

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50568/2022 (51) Int. Cl.: **B60L 1/00** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 27.07.2022 **B60L 3/00** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2023 **B60L 3/04** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 212020000737 U1
US 2016200196 A1
CN 111806234 A
EP 2626964 A1
US 2017120771 A1

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
SCHMID Reinhard Dipl.-Ing.
4400 Steyr (AT)
BAYER Felix MSc
4502 Nöstlbach (AT)
MICHELET Christian Dipl.-Ing.
8043 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Hartinger Mario Dipl.-Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Segmentiertes Hochvolt-Batteriesystem**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Hochvolt-Batteriesystem (10) zur Versorgung von mehreren Verbrauchern (12a-12g) eines Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs, umfassend:

- mehrere parallel zueinander geschaltete Batterien (14a-14d),
- eine durch schaltbar miteinander verbundene Segmente (18a-18d) unterteilte Stromverteilerleitung (16), wobei die mehreren Batterien (14a-14d) über eigene Verbindungsleitungen (22a-22d) schaltbar an verschiedene Segmente (18a-18d) der Stromverteilerleitung (16) angeschlossen sind;
- einen Isolationswächter (12a) zur Überwachung des Isolationswiderstands der Stromverteilerleitung (16); und
- eine mit dem Isolationswächter in Verbindung stehende Steuerungseinrichtung, die dazu eingerichtet ist, wenigstens eine Verbindung der Segmente (18a-18d) im Fall einer Fehlfunktion zu trennen.

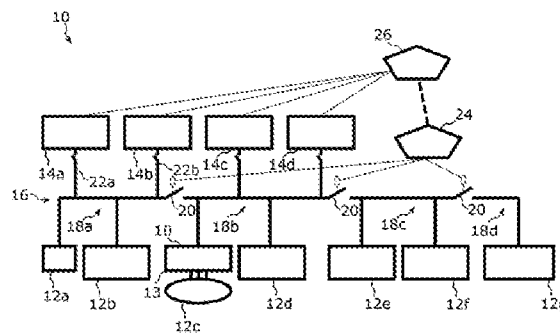


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Hochvolt-Batteriesystem (10) zur Versorgung von mehreren Verbrauchern (12a-12g) eines Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs, umfassend:

- mehrere parallel zueinander geschaltete Batterien (14a-14d),
- eine durch schaltbar miteinander verbundene Segmente (18a-18d) unterteilte Stromverteilerleitung (16), wobei die mehreren Batterien (14a-14d) über eigene Verbindungsleitungen (22a-22d) schaltbar an verschiedene Segmente (18a-18d) der Stromverteilerleitung (16) angeschlossen sind;
- einen Isolationswächter (12a) zur Überwachung des Isolationswiderstands der Stromverteilerleitung (16); und
- eine mit dem Isolationswächter in Verbindung stehende Steuerungseinrichtung, die dazu eingerichtet ist, wenigstens eine Verbindung der Segmente (18a-18d) im Fall einer Fehlfunktion zu trennen.

Fig.1

Segmentiertes Hochvolt-Batteriesystem

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Hochvolt-Batteriesystem zur Versorgung von mehreren Verbrauchern eines Fahrzeugs, ein Fahrzeug mit einem solchen und ein Verfahren zur Steuerung eines solchen.

Die vorliegende Erfindung beruht darauf, dass ein Trend der Fahrzeugentwicklung dahin geht, eine immer größere Anzahl von elektrischen Verbrauchern in das Fahrzeug integriert werden und diese Verbraucher an eine gemeinsame Stromverteilerleitung angeschlossen sind. An diese gemeinsame Stromverteilerleitung sind auch ein oder mehrere Batteriesysteme mit jeweils mehreren Batterien angeschlossen. Die Stromverteilerleitung mit Batterien, Verbrauchern und gegebenenfalls anderen elektrischen Einrichtungen bilden das Hochvolt-Batteriesystem zur Stromversorgung des Fahrzeugs, im Weiteren auch als Gesamtsystem bezeichnet.

Jeder der Verbraucher hat eine gewisse Ausfallwahrscheinlichkeit und eine gewisse Fehlerwahrscheinlichkeit und kann über beide eine Fehlfunktion im Gesamtsystem erzeugen. Ein Ausfall oder Fehler kann unter Umständen auch für einen Ausfall des Gesamtsystems sorgen oder als Systemreaktion eine Abschaltung des Verbrauchers oder eines Subsystems zur Folge haben, um die Sicherheit des Gesamtsystems zu gewährleisten. Mit der Anzahl der an das gleiche Hochvolt-Batteriesystem angeschlossenen Verbrauchern steigt somit eine Ausfallwahrscheinlichkeit des Gesamtsystems an.

Ein Ausfall eines Subsystems bedeutet, dass das Subsystem nicht mehr funktioniert, ohne dass notwendigerweise ein Rückschluss auf das Gesamtsystem gemacht werden kann. Falls die nicht ausgefallenen Teile des Gesamtsystems trotz des Ausfalls ohne Beeinträchtigung funktionieren, wäre eine Wegschaltung des ausgefallenen Subsystems nicht erforderlich, da ein Wegschalten im Ergebnis keinen Unterschied macht: Das ausgefallene Subsystem würde in diesem Fall nicht funktionieren, die nicht ausgefallenen Teile des Gesamtsystems würden weiterhin funktionieren.

Im Unterschied zum Ausfall kann bei einem Fehler vorkommen, dass ein Subsystem ungewollt einen Parameter ändert, aber unter Umständen noch aktiv bleibt, da das Subsystem die Parameteränderung nicht detektieren kann oder aus anderen Gründen nicht detektiert und die Funktion des Subsystems von dem Fehler nicht unmittel-

bar beeinflusst wird. Ein Beispiel für einen Fehler ist das langsame Aufscheuern einer Isolierung im Subsystem. Da das Subsystem keine eigenen Isolationsüberwachung hat, wird das Subsystem diesen Fehler nicht detektieren, weiter aktiv bleiben und gegebenenfalls auch weiter funktionieren. Das Gesamtsystem überwacht aber, um Sicherheit zu gewährleisten, den Isolationswiderstand des Gesamtsystems. Dieser wird jedoch durch den Fehler im Subsystem beeinträchtigt. Nach Detektion des Fehlers wird das gesamte System abgeschaltet werden müssen, um die Sicherheit zu gewährleisten. Im Stand der Technik führen daher auch kleinere Fehler somit regelmäßig zu größeren Ausfällen. Grundsätzlich sind Fehler im Stand der Technik kritischer als Ausfälle.

