



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102009901745064
Data Deposito	26/06/2009
Data Pubblicazione	26/12/2010

Classifiche IPC

Titolo

**METODO PER IL CONTROLLO DELLA VELOCITA' DI AVANZAMENTO IN SCOOTER A
PROPULSIONE ELETTRICA**

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

“Metodo per il controllo della velocità di avanzamento in scooter a propulsione elettrica”

5 a nome di Oxygen S.p.A.

di nazionalità: italiana

con domicilio in Via Ponticello 44 - 35129 Padova

&*&*&*&

10 La presente invenzione si riferisce ad un metodo per il controllo della velocità di avanzamento in scooter a propulsione elettrica.

A seguito della sempre crescente attenzione ai problemi ambientali legati all'uso di veicoli con motori a combustibili fossili ed al sempre crescente costo di gestione che questi richiedono, si sta sempre più diffondendo l'uso di veicoli a propulsione elettrica.

15 Una soluzione di grande interesse per le aree metropolitane è rappresentata dagli scooter elettrici, particolarmente adatti ai servizi di trasporto, ad esempio di tipo postale, o per consegne a domicilio.

20 Numerose amministrazioni hanno quindi iniziato a sostituire i motoveicoli con motore a combustione interna con scooter a propulsione elettrica, ottenendo con un innegabile vantaggio in termini di inquinamento e risparmio economico. Le caratteristiche ed il comportamento di questi ultimi veicoli è tuttavia per molti aspetti differente rispetto ai mezzi di trasporto tradizionali e, tali diversità possono creare delle difficoltà nella guida del veicolo o, comunque, creare un certo impaccio.

25 Queste difficoltà possono peraltro essere pericolose e fastidiose quando gli scooter sono destinati a servizi di trasporto, durante i quali devono essere trasportati pesi elevati ed il veicolo è soggetto a continue fermate e ripartenze.

È infatti facilmente comprensibile come i due tipi di motori utilizzati, avendo comportamenti tra loro ben differenti, rispondano in maniera differente al comando dell'acceleratore fornendo sensazioni molto differenti durante la guida.

30 Più precisamente, un motore a combustione offre un comportamento progressivo, con un aumento graduale della coppia, conformemente alla curva caratteristica di tali tipi di motore. Quindi, per avere una partenza o un'accelerazione morbida, negli scooter con motori a combustione interna, sarà sufficiente agire gradualmente sulla manopola

dell'accelerazione che regola direttamente l'alimentazione di carburante al motore.

Al contrario, negli scooter elettrici, nei quali viene comunque utilizzata una manopola girevole per il comando dell'acceleratore, il comportamento del motore elettrico viene stabilito in base al tipo di controllo utilizzato.

- 5 In altre parole, a seguito della rotazione della manopola, verrà inviato un segnale di comando che, tramite un'opportuna implementazione di un controllo, comanderà il motore elettrico.

A seconda delle modalità di controllo utilizzate, il comportamento del motore sarà differente.

- 10 Una prima possibilità consiste perciò nell'implementare un controllo di coppia, in maniera concettualmente analoga a quanto avviene negli scooter a motore a combustione.

Agendo sull'acceleratore verrà variata la coppia erogata dal motore e, conseguentemente, anche la velocità del veicolo.

- 15 Tale tipo di controllo presenta però uno svantaggio legato al fatto che quando il veicolo procede in discesa, non agendo sull'acceleratore, il motore non produce alcuna coppia, mentre, al contrario, sarebbe necessario che il motore producesse automaticamente una coppia frenante, in maniera tale da far rallentare il veicolo, analogamente al freno motore nei motori a combustione interna.

- 20 Per ovviare a questo inconveniente, ad esempio, si è pensato di consentire la rotazione dell'acceleratore secondo due versi di rotazione, in un primo caso imponendo coppia positiva, nel secondo caso coppia negativa, facendo quindi funzionare il motore elettrico come generatore. Una tale soluzione è descritta nella domanda di brevetto internazionale n. WO 2003 078199.

