostrato nella figura 9.

          In particolare, i parametri definenti l'andamento trapezoidale della coppia ad anello aperto  $T_{o1}$ , cioè il valore massimo  $T_{o1,max}$  (che non supera mai la coppia  
15           massima erogabile dal motore  $T_{max}$ ), la pendenza  $\alpha_1$  del tratto ascendente e la pendenza  $\alpha_2$  del tratto discendente costituiscono i parametri caratteristici del blocco tracciatore 13 e sono funzione della posizione del pedale dell'acceleratore e della marcia innestata  
20           nel cambio di velocità.

          In dettaglio, a ciascuno dei parametri caratteristici del blocco tracciatore 13 è associato un intervallo di variazione ammissibile delimitato da un valore minimo e da un valore massimo, i quali sono  
25           funzione della marcia innestata e sono ottenuti mediante

prove sperimentali effettuate dal costruttore, ed il  
valore di ciascun parametro caratteristico viene  
determinato tramite una interpolazione lineare tra la  
rispettiva coppia di valori minimo e massimo in funzione  
5 della posizione del pedale dell'acceleratore.

In particolare, se il pedale dell'acceleratore non  
è premuto (APP=0%), allora ciascun parametro  
caratteristico assumerà il rispettivo valore minimo, se  
il pedale dell'acceleratore è premuto a metà (APP=50%),  
10 allora ciascun parametro caratteristico assumerà il  
valore intermedio fra il rispettivo valore minimo ed il  
rispettivo valore massimo, mentre se il pedale  
dell'acceleratore è completamente premuto (APP=100%),  
allora ciascun parametro caratteristico assumerà il  
15 rispettivo valore massimo.

Ad esempio, le pendenze  $\alpha_1$  ed  $\alpha_2$  dei tratti  
ascendenti e discendenti dell'andamento trapezoidale  
della coppia ad anello aperto  $T_{o1}$  possono essere  
calcolate tramite la seguente formula:

20

$$\alpha(\text{APP}\%) = \alpha_{\text{MIN}} + \frac{\alpha_{\text{MAX}} - \alpha_{\text{MIN}}}{100} \cdot \text{APP}(\%)$$

Una formula analoga può essere utilizzata per  
calcolare il valore massimo  $T_{o1,\text{max}}$  della coppia ad anello  
aperto  $T_{o1}$ .

La fase di riequilibrio è terminata quando la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$  raggiunge la velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$  e quindi la coppia ad anello aperto  $T_{ol}$  diventa pari a zero, ossia:

5

$$\omega_{ref} = \omega_{min} \Rightarrow T_{ol} = 0$$

e questa situazione persiste fino a quando una delle seguenti condizioni accade:

- la velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$  cambia;
- 10 - lo stato del sistema cambia e la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$  viene inizializzata con un differente valore.

Se ciò porta nuovamente ad avere  $\omega_{ref} \neq \omega_{targ}$ , allora il blocco tracciatore 13 dà inizio ad una nuova fase di  
15 riequilibrio.

La corrispondente velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$  può essere calcolata con la seguente relazione:

$$\omega_{ref,i+1} = \omega_{ref,i} + g \cdot T_{ol,i}$$

20 Con il profilo di coppia mostrato nella figura 9, durante il transitorio di velocità, la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$  passa dal valore assunto prima dell'inizio del transitorio al valore obiettivo  $\omega_{targ}$  con un andamento del tipo mostrato nella figura 10, che fa  
25 sì che la fase di riequilibrio risulti dolce ("smooth")

e quindi il transitorio di velocità confortevole per il conducente ed i passeggeri del veicolo.

Nella figura 11 è mostrato uno schema a blocchi più dettagliato del blocco controllore 15, il quale, come precedentemente detto, è collegato al blocco tracciatore 13 ed al blocco osservatore 14 e genera in uscita la coppia di combustione  $T_{cmb}$  che consente di ottenere il transitorio di velocità desiderato.

In particolare, il blocco controllore 15 comprende un primo blocco sommatore 26 avente un primo ingresso ricevente la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$ , un secondo ingresso ricevente la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$ , ed una uscita fornente un errore di velocità motore  $\delta\omega_2$  pari alla differenza fra la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$  e la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$ ; un blocco moltiplicatore 27 avente un ingresso ricevente l'errore di velocità motore  $\delta\omega_2$  ed una uscita fornente una coppia proporzionale  $T_{prop}$  pari all'errore di velocità motore  $\delta\omega_2$  moltiplicato per un coefficiente moltiplicativo  $K_3$ ; un secondo blocco sommatore 28 avente un primo ingresso ricevente la coppia proporzionale  $T_{prop}$ , un secondo ingresso ricevente la coppia resistente osservata  $R_{obs}$ , ed una uscita fornente una coppia ad anello chiuso  $T_{cl}$  pari alla differenza fra la coppia proporzionale  $T_{prop}$  e la coppia resistente osservata  $R_{obs}$ ;

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

ed un terzo blocco sommatore 29 avente un primo ingresso ricevente la coppia ad anello chiuso  $T_{cl}$ , un secondo ingresso ricevente la coppia ad anello aperto  $T_{ol}$ , ed una uscita fornente la coppia di combustione  $T_{cmb}$  come  
5 somma della coppia ad anello chiuso  $T_{cl}$  e della coppia ad anello aperto  $T_{ol}$ .

Come si può notare, la coppia di combustione  $T_{cmb}$  è la somma di due contributi:

a) la coppia ad anello chiuso  $T_{cl}$ , il cui obiettivo  
10 è quello di far sì che la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$  segua la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$ ; inoltre essa è a sua volta la somma di due contributi:

al) la coppia proporzionale  $T_{prop}$ , che è  
15 proporzionale alla differenza fra la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$  e la velocità motore osservata  $\omega_{obs}$ , ossia:

$$T_{prop} = K_3 \cdot (\omega_{ref} - \omega_{obs})$$

dove  $K_3$  è il parametro che definisce il blocco  
20 controllore;

a2) la coppia resistente osservata  $R_{obs}$ , il cui  
comportamento in regime stazionario è simile a quello della componente integrale di un controllo ad anello chiuso di tipo proporzionale-integrale.

25 b) la coppia ad anello aperto  $T_{ol}$ , la quale fa sì

che la velocità motore di riferimento  $\omega_{ref}$  segua la velocità motore obiettivo  $\omega_{targ}$  durante la fase di riequilibrio.

Analogamente a quanto detto a riguardo dei  
5 coefficienti moltiplicativi  $K_1$  e  $K_2$ , anche il  
coefficiente  $K_3$  è funzione del tempo di convergenza del  
blocco osservatore 14 ed il suo calcolo può essere  
effettuato utilizzando formule largamente note in  
letteratura (si veda al riguardo qualsiasi testo  
10 approfondito di teoria dei sistemi).

Nella figura 12 è mostrato l'andamento della coppia  
ad anello chiuso  $T_{cl}$  in funzione della velocità motore  
osservata  $\omega_{obs}$ . Come si può notare, quando  $\omega_{obs}=\omega_{ref}$   
allora  $T_{cl}=-R_{obs}$ , cioè nessuna  
15 accelerazione/decelerazione ad anello chiuso è  
richiesta.

Come precedentemente detto, un ulteriore aspetto  
della presente invenzione riguarda il modo in cui il  
blocco misuratore di velocità di sistema 12 fornisce in  
20 uscita la velocità motore misurata  $\omega_{meas}$  in funzione  
della velocità motore  $\omega_{eng}$  e della velocità veicolo  $\omega_{veh}$ .

In particolare, la velocità motore  $\omega_{eng}$  è una  
grandezza fornita dal relativo dispositivo di misura in  
tempo reale in corrispondenza dei punti morti superiori  
25 dei pistoni dei rispettivi cilindri ed è disponibile

immediatamente dopo metà della rotazione dell'albero motore 2 a cui si riferisce ( $180^\circ$  di angolo motore). Tuttavia essa contiene tutte le dinamiche menzionate all'inizio di questa trattazione, non solo da quella  
5 principale, per cui per rimuovere le dinamiche indesiderate, essa necessita di essere elaborata nel modo descritto in maggior dettaglio nel seguito.

In dettaglio, il rumore che affligge la velocità motore  $\omega_{eng}$  si manifesta nella diversità dei singoli  
10 valori della velocità motore forniti dal relativo dispositivo di misura in ogni ciclo motore in corrispondenza dei rispettivi punti morti superiori anche quando la velocità motore  $\omega_{eng}$  stessa è mediamente costante sul ciclo motore, ed è tipicamente generato  
15 dalla presenza di disuniformità di comportamento dei vari componenti del motore o dell'impianto di iniezione legate ad esempio a tolleranze costruttive dei componenti, in particolare degli elettroiniettori.

La velocità veicolo  $\omega_{veh}$ , invece, non contiene la  
20 dinamica di ciclo e presenta una dinamica di trasmissione notevolmente ridotta. Tuttavia, essa è una grandezza ritardata rispetto alla velocità motore  $\omega_{eng}$ , che è la grandezza di controllata, e tale ritardo è dovuto all'elasticità della trasmissione ed è  
25 incrementato dal tempo di trasmissione ("transmission

time") se il segnale è disponibile tramite una rete CAN.

Alla luce delle caratteristiche sopra indicate, la scelta di quale fra la velocità motore  $\omega_{eng}$  e la velocità veicolo  $\omega_{veh}$  il blocco misuratore velocità di sistema 12 utilizza per generare la velocità motore misurata  $\omega_{meas}$  dipende dal tipo di applicazione. In particolare, in tutte quelle applicazioni in cui l'utilizzo della velocità veicolo  $\omega_{veh}$  costituisce un effettivo miglioramento rispetto all'utilizzo della velocità motore  $\omega_{eng}$ , cioè quando la velocità veicolo  $\omega_{veh}$  è poco ritardata rispetto alla velocità motore  $\omega_{eng}$  oppure la dinamica di trasmissione in essa contenuta risulta sostanzialmente trascurabile, allora la velocità motore misurata  $\omega_{meas}$  è costituita dalla velocità veicolo  $\omega_{veh}$ , in tutti gli altri casi, cioè quando la velocità veicolo  $\omega_{veh}$  è troppo ritardata rispetto alla velocità motore  $\omega_{eng}$  oppure la dinamica di trasmissione risulta non trascurabile o ancora la velocità veicolo  $\omega_{veh}$  non viene misurata in quanto il relativo dispositivo di misura non è previsto, allora la velocità motore misurata  $\omega_{meas}$  è funzione della velocità motore  $\omega_{eng}$ .

