

WO 2012/143354 A2



TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und- ein Verfahren zum Starten eines in einem Fahrzeug angeordneten Verbrennungsmotors (10). Hierfür sind vorgesehen: eine elektrische Maschine (24, 24'), die dazu ausgebildet ist, den Verbrennungsmotor (10) zumindest zeitweise anzutreiben, und eine erste Speichereinheit (28, 28', 50), die dazu ausgebildet ist, elektrische Energie zu speichern. Außerdem ist eine Einstelleinheit (26, 26') vorgesehen, über die die elektrische Maschine (24, 24') mit der ersten Speichereinheit (28, 28', 50) verbindbar ist, wobei die Einstelleinheit (26, 26') dazu ausgebildet ist, zumindest einen definierten Verbrennungsmotorbetriebszustand und/oder zumindest einen definierten Fahrzeugbetriebszustand zu erfassen, und zumindest in Abhängigkeit des erfassten Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder des erfassten Fahrzeugbetriebszustands eine elektrische Größe einzustellen, die eine beim Antreiben des Verbrennungsmotors (10) von der elektrischen Maschine (24, 24') aus der ersten Speichereinheit (28, 28', 50) entnommene elektrische Leistung bestimmt, oder die entnommene elektrische Leistung selbst einzustellen.

Vorrichtung und Verfahren zum Starten eines in einem Fahrzeug angeordneten Verbrennungsmotors

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Starten eines in einem Fahrzeug angeordneten Verbrennungsmotors. Für das Starten des Verbrennungsmotors sind vorgesehen: eine elektrische Maschine, die dazu ausgebildet ist, den Verbrennungsmotor zumindest zeitweise anzutreiben, und eine erste Speichereinheit, die dazu ausgebildet ist, elektrische Energie zu speichern.

Heutzutage kommen im Automobilbau unterschiedlich aufgebaute Verbrennungsmotoren zum Einsatz. Ein Merkmal, in dem sich Verbrennungsmotoren in ihrem Aufbau unterscheiden, ist die Art der Zündungseinleitung. So gibt es selbstzündende Verbrennungsmotoren (Dieselmotoren) und fremdzündende Verbrennungsmotoren, wobei der am weitesten verbreitete fremdzündende Verbrennungsmotor der Ottomotor ist. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Anzahl der Zylinder. Im Automobilbau kommen vorwiegend Verbrennungsmotoren zum Einsatz, die drei, vier, sechs, acht oder zwölf Zylinder aufweisen.

Bisher wurde für jeden Typ von Verbrennungsmotor ein individueller Startermotor und eine zugehörige individuelle Energieversorgung entwickelt bzw. konzipiert; beide Komponenten wurden in Abhängigkeit der Art der Zündungseinleitung und der Anzahl der Zylinder individuell ausgelegt. Gründe hierfür sind Folgende: Die unterschiedlichen Typen von Verbrennungsmoto-

ren haben jeweils unterschiedliche Anforderungen an die ideale elektrische Leistung, die während des Startvorgangs von dem Startermotor aufgenommen wird und/oder an den idealen elektrischen Strom, der während des Startvorgangs durch den Startermotor fließt. Hinzu kommt, dass für den jeweiligen Typ von Verbrennungsmotor die ideale elektrische Leistung und der ideale elektrische Strom in Abhängigkeit der Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors variieren. Bei einem Kaltstart wird von dem Startermotor eine andere elektrische Leistung aufgenommen als bei einem Warmstart.

Ein weiterer Aspekt ist folgender: sowohl bei Fahrzeugen, die mit einer sogenannten Start-Stopp-Automatik ausgestattet sind, als auch bei Hybridfahrzeugen ist ein gegenüber einem konventionellen Fahrzeug modifiziertes Startverhalten erforderlich. Mit einer Start-Stopp-Automatik wird der Verbrennungsmotor bei einem Stillstand des Fahrzeugs abgeschaltet. Bei einem Hybridfahrzeug ist für den Vortrieb sowohl ein Verbrennungsmotor als auch eine elektrische Maschine vorgesehen. Das modifizierte Startverhalten hängt mit neuen Betriebsstrategien zusammen, die mit diesen neuartigen Fahrzeugen möglich sind bzw. erforderlich werden, und die zu veränderten Anforderungen an die vom Startermotor während des Startvorgangs aufgenommene elektrische Leistung und an den Komfort während des Startvorgangs führen.

Bei einem konventionellen Fahrzeug sind der Startermotor und die zugehörige Energieversorgung für den Erststart bzw. Initialstart des Verbrennungsmotors ausgelegt, der erstmals nach Betreten des Fahrzeugs vom Fahrer bei Fahrtantritt ausgelöst wird. Bei einem Erststart ist es nicht erforderlich, dass der Verbrennungsmotor innerhalb kürzester Zeit ein definiertes großes Drehmoment bereitstellt.