- 25 Anche in questo caso, tuttavia, l'utilizzo dell'accelerazione secondo tali modalità è poco pratico e, soprattutto scarsamente intuitivo per un conducente abituato ad utilizzare motoveicoli tradizionali. Inoltre, tale soluzione non consente di sfruttare al meglio la frenata a recupero, vale a dire l'utilizzo del motore come generatore per la ricarica delle batterie con conseguente azione frenante, in quanto il semplice rilascio dell'acceleratore
30 imposta semplicemente coppia nulla. Al contrario, potrebbe essere desiderabile avere un'azione di recupero anche quando lo scooter è in discesa o rallenta procedendo su un tratto piano, ad esempio avvicinandosi ad un incrocio. Nel sistema descritto nel brevetto

suddetto tale azione è demandata alla rotazione negativa dell'accelerazione, pertanto, un movimento poco intuitivo e spontaneo da parte del guidatore.

In alternativa, quindi, è stato sviluppato un sistema di controllo di velocità che impone una determinata velocità al motore in base all'angolo di rotazione della manopola dell'acceleratore.

Tale soluzione risolve i problemi legati all'avanzamento in discesa ed alla scarsa intuitività del controllo, ma presenta lo svantaggio di produrre delle accelerazioni, in particolare da fermo ed alle basse velocità, eccessivamente brusche. Tale comportamento può infatti essere pericoloso quando il veicolo elettrico è adibito al trasporto e, conseguentemente, pesante. Inoltre, in generale, non fornisce delle buone sensazioni al guidatore che ha sostanzialmente l'impressione di avere uno scarso controllo del veicolo.

Pertanto il problema tecnico che è alla base della presente invenzione è quello di fornire un metodo di controllo della velocità di avanzamento in scooter elettrici che consenta di ovviare agli svantaggi sopra menzionati con riferimento alla tecnica nota.

Tale problema è risolto dal metodo secondo la rivendicazione 1 e dallo scooter secondo la rivendicazione 10.

La presente invenzione presenta alcuni rilevanti vantaggi. Il vantaggio principale consiste nel fatto che il metodo secondo la presente invenzione consente di controllare uno scooter elettrico in maniera intuitiva, pratica e senza creare alcuna situazione di difficoltà per il conducente. In aggiunta, il metodo secondo la presente invenzione è particolarmente adatto ad integrarsi con una funzione di frenata a recupero, senza necessità di agire su comandi specifici.

Altri vantaggi, caratteristiche e le modalità d'impiego della presente invenzione risulteranno evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di alcune forme di realizzazione, presentate a scopo esemplificativo e non limitativo. Verrà fatto riferimento alle figure dei disegni allegati, in cui:

la figura 1 è uno schema a blocchi del metodo per il controllo della velocità di avanzamento in scooter a propulsione elettrica secondo la presente invenzione; e
le figura 2A e 2B sono due grafici che illustrano esempi di funzione della variazione rispettivamente del guadagno proporzionale e del guadagno integrale di un controllore PID applicato nel metodo secondo la presente invenzione.

Per inciso, con il termine scooter si intenderà quella una categoria di motoveicoli, dalla caratteristica conformazione della scocca, detta “step-through”, ovvero sia attraversabile nel tratto ribassato posto tra il sellino e lo scudo anteriore. Tali veicoli sono normalmente a due ruote ma, in alcuni casi, a tre ruote e, i medesimi concetti inventivi
5 che saranno illustrati a seguire potranno essere applicati anche a quest’ultimo tipo di veicoli.

Con riferimento quindi alla figura 1, viene illustrato uno schema a blocchi che riassume il funzionamento del metodo di controllo della velocità secondo la presente invenzione. In generale, uno scooter elettrico comprende un motore elettrico M, un’unità di
10 controllo CU del motore, in particolare comprendente lo stadio di potenza e collegata al comando dell’acceleratore A e, ovviamente, al motore stesso, ed un gruppo batteria BP per l’alimentazione dello scooter.

Durante la guida dello scooter, il conducente agisce sul comando dell’acceleratore A in maniera da regolare la velocità di avanzamento del veicolo, similmente ai motoveicoli
15 tradizionali.

In particolare, per agire sull’accelerazione A, il conducente effettua una rotazione α della manopola dello stesso, rotazione che avrà una determinata ampiezza rispetto ad una posizione di riposo iniziale dell’acceleratore.