In particolare, nelle applicazioni in cui il blocco misuratore velocità di sistema 12 utilizza la velocità motore  $\omega_{eng}$ , secondo un aspetto della presente invenzione, la velocità motore misurata  $\omega_{meas}$  da esso

fornita in uscita è costituita dalla velocità motore  $\omega_{eng}$  misurata dal relativo dispositivo di misura quando la velocità motore  $\omega_{eng}$  stessa è in una condizione transitoria, mentre è costituita dalla velocità motore opportunamente filtrata su una finestra temporale prefissata, nel seguito indicata con velocità filtrata  $\omega_{filt}$ , quando la velocità motore  $\omega_{eng}$  stessa è in una condizione sostanzialmente stazionaria.

In particolare, dato che il dispositivo di misura della velocità motore  $\omega_{eng}$  fornisce un valore della velocità motore  $\omega_{eng}$  per ogni cilindro, in corrispondenza del punto morto superiore del relativo pistone, e ciascuno di tali valori è disponibile immediatamente dopo metà della rotazione dell'albero motore a cui si riferisce, quando la velocità motore  $\omega_{eng}$  è in una condizione transitoria, allora la velocità filtrata  $\omega_{filt}$  viene generata filtrando la velocità motore  $\omega_{eng}$  su una finestra mobile avente una ampiezza corrispondente ad un ciclo motore, ossia la velocità filtrata  $\omega_{filt}$  viene calcolata come media mobile degli ultimi quattro valori forniti dal dispositivo di misura.

La distinzione fra la condizione transitoria e la condizione sostanzialmente stazionaria della velocità motore  $\omega_{eng}$  viene effettuata sulla base della derivata della velocità filtrata  $\omega_{filt}$ ; in particolare, la

velocità motore  $\omega_{eng}$  è considerata essere in una condizione sostanzialmente stazionaria se la derivata della velocità filtrata  $\omega_{filt}$  è minore di un determinato valore di soglia almeno per un intero ciclo motore, altrimenti la velocità motore  $\omega_{eng}$  è considerata essere in una condizione transitoria.

In altri termini, la velocità motore  $\omega_{eng}$  è considerata essere in condizione sostanzialmente stazionaria se almeno quattro valori successivi della derivata dei valori medi della velocità motore  $\omega_{eng}$  sono minori del suddetto valore di soglia, il quale è funzione della marcia inserita.

Si fa notare come vi sia una correlazione fra la condizione stazionaria o transitoria della velocità motore  $\omega_{eng}$  e la condizione operativa del motore. In particolare, la condizione transitoria della velocità motore  $\omega_{eng}$  coincide con quello stato motore noto in letteratura col nome di regime transitorio, mentre la condizione sostanzialmente stazionaria della velocità motore  $\omega_{eng}$  coincide con quello stato motore noto in letteratura col nome di regime stazionario.

Nella figura 13 è a titolo di esempio mostrato l'andamento della velocità motore  $\omega_{eng}$  misurata dal relativo dispositivo di misura, e l'andamento della velocità filtrata  $\omega_{filt}$ . In particolare, sulla curva

rappresentativa dell'andamento della velocità motore  $\omega_{eng}$  i puntini rappresentano i singoli valori della velocità motore  $\omega_{eng}$  forniti dal dispositivo di misura in corrispondenza dei punti morti superiori dei pistoni nei relativi cilindri, mentre sulla curva rappresentativa della velocità filtrata  $\omega_{filt}$  ciascun puntino rappresenta il valor medio degli ultimi quattro valori della velocità motore  $\omega_{eng}$  forniti dal dispositivo di misura.

10 Nella figura 14 è invece mostrato l'andamento della derivata della velocità filtrata  $d\omega_{filt}/dt$ , ed il valore di soglia, indicato con  $Th$ , funzione della marcia inserita, utilizzato per discriminare la condizione transitoria dalla condizione sostanzialmente stazionaria della velocità motore  $\omega_{eng}$ .

15 La generazione della velocità motore misurata  $\omega_{meas}$  nel modo sopra indicato fa sì che quando la velocità motore  $\omega_{eng}$  è in una condizione sostanzialmente stazionaria, allora al blocco osservatore viene fornita la velocità filtrata  $\omega_{filt}$  in modo da eliminare quelle dinamiche che possono avere riflessi negativi sulla stabilità del sistema, ed il ritardo introdotto dal filtraggio non ha alcuna influenza sul controllo realizzato dal sistema grazie proprio al fatto che in 20 questa condizione il motore si trova ad operare in un

regime nel quale le grandezze operative motoristiche o veicolistiche sono sostanzialmente stabili o subiscono lente variazioni che non richiedono interventi repentini del sistema.

5 Viceversa, quando la velocità motore  $\omega_{eng}$  è in una condizione transitoria, allora al blocco osservatore viene fornita direttamente la velocità motore  $\omega_{eng}$  misurata dal dispositivo di misura, per cui il sistema si trova nella condizione di poter realizzare un  
10 controllo in tempo reale delle relative grandezze operative.

Come detto all'inizio di questa trattazione, la velocità motore  $\omega_{eng}$  determinabile dall'equazione 1) che descrive dal punto di vista sistemistico il veicolo ed  
15 il suo gruppo motopropulsore, dipende dal momento di inerzia del veicolo e questo dipende a sua volta dalla marcia innestata nel cambio di velocità del veicolo.

Per questo motivo, quindi, la marcia innestata nel cambio di velocità del veicolo rappresenta una delle  
20 grandezze operative del veicolo che la centralina di controllo deve necessariamente determinare per realizzare il controllo della velocità motore  $\omega_{eng}$ .

Qui di seguito verrà quindi descritto un metodo perfezionato per la determinazione della marcia  
25 innestata nel cambio di velocità di un veicolo.

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

Come è noto, per ciascuna marcia innestata il cambio di velocità presenta un rispettivo rapporto di trasmissione nominale definito come il rapporto fra la velocità di rotazione dell'albero motore e la velocità di rotazione dell'albero di uscita del cambio di velocità stesso. Tale definizione rimane valida anche quando la frizione è aperta e non vi è quindi una trasmissione del moto in senso proprio fra il motore ed il cambio di velocità.

Attualmente, la marcia innestata nel cambio di velocità viene determinata direttamente dalla centralina elettronica (ECU) calcolando innanzitutto il rapporto fra la velocità di rotazione dell'albero motore e la velocità di rotazione dell'albero di uscita del cambio di velocità, confrontando quindi il rapporto di trasmissione calcolato con una pluralità di intervalli o bande di rapporti di trasmissione centrate, ciascuna, rispetto ad un rispettivo rapporto di trasmissione nominale associato ad un rispettiva marcia del cambio di velocità, ed individuando infine la banda di rapporti di trasmissione all'interno della quale il rapporto di trasmissione calcolato risulta compreso, e quindi la relativa marcia associata.

In dettaglio, le bande di rapporti di trasmissione sono contigue ed immediatamente successive fra loro, ed

hanno una ampiezza che è funzione della rispettiva marcia ed assume tipicamente un valore pari a circa  $\pm$  20% del rispettivo rapporto di trasmissione nominale.

Sebbene largamente utilizzato, il metodo di  
5 determinazione della marcia innestata sopra descritto presenta un inconveniente che non ne consente un adeguato sfruttamento di tutti i pregi.

In particolare, alcuni degli algoritmi implementati dalla centralina di controllo, in particolare quelli  
10 dedicati alla gestione delle varie operazioni che compongono un cambio marcia, necessitano di conoscere quando, durante un cambio marcia, il cambio di velocità passa per lo stato di folle in cui nessuna marcia è innestata, e questo riconoscimento è di fatto reso  
15 impossibile dalla contiguità delle bande di rapporti di trasmissione.

Per ovviare a tale inconveniente, è stato proposto, ed in alcuni casi implementato, di restringere le bande di rapporti di trasmissione in modo tale da renderle  
20 disgiunte, ossia non contigue, e formare così, tra ciascuna coppia di bande di rapporti di trasmissione adiacenti, una banda alla quale, non essendo associato alcun rapporto di trasmissione, può essere associato lo stato di folle.

25 In questo modo, durante un cambio marcia, il

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo, muovendosi dalla banda di rapporti di trasmissione in cui fino a quel momento era compreso alla banda di rapporti di trasmissione adiacente, 5 transita attraverso una banda di folle, consentendo così il riconoscimento dello stato di folle a quest'ultima associata.

Sebbene consenta di riconoscere il passaggio per lo stato di folle durante un cambio marcia, anche questa 10 soluzione presenta tuttavia un inconveniente che non ne consente un adeguato sfruttamento di tutti i pregi.

In particolare, in alcune particolari condizioni operative del veicolo, ad esempio in veloci transitori di funzionamento generati da brusche frenate o repentine 15 accelerazioni con marcia innestata, l'elasticità torsionale della trasmissione fa sì che le velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità presentino delle oscillazioni attorno ai rispettivi valori nominali che dovrebbero assumere 20 rispettivamente in funzione dei comandi del conducente e della marcia innestata.

In particolare, le oscillazioni della velocità di rotazione dell'albero motore sono sfasate rispetto alle oscillazioni della velocità di rotazione dell'albero di 25 uscita del cambio di velocità e le prime presentano

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

ampiezze maggiori delle seconde a causa dei differenti momenti di inerzia del motore e del veicolo nel suo complesso a cui la trasmissione è collegata.

Le oscillazioni delle velocità di rotazione  
5 dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità, sebbene scarsamente rilevanti dal punto di vista dell'integrità meccanica della trasmissione e del motore, possono però avere riflessi negativi anche piuttosto rilevanti dal punto di vista controllistico  
10 del veicolo.

Infatti, l'ampiezza e lo sfasamento delle oscillazioni delle velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità possono determinare una temporanea fuoriuscita del  
15 rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo dalla banda di rapporti di trasmissione in cui fino a quel momento era compreso, e quindi una erronea rilevazione di uno stato di folle da parte della centralina di controllo, con le conseguenze negative dal  
20 punto di vista del controllo dell'operatività del veicolo che da ciò derivano.

