

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901762129A1

Publication Date

20110303

Applicant

FERRARI S.P.A.

Title

METODO DI AVVIAMENTO DI UN MOTORE TERMICO DI UN VEICOLO CON
PROPULSIONE IBRIDA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO DI AVVIAMENTO DI UN MOTORE TERMICO DI UN VEICOLO
CON PROPULSIONE IBRIDA"

di FERRARI S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA EMILIA EST 1163

MODENA (MO)

Inventore: FAVARETTO Fabrizio

*** **

SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione è relativa ad un metodo di avviamento di un motore termico di un veicolo con propulsione ibrida.

ARTE ANTERIORE

Un veicolo con propulsione ibrida comprende un motore termico a combustione interna, il quale trasmette la coppia motrice alle ruote motrici mediante una trasmissione provvista di un cambio, ed almeno una macchina elettrica che è collegata elettricamente ad un sistema di accumulo elettrico ed è collegata meccanicamente alle ruote motrici.

Durante la marcia del veicolo è possibile: una modalità di funzionamento termica, in cui la coppia motrice è generata solo dal motore termico ed eventualmente la macchina elettrica opera come generatore per ricaricare il sistema di accumulo; una modalità di funzionamento

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

elettrica, in cui il motore termico è spento e la coppia motrice è generata solo dalla macchina elettrica operante come motore; oppure una modalità di funzionamento combinata, in cui la coppia motrice è generata sia dal motore termico, sia dalla macchina elettrica operante come motore. Inoltre, per aumentare l'efficienza energetica complessiva durante tutte le fasi di decelerazione, la macchina elettrica può venire utilizzata come generatore per realizzare una decelerazione rigenerativa in cui l'energia cinetica posseduta dal veicolo invece di venire completamente dissipata in attriti all'interno dei freni viene in parte convertita in energia elettrica che viene immagazzinata nel sistema di accumulo.

Quando la macchina elettrica è scollegabile dalle ruote motrici, cioè quando la macchina elettrica è meccanicamente collegata ad un albero primario del cambio oppure è meccanicamente collegata direttamente ad un albero motore del motore termico, la macchina elettrica può venire utilizzata per avviare il motore termico stesso svolgendo quindi anche la funzione di motorino di avviamento (come ad esempio descritto nel brevetto US5337848A1 e nella domanda di brevetto GB2335404A).

Quando il motore termico è "freddo", l'avviamento del motore termico richiede l'applicazione all'albero motore di una coppia motrice di avviamento molto elevata

(indicativamente anche 2-4 volte più grande della coppia motrice di avviamento necessaria ad avviare il motore termico "caldo"), in quanto a causa della bassa temperatura l'olio lubrificante presente all'interno del motore termico è poco fluido e quindi oppone una elevata resistenza meccanica. Un motorino di avviamento elettrico tradizionale è in grado di applicare all'albero motore del motore termico una coppia motrice di avviamento molto elevata grazie ad un rapporto di demoltiplicazione molto grande (ad esempio anche di 1:10) presente tra il motorino di avviamento elettrico e l'albero motore; invece, normalmente la macchina elettrica di un veicolo con propulsione ibrida è meccanicamente collegata con l'albero motore del motore termico un rapporto di demoltiplicazione modesto (spesso unitario, cioè 1:1 e quindi senza alcuna demoltiplicazione). Di conseguenza, la macchina elettrica di un veicolo con propulsione ibrida può non essere in grado di generare la coppia motrice di avviamento molto elevata necessario all'avviamento del motore termico quando il motore termico è "freddo".

Per risolvere il sopra descritto inconveniente, nella domanda di brevetto US2002117860A1 è stato proposto di accoppiare meccanicamente la macchina elettrica all'albero motore del motore termico con due diversi rapporti di trasmissione selezionabili automaticamente: durante una

fase di avviamento del motore termico viene selezionato un primo rapporto più demoltiplicato mentre per il restante utilizzato della macchina elettrica viene selezionato un secondo rapporto più diretto (cioè meno demoltiplicato). Tuttavia, questa soluzione risulta costruttivamente complessa dovendo interporre tra la macchina elettrica e l'albero motore del motore termico un cambio servocomandabile.

Per risolvere il sopra descritto inconveniente, nelle domande di brevetto WO2007131838A1, US2005155803A1, US6354974A1 e US2009017988A1 la macchina elettrica è separata dall'albero motore del motore termico da una frizione; per avviare il motore termico la frizione viene aperta, la macchina elettrica viene portata in rotazione "a vuoto", e la frizione viene chiusa con la macchina elettrica in rotazione in modo tale da sfruttare anche l'inerzia (cioè l'energia cinetica) posseduta dalla macchina elettrica per portare in rotazione il motore termico. Tuttavia, anche tale modalità di avviamento "lanciato" potrebbe non essere sufficiente per avviare un motore termico sportivo ad alte prestazioni che presenta una cilindrata elevata abbinata ad un elevato numero di cilindri. Inoltre, la modalità di avviamento "lanciato" permette di applicare all'albero motore del motore termico una coppia motrice di avviamento elevata necessario ad

avviare il motore termico "freddo" ma ridondante per avviare il motore termico "caldo"; di conseguenza, quando il motore termico è "caldo" la modalità di avviamento "lanciato" può inutilmente imporre delle sollecitazioni meccaniche elevate sui componenti della trasmissione e determina inutilmente un certo ritardo nell'avviamento del motore termico a causa del tempo necessario a portare in rotazione la macchina elettrica "a vuoto".

