

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902113692A1

Publication Date

20140624

Applicant

MAGNA CLOSURES S.P.A.

Title

SERRATURA ELETTRONICA DI UN DISPOSITIVO DI CHIUSURA DI UN
VEICOLO A MOTORE, PROVVISORIO DI UNA SORGENTE DI ENERGIA DI
RISERVA PERFEZIONATA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"SERRATURA ELETTRONICA DI UN DISPOSITIVO DI CHIUSURA DI UN VEICOLO A MOTORE, PROVISTA DI UNA SORGENTE DI ENERGIA DI RISERVA PERFEZIONATA"

di MAGNA CLOSURES S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA FRANCIA, 101 FRAZIONE GUASTICCE
COLLESALVETTI (LI)

Inventore: DENTE Davide

La presente invenzione è relativa ad una serratura elettronica (comunemente nota come e-latch) di un dispositivo di chiusura di un veicolo a motore, provvista di una sorgente di energia di riserva perfezionata.

Nella descrizione che segue e nei disegni allegati, l'espressione "dispositivo di chiusura" verrà impiegata per indicare in generale qualsiasi elemento mobile tra una posizione aperta e una posizione chiusa, rispettivamente per aprire e chiudere un accesso ad un vano interno di un veicolo a motore, includendo pertanto il portabagagli, i portelloni, lo sportello del cofano o altri vani chiusi, moduli alzacristalli (window regulators), tettucci apribili, oltre alle portiere laterali di un veicolo a motore, a cui la descrizione che segue farà riferimento in

modo esplicito, solamente in modo esemplificativo.

È noto che serrature elettriche sono previste nei veicoli a motore, ad esempio per controllare l'apertura e la chiusura delle portiere laterali.

Una serratura elettrica per portiera generalmente include una forcella selettivamente girevole rispetto ad uno scontrino fissato ad un montante della portiera, per bloccare e sbloccare la portiera. La serratura elettrica per portiera include un incaglio che impegna selettivamente la forcella per impedire la rotazione della forcella. La serratura elettrica per portiera include un motore elettrico, elettricamente collegato ad una sorgente di alimentazione elettrica principale del veicolo (ad esempio alla batteria da 12 V dello stesso veicolo), per azionare direttamente o indirettamente l'incaglio, attraverso un attuatore azionato elettricamente.

Come è noto, un problema comune associato alle serrature elettriche è quello di controllare, così come richiesto anche dalle regolamentazioni sulla sicurezza, l'apertura e la chiusura delle portiere anche nel caso di malfunzionamento della sorgente di alimentazione elettrica principale del veicolo, o in caso di interruzioni o rottura della connessione elettrica tra la sorgente di alimentazione elettrica principale e il motore elettrico nella serratura; questo tipo di situazione può verificarsi

ad esempio nel caso di incidente o collisione che coinvolga il veicolo.

Una possibile soluzione a questo problema prevede l'uso di un meccanismo di rilascio meccanico nella serratura, che serve da alternativa manuale per la serratura attivata elettricamente della portiera laterale.

Tuttavia, la presenza di un meccanismo meccanico ridondante comporta un ingombro superficiale maggiore e un peso superiore, nonché costi aggiuntivi, e rappresenta anche un ulteriore vincolo per la progettazione della portiera.

Pertanto, l'uso di una sorgente di alimentazione di riserva nella serratura elettrica è stato proposto per fornire energia elettrica al motore elettrico della serratura nel caso di malfunzionamento o interruzione della sorgente di alimentazione elettrica principale del veicolo.

Questa sorgente di alimentazione di riserva è normalmente mantenuta in uno stato carico durante il normale funzionamento, dalla sorgente di alimentazione elettrica principale, in modo tale da essere prontamente disponibile non appena sia necessario, ad esempio nel caso di una collisione o di un incidente.

Tuttavia, l'integrazione di una sorgente di alimentazione di riserva, e della relativa circuiteria elettronica, nell'assemblaggio della serratura elettrica,

si è rivelato un compito difficoltoso, a causa dei requisiti di dimensioni, e si è rivelato difficile anche soddisfare le prestazioni elettriche desiderate, ad esempio in termini di densità di energia o uscita di corrente, in particolare nelle condizioni operative degli autoveicoli.

È pertanto sentita l'esigenza nel settore per una sorgente di alimentazione di riserva ottimizzata e affidabile per una serratura elettrica in un veicolo a motore.

È pertanto uno scopo di alcuni aspetti della presente invenzione dotare una serratura elettronica di una sorgente di alimentazione di riserva, progettata per soddisfare la summenzionata esigenza.

Questo scopo può essere ottenuto mediante una serratura elettronica così come definita nelle rivendicazioni allegate.

Una forma di realizzazione preferita non limitativa di alcuni aspetti della presente invenzione verrà descritta in modo esemplificativo facendo riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 è una rappresentazione schematica di un veicolo a motore con un dispositivo di chiusura ed un associato gruppo di serratura elettronica;

- la figura 2 è un diagramma a blocchi generale di un circuito di controllo elettronico del gruppo di serratura

elettronica di figura 1;

- la figura 3 è un diagramma circuitale del circuito di controllo elettronico di figura 2;

- la figura 4 è un grafico di un segnale elettrico nel circuito di controllo elettronico di figura 2; e

- le figure 5a-5c mostrano grafici di una grandezza capacitiva nel circuito di controllo elettronico di figura 2, in diverse condizioni operative.

Il numero 1 in figura 1 indica nel complesso un gruppo di serratura elettronica ("e-latch assembly"), accoppiato ad una portiera laterale 2 di un veicolo a motore 3 (tuttavia si sottolinea nuovamente che il gruppo di serratura elettronica 1 può anche essere accoppiato a qualsiasi tipo di dispositivo di chiusura del veicolo a motore 3).

Il gruppo di serratura elettronica 1 è collegato elettricamente ad una sorgente di alimentazione principale 4 del veicolo a motore 3, ad esempio una batteria principale che fornisce una tensione di batteria V_{batt} di 12 V, attraverso un elemento di connessione elettrica 5, ad esempio un cavo elettrico (la sorgente di alimentazione principale 4 può ugualmente includere una sorgente diversa di energia elettrica all'interno del veicolo a motore 3, ad esempio un alternatore).

Il gruppo di serratura elettronica 1 include un gruppo

di attuazione 6', che include un motore elettrico, azionabile per controllare l'attuazione della portiera 2 (o in generale del dispositivo di chiusura del veicolo).

In una possibile forma di realizzazione, il gruppo di attuazione 6' include una forcella 6, che è selettivamente girevole per impegnare uno scontrino 7 (fissato al corpo del veicolo a motore 3, ad esempio al cosiddetto "montante A" o "montante B" in modo non mostrato in dettaglio). Quando la forcella 6 è ruotata in una posizione di bloccaggio rispetto allo scontrino 7, la portiera laterale 2 si trova in uno stato operativo chiuso. Un incaglio 8 impegna selettivamente la forcella 7 per impedirne la rotazione, azionato da un motore elettrico 9 in modo tale da spostarsi tra una posizione impegnata e una posizione non impegnata.

Il gruppo di serratura elettronica 1 include inoltre un circuito di controllo elettronico 10, che include ad esempio un microcontrollore o altra unità di calcolo nota, che può essere opportunamente integrato e disposto in uno stesso alloggiamento o involucro 11 (illustrato in modo schematico) con il gruppo di attuazione 6' del gruppo di serratura elettronica 1, creando in tal modo un'unità compatta e facile da assemblare.

Il circuito di controllo elettronico 10, come verrà illustrato in maggiore dettaglio nella parte che segue, è

accoppiato al motore elettrico 9 e fornisce ad esso segnali di azionamento S_d .

Il circuito di controllo elettronico 10 è elettricamente accoppiato a un'unità di gestione principale del veicolo (anche nota come ECU principale o "computer del corpo veicolo") 12, che è configurata per controllare il funzionamento generale del veicolo a motore 3, attraverso un bus dati 14, in modo tale da scambiare segnali, dati, comandi e/o informazioni.

Inoltre, come illustrato anche in figura 2, il circuito di controllo elettronico 10 è accoppiato a numerosi diversi sensori 15 (illustrati in modo schematico) del veicolo a motore 3, ad esempio: sensori di lettura delle maniglie 15a (che leggono l'attuazione delle maniglie esterne e/o interne 16), sensori d'urto 15b, sensori di commutazione di blocco 15c, e simili; opportunamente, il circuito di controllo elettronico 10 riceve anche informazioni di retroazione relative all'attuazione della serratura da sensori di posizione 15d, ad esempio sensori Hall, configurati per rilevare la posizione operativa ad esempio della forcella 6 e/o dell'incaglio 8.

Il circuito di controllo elettronico 10 è anche accoppiato alla sorgente di alimentazione principale 4 del veicolo a motore 3, in modo tale da ricevere la tensione di batteria V_{batt} . Il circuito di controllo elettronico 10 è

quindi in grado di verificare se il valore della tensione di batteria V_{batt} diminuisce al di sotto di un valore di soglia predeterminato, determinando immediatamente se si verifica una condizione di emergenza (quando può essere necessaria una sorgente di energia di riserva).

Come illustrato nel diagramma a blocchi schematico di figura 2, il circuito di controllo elettronico 10 include una sorgente di energia di riserva 20, integrata e incorporata, che è configurata per fornire energia elettrica al gruppo di attuazione 6' e al motore elettrico 9 della serratura, e allo stesso circuito di controllo elettronico 10 in caso di malfunzionamento o interruzione dell'alimentazione elettrica principale dalla sorgente di alimentazione principale 4 del veicolo a motore 3.

In maggiore dettaglio, il circuito di controllo elettronico 10 include un'unità di controllo 21, ad esempio provvista di un microcontrollore, microprocessore o analogo modulo di calcolo 21a, accoppiata alla sorgente di energia di riserva 20 e al gruppo di attuazione 6' del gruppo di serratura elettronica 1, per controllarne il funzionamento.

L'unità di controllo 21 ha una memoria integrata 21b, ad esempio una memoria ad accesso casuale non volatile, accoppiata al modulo di calcolo 21a, che memorizza opportuni programmi e istruzioni per calcolatore (ad esempio sotto forma di un firmware). È noto che l'unità di

controllo 21 può comprendere in alternativa un circuito logico a componenti discreti per realizzare le funzioni del modulo di calcolo 21a e della memoria 21b.