Quindi, secondo modalità che verranno descritte con maggiore dettaglio a seguire,
20 l’ampiezza dell’angolo di rotazione α verrà trasmessa all’unità di controllo CU, la quale assocerà a tale angolo α una predeterminata velocità obiettivo v_t . In altre parole, il conducente, tramite la rotazione della manopola dell’acceleratore, seleziona una velocità a cui desidera procedere, indicata come velocità obiettivo.

Tale operazione può essere semplicemente realizzata tramite l’uso di un potenziometro
25 collegato alla manopola dell’acceleratore, in maniera da fornire un segnale variabile in funzione dell’angolo α .

All’interno dell’unità di controllo CU la velocità obiettivo v_t viene confrontata con una velocità reale v_r che corrisponde alla velocità di avanzamento reale dello scooter, rilevata, ad esempio, tramite un sensore di velocità S_v , associato al motore M. Tale
30 operazione di confronto consente di ottenere un errore di velocità ε_v , ottenuto dalla differenza tra velocità obiettivo v_t e velocità reale v_r .

Come illustrato in figura 1, l’unità di controllo CU comprende inoltre un controllore

PID C_{PID} dell'anello di velocità che fornisce un segnale di controllo allo stadio di potenza e, conseguentemente, effettua il controllo del motore.

Come noto, il controllore PID effettua un'azione di regolazione di tipo proporzionale, integrale e derivativo, che viene regolata sulla base dei rispettivi guadagni proporzionale
 5 K_p , integrale K_i e derivativo K_d .

La risposta del motore è quindi fortemente influenzata dai valori di tali guadagni, in particolare, potrà essere definita una risposta più o meno rapida sulla base della regolazione impostata.

Nel metodo di controllo secondo la presente invenzione, il controllore PID utilizza
 10 valori dei guadagni, in particolare di K_i e K_p , variabili in funzione dell'errore di velocità ε_v .

Il metodo secondo la presente invenzione prevede in particolare la variazione dei valori dei guadagni K_i e K_p dell'anello di controllo di velocità in maniera tale da ottenere una risposta molto rapida del sistema nel caso l'errore di velocità ε_v sia elevato, ed invece
 15 diviene gradualmente ed automaticamente più morbida al diminuire dell'errore ε_v .

Più precisamente, a valori elevati di K_p corrispondano risposte più rapide e quindi comportamenti più bruschi mentre, e per valori bassi del guadagno, il sistema ha una dinamica di risposta di primo tipo e più lenta.

Quindi, per ottenere una risposta più morbida è preferibile diminuire il guadagno
 20 proporzionale K_p al diminuire dell'errore ε_v .

Inoltre, sperimentalmente si è osservato che, per ottenere una risposta più corretta, è invece preferibile aumentare il guadagno integrale K_i al diminuire dell'errore ε_v .

La metodologia di controllo della velocità di avanzamento secondo la presente invenzione è quindi basata su un primo passo di impostare la velocità obiettivo v_t ,
 25 agendo sul comando dell'acceleratore e, in particolare, a seconda dell'angolo α .

Al tempo stesso viene rilevata la velocità reale v_r dello scooter tramite un apposito sensore S_v , che viene confrontata con la velocità obiettivo v_t .

I valori del guadagno proporzionale K_p ed integrale K_i del controllore PID saranno quindi variabili in funzione dell'errore di velocità ε_v , ottenuto tramite il confronto fra la
 30 velocità reale v_r e la velocità obiettivo v_t .

Quindi, il motore elettrico M dello scooter viene azionato, sulla base dei valori del guadagno proporzionale K_p ed integrale K_i , in maniera tale che il veicolo tenda a

portarsi alla velocità obiettivo v_t impostata dal conducente.

Grazie a tale metodologia di controllo, lo scooter diminuirà la propria accelerazione quando è vicino alla velocità obiettivo, fornendo così un comportamento più intuitivo e semplice da controllare per il guidatore.

5 Ad esempio, nel caso lo scooter sia fermo e il guidatore voglia regolare la potenza ottenuta per raggiungere una determinata velocità potrà accelerare molto per avere una rapida risposta. Infatti in questo moto il sistema andrà ad utilizzare valori elevati del guadagno proporzionale K_p in quanto l'errore ε_v sarà grande.

