

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000026666
Data Deposito	18/10/2021
Data Pubblicazione	18/04/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
E	02	F	3	43

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
E	02	F	9	20

Titolo

Metodo e sistema di controllo di una trasmissione elettrica di una pala meccanica

DESCRIZIONE

del brevetto per Invenzione Industriale dal titolo:

“Metodo e sistema di controllo di una trasmissione elettrica di una pala meccanica”

* * *

Campo di applicazione dell'invenzione

La presente invenzione è relativa al campo dei veicoli da lavoro elettrificati, ed in particolare del tipo comprendenti un motore elettrico collegato con almeno una ruota veicolare per consentire l'avanzamento o arretramento del veicolo.

Stato della tecnica

Il progressivo sviluppo tecnologico dei sistemi di alimentazione a batteria consente di progettare veicoli da lavoro elettrici.

Il comportamento dinamico di un veicolo elettrico è completamente differente dal comportamento di un veicolo con motore termico dotato di trasmissione idraulica.

Quando la propulsione è realizzata mediante motore termico la posizione del pedale dell'acceleratore individua un corrispondente numero di giri del motore termico e quando il valore della coppia resistente supera il valore massimo della coppia motrice, quest'ultima viene aumentata dalla trasmissione idraulica, attraverso l'aumento di cilindrata del motore idraulico e/o la riduzione della cilindrata

della pompa idraulica.

Tuttavia, la trasmissione idraulica è progettata in modo che la coppia massima non eccede mai un valore limite di slittamento delle ruote del veicolo.

Un veicolo con motore elettrico, invece, si caratterizza per il fatto che viene realizzata una strategia di controllo in velocità, che implica che la posizione del pedale dell'acceleratore individua un corrispondente valore di velocità del veicolo e quindi è possibile avere una coppia motrice maggiore di quella che porta allo slittamento delle ruote del veicolo.

Ciò comporta disagi alla guida soprattutto durante la fase di "digging" in cui la pala viene inserita in un cumulo di materiale da prelevare.

Il termine anglosassone "digging" individua detta fase di carico e non ha un corrispondente termine in italiano.

Se non specificatamente escluso nella descrizione di dettaglio che segue, quanto descritto nel presente capitolo è da considerarsi come parte integrante della descrizione di dettaglio.

Sommario dell'invenzione

Scopo della presente invenzione è quello di proporre un metodo e sistema di controllo di una trasmissione elettrica di una pala meccanica.

L'idea di base della presente invenzione è quella di

effettuare un controllo in velocità della trasmissione in condizioni di "normale movimentazione del veicolo" e di effettuare un controllo di coppia della trasmissione in condizioni di "digging".

Il controllo in velocità implica che la posizione del pedale dell'acceleratore individua un corrispondente valore di velocità del veicolo. Un controllo in retroazione adatta la coppia del motore in modo da inseguire il valore di velocità obiettivo, impostata dalla deflessione del pedale dell'acceleratore.

Il controllo di coppia prevede che una deflessione del pedale dell'acceleratore corrisponde ad un corrispondente valore di coppia, indipendentemente dalla velocità del veicolo.

Vantaggiosamente, il veicolo risulta molto più governabile durante le operazioni di inserimento della benna in un cumulo di materiale evitando lo slittamento delle ruote del veicolo.

La commutazione dal controllo in velocità al controllo di coppia è comandata al verificarsi contemporaneamente di una lista di condizioni di seguito elencata:

- La velocità del veicolo è al di sotto di una prima predeterminata soglia,
- La variazione della velocità del veicolo è al di sotto di una predeterminata soglia,

- La trasmissione è in marcia avanti,
- Le funzioni idrauliche sono attive,
- La coppia motrice erogata dal motore elettrico eccede una predeterminata soglia di coppia,
- La variazione della coppia motrice erogata dal motore elettrico eccede una predeterminata soglia di variazione,
- Un valore di deflessione del pedale di acceleratore eccede una predeterminata soglia di deflessione,
- La posizione del braccio è al di sotto di una predeterminata altezza,
- La posizione della pala o benna è all'interno di un preordinato intervallo di angolazioni rispetto al braccio.