E' stato anche proposto di eseguire l'avviamento del motore termico con il veicolo in movimento, cioè quando il guidatore richiede la marcia avanti del veicolo il veicolo stesso viene inizialmente messo in movimento solo dalla macchina elettrica che funziona come motore (quindi in trazione puramente elettrica) e solo in un secondo momento viene chiusa la frizione che collega l'albero motore del motore termico alla macchina elettrica ed alle ruote motrici per sfruttare anche l'inerzia del veicolo per portare in rotazione e quindi avviare il motore termico.

Grazie all'inerzia del veicolo, l'avviamento del motore termico è sempre garantito in tempi relativamente brevi; tuttavia, quando la frizione che collega l'albero motore del motore termico alle ruote motrici viene chiusa, si verifica inevitabilmente una riduzione (se non un annullamento o addirittura una inversione) dell'accelerazione del veicolo per l'effetto frenante del

motore termico; tale riduzione dell'accelerazione del veicolo è molto fastidiosa in quanto viene chiaramente percepita dal guidatore. E' importante osservare che il guidatore non interviene in alcun modo sulla decisione di accendere o spegnere il motore termico: l'unico comando deciso dall'utente è la pressione sul pedale dell'acceleratore e quando il guidatore preme sul pedale dell'acceleratore si aspetta che il veicolo acceleri in modo uniforme e non abbia "improvvisamente" una frenata perché una centralina elettronica di controllo ha deciso autonomamente di avviare anche il motore termico. Inoltre, l'effetto frenante del motore termico determina l'insorgenza di oscillazioni longitudinali che sono particolarmente fastidiose per gli occupanti del veicolo in quanto chiaramente percepibili e decisamente poco confortevoli.

Infine, durante l'avviamento del motore termico facilmente possono generarsi delle vibrazioni sull'albero motore che vengono trasmesse alle ruote motrici determinano ulteriori oscillazioni longitudinali sul veicolo. Come già detto in precedenza, le oscillazioni longitudinali sono particolarmente fastidiose per gli occupanti del veicolo in quanto chiaramente percepibili e decisamente poco confortevoli.

DESCRIZIONE DELLA INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è di fornire un metodo di avviamento di un motore termico di un veicolo con propulsione ibrida, il quale metodo di avviamento sia privo degli inconvenienti sopra descritti e sia nel contempo di facile ed economica implementazione.

Secondo la presente invenzione viene fornito un metodo di avviamento di un motore termico di un veicolo con propulsione ibrida secondo quanto rivendicato dalle rivendicazioni allegate.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista schematica di un veicolo stradale con propulsione ibrida;
- la figura 2 è una vista schematica di una trasmissione del veicolo stradale della figura 1; e
- la figura 3 è una vista schematica della trasmissione della figura 2 con in evidenza i percorsi di una coppia motrice generata da una macchina elettrica reversibile funzionante come motore durante un avviamento di un motore termico realizzato in accordo con la presente invenzione.

FORME DI ATTUAZIONE PREFERITE DELL'INVENZIONE

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

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

Il sistema 4 di motopropulsione ibrido comprende un motore 5 termico a combustione interna, il quale è disposto in posizione anteriore ed è provvisto di un albero 6 motore, una trasmissione 7 manuale automatica (denominata comunemente "AMT"), la quale trasmette la coppia motrice generata dal motore 5 a combustione interna verso le ruote 3 posteriori motrici, ed una macchina 8 elettrica reversibile (cioè che può funzionare sia come motore elettrico assorbendo energia elettrica e generando un coppia meccanica motrice, sia come generatore elettrico assorbendo energia meccanica e generando energia elettrica) che è meccanicamente collegata alla trasmissione 7.

La trasmissione 7 comprende un albero 9 di trasmissione che è da un lato è angolarmente solidale all'albero 6 motore e dall'altro lato è meccanicamente collegato ad un cambio 10 a doppia frizione, il quale è disposto in posizione posteriore e trasmette il moto alle ruote 3 posteriori motrice mediante due semiassi 11 che ricevono il moto da un differenziale 12. La macchina 8 elettrica reversibile è meccanicamente collegata al cambio 10 a doppia frizione come verrà meglio descritto in seguito

ed è pilotata da un convertitore 13 elettronico di potenza collegato ad un sistema 14 di accumulo che è atto immagazzinare energia elettrica ed è provvisto di batterie chimiche e/o supercondensatori.

Secondo quanto illustrato nella figura 2, il cambio 10 a doppia frizione comprende due alberi 15 e 16 primari tra loro coassiali, indipendenti ed inseriti uno all'interno dell'altro e due frizioni 17 e 18 coassiali e disposte in serie, ciascuna delle quali è atta a collegare un rispetto albero 15 o 16 primario all'albero 9 di trasmissione (quindi all'albero 6 motore del motore 5 termico a combustione interna). Inoltre, il cambio 10 a doppia frizione comprende due alberi 19 e 20 secondari, i quali sono entrambi angolarmente solidali all'ingresso del differenziale 11 che trasmette il moto alle ruote 3 posteriori motrici.