Secondo un aspetto della presente soluzione, la sorgente di energia di riserva 20 include un gruppo di supercondensatori (o supercapacitori, "supercap") di bassa tensione 22 (di seguito definito gruppo di supercondensatori 22), anche noti come condensatori elettrolitici a doppio strato, come unità di alimentazione di energia (o serbatoio di energia) per fornire una riserva di energia al gruppo di serratura elettronica 1, anche nel caso di malfunzionamento elettrico.

I supercondensatori vantaggiosamente forniscono elevata densità di energia, elevata disponibilità di corrente di uscita e non hanno effetti di memoria; inoltre, i supercondensatori hanno dimensioni ridotte e sono facili da integrare, hanno intervalli di temperatura ampi, una durata elevata e possono resistere a un numero molto alto di cicli di carica. I supercondensatori non sono tossici e non comportano rischi di esplosione o di incendio, essendo quindi adatti a condizioni pericolose, ad esempio in applicazioni automobilistiche.

In una possibile forma di realizzazione, così come illustrata in figura 3, il gruppo di supercondensatori 22 può includere due celle di supercondensatore 23a, 23b,

collegate in serie tra un primo nodo 22a e un secondo nodo 22b (ad esempio collegato ad un potenziale di massa di riferimento) e definenti un nodo intermedio 22c, ciascuna fornendo, nello stato carico, un livello di tensione ad esempio di 2,5 V-2,7 V per fornire congiuntamente sul primo nodo 22a una tensione di supercondensatore V_{sc} , ad esempio nell'ordine di 3 V-5 V, che può essere usata come alimentazione elettrica di riserva, in situazioni di emergenza, quando non è disponibile l'energia della sorgente di alimentazione principale 4 del veicolo a motore 3.

Come verrà discusso di seguito in maggior dettaglio, la sorgente di energia di riserva 20 include inoltre un modulo di carica 24; un modulo di equalizzazione 25 e un modulo di survoltaggio ("boost") 26.

Il modulo di carica 24 è elettricamente accoppiato al gruppo di supercondensatori 22 ed è configurato per ricaricare in modo continuativo, partendo dalla tensione della batteria V_{batt} , quando è disponibile l'alimentazione dalla sorgente di alimentazione principale 4, il gruppo di supercondensatori 22, in modo tale che lo stesso gruppo di supercondensatori 22 possa offrire un serbatoio di energia completo per situazioni di emergenza e in modo tale che vengano compensate eventuali dispersioni di corrente.

Il modulo di equalizzazione 25 è elettricamente

accoppiato al gruppo di supercondensatori 22, ed è configurato per garantire che entrambe le celle di supercondensatore 23a, 23b abbiano un valore di tensione di cella desiderato, in particolare uno stesso valore di tensione di cella durante il funzionamento (per ottenere una condizione operativa bilanciata). Il modulo di equalizzazione 25 evita anche che le celle di supercondensatore 23a, 23b abbiano una tensione di cella superiore ad un livello di tensione di cella massimo desiderato, proteggendo i supercondensatori da sovraccarico.

Il modulo di survoltaggio 26 riceve al suo ingresso la tensione di supercondensatore V_{sc} generata dal gruppo di supercondensatori 22, ed è configurato per survoltare, ovvero per aumentare, il suo valore fino alle tensioni standard per autoveicoli (ad esempio 9 V-16 V) e per fornire una capacità di corrente di uscita sufficiente per azionare i motori elettrici standard per autoveicoli, ad esempio il motore elettrico 9 del gruppo di serratura elettronica 1. Infatti, la tensione di supercondensatore V_{sc} può essere troppo bassa per fornire una sorgente di alimentazione di riserva efficace ad azionare direttamente il motore elettrico 9 in situazioni di emergenza, ad esempio nel caso di una alimentazione elettrica insufficiente o assente dalla sorgente di alimentazione

principale 4 del veicolo a motore 3.

Il modulo di survoltaggio 26 fornisce così in corrispondenza della sua uscita (che è anche l'uscita della sorgente di energia di riserva 20) una tensione survoltata V_{boost} , in funzione della tensione di supercondensatore V_{sc} . La tensione survoltata V_{boost} è quindi ricevuta da un modulo di uscita del circuito di controllo elettronico 10, ad esempio includente un modulo integrato a ponte H 27, la cui uscita aziona il motore elettrico 9 dell'assemblaggio 1 del gruppo di serratura elettronica 1.

La sorgente di energia di riserva 20 include inoltre un modulo diagnostico 28, che è operativamente accoppiato al gruppo di supercondensatori 22 ed è configurato per monitorare lo stato di salute dei supercondensatori durante il processo di carica, misurando il loro valore di tensione, il loro valore di capacità, e la resistenza equivalente interna (DCR - Direct Current Resistance, resistenza in corrente continua), nuovamente come verrà discusso di seguito.

Un sensore di temperatura 29 è configurato per monitorare la temperatura operativa del gruppo di supercondensatori 22, ed è accoppiato al modulo diagnostico 28 per fornire le informazioni sulla temperatura rilevate.

Il modulo diagnostico 28 è operativamente accoppiato all'unità di controllo 21, per fornire ad essa informazioni

diagnostiche, ad esempio includenti il valore della tensione di supercondensatore V_{sc} .

In maggiore dettaglio, così come illustrato nello schema circuitale schematico di figura 3, il modulo di carica 24 della sorgente di energia di riserva 20 ha un primo ingresso 24a, che è atto a ricevere una tensione di pilotaggio V_{dr} , il cui valore corrisponde alla maggiore tra la tensione survoltata V_{boost} e la tensione di batteria V_{batt} ; in particolare, la tensione di pilotaggio V_{dr} è pari alla tensione di batteria V_{batt} durante il normale funzionamento del gruppo di serratura elettronica 1, per caricare il gruppo di supercondensatori 22, ed è pari alla tensione survoltata V_{boost} dal modulo di survoltaggio 26 in casi di emergenza o malfunzionamento.

Il modulo di carica 24 ha inoltre un secondo ingresso 24b, che è atto a ricevere un segnale di abilitazione di carica En_{ch} dall'unità di controllo 21 del circuito di controllo elettronico 10, ossia un segnale digitale il cui valore è indicativo della necessità, determinata dalla stessa unità di controllo 21, di abilitare o interrompere la carica del gruppo di supercondensatori 22.

Il modulo di carica 24 include un interruttore di potenza 24c e un resistore di potenza 24d.

L'interruttore di potenza 24c, ad esempio un commutatore a stato solido come un interruttore MOSFET, è

collegato tra il primo ingresso 24a e il resistore di potenza 24d, e ha un terminale di controllo accoppiato al secondo ingresso 24b, ricevendo pertanto il segnale di abilitazione di carica En_ch.

Il resistore di potenza 24d è accoppiato tra l'interruttore di potenza 24c e il primo nodo 22a del gruppo di supercondensatori 22.

Quando abilitata dal segnale di abilitazione di carica En_ch attraverso l'interruttore di potenza 24c, la carica del gruppo di supercondensatori 22 alla tensione di batteria V_{batt} avviene attraverso il resistore di potenza 24d.

In particolare, l'unità di controllo 21 del circuito di controllo elettronico 10 può generare un segnale di abilitazione di carica En_ch in PWM (con modulazione di ampiezza di impulso), durante la carica del gruppo di supercondensatori 22, collegando e scollegando pertanto in rapida successione il gruppo di supercondensatori 22 alla tensione di batteria V_{batt} .

Come indicato in precedenza, la carica del gruppo di supercondensatori 22 può essere un processo continuativo, finché l'unità di controllo 21 del circuito di controllo elettronico 10 rilevi un valore della tensione di batteria V_{batt} superiore ad una soglia preimpostata, indicativa di un possibile malfunzionamento della sorgente di alimentazione

principale 4.

Il modulo di equalizzazione 25, in una possibile forma di realizzazione passiva, include un primo e un secondo resistore di equalizzazione 25a, 25b aventi lo stesso valore di resistenza. Il primo resistore di equalizzazione 25a è collegato tra il nodo intermedio 22c e il primo nodo 22a del gruppo di supercondensatori 22, attraverso l'interposizione di un primo interruttore di equalizzazione 25c, essendo quindi selettivamente collegabile in parallelo alla prima cella di supercondensatore 23a; il secondo resistore di equalizzazione 25b è collegato tra il nodo intermedio 22c e il secondo nodo 22b del gruppo di supercondensatori 22, attraverso l'interposizione di un secondo interruttore di equalizzazione 25d, essendo quindi selettivamente collegabile in parallelo alla seconda cella di supercondensatore 23b.

Il primo e il secondo interruttore di equalizzazione 25c, 25d sono commutatori a stato solido, ad esempio includenti un rispettivo transistor MOSFET, entrambi controllati da un segnale di abilitazione di equalizzazione EN_{eq} ricevuto dall'unità di controllo 21 del circuito di controllo elettronico 10 in corrispondenza di un ingresso di controllo 25e del modulo di equalizzazione 25.

In particolare, il segnale di abilitazione di equalizzazione EN_{eq} controlla il primo e il secondo

interruttore di equalizzazione 25c, 25d per abilitare o disabilitare il processo di equalizzazione, per risparmiare l'energia conservata nel gruppo di supercondensatori 22, quando lo stesso gruppo di supercondensatori 22 non è utilizzato come sorgente di alimentazione di riserva.

Il modulo di survoltaggio 26 è implementato, in una possibile forma di realizzazione, da un convertitore boost PWM (o convertitore elevatore di tensione cc-cc) e include un interruttore di abilitazione 26a, ad esempio un commutatore a stato solido MOSFET, collegato tra il primo nodo 22a del gruppo di supercondensatori 22, ricevendo così la tensione di supercondensatore V_{sc} , e un primo nodo intermedio 26b.

Un condensatore di accumulo 26b' è accoppiato al primo nodo intermedio 26b, ed è caricato alla tensione di supercondensatore V_{sc} quando l'interruttore di abilitazione 26a è chiuso, definendo sullo stesso nodo intermedio 26b un segnale di auto-attivazione S_ON avente un valore di tensione elevato.