Bei einem Fahrzeug mit Start-Stopp-Automatik sind neben dem Erststart auch ein Wiederstart und ggf. ein Zustart des Verbrennungsmotors durchzuführen. Sowohl bei einem Wiederstart als auch bei einem Zustart existiert zunächst keine wirktechnische Verbindung des Verbrennungsmotors mit den

angetriebenen Rädern des Fahrzeugs, sie steht jedoch unmittelbar bevor. Der Wiederstart und der Zustart werden von einer im Fahrzeug verbauten Steuereinheit veranlasst. Auf einen durchzuführenden Wiederstart wird erkannt, wenn in einem Fahrzeugruhezustand ein Anfahrtsignal vorliegt, wobei in dem Fahrzeugruhezustand das Fahrzeug steht und der Verbrennungsmotor steht oder eine Motordrehzahl aufweist, die zwischen einer Abstelldrehzahl und dem Wert Null liegt. Auf einen durchzuführenden Zustart wird erkannt, wenn in einem Fahrzeugbewegungszustand eine Motormomentanforderung vorliegt, wobei in dem Fahrzeugbewegungszustand das Fahrzeug fährt und der Verbrennungsmotor steht oder eine Motordrehzahl aufweist, die zwischen einer Abstelldrehzahl und dem Wert Null liegt. Sowohl bei dem Fahrzeugruhezustand als auch bei dem Fahrzeugbewegungszustand wird darauf abgestellt, dass der Verbrennungsmotor entweder still steht (Motordrehzahl Null), oder eine abklingende Motordrehbewegung ausführt (Motordrehzahl zwischen Abstelldrehzahl und dem Wert Null). Bei dem Fahrzeugruhezustand soll die Fahrzeuggeschwindigkeit vorzugsweise den Wert Null aufweisen. Es sind aber auch Start-Stopp-Automatik-Systeme denkbar, bei denen ein Wiederstart durchführbar ist, wenn sich das Fahrzeug mit einer nicht allzu großen Geschwindigkeit fortbewegt, beispielsweise mit 3km/h oder mit 20km/h. Demzufolge kann auch auf einen durchzuführenden Wiederstart erkannt werden, wenn in einem bedingten Fahrzeugbewegungszustand ein Anfahrtsignal vorliegt, wobei der bedingte Fahrzeugbewegungszustand dann vorliegt, wenn die Geschwindigkeit des Fahrzeugs kleiner als ein Schwellenwert ist, der beispielsweise 3km/h oder 20km/h beträgt. Bei dem Fahrzeugbewegungszustand weist die Fahrzeuggeschwindigkeit einen beliebigen, von Null verschiedenen Wert auf, der vorzugsweise deutlich größer als 20km/h ist und beispielsweise bei 50km/h oder 70km/h oder deutlich größeren Werten liegt. Das Anfahrtsignal repräsentiert ein unmittelbar bevorstehendes Anfahren des Fahrzeugs, welches aus dem Fahrzeugruhezustand heraus begonnen werden soll. Bevorzugt soll es sich dabei um ein durch den Fahrer eingeleitetes Anfahren handeln. Als Anfahrtsignal kommt hierbei beispielsweise ein Signal in Frage, welches die Betätigung des Kupplungspe-

dals durch den Fahrer repräsentiert. Alternativ kann es sich aber auch um ein automatisiertes, also fahrerunabhängig eingeleitetes Anfahren handeln. Die Motormomentanforderung repräsentiert ein Drehmoment, welches von dem Verbrennungsmotor im vorliegenden Fahrzeugbewegungszustand fahrerabhängig oder fahrerunabhängig einzustellen ist. Ein fahrerabhängig einzustellendes Drehmoment ergibt sich beispielsweise aufgrund einer Betätigung des Fahrpedals durch den Fahrer. Folglich kann es sich in diesem Fall bei der Motormomentanforderung um eine die Fahrpedalbetätigung repräsentierende Größe handeln. Beispielsweise kann ein Längsregelungssystem eine fahrerunabhängige Motormomentanforderung erzeugen, wobei es sich bei dem Längsregelungssystem beispielsweise um einen Abstandsregeltempomaten handeln kann. Bei der Abstelldrehzahl handelt es sich um diejenige Motordrehzahl des Verbrennungsmotors, die sich beim Ablegen des Verbrennungsmotors einstellt, d.h. bei oder unmittelbar nach Unterbrechen der Wirkverbindung zu den angetriebenen Rädern, beispielsweise bedingt durch Betätigen der Kupplung. Die Abstelldrehzahl kann im ersten Moment der Leerlaufdrehzahl entsprechen, sie kann aber betriebsbedingt auch zeitweise oberhalb der Leerlaufdrehzahl liegen.

Der Wiederstart und der Zustart des Verbrennungsmotors unterscheiden sich von einem Initialstart. Beim Wiederstart, beispielsweise an einer Ampel, ist innerhalb kürzester Zeit ein großes Drehmoment durch den Verbrennungsmotor bereitzustellen, der Verbrennungsmotor wird schneller gestartet als beim Initialstart. Beim Zustart des Verbrennungsmotors in einem Fahrzeugbewegungszustand muss der Verbrennungsmotor innerhalb kürzester Zeit ein mit dem Fahrzeugbewegungszustand korrelierendes Drehmoment bereitstellen, es ist ein sehr schnelles „Hochreißen“ des Verbrennungsmotors auf eine gewünschte Antriebsdrehzahl erforderlich (Reflexstart).