Il cambio 10 a doppia frizione illustrato nella figura 2 presenta sette marce avanti indicate con numeri romani (prima marcia I, seconda marcia II, terza marcia III, quarta marcia IV, quinta marcia V, sesta marcia VI e settima marcia VII) ed una retromarcia (indicata con la lettera R). Gli alberi 15 e 16 primari sono meccanicamente accoppiati agli alberi 19 e 20 secondario mediante una pluralità di coppie 21 di ingranaggi, ciascuna delle quali definisce una rispettiva marcia e comprende un ingranaggio

primario montato su di un albero 15 o 16 primario ed un ingranaggio secondario che è montato su di un albero 19 o 20 secondario ed ingrana permanentemente con l'ingranaggio primario. Per permettere il corretto funzionamento del cambio 10 a doppia frizione, tutte le marce dispari (prima marcia I, terza marcia III, quinta marcia V, settima marcia VII) sono accoppiate allo stesso albero 15 primario, mentre tutte le marce pari (seconda marcia II, quarta marcia IV, e sesta marcia VI) sono accoppiate all'altro albero 16 primario.

Ciascun ingranaggio primario è calettato ad un rispettivo albero 15 o 16 primario per ruotare sempre in modo solidale con l'albero 15 o 16 primario stesso ed ingrana in modo permanente con il rispettivo ingranaggio secondario; invece, ciascun ingranaggio secondario è montato folle sul proprio albero 19 o 20 secondario. Il cambio 10 a doppia frizione comprende per ciascuna coppia 21 di ingranaggi un corrispondente sincronizzatore 22, il quale è montato coassiale al relativo albero 19 o 20 secondario ed è atto a venire attuato per innestare il rispettivo ingranaggio secondario all'albero 19 o 20 secondario (cioè per rendere il rispettivo ingranaggio secondario angolarmente solidale all'albero 19 o 20 secondario).

La macchina 8 elettrica presenta un albero 23, il

quale è permanentemente collegato all'albero 15 primario in modo da ruotare sempre in modo solidale con l'albero 15 primario stesso. Secondo una preferita forma di attuazione, partendo da un cambio 10 a doppia frizione esistente e non inizialmente progettato per la trazione ibrida l'albero 15 primario viene allungato dal lato opposto rispetto alle frizioni 17 e 18 in modo da fuoriuscire da una scatola 24 del cambio; quindi, al di fuori della scatola 24 del cambio l'albero 15 primario viene reso angolarmente solidale (ad esempio mediante un accoppiamento testa-testa) all'albero 23 della macchina 8 elettrica.

Secondo quanto illustrato nelle figure allegate, il veicolo 1 comprende una unità 25 di controllo la quale sovrintende al funzionamento del sistema 4 di propulsione e quindi al funzionamento del motore 5 termico, della trasmissione 7 e della macchina 8 elettrica. Tra le altre cose, l'unità 25 di controllo è collegata ad un sensore di temperatura che rileva la temperatura di un liquido di raffreddamento del motore 5 termico.

Per una descrizione delle modalità di funzionamento della macchina 8 elettrica si rimanda a quanto descritto nella domanda di brevetto IT2008B000594 qui incorporata per riferimento.

Con riferimento a quanto illustrato nella figura 3, vengono di seguito descritte le modalità utilizzate dalla

unità 25 di controllo per effettuare l'avviamento del motore 5 termico quando il veicolo 1 è fermo.

E' importante notare che quando il veicolo 1 è fermo, il motore 5 termico deve venire normalmente avviato in seguito ad una richiesta di movimento da parte del guidatore (cioè il guidatore preme il pedale dell'acceleratore contestualmente con la richiesta di marcia); quindi, per soddisfare il più velocemente possibile la richiesta di movimento da parte del guidatore è necessario trasmettere della coppia motrice alle ruote 3 motrici il più rapidamente possibile.

Per avviare il motore 5 termico quando il veicolo 1 è fermo, l'unità 25 di controllo pilota la macchina 8 elettrica come motore per generare la massima coppia motrice possibile; contemporaneamente (o quasi contemporaneamente come verrà meglio descritto in seguito) l'unità 25 di controllo chiude parzialmente entrambe le frizioni 17 e 18 in modo tale che entrambe le frizioni 17 e 18 operino in slittamento (cioè con un certo scorrimento relativo tra le due parti di ciascuna frizione 17 e 18) ed innesta la seconda marcia II pilotando il corrispondente sincronizzatore 22 in modo da collegare l'albero 16 primario alle ruote 3 motrici (ovviamente tutte le altre marce sono disinnestate).

In questo modo, la coppia motrice generata dalla

macchina 8 elettrica (illustrata con linea spessa continua nella figura 3) viene interamente trasmessa dalla frizione 17 ad un cestello 26 comune delle frizioni 17 e 18; dal cestello 26 comune delle frizioni 17 e 18 la coppia motrice generata dalla macchina 8 elettrica viene suddivisa in parte verso il motore 5 termico ed in parte verso l'albero 16 primario e quindi verso le ruote 3 motrici. Nella figura 3, la parte di coppia motrice indirizzata verso il motore 5 termico è illustrata con linea spessa a tratto e punto, mentre la parte di coppia motrice indirizzata verso le ruote 3 motrici è illustrata con linea spessa tratteggiata.

La parte di coppia motrice generata dalla macchina 8 elettrica che viene indirizzata verso il motore 5 termico porta in rotazione l'albero 6 motore determinando in modo noto l'accensione del motore 5 termico stesso. Invece, la parte di coppia motrice generata dalla macchina 8 elettrica che viene indirizzata verso le ruote 3 motrici porta in rotazione le ruote 3 motrici stesse determinando la marcia del veicolo 1.