Dieses Problem besteht insbesondere bei Nutzfahrzeugen. Es ist bekannt, dass bei Fahrzeugen, insbesondere bei Nutzfahrzeugen, oft parallele Batteriesysteme verwendet werden. Diese sind über eine elektrische Verteilerleitung miteinander verbunden und stellen elektrische Energie bereit. Als Verbraucher sind an der elektrischen Verteilerleitung beispielsweise Antriebsinverter oder Hilfseinrichtungen wie eine Lenkhilfepumpe oder ein Luftkompressor angeschlossen. Bei einer Vielzahl von Nutzfahrzeugen werden dazu außerdem Aufbauten wie Kühlkoffer, Kräne oder andere Einrichtungen von Aufbauherstellern dem Fahrzeug hinzugefügt. Viele dieser Aufbauten benötigen elektrische Energie, welche bei Elektro- oder Hybrid-Fahrzeugen oft über einen Hochvolt-Anschluss an der Stromverteilerleitung zur Verfügung gestellt wird. Durch zusätzliche Verbraucher sind zusätzliche Kabellängen verbunden, die die Ausfallswahrscheinlichkeit aufgrund eines Isolationsfehlers erhöhen.

Von Hochvolt-Batteriesystemen aus dem Stand der Technik ist bekannt, den Isolationswiderstand im System zu überwachen. Dies geschieht üblicherweise durch einen Isolationswächter. Je nach Systemdesign kann das Unterschreiten eines Schwellwertes, oder auffällige Messwerte, zu einem unmittelbaren oder verzögerten Abschalten des gesamten Systems führen.

Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass bei einem detektierten Fehler, das gesamte System abgeschaltet wird.

Bei einer Abschaltung des Gesamtsystems können wesentliche Subsysteme wie die Lenkhilfepumpe nicht weiter betrieben werden. Ein solcher Ausfall ist bei normalen Fahrzeugen bereits ein Risiko, jedoch bei Nutzfahrzeugen, insbesondere bei Fahr-

zeugen zur Beförderung gefährlicher Güter, sogenannter ADR-Fahrzeuge, ein größeres, weil sicherheitskritisches Problem.

Eine weitere Schwachstelle entsteht aus der Kombination unterschiedlicher Aufbauten durch Aufbauhersteller. Den das Fahrzeug konzipierenden Fahrzeugherstellern sind nicht sämtliche mögliche Aufbauten bekannt und können wegen ihrer sehr großen Zahl nicht vollumfänglich berücksichtigt werden. Hieraus ergeben sich zusätzliche Ausfallrisiken und Fehlerrisiken.

Eine den Aufbauten zur Verfügung gestellte Schnittstelle wird im Stand der Technik zwar abgesichert, eine Reduktion des Isolationswiderstandes der Aufbauten beeinflusst jedoch auf Grund der Parallelschaltung der Subsysteme maßgeblich den gesamten Isolationswiderstand, was zu einer Beeinflussung des Systems führt. Das Ausmaß der Beeinflussung hängt von der gewählten Implementierung ab.

Aus dem Stand der Technik ist ferner bekannt, Signale über Schnittstellen zwischen Fahrzeug und Aufbauten auszutauschen, damit das Fahrzeug einem Steuergerät der Aufbauten Steuersignale, insbesondere für Abschaltanforderungen mitteilen kann. Diese Funktionen sind jedoch im Steuergerät der Aufbauten implementiert. Daraus folgt, dass das Fahrzeug selbst die Verbindung zur Hochvolt-Spannung nicht trennen kann, sondern auf die Steuergeräte der Aufbauten angewiesen ist. Dies kann sowohl bei Auftreten einem Isolationsfehler notwendig werden, aber auch bei bestimmten Betriebszuständen vorteilhaft werden - beispielsweise bei einem Limp-Home-Modus.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise ein Hochvolt-Batteriesystem zur Versorgung von mehreren Verbrauchern eines Fahrzeugs bereitzustellen, die das Ausfallrisiko einzelner elektrisch betriebener Komponenten des Fahrzeugs und das Ausfallrisiko des gesamten Hochvolt-Batteriesystems senkt.

Die voranstehende Aufgabe wird gelöst, durch eine Hochvolt-Batteriesystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 14. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Hochvolt-Batteriesystem zur

Versorgung von mehreren Verbrauchern eines Fahrzeugs beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Weiter ist zu beachten, dass der Begriff ‚umfassen‘ für jede der in dieser Patentanmeldung beschriebenen Ausführungsformen gemäß weiterer besonderer Ausführungsformen der Erfindung ‚bestehen aus‘ bedeuten kann.

Ein erfindungsgemäßes Hochvolt-Batteriesystem zeichnet sich durch die folgenden Merkmale aus:

Hochvolt-Batteriesystem zur Versorgung von mehreren Verbrauchern eines Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs, umfassend:

- mehrere parallel zueinander geschaltete Batterien,
- eine durch schaltbar miteinander verbundene Segmente unterteilte Stromverteilung, wobei die mehreren Batterien über eigene Verbindungsleitungen schaltbar an verschiedene Segmente der Stromverteilung angeschlossen sind;
- einen Isolationswächter zur Überwachung des Isolationswiderstands der Stromverteilung; und
- eine mit dem Isolationswächter in Verbindung stehende Steuerungseinrichtung, die dazu eingerichtet ist, wenigstens eine Verbindung der Segmente im Fall einer Fehlfunktion zu trennen.

Der Kerngedanke eines erfindungsgemäßen Hochvolt-Batteriesystems liegt darin, dass durch die Segmentierung der Stromverteilung und den Anschluss der Batterien an einzelne Segmente eine Lokalisierung einer Fehlfunktion durch Trennung der Verbindung zwischen Batterien zu Segmenten oder zwischen unterschiedlichen Segmenten möglich ist, wobei andere Segmente weiter mit Strom versorgt bleiben können.