Se il guidatore vuole invece avere un comportamento progressivo del veicolo accelererà
10 gradualmente in maniera tale da selezionare valori di K_p più piccoli e quindi ottenere una risposta più morbida.

Con riferimento ai grafici di figure 2A e 2B, che illustrano un possibile esempio di variazione rispettivamente del guadagno proporzionale K_p e del guadagno integrale K_i al variare dell'errore di velocità ε , il metodo di variazione dei guadagni del controllore
15 PID può essere modificato in funzione dell'errore di velocità determinato.

Più precisamente, come si può notare dai grafici, gli andamenti del guadagno proporzionale K_p e del guadagno integrale K_i sono tali per cui si mantengono costanti per errori di velocità inferiori ad un errore di velocità minimo ε_{vmin} e superiori ad un errore di velocità massimo ε_{vmax} , mentre variano secondo quanto descritto
20 precedentemente tra tali valori. In questo modo, vengono evitate eventuali instabilità del sistema, che potrebbero avere luogo per valori dei guadagni K_p e K_i eccessivamente bassi o elevati.

In aggiunta, il metodo di variazione può essere ulteriormente modificato per velocità prossime alla velocità massima. In particolare, infatti, in questa situazione, si avrebbe,
25 all'avvicinarsi della velocità massima, un errore di velocità sempre più piccolo, quindi con risposte sempre più lente del sistema. Pertanto, teoricamente, lo scooter non raggiungerebbe mai la velocità massima. Per ovviare a tale problema, è possibile prevedere una differente strategia di variazione dei guadagni, in particolare alle alte velocità. Ad esempio, sarà possibile prevedere un coefficiente moltiplicativo funzione
30 della velocità reale dello scooter o, in generale, potranno essere utilizzate delle funzioni matematiche, che si discostano dall'andamento illustrato nelle figure 2A e 2B, che tengano conto delle problematiche che si manifestano a velocità prossime alla massima.

In altre parole, quindi, il guadagno proporzionale K_p ed il guadagno integrale K_i potranno variare in funzione dell'errore di velocità ε in base a predeterminate funzioni matematiche che tengano conto di altri parametri relativi al moto dello scooter.

Si noti infine che il metodo secondo la presente invenzione prevede l'utilizzo di un
 5 controllore di coppia che trasmette un segnale allo stadio di potenza sulla base di un errore di coppia analogamente a quanto descritto per l'anello di velocità.

In questo caso, la coppia obiettivo T_t verrà impostata sulla base di un segnale fornito dal controllore PID, in funzione dell'errore di velocità e quindi dei guadagni K_p , K_i , K_d dello stesso.

10 Tramite un apposito sensore di coppia S_T viene rilevata un valore di coppia reale T_r del motore dello scooter, che viene confrontato con la coppia obiettivo T_t suddetta, fornendo un errore di coppia ε_T .

Attraverso lo stadio di potenza verrà quindi comandato il motore elettrico M dello scooter in maniera fornire la coppia obiettivo T_t richiesta.

15 Si noti pertanto che, nel momento in cui il guidatore rilascerà l'acceleratore, verrà impostata una velocità obiettivo nulla, con un errore di velocità negativo e , la coppia obiettivo che verrà impostata sarà negativa, facendo perciò correttamente funzionare il motore come freno. Tale aspetto si rivela poi particolarmente vantaggioso nel caso sia
 20 utilizzato un sistema di frenata a recupero, nel quale le batterie potranno essere ricaricate nel momento in cui è richiesta coppia negativa ed il motore, per generare l'effetto frenante, funziona come generatore.

La presente invenzione è stata fin qui descritta con riferimento a forme preferite di realizzazione. È da intendersi che possano esistere altre forme di realizzazione che
 25 afferiscono al medesimo nucleo inventivo, tutte rientranti nell'ambito di protezione delle rivendicazioni qui di seguito esposte.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per il controllo della velocità di avanzamento in scooter a propulsione elettrica, comprendente i passi di:
 - a. impostare una velocità obiettivo (v_t);
 - 5 b. rilevare una velocità reale (v_r) del motore elettrico (M) dello scooter;
 - c. confrontare la velocità reale (v_r) con la velocità obiettivo (v_t);
 - d. comandare il motore elettrico (M) dello scooter in maniera tale che tenda a portarsi a detta velocità obiettivo (v_t),