Quando almeno una delle seguenti condizioni è verificata, il sistema commuta dal controllo di coppia al controllo di velocità:

- Commutazione della trasmissione dalla marcia in avanti alla marcia in folle oppure alla marcia indietro;
- La velocità del veicolo eccede una seconda preordinata soglia maggiore della prima.

Secondo una variante preferita dell'invenzione, la transizione dal controllo in velocità al controllo in coppia è realizzata impostando un valore di coppia che varia linearmente, in un predeterminato intervallo di

tempo, tra l'ultimo valore di coppia impostato dal controllo in retroazione ed il valore di coppia corrispondente alla deflessione del pedale dell'acceleratore. Successivamente, il valore di coppia calcolato viene gradualmente forzato al valore corrispondente alla deflessione del pedale dell'acceleratore.

Secondo un'altra variante preferita dell'invenzione, la transizione dal controllo in coppia al controllo in velocità è realizzata impostando un valore di velocità che varia linearmente, in un predeterminato intervallo di tempo, tra l'ultimo valore di velocità del veicolo ed il valore di velocità corrispondente alla deflessione del pedale dell'acceleratore. Successivamente, il valore di velocità calcolato viene gradualmente forzato al valore corrispondente alla deflessione del pedale dell'acceleratore.

Le rivendicazioni dipendenti descrivono varianti preferite dell'invenzione, formando parte integrante della presente descrizione.

Breve descrizione delle figure

Ulteriori scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno chiari dalla descrizione particolareggiata che segue di un esempio di realizzazione della stessa (e di sue varianti) e dai disegni annessi dati a puro titolo

esplicativo e non limitativo, in cui:

nella figura 1 è mostrato un esempio di pala meccanica implementante la presente invenzione;

nella figura 2 è mostrata la trasmissione elettrica implementante la presente invenzione.

Gli stessi numeri e le stesse lettere di riferimento nelle figure identificano gli stessi elementi o componenti o funzioni.

Si dovrebbe anche notare che i termini "primo", "secondo", "terzo", "superiore", "inferiore" e simili possono essere usati come etichette per distinguere vari elementi. Questi termini non implicano un ordine spaziale, sequenziale o gerarchico per gli elementi modificati a meno che non sia specificatamente indicato o desumibile dal testo.

Gli elementi e le caratteristiche illustrate nelle diverse forme di realizzazione preferite, inclusi i disegni, possono essere combinati tra loro senza peraltro uscire dall'ambito di protezione della presente domanda come descritta di seguito.

Descrizione di dettaglio di esempi di realizzazione

La figura 1 mostra un veicolo da lavoro CWL, una pala meccanica, con un braccio B azionato dall'attuatore idraulico A1 ed una pala T, collegata al braccio B ed azionata dal relativo attuatore A2.

Il funzionamento degli attuatori idraulici è subordinato all'attivazione delle "funzionalità idrauliche". Senza tale attivazione, il circuito idraulico che alimenta gli attuatori A1 e A2 resta disattivato.

Il veicolo CWL è dotato di un pacco batterie BAT ed un motore elettrico M connesso alla trasmissione e ad almeno una ruota W veicolare.