Das Hochvolt-Batteriesystem zur Versorgung von mehreren Verbrauchern eines Fahrzeugs ermöglicht, einen elektrischen Fehler auf einfache Art und Weise zu loka-

lisieren und andere, von dem Fehler nicht direkt betroffene Einrichtungen des Hochvolt-Batteriesystems weiter zu betreiben.

Ein wesentlicher Vorteil des Hochvolt-Batteriesystems ist die Ermöglichung einer erhöhten Ausfallssicherheit sicherheitskritischer Systeme wie der Lenkhilfepumpe, insbesondere bei ADR-Fahrzeugen.

Das erfindungsgemäße Hochvolt-Batteriesystem ermöglicht außerdem, dass bei Detektion eines Fehlers im Batteriesystem, nur einen Teil des Batteriesystems abzuschalten. Eine Verminderung der maximalen Leistung des Gesamtsystems kann eine Folge sein, wobei ein Totalausfall vermieden wird.

Bei einem Fehler im Gesamtsystem wird ermöglicht, das Hochvolt-Batteriesystem und/oder das Verbrauchersystem schrittweise abzuschalten und so zu verkleinern, um einzelne Elemente oder Segmente als Fehlerquelle auszuschließen. Der nicht-abgeschaltete Teil des Fahrzeuges bleibt dadurch funktionstüchtig, sodass je nach Größe des Fehlers beispielsweise eine Weiterfahrt, ein Fahren aus einer Gefahrenzone oder zumindest ein Erhalt der Lenkkraftunterstützung bis zum Abbremsen des Fahrzeuges möglich bleibt.

Sowohl im Fehlerfall des Aufbaus als auch in besonderen Betriebszuständen des Fahrzeuges wie beispielsweise einem Limp-Home-Modus ist es möglich, die elektrische Verbindung zum Aufbau durch Öffnen eines Schalters zwischen zwei Segmenten zu unterbrechen.

Unter den Begriffen Hochvolt und Hochvolt-Spannung wird entsprechend der Norm ISO 6469-3.10 eine Spannung U der Spannungsklasse B von $30 \text{ V AC rms} < U \leq 1000 \text{ V AC rms}$ oder $60 \text{ V DC} < U \leq 1000 \text{ V DC}$ verstanden. Als Verbraucher wird ein elektrisches Bauelement, ein Elektrogerät oder eine Elektroanlage verstanden, die elektrische Energie in eine andere Energieform umwandeln kann. Als Batterie wird ein Speicher für elektrische Energie auf elektrochemischer Basis verstanden. Der Begriff Batterie umfasst dabei sowohl Zellen, Module als auch Packs. Schaltbare Verbindungen werden durch spannungsangepasste Schalter erzeugt. Im gegebenen Fall von Hochvolt-Spannungen können dies insbesondere Schütz-Schalter und/oder sicherheitsgerichtete Schalter sein.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Steuerungseinrichtung ferner dazu eingerichtet ist, wenigstens eine Verbindung eines Verbrauchers zur Stromverteilerleitung und/oder wenigstens eine Verbindung einer Batterie zur Stromverteilerleitung zu trennen.

Besondere Vorteile werden erreicht, wenn die Steuereinrichtung ferner dazu eingerichtet ist, eine getrennte Verbindung zwischen Segmenten und/oder eine getrennte Verbindung eines Verbrauchers zur Stromverteilerleitung und/oder eine getrennte Verbindung einer Batterie zur Stromverteilerleitung zu schließen.

Hierdurch können Bereiche, die für das Auslösen der Fehlfunktion nicht ursächlich sind, wieder an das Hochvolt-Batteriesystem angeschlossen und weiterbetrieben werden.

Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Hochvolt-Batteriesystem die Fehlfunktion einen unerwünschten Betriebszustand des Fahrzeugs und/oder eine Fehlfunktion eines Verbrauchers, und/oder eine Fehlfunktion einer Batterie und/oder eine Fehlfunktion einer Verbindungsleitung umfasst.

Eine derartige Einschränkung auf potenziell sicherheitsrelevante Fehlfunktionen begrenzen den Überwachungsaufwand für das Gesamtsystem.

Vorteile bringt es weiter mit sich, wenn das Hochvolt-Batteriesystem ferner mehrere Verbraucher umfasst, die an unterschiedliche Segmente der Stromverteilerleitung angeschlossen sind.

Die Verbraucher können einen Isolationsmonitor, eine Lenkhilfepumpe, einen Inverter mit daran angeschlossenem Elektromotor, ein DC/DC Niederspannungsbordnetz, einen Hochvoltheizer, einen Hochvoltanschluss für einen Aufbau, Brennstoffzellen, Nebenverbraucher wie Luftkompressoren mit Inverter, Klimakompressoren mit Inverter, Hochvolt-Chiller für Kühlkreisläufe, Hochvolt-Kühlerlüfter mit Inverter, Bremswiderstände mit Bremschopper, On-Board-Charger und DC Ladeleitungen umfassen. Vorzugsweise werden die Verbraucher danach den Segmenten zugeordnet, wie kritisch ein Ausfall des jeweiligen Subsystems für einen Weiterbetrieb des Gesamtsystems ist. Für den Weiterbetrieb besonders kritische Verbraucher werden grundsätzlich näher an den Segmenten mit direktem Anschluss von Batterien angeordnet als Verbraucher, die weniger kritisch für den Weiterbetrieb sind.

Weitere Vorteile bringt es mit sich, wenn das Hochvolt-Batteriesystem ferner umfassend ein Batteriemanagementsystem zur Überwachung, Regelung und zum Schutz der Batterien umfasst. Das Batteriemanagementsystem kann insbesondere einen Ladezustand und/oder eine Temperatur der Batterien überwachen, die Batterien zur Stromverteilerleitung zuschalten oder von dieser trennen und ist vorzugsweise mit der Steuerungseinrichtung verbunden. Das Batteriemanagementsystem dient in diesem Fall als Schnittstelle zwischen dem Fahrzeug und den in den Batterien verbauten elektronischen Komponenten. Es steuert dabei Funktionen, die für die aktuellen Betriebszustände des Fahrzeugs nötig sind. Ferner steuert das Batteriemanagementsystem Maßnahmen, um Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Batterien zu optimieren. Das heißt beispielsweise: durch Kühlen und gegebenenfalls Beheizen für ein geeignetes Temperaturniveau zu sorgen. Wird das Fahrzeug gestartet, so wird ein Befehl vom Steuergerät des Fahrzeugs zum Batteriemanagementsystem geschickt, welches daraufhin den Zustand wenigstens einer Batterie kontrolliert und Schütze des Batteriesystems schließt, um den Motor mit Strom zu versorgen. Tritt während des Betriebs ein Fehler im Batteriesystem auf, so wird dieser vom Batteriemanagementsystem verarbeitet und einer Fehlerkategorie zugeordnet.