La ripartizione della coppia motrice generata dalla macchina 8 elettrica tra il motore 5 termico e le ruote 3 motrici è regolata dal grado di chiusura delle frizioni 17 e 18; in altre parole, il grado di chiusura della frizione 17 viene regolato per regolare la parte di coppia motrice indirizzata verso il motore 5 termico (tanto più la

frizione 17 è chiusa, tanto maggiore è la parte di coppia motrice generata dalla macchina 8 elettrica che viene indirizzata verso il motore 5 termico), ed il grado di chiusura della frizione 18 viene regolato per regolare la parte di coppia motrice indirizzata verso le ruote 3 motrici (tanto più la frizione 18 è chiusa, tanto maggiore è la parte di coppia motrice generata dalla macchina 8 elettrica che viene indirizzata verso le ruote 3 motrici). E' evidente che il grado di chiusura della frizione 17 viene regolato per regolare la parte di coppia motrice indirizzata verso il motore 5 termico in funzione delle esigenze di avviamento del motore 5 termico stesso, mentre il grado di chiusura della frizione 18 viene regolato per regolare la parte di coppia motrice indirizzata verso le ruote 3 motrici in funzione delle richieste di moto del veicolo 1; le due modalità di regolazione non sono indipendenti, in quanto la coppia motrice disponibile è limitata dalle prestazioni della macchina 8 elettrica e quindi è necessario trovare in ogni istante un compromesso accettabile tra le esigenze di avviamento del motore 5 termico e le richieste di moto del veicolo 1.

Relativamente alle richieste di moto del veicolo 1, l'esigenza imprescindibile è di evitare variazioni brusche o addirittura impulsive della accelerazione longitudinale del veicolo 1, in quanto estremamente poco confortevoli per

gli occupanti del veicolo 1.

Come detto in precedenza, entrambe le frizioni 17 e 18 vengono chiuse parzialmente in modo tale che entrambe le frizioni 17 e 18 operino in slittamento; in questo modo, è possibile svincolare tra loro la velocità di rotazione della macchina 8 elettrica, la velocità di rotazione del motore 5 termico, e la velocità di rotazione delle ruote 3 motrici. Di conseguenza, la macchina 8 elettrica può ruotare alla velocità di rotazione che consente la generazione della massima potenza meccanica possibile (tipicamente la velocità di rotazione nominale della macchina 8 elettrica), in quanto in questa fase è necessaria tutta la potenza disponibile per avviare in fretta il motore 5 termico e per accelerare il veicolo 1; in altre parole, la velocità di rotazione della macchina 8 elettrica è svincolata dalla velocità di rotazione delle ruote 3 motrici e dalla velocità di rotazione dell'albero 6 motore del motore 5 termico e quindi può venire ottimizzata per massimizzare la generazione della potenza meccanica. Inoltre, l'albero 6 motore del motore 5 termico è libero di seguire una progressione ottimale della velocità angolare compatibile con le inerzie in gioco (che nel caso di un motore 5 termico plurifrazionato con 8, 10 o 12 cilindri sono elevate per la contropressione dei cilindri). Infine, anche le ruote 3 motrici del veicolo 1 sono libere di

imprimere al veicolo 1 l'accelerazione desiderata compatibile con le inerzie in gioco.

E' importante osservare che tutte le vibrazioni che si generano in fase di avviamento nel motore 5 termico vengono assorbite dalle frizioni 17 e 18 che lavorano in scorrimento (slittamento) e quindi non vengono in alcun modo trasmesse alle ruote 3 motrici e quindi al veicolo 1; in altre parole, una eventuale oscillazione impulsiva che si genera sulla velocità di rotazione dell'albero 6 motore del motore 5 termico si ferma nelle frizioni 17 e 18 che lavorano in scorrimento (slittamento) e non raggiunge né la macchina 8 elettrica, né le ruote 3 motrici. Questo aspetto è estremamente importante, in quanto permette di garantire un elevato comfort agli occupanti del veicolo 1 durante l'avviamento del motore 5 termico.

Quanto sopra esposta vale per l'avviamento del motore 5 termico quando il veicolo 1 è fermo e se il guidatore ha selezionato la marcia avanti (infatti nel cambio 10 viene innestata la seconda marcia II che è una marcia avanti); se il guidatore ha selezionato la marcia indietro ed il veicolo 1 è fermo, le modalità di avviamento sopra descritte rimangono sostanzialmente inalterate con l'unica eccezione che nel cambio 10 invece della seconda marcia II viene innestata la retromarcia R.

Quando invece il veicolo 1 è già in moto con modalità

di trazione elettrica (cioè la coppia motrice viene fornita unicamente dalla macchina 8 elettrica), le modalità di avviamento sopra descritte rimangono sostanzialmente inalterate con l'unica eccezione che nel cambio 10 invece della seconda marcia II potrebbe venire innestata una altra marcia più adatta alla velocità di avanzamento del veicolo 1 (ad esempio la quarta marcia IV oppure la sesta marcia VI).