L'interruttore di abilitazione 26a ha un terminale di controllo che riceve un segnale di disabilitazione di survoltaggio boost_OFF dall'unità di controllo 21 del circuito di controllo elettronico 10; durante il normale funzionamento, quando la sorgente di alimentazione principale 4 è disponibile, il segnale di disabilitazione

di survoltaggio boost_OFF disabilita, e mantiene nello stato spento (OFF), il convertitore boost PWM, poiché la tensione di batteria V_{batt} rilevata non è critica.

Il terminale di controllo dell'interruttore di abilitazione 26a riceve anche un segnale di abilitazione di survoltaggio boost_ON, il cui valore è determinato da eventi esterni (ossia non è generato dall'unità di controllo 21, internamente al circuito di controllo elettronico 10), ed il segnale di attivazione S_ON.

Il modulo di survoltaggio 26, dopo essere stato attivato, si mantiene automaticamente in uno stato acceso (ON), in particolare in virtù del valore alto del segnale di attivazione S_ON, finché non viene spento dall'unità di controllo 21 del circuito di controllo elettronico 10, quando l'energia di riserva non è più necessaria o quando deve essere accumulata energia nel gruppo di supercondensatori 22.

Secondo una possibile forma di realizzazione, il segnale di abilitazione di survoltaggio boost_ON viene commutato allo stato ON, abilitando in tal modo il convertitore boost PWM, non appena i sensori di lettura delle maniglie 15a rilevano l'attivazione da parte dell'utilizzatore delle maniglie interne o esterne 16 di una portiera laterale 2 del veicolo a motore 3; pertanto, in caso di emergenza, quando si verifica un

malfunzionamento nella sorgente di alimentazione principale 4, la sorgente di energia di riserva 20 è subito disponibile per alimentare il gruppo di serratura elettronica 1.

In particolare, il modulo di survoltaggio 26 include: un elemento induttore di survoltaggio 26c collegato tra il primo nodo intermedio 26b e un secondo nodo intermedio 26d; un interruttore di survoltaggio 26e, ad esempio un commutatore a stato solido come un interruttore MOSFET, collegato tra il secondo nodo intermedio 26d e il potenziale di riferimento di massa e avente un terminale di controllo; e un elemento a diodo di survoltaggio 26f, collegato tra il secondo nodo intermedio 26d e un nodo di uscita 26g (rappresentante anche un terminale di uscita OUT per la sorgente di energia di riserva 20 nel suo complesso), su cui è selettivamente prevista la tensione survoltata V_{boost} .

Secondo un aspetto della presente soluzione il modulo di survoltaggio 26 include inoltre un controllore interno 26h, in particolare un controllore PWM, che è configurato per fornire un segnale di controllo PWM al terminale di controllo dell'interruttore di survoltaggio 26e, in modo tale da controllare la sua operazione di survoltaggio (in una modalità nota qui non discussa in dettaglio).

Il controllore interno 26h è accoppiato al primo nodo

intermedio 26b, per ricevere la tensione di supercondensatore V_{sc} , ed è in grado di gestire autonomamente l'attivazione e la disattivazione del survoltaggio, permettendo di abilitare la sorgente di energia di riserva 20 anche senza nessun'altra azione da parte dell'unità di controllo 21 del circuito di controllo elettronico 10.

Un interruttore di retroazione 26i è collegato tra il nodo di uscita 26g e il controllore interno 26h per fornire una retroazione sul valore della tensione survoltata V_{boost} .

Il terminale di controllo dell'interruttore di retroazione 26i è anche accoppiato al primo nodo intermedio 26b, per ricevere il segnale di attivazione S_{ON} , quando l'interruttore di abilitazione 26a è chiuso.

Quando commutato nello stato chiuso da parte della tensione di supercondensatore V_{sc} , viene definito un percorso di retroazione che consente la regolazione di tensione ad anello chiuso da parte del controllore interno 26h (un divisore di tensione, non illustrato, implementato attraverso resistori di partizione, può essere presente per fornire la retroazione di tensione a partire dalla tensione survoltata V_{boost}).

L'interruttore di retroazione 26i ritorna nello stato aperto, non appena il modulo di survoltaggio 26 è disattivato, per ridurre il consumo di potenza sul percorso

di retroazione, che è di fatto interrotto.

Il modulo di survoltaggio 26 include inoltre un diodo di selezione 26j, avente il proprio terminale di catodo collegato al nodo di uscita 26g e il proprio terminale di anodo ricevente la tensione di batteria V_{batt} .

Di conseguenza sul terminale di uscita OUT della sorgente di energia di riserva 20 è fornita la maggiore tra la tensione di batteria V_{batt} e la tensione survoltata V_{boost} , come tensione di pilotaggio V_{dr} , che piloterà quindi il motore elettrico 9 del gruppo di serratura elettronica 1 (e caricherà anche il gruppo di supercondensatori 22).

Viene ora discusso in maggiore dettaglio il funzionamento del modulo diagnostico 28 della sorgente di energia di riserva 20.

In una possibile forma di realizzazione, il modulo diagnostico 28 può essere implementato nell'unità di controllo 21 del circuito di controllo elettronico 10, come una routine diagnostica eseguita dal microprocessore o microcontrollore del modulo di calcolo 21a; l'unità di controllo 21 può monitorare per questo motivo il valore della tensione di supercondensatore V_{sc} e/o il valore di tensione nel nodo intermedio 22c tra le celle di supercondensatore 23a, 23b.

In una possibile forma di realizzazione, anche il sensore di temperatura 29 può essere integrato all'interno

dell'unità di controllo 21.

Possibili modalità di malfunzionamento, che vengono monitorate dal modulo diagnostico 28 e possono colpire una qualsiasi o entrambe le celle di supercondensatore 23a, 23b, sono:

- malfunzionamento di circuito aperto;
- malfunzionamento di cortocircuito;
- aumento della corrente di dispersione;
- aumento della resistenza serie equivalente;
- riduzione del valore di capacità.

Queste modalità di malfunzionamento possono essere rilevate in tempo reale durante il funzionamento del gruppo di serratura elettronica 1, usando una particolare logica e particolari algoritmi previsti dalla routine diagnostica.

In particolare, un malfunzionamento di "circuito aperto" per una qualsiasi delle due celle di supercondensatore 23a, 23b genera un corrispondente malfunzionamento nell'intera serie, che può essere rilevato ogni qualvolta sia presente una tensione sostanzialmente nulla sulla serie di supercondensatori, anche se carichi.

Un malfunzionamento di "cortocircuito" di una cella di supercondensatore 23a, 23b della serie genera il raddoppio della capacità della serie, e una corrispondente riduzione del valore della tensione di supercondensatore V_{sc} ; il valore della tensione completamene carica può non essere

raggiunto e/o può non essere mantenuto nel tempo.

Un aumento della "corrente di dispersione" può essere rilevato quando lo stato carico delle celle di supercondensatore 23a, 23b (il cui valore può essere impostato, come una soglia predefinita) non viene ottenuto, nemmeno dopo un lungo tempo di carica, o quando il valore della tensione di supercondensatore V_{sc} sulla serie subisce una variazione imprevista (ad esempio una variazione non compatibile con il processo di carica che viene applicato al gruppo di supercondensatori 22).

L'aumento della "resistenza serie equivalente" di una qualsiasi delle celle di supercondensatore 23a, 23b determina un aumento della resistenza dell'intera serie, mentre la riduzione della "capacità" di una qualsiasi delle celle di supercondensatori 23a, 23b determina un aumento della capacità dell'intera serie.

I malfunzionamenti di circuito aperto e cortocircuito determinano un completo malfunzionamento della sorgente di energia di riserva 20, poiché la funzione di accumulo di energia delle celle di supercondensatore 23a, 23b è invalidata; in altri termini, il gruppo di serratura elettronica 1 può operare in modo appropriato solo quando alimentato dalla sorgente di alimentazione principale 4 del veicolo a motore 3.

Al contrario, gli altri malfunzionamenti sopra

elencati sono progressivi; in particolare, quando i valori misurati (ad esempio la capacità o i valori di resistenza) raggiungono una prima soglia di allarme, che può essere opportunamente predeterminata, il modulo diagnostico 28 è in grado di generare un pre-allarme indicativo dell'imminente malfunzionamento all'utilizzatore/conducente o al personale in servizio, anche quando le celle di supercondensatore 23a, 23b sono ancora in uno stato funzionante.

Quando il malfunzionamento raggiunge poi un valore limite (e i valori misurati raggiungono una seconda soglia di allarme predeterminata), il modulo diagnostico 28 può segnalare il malfunzionamento completo della sorgente di energia di riserva 20 e che il gruppo di serratura elettronica 1 può funzionare solo se collegato alla sorgente di alimentazione principale 4 del veicolo a motore 3.

Secondo un aspetto della presente soluzione la capacità delle celle di supercondensatore 23a, 23b è stimata durante il loro ciclo di vita dal modulo diagnostico 28, misurando il tempo necessario affinché i supercondensatori si carichino da una tensione parzialmente carica ad una tensione completamente carica, quando la carica è implementata attraverso un resistore in serie (il resistore di potenza 24d del modulo di carica 24)

direttamente dalla tensione di alimentazione elettrica (la tensione di batteria V_{batt} della sorgente di alimentazione principale 4).

In particolare, partendo da uno stato completamente scarico, il tempo T_1 necessario per raggiungere una tensione parzialmente carica V_1 è:

$$V_1 = V_{batt} (1 - e^{\frac{-T_1}{R \cdot C}})$$

mentre il tempo T_2 necessario per raggiungere una tensione completamente carica V_2 è:

$$V_2 = V_{batt} (1 - e^{\frac{-T_2}{R \cdot C}})$$

in cui C è la capacità dei supercondensatori (dell'intera serie, se si considera la tensione di supercondensatore V_{sc} , o di una prima delle celle di supercondensatore 23a, 23b, se si considera la tensione sul nodo intermedio 22c), e R è la resistenza del resistore di potenza 24d.