Das Batteriemanagementsystem ermöglicht einen höheren Schutz der Batterien, Ladezustandskontrolle, Lastmanagement und eine Bestimmung der Batteriealterung. Damit ermöglicht es, die Lebensdauer des Gesamtsystems zu erhöhen.

Weitere Vorteile werden erreicht, wenn wenigstens zwei Segmente durch einen Schütz miteinander schaltbar verbunden sind.

Ein Schütz ist ein elektrisch oder elektromagnetisch betätigter Schalter für große elektrische Leistungen und ähnelt einem Relais. Das Schütz kennt zwei Schaltstellungen und schaltet ohne besondere Vorkehrungen üblicherweise monostabil. Insbesondere kann der Schütz als Schließer ausgestaltet sein. Als Alternative zum Schütz kommt die Verwendung von Relais oder auch Halbleiterschaltern infrage. Schütze ermöglichen eine besonders sichere Trennung von hohen Spannungen.

Weitere Vorteile werden erreicht, wenn die Verbraucher hierarchisch angeordnet sind.

Beispielsweise ermöglicht eine hierarchische Anordnung der Verbraucher an Segmenten der Hochvolt-Verteilerleitung entsprechend ihrer Sicherheitsrelevanz ein ein-

facheres Abschalten weniger sicherheitskritischer Segmente und dadurch den Weiterbetrieb des Fahrzeugs im Falle einer Fehlfunktion in einem nicht-sicherheitskritischen Segment. Eine hierarchische Anordnung, die dagegen das Abschalten von Fahrzeugfunktionen erleichtert, kann dazu eingesetzt werden, den Aufbau im Fall einer Fehlfunktion im Fahrzeugbereich weiterzubetreiben. Eine derartige Anordnung kann beispielsweise bei Aufbauten von Kühlkammern bei Kühltransportfahrzeugen sinnvoll sein. Hierdurch können Unterbrechungen der Kühlkette verhindert werden. Auch andere Aufbauten können auf diese Weise vor einer Unterbrechung des Betriebs geschützt werden.

Weitere Vorteile werden erreicht, wenn die Verbraucher eine Lenkhilfpumpe umfassen.

Die Integration der Lenkhilfpumpe in das Hochvolt-Batteriesystem ermöglicht die Aufrechterhaltung der Lenkfähigkeit des Fahrzeugs auch im Fall einer Fehlfunktion und ist damit in besonderer Weise sicherheitsrelevant.

Weitere Vorteile werden erreicht, wenn die Fehlfunktion einen von dem Isolationswächter detektierbarer fehlerhafter Wert des Isolationswiderstands umfasst.

Der Isolationswächter ist dazu eingerichtet, den Isolationszustand des Hochvolt-Batteriesystems zu überwachen. Er meldet die Unterschreitung eines minimalen Isolationswiderstandes und bietet eine besonders effiziente und sichere Möglichkeit zur Überwachung einer Fehlfunktion.

Zur weiteren Reduzierung der Ausfallswahrscheinlichkeit kann ein zweiter Isolationswächter zur Überwachung des Hochvolt-Batteriesystems eingesetzt werden. Da die Messung meist einer Überlagerung der Spannung und Messung des Zeitverhalten beruht, ist jedoch keine direkte Kombination möglich. Stattdessen können 2 Isolationswächter mit einer Wechselschaltung genutzt werden. In dieser besonderen Ausführungsform ist das Einschwingverhalten der Isolationswächter zu beachten. In Abhängigkeit einer Zwischenkreiskapazität wird eine gewisse Zeit bis zum Liefern der ersten Messwerte des Isolationswiderstands benötigt. Ferner müssen im Betrieb die zyklischen Messungen der beiden Isolationswächter koordiniert werden, um fehlerhafte Messwerte durch gegenseitige Beeinflussung auszuschließen. Die Koordination kann softwareseitig, oder auch in einer nachgeschalteten gemeinsamen Steuerungseinrichtung erfolgen. Die Steuerungseinrichtung kann als Input neben den

Messwerten der beiden Isolationswächter auch einen Messzeitpunkt aufnehmen und mit diesem diejenigen Werten des Isolationswiderstands in der Weiterverarbeitung ausschließen, die zu ähnlichen oder gleichen Messzeiten aufgenommen wurden.

Weitere Vorteile werden erreicht, wenn mehrere Batterien über eigene Verbindungsleitungen an ein Segment schaltbar angeschlossen sind.

Der Anschluss mehrerer Batterien an ein Segment verringert die Ausfallwahrscheinlichkeit von an dieses Segment angeschlossenen Verbraucher und ermöglicht eine genauere Testung der an dieses Segment angeschlossenen Verbraucher. Weitere Details hierzu werden in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert.

Weitere Vorteile werden erreicht, wenn die Stromverteilerleitung in genau 3 Segmenten unterteilt ist.

Bei dieser Anzahl an Segmenten wird einerseits eine schnelle Lokalisierung einer Fehlerquelle und andererseits eine Abtrennmöglichkeit von Bereichen erreicht, die den Weiterbetrieb von wesentlichen Teilen des Fahrzeugs ermöglicht.

Weitere Vorteile werden erreicht, wenn die Stromverteilerleitung eine sternförmige Topologie aufweist.

