

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901826764A1

Publication Date

20111007

Applicant

FERRARI S.P.A.

Title

IMPIANTO ELETTRICO DI UN VEICOLO STRADALE CON PROPULSIONE  
ELETTRICA E RELATIVO METODO DI CONTROLLO

## DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:  
"IMPIANTO ELETTRICO DI UN VEICOLO STRADALE CON PROPULSIONE  
ELETTRICA E RELATIVO METODO DI CONTROLLO"

di FERRARI S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA EMILIA EST 1163

MODENA (MO)

Inventori: FAVARETTO Fabrizio, STEFANI Giovanni

\*\*\* \*\*

### SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione è relativa ad un impianto elettrico di un veicolo con propulsione elettrica e ad un relativo metodo di controllo.

La presente invenzione trova vantaggiosa applicazione in veicolo stradale con propulsione ibrida cui la trattazione che segue farà esplicito riferimento senza per questo perdere di generalità.

### ARTE ANTERIORE

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

L'impianto elettrico di potenza di un veicolo ibrido comprende una sezione di accumulo, la quale è provvista di almeno una batteria principale per autotrazione composta da una pluralità di celle elettrochimiche che sono collegate in serie in modo che la tensione delle singole celle si sommi; la sezione di accumulo lavora a tensione media dell'ordine di 200 Volt nominali. Inoltre, l'impianto elettrico di potenza di un veicolo ibrido comprende una sezione di trazione che interagisce con la macchina elettrica e lavora a tensione elevata dell'ordine di 600-700 Volt nominali; la sezione di trazione è collegata alla sezione di accumulo mediante un convertitore elettronico di potenza bidirezionale (cioè che è in grado di assorbire potenza elettrica dalla sezione di accumulo per alimentare la macchina elettrica operante come motore oppure è in grado di fornire alla sezione di accumulo la potenza elettrica generata dalla macchina elettrica operante come generatore). Infine, l'impianto elettrico di potenza di un veicolo ibrido comprende una sezione degli ausiliari che alimenta tutti i servizi ausiliari del veicolo che richiedono una alimentazione elettrica e lavora a bassa tensione pari a 12 Volt nominali; la sezione degli ausiliari comprende una batteria tampone avente una capacità di accumulo modesta (se paragonata alla batteria principale della sezione di accumulo) ed è collegata alla

sezione di accumulo mediante un convertitore elettronico di potenza monodirezionale che ha la funzione di abbassare la tensione nominale fornita dalla sezione di accumulo (200 Volt) alla tensione nominale (12 Volt) della sezione degli ausiliari. In altre parole, il convertitore elettronico di potenza della sezione degli ausiliari assorbe potenza elettrica dalla sezione di accumulo alla tensione di 200 Volt per alimentare i servizi ausiliari e/o per ricaricare la batteria tampone con una tensione di 12 Volt.

Nei moderni veicoli ibridi, i servizi ausiliari che richiedono una alimentazione elettrica sono numerosi e possono arrivare ad assorbire un potenza elettrica complessiva rilevante; di conseguenza, è necessario che il convertitore elettronico di potenza alimentate la sezione degli ausiliari sia in grado di fornire una potenza elettrica elevata (superiore, anche abbondantemente, a 1000 Watt). Tuttavia, un convertitore elettronico di potenza in grado di fornire una potenza elettrica elevata è ingombrante e soprattutto pesante e quindi determina un aumento non trascurabile del peso complessivo del veicolo (attualmente, la tendenza è di alleggerire il più possibile un veicolo stradale per ridurre il consumo di energia necessario a muovere il veicolo stradale stesso).

#### DESCRIZIONE DELLA INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è di fornire un

impianto elettrico di un veicolo stradale con propulsione elettrica ed un relativo metodo di controllo, i quali impianto elettrico e metodo di controllo siano privi degli inconvenienti sopra descritti e sia nel contempo di facile ed economica realizzazione.

Secondo la presente invenzione vengono forniti un impianto elettrico di un veicolo stradale con propulsione elettrica ed un relativo metodo di controllo 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 uno schema di un impianto elettrico di potenza del veicolo stradale della figura 1 realizzato in accordo con la presente invenzione; e
- la figura 3 è una vista schematica di una batteria composta da una pluralità di celle collegate in serie dell'impianto elettrico di potenza della figura 2.

#### 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 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. Le batterie chimiche presentano il vantaggio di potere fornire una grande quantità di energia ma presentano lo svantaggio di non essere in grado di erogare potenze elettriche molto elevate e quindi permettono al veicolo 1 di percorrere distanze rilevanti in modalità elettrica (elevata autonomia), ma non permettono al veicolo 1 di raggiungere in modalità elettrica prestazioni dinamiche elevate; al contrario, i supercondensatori presentano il vantaggio di potere erogare potenze elettriche molto elevate ma per contro non sono in grado di fornire una grande quantità di energia e quindi permettono al veicolo 1 di raggiungere in modalità elettrica prestazioni dinamiche elevate, ma non permettono al veicolo 1 di percorrere distanze rilevanti in modalità elettrica. La proporzione tra batterie chimiche e supercondensatori nel sistema 14 di accumulo viene scelta in fase progettuale in funzione del desiderato rapporto tra autonomia e prestazioni in modalità elettrica.

Sulle modalità di collegamento della macchina 8 elettrica reversibile al cambio 10 a doppia frizione si rimanda a quanto descritto nella domanda di brevetto IT2009B000752 qui incorporata per riferimento.