Una unità di elaborazione UCM, schematizzata in figura 2, è operativamente collegata con una pluralità di sensori tra cui

- Un sensore di deflessione del pedale dell'acceleratore, il quale per comodità viene indicato con lo stesso pedale dell'acceleratore "Accelerator Pedal",
- Un sensore di velocità del veicolo, generalmente associato alla trasmissione veicolare,
- Un sensore di posizione "Boom Position Sensor" del braccio, generalmente associato all'attuatore A1 disposto per movimentare il braccio B,
- Un sensore di posizione "Bucket Position Sensor" della pala T, generalmente associato all'attuatore A2 disposto per movimentare la pala, per restituire un valore dell'angolo che la pala forma con il braccio,
- Un sensore associato alla leva di selezione della marcia avanti, folle oppure retromarcia "FNR Switch",

- Un sensore di coppia erogata dal motore elettrico M,
- Un sensore di abilitazione delle funzioni idrauliche "Hydraulic Function Switch" sintentizzato con l'acronimo HFS.

Dal momento che il braccio e/o la benna ed eventualmente anche ulteriori organi ausiliari possono essere attivati mediante un circuito elettro-idraulico, allora, secondo la presente invenzione, un tasto o comunque una interfaccia uomo-macchina consente di abilitare o disabilitare il circuito elettro-idraulico di controllo del braccio e/o benna. Il sensore HFS permette di rilevare se le funzionalità idrauliche, asservite al braccio e/o benna sono attive o disattive.

Il sensore di coppia può essere sostituito da un modello del motore elettrico, il quale sulla base di tensioni e correnti di alimentazione è in grado di stimare la coppia erogata.

L'unità di elaborazione UCM è configurata per controllare il motore elettrico sulla base dei segnali generati dai suddetti sensori.

In particolare, l'unità di elaborazione è configurata per eseguire un controllo di velocità oppure un controllo di coppia sul motore elettrico.

Quando l'unità esegue un controllo di velocità, ad una deflessione del pedale dell'acceleratore corrisponde una

velocità obiettivo del veicolo.

L'angolo di deflessione e la velocità del veicolo sono proporzionali tra loro. Cosicché, per esempio, al 10% della deflessione, rispetto ad una condizione di rilascio, dell'acceleratore, la velocità del veicolo è il 10% della velocità nominale. La proporzionalità può essere lineare oppure può essere esponenziale. Una proporzionalità esponenziale risulta vantaggiosa per avere maggior controllo del veicolo a bassa velocità.

Un controllo in retroazione fa in modo che la velocità corrispondente alla posizione del pedale è raggiunta dal veicolo, indipendentemente dal valore di coppia resistente che contrasta l'avanzamento del veicolo. Cosicché, in salita od in discesa, il veicolo avanza alla medesima velocità indicata dalla deflessione del pedale di acceleratore.

Quando l'unità di controllo UCM esegue un controllo di coppia sul motore elettrico, una deflessione della posizione della leva di acceleratore indica una corrispondente coppia che il motore elettrico M è chiamato ad erogare. Evidentemente, in tali condizioni, se una coppia resistente si oppone all'avanzamento del veicolo, il veicolo rallenta, contrariamente a quanto avviene quando il controllo è retroazionato in velocità.

Secondo la presente invenzione, è generalmente impostato un

controllo di velocità, tuttavia, quando si riconosce una fase di digging, il controllo commuta in un controllo di coppia.

La fase di digging è riconosciuta quando si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

- una velocità del veicolo Vehicle Speed è al di sotto di una prima predeterminata soglia S_{th1} ,
- una variazione della velocità del veicolo DVS è al di sotto di una predeterminata soglia DV_{Sth} di variazione di velocità del veicolo,
- La trasmissione è in marcia avanti $F = ON$,
- Le funzioni idrauliche sono attive $HFS = ON$,
- un valore di coppia motrice TK erogata dal motore elettrico eccede una predeterminata soglia di coppia motrice T_{th} ,
- una variazione della coppia motrice DT erogata dal motore elettrico eccede una predeterminata soglia di variazione di coppia motrice DT_{th} ,
- un valore di deflessione α del pedale di acceleratore Accelerator Pedal eccede una predeterminata soglia di deflessione α_{th} ,
- una posizione h del braccio B è al di sotto di una predeterminata altezza h_{th} ,
- una posizione β della pala o benna T è all'interno di un preordinato intervallo di posizioni o angolazioni

β_r rispetto al braccio.