Per ovviare a tale inconveniente, secondo un aspetto della presente invenzione, l'ampiezza delle bande di rapporti di trasmissione viene modulata in  
25 funzione dell'ampiezza delle succitate oscillazioni

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

delle velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità, in particolare le bande di rapporti di trasmissione vengono allargate proporzionale all'ampiezza delle oscillazioni  
5 stesse.

In dettaglio, siccome la coppia utile del motore è la differenza fra la coppia motrice generata dalla combustione e la coppia resistente agente sul motore ed imputabile, fra le altre cose, anche all'elasticità  
10 torsionale della trasmissione, l'ampiezza delle oscillazioni delle velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità viene determinata calcolando la variazione della coppia resistente agente sul motore.

In particolare, la variazione della coppia  
15 resistente agente sul motore viene determinata calcolando innanzitutto la variazione della coppia utile del motore, la quale, grazie alla nota relazione lineare fra coppia ed accelerazione angolare del motore, è  
20 proporzionale alla derivata seconda del numero di giri del motore (la derivata è la differenza fra il campione attuale e quello precedente), e sottraendo quindi dalla variazione della coppia utile del motore la variazione della coppia di combustione del motore, ossia della  
25 coppia motrice generata dalla combustione del

BERCADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

combustibile, la quale è una quantità calcolabile dalla centralina di controllo in modo noto e quindi non descritto in dettaglio in funzione della quantità di combustibile iniettato dagli elettroiniettori.

5 Una volta determinata la variazione della coppia resistente agente sul motore, ne viene quindi determinato l'inviluppo e quindi l'ampiezza di ciascuna delle bande di rapporti di trasmissione viene aumentata proporzionalmente al rapporto fra l'inviluppo della  
10 variazione della coppia resistente agente sul motore ed il momento di inerzia del motore stesso.

In particolare, l'estremo superiore di ciascuna banda di rapporti di trasmissione è pari alla somma di un contributo costante determinato nella fase di  
15 progetto del veicolo e di un contributo proporzionale al rapporto fra l'inviluppo della variazione della coppia resistente agente sul motore ed il momento di inerzia del motore stesso, mentre l'estremo inferiore di ciascuna banda di rapporti di trasmissione è pari alla  
20 differenza fra un contributo costante determinato anch'esso nella fase di progetto del veicolo (e disposto simmetricamente da parte opposta del relativo rapporto di trasmissione nominale rispetto al contributo costante dell'estremo superiore) ed un contributo proporzionale  
25 al rapporto fra l'inviluppo della variazione della

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

coppia resistente agente sul motore ed il momento di inerzia del motore stesso.

Il fattore di proporzionalità che lega l'allargamento delle bande di rapporti di trasmissione ed il rapporto fra l'inviluppo della variazione della coppia resistente agente sul motore e l'inerzia del motore stesso è funzione sia dell'ampiezza delle oscillazioni delle velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità, e quindi delle caratteristiche meccaniche della trasmissione, e dell'allargamento delle bande di rapporti di trasmissione che si desidera ottenere.

La discriminazione invece dello stato di folle o di marcia innestata del cambio di velocità viene effettuata nel seguente modo.

Al termine della cosiddetta fase di avviamento ("cranking") del motore, si suppone che il cambio di velocità sia nello stato di folle, mentre in tutti gli altri casi lo stato di folle del cambio di velocità viene riconosciuto quando il rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo appartiene ad una delle bande di folle (ossia non appartiene ad alcuna banda di rapporti di trasmissione).

La transizione dallo stato di folle allo stato di marcia innestata del cambio di velocità viene invece

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

riconosciuta come effettuata solo quando entrambe le seguenti condizioni sono verificate contemporaneamente:

a) il rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo appartiene ad una banda di rapporti di trasmissione;

b) il valore assoluto della derivata del rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo è minore di un valore di soglia.

La verifica di cui al punto b) viene effettuata allo scopo di evitare che la centralina di controllo rilevi erroneamente una condizione di marcia innestata quando invece il cambio di velocità è nello stato di folle e viene mantenuto in questo stato.

Infatti, immediatamente dopo che il cambio di velocità viene messo in folle e mantenuto in questo stato, non vi è più alcuna trasmissione del moto dal motore alle ruote del veicolo, e quindi le velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità evolvono indipendentemente l'una dall'altra. Per cui, il rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo può attraversare le altre bande di rapporti di trasmissione associate alle altre marce del cambio di velocità.

Ad esempio, nel caso in cui la strada percorsa dal veicolo sia in piano, il rapporto di trasmissione

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

calcolato dalla centralina di controllo decresce in modo sostanzialmente lineare nel tempo ed attraversa tutte le bande di rapporti di trasmissione associate alle marce del cambio di velocità inferiori a quella innestata  
5 prima della messa in stato di folle.

Conseguentemente, se una transizione dallo stato di folle ad uno stato di marcia innestata fosse riconosciuta solo sulla base dell'esito del confronto di cui al punto a), ogni qualvolta il rapporto di  
10 trasmissione calcolato dalla centralina di controllo viene a trovarsi all'interno di una banda di rapporti di trasmissione durante l'attraversamento delle bande di rapporti di trasmissione associate alle marce del cambio di velocità inferiori a quella innestata prima della  
15 messa in stato di folle, la centralina di controllo riconoscerebbe erroneamente uno stato di marcia innestata, mentre in realtà il cambio di velocità  
continua ad essere in stato di folle.

L'introduzione della verifica di cui al punto b)  
20 evita invece il verificarsi di questa erronea rilevazione, a condizione però che il valore di soglia utilizzato nel confronto di cui al punto b) sia minore del valore assoluto della derivata del rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo  
25 quando il cambio di velocità è in stato di folle.

BERCADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

Infatti, come precedentemente detto relativamente al caso in cui il veicolo percorra una strada in piano, quando il cambio di velocità viene messo in stato di folle il rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo decresce in modo sostanzialmente lineare nel tempo, per cui la sua derivata assume un valore costante.

Scegliendo quindi un valore di soglia minore del valore assoluto della derivata del rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo quando il cambio di velocità è in stato di folle, ogni qualvolta il rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo viene a trovarsi all'interno di una banda di rapporti di trasmissione durante l'attraversamento delle bande di rapporti di trasmissione associate alle marce del cambio di velocità inferiori a quella innestata prima della messa in stato di folle, la condizione di cui al punto a) risulta verificata, ma non quella di cui al punto b), per cui la centralina di controllo continua giustamente a riconoscere lo stato di folle.

Il valore di soglia utilizzato nel confronto di cui al punto b) non è costante, bensì presenta un andamento simile a quello degli estremi delle bande di rapporti di trasmissione, ossia viene anch'esso modulato in funzione

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

dell'ampiezza delle oscillazioni delle velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità rispetto al valore che dovrebbero assumere in funzione della richiesta del conducente e della marcia innestata.

In particolare, il valore di soglia è pari alla somma di un contributo costante e di un contributo proporzionale al rapporto fra l'involuppo della variazione della coppia resistente agente sul motore ed il momento di inerzia del motore stesso.

Alla luce di quanto sopra descritto a riguardo della verifica di cui al punto b), che evita il verificarsi del riconoscimento erroneo di uno stato di marcia innestata quanto il cambio di velocità è in realtà in stato di folle, il contributo costante viene scelto il minore possibile compatibilmente con il rumore associato al rapporto di trasmissione calcolato quando il cambio di velocità è in stato di folle.

Infatti, quando il cambio di velocità è in stato di folle, il veicolo ed il motore sono fra loro disaccoppiati e le oscillazioni delle velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità attorno al valore che dovrebbero assumere in funzione della richiesta del conducente e della marcia innestata sono nulle, per cui il valore di

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

soglia coincide con il contributo costante ed evita il verificarsi di tale erroneo riconoscimento.

Il contributo proporzionale al rapporto fra l'inviluppo della variazione della coppia resistente  
5 agente sul motore ed il momento di inerzia del motore stesso svolge invece la funzione di velocizzare il riconoscimento dello stato di marcia innestata. Infatti, quando una marcia viene innestata e quindi, a seconda che la frizione sia rilasciata bruscamente o meno, si  
10 possono manifestare le summenzionate oscillazioni, il contributo proporzionale al rapporto fra l'inviluppo della variazione della coppia resistente agente sul motore ed il momento di inerzia del motore stesso determina un aumento del valore di soglia rispetto al  
15 valore assunto nello stato di folle, e tale aumento fa sì che il valore assoluto della derivata del rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo impieghi un tempo inferiore a diventare minore del valore di soglia, riducendo conseguentemente il tempo  
20 necessario affinché la condizione di cui al punto b) rispetto a quello che occorrerebbe se il valore di soglia continuasse ad assumere il valore assunto nello stato di folle.

Il fattore di proporzionalità che lega l'aumento  
25 del valore di soglia al rapporto fra l'inviluppo della

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

variazione della coppia resistente agente sul motore ed il momento di inerzia del motore stesso viene pertanto scelto in fase di progetto sulla base delle precedenti considerazioni.

5        Nelle figure 15, 16, 17 e 18 sono a titolo di esempio mostrati gli andamenti di alcune delle grandezze sopra menzionate durante un cambio marcia, ossia durante un transitorio in cui si ha un disaccoppiamento ed un successivo accoppiamento del cambio di velocità al  
10 motore del veicolo.

In particolare, nella figura 15 è illustrato, con linea marcata, l'andamento dell'involuppo della variazione della coppia resistente agente sul motore, indicata con  $\delta T_{veh}$ ; nella figura 16 sono illustrati, con  
15 linea marcata, l'andamento del rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo, indicato con  $r_{trx}$ , con linea sottile gli andamenti dei due estremi di una delle bande di rapporti di trasmissione, indicata con  $B_{gear}$ , e con linea tratteggiata il valore nominale  
20 del rapporto di trasmissione associato a tale banda di rapporti di trasmissione; nella figura 17 è mostrato, con linea marcata, l'andamento del valore assoluto della derivata del rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo, indicato con  $|dr_{trx}|$ , e, con  
25 linea tratteggiata, il valore di soglia, indicato con

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

Th, utilizzato nel confronto di cui punto b) sopra descritto; e nella figura 18 è mostrato l'andamento nel tempo dello stato (di folle o di marcia innestata) determinato dalla centralina di controllo.