Secondo quanto illustrato nella figura 2, il veicolo 1 è provvisto di un impianto 15 elettrico di potenza comprendente una sezione 16 di accumulo, la quale comprende

il sistema 14 di accumulo e lavora a tensione media e pari a 200 Volt nominali. Inoltre, l'impianto 15 elettrico del veicolo 1 comprende una sezione 17 di trazione che interagisce con la macchina 8 elettrica e lavora a tensione elevata pari a 650 Volt nominali; la sezione 17 di trazione è collegata alla sezione 16 di accumulo mediante il convertitore 13 elettronico di potenza che è bidirezionale (cioè che è in grado di assorbire potenza elettrica dalla sezione 16 di accumulo per alimentare la macchina 8 elettrica operante come motore oppure è in grado di fornire alla sezione 16 di accumulo la potenza elettrica generata dalla macchina 8 elettrica operante come generatore). Infine, l'impianto 15 elettrico del veicolo 1 comprende una sezione 18 degli ausiliari che alimenta tutti i servizi 19 ausiliari (illustrati schematicamente) del veicolo 1 che richiedono una alimentazione elettrica e lavora a bassa tensione pari a 12 Volt nominali; la sezione 18 degli ausiliari comprende una batteria 20 tampone avente una capacità di accumulo modesta (se paragonata al sistema 14 di accumulo) e viene elettricamente alimentata dalla sezione 16 di accumulo secondo le modalità descritte in seguito per alimentare i servizi 19 ausiliari e/o per ricaricare la batteria 20 tampone.

Il sistema 14 di accumulo comprende due batterie 21 tra loro gemelle ed indipendenti che sono collegate tra

loro in serie. Inoltre, il sistema 14 di accumulo comprende per ciascuna batteria 21 un rispettivo interruttore 22 di bypass elettronico o elettromeccanico che è collegato in parallelo al batteria 21 per costituire un bypass della batteria 21; in caso di guasto in una batteria 21, la batteria 21 stessa viene escluso chiudendo il rispettivo interruttore 22 di bypass ed il sistema 14 di accumulo continua a lavorare solo con l'altra batteria 22. Inoltre, il sistema 14 di accumulo comprende un interruttore 23 di separazione elettronico o elettromeccanico (che è conformato anche come sezionatore elettrico) avente, tra le altre cose, la funzione di garantire che l'impianto 15 elettrico del veicolo 1 sia privo di tensione quando è necessario effettuare un intervento di manutenzione.

La sezione 16 di accumulo è collegata alla sezione 17 di trazione mediante un interruttore 24 di collegamento elettronico o elettromeccanico ed è collegata alla sezione 18 degli ausiliari mediante un interruttore 25 di collegamento elettronico o elettromeccanico.

Il convertitore 13 elettronico di potenza è provvisto di un convertitore 26 bidirezionale continua-continua ("DC-DC converter") di tipo "Buck-Boost" che ha la funzione di modificare la tensione per collegare elettricamente il sistema 14 di accumulo che opera a media tensione (200 Volt nominali quando entrambe le batterie 21 sono operative) ed

il convertitore 13 elettronico di potenza che opera ad alta tensione (650 Volt nominali). Inoltre, il convertitore 13 elettronico di potenza comprende un inverter 27 trifase che nel lato a corrente continua è collegato al convertitore 26 bidirezionale e nel lato a corrente alternata è collegato a delle sbarre 28 trifasi. Tra il convertitore 26 e l'inverter 27 sono collegati in parallelo un condensatore avente la funzione di ridurre le oscillazioni della tensione ed una resistenza (di valore elevato) avente la funzione di scaricare il condensatore quando il circuito non è utilizzato per evitare che nel circuito rimangano per tempi lunghi delle tensioni pericolose per un eventuale tecnico che effettua un intervento di manutenzione/riparazione.

La macchina 8 elettrica è collegata alle sbarre 28 trifase mediante un interruttore 29 di separazione elettronico o elettromeccanico tripolare. Inoltre, alle sbarre 28 trifase sono collegate un connettore 30 trifase (cioè dotato di tre morsetti collegati rispettivamente alle tre sbarre 28 trifase) ed un connettore 31 monofase (cioè dotato di due morsetti collegati rispettivamente a solo due delle tre sbarre 28 trifase).

E' prevista una unità 32 di controllo che ha la funzione di sovrintendere al funzionamento di tutti i componenti dell'impianto 15 elettrico di potenza del

veicolo 1 comandando gli interruttori 22 di bypass, comandando gli interruttori 23 e 29 di separazione, comandando gli interruttori 24 e 25 di collegamento, pilotando il convertitore 26, e pilotando l'inverter 27.

Normalmente, entrambe le batterie 21 sono attive e sono tra loro collegate in serie per fornire all'uscita del sistema 14 di accumulo una tensione di 200 Volt (ciascuna batteria 21 presenta ai suoi morsetti una tensione nominale di 100 Volt). In caso di guasto in una batteria 21, la batteria 21 stessa viene escluso chiudendo il rispettivo interruttore 22 di bypass ed il sistema 14 di accumulo continua a lavorare solo con l'altra batteria 21; quindi all'uscita del sistema 14 di accumulo viene fornita una tensione dimezzata rispetto al valore nominale (100 Volt invece di 200 Volt) e tale dimezzamento della tensione viene compensato pilotando opportunamente il convertitore 26 in modo tale che all'uscita del convertitore 26 sia sempre presente la tensione nominale pari a 650 Volt.

Quando il veicolo 1 è in moto, l'interruttore 29 di separazione è chiuso in modo tale che l'inverter 27 possa pilotare la macchina 8 elettrica come motore o come generatore.

Quando il veicolo 1 è fermo, l'interruttore 29 di separazione è aperto ed è possibile ricaricare il sistema 14 di accumulo collegando le sbarre 28 trifase alla rete

elettrica mediante il connettore 30 trifase oppure mediante un connettore 31 monofase; quando viene utilizzato il connettore 30 trifase tutti e tre i rami dell'inverter 27 sono attivi, mentre quando viene utilizzato il connettore 31 monofase solo due dei tre rami dell'inverter 27 sono attivi. Durante la ricarica dalla rete elettrica, l'inverter 27 ed il convertitore 26 vengono pilotati per fare in modo che la tensione alternata di rete in ingresso (normalmente 220 V tra fase e terra e 380 Volt tra due fasi) sia trasformata in una tensione continua di 200 Volt ai capi del sistema 14 di accumulo (100 Volt se una delle due batterie 21 è stata esclusa mediante il rispettivo interruttore 22 di bypass).