Le condizioni da rispettare per causare la suddetta commutazione sono pertanto:

- Vehicle Speed < Sth1
- DVS < DVStH
- F = ON
- HFS = ON
- TK > Tth
- DT > DTth
- $\alpha > \alpha_{th}$
- $h < h_{th}$
- β è all'interno dell'intervallo β_r

Viceversa, la commutazione dal controllo di coppia al controllo di velocità è eseguita quando l'operazione di digging è riconosciuta come terminata, In particolare quando almeno una delle seguenti condizioni è verificate:

- F = OFF
- Vehicle Speed > Sth2, con Sth1 < Sth2.

Secondo una variante preferita dell'invenzione, la transizione dal controllo in velocità al controllo in coppia è realizzata impostando un valore di coppia che varia linearmente, in un predeterminato intervallo di tempo, tra l'ultimo valore di coppia impostato dal controllo in retroazione ed il valore di coppia corrispondente alla deflessione del pedale

dell'acceleratore. Successivamente, il valore di coppia calcolato viene gradualmente forzato al valore corrispondente alla deflessione del pedale dell'acceleratore.

L'ultimo valore di coppia impostato dal controllo in retroazione dipende dalla coppia necessaria a far raggiungere al veicolo un valore di velocità corrispondente al valore di deflessione del pedale dell'acceleratore.

Secondo un'altra variante preferita dell'invenzione che può essere combinata con la precedente, la transizione dal controllo in coppia al controllo in velocità, è realizzata impostando un valore di velocità che varia linearmente, in un predeterminato intervallo di tempo, tra l'ultimo valore di velocità del veicolo ed il valore di velocità corrispondente alla deflessione del pedale dell'acceleratore. Successivamente, il valore di velocità calcolato viene gradualmente forzato al valore corrispondente alla deflessione del pedale dell'acceleratore.

L'ultimo valore di velocità dipende dalla coppia erogata dal motore elettrico, funzione del valore di deflessione del pedale dell'acceleratore, e dalla coppia resistente percepita dal motore elettrico.

La presente invenzione può essere vantaggiosamente realizzata tramite un programma per computer che comprende

mezzi di codifica per la realizzazione di uno o più passi del metodo, quando questo programma è eseguito su di un computer. Pertanto, si intende che l'ambito di protezione si estende a detto programma per computer ed inoltre a mezzi leggibili da computer che comprendono un messaggio registrato, detti mezzi leggibili da computer comprendendo mezzi di codifica di programma per la realizzazione di uno o più passi del metodo, quando detto programma è eseguito su di un computer.

Sono possibili varianti realizzative all'esempio non limitativo descritto, senza per altro uscire dall'ambito di protezione della presente invenzione, comprendendo tutte le realizzazioni equivalenti per un tecnico del ramo, al contenuto delle rivendicazioni.

Dalla descrizione sopra riportata il tecnico del ramo è in grado di realizzare l'oggetto dell'invenzione senza introdurre ulteriori dettagli costruttivi.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo di controllo di una trasmissione elettrica di una pala meccanica (CWL) dotata di un braccio (B) e di una pala o benna (T), la trasmissione comprendendo un motore elettrico (M) di propulsione, il metodo comprendendo,

- acquisizione di un valore di una deflessione (α) di un pedale di acceleratore (Accelerator Pedal),

- un primo processo di controllo del motore elettrico (M) in modo da realizzare un controllo di velocità in ciclo chiuso in cui un valore di velocità obiettivo è funzione di detto valore di deflessione,

- un secondo processo di controllo del motore elettrico (M) in modo da realizzare un controllo di coppia in cui un valore di coppia è funzione di detto valore di deflessione, ed in cui una commutazione da detto primo processo a detto secondo processo è causata dal riconoscimento di una operazione di digging.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui detto riconoscimento della operazione di digging è causato dal verificarsi simultaneamente di tutte le seguenti condizioni:

- una velocità del veicolo (Vehicle Speed) è al di sotto di una prima predeterminata soglia (Sth1),

- una variazione della velocità del veicolo (DVS) è al di sotto di una predeterminata soglia (DVStH) di

- variazione di velocità del veicolo,
- La trasmissione è in marcia avanti ($F = ON$),
 - funzioni idrauliche relative all'azionamento del braccio e/o della benna sono attive ($HFS = ON$),
 - un valore di coppia motrice (TK) erogata dal motore elettrico eccede una predeterminata soglia di coppia motrice (T_{th}),
 - una variazione della coppia motrice (DT) eccede una predeterminata soglia di variazione di coppia motrice (DT_{th}),
 - un valore di deflessione (α) del pedale di acceleratore (Accelerator Pedal) eccede una predeterminata soglia di deflessione (α_{th}),
 - una posizione (h) del braccio (B) è al di sotto di una predeterminata altezza (h_{th}),
 - una posizione (β) della pala o benna (T) è all'interno di un preordinato intervallo di angolazioni (β_r) rispetto al braccio.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui una commutazione da detto secondo processo a detto primo processo è causata quando almeno una delle seguenti condizioni è verificata:

- La trasmissione è in folle o in marcia indietro ($F = OFF$)
- Un valore di velocità del veicolo (Vehicle Speed)

eccede una seconda soglia di velocità (Sth2) maggiore di detta prima soglia di velocità (Sth1).

4. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti 1 - 3, in cui detta commutazione dal primo al secondo processo è realizzata impostando un valore di coppia che varia linearmente, in un predeterminato intervallo di tempo, tra un ultimo valore di coppia impostato dal controllo in ciclo chiuso ed il valore di coppia corrispondente al valore di deflessione del pedale dell'acceleratore.

5. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni 3 o 4, in cui detta commutazione dal secondo al primo processo è realizzata impostando un valore di velocità che varia linearmente, in un predeterminato intervallo di tempo, tra l'ultimo valore di velocità del veicolo ed un ulteriore valore di velocità corrispondente al valore di deflessione del pedale dell'acceleratore.

6. Programma di computer che comprende mezzi di codifica di programma atti a realizzare tutti passi di una qualunque delle rivendicazioni da 1 a 5, quando detto programma è fatto girare su di un computer.

7. Mezzi leggibili da computer comprendenti un programma registrato, detti mezzi leggibili da computer comprendendo mezzi di codifica di programma atti a realizzare tutti passi di una qualunque delle rivendicazioni da 1 a 5,

quando detto programma è fatto girare su di un computer.

8. Pala meccanica (CWL) elettrificata, dotata di

- un braccio (B) e di una pala o benna (T),
- di una trasmissione comprendente un motore elettrico (M) di propulsione, e di
- un'unità di controllo (UCM) configurata per acquisire un valore di una deflessione (α) di un pedale di acceleratore (Accelerator Pedal) e per controllare il motore elettrico (M) in modo da realizzare un controllo di velocità in ciclo chiuso funzione di detto valore di deflessione e configurata per controllare il motore elettrico (M) in modo da realizzare un controllo di coppia funzione di detto valore di deflessione, fintanto che riconosce una operazione di digging.