Bei einem Hybridfahrzeug ist neben dem Erststart auch ein Zustart des Verbrennungsmotors durchzuführen. Hierbei gelten die vorstehenden Ausführungen.

rungen in entsprechender Weise, die bezüglich eines Fahrzeugs mit Start-Stopp-Automatik gemacht wurden.

Diese neuen Betriebsstrategien (Zustart und/oder Wiederstart) mit dem sich daraus ergebenden modifizierten Startverhalten erfordern einen auf den jeweiligen Verbrennungsmotor abgestimmten Startermotor und eine zugehörige Energieversorgung, die leistungsfähiger gegenüber denjenigen Komponenten sind, die in konventionellen Fahrzeugen zum Einsatz kommen. Folglich können die bei konventionellen Fahrzeugen zum Einsatz kommenden Komponenten nicht ohne weiteres bei den neuartigen Fahrzeugen eingesetzt werden.

Ein weiterer Aspekt, der den Einsatz abgeänderter und somit neuartiger Startermotoren erfordert, ist Folgender: Neue Antriebsarchitekturen, wie sie beispielsweise bei Mikro- oder Mild-Hybrid-Fahrzeugen zum Einsatz kommen, geben neue Betriebsspannungen für den Startermotor vor. Bei diesen Antriebskonzepten wird der Startermotor über ein separates Bordnetz versorgt, dessen Spannung in einem Bereich von oberhalb 12V bis 60V liegen kann, sie kann aber auch über 300V betragen. In jedem Fall liegt diese Spannung oberhalb der Spannung eines konventionellen Bordnetzes, die üblicherweise 12V beträgt.

Ein weiterer Aspekt, der die Entwicklung neuartiger Startermotoren erforderlich macht, ist der Einsatz von elektrischen Energiespeichern, die im Vergleich zu konventionellen Bleiakkumulatoren sehr viel höhere Kurzschlussströme liefern können. Als Beispiel sind sogenannte Superkondensatoren erwähnt, die Kurzschlussströme in der Größenordnung von bis zu 1500A bereitstellen können.

Würde wie bisher vorgegangen werden, so wäre unter Berücksichtigung der vorstehend aufgeführten Aspekte, nämlich der Art der Zündungseinleitung, der Anzahl der Zylinder, inklusive der Berücksichtigung der Betriebstempere-

tur des Verbrennungsmotors, der neuen Betriebsstrategien, der neuen Antriebsarchitekturen und der neuen elektrischen Energiespeicher, die allesamt jeweils individuelle Anforderungen stellen an die ideale elektrische Leistung, die von einem Startermotor während des Startvorgangs aufgenommen wird und/oder an den idealen elektrischen Strom, der während des Startvorgangs durch den Startermotor fließt, eine große Anzahl individuell ausgelegter Startermotoren und zugehöriger Energieversorgungen erforderlich. Dies würde bei einem Fahrzeug dazu führen, bei dem mehrere dieser Aspekte zum Tragen kommen, insbesondere die Aspekte neue Betriebsstrategien, neue Antriebsarchitekturen und neue Energiespeicher, jeweils unter Berücksichtigung der Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors, dass solch ein Fahrzeug mit einer Vielzahl, hinsichtlich der einzelnen Aspekte individualisierter Startsysteme (Startermotor und Bordnetz) ausgestattet sein müsste. Ein Beispiel für ein Fahrzeug, bei dem dies der Fall sein könnte, ist ein Hybridfahrzeug,

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art weiterzubilden, um bei einem Fahrzeug, bei dem mehrere Aspekte zum Tragen kommen, die jeweils individuelle Anforderungen stellen an die ideale elektrische Leistung, die von einem Startermotor während des Startens eines Verbrennungsmotors aufgenommen wird und/oder an den idealen elektrischen Strom, der während des Startens eines Verbrennungsmotors durch den Startermotor fließt, anstelle mit einer Vielzahl individualisierter Startermotoren bzw. Startsysteme lediglich mit einem einzigen Startermotor bzw. einem einzigen Startsystem auszukommen, insbesondere soll der Einsatz bereits verfügbarer, kostengünstiger Gleichstrom-Startermotoren möglich sein. Insgesamt soll eine kostengünstige, einfach zu handhabende und wenig Bauraum benötigende Vorrichtung bzw. ein entsprechendes Verfahren bereitgestellt werden.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, die folgende Mittel aufweist: eine Einstelleinheit, über die die elektrische Maschine mit der ersten Speichereinheit verbindbar ist, wobei die Einstell-

einheit dazu ausgebildet ist, zumindest einen definierten Verbrennungsmotorbetriebszustand und/oder zumindest einen