E' importante osservare che durante il sopra descritto avviamento del motore 5 termico, la parte di coppia motrice generata dalla macchina 8 elettrica che viene indirizzata verso le ruote 3 motrici deve obbligatoriamente passare attraverso l'albero 16 primario (quindi necessariamente mediante una marcia pari o la retromarcia che sono accoppiate all'albero 16 primario), in quanto l'albero 15 primario permanentemente solidale all'albero 23 della macchina 8 elettrica deve rimanere svincolato dalla ruote 3 motrici.

Durante l'avviamento del motore 5 termico, la macchina 8 elettrica può venire sovraccaricata temporaneamente rispetto alla prestazione nominale per avere a disposizione la massima potenza possibile; in altre parole, l'intensità della corrente elettrica alimentata alla macchina 8 elettrica viene incrementata per sovraccaricare la macchina 8 elettrica alimentando alla macchina 8 elettrica stessa

una corrente elettrica avente una intensità superiore all'intensità nominale (cioè alla massima intensità sopportabile in modo continuato senza danni) per fare generare alla macchina 8 elettrica una potenza meccanica superiore alla potenza meccanica nominale.

Secondo una possibile forma di attuazione, prima di chiudere parzialmente le frizioni 17 e 18 la macchina 8 elettrica viene accelerata a vuoto fino a raggiungere una velocità di rotazione di lancio desiderata; solo quando la macchina 8 elettrica ha raggiunto la velocità di rotazione di lancio desiderata le frizioni 17 e 18 vengono chiuse parzialmente come sopra descritto. In questo modo, la coppia motrice (maggiore della coppia nominale) generata dalla macchina 8 elettrica viene completamente utilizzata per portare in rotazione l'albero 6 motore del motore 5 termico e le ruote 3 motrici, in quanto la macchina 8 elettrica (assieme alle parti della trasmissione 7 angolarmente solidali con la macchina 8 elettrica) è già stata portata in rotazione in precedenza. Inoltre, in questo modo è anche possibile trasferire parte dell'energia cinetica posseduta dalla macchina 8 elettrica (e dalle parti della trasmissione 7 angolarmente solidali con la macchina 8 elettrica) all'albero 6 motore del motore 5 termico e/o alle ruote 3 motrici; in altre parole, la macchina 8 elettrica subisce un rallentamento che determina

un trasferimento di parte dell'energia cinetica posseduta dalla macchina 8 elettrica (e dalle parti della trasmissione 7 angolarmente solidali con la macchina 8 elettrica) all'albero 6 motore del motore 5 termico e/o alle ruote 3 motrici.

Prima di iniziare l'avviamento del motore 5 termico, l'unità 25 di controllo determina la temperatura del motore 5 termico leggendo la misura fornita dal sensore di temperatura del liquido di raffreddamento del motore 5 termico. Quindi l'unità 25 di controllo determina il sovraccarico della macchina 8 elettrica determinando la maggiorazione dell'intensità della corrente elettrica alimentata alla macchina 8 elettrica rispetto all'intensità nominale in funzione della temperatura del motore 5 termico; in particolare, la maggiorazione dell'intensità della corrente elettrica alimentata alla macchina 8 elettrica rispetto all'intensità nominale è inversamente proporzionale alla temperatura del motore 5 termico, quindi tanto minore è la temperatura del motore 5 termico tanto maggiore è la maggiorazione dell'intensità della corrente elettrica alimentata alla macchina 8 elettrica rispetto all'intensità nominale e viceversa. In altre parole, tanto minore è la temperatura del motore 5 termico, tanto maggiore deve essere la coppia motrice di avviamento da applicare all'albero 6 motore del motore 5 termico e quindi

tanto maggiore è il sovraccarico della macchina 8 elettrica.

Inoltre, prima di iniziare l'avviamento del motore 5 termico, l'unità 25 di controllo determina la velocità di rotazione di lancio della macchina 8 elettrica (cioè la velocità di rotazione della macchina 8 elettrica all'istante di chiusura della frizione 15) in funzione della temperatura del motore 5 termico; in particolare, la velocità di rotazione di lancio è inversamente proporzionale alla temperatura del motore 5 termico, quindi tanto minore è la temperatura del motore 5 termico, tanto maggiore è la velocità di rotazione di lancio. In altre parole, tanto minore è la temperatura del motore 5 termico, tanto maggiore deve essere la coppia motrice di avviamento da applicare all'albero 6 motore del motore 5 termico e quindi tanto maggiore è l'energia cinetica che dalla macchina 8 elettrica (e dalle parti della trasmissione 7 angolarmente solidali con la macchina 8 elettrica) deve venire trasmessa al motore 5 termico (cioè tanto maggiore deve essere la velocità di rotazione di lancio).

Da quanto sopra descritto appare evidente che in funzione della temperatura del motore 5 termico (cioè della temperatura del liquido di raffreddamento del motore 5 termico) l'unità 25 di controllo regola sia la velocità di rotazione di lancio della macchina 8 elettrica al momento

della chiusura della frizione 15, sia l'entità del sovraccarico della macchina 8 elettrica durante/dopo la chiusura della frizione 15; in questo modo, quando il motore 5 termico è "freddo", cioè la coppia richiesta per l'avviamento è più elevata per la resistenza idraulica generata dal lubrificante, è possibile aumentare la velocità di rotazione di lancio della macchina 8 elettrica al momento della chiusura della frizione 15 e/o aumentare l'entità del sovraccarico della macchina 8 elettrica.