9. Veicolo secondo la rivendicazione 8, ulteriormente comprendente

- Un sensore di deflessione (Accelerator Pedal) del pedale dell'acceleratore,
- Un sensore di velocità del veicolo,
- Un sensore di posizione "Boom Position Sensor" del braccio,
- Un sensore di posizione "Bucket Position Sensor" della pala (T) rispetto al braccio (B),
- Un sensore associato alla leva di selezione della marcia avanti, folle oppure retromarcia "FNR Switch",

- Un sensore di coppia erogata dal motore elettrico (M),
- Un sensore di abilitazione delle funzioni idrauliche "Hydraulic Function Switch",

ed in cui detti sensori sono operativamente collegati con detta unità di elaborazione (UCM) ed in cui l'unità di elaborazione è configurata per riconoscere detta operazione di digging quando

- una velocità del veicolo (Vehicle Speed) è al di sotto di una prima predeterminata soglia (Sth1),
- una variazione della velocità del veicolo (DVS) è al di sotto di una predeterminata soglia (DVStH) di variazione di velocità del veicolo,
- La trasmissione è in marcia avanti (F = ON),
- Le funzioni idrauliche sono attive (HFS = ON),
- un valore di coppia motrice (TK) erogata dal motore elettrico eccede una predeterminata soglia di coppia motrice (Tth),
- una variazione della coppia motrice (DT) eccedere una predeterminata soglia di variazione di coppia motrice (DTth),
- un valore di deflessione (α) del pedale di acceleratore (AP) eccede una predeterminata soglia di deflessione (α th),
- una posizione (h) del braccio (B) è al di sotto di una predeterminata altezza (hth),

- una posizione (β) della pala o benna (T) è all'interno di un preordinato intervallo di angolazioni (β_r) rispetto al braccio.

10. Veicolo secondo la rivendicazione 8 o 9, in cui detta unità di controllo (UCM) è configurata per controllare il motore elettrico (M) in modo da realizzare un controllo di velocità in ciclo chiuso, in cui un valore di velocità obiettivo è funzione di detto valore di deflessione, ed in cui il controllo di velocità in ciclo chiuso è innescato quando almeno una delle seguenti condizioni è verificata:

- La trasmissione è in folle o in marcia indietro (F = OFF)
- Un valore di velocità del veicolo (Vehicle Speed) eccede una seconda soglia di velocità (Sth2) maggiore di detta prima soglia di velocità (Sth1).