Hierdurch lässt sich im Falle einer Fehlfunktion jedes Segment einzeln, unabhängig von den anderen Segmenten trennen. Bei Verwendung der sternförmigen Topologie lassen sich Bereiche, in welchen in einer Prüfung keine Fehlfunktion festgestellt wurde, nach dessen Trennung wieder an das System anschließen und weiter betreiben, selbst wenn eine Fehlfunktion in einem Segment mit höherer Priorität gefunden worden ist, können hierbei Segmente niedriger Priorität weiter betrieben werden. Beispielsweise kann, wenn ein Fehler in der für den Antrieb eingerichteten elektrischen Maschine gefunden wird und das die elektrische Maschine beinhaltende Segment getrennt wurde anschließend ein weniger hoch priorisiertes Segment mit einem Anschluss für Hochvolt-Aufbauten wieder zugeschaltet werden. Beispielsweise wird hierdurch ermöglicht, dass Ware in einem an diesen Hochvoltanschluss angeschlossenen Kühlkoffer nicht verdirbt, da dessen Kühlung besonders zuverlässig aufrechterhalten werden kann, obwohl der Antrieb des Fahrzeugs nicht mehr funktioniert.

Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung liefert ein Fahrzeug, umfassend ein Hochvolt-Batteriesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

Das Fahrzeug kann insbesondere ein Nutzfahrzeug, besonders bevorzugt ein ADR-Fahrzeug zum Transport von gefährlichen Gütern sein.

Die durch die Erfindung erzielbaren Vorteile sind bei einem Nutzfahrzeug und einem ADR-Fahrzeug zum Transport von gefährlichen Gütern besonders stark ausgeprägt.

Ein dritter Aspekt der vorliegenden Erfindung liefert ein Verfahren zum Steuern eines Hochvolt-Batteriesystems nach einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend die Schritte:

- a) Überwachen eines Werts eines Isolationswiderstands des Hochvolt-Batteriesystems;
- b) Übermitteln des Werts des Isolationswiderstands an die Steuerungseinrichtung;
- c) Bestimmen der zeitlichen Änderung des Werts des Isolationswiderstands;
- d) Sobald die Änderung des Werts des Isolationswiderstands unter einen ersten Schwellwert fällt, Durchführen der folgenden Schritte, bis der Wert des Isolationswiderstands einen zweiten Schwellwert überschreitet:
 - aa) Trennen von Verbrauchern von der Stromverteilerleitung, insbesondere beginnend mit Verbrauchern geringer Priorität in einem Segment geringer Priorität; und/oder
 - bb) Trennen von Segmenten der Stromverteilerleitung, insbesondere beginnend mit Segmenten geringer Priorität; und/oder
 - cc) Trennen von einzelnen Batterien von der Stromverteilerleitung.

Vorzugsweise kann bei dem Verfahren vorgesehen sein, dass der erste Schwellwert und der zweite Schwellwert gleich groß sind.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das Verfahren ferner die Schritte umfasst:

e) Ausschließen der Ursache der Fehlfunktion in einem Verbinden von zuvor von der Stromverteilerleitung getrennten Verbrauchern und/oder Segmenten und/oder Batterien,

Bei dem Verfahren wird der Wert des Isolationswiderstand, vorzugsweise durch einen Isolationswächter, zyklisch überwacht. Mehrere Messprinzipien sind aus dem Stand der Technik bekannt. Bei einem dieser Messprinzipien wird eine Spannung zyklisch moduliert und anhand des zeitlichen Verhaltens der Spannung der Wert des Isolationswiderstand ermittelt.

Dieser Wert des Isolationswiderstands wird an die Steuerungseinrichtung übermittelt.

Wird eine Abnahme des Werts Isolationswiderstands festgestellt, werden zur Fehlereingrenzung vorzugsweise zunächst Segmente voneinander getrennt.

Je nach Abnahmegeschwindigkeit und Wert des Isolationswiderstands werden vorab die mit diesem Segment verbundenen Verbraucher über eine Abschaltanforderung heruntergefahren. Bei einem zu niedrigen Wert des Isolationswiderstands ist jedoch auch eine Trennung unter Last möglich.

Im weiteren Verlauf des Verfahrens werden Verbraucher, beginnend von den Verbrauchern mit niedrigster Priorität, heruntergefahren oder abgeschaltet und von der restlichen Stromverteilerleitung getrennt.

Nach jeder Abschaltung und jeder Trennung wird der Wert des Isolationswiderstands ermittelt. Liegt der ermittelte Wert des Isolationswiderstands weiter unter dem zweiten Schwellwert, wird das Verfahren fortgeführt.

Neben den Verbrauchern könnte die Ursache der Fehlfunktion auch im Bereich eines oder mehrerer Batterien liegen. Deswegen werden nach Abtrennen von Bereichen mit Verbrauchern und somit Reduktion der maximal möglichen Last und damit Sicherstellung, dass Batterien nicht überlastet werden, Batterien einzeln von der Stromverteilerleitung abgetrennt. Die Steuerungseinrichtung teilt dem Batteriemanagementsystem hierzu eine Abschaltanforderung mit. Üblich ist eine Abschaltanforderung mit Wartezeit, während der ein Strom unter einen Schwellwert fällt, bevor ein entsprechender Schalter geöffnet wird. Alternativ ist eine Notfallabschaltung möglich, bei der die mit der Batterie verbundenen Schalter unter Last geöffnet werden.

Das Verfahren wird so lange durchgeführt bis der Wert des Isolationswiderstands über den zweiten Schwellwert ansteigt oder lediglich dasjenige Segment der Hochvolt-Verteilerleitung angeschlossen bleibt, welches die am höchsten priorisierte Komponente enthält und der Isolationswächter sowie zwei Batterien noch angeschlossen sind. Hierbei ist zu beachten, dass jede der verbleibenden Batterien die erforderliche Leistung der am höchsten priorisierten Komponente bereitstellen kann.

Nun wird wechselseitig jeweils eine der zwei verbleibenden Batterien vom Segment und damit der Komponente getrennt, während die andere Batterie jeweils angeschlossen bleibt. Dadurch kann sichergestellt werden, dass möglichst viele Kombinationen in der Abschaltung berücksichtigt werden, damit die höchst priorisierte Komponente trotz des Auftretens von Fehlern oder der Verschlechterung von Werten des Isolationswiderstands funktionstüchtig bleibt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine besondere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochvolt-Batteriesystems; und
- Fig. 2 eine weitere besondere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochvolt-Batteriesystems mit sternförmiger Topologie.