Ne consegue che:

$$T_1 = -R \cdot C \cdot \ln(1 - \frac{V_1}{V_{batt}})$$

e:

$$T_2 = -R \cdot C \cdot \ln(1 - \frac{V_2}{V_{batt}})$$

Il tempo di carica ΔT necessario per la carica dalla tensione parzialmente carica V_1 alla tensione completamente

carica V_2 è:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = R \cdot C \cdot \left(\ln(1 - \frac{V_1}{V_{batt}}) - \ln(1 - \frac{V_2}{V_{batt}}) \right)$$

$$\Delta T = R \cdot C \cdot \ln(\frac{V_{batt} - V_2}{V_{batt} - V_1})$$

o:

$$\Delta T = C \cdot (R \cdot (\ln(V_{batt} - V_2) - \ln(V_{batt} - V_1)))$$

e il valore della capacità C può essere espresso come:

$$C = \Delta T / (R \cdot (\ln(V_{batt} - V_2) - \ln(V_{batt} - V_1)))$$

o:

$$C = \frac{\Delta T}{K(V_{batt})}$$

in cui:

$$K(V_{batt}) = (R \cdot (\ln(V_{batt} - V_2) - \ln(V_{batt} - V_1)))$$

In particolare, poiché R, V₁ e V₂ hanno valori prestabiliti e noti, è possibile evitare calcoli logaritmici complessi durante il tempo di esecuzione (runtime), se i valori di K alle possibili diverse tensioni di batteria sono pre-calcolati e memorizzati in una tabella (che può essere inclusa nella memoria integrata 21b dell'unità di controllo 21).

Per quanto concerne la precisione della stima della capacità da parte del modulo diagnostico 28 è possibile fare le seguenti considerazioni, facendo riferimento ad un caso esemplificativo e a valori esemplificativi.

La resistenza R può avere una precisione assoluta del 5%; in questo caso la resistenza dell'interruttore di potenza 24c, ad esempio pari a 100 mΩ (che dovrebbe essere sommata alla resistenza R) è nettamente inferiore rispetto al valore del 5%.

Il tempo ΔT può avere una precisione assoluta del 2%,

a causa della tolleranza dell'oscillatore interno sull'intero intervallo di temperatura (l'oscillatore essendo controllato e verificato dall'unità di controllo 21, in una modalità nota, qui non discussa in dettaglio). Se la carica del gruppo di supercondensatori 22 è controllata in PWM attraverso l'interruttore di potenza 24c, il tempo di carica ΔT è corretto moltiplicandolo per il duty cycle del PWM.

I valori di tensione appaiono come rapporti e non sono valori assoluti, per cui la precisione assoluta delle misure di tensione non influenza la precisione della stima della capacità.

La tensione di batteria V_{batt} deve essere ridotta dalla caduta di tensione sul diodo di selezione 26j; questa tensione è bassa, in termini di valore assoluto, e varia in un intervallo di ± 100 mV per una data corrente. Una precisione assoluta del 3% può essere associata alla misura della tensione di batteria V_{batt} , prendendo in considerazione anche gli errori di discretizzazione (dovuti alla conversione analogico/digitale nell'unità di controllo 21 del circuito di controllo elettronico 10).

La precisione finale nella misura del valore di capacità è pertanto di circa il 10%, sommando il 5% per la misura della resistenza, il 2% per la misura del tempo e il 3% per la misura della tensione e l'errore di

discretizzazione.

Il valore della tensione di batteria V_{batt} , sebbene ritenuto costante, durante il normale funzionamento è soggetto a variazioni, durante la carica del gruppo di supercondensatori 22.

Per considerare anche questo aspetto, il modulo diagnostico 28 è configurato per misurare la variazione della tensione di batteria V_{batt} e per arrestare o cancellare la misura della capacità C , se una varianza della tensione di batteria V_{batt} durante un dato periodo di tempo è superiore ad un valore di soglia determinato.

Per valori di varianza bassi della tensione di batteria V_{batt} , è possibile ancora eseguire un calcolo usando il minore tra i valori di V_{batt} (tra quelli rilevati nel periodo di tempo considerato) in modo tale da ottenere una stima di capacità inferiore.

Secondo un altro aspetto della presente soluzione, la resistenza serie equivalente (ESR) del gruppo di supercondensatori 22 è stimata, durante il funzionamento, dal modulo diagnostico 28, in particolare per controllare se è inferiore ad un valore massimo richiesto.

Quando si applica una corrente di carica la tensione nel gruppo di supercondensatori 22 è aumentata dal prodotto della corrente di carica per la resistenza serie equivalente. In particolare, quando la corrente di carica è

azzerata, il valore della tensione di supercondensatore V_{sc} diminuisce immediatamente con una caduta di tensione sul resistore serie equivalente.

Usando un convertitore analogico/digitale con una risoluzione di n bit, per esempio 10 bit e una tensione di fondo scala (FS) per esempio di 5 V, la risoluzione dV per la misura della tensione di supercondensatore V_{sc} è:

$$dV = \frac{FS}{2^n} = \frac{5}{2^{10}} V = 5mV$$

Il summenzionato convertitore AD può essere implementato all'interno dell'unità di controllo 21, in particolare dal modulo di calcolo 21a.

Il valore nominale di ESR può essere pari o inferiore a 100 mΩ per cui, per ottenere una risoluzione di resistenza dR ad esempio di 10 mΩ (un decimo del valore medio), la corrente di carica minima I_{ch} è:

$$I_{ch} = \frac{dV}{dR} = \frac{5}{10} = 500mA$$

La resistenza R del resistore di potenza 24d è calcolata come segue:

$$R = \frac{V_{batt} - V_{sc}}{I_{ch}} = \frac{12V - 5V}{500mA} = 14\Omega$$

considerando un valore minimo per il rilevamento di ESR per la tensione di batteria V_{batt} e un valore massimo per la tensione di supercondensatore V_{sc} .

Come sopra discusso, il commutatore di potenza 24c nel modulo di carica 24 può essere opportunamente controllato attraverso uno schema di modulazione PWM, per ridurre la

dissipazione di potenza sul resistore di potenza 24d.

A questo proposito, la figura 4 mostra un possibile andamento PWM della tensione di supercondensatore V_{sc} , durante la carica del gruppo di supercondensatori 22 avente, per ciascun periodo, una fase ON seguita da una fase OFF, la cui rispettiva durata è determinata dal duty cycle del segnale di abilitazione di carica En_ch.

In questa situazione, vantaggiosamente, la misura di resistenza può essere eseguita in ciascun periodo del segnale di abilitazione di carica En_ch nella fase OFF del duty cycle (ossia quando la corrente di carica si annulla a causa dell'apertura dell'interruttore di potenza 24c). Una opportuna media delle diverse misure può essere implementata per ottenere un valore medio risultante.

Sulla base di quanto precede, la ESR può essere stimata con la seguente espressione:

$$ESR = R \frac{\Delta V_{sc}}{V_{batt} - V_{sc}}$$

in cui ΔV_{sc} è la caduta di tensione sul gruppo di supercondensatori 22 dovuta alla corrente di carica I_{ch} .

Le tensioni sono usate come rapporti, per cui la corrispondente accuratezza del convertitore AD non è rilevante per la precisione complessiva della misura.

La tolleranza di misura su R è di circa il 5% e si riflette invece sulla misura di ESR.

Se la precisione della tensione è dello 0,5%, l'errore

di stima totale è previsto inferiore al 10%.

Secondo un ulteriore aspetto della presente soluzione, il modulo diagnostico 28 è inoltre configurato per considerare le condizioni di temperatura in cui operano il gruppo di serratura elettronica 1 e il gruppo di supercondensatori 22. Queste condizioni di temperatura sono monitorate dal sensore di temperatura 29.

Infatti, le prestazioni di un supercondensatore sono direttamente influenzate dalle condizioni della temperatura e dalla vita operativa.

Come illustrato nelle figure 5a-5c, la capacità di un supercondensatore è direttamente correlata alla sua durata di vita, mostrando una diminuzione nel tempo (viene illustrato il rapporto tra un valore finale C_f e un valore iniziale C_i); inoltre, il tasso di questa diminuzione è influenzato dalla temperatura operativa e dal valore di tensione iniziale V_i nello stesso supercondensatore.

I sistemi per autoveicoli devono essere in grado di resistere a temperature molto elevate (ad esempio fino a 70°C-100°C), garantendo comunque un corretto funzionamento, o almeno evitando malfunzionamenti.

Nella presente soluzione, il gruppo di supercondensatori 22 deve assicurare una riserva di energia per permettere all'utilizzatore di uscire dal veicolo in caso di malfunzionamento (ad esempio malfunzionamento della

batteria, dei fusibili o dei cablaggi elettrici); a temperatura elevate, ad esempio di 70°C-100°C, l'utilizzatore non può rimanere intrappolato all'interno del veicolo a motore 3.

Per consentire un utilizzo appropriato del gruppo di supercondensatori 22 anche ad alte temperature, il modulo diagnostico 26 è quindi configurato per implementare una opportuna strategia di riduzione del valore della tensione di supercondensatore V_{sc} , all'aumentare della temperatura (questo valore essendo controllato da una opportuna modifica del processo di carica attraverso il modulo di carica 24).

In particolare la strategia implementata dal modulo diagnostico 28 prevede tre diverse condizioni operative, in rispettivi intervalli di temperatura;

- per temperature comprese tra $-Temp_1$ e $+Temp_1$, in cui $Temp_1$ è una prima soglia di temperatura, il cui valore assoluto è di circa 38°C-42°C, ad esempio 40°C, il gruppo di supercondensatori 22 è mantenuto completamente carico (ad esempio con un livello di tensione di ciascuna cella di supercondensatore 23a, 23b nell'intervallo 2,5 V-2,7 V);

- per temperature comprese tra $+Temp_1$ e $+Temp_2$, in cui $Temp_2$ è una seconda soglia di temperatura, il cui valore assoluto è di circa 85°C-90°C, ad esempio 85°C, una diminuzione di tensione, ad esempio di tipo lineare tra un primo valore (ad esempio 2,5 V) e un secondo valore

inferiore al primo (ad esempio 2,1 V) viene applicata alla tensione di supercondensatore V_{sc} ; e

- per temperature superiori a $+Temp_2$, il gruppo di supercondensatori 22 è scaricato fino ad una tensione di supercondensatore V_{sc} avente un terzo valore, inferiore al secondo valore (ad esempio 1 V per ciascuna cella di supercondensatore 23a, 23b).