Secondo quanto illustrato nella figura 3, ciascuna batteria 21 è composta da una pluralità di celle 33 elettrochimiche (solo una piccola parte delle quali sono illustrate nella figura 1) che sono utilizzate per convertire l'energia chimica accumulata in energia elettrica o viceversa e sono collegate in serie in modo che la tensione delle singole celle si sommi. In altre parole, collegando le celle 33 in serie ai morsetti della batteria 21 è presente una tensione elettrica sufficientemente elevata in modo tale da permette alla batteria 21 di erogare una potenza elettrica rilevante pur mantenendo l'intensità della corrente elettrica a valori non

eccessivi. Nella forma di attuazione illustrata nelle figure allegare, la batteria 21 presenta ai sui morsetti una tensione nominale di 100 Volt e comprende venticinque celle, le quali sono collegate tra loro in serie e presentano ciascuna una tensione nominale di 4 Volt.

In parallelo a ciascuna cella 33 è disposto un ramo 34 di bypass, il quale è composto da un interruttore 35 di bypass elettronico o elettromeccanico collegato in serie ad un diodo 36 ed ha la funzione di escludere, quando necessario, la cella 33 dalla corrente elettrica che attraversa la batteria 21. In altre parole, quando l'interruttore 35 di bypass di un ramo 34 di bypass è aperto la corrispondente cella 33 viene attraversata dalla corrente elettrica che attraversa la batteria 21; invece, quando l'interruttore 35 di bypass di un ramo 34 di bypass è chiuso la corrispondente cella 33 non viene attraversata dalla corrente elettrica che attraversa la batteria 21 in quanto tale corrente fluisce attraverso il ramo 34 di bypass. Il diodo 36 del ramo 34 di bypass è necessario per evitare di cortocircuitare la cella 33 quando viene chiuso l'interruttore 35 di bypass.

Inoltre, per ciascuna cella 33 è previsto almeno un sensore 37 che è accoppiato alla cella 33 per rilevare, in uso, lo stato di carica della cella 33 stessa. Secondo una preferita forma di attuazione illustrata nelle figure

allegate, ciascun sensore 37 è un voltmetro, è collegato in parallelo alla corrispondente cella 33, e misura la tensione presente ai capi della cella 33 stessa; in funzione della tensione presente ai capi di una cella 33 ed applicando una legge ricavabile sperimentalmente è possibile determinare con precisione lo stato di carica della cella 33 stessa. Secondo una possibile variante, è previsto anche un sensore di temperatura che determina la temperatura della cella 33; la misura della temperatura di una cella 33 viene utilizzata assieme alla misura della tensione presente ai capi della cella 33 per determinare lo stato di carica della cella 33 stessa.

Viene di seguito descritta la modalità utilizzata per alimentare energia elettrica alla sezione 18 degli ausiliari mediante un particolare tipo di controllo degli interruttori 24 e 25 di collegamento.

Pilotando opportunamente gli interruttori 35 di bypass dei rami 34 di bypass delle batterie 21 è possibile variare la tensione presente ai capi delle batterie 21 e, quindi, la tensione presente ai capi del sistema 14 di accumulo. In particolare, in una batteria 21 quando tutti gli interruttori 35 di bypass dei rami 34 di bypass sono aperti allora tutte le venticinque celle 33 della batteria 21 sono collegate in serie e quindi la tensione ai capi della batteria 21 è pari a 100 Volt nominali (ogni cella 33 ha

una tensione nominale di 4 Volt,  $4 \times 25 = 100$  Volt);  
invece, in una batteria 21 quando solo tre interruttori 35  
di bypass dei rami 34 di bypass sono aperti (cioè gli altri  
ventidue interruttori 35 di bypass sono chiusi) allora solo  
tre celle 33 della batteria 21 sono collegate in serie e  
quindi la tensione ai capi della batteria 21 è pari a 12  
Volt nominali (ogni cella 33 ha una tensione nominale di 4  
Volt,  $4 \times 3 = 12$  Volt). Quindi variando il numero di  
interruttori 35 di bypass aperti e chiusi è possibile  
variare la tensione presente ai capi del sistema 14 di  
accumulo: quando la sezione 16 di accumulo deve venire  
collegata alla sezione 17 di trazione allora tutti gli  
interruttori 35 di bypass dei rami 34 di bypass sono aperti  
per avere ai capi del sistema 14 di accumulo una tensione  
pari a 200 Volt nominali, invece quando la sezione 16 di  
accumulo deve essere collegata alla sezione 18 degli  
ausiliari allora solo tre (o quattro) interruttori 35 di  
bypass dei rami 34 di bypass sono aperti per avere ai capi  
del sistema 14 di accumulo una tensione pari a 12 Volt (o  
16 Volt) nominali (per ricaricare la batteria 20 tampone è  
possibile applicare alla batteria 20 tampone stessa una  
tensione nominale anche leggermente superiore a 12 Volt).

Gli interruttori 24 e 25 di collegamento possono  
essere entrambi aperti (tipicamente in caso di  
manutenzione), ma non sono mai entrambi chiusi, in quanto

la tensione di ingresso della sezione 17 di trazione (200 Volt nominali) è molto diversa dalla tensione di ingresso della sezione 18 degli ausiliari (12 Volt nominali); in altre parole, chiudendo entrambi gli interruttori 24 e 25 di collegamento è impossibile fornire ad entrambe le sezioni 17 e 18 le corrispondenti tensioni nominali, quindi chiudendo entrambi gli interruttori 24 e 25 di collegamento alla sezione 17 di trazione viene applicata una tensione largamente insufficiente e/o alla sezione 18 degli ausiliari viene applicata una tensione troppo elevata.