Figur 1 zeigt schematisch eine besondere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochvolt-Batteriesystems 10. Das Hochvolt-Batteriesystem 10 dient zur Versorgung von mehreren Verbrauchern 12a-12g eines Fahrzeugs. Das Fahrzeug ist nicht explizit dargestellt und kann insbesondere ein Nutzfahrzeug, besonders bevorzugt ein ADR-Fahrzeug zur Beförderung gefährlicher Güter sein.

Das Hochvolt-Batteriesystems 10 umfasst mehrere Batterien 14a-14d zur Versorgung der Verbraucher 12a-12g mit elektrischer Energie und eine Stromverteilerleitung 16. Die Stromverteilerleitung 16 ist in ein erstes Segment 18a, ein zweites Segment 18b, ein drittes Segment 18c und ein viertes Segment 18d unterteilt. Die Segmente sind durch Schütze 20 schaltbar miteinander verbunden. Zwei Batterien 14a, 14b sind über jeweils eine eigene Verbindungsleitung 22a, 22b schaltbar an das

erste Segment 18a der Stromverteilerleitung 16 angeschlossen. Zwei weitere Batterien 14c, 14d sind in gleicher Weise schaltbar an das zweite Segment 18b der Stromverteilerleitung 16 angeschlossen. In anderen Ausführungsformen können an ein am höchsten priorisiertes Segment auch mehr als zwei Batterien angeschlossen sein.

Das erste Segment 18a und das zweite Segment 18b haben somit eine eigene Stromversorgung. Das dritte Segment 18c und das vierte Segment 18d und die daran angeschlossenen Verbraucher 12e-12g sind auf die Stromversorgung über die Stromverteilerleitung angewiesen.

Zur Schaltung der Schütze 20 sind diese mit einer Steuerungseinrichtung 24 verbunden. Die Steuerungseinrichtung 24 ist dazu eingerichtet, wenigstens eine Verbindung der Segmente 18a-18c im Falle einer Fehlfunktion oder eines anderen Fehlers zu trennen. Die Verbindung der Segmente 18a bis 18c sind in der hier gezeigten Ausführungsform Schütze 20. Die Trennung der Verbindung geschieht durch das Öffnen wenigstens einer der Schütze 20. Die Schütze können als Schließer oder Öffner ausgestaltet sein.

Die Steuerungseinrichtung 24 kann auf verschiedene Weise eine Information zu einer Fehlfunktion erhalten. Die dargestellte Ausführungsform umfasst einen Isolationswächter 12a zur Überwachung des Isolationswiderstands der Stromverteilerleitung 16. Der Isolationswächter 12a ist signaltechnisch mit der Steuerungseinrichtung 24 verbunden (Verbindung aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht explizit dargestellt). Sobald der Isolationswächter 12a einen kritischen, d.h. zu niedrigen Wert eines Isolationswiderstands detektiert, sendet er ein Signal an die Steuerungseinrichtung 24, welche anschließend eine sequenzielle Trennung von Komponenten des Hochspannungs-Batteriesystems vornehmen kann, um die Quelle der Fehlfunktion zu lokalisieren.

das Hochvolt-Batteriesystem 10 umfasst ferner ein Batteriemanagementsystem 26, mit dem die Batterien 14a-14d überwacht, geregelt und geschützt werden können. Das Batteriemanagementsystem 26 ist signaltechnisch mit der Steuerungseinrichtung 24 verbunden. Die Steuerungseinrichtung 24 kann über diese Verbindung Signale an das Batteriemanagementsystem 26 zur Regelung der Batterien 14a-14d senden. Über diese Signale kann die Steuerungseinrichtung 24 unter anderem die

Batterien 14a-14d von der Stromverteilerleitung 16 trennen oder die Batterien 14a-14d mit der Stromverteilerleitung 16 verbinden.

An das erste Segment 18a ist neben dem Isolationswächter 12a eine Lenkhilfepumpe 12b angeschlossen. An das zweite Segment 18b ist ein Motor 12c über einen Inverter 13 und ein Luftpresser 12d angeschlossen. Die an das dritte Segment 18c angeschlossenen Verbraucher sind ein DC/DC-Niederspannungs-Bordnetz 12e und eine Hochvolt-Heizeinrichtung 12f. An das vierte Segment 18d ist der Hochvoltanschluss 12g für Aufbauten des Fahrzeugs angeschlossen. Alle Verbraucher 12a-12g sind schaltbar mit einem Segment 18a-18d der Stromverteilerleitung 16 verbunden, können also bei Bedarf von dieser getrennt werden. Die Trennung oder Verbindung von Verbrauchern 12a-12g erfolgt über die Steuerungseinrichtung 16.

Diese gezeigte Aufteilung der Verbraucher auf die Segmente ist lediglich ein Beispiel einer möglichen Aufteilung, bei dem die Priorität der Energieversorgung der Verbraucher 12a-12g von links nach rechts abnimmt. Bei der dargestellten Aufteilung haben der Isolationswächter 12a und die Lenkhilfepumpe 12b höchste Priorität und sind daher an das erste Segment 18a angeschlossen. Das zweite Segment 18b mit Verbrauchern hoher Priorität, der elektrischen Maschine 12c und dem Luftpresser 12d hat ebenfalls eine eigene Stromversorgung über die Batterien 14c und 14d. Das dritte Segment 18c mit Verbrauchern mittlerer Priorität, dem DC/DC-Niederspannungs-Bordnetz 12e und der Hochvolt-Heizeinrichtung 12f ist lediglich indirekt über das zweite Segment 18b mit Batterien anschließbar. Der Hochvoltanschluss 12g für Aufbauten hat niedrige Priorität und ist am einfachsten von der Stromverteilerleitung 16 zu trennen.