caratterizzato dal fatto che detto passo di comandare il motore elettrico ha

10 luogo tramite un controllore di tipo PID (C_{PID}), in cui il valore del guadagno proporzionale (K_p) del controllore PID (C_{PID}) è variabile in funzione di un errore di velocità (ε_v) ottenuto da detto passo di confronto fra la velocità reale (v_r) e la velocità obiettivo (v_t).
2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui il valore del guadagno proporzionale
- 15 (K_p) viene aumentato all'aumentare di detto errore di velocità (ε_v).
3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il valore del guadagno proporzionale (K_p) è tale per cui:
 - si mantiene costante per errori di velocità inferiori ad un errore di velocità minino (ε_{vmin}) e superiori ad un errore di velocità massimo
 - 20 (ε_{vmax});
 - varia per errori di velocità compresi tra detto errore di velocità minino (ε_{vmin}) e detto errore di velocità massimo (ε_{vmax}).
4. Metodo secondo una delle precedenti rivendicazioni, in cui il valore del guadagno integrale (K_i) del controllo PID (C_{PID}) è variabile in funzione di detto
- 25 errore di velocità (ε_v).
5. Metodo secondo la rivendicazione 4, in cui il valore del guadagno integrale (K_i) viene diminuito all'aumentare di detto errore di velocità (ε_v).
6. Metodo secondo la rivendicazione 4 o 5, in cui il valore del guadagno integrale (K_i) è tale per cui:
 - 30 • si mantiene costante per errori di velocità inferiori ad un errore di velocità minino (ε_{vmin}) e superiori ad un errore di velocità massimo (ε_{vmax});

- varia per errori di velocità compresi tra detto errore di velocità minimo (ε_{vmin}) e detto errore di velocità massimo (ε_{vmax}).
7. Metodo secondo una delle precedenti rivendicazioni, in cui detto passo di impostare una velocità obiettivo (V_t) è effettuato agendo sull'acceleratore (A) dello scooter.
8. Metodo secondo la rivendicazione 5, in cui detta velocità obiettivo (V_t) è associata all'ampiezza dell'angolo di rotazione (α) di una manopola di comando dell'acceleratore (A) dello scooter rispetto ad una posizione di riposo iniziale.
9. Metodo secondo una delle precedenti rivendicazioni, in cui detto passo di comandare il motore elettrico (M) in maniera tale che il veicolo tenda a portarsi a detta velocità obiettivo (v_t) comprende ulteriori passi di:
- impostare una coppia obiettivo (T_t);
 - rilevare una coppia reale (T_r) del motore elettrico (M) dello scooter;
 - confrontare la coppia reale (T_r) con la coppia obiettivo (T_t);
 - comandare il motore elettrico (M) in maniera da fornire detta coppia obiettivo (T_t),
- detta coppia obiettivo (v_t) essendo determinata sulla base di un segnale fornito da detto controllore PID (C_{PID}), in funzione dell'errore di velocità (ε_v) e dei guadagni (K_p , K_i) conseguentemente determinati.
10. Scooter a propulsione elettrica comprendente un motore elettrico (M), un'unità di controllo (CU) di detto motore (M), associata ad un comando acceleratore (A) ed a un gruppo batterie (BP), detta unità di controllo comprendente un controllore di tipo PID (C_{PID}) dell'anello di controllo della velocità, caratterizzato dal fatto che i guadagni (K_p , K_i) di detto controllore PID (C_{PID}) sono regolati tramite un metodo secondo una delle precedenti rivendicazioni.
- p.p. Oxygen S.p.A.