Secondo una preferita forma di attuazione, prima di iniziare l'avviamento del motore 5 termico l'unità 25 di controllo determina anche la temperatura della macchina 8 elettrica e quindi determina il sovraccarico della macchina 8 elettrica determinando la maggiorazione dell'intensità della corrente elettrica alimentata alla macchina 8 elettrica rispetto all'intensità nominale anche in funzione della temperatura della macchina 8 elettrica. In altre parole, in funzione della temperatura della macchina 8 elettrica l'unità 25 di controllo può limitare il sovraccarico della macchina 8 elettrica (tipicamente compensando la limitazione del sovraccarico della macchina 8 elettrica con un corrispondente aumento della velocità di rotazione di lancio) per evitare di sottoporre la macchina 8 elettrica ad un riscaldamento eccessivo che potrebbe danneggiare o comunque stressare in modo eccessivo gli

isolamenti elettrici della macchina 8 elettrica stessa. Di conseguenza, oltre certe soglie tanto maggiore è la temperatura della macchina 8 elettrica, tanto minore è la maggiorazione dell'intensità della corrente elettrica alimentata alla macchina 8 elettrica rispetto all'intensità nominale.

Se il circuito di raffreddamento della macchina 8 elettrica è comune con il circuito di raffreddamento del motore 5 termico, la temperatura della macchina 8 elettrica viene stimata in base alla temperatura del liquido di raffreddamento del motore 5 termico fornita dal sensore di temperatura. Se il circuito di raffreddamento della macchina 8 elettrica è indipendente dal circuito di raffreddamento del motore 5 termico, la temperatura della macchina 8 elettrica viene stimata indipendentemente dalla determinazione della temperatura del motore 5 termico utilizzando un apposito sensore di temperatura, oppure la temperatura della macchina 8 elettrica viene stimata indirettamente stimando una resistenza elettrica di almeno un avvolgimento statorico della macchina 8 elettrica in funzione della tensione applicata ai morsetti dell'avvolgimento statorico e della intensità della corrente elettrica che fluisce attraverso i morsetti dell'avvolgimento statorico, e quindi stimando la temperatura della macchina 8 elettrica in funzione della

resistenza elettrica dell'avvolgimento statorico della macchina 8 elettrica.

E' importante osservare che se al momento dell'avviamento il motore 5 termico è "caldo", il sovraccarico della macchina 8 elettrica e/o la velocità di rotazione di lancio potrebbero venire annullati; la scelta di ridurre/annullare il sovraccarico della macchina 8 elettrica o la velocità di rotazione di lancio dipende dal fatto di decidere di privilegiare la riduzione delle sollecitazioni a carico della macchina 8 elettrica rispetto alla rapidità dell'avviamento.

Il sopra descritto metodo di avviamento del motore 5 termico presenta numerosi vantaggi.

In primo luogo, il sopra descritto metodo di avviamento del motore 5 termico permette di avviare in modo rapido ed efficace il motore 5 termico in tutte le condizioni (cioè sia quando il motore 5 termico è "freddo", sia quando il motore 5 termico è "caldo") senza sollecitare in modo eccessivo (cioè oltre il necessario) i componenti della trasmissione 7 ed in particolare la macchina 8 elettrica.

Inoltre, il guidatore e gli altri occupanti del veicolo 1 non si accorgono dell'avviamento del motore 5 termico e non sperimentano alcuna conseguenza negativa (come una frenata improvvisa ed inattesa del veicolo e/o

l'insorgenza di oscillazioni longitudinali) durante l'avviamento del motore 5 termico. Quindi dal punto di vista del guidatore e degli altri occupanti del veicolo 1 l'avviamento del motore 5 termico è estremamente confortevole.

Infine, il sopra descritto metodo di avviamento del motore 5 termico è semplice ed economico da implementare anche in un veicolo con propulsione ibrida esistente in quanto non richiede l'installazione di componenti fisici aggiuntivi rispetto a quelli già normalmente presenti e non impegna una potenza di calcolo rilevante (quindi non richiede un potenziamento dell'unità 25 di controllo).

RIVENDICAZIONI

1) Metodo di avviamento di un motore (5) termico a combustione interna di un veicolo (1) con propulsione ibrida provvisto di una trasmissione (7) comprendente:

un cambio (10) è a doppia frizione provvisto di due alberi (15, 16) primari tra loro indipendenti ed inseriti uno all'interno dell'altro, di due frizioni (17, 18) coassiali e disposte in serie, ciascuna delle quali è atta a collegare un rispetto albero (15, 16) primario ad un albero (6) motore del motore (5) termico, di almeno un albero (19, 20) secondario permanentemente in presa con delle ruote (3) motrici, e di una pluralità di coppie (21) di ingranaggi, ciascuna delle quali definisce una rispettiva marcia e comprende un ingranaggio primario montato su di un albero (15) primario ed un ingranaggio secondario che è montato sull'albero (19, 20) secondario ed ingrana permanentemente con l'ingranaggio primario; ed

una macchina (8) elettrica reversibile provvista di un albero (23) che è meccanicamente collegato ad un primo albero (15) primario;

il metodo di avviamento comprende le fasi di:

pilotare la macchina (8) elettrica come motore per produrre una coppia motrice; e

chiudere una prima frizione (17) collegata al primo albero (15) primario per trasmettere la coppia motrice

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

generata dalla macchina (8) elettrica all'albero (6) motore del motore (5) termico;

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

chiudere solo parzialmente la prima frizione (17) in modo da fare operare la prima frizione (17) stessa in slittamento per rendere la velocità di rotazione della macchina (8) elettrica indipendente dalla velocità di rotazione dell'albero (6) motore del motore (5) termico;

innestare una marcia accoppiata ad un secondo albero primario (16) per collegare meccanicamente il secondo albero primario (16) all'albero (19, 20) secondario e quindi alle ruote (3) motrici; e

chiudere solo parzialmente una seconda frizione (18) collegata al secondo albero primario (16) in modo da fare operare la seconda frizione (18) stessa in slittamento e trasmettere parte della coppia motrice generata dalla macchina (8) elettrica alle ruote (3) motrici rendendo la velocità di rotazione della macchina (8) elettrica indipendente dalla velocità di rotazione delle ruote (3) motrici.