In uso, vi possono essere tre diverse situazioni: la sezione 16 di accumulo deve essere collegata solo alla sezione 17 di trazione per scambiare energia elettrica con la sezione 17 di trazione, la sezione 16 di accumulo deve essere collegata solo alla sezione 18 degli ausiliari per fornire energia elettrica alla sezione 18 degli ausiliari, oppure la sezione 16 di accumulo deve essere collegata contemporaneamente sia alla sezione 17 di trazione, sia alla sezione 18 degli ausiliari.

E' evidente che quando la sezione 16 di accumulo deve essere collegata solo alla sezione 17 di trazione l'interruttore 24 di collegamento viene chiuso e l'interruttore 24 di collegamento viene aperto. Analogamente, quando la sezione 16 di accumulo deve essere collegata solo alla sezione 18 degli ausiliari

l'interruttore 24 di collegamento viene aperto e l'interruttore 24 di collegamento viene chiuso.

Più complicata è la situazione in cui la sezione 16 di accumulo deve essere collegata contemporaneamente sia alla sezione 17 di trazione, sia alla sezione 18 degli ausiliari; questa situazione viene gestita mediante una condivisione temporale, cioè intervalli A di tempo in cui la sezione 16 di accumulo è collegata alla sezione 17 di trazione vengono ciclicamente alternati con intervalli B di tempo in cui la sezione 16 di accumulo è collegata alla sezione 18 degli ausiliari. In altre parole, per un intervallo A di tempo la sezione 16 di accumulo è collegata alla sezione 17 di trazione, al termine dell'intervallo A di tempo la sezione 16 di accumulo viene collegata alla sezione 18 degli ausiliari per un intervallo B di tempo, al termine dell'intervallo B di tempo la sezione 16 di accumulo viene collegata alla sezione 17 di trazione per un nuovo intervallo A di tempo e così via. Chiaramente, quando gli interruttori 24 e 25 di collegamento vengono pilotati per variare la sezione 17 o 18 collegata alla sezione 16 di accumulo viene effettuato un corrispondente pilotaggio degli interruttori 35 di bypass dei rami 34 di bypass per applicare sempre alle sezioni 17 e 18 le tensioni corrette.

Quando la sezione 17 di trazione è scollegata dalla sezione 16 di accumulo, i condensatori del convertitore 13

elettronico di potenza sono in grado di sopperire alla mancanza del collegamento con la sezione 16 di accumulo fornendo o assorbendo energia elettrica. Quando la sezione 18 degli ausiliari è scollegata dalla sezione 16 di accumulo, la batteria 20 tampone è in grado di sopperire alla mancanza del collegamento con la sezione 16 di accumulo fornendo energia elettrica.

La durata degli intervalli A e B di tempo non è normalmente costante e predeterminata, ma viene determinata di volta in volta in funzione delle condizioni operative e tenendo conto da un lato delle esigenze di scambio di energia elettrica delle sezioni 17 e 18 con la sezione 16 di accumulo e dall'altro lato della capacità delle sezioni 17 e 18 di operare correttamente in assenza del collegamento con la sezione 16 di accumulo. Ad esempio quando la batteria 20 tampone è molto scarica la durata degli intervalli B di tempo viene allungata, oppure quando la macchina 8 elettrica è prossima alla piena potenza allora la durata degli intervalli A di tempo viene allungata. E' chiaro che la condizione più critica si verifica quando nello stesso tempo la batteria 20 tampone è molto scarica e la macchina 8 elettrica è prossima alla piena potenza; questa condizione critica può venire evitata con una intelligente gestione della ricarica della batteria 20 tampone e deve venire gestita scollegando

temporaneamente dei servizi 19 ausiliari non indispensabili (come il condizionamento dell'aria) e/o limitando temporaneamente la potenza della macchina 8 elettrica.

A titolo indicativo, la durata media degli intervalli A e B di tempo è compresa tra 0.5 e 2 secondi.

Le celle 33 componenti ciascuna batteria 21 presentano inevitabilmente delle differenze legate alle tolleranze costruttive ed alla dispersione dei componenti utilizzati per la fabbricazione delle celle 33 stesse; di conseguenza, la capacità (ovvero la quantità di carica elettrica che può venire erogata e comunemente espressa in Ampere-ora) delle celle 33 presenta delle differenze significative che nelle attuali batterie in commercio sono dell'ordine del  $\pm 10\%$  rispetto al valore nominale. Essendo le celle 33 collegate tra loro in serie, la capacità di ciascuna batteria 21 (cioè della serie di tutte le celle 33) è sempre limitata alla minore capacità presente (cioè alla capacità più piccola tra le capacità di tutte le celle 33); quindi, solo la cella 33 meno performante viene utilizzata al massimo delle sue prestazioni mentre tutte le altre celle 33 risultano sottoutilizzate. In una batteria 21 comprendente venticinque celle 33 collegate in serie, questo vuole dire che una sola cella 33 viene utilizzata al massimo delle sue prestazioni mentre le altre ventiquattro celle 33 sono più o meno sottoutilizzate.

Per potere sfruttare tutte le celle 33 di ciascuna batteria 21 al massimo delle loro prestazioni, è possibile utilizzare per alimentare la sezione 18 degli ausiliari solo le celle 33 più cariche (cioè le celle 33 che presentano una maggiore capacità di carica) che vengono ciclicamente alternate. In altre parole, quando viene alimentata la sezione 18 degli ausiliari solo poche celle 33 vengono utilizzate contemporaneamente (cioè solo tre o quattro celle 33) e tali celle 33 da utilizzare per alimentare la sezione 18 degli ausiliari vengono scelte tra le celle 33 più cariche (cioè le celle 33 che presentano una maggiore capacità di carica). In questo modo viene eseguita una equalizzazione dello stato di carica delle celle 33, in quanto parte della carica presente nelle celle 33 più cariche (cioè le celle 33 che presentano una maggiore capacità di carica) viene drenata per alimentare la sezione 18 degli ausiliari. Ovviamente, le celle 33 utilizzate per alimentare la sezione 18 degli ausiliari vengono continuamente variate per utilizzare di volta in volta le celle 33 più cariche.