5        Come si può notare dall'analisi comparata delle figure 15 e 16, durante il cambio marcia quando l'inviluppo della variazione della coppia resistente agente sul motore assume un valore nullo, la banda di rapporti di trasmissione presenta una ampiezza  
10        relativamente ridotta e costante, la stessa assunta nell'arte nota, mentre quando l'inviluppo della variazione della coppia resistente agente sul motore diventa diverso da zero, la banda di rapporti di trasmissione si allarga proporzionalmente all'inviluppo  
15        stesso.

      Come si può notare invece dall'analisi comparata delle figure 15 e 17, durante il cambio marcia quando l'inviluppo della variazione della coppia resistente agente sul motore assume un valore nullo il valore di  
20        soglia assume un valore ridotto pari al contributo costante assunto nell'arte nota, mentre quando l'inviluppo della variazione della coppia resistente agente sul motore assume un valore diverso da zero, il valore di soglia aumenta proporzionalmente all'inviluppo  
25        stesso.

Come si può notare infine dall'analisi comparata delle figure 17 e 18, durante il cambio marcia quando il valore assoluto della derivata del rapporto di trasmissione calcolato dalla centralina di controllo  
5 diventa minore del valore di soglia (confronto di cui al punto b), la centralina di controllo rileva l'avvenuto cambio marcia, ossia il termine della transizione dallo stato di folle successivo al disinnesto della marcia innestata allo stato di marcia innestata.

10 Nelle figure 19, 20, 21 e 22 sono invece mostrati gli andamenti delle stesse grandezze rappresentate rispettivamente nelle figure 15, 16, 17 e 18, durante però il movimento in folle ("Idle-Motion") del veicolo, ossia quando il veicolo è in movimento ma il cambio di  
15 velocità è in folle, per cui la velocità dell'albero motore e la velocità dell'albero di uscita del cambio di velocità evolvono indipendentemente.

In questa condizione, il cambio di velocità è disaccoppiato dal motore, per cui non è presente alcuna  
20 delle summenzionate oscillazioni delle velocità di rotazione dell'albero motore e dell'albero di uscita del cambio di velocità.

Pertanto, l'inviluppo della variazione della coppia resistente agente sul motore assume sempre un valore  
25 nullo, l'ampiezza della banda di rapporti di

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

trasmissione rimane costante al valore ridotto, il  
valore di soglia coincide con il contributo costante, il  
valore assoluto della derivata del rapporto di  
trasmissione calcolato dalla centralina di controllo  
5 rimane sempre maggiore del valore di soglia, per cui la  
centralina di controllo rileva lo stato di folle.

Inoltre, quando il cambio è in stato di folle, le  
bande di rapporti di trasmissione presentano un'ampiezza  
che è funzione della rispettiva marcia ed è tipicamente  
10 variabile fra un  $\pm 2\%$  del rispettivo rapporto di  
trasmissione nominale in quinta marcia ed un  $\pm 4\%$  del  
rispettivo rapporto di trasmissione nominale in prima  
marcia.

È stato sperimentalmente verificato dalla  
15 richiedente che l'allargamento delle bande di rapporti  
di trasmissione proporzionalmente all'ampiezza delle  
oscillazioni delle velocità di rotazione dell'albero  
motore e dell'albero di uscita del cambio attorno ai  
valori nominali che dovrebbero assumere in funzione  
20 della richiesta del conducente e della marcia innestata,  
consente di eliminare del tutto i problemi dell'arte  
nota, ossia di evitare possibili erronee rilevazioni di  
uno stato di folle da parte della centralina di  
controllo causata dalle oscillazioni stesse.

25 Non solo, ma in assenza delle suddette

BERCADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

oscillazioni, le bande di rapporti di trasmissione assumono un'ampiezza minore di quella che assumevano nell'arte nota, per cui consentono di accrescere i vantaggi dell'arte nota. Questa caratteristica, in  
5 combinazione con la verifica di cui al punto b) sopra descritta, consente di ridurre sensibilmente il rischio di erronea rilevazione di marcia inserita rispetto a quanto avviene nell'arte nota.

Oltre a ciò, l'incremento del valore di soglia  
10 utilizzato nel confronto di cui al punto b) proporzionalmente all'ampiezza di tali oscillazioni consente di ridurre sensibilmente il tempo necessario alla centralina di controllo per determinare a quale banda di rapporti di trasmissione appartiene il rapporto  
15 di trasmissione calcolato rispetto al caso in cui tale valore di soglia rimanesse costante al valore ridotto.

Da un esame delle caratteristiche della presente invenzione sono evidenti i vantaggi che essa consente di ottenere.

20 In particolare, si sottolinea il fatto che la richiedente ha sperimentalmente verificato come la particolare architettura del dispositivo di controllo mostrata nella figura 5 consenta di superare molti degli inconvenienti che affliggono i dispositivi di controllo  
25 noti. In particolare, significativi miglioramenti si

sono ottenuti in termini di riduzione sia degli "undershooting" con marcia innestata che degli strattonamenti del veicolo.

Risulta infine chiaro che al dispositivo di controllo qui descritto ed illustrato possono essere  
5 apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

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

1. Dispositivo di controllo (10) della velocità angolare ( $\omega_{eng}$ ) di un motore (1), caratterizzato dal fatto di comprendere:

5           - mezzi tracciatori (13) riceventi in ingresso una velocità motore obiettivo ( $\omega_{targ}$ ) indicativa della velocità angolare del motore ( $\omega_{eng}$ ) che si desidera raggiungere, ed una coppia massima erogabile dal motore ( $T_{max}$ ), e fornenti in uscita una velocità motore di  
10 riferimento ( $\omega_{ref}$ ) indicativa dell'andamento della velocità angolare del motore ( $\omega_{eng}$ ) durante un transitorio di velocità verso detta velocità motore obiettivo ( $\omega_{targ}$ ), ed una coppia ad anello aperto ( $T_{o1}$ ) indicativa della coppia motrice che il detto motore (1)  
15 deve erogare durante il detto transitorio di velocità affinché la sua velocità angolare ( $\omega_{eng}$ ) segua la detta velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ );

          - mezzi osservatori (14) riceventi in ingresso una velocità motore misurata ( $\omega_{meas}$ ) indicativa della  
20 velocità angolare del motore ( $\omega_{eng}$ ), ed una coppia di combustione ( $T_{cmb}$ ) indicativa della coppia motrice generata dalla combustione del combustibile in detto motore (1), e fornenti in uscita una velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ) rappresentante una stima della velocità  
25 angolare del motore ( $\omega_{eng}$ ) effettuata sulla base di un

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

modello di sistema (18) e in funzione di detta coppia di combustione ( $T_{cmb}$ ) e di detta velocità motore misurata ( $\omega_{meas}$ ), ed una coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ) rappresentante una stima della coppia resistente globale agente sull'albero motore (2) di detto motore (1) effettuata in funzione di detta velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ) e di detta velocità motore misurata ( $\omega_{meas}$ ); e

- mezzi controllori (15) riceventi in ingresso la detta coppia ad anello aperto ( $T_{ol}$ ), la detta velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ ), la detta velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ), e la detta coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ), e fornenti in uscita la detta coppia di combustione ( $T_{cmb}$ ); i detti mezzi controllori (15) comandando detto motore (1) in modo tale che la coppia motrice generata dalla combustione del combustibile sia pari alla detta coppia di combustione ( $T_{cmb}$ ).

2. Dispositivo di controllo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti mezzi osservatori (14) determinano detta velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ) e detta coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ) in funzione dello scostamento fra detta velocità motore misurata ( $\omega_{meas}$ ) e la velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ) stessa.

3. Dispositivo di controllo secondo la

rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detti  
mezzi osservatori (14) comprendono primi mezzi sommatori  
(16) riceventi in ingresso la detta velocità motore  
misurata ( $\omega_{meas}$ ) e la detta velocità motore osservata  
5 ( $\omega_{obs}$ ), e fornenti in uscita un primo errore di velocità  
motore ( $\delta\omega_1$ ) correlato alla differenza fra la velocità  
motore misurata ( $\omega_{meas}$ ) e la velocità motore osservata  
( $\omega_{obs}$ ); mezzi stimatori di coppia resistente (17)  
ricevanti in ingresso il detto primo errore di velocità  
10 motore ( $\delta\omega_1$ ), e fornenti in uscita la detta coppia  
resistente osservata ( $R_{obs}$ ) ed una coppia resistente  
istantanea ( $R_{inst}$ ); primi mezzi di modello di sistema  
(18) memorizzanti il detto modello comportamentale di  
sistema, ricevanti in ingresso la detta coppia di  
15 combustione ( $T_{cmb}$ ) e la detta coppia resistente  
istantanea ( $R_{inst}$ ), e fornenti in uscita la detta  
velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ).

4. Dispositivo di controllo secondo la  
rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detti  
20 mezzi stimatori di coppia resistente (17) comprendono  
primi mezzi moltiplicatori (19) ricevanti in ingresso il  
detto primo errore di velocità motore ( $\delta\omega_1$ ) e fornenti  
in uscita una variazione di coppia resistente osservata  
( $\delta T_1$ ) correlata al prodotto del primo errore di velocità  
25 motore ( $\delta\omega_1$ ) per un primo coefficiente moltiplicativo

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

( $K_1$ ); secondi mezzi sommatore (20) riceventi in ingresso la detta variazione di coppia resistente osservata ( $\delta T_1$ ) e la detta coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ), e fornenti in uscita una coppia resistente aggiornata ( $R_{up}$ ) correlata alla somma della coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ) e della variazione di coppia resistente osservata ( $\delta T_1$ ); mezzi ritardatori (21) riceventi in ingresso la detta coppia resistente aggiornata ( $R_{up}$ ) e fornenti in uscita la detta coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ );  
10 secondi mezzi moltiplicatori (22) riceventi in ingresso il detto primo errore di velocità motore ( $\delta \omega_1$ ) e fornenti in uscita una variazione di coppia resistente istantanea ( $\delta T_2$ ) correlata al prodotto del primo errore di velocità motore ( $\delta \omega_1$ ) per un secondo coefficiente  
15 moltiplicativo ( $K_2$ ); e terzi mezzi sommatore (23) riceventi in ingresso la detta coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ) e la detta variazione di coppia resistente istantanea ( $\delta T_2$ ), e fornenti in uscita la detta coppia resistente istantanea ( $R_{inst}$ ) correlata alla  
20 somma della coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ) e della variazione di coppia resistente istantanea ( $\delta T_2$ ).