Figur 2 zeigt ein Hochvolt-Batteriesystem, bei dem die Stromverteilerleitung 16 eine sternförmige Topologie aufweist. Grundsätzlich sind die Komponenten des Hochvolt-Batteriesystems gleich, unabhängig von dessen Topologie. Die Erläuterungen zu Figur 1 treffen daher grundsätzlich auch auf Figur 2 zu. Im Unterschied zum in Figur 1 dargestellten Hochvolt-Batteriesystem 10 zeigen bei dem Hochvolt-Batteriesystem 10 mit sternförmiger Topologie die Segmente 18a-18d von einem zentralen Knotenpunkt 30 ab. Ein besonderer Vorteil der sternförmigen Topologie besteht darin, dass die einzelne Segmente 18a-18d nicht in Reihe geschaltet sind und daher unabhängig von anderen Segmenten 18 getrennt werden können. Hierdurch ist unter anderem

eine größere Flexibilität bei der Lokalisierung der Fehlfunktion und des Weiterbetriebs von Verbrauchern aus anderen Segmenten im Fall einer Fehlfunktion möglich.

Bei einem Hochvolt-Batteriesystem, bei dem die Stromverteilerleitung 16 eine sternförmige Topologie aufweist, kann eine Unterteilung in Segmente derart vorgesehen sein, dass jeder Verbraucher und jede Batterie an einem eigenen, separat trennbaren Segment angeschlossen ist. Hierdurch kann verhindert werden, dass mehrere Verbraucher und/oder Batterien gleichzeitig von der Stromverteilerleitung getrennt werden müssen, wodurch eine Ausfallwahrscheinlichkeit des Gesamtsystems und einzelner Subsysteme weiter reduziert wird.

Für einen sicheren Betrieb und die Vermeidung von Schaltungen unter Last sind alle schaltbaren Elemente in allen Ausführungsformen der Erfindung grundsätzlich mit Spannungsmesseinrichtungen (nicht explizit dargestellt) ausgestattet. Die von den Spannungsmesseinrichtungen gemessenen Spannungen werden an die Steuerungseinrichtung 16 übertragen, die dazu eingerichtet ist, einen Schalter vorzugsweise nur dann zu schließen, wenn auf beiden Seiten des Schalter die gleiche Spannung anliegt oder ein Spannungsunterschied unterhalb eines als sicher eingestuften Schwellwerts liegt.

Die voranstehenden Erläuterungen zu den Ausführungsformen beschreiben die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

Bezugszeichenliste

10	Hochvolt-Batteriesystem
12a-12g	Verbraucher
12a	Isolationswächter
12b	Lenkhilfepumpe
12c	elektrische Maschine
12d	Luftpresser
12e	DC/DC-Niederspannungs-Bordnetz
12f	Hochvolt-Heizeinrichtung
12g	Hochvoltanschluss für Aufbauten
14a-14d	Batterie
16	Stromverteilerleitung
18a	erstes Segment
18b	zweites Segment
18c	drittes Segment
18d	viertes Segment
20	Schütz
22a-22d	Verbindungsleitung
24	Steuerungseinrichtung
26	Batteriemanagementsystem
30	zentraler Knotenpunkt

Patentansprüche

1. Hochvolt-Batteriesystem (10) zur Versorgung von mehreren Verbrauchern (12a-12g) eines Fahrzeugs, insbesondere eines Nutzfahrzeugs, umfassend:
 - mehrere parallel zueinander geschaltete Batterien (14a-14d),
 - eine durch schaltbar miteinander verbundene Segmente (18a-18d) unterteilte Stromverteilerleitung (16), wobei die mehreren Batterien (14a-14d) über eigene Verbindungsleitungen (22a-22d) schaltbar an verschiedene Segmente (18a-18d) der Stromverteilerleitung (16) angeschlossen sind;
 - einen Isolationswächter (12a) zur Überwachung des Isolationswiderstands der Stromverteilerleitung (16); und
 - eine mit dem Isolationswächter in Verbindung stehende Steuerungseinrichtung, die dazu eingerichtet ist, wenigstens eine Verbindung der Segmente (18a-18d) im Fall einer Fehlfunktion zu trennen.
2. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach Anspruch 1, wobei die Fehlfunktion einen unerwünschten Betriebszustands des Fahrzeugs und/oder eine Fehlfunktion eines Verbrauchers (12a-12g), und/oder eine Fehlfunktion einer Batterie (14a-14d) und/oder eine Fehlfunktion einer Verbindungsleitung (22a-22d) umfasst.
3. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach Anspruch 1, ferner umfassend mehrere Verbraucher (12a-12g), die an unterschiedliche Segmente (18a-18d) der Stromverteilerleitung (16) angeschlossen sind.
4. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend ein Batteriemanagementsystem (26) zur Überwachung, Regelung und zum Schutz der Batterien (14a-14d).
5. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei wenigstens zwei Segmente (18a-18d) durch einen Schütz (20) miteinander schaltbar verbunden sind.
6. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Schütz (20) als Schließer ausgestaltet ist.

7. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verbraucher (12a-12g) hierarchisch angeordnet sind.
8. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verbraucher (12a-12g) eine Lenkhilfepumpe (12b) umfassen.
9. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Fehlfunktion einen von dem Isolationswächter (12a) detektierbarer fehlerhafter Wert des Isolationswiderstands umfasst.
10. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere Batterien (14a-14d) über eigene Verbindungsleitungen (22a-22d) an ein Segment (18a-18d) schaltbar angeschlossen sind.
11. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Stromverteilerleitung (16) in genau 3 Segmente (18a-18d) unterteilt ist.
12. Hochvolt-Batteriesystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Stromverteilerleitung (16) eine sternförmige Topologie aufweist.
13. Fahrzeug, umfassend ein Hochvolt-Batteriesystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
14. Verfahren zum Steuern eines Hochvolt-Batteriesystems (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend die Schritte:
 - a) Überwachen eines Werts eines Isolationswiderstands des Hochvolt-Batteriesystems (10);
 - b) Übermitteln des Werts des Isolationswiderstands an eine Steuerungseinrichtung (24);
 - c) Bestimmen der zeitlichen Änderung des Werts des Isolationswiderstands;
 - d) Sobald die Änderung des Werts des Isolationswiderstands unter einen ersten Schwellwert fällt, Durchführen der folgenden Schritte, bis der Wert des Isolationswiderstands einen zweiten Schwellwert überschreitet:

- aa) Trennen von Verbrauchern (12a-12g) von der Stromverteilerleitung (16), insbesondere beginnend mit Verbrauchern (12a-12g) geringer Priorität in einem Segment (18a-18d) geringer Priorität; und/oder
 - bb) Trennen von Segmenten (18a-18d) der Stromverteilerleitung (16), insbesondere beginnend mit Segmenten (18a-18d) geringer Priorität; und/oder
 - cc) Trennen von einzelnen Batterien (14a-14d) von der Stromverteilerleitung (16).
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der erste Schwellwert und der zweite Schwellwert gleich groß sind.