In altre parole, in uso viene rilevato lo stato di carica di ciascuna cella 33 mediante il rispettivo sensore 37 accoppiato alla cella 33 stessa; tipicamente, lo stato di carica di una cella 33 viene espresso come quantità di carica immagazzinata nella cella 33 e tale quantità di

carica può essere assoluta (cioè misurata ad esempio in Ampere-ora) oppure relativa (ad esempio espressa in percentuale rispetto alla quantità di carica massima o nominale). Confrontando gli stati di carica delle celle 33 viene determinato quali sono le celle 33 aventi il maggiore stato di carica (cioè le celle 33 più cariche) e quindi quali sono le celle 33 da utilizzare per alimentare la sezione 18 degli ausiliari.

Secondo una preferita forma di attuazione, a monte dell'interruttore 25 di collegamento è disposto un voltmetro 38 di sicurezza che misura la tensione elettrica a monte dell'interruttore 25 di collegamento e fornisce il consenso alla chiusura dell'interruttore 25 di collegamento solo se la tensione elettrica a monte dell'interruttore 25 di collegamento è compatibile con la tensione elettrica nominale della sezione 18 degli ausiliari. Inoltre, il voltmetro 38 di sicurezza determina l'immediata apertura dell'interruttore 25 di collegamento se la tensione elettrica a monte dell'interruttore 25 di collegamento supera la massima tensione elettrica sopportabile dalla sezione 18 degli ausiliari. La funzione del voltmetro 38 di sicurezza è di offrire una ulteriore sicurezza per evitare che alla sezione 18 degli ausiliari possa venire applicata una tensione elettrica superiore alla massima tensione elettrica sopportabile.

Secondo una diversa forma di attuazione non illustrata, quando la sezione 16 di accumulo deve scambiare energia con la sezione 17 di trazione le due batterie 21 vengono collegate in serie per fornire in uscita la tensione di 200 Volt nominali; invece, quando la sezione 16 di accumulo deve alimentare la sezione 18 degli ausiliari le due batterie 21 vengono collegate in parallelo in modo tale da potere utilizzare sei celle 33 (invece di tre celle 33) per fornire in uscita la tensione di 12 Volt nominali. In questo modo, è possibile alimentare dalla sezione 16 di accumulo alla sezione 18 degli ausiliari il doppio della potenza elettrica. Per potere collegare le due batterie 21 in serie o in parallelo, il sistema 14 di accumulo comprende uno o più interruttori di serie/parallelo elettronici o elettromeccanici, i quali vengono pilotati per variare il tipo di collegamento delle due batterie 21.

L'impianto 15 elettrico sopra descritto presenta numerosi vantaggi.

In primo luogo, l'impianto 15 elettrico sopra descritto permette di fornire una adeguata alimentazione elettrica alla sezione 18 degli ausiliari senza l'utilizzo di un convertitore elettronico di potenza dedicato, con un evidente risparmio di costo e soprattutto di ingombro e di peso.

Inoltre, l'impianto 15 elettrico sopra descritto permette di realizzare una equalizzazione della carica tra le celle 33 di ciascuna batteria 21 senza utilizzare una unità di gestione della energia elettrica (denominate anche unità di equalizzazione) dedicata che durante il funzionamento della batteria 21 ha il compito di trasferire energia elettrica tra le celle 33; in altre parole, l'equalizzazione della carica delle celle 33 di ciascuna batteria 21 non viene realizzata trasferendo energia elettrica dalle celle 33 più cariche alle celle 33 meno cariche, ma trasferendo energia elettrica dalle celle 33 più cariche alla sezione 18 degli ausiliari. In questo modo, viene aumentata l'efficienza energetica delle batterie 21 (il trasferimento di energia elettrica all'interno delle celle 33 provoca una certa dissipazione di energia) e viene risparmiato il costo della unità di gestione della energia elettrica.

## RIVENDICAZIONI

1) Impianto (15) elettrico di un veicolo (1) con propulsione elettrica realizzata mediante almeno una macchina (8) elettrica; l'impianto (15) elettrico comprende:

una sezione (16) di accumulo provvista di almeno una batteria (21) composta da una pluralità di celle (33), ciascuna delle quali è collegata in serie con le altre celle (33) ed è provvista di un ramo (34) di bypass che è collegato in parallelo alla cella (33) e presenta un interruttore (35) di bypass;

una sezione (17) di trazione che interagisce con la macchina (8) elettrica ed è provvista di un convertitore (13) elettronico di potenza che scambia energia elettrica con la sezione (16) di accumulo; ed

una sezione (18) degli ausiliari che alimenta dei servizi (19) ausiliari del veicolo (1) che richiedono una alimentazione elettrica, comprende una batteria (20) tampone, e viene elettricamente alimentata dalla sezione (16) di accumulo;

l'impianto (15) elettrico è **caratterizzato dal fatto di** comprendere:

un primo un interruttore (24) di collegamento che collega la sezione (16) di accumulo alla sezione (17) di trazione;

un secondo interruttore (25) di collegamento che collega la sezione (16) di accumulo alla sezione (18) degli ausiliari; ed

una unità (32) di controllo che per realizzare uno scambio di energia tra la sezione (16) di accumulo e la sezione (17) di trazione chiude il primo interruttore (24) di collegamento, apre il secondo interruttore (25) di collegamento, ed apre tutti gli interruttori (35) di bypass; e per trasferire energia elettrica dalla sezione (16) di accumulo alla sezione (18) degli ausiliari apre il primo interruttore (24) di collegamento, chiude il secondo interruttore (25) di collegamento, ed apre un limitato numero di interruttori (35) di bypass in modo tale che la batteria (21) presenti ai suoi capi una tensione compatibile con la tensione nominale della sezione (18) degli ausiliari.