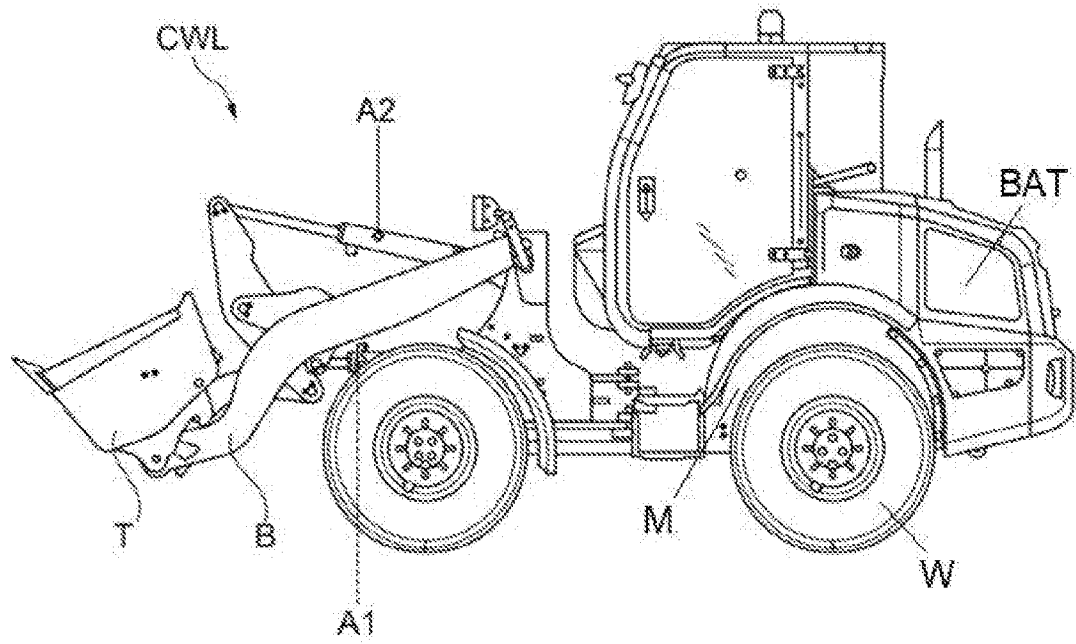


Fig. 1

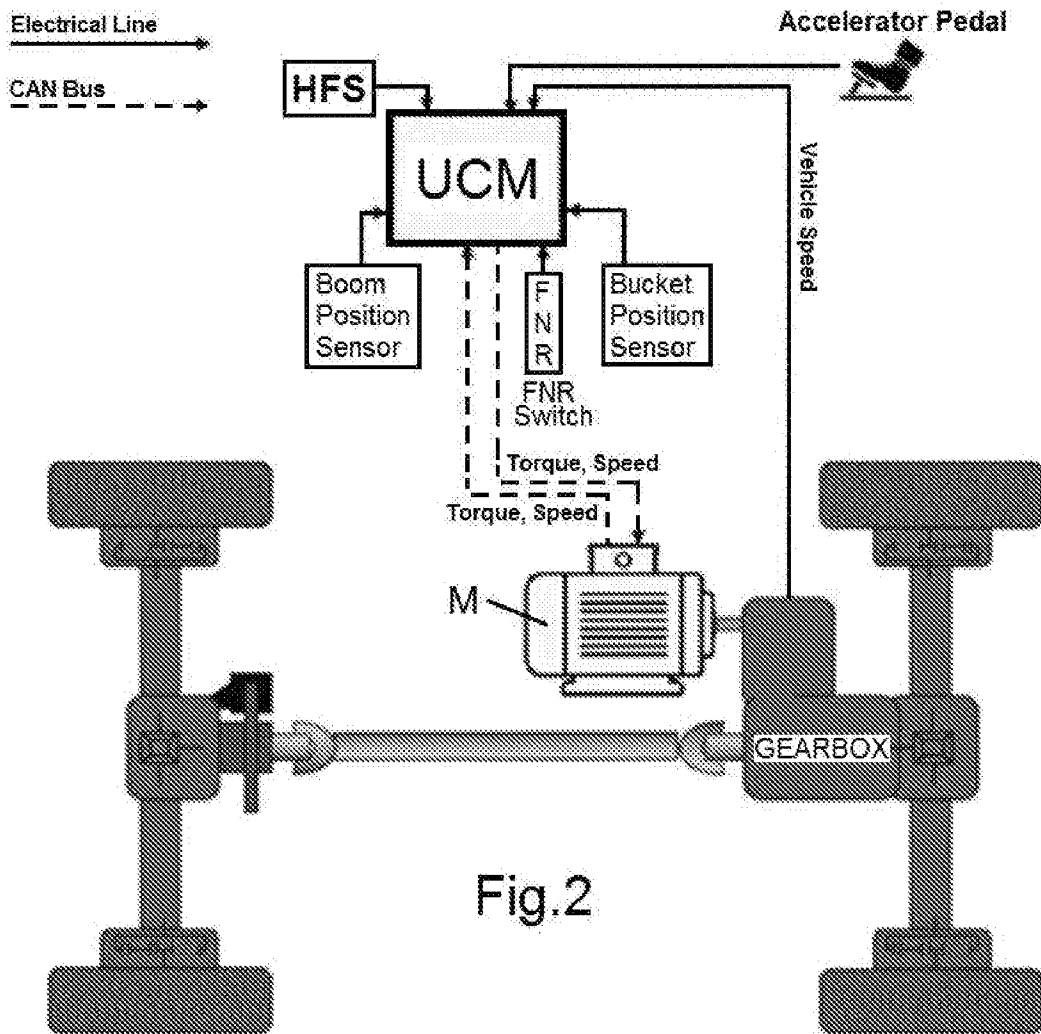


Fig. 2