Secondo la suddetta strategia di temperatura, la diminuzione della tensione di supercondensatore V_{sc} a temperature maggiori permette di ridurre l'effetto delle variazioni di capacità nel tempo, migliorando così l'affidabilità del gruppo di supercondensatori 22, ad esempio quando usato nella sorgente di energia di riserva 20. Inoltre viene prolungata la durata dello stesso gruppo di supercondensatori 22.

In generale, i supercondensatori sono disponibili quando di fatto necessari ed è possibile ottenere una durata migliorata; a tale proposito è stato dimostrato, con una simulazione, che questa strategia di controllo permette di ottenere una durata affidabile di almeno 15 anni per il gruppo di supercondensatori 22.

I vantaggi della soluzione discussa emergono chiaramente dalla suddetta descrizione.

In particolare, una affidabile sorgente di energia di riserva 20 è fornita per applicazioni per autoveicoli, ad esempio per alimentare il gruppo di serratura elettronica 1

nel caso di malfunzionamento della sorgente di alimentazione principale 4 del veicolo a motore 3, e/o nel caso di disconnessione del gruppo di serratura elettronica 1 dalla stessa sorgente di alimentazione principale 4.

La sorgente di energia di riserva 20 può essere controllata indipendentemente dall'unità di controllo interna 21, e può anche essere attivata e disattivata senza alcuna azione da parte dell'unità di gestione principale 12 del veicolo e dal software di controllo associato.

L'uso dei supercondensatori permette di realizzare la sorgente di energia di riserva 20 in un contenitore poco costoso, leggero e piccolo; la dimensione e il fattore di forma risultanti della sorgente di energia di riserva 20 sono tali da permetterne l'integrazione all'interno dello stesso involucro 11 del gruppo di serratura elettronica 1.

L'uso dei supercondensatori permette anche di ottenere una densità di energia elevata, una capacità di corrente di uscita elevata, e evita gli effetti di memoria minimizzando i consumi e il tempo di ricarica.

Inoltre la presente soluzione permette di diagnosticare tempestivamente qualsiasi guasto delle celle di supercondensatore 23a, 23b nel gruppo di supercondensatori 22, ad esempio condizioni di circuito aperto o cortocircuito, aumento della corrente di dispersione, aumento della resistenza serie equivalente e/o diminuzione del valore di capacità.

La discussa strategia di controllo della temperatura

permette di utilizzare in modo affidabile i supercondensatori come sorgente di energia di riserva 20 anche a temperature molto elevate, in modo tale da soddisfare i requisiti in materia di sicurezza, in particolare associati alle applicazioni per autoveicoli.

Chiaramente è possibile apportare delle modifiche a quanto descritto e illustrato nella presente senza tuttavia allontanarsi dall'ambito di tutela definito nelle rivendicazioni allegate.

In particolare, la connessione elettrica delle celle di supercondensatore 23a, 23b potrebbe essere una connessione in parallelo, piuttosto che una connessione in serie, per fornire la tensione di supercondensatore V_{sc} , richiesta come tensione di alimentazione di riserva per il gruppo di attuazione 6' del veicolo a motore 3. Il numero delle celle di supercondensatore può anche essere diverso.

Inoltre, si sottolinea nuovamente che il gruppo di serratura elettronica 1 può azionare qualsiasi tipo di dispositivo di chiusura differente all'interno del veicolo a motore 3.

In generale, la sorgente di energia di riserva 20, e gli algoritmi di controllo e diagnostica discussi per verificare lo stato delle celle di supercondensatore 23a, 23b possono anche essere usati per altri scopi, all'interno del veicolo a motore 3, per diverse applicazioni automobilistiche.

RIVENDICAZIONI

1. Gruppo di serratura elettronica (1) per un dispositivo di chiusura (2) di un veicolo a motore (3) comprendente un attuatore (6, 8) azionabile per attuare il dispositivo di chiusura (2) e un motore elettrico (9) controllabile per azionare l'attuatore (6, 8), il motore elettrico (9) essendo atto ad essere alimentato, durante una normale condizione operativa, da una sorgente di alimentazione principale (4) del veicolo a motore (3) fornente una tensione di alimentazione principale (V_{batt}); in cui il gruppo di serratura elettronica (1) include una sorgente di energia di riserva (20), e un'unità di controllo (21) configurata per controllare la sorgente di energia di riserva (20) per alimentare il motore elettrico (9) durante una condizione operativa di malfunzionamento, diversa dalla normale condizione operativa,

caratterizzato dal fatto che la sorgente di energia di riserva (20) include un gruppo di supercondensatori (22) configurato per accumulare energia durante la normale condizione operativa e per fornire una tensione di alimentazione di riserva (V_{sc}) per alimentare il motore elettrico (9) durante la condizione operativa di malfunzionamento.

2. Gruppo secondo la rivendicazione 1, in cui il gruppo di supercondensatori (22) include almeno una prima

cella (23a) e una seconda cella (23b) di supercondensatore, connesse tra loro, per fornire congiuntamente la tensione di alimentazione di riserva (V_{sc}).

3. Gruppo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la sorgente di energia di riserva (20) include un modulo di carica (24), controllabile dall'unità di controllo (21) per caricare in modo continuativo il gruppo di supercondensatori (22) durante la normale condizione operativa, quando la tensione di alimentazione principale (V_{batt}) è maggiore di una soglia preimpostata; in cui il modulo di carica (24) include un elemento resistore di carica (24d) accoppiato al gruppo di supercondensatori (22), e un elemento interruttore di carica (24a) accoppiato tra un terminale di ingresso (24a) che riceve la tensione di alimentazione principale (V_{batt}) e l'elemento resistore di carica (24d), e avente un terminale di controllo; in cui l'unità di controllo (21) è configurata per fornire un segnale di controllo di carica (En_{ch}) al terminale di controllo dell'elemento interruttore di carica (24a) per controllare la carica del gruppo di supercondensatori (22).

4. Gruppo secondo la rivendicazione 3, in cui il segnale di controllo di carica (En_{ch}) è un segnale in modulazione di ampiezza di impulso, durante la normale condizione operativa, avente un duty cycle definente una fase accesa ON, quando il gruppo di supercondensatori (22)

è caricato dalla tensione di alimentazione principale (V_{batt}), e una fase spenta OFF, quando la carica del gruppo di supercondensatori (22) è interrotta.

5. Gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il gruppo di supercondensatori (22) include almeno una prima cella (23a) e una seconda cella (23b) di supercondensatore, connesse in serie per fornire la tensione di alimentazione di riserva (V_{sc}); in cui la sorgente di energia di riserva (20) include un modulo di equalizzazione (25), accoppiato al gruppo di supercondensatori (22), e azionabile per definire un livello di tensione desiderato su ciascuna tra la prima (23a) e la seconda (23b) cella di supercondensatore; in cui il modulo di equalizzazione (25) include un primo elemento resistore di equalizzazione (25a), atto ad essere selettivamente collegato in parallelo alla prima cella di supercondensatore (23a) da un primo elemento interruttore di equalizzazione (25c) controllato da un segnale di equalizzazione (En_{eq}) fornito dall'unità di controllo (21), e un secondo elemento resistore di equalizzazione (25b) atto ad essere selettivamente collegato in parallelo alla seconda cella di supercondensatore (23b) da un secondo elemento interruttore di equalizzazione (25d) controllato dal segnale di equalizzazione (En_{eq}); in cui il segnale di equalizzazione (En_{eq}) è progettato per interrompere

selettivamente il flusso di corrente nel primo (25a) e nel secondo (25b) elemento resistore di equalizzazione quando il gruppo di supercondensatori (22) non fornisce la tensione di alimentazione di riserva (V_{sc}) al motore elettrico (9).

6. Gruppo secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui la sorgente di energia di riserva (20) include inoltre un modulo survoltore di tensione (26), accoppiato al gruppo di supercondensatori (22) ed azionabile per survoltare un livello della tensione di alimentazione di riserva (V_{sc}) per fornire una tensione survoltata (V_{boost}), superiore alla tensione di alimentazione di riserva (V_{sc}) atto ad alimentare il motore elettrico (9).

7. Gruppo secondo la rivendicazione 6, in cui il modulo survoltore di tensione (26) include un convertitore di tensione boost, avente un controllore interno (26h) e un elemento interruttore di attivazione di survoltaggio (26a), selettivamente abilitato per attivare il controllore interno (26h) per implementare l'operazione di survoltaggio, da un segnale esterno (boost_ON) indicativo di un'operazione esterna sul dispositivo di chiusura (2); in cui il controllore interno (26h) è configurato per mantenere l'operazione di survoltaggio, finché non viene disattivato dall'unità di controllo (21) attraverso un

segnale di disattivazione (boost_OFF).

8. Gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la sorgente di energia di riserva (20) include un modulo diagnostico (28) accoppiato al gruppo di supercondensatori (22) e configurato per monitorare un relativo stato operativo, rilevando almeno un valore della tensione di alimentazione di riserva (V_{sc}); in cui il modulo diagnostico (28) è configurato per rilevare una o più delle seguenti modalità di malfunzionamento del gruppo di supercondensatori (22): un malfunzionamento di circuito aperto; un malfunzionamento di cortocircuito; un aumento di una corrente di dispersione; un aumento di una resistenza serie equivalente (ESR); una riduzione del valore di capacità (C).

9. Gruppo secondo la rivendicazione 8, in cui il modulo diagnostico (28) è eseguito dall'unità di controllo (21) durante il funzionamento del gruppo di serratura elettronica (1), ed è configurato per stimare il valore di capacità del gruppo di supercondensatori (22) monitorando il tempo (ΔT) necessario per caricare il gruppo di supercondensatori (22) da una prefissata tensione parzialmente scarica (V_1) ad una prefissata tensione completamente carica (V_2) per la tensione di alimentazione di riserva (V_{sc}).

10. Gruppo secondo la rivendicazione 9, in cui la

sorgente di energia di riserva (20) include un modulo di carica (24), controllabile dall'unità di controllo (21) per caricare il gruppo di supercondensatori (22) dalla tensione di alimentazione principale (V_{batt}) attraverso un elemento resistore di carica (24) avente una resistenza (R); in cui il modulo diagnostico (28) è configurato per stimare il valore di capacità del gruppo di supercondensatori (22) attraverso la seguente espressione:

$$C = \frac{\Delta T}{K(V_{batt})}$$

in cui K è dato da:

$$K(V_{batt}) = (R \cdot (\ln(V_{batt} - V_2) - \ln(V_{batt} - V_1)))$$

ed è pre-calcolato per valori diversi della tensione di alimentazione principale (V_{batt}) e memorizzato in una tabella in una memoria dell'unità di controllo (21).

11. Gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 8 a 10, in cui il modulo diagnostico (28) è eseguito dall'unità di controllo (21) durante il funzionamento del gruppo di serratura elettronica (1), ed è configurato per stimare la resistenza serie equivalente (ESR) del gruppo di supercondensatori (22) per verificare se è inferiore ad un valore massimo prefissato; in cui la sorgente di energia di riserva (20) include un modulo di carica (24), controllabile dall'unità di controllo (21) per caricare il gruppo di supercondensatori (22) con una corrente di carica (I_{ch}), e il modulo diagnostico (28) è configurato per

stimare la resistenza serie equivalente (ESR) misurando una caduta di tensione sul gruppo di supercondensatori (22), quando la carica è interrotta e la corrente di carica (I_{ch}) azzerata.

12. Gruppo secondo la rivendicazione 11, in cui il modulo di carica (24) è controllabile per caricare il gruppo di supercondensatori (22) dalla tensione di alimentazione principale (V_{batt}) attraverso un elemento resistore di carica (24d) avente una resistenza (R); in cui il modulo diagnostico (28) è configurato per stimare la resistenza serie equivalente (ESR) del gruppo di supercondensatori (22) attraverso la seguente espressione:

$$ESR = R \frac{\Delta V_{sc}}{V_{batt} - V_{sc}}$$

in cui ΔV_{sc} è la caduta di tensione sul gruppo di supercondensatori (22).

13. Gruppo secondo la rivendicazione 11 o 12, in cui il modulo di carica (24) include un elemento resistore di carica (24d) accoppiato al gruppo di supercondensatori (22), e un elemento interruttore di carica (24a), accoppiato tra un terminale di ingresso (24a) ricevente la tensione di alimentazione principale (V_{batt}) e l'elemento resistore di carica (24d), e avente un terminale di controllo; in cui l'unità di controllo (21) è configurata per fornire un segnale di controllo di carica (En_{ch}) al terminale di controllo dell'elemento interruttore di carica

(24a) per controllare la carica del gruppo di supercondensatori (22), il segnale di controllo di carica (En_ch) essendo un segnale a modulazione di ampiezza di impulso, durante la normale condizione operativa, avente un duty cycle definente una fase accesa ON, quando il gruppo di supercondensatori (22) è caricato dalla tensione di alimentazione principale (V_{batt}) e una fase spenta OFF quando la carica del gruppo di supercondensatori (22) è interrotta; in cui il modulo diagnostico (28) è configurato per stimare la resistenza serie equivalente (ESR) del gruppo di supercondensatori (22) durante la fase OFF del duty cycle del segnale di controllo di carica (En_ch), quando la corrente di carica (I_{ch}) è annullata dall'apertura dell'elemento interruttore di carica (24a).

14. Gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la sorgente di energia di riserva (20) include: un modulo di carica (24), controllabile dall'unità di controllo (21) per caricare il gruppo di supercondensatori (22); e un modulo diagnostico (28), accoppiato al gruppo di supercondensatori (22) e configurato per monitorare la temperatura operativa del gruppo di supercondensatori (22) e per cooperare con il modulo di carica (24) per implementare una strategia di carica, in funzione della temperatura operativa rilevata.

15. Gruppo secondo la rivendicazione 14, in cui la

strategia di carica comprende tre diverse condizioni di carica in rispettivi intervalli di temperatura, secondo i quali:

- per temperature comprese tra $-Temp_1$ e $+Temp_1$, il gruppo di supercondensatori (22) è mantenuto completamente carico, con $Temp_1$ essendo un primo valore di temperatura prefissato;

- per temperature comprese tra $+Temp_1$ e $+Temp_2$, una riduzione di tensione tra un primo valore di tensione e un secondo di valore di tensione, inferiore al primo valore di tensione, è applicata alla tensione di alimentazione di riserva (V_{sc}), con $Temp_2$ essendo un secondo valore di temperatura prefissato, maggiore del primo valore di temperatura prefissato; e

- per temperature superiori a $+Temp_2$, il gruppo di supercondensatori (22) è scaricato fino ad un terzo valore di tensione, minore del secondo valore di tensione.

16. Gruppo secondo la rivendicazione 15, in cui il primo valore di temperatura prefissato ($Temp_1$) è nell'intervallo $38^{\circ}C-42^{\circ}C$, e il secondo valore di temperatura prefissato ($Temp_2$) è nell'intervallo $85^{\circ}C-95^{\circ}C$.

17. Gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la sorgente di energia di riserva (20) e l'unità di controllo (21) sono integrate e incorporate all'interno di un involucro (11) del gruppo di serratura

elettronica (1).

18. Gruppo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la condizione operativa di malfunzionamento include uno tra: un malfunzionamento della sorgente di alimentazione principale (4) del veicolo a motore (3) che fornisce la tensione di alimentazione principale (V_{batt}); un malfunzionamento di una connessione elettrica (5) che collega il gruppo di serratura elettronica (1) alla sorgente di alimentazione principale (4) del veicolo a motore (3).

19. Veicolo a motore (3), comprendente un dispositivo di chiusura (2) e, accoppiato al dispositivo di chiusura (2), un gruppo di serratura elettronica (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.

p.i.: MAGNA CLOSURES S.P.A.

Lorenzo NANNUCCI

CLAIMS

1. An electronic latch assembly (1) for a closure device (2) of a motor vehicle (3), including an actuator (6, 8) operable to actuate the closure device (2) and an electric motor (9) controllable to drive the actuator (6, 8), the electric motor (9) being designed to be supplied, during a normal operating condition, by a main power source (4) of the motor vehicle (3) providing a main supply voltage (V_{batt}); wherein the electronic latch assembly (1) includes a backup energy source (20), and a control unit (21) configured to control the backup energy source (20) to supply the electric motor (9) during a failure operating condition, different from the normal operating condition,

characterized in that the backup energy source (20) includes a supercapacitor group (22), configured to store energy during the normal operating condition and to provide a backup supply voltage (V_{sc}) to supply the electric motor (9) during the failure operating condition.

2. The assembly according to claim 1, wherein the supercapacitor group (22) includes at least a first (23a) and a second (23b) supercapacitor cells, connected to each other, to jointly provide the backup supply voltage (V_{sc}).

3. The assembly according to claim 1 or 2, wherein the backup energy source (20) includes a charge module (24), controllable by the control unit (21) to continuatively

charge the supercapacitor group (22), during the normal operating condition, when the main supply voltage (V_{batt}) is higher than a preset threshold; wherein the charge module (24) includes a charge resistor element (24d) coupled to the supercapacitor group (22), and a charge switch element (24a), coupled between an input terminal (24a) receiving the main supply voltage (V_{batt}) and the charge resistor element (24d), and having a control terminal; wherein the control unit (21) is configured to provide a charge-control signal (En_ch) to the control terminal of the charge switch element (24a) to control charging of the supercapacitor group (22).

4. The assembly according to claim 3, wherein the charge-control signal (En_ch) is a pulse width modulated signal, during the normal operating condition, having a duty cycle defining an ON phase, when the supercapacitor group (22) is charged by the main supply voltage (V_{batt}), and an OFF phase where charging of the supercapacitor group (22) is interrupted.

5. The assembly according to any of the preceding claims, wherein the supercapacitor group (22) includes at least a first (23a) and a second (23b) supercapacitor cells, series connected to provide the backup supply voltage (V_{sc}); wherein the backup energy source (20) includes an equalization module (25), coupled to the

supercapacitor group (22), and operable to determine a desired voltage level on each of the first (23a) and second (23b) supercapacitor cells; wherein the equalization module (25) includes a first equalization resistor element (25a), designed to be selectively connected in parallel to the first supercapacitor cell (23a) by a first equalization switch element (25c) controlled by an equalization signal (En_eq) provided by the control unit (21), and a second equalization resistor element (25b), designed to be selectively connected in parallel to the second supercapacitor cell (23b) by a second equalization switch element (25d) controlled by the equalization signal (En_eq); wherein the equalization signal (En_eq) is designed to selectively interrupt current flow in the first (25a) and second (25b) equalization resistor elements when the supercapacitor group (22) is not providing the backup supply voltage (V_{sc}) to the electric motor (9).

6. The assembly according to any of the preceding claims, wherein the backup energy source (20) further includes a boost voltage module (26), coupled to the supercapacitor group (22) and operable to boost a level of the backup supply voltage (V_{sc}) to provide a boost voltage (V_{boost}), higher than the backup supply voltage (V_{sc}), designed to supply the electric motor (9).

7. The assembly according to claim 6, wherein the boost voltage module (26) includes a boost voltage

converter, having an internal controller (26h) and a boost-activation switch element (26a), selectively enabled to activate the internal controller (26h) to implement the boosting operation, by an external signal (boost_ON) indicative of an external operation on the closure device (2); wherein the internal controller (26h) is configured to maintain the boosting operation, until deactivated by the control unit (21) via a deactivation signal (boost_OFF).

8. The assembly according to any of the preceding claims, wherein the backup energy source (20) includes a diagnostic module (28), coupled to the supercapacitor group (22) and configured to monitor an operating status thereof, by detecting at least a value of the backup supply voltage (V_{sc}); wherein the diagnostic module (28) is configured to detect one or more of the following failure modes of the supercapacitor group (22): an open circuit failure; a short circuit failure; an increase of a leakage current; an increase of an equivalent series resistance (ESR); a decrease of the value of capacitance (C).

9. The assembly according to claim 8, wherein the diagnostic module (28) is run by the control unit (21) during operation of the e-latch assembly (1), and is configured to estimate the capacitance value of the supercapacitor group (22), by monitoring the time (ΔT) to charge the supercapacitor group (22) from a preset partially discharged voltage (V_1) to a preset fully charged voltage (V_2) for the backup supply voltage (V_{sc}).