2) Impianto (15) elettrico secondo la rivendicazione 1, in cui per trasferire energia elettrica dalla sezione (16) di accumulo alla sezione (18) degli ausiliari l'unità (32) di controllo apre un numero di interruttori (35) di bypass all'incirca pari alla tensione nominale della sezione (18) degli ausiliari divisa per la tensione nominale di ciascuna cella (33).

3) Impianto (15) elettrico secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la sezione (18) degli ausiliari è direttamente

collegata alla sezione (16) di accumulo senza l'interposizione di un convertitore elettronico di potenza atto a ridurre la tensione elettrica.

4) Impianto (15) elettrico secondo la rivendicazione 1, 2 o 3 e comprendente un voltmetro (38) di sicurezza che misura la tensione elettrica a monte del secondo interruttore (25) di collegamento, fornisce il consenso alla chiusura del secondo interruttore (25) di collegamento solo se la tensione elettrica a monte del secondo interruttore (25) di collegamento è compatibile con la tensione elettrica nominale della sezione (18) degli ausiliari, e determina l'apertura del secondo interruttore (25) di collegamento se la tensione elettrica a monte del secondo interruttore (25) di collegamento supera la massima tensione elettrica sopportabile dalla sezione (18) degli ausiliari.

5) Impianto elettrico secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui la batteria (21) comprende per ciascuna cella (33) almeno un sensore (37) che è accoppiato alla cella (33) per rilevare, in uso, lo stato di carica della cella (33) stessa; per trasferire energia elettrica dalla sezione (16) di accumulo alla sezione (18) degli ausiliari, l'unità (32) di controllo determina le celle (33) aventi la maggiore carica ed apre gli interruttori (35) di bypass delle celle (33) aventi la maggiore carica.

6) Impianto elettrico secondo una delle rivendicazioni da 1 a 5, in cui, quando la sezione (16) di accumulo deve essere collegata contemporaneamente sia alla sezione (17) di trazione, sia alla sezione (18) degli ausiliari, l'unità (32) di controllo alterna ciclicamente primi intervalli (A) di tempo in cui la sezione (16) di accumulo è collegata alla sezione (17) di trazione con secondi intervalli (B) di tempo in cui la sezione (16) di accumulo è collegata alla sezione (18) degli ausiliari.

7) Impianto (15) elettrico secondo la rivendicazione 6, in cui la sezione (17) di trazione è provvista di condensatori per sopperire alla mancanza del collegamento con la sezione (16) di accumulo fornendo o assorbendo energia elettrica durante i secondi intervalli (B) di tempo in cui la sezione (17) di trazione è scollegata dalla sezione (16) di accumulo.

8) Impianto (15) elettrico secondo la rivendicazione 6 o 7, in cui la batteria (20) tampone della sezione (18) degli ausiliari sopperisce alla mancanza del collegamento con la sezione (16) di accumulo fornendo energia elettrica durante i primi intervalli (A) di tempo.

9) Impianto (15) elettrico secondo la rivendicazione 6, 7 o 8, in cui la durata degli intervalli (A, B) di tempo viene determinata di volta in volta tenendo conto da un lato delle esigenze di scambio di energia elettrica delle

sezioni (17, 18) di trazione e degli ausiliari con la sezione (16) di accumulo e dall'altro lato della capacità delle sezioni (17, 18) di trazione e degli ausiliari di operare correttamente in assenza del collegamento con la sezione (16) di accumulo.

10) Metodo di controllo di un impianto (15) elettrico di un veicolo (1) con propulsione elettrica realizzata mediante almeno una macchina (8) elettrica; l'impianto (15) elettrico comprende:

una sezione (16) di accumulo provvista di almeno una batteria (21) composta da una pluralità di celle (33), ciascuna delle quali è collegata in serie con le altre celle (33) ed è provvista di un ramo (34) di bypass che è collegato in parallelo alla cella (33) e presenta un interruttore (35) di bypass;

una sezione (17) di trazione che interagisce con la macchina (8) elettrica ed è provvista di un convertitore (13) elettronico di potenza che scambia energia elettrica con la sezione (16) di accumulo;

una sezione (18) degli ausiliari che alimenta servizi (19) ausiliari del veicolo (1) che richiedono una alimentazione elettrica, comprende una batteria (20) tampone, e viene elettricamente alimentata dalla sezione (16) di accumulo;

un primo un interruttore (24) di collegamento che

collega la sezione (16) di accumulo alla sezione (17) di trazione; ed

un secondo interruttore (25) di collegamento che collega la sezione (16) di accumulo alla sezione (18) degli ausiliari;

il metodo di controllo comprende le fasi di:

per realizzare uno scambio di energia tra la sezione (16) di accumulo e la sezione (17) di trazione chiudere il primo interruttore (24) di collegamento, aprire il secondo interruttore (25) di collegamento, ed aprire tutti gli interruttori (35) di bypass; e

per trasferire energia elettrica dalla sezione (16) di accumulo alla sezione (18) degli ausiliari aprire il primo interruttore (24) di collegamento, chiudere il secondo interruttore (25) di collegamento, ed aprire un limitato numero di interruttori (35) di bypass in modo tale che la batteria (21) presenti ai suoi capi una tensione compatibile con la tensione nominale della sezione (18) degli ausiliari.

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.

**Matteo MACCAGNAN**

**Matteo MACCAGNAN**  
*(Iscrizione Albo N.987/BM)*

## CLAIMS

1) Electrical system (15) of a vehicle (1) with electric propulsion achieved by at least one electrical machine (8); the electrical system (15) comprises:

a storage section (16) provided with at least one battery (21) consisting of a plurality of cells (33), each of which is connected in series with the other cells (33) and is provided with a bypass branch (34) that is connected in parallel to the cell (33) and has a bypass switch (35);

a section (17) of traction that interacts with the electric machine (8) and is equipped with a power electronic converter (13) that exchanges electrical energy with the storage section (16); and

a section (18) of the auxiliaries which powers auxiliary services (19) of the vehicle (1) requiring an electric supply, comprises a buffer battery (20), and is electrically powered by the storage section (16);

the electrical system (15) is **characterized by the fact that** it comprises:

a first connecting switch (24) connecting the storage section (16) to the section (17) of traction;

a second connecting switch (25) connecting the storage section (16) to the section (18) of the auxiliaries; and

a control unit (32) that in order to achieve an exchange of energy between the storage section (16) and the

section (17) of traction closes the first connecting switch (24), opens the second connecting switch (25), and opens all the bypass switches (35); and in order to transfer electrical energy from the storage section (16) to the section (18) of the auxiliaries opens the first connecting switch (24), closes the second connecting switch (25), and opens a limited number of bypass switches (35) so that the battery (21) presents at its ends a voltage compatible with the nominal voltage of the section (18) of the auxiliaries.