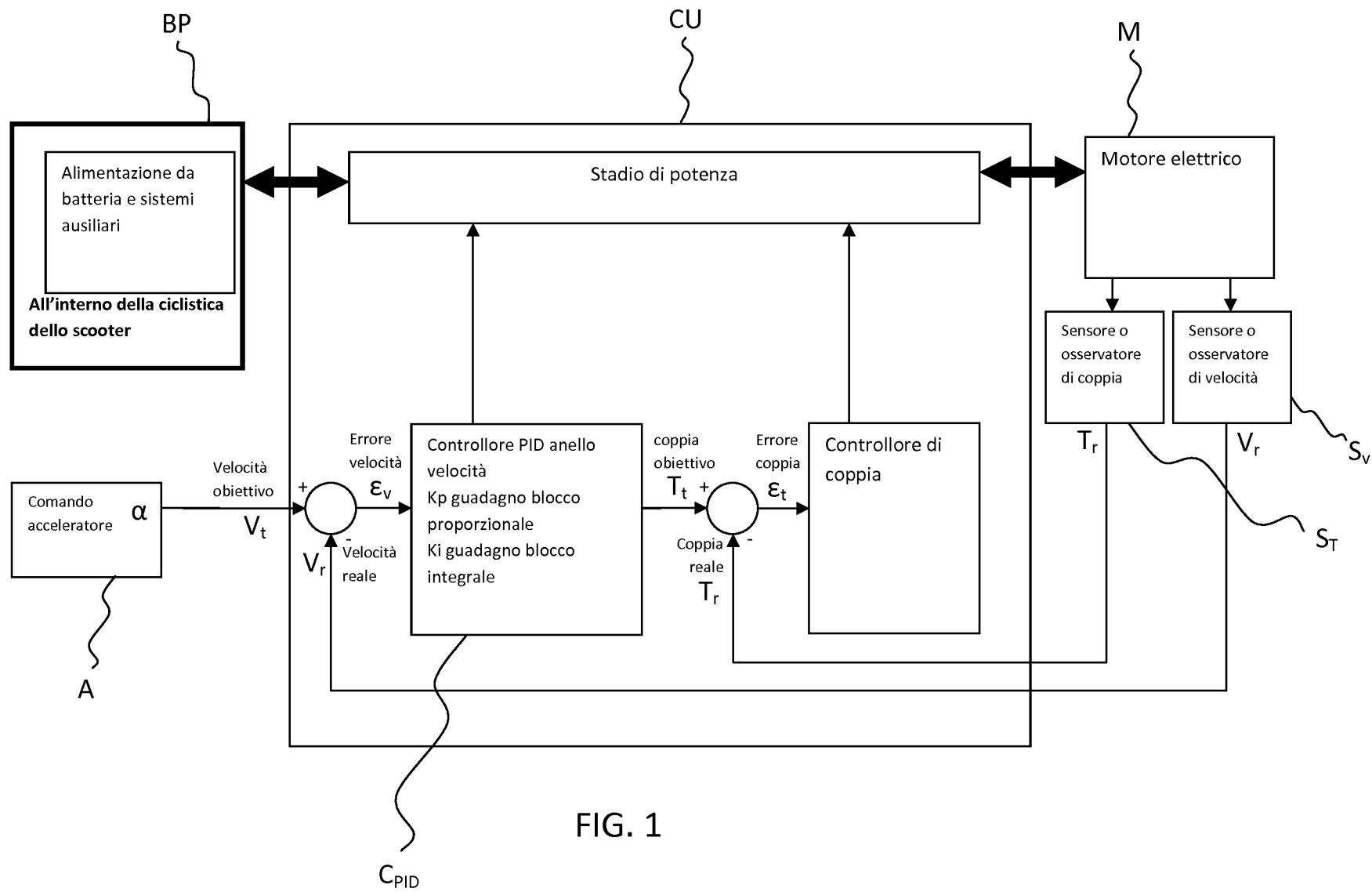


FIG. 1

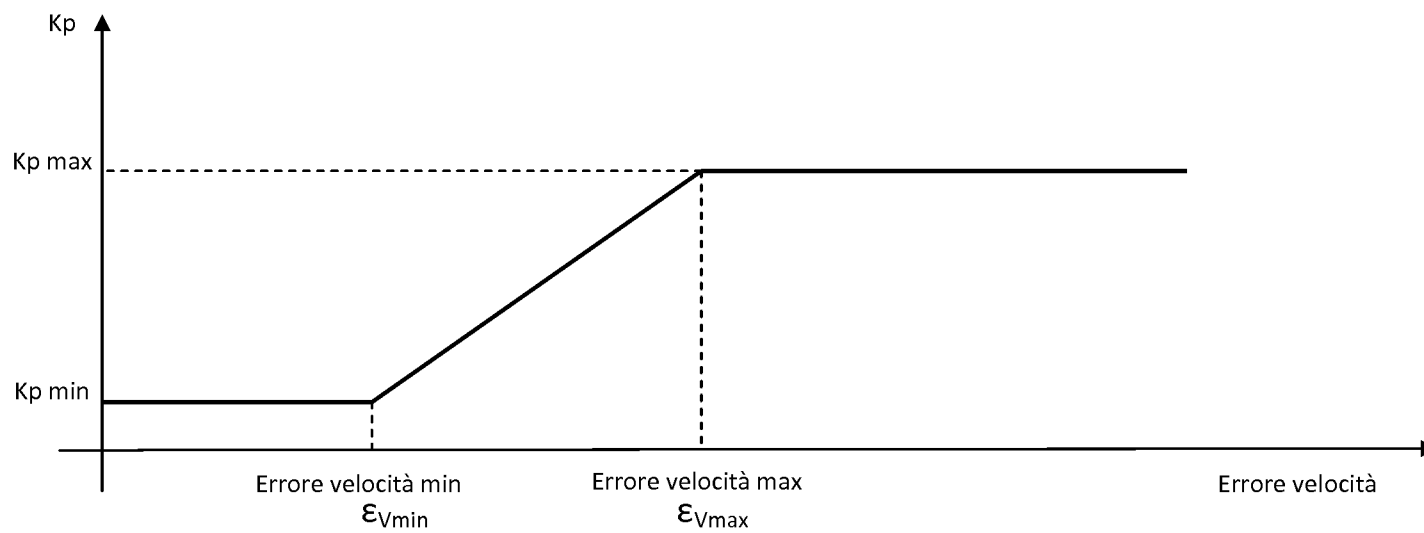