10. The assembly according to claim 9, wherein the backup energy source (20) includes a charge module (24), controllable by the control unit (21) to charge the supercapacitor group (22) from the main supply voltage (V_{batt}) via a charge resistor element (24d) having a resistance R ; wherein the diagnostic module (28) is configured to estimate the capacitance value of the supercapacitor group (22) via the following expression:

$$C = \frac{\Delta T}{K(V_{batt})}$$

wherein K is given by:

$$K(V_{batt}) = (R \cdot (\ln(V_{batt} - V_2) - \ln(V_{batt} - V_1)))$$

and is pre-computed for different values of the main supply voltage (V_{batt}) and stored in a table in a memory of the control unit (21).

11. The assembly according to any of claims 8-10, wherein the diagnostic module (28) is run by the control unit (21) during operation of the e-latch assembly (1), and is configured to estimate the equivalent series resistance (ESR) of the supercapacitor group (22) to check if it is lower than a preset maximum value; wherein the backup energy source (20) includes a charge module (24), controllable by the control unit (21) to charge the supercapacitor group (22) with a charging current (I_{ch}), and the diagnostic module (28) is configured to estimate the equivalent series resistance (ESR) by measuring a voltage drop on the supercapacitor group (22), when

charging is interrupted and the charging current (I_{ch}) zeroed.

12. The assembly according to claim 11, wherein the charge module (24) is controllable to charge the supercapacitor group (22) from the main supply voltage (V_{batt}) via a charge resistor element (24d) having a resistance R ; wherein the diagnostic module (28) is configured to estimate the equivalent series resistance (ESR) of the supercapacitor group (22) via the following expression:

$$ESR = R \frac{\Delta V_{sc}}{V_{batt} - V_{sc}}$$

wherein ΔV_{sc} is the voltage drop on the supercapacitor group (22).

13. The assembly according to claim 11 or 12, wherein the charge module (24) includes a charge resistor element (24d) coupled to the supercapacitor group (22), and a charge switch element (24a), coupled between an input terminal (24a) receiving the main supply voltage (V_{batt}) and the charge resistor element (24d), and having a control terminal; wherein the control unit (21) is configured to provide a charge-control signal (En_{ch}) to the control terminal of the charge switch element (24a) to control charging of the supercapacitor group (22), the charge-control signal (En_{ch}) being a pulse width modulated signal, during the normal operating condition, having a duty cycle defining an ON phase, when the supercapacitor

group (22) is charged by the main supply voltage (V_{batt}), and an OFF phase where charging of the supercapacitor group (22) is interrupted; wherein the diagnostic module (28) is configured to estimate the equivalent series resistance (ESR) of the supercapacitor group (22) during the OFF phase of the duty cycle of the charge-control signal (En_{ch}), when the charging current (I_{ch}) is zeroed by the opening of the charge switch element (24a).

14. The assembly according to any of the preceding claims, wherein the backup energy source (20) includes: a charge module (24), controllable by the control unit (21) to charge the supercapacitor group (22); and a diagnostic module (28), coupled to the supercapacitor group (22) and configured to monitor the operating temperature of the supercapacitor group (22) and to cooperate with the charge module (24) to implement a charging strategy, as a function of the detected operating temperature.

15. The assembly according to claim 14, wherein the charging strategy envisages three different charging conditions in respective temperature intervals, according to which:

- for temperatures comprised between $-Temp_1$ and $+Temp_1$, the supercap group (22) is kept fully charged, with $Temp_1$ being a first preset temperature value;
- for temperatures comprised between $+Temp_1$ and $+Temp_2$, a voltage decrease between a first voltage value and a second voltage value, lower than the first voltage

value, is applied to the backup supply voltage (V_{sc}), with $Temp_2$ being a second preset temperature value, higher than the first preset temperature value; and

- for temperatures higher than $Temp_2$, the supercap group (22) is discharged up to a third voltage value, lower than the second voltage value.

16. The assembly according to claim 15, wherein the first preset temperature value ($Temp_1$) is in the range 38°C - 42°C , and the second preset temperature value ($Temp_2$) is in the range 85°C - 90°C .

17. The assembly according to any of the preceding claims, wherein the backup energy source (20) and the control unit (21) are integrated and embedded within a case (11) of the electronic latch assembly (1).

18. The assembly according to any of the preceding claims, wherein the failure operating condition includes one of: a failure of the main power source (4) of the motor vehicle (3) providing the main supply voltage (V_{batt}); a failure of an electrical connection (5) connecting the electronic latch assembly (1) to the main power source (4) of the motor vehicle (3).

19. Motor vehicle (3), including a closure device (2) and, coupled to the closure device (2), an electronic latch assembly (1), according to any of the preceding claims.

p.i.: MAGNA CLOSURES S.P.A.

Lorenzo NANNUCCI

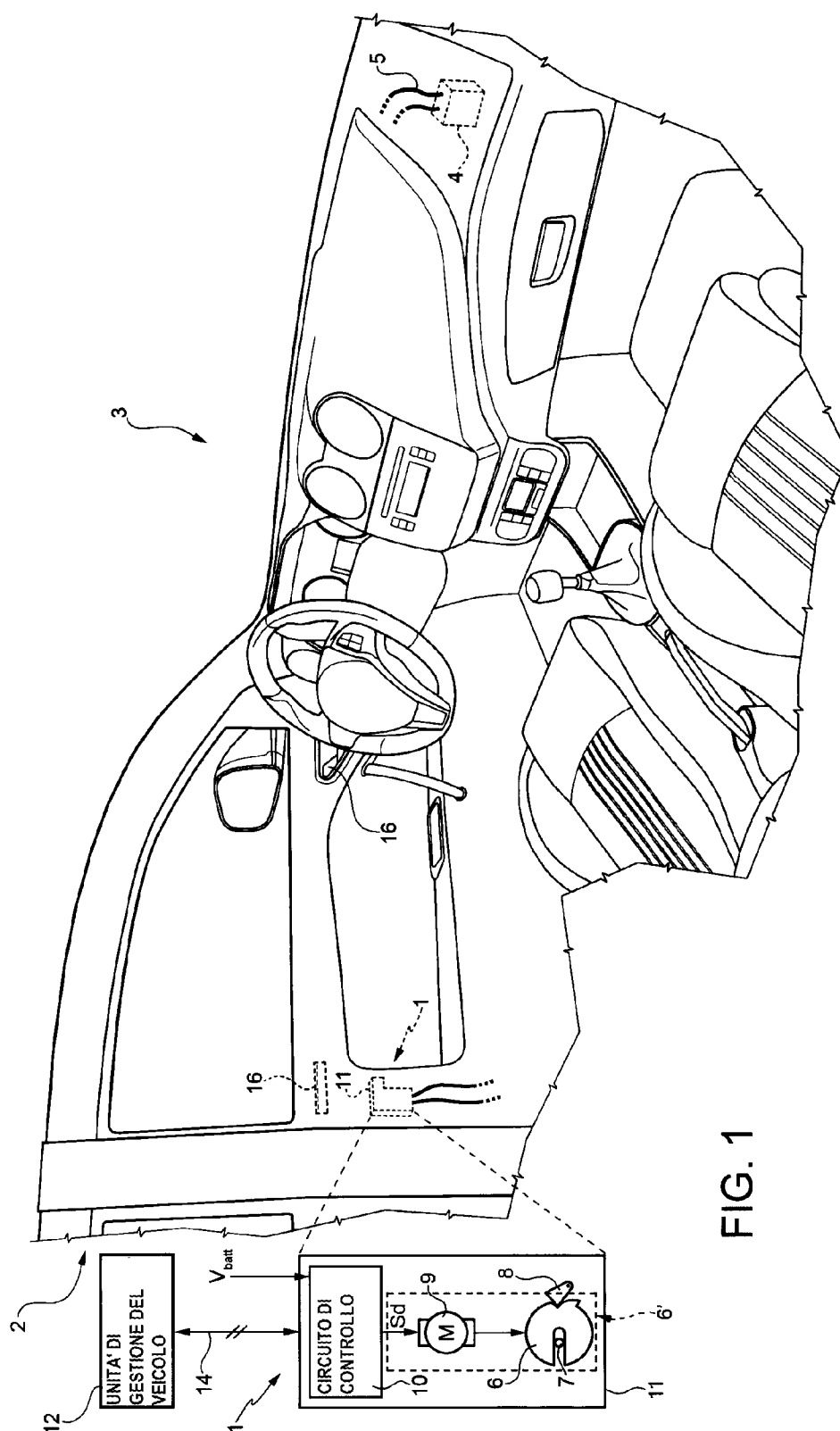


FIG. 1

p.i.: MAGNA CLOSURES S.P.A.