2) Electrical system (15) according to claim 1, wherein in order to transfer electrical energy from the storage section (16) to the section (18) of the auxiliaries the control unit (32) opens a number of bypass switches (35) roughly equal to the nominal voltage of the section (18) of the auxiliaries divided by the nominal voltage of each cell (33).

3) Electrical system (15) according to claim 1 or 2, wherein the section (18) of the auxiliaries is directly connected to the storage section (16) without the interposition of a power electronic converter adapted to reduce the electrical voltage.

4) Electrical system (15) according to claim 1, 2 or 3 and comprising a security voltmeter (38) that measures the voltage upstream of the second connecting switch (25), gives the consent to the closure of the second connecting

switch (25) only if the voltage upstream of the second connecting switch (25) is compatible with the nominal electrical voltage of the section (18) of the auxiliaries, and determines the opening of the second connecting switch (25) if the voltage upstream of the second connecting switch (25) exceeds the maximum voltage tolerable by the section (18) of the auxiliaries.

5) Electrical system according to one of the claims from 1 to 4 wherein the battery (21) comprises for each cell (33) at least one sensor (37) which is coupled to the cell (33) to detect, in use, the charge status of the cell (33) itself; in order to transfer electrical energy from the storage section (16) to the section (18) of the auxiliaries the control unit (32) determines the cells (33) with the highest charge and opens the bypass switches (35) of the cells (33) with the highest charge.

6) Electrical system according to one of the claims from 1 to 5, wherein, when the storage section (16) must be simultaneously connected to both the section (17) of traction, and the section (18) of the auxiliaries, the control unit (32) alternates cyclically the first time intervals (A) during which the storage section (16) is connected to the section (17) of traction and the second time intervals (B) during which the storage section (16) is connected to the section (18) of the auxiliaries.

7) Electrical system (15) according to claim 6, wherein the section (17) of traction is provided with capacitors to compensate for the lack of connection with the storage section (16) by providing or absorbing electrical energy during the second time intervals (B) during which the section (17) of traction is disconnected from the storage section (16).

8) Electrical system (15) according to claim 6 or 7, wherein the buffer battery (20) of the section (18) of the auxiliaries compensates for the lack of connection with the storage section (16) by providing electrical energy during the first time intervals (A).

9) Electrical system (15) according to claim 6, 7 or 8, wherein the duration of the time intervals (A, B) is determined from time to time taking into account, on one hand the needs of exchanging electrical energy of the sections (17,18) of traction and of the auxiliaries with the storage section (16) and on the other hand the capacity of the sections (17, 18) of traction and of the auxiliaries to work well in the absence of the connection with the storage section (16).

10) Control method of an electrical system (15) of a vehicle (1) with electric propulsion achieved by at least one electrical machine (8); the electrical system (15) comprises:

a storage section (16) provided with at least one battery (21) consisting of plurality of cells (33), each of which is connected in series with the other cells (33) and is provided with a bypass branch (34) that is connected in parallel to the cell (33) and has a bypass switch (35);

a section (17) of traction that interacts with the electric machine (8) and is equipped with a power electronic converter (13) that exchanges electrical energy with the storage section (16);

a section (18) of the auxiliaries which powers auxiliary services (19) of the vehicle (1) requiring an electric supply, comprises a buffer battery (20), and is electrically powered by the storage section (16);

a first connecting switch (24) connecting the storage section (16) with the section (17) of traction; and

a second connecting switch (25) connecting the storage section (16) with the section (18) of the auxiliaries;

the control method comprises the steps of:

in order to achieve an exchange of energy between the storage section (16) and the section (17) of traction closing the first connecting switch (24), opening the second connecting switch (25), and opening all bypass switches (35); and

in order to transfer electrical energy from the storage section (16) to the section (18) of the

auxiliaries, opening the first connecting switch (24), closing the second connecting switch (25), and opening a limited number of bypass switches (35) so that the battery (21) presents at its ends a voltage compatible with the nominal voltage of the section (18) of the auxiliaries.