5. Dispositivo di controllo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti mezzi tracciatori (13) comprendono mezzi  
25 generatori di profili di coppia (24) riceventi in

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

ingresso la detta coppia massima erogabile dal motore ( $T_{max}$ ), la detta velocità motore obiettivo ( $\omega_{targ}$ ), la detta velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ ), e la detta posizione del pedale dell'acceleratore (APP), e fornenti  
5 in uscita la detta coppia ad anello aperto ( $T_{o1}$ ); detta coppia ad anello aperto ( $T_{o1}$ ) presentando, quando la detta velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ ) differisce dalla detta velocità motore obiettivo ( $\omega_{targ}$ ), un andamento nel tempo di tipo trapezoidale; detti mezzi  
10 tracciatori (13) comprendendo inoltre secondi mezzi di modello di sistema (25) memorizzanti il detto modello di sistema, riceventi in ingresso la detta coppia ad anello aperto ( $T_{o1}$ ) e fornenti in uscita la detta velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ ).

15 6. Dispositivo di controllo secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detto andamento nel tempo di tipo trapezoidale di detta coppia ad anello aperto ( $T_{o1}$ ) essendo definito da parametri caratteristici comprendenti il valore massimo ( $T_{o1,max}$ )  
20 assumibile dalla coppia ad anello aperto ( $T_{o1}$ ), la pendenza ( $\alpha_1$ ) del tratto ascendente dell'andamento trapezoidale, e la pendenza ( $\alpha_2$ ) del tratto discendente dell'andamento trapezoidale; a ciascuno di detti parametri caratteristici essendo associato un intervallo  
25 di variazione ammissibile delimitato da un valore minimo

e da un valore massimo, ed il valore di ciascun parametro caratteristico essendo funzione della posizione del pedale dell'acceleratore (APP).

7. Dispositivo di controllo secondo la  
5 rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che il valore di ciascun detto parametro caratteristico essendo determinato effettuando una interpolazione lineare tra la rispettiva coppia di valori minimo e massimo in funzione della posizione del pedale dell'acceleratore  
10 (APP).

8. Dispositivo di controllo secondo la rivendicazione 6 o 7, caratterizzato dal fatto che il valore minimo ed il valore massimo delimitanti l'intervallo di variazione ammissibile di ciascun detto  
15 parametro caratteristico è funzione della marcia innestata in un cambio di velocità (6) di detto veicolo (4).

9. Dispositivo di controllo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal  
20 fatto che detti mezzi controllori (15) comprendono quarti mezzi sommatori (26) ricevanti in ingresso la detta velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ ) e la detta velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ), e fornenti in uscita un secondo errore di velocità motore ( $\delta\omega_2$ ) pari alla  
25 differenza fra la velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ )

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

e la velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ); terzi mezzi moltiplicatori (27) riceventi in ingresso il detto secondo errore di velocità motore ( $\delta\omega_2$ ) e fornenti in uscita una coppia proporzionale ( $T_{prop}$ ) correlata al  
5 prodotto del secondo errore di velocità motore ( $\delta\omega_2$ ) moltiplicato per un terzo coefficiente moltiplicativo ( $K_3$ ); quinti mezzi sommatore (28) riceventi in ingresso la detta coppia proporzionale ( $T_{prop}$ ) e la detta coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ), e fornenti in uscita una  
10 coppia ad anello chiuso ( $T_{cl}$ ) correlata alla differenza fra la coppia proporzionale ( $T_{prop}$ ) e la coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ); e sesti mezzi sommatore (29) riceventi in ingresso la detta coppia ad anello chiuso ( $T_{cl}$ ) e la detta coppia ad anello aperto ( $T_{ol}$ ), e  
15 fornenti in uscita la detta coppia di combustione ( $T_{cmb}$ ) correlata alla somma della coppia ad anello chiuso ( $T_{cl}$ ) e della coppia ad anello aperto ( $T_{ol}$ ).

10. Metodo di controllo della velocità angolare ( $\omega_{eng}$ ) di un motore (1), caratterizzato dal fatto di  
20 comprendere le fasi di:

- fornire una velocità motore obiettivo ( $\omega_{targ}$ ) indicativa della velocità angolare del motore ( $\omega_{eng}$ ) che si desidera raggiungere, ed una coppia massima erogabile dal motore ( $T_{max}$ );
- 25 - generare una velocità motore misurata ( $\omega_{meas}$ )

indicativa della velocità angolare del motore ( $\omega_{eng}$ ), ed una coppia di combustione ( $T_{cmb}$ ) indicativa della coppia motrice generata dalla combustione del combustibile in detto motore (1);

5           - generare una velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ ) indicativa dell'andamento della velocità angolare del motore ( $\omega_{eng}$ ) durante un transitorio di velocità verso detta velocità motore obiettivo ( $\omega_{targ}$ ), ed una coppia ad anello aperto ( $T_{o1}$ ) indicativa della coppia motrice che  
10 il detto motore (1) deve erogare durante il detto transitorio di velocità affinché la sua velocità angolare ( $\omega_{eng}$ ) segua la detta velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ ) in funzione di detta coppia massima erogabile dal motore ( $T_{max}$ ) e di detta velocità motore  
15 obiettivo ( $\omega_{targ}$ );

          - generare una velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ) rappresentante una stima della velocità angolare del motore ( $\omega_{eng}$ ) effettuata sulla base di un modello di sistema (18) e in funzione di detta coppia di  
20 combustione ( $T_{cmb}$ ) e di detta velocità motore misurata ( $\omega_{meas}$ ), ed una coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ) rappresentante una stima della coppia resistente globale agente sull'albero motore (2) di detto motore (1) effettuata in funzione di detta velocità motore  
25 osservata ( $\omega_{obs}$ ) e di detta velocità motore misurata

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

( $\omega_{meas}$ );

- generare detta coppia di combustione ( $T_{cmb}$ ) in funzione di detta coppia ad anello aperto ( $T_{ol}$ ), detta velocità motore di riferimento ( $\omega_{ref}$ ), detta velocità motore osservata ( $\omega_{obs}$ ) e detta coppia resistente osservata ( $R_{obs}$ ); e

- comandare detto motore (1) in modo tale che la coppia motrice generata dalla combustione del combustibile sia pari alla detta coppia di combustione ( $T_{cmb}$ ).

11. Dispositivo di controllo della velocità angolare di un motore, sostanzialmente come descritto con riferimento ai disegni allegati.

12. Metodo di controllo della velocità angolare di un motore, sostanzialmente come descritto con riferimento ai disegni allegati.

p.i.: C.R.F. SOCIETÀ CONSORTILE PER AZIONI

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)