2) Metodo di avviamento secondo la rivendicazione 1 e comprendente l'ulteriore fase di regolare il grado di chiusura della prima frizione (17) per regolare la parte di coppia motrice indirizzata verso il motore (5) termico in

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

funzione delle esigenze di avviamento del motore (5) termico stesso.

3) Metodo di avviamento secondo la rivendicazione 1 o 2 e comprendente l'ulteriore fase di regolare il grado di chiusura della seconda frizione (18) per regolare la parte di coppia motrice indirizzata verso le ruote (3) motrici in funzione delle richieste di moto del veicolo (1).

4) Metodo di avviamento secondo la rivendicazione 1, 2 o 3 e comprendente l'ulteriore fase di pilotare la macchina (8) elettrica per generare la massima potenza meccanica possibile.

5) Metodo di avviamento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4 e comprendere l'ulteriore fase di sovraccaricare la macchina (8) elettrica durante e/o dopo la chiusura della prima frizione (17) alimentando alla macchina (8) elettrica una corrente elettrica avente una intensità superiore all'intensità nominale per fare generare alla macchina (8) elettrica una coppia motrice superiore alla coppia motrice nominale.

6) Metodo di avviamento secondo la rivendicazione 5 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare la temperatura del motore (5) termico; e

determinare il sovraccarico della macchina (8) elettrica determinando la maggiorazione dell'intensità della corrente elettrica alimentata alla macchina (8)

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

elettrica rispetto all'intensità nominale in funzione della temperatura del motore (5) termico.

7) Metodo di avviamento secondo la rivendicazione 6 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare la temperatura della macchina (8) elettrica; e

determinare il sovraccarico della macchina (8) elettrica determinando la maggiorazione dell'intensità della corrente elettrica alimentata alla macchina (8) elettrica rispetto all'intensità nominale anche in funzione della temperatura della macchina (8) elettrica.

8) Metodo di avviamento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 7 e comprendere le ulteriori fasi di:

portare in rotazione la macchina (8) elettrica pilotando la macchina (8) elettrica come motore prima di chiudere la prima frizione (17); e

chiudere la prima frizione (17) quando la macchina (8) elettrica ha raggiunto una velocità di rotazione di lancio.

9) Metodo di avviamento secondo la rivendicazione 8, e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare la temperatura del motore (5) termico; e

determinare la velocità di rotazione di lancio in funzione della temperatura del motore (5) termico.

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

Matteo MACCAGNAN

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

CLAIMS

1) Starting method of an internal combustion thermal engine (5) of a vehicle (1) with hybrid propulsion provided with a transmission (7) comprising:

a twin-clutch gearbox (10) provided with two primary shafts (15, 16) independent from one another and inserted one inside the other, with two coaxial clutches (17, 18) arranged in series, each of which is aimed at connecting a respective primary shaft (15, 16) to a drive shaft (6) of the thermal engine (5), with at least one secondary shaft (19, 20) meshing permanently with driving wheels (3), and with a plurality of gear pairs (21), each of which defines a respective gear and comprises a primary gear mounted on a primary shaft (15) and a secondary gear which is mounted on the secondary shaft (19, 20) and meshes permanently with the primary gear; and

a reversible electric machine (8) provided with a shaft (23) which is mechanically connected to a first primary shaft (15);

the starting method comprises the steps of:

making the electric machine (8) work as an engine for producing a torque; and

closing a first clutch (17) connected to the first primary shaft (15) in order to transmit the torque generated by the electric machine (8) to the drive shaft (6) of the

thermal engine (5);

the starting method is **characterised in that** it comprises the further steps of:

closing only partially the first clutch (17), so that the first clutch (17) slips making the rotation speed of the electric machine (8) independent from the rotation speed of the drive shaft (6) of the thermal engine (5);

engaging a gear coupled to a second primary shaft (16) in order to connect mechanically the second primary shaft (16) to the secondary shaft (19, 20) and, consequently, to the driving wheels (3); and

closing only partially a second clutch (18) connected to the second primary shaft (16), so that the second clutch (18) slips and part of the torque generated by the electric machine (8) is transmitted to the driving wheels (3) making the rotation speed of the electric machine (8) independent from the rotation speed of the driving wheels (3).

2) Starting method according to claim 1 and comprising the further step of regulating the degree of closure of the first clutch (17) in order to regulate the part of torque addressed towards the thermal engine (5) according to the starting needs of the thermal engine (5) .

3) Starting method according to claim 1 or 2 and comprising the further step of regulating the degree of closure of the second clutch (18) in order to regulate the

part of torque addressed towards the driving wheels (3) according to the motion requirements of the vehicle (1).