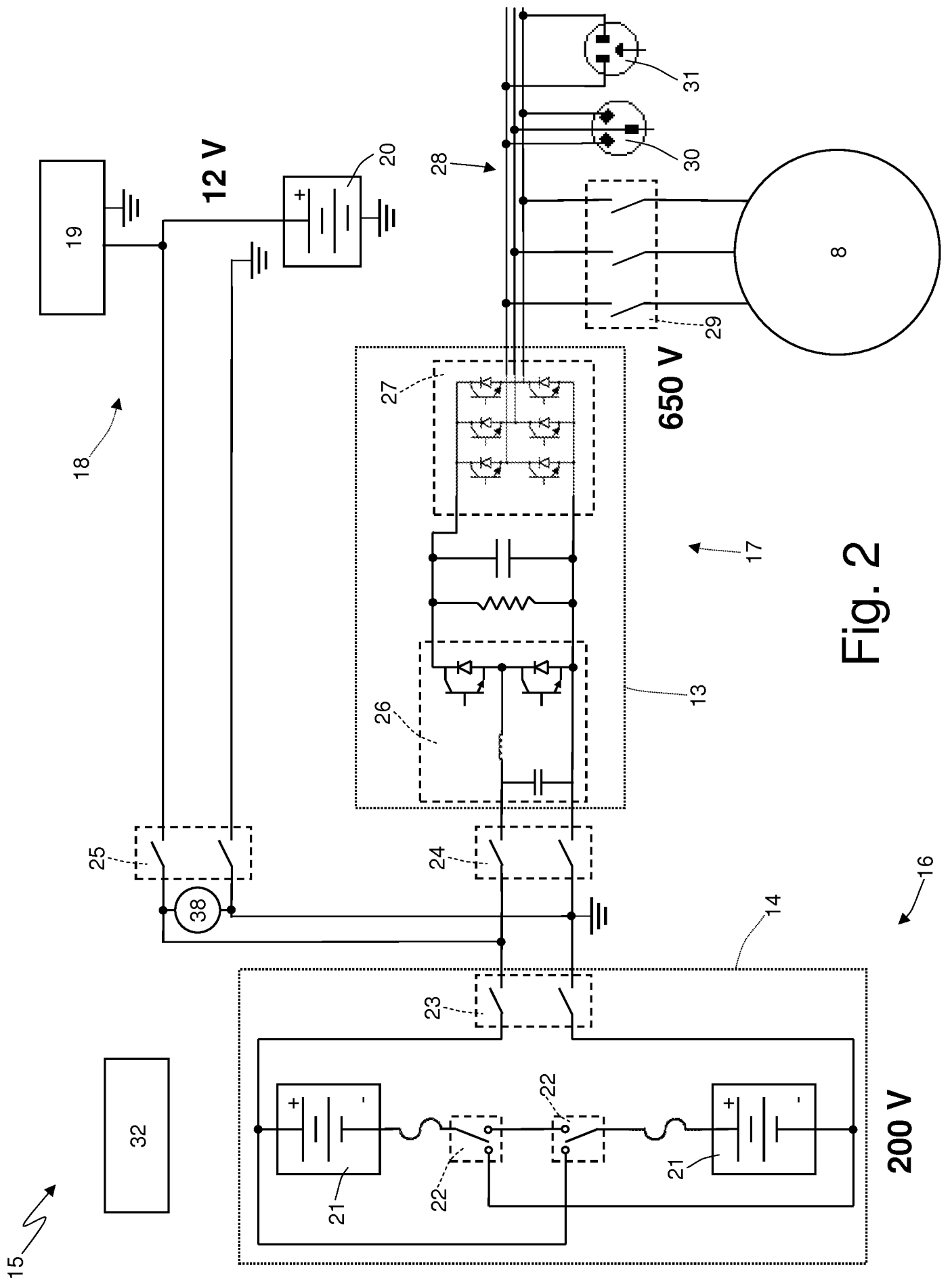


Fig. 2

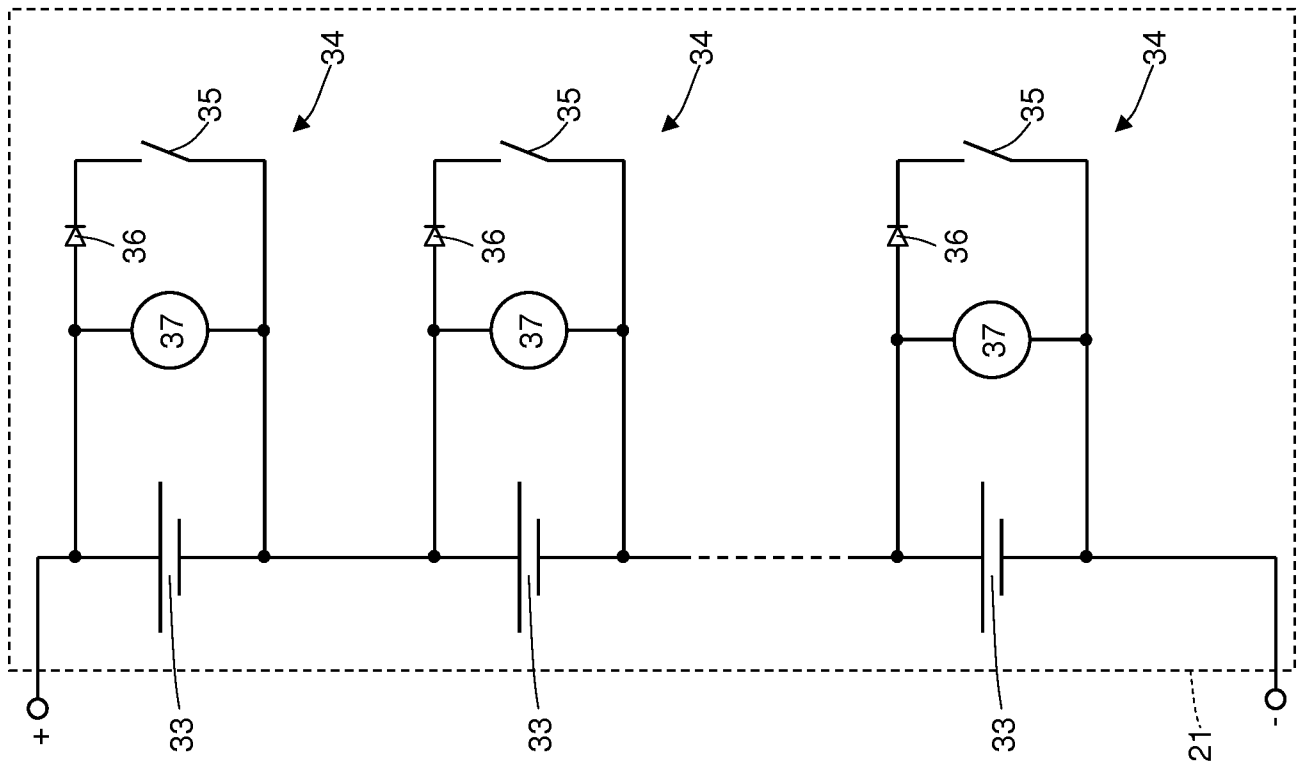


Fig. 3