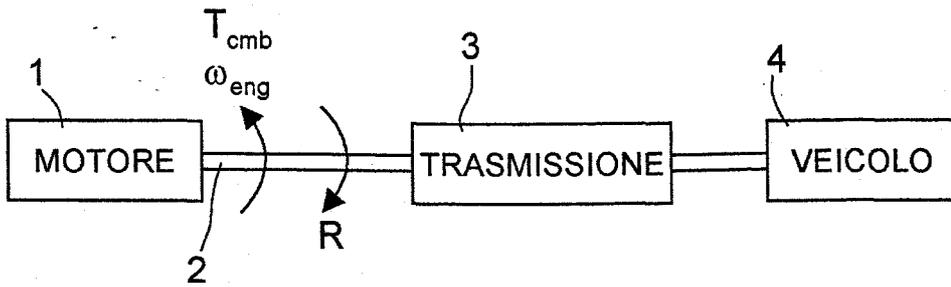


Fig. 1

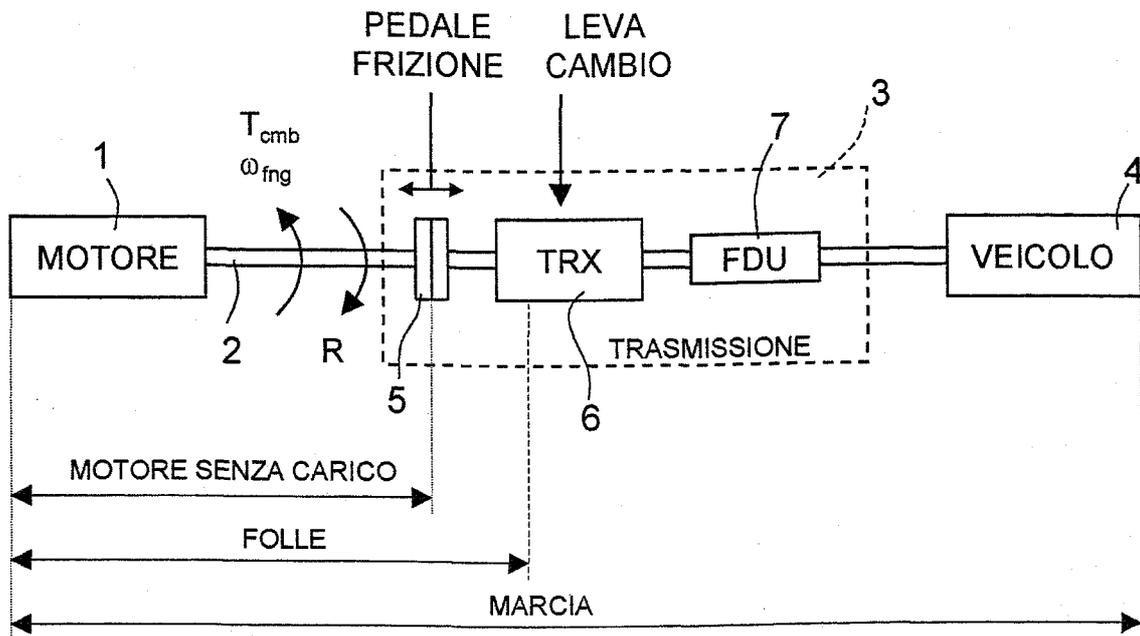


Fig. 2

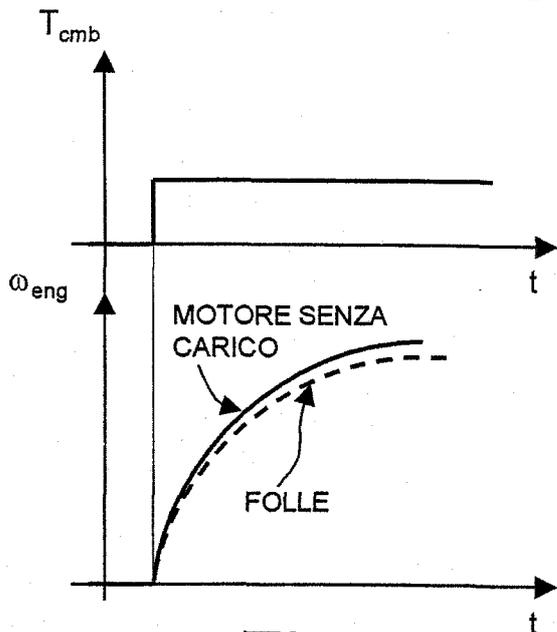


Fig. 3

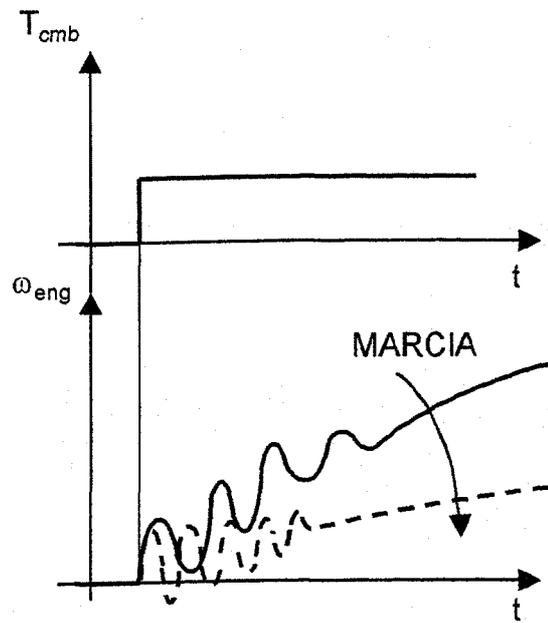


Fig. 4

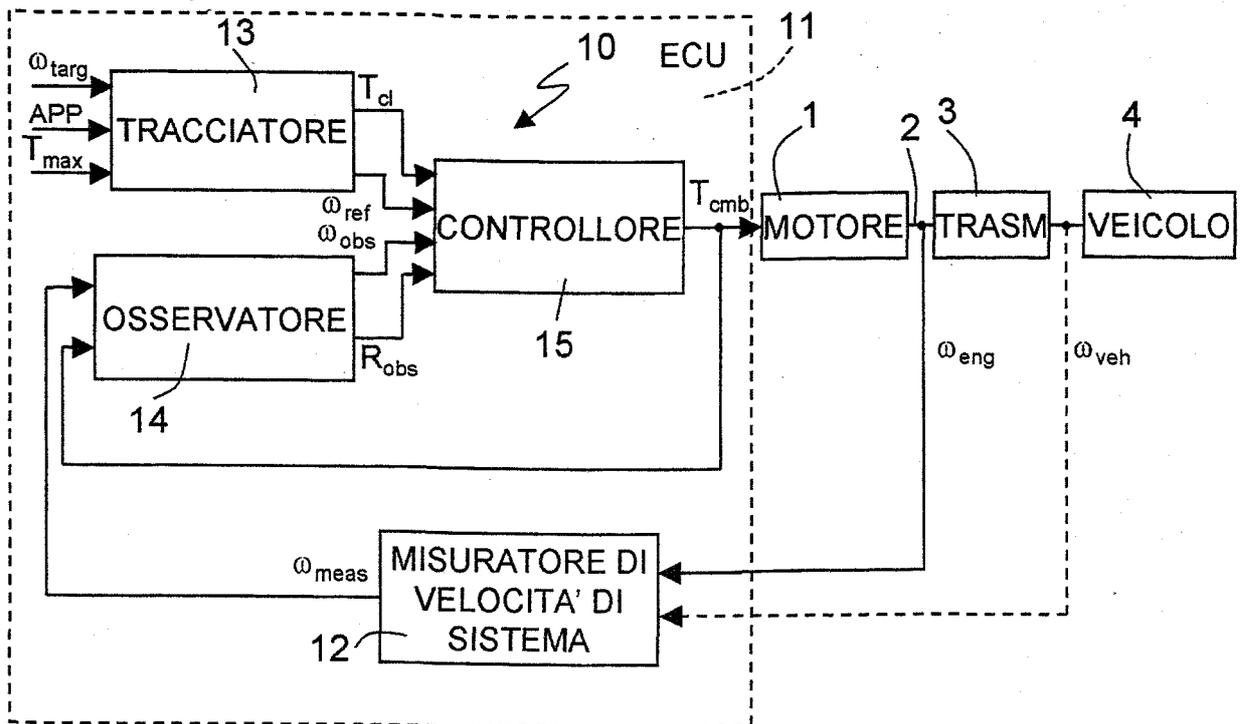


Fig.5

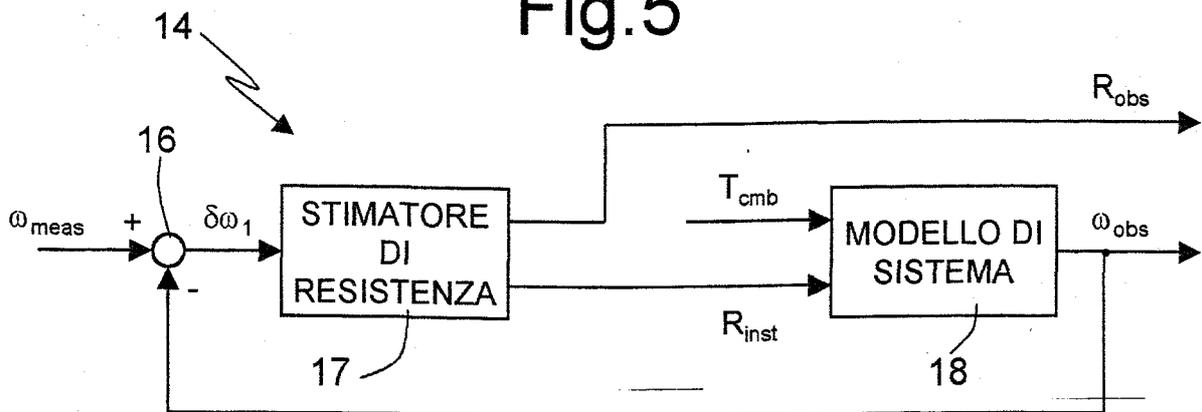


Fig.6

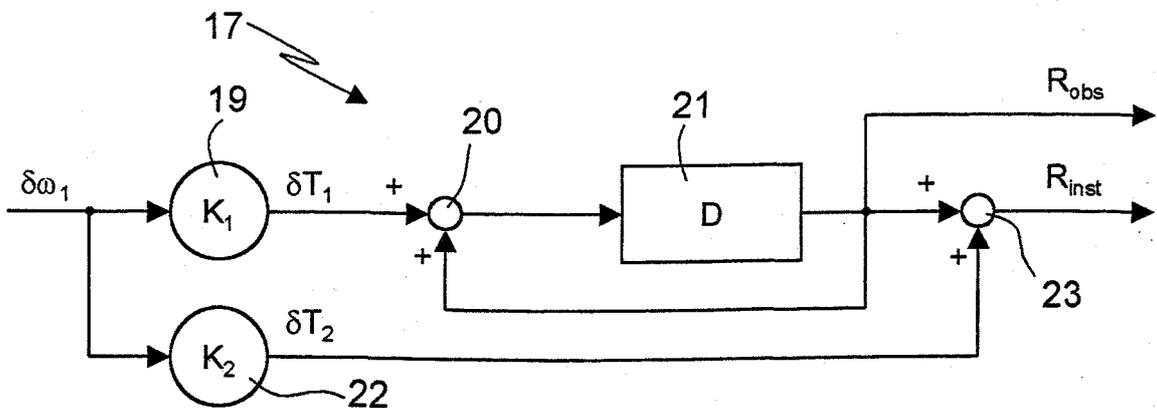


Fig.7



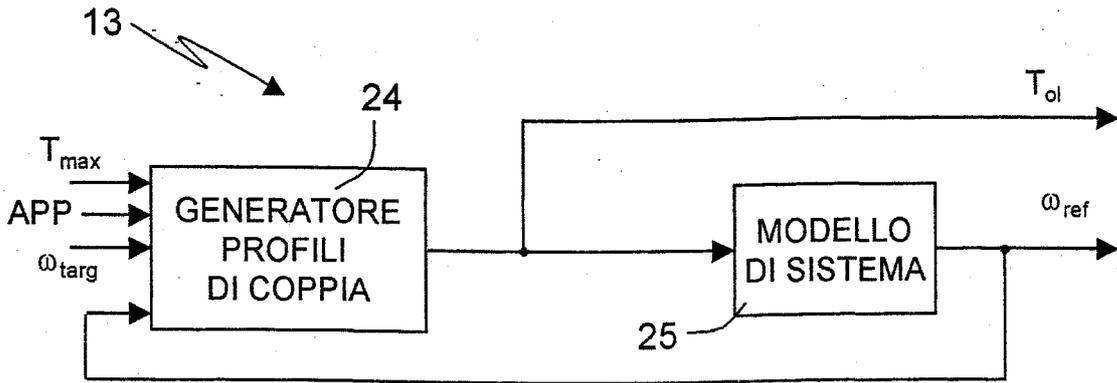


Fig.8