FIG. 2A

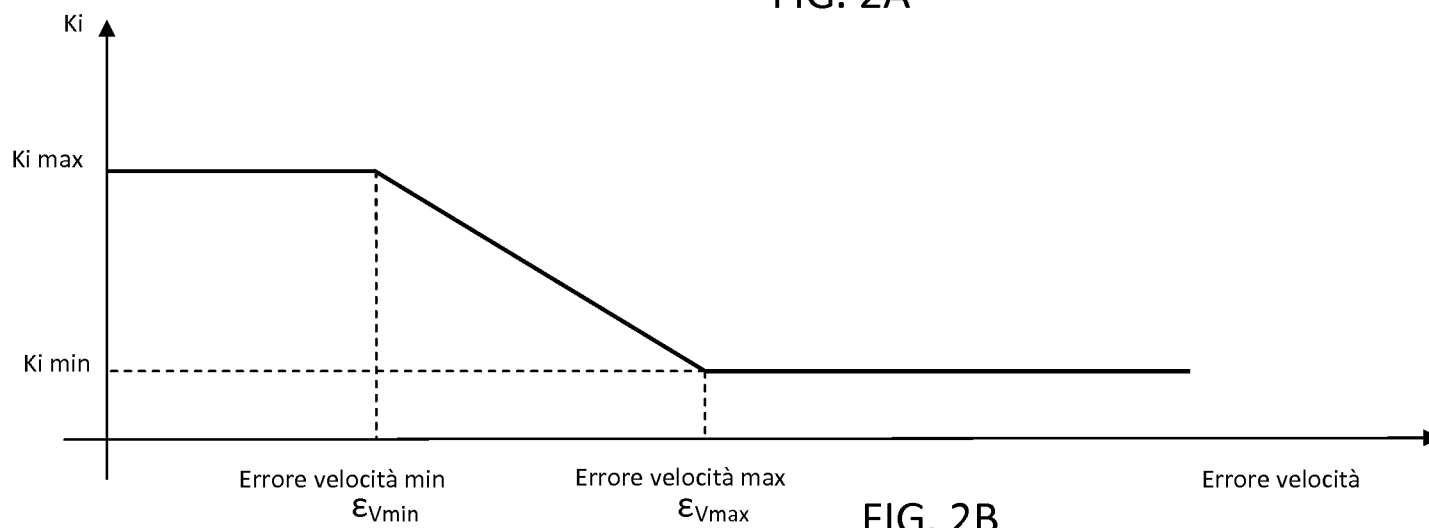


FIG. 2B