4) Starting method according to claim 1, 2 or 3 and comprising the further step of controlling the electric machine (8) in order to generate the highest possible mechanical power.

5) Starting method according to one of the claims from 1 to 4 and comprising the further step of overloading the electric machine (8) during and/or after the closure of the first clutch (17) by feeding the electric machine (8) with an electric current having an intensity which is higher than the nominal intensity in order to make electric machine (8) generate a torque which is higher than the nominal torque.

6) Starting method according to claim 5 and comprising the further steps of:

determining the temperature of the thermal engine (5);
and

determining the overload of the electric machine (8) by determining the intensity increase of the electric current fed to the electric machine (8) with respect to the nominal intensity according to the temperature of the thermal engine (5).

7) Starting method according to claim 6 and comprising the further steps of:

determining the temperature of the electric machine (8); and

determining the overload of the electric machine (8) by determining the intensity increase of the electric current fed to the electric machine (8) with respect to the nominal intensity also according to the temperature of the electric machine (8).

8) Starting method according to one of the claims from 1 to 7 and comprising the further steps of:

making the electric machine (8) rotate by using the electric machine (8) as an engine before closing the first clutch (17); and

closing the first clutch (17) when the electric machine (8) reaches a launch rotation speed.

9) Starting method according to claim 8 and comprising the further steps of:

determining the temperature of the thermal engine (5); and

determining the launch speed rotation according to the temperature of thermal engine (5).



Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo nr. 987/BM)

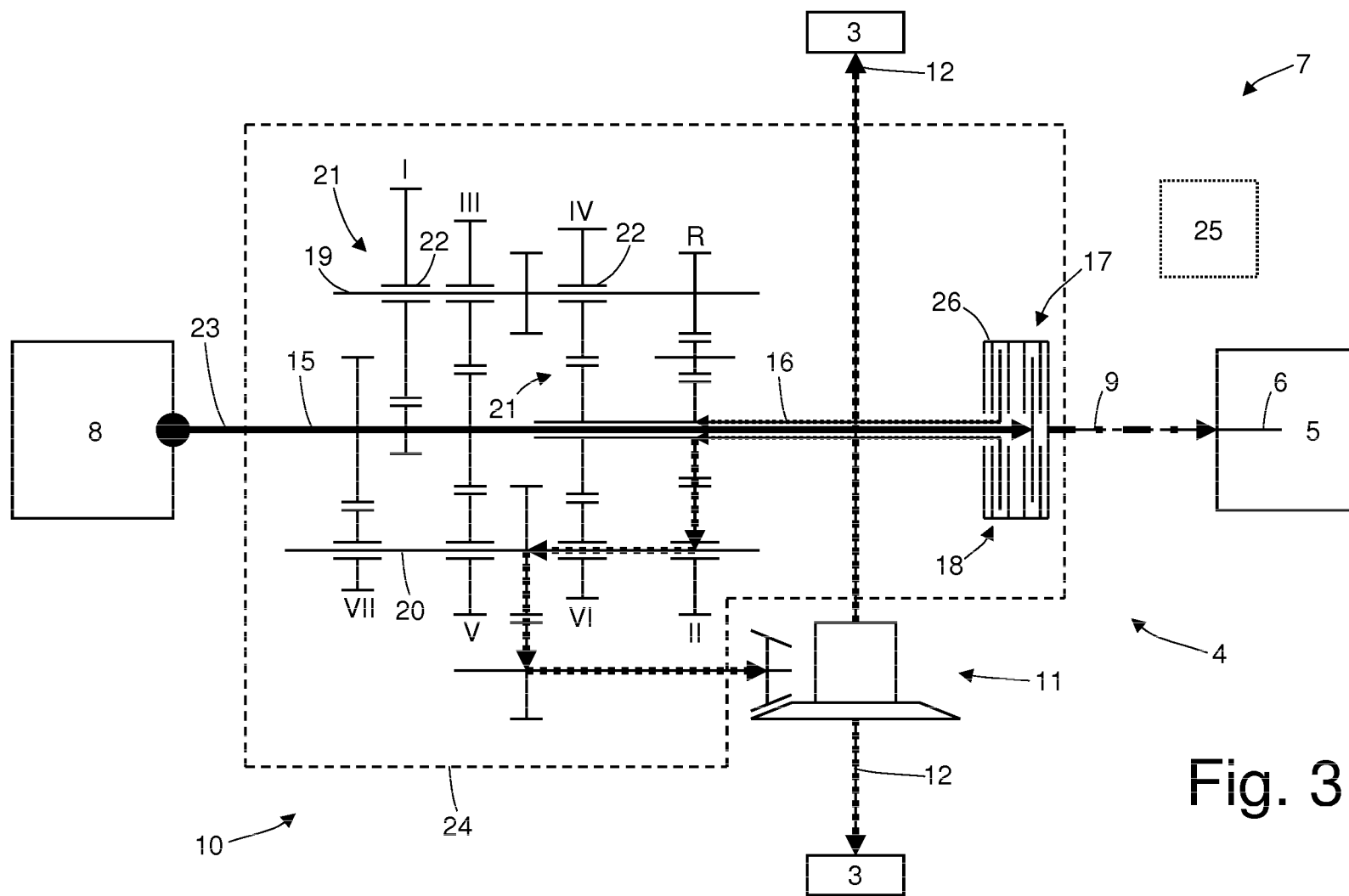


Fig. 3