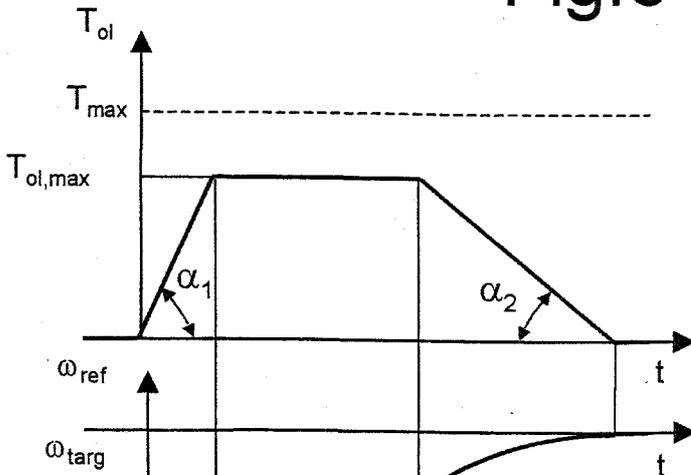


Fig.9

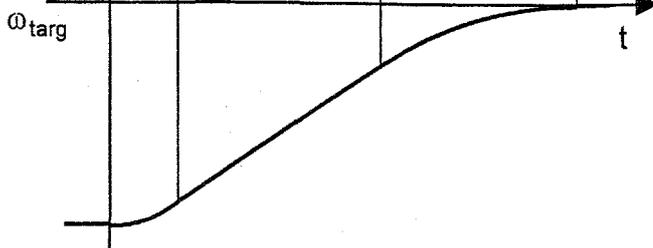


Fig.10

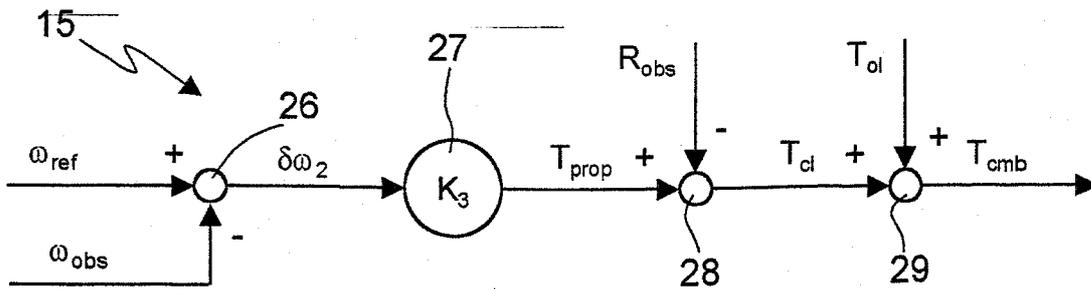


Fig.11

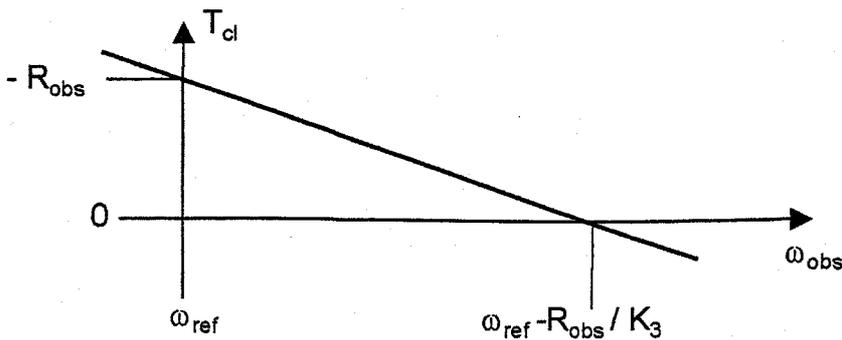


Fig.12

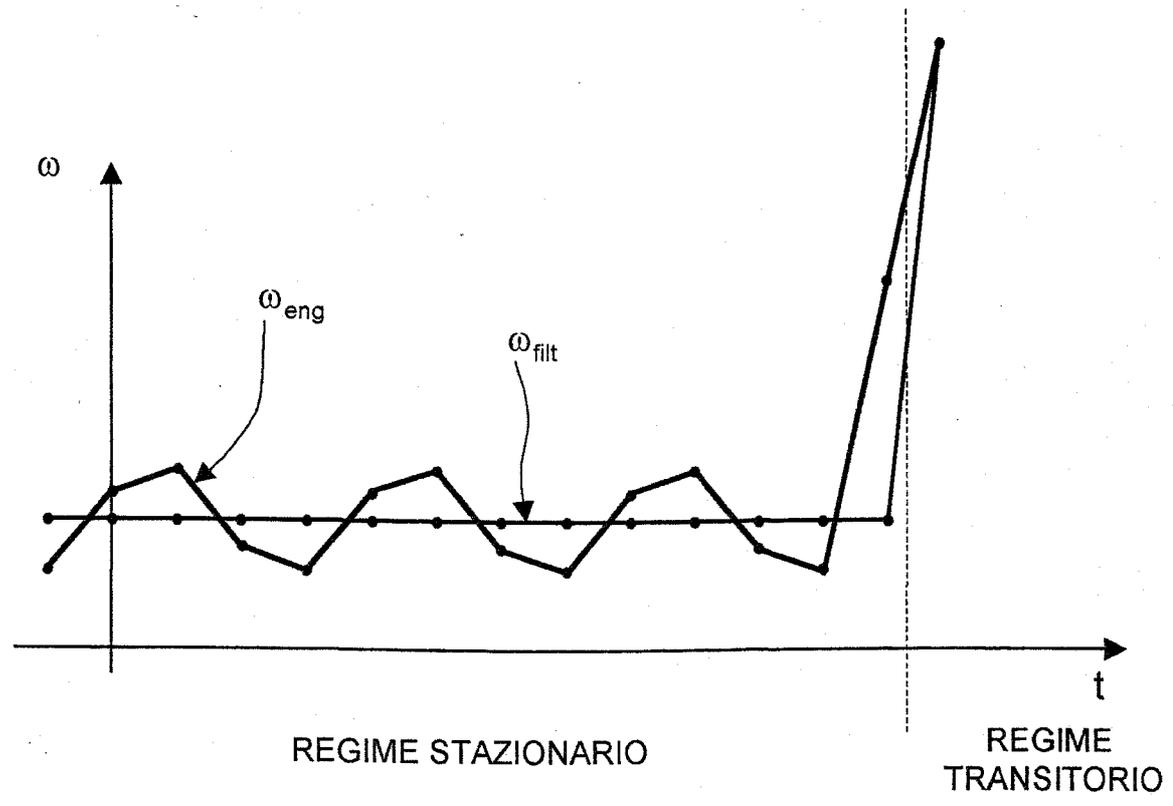


Fig.13

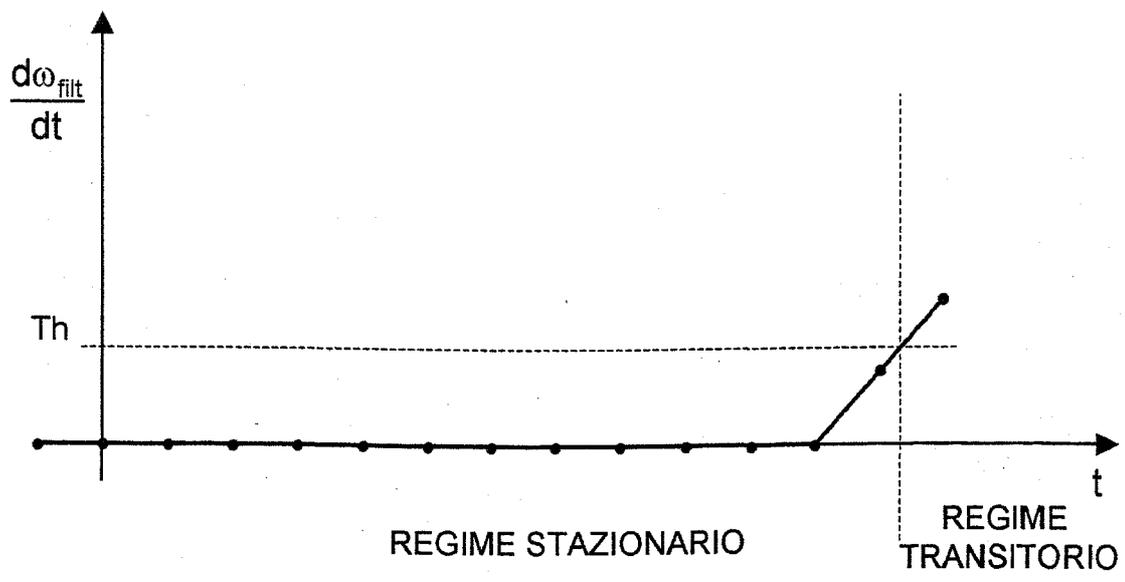


Fig.14

p.i.: C.R.F. SOCIETA' CONSORTILE PER AZIONI

BERGADINO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 6438)