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

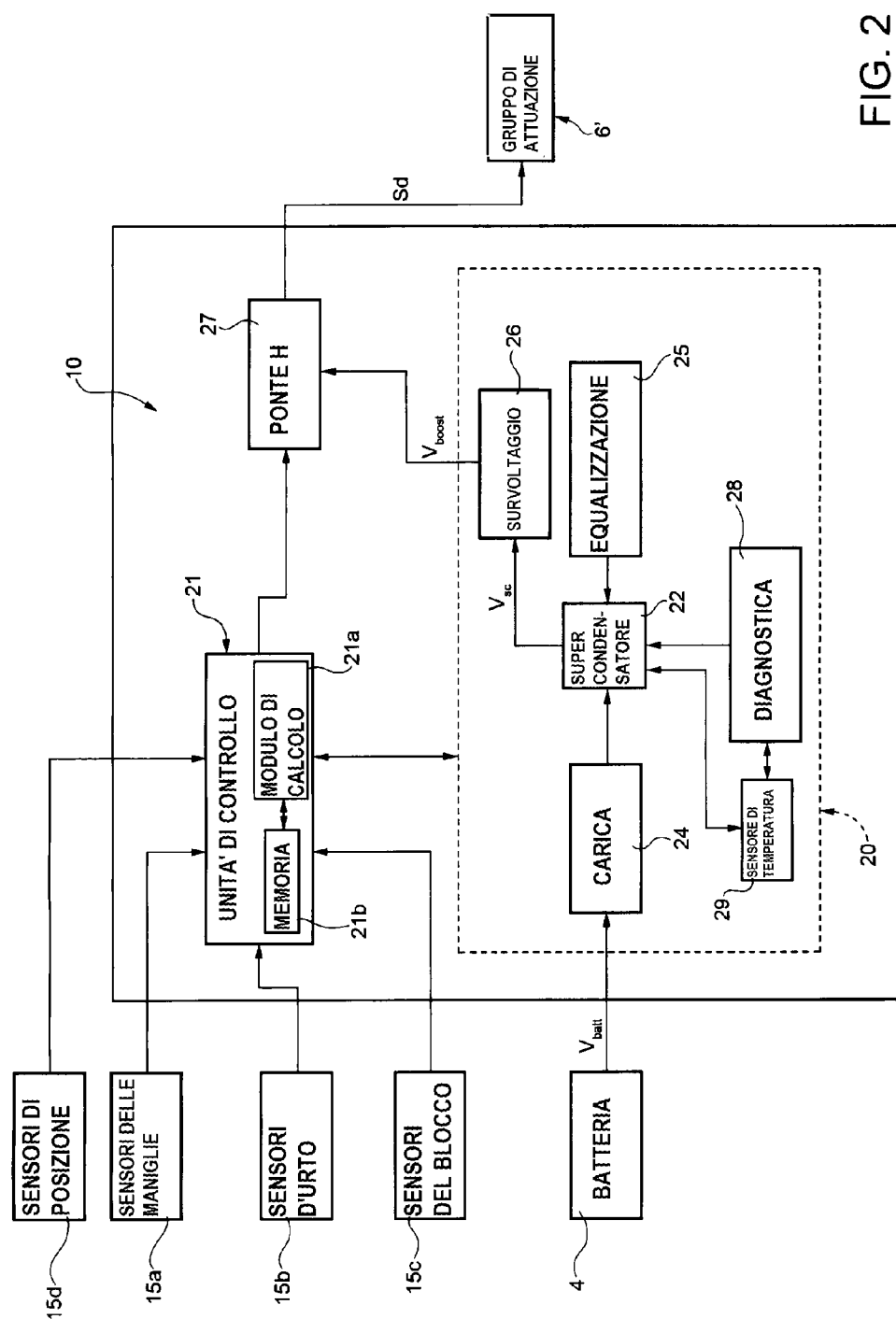


FIG. 2

p.i.: MAGNA CLOSURES S.P.A.

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

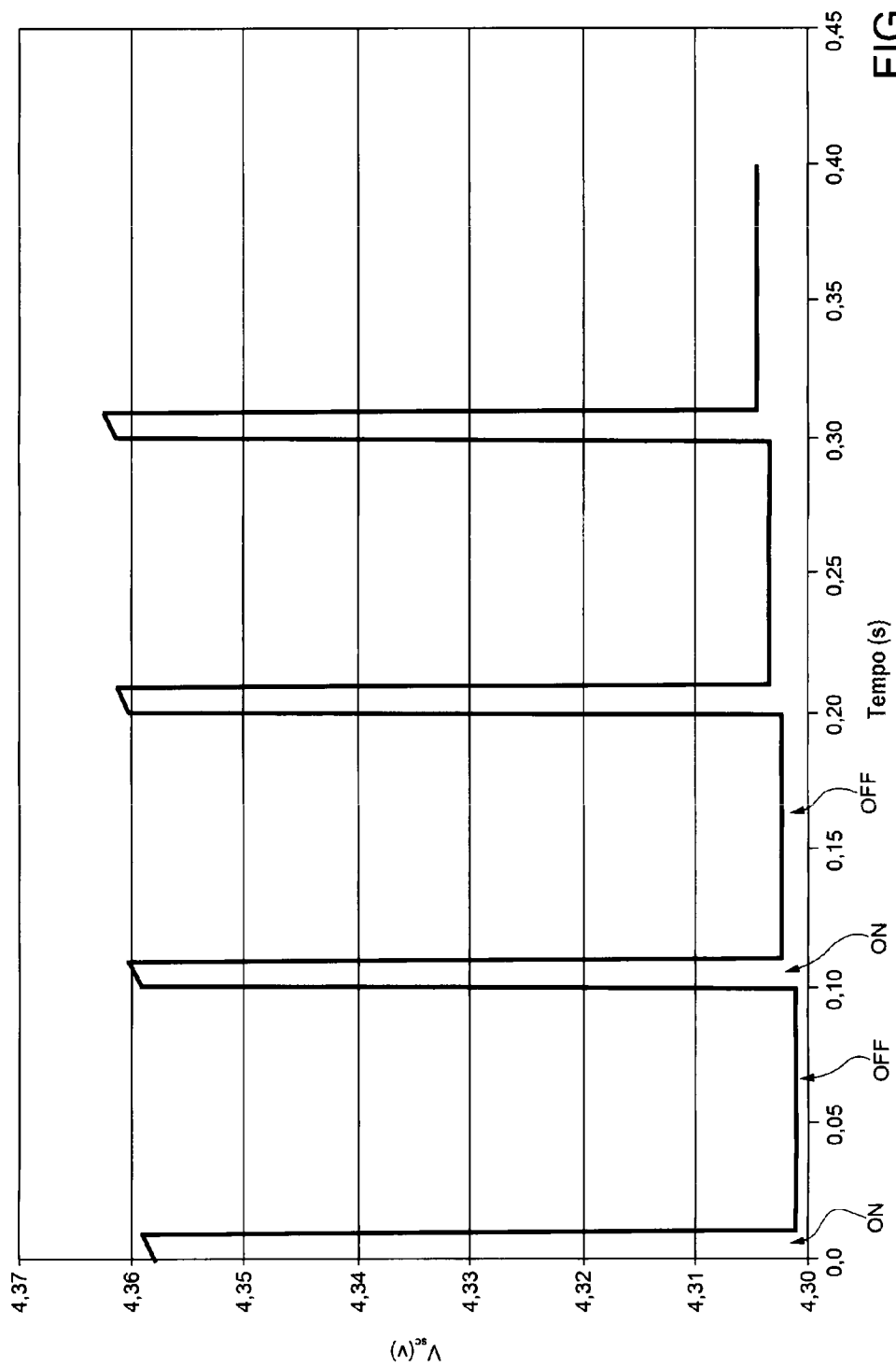


FIG. 4

p.i.: MAGNA CLOSURES S.P.A.

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)

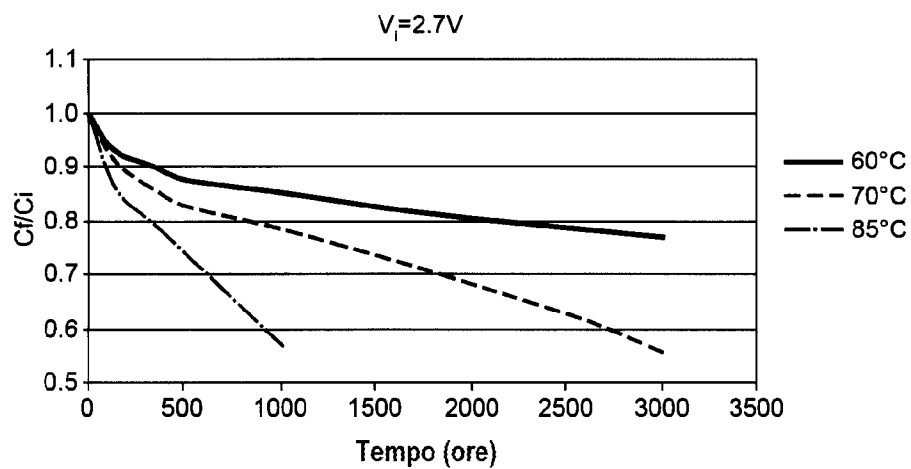


FIG. 5a

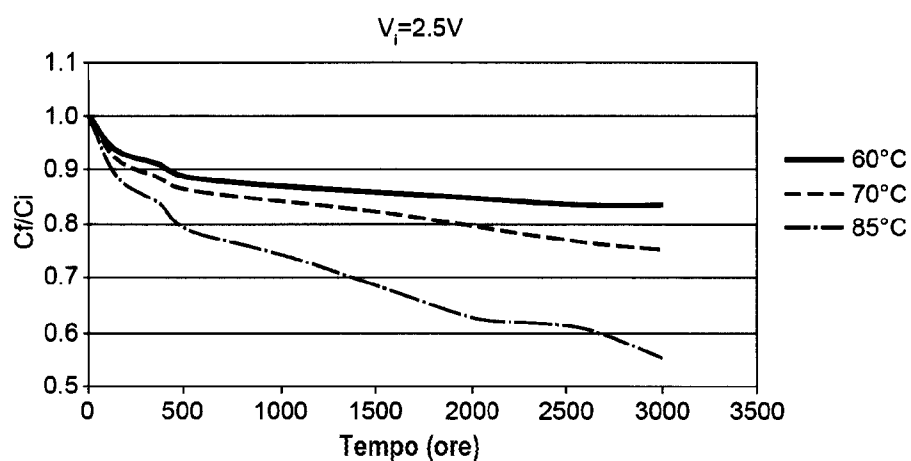


FIG. 5b

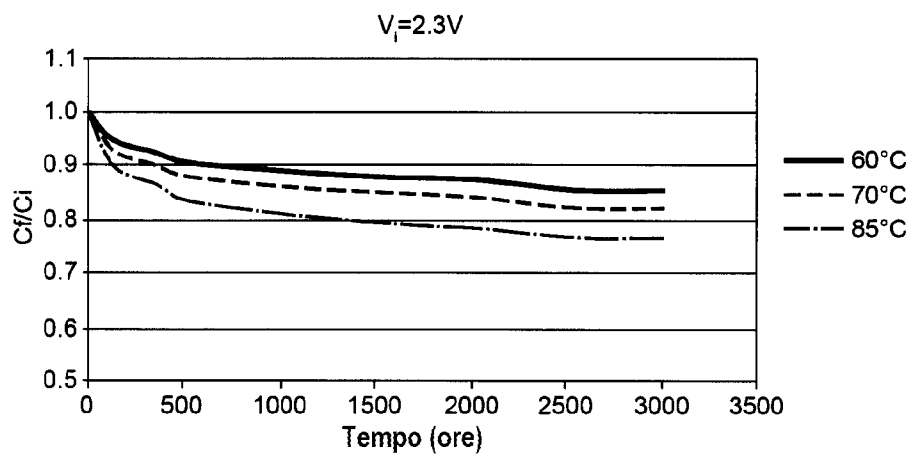


FIG. 5c

p.i.: MAGNA CLOSURES S.P.A.

Lorenzo NANNUCCI
(Iscrizione Albo nr. 1214/B)