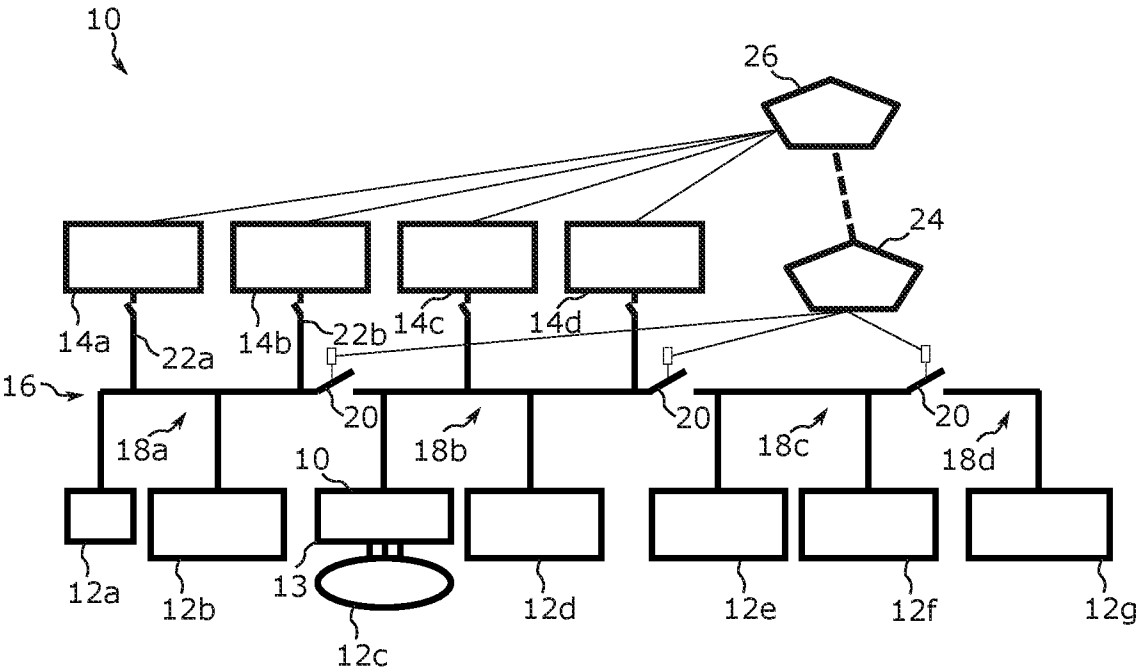


Fig. 1

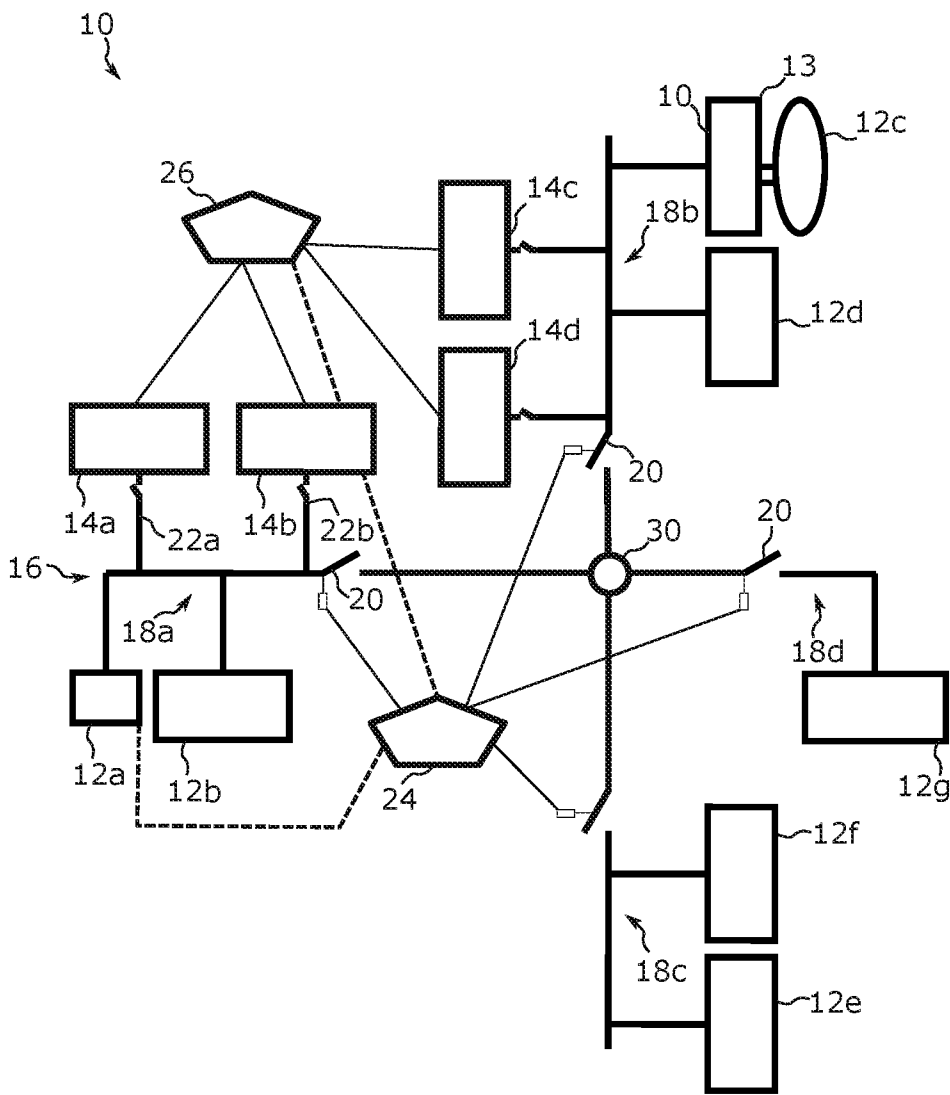


Fig. 2