TO 2001A 000 752

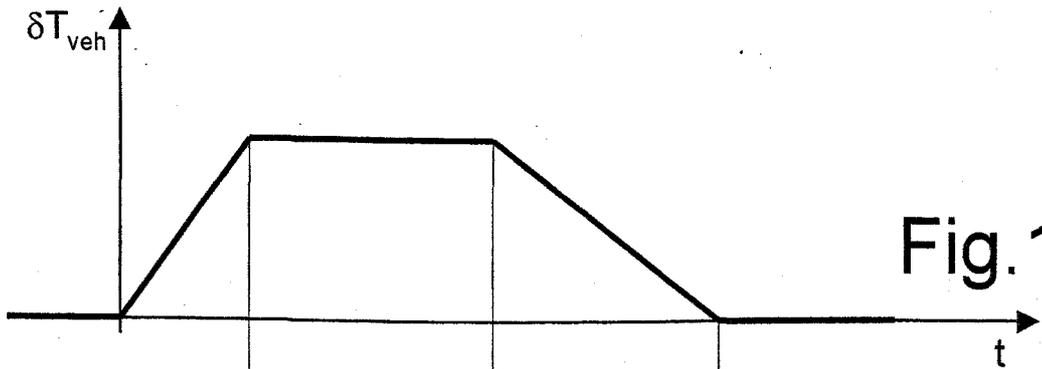


Fig. 15

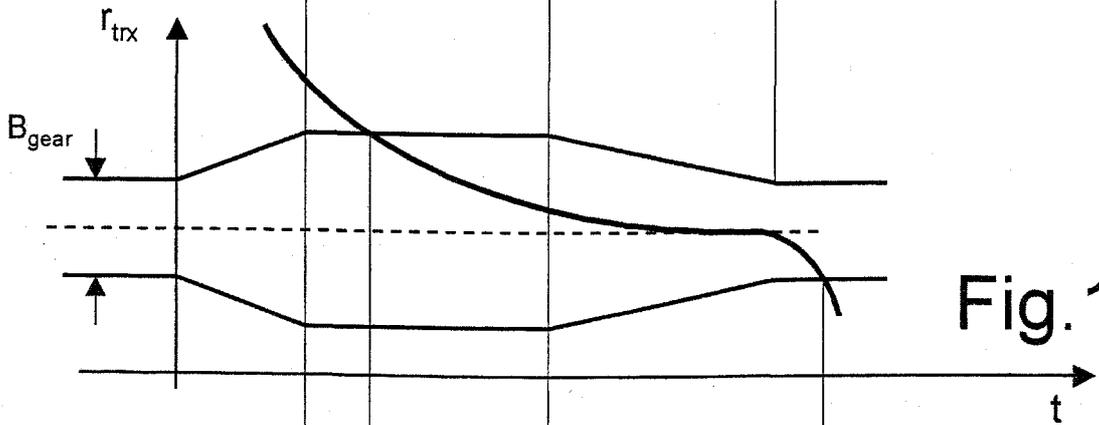


Fig. 16

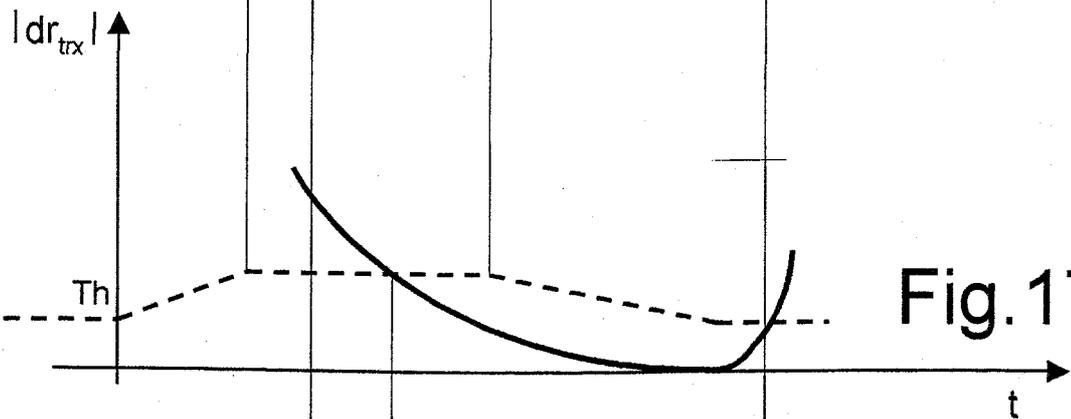


Fig. 17

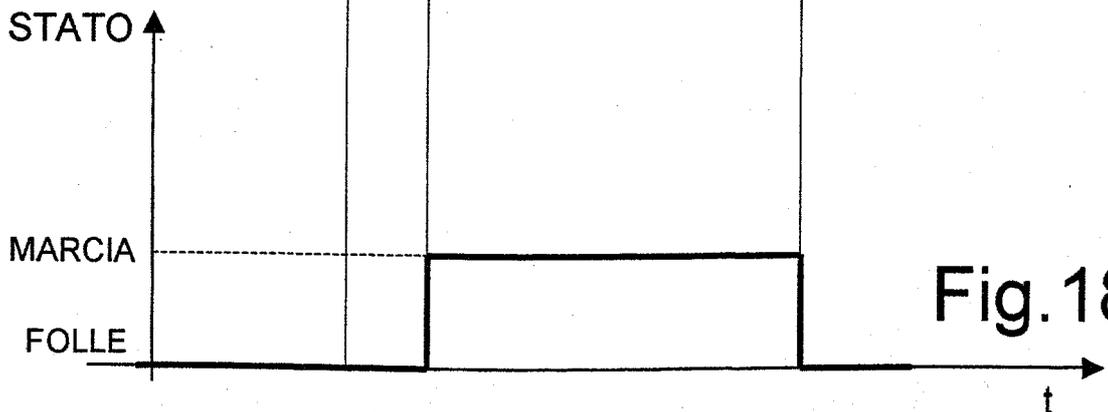


Fig. 18

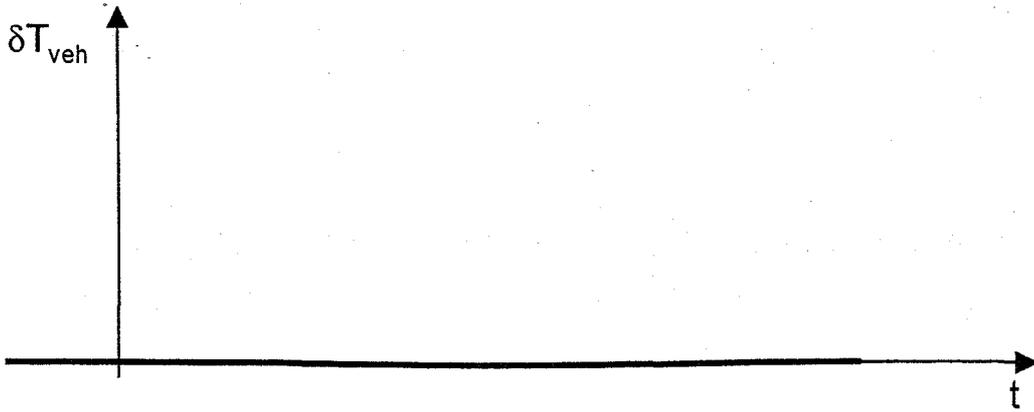


Fig.19

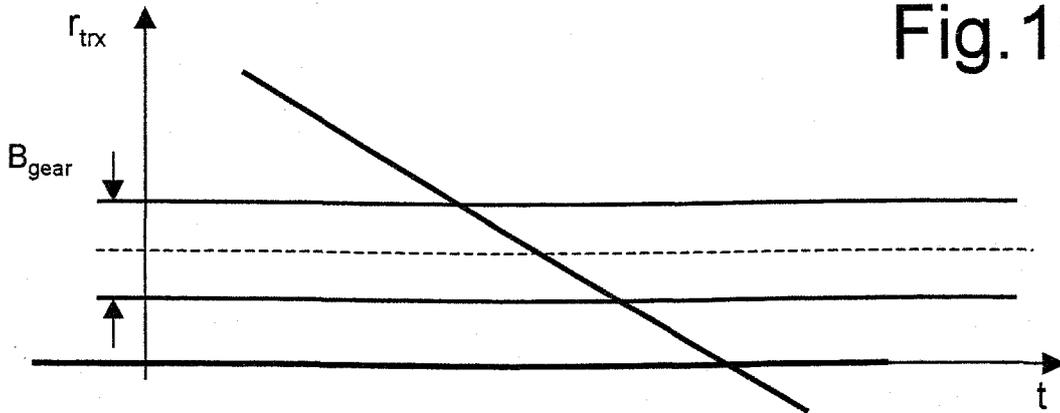


Fig.20

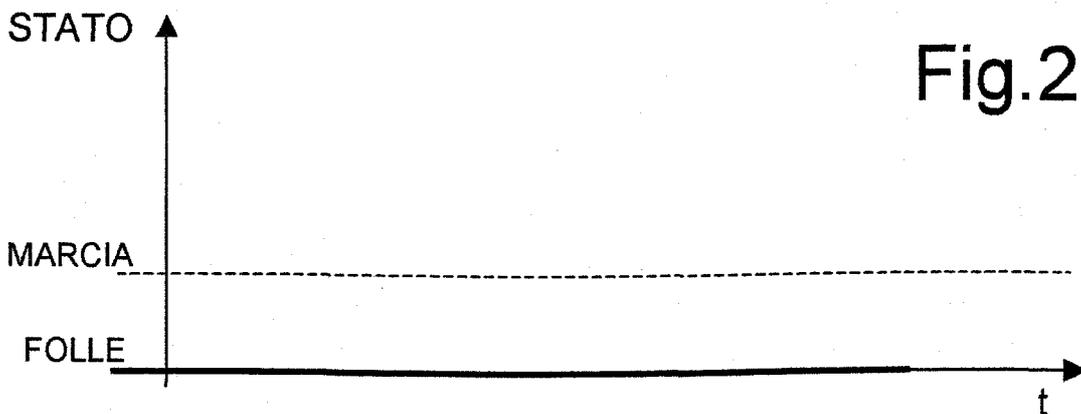
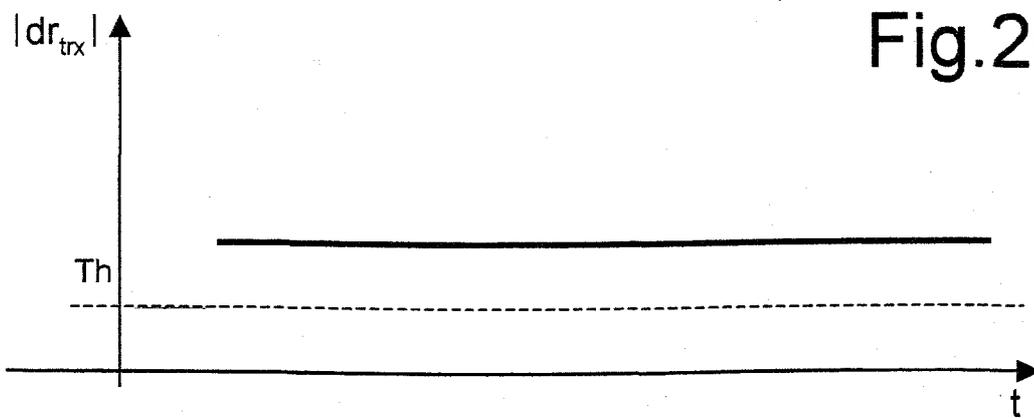


Fig.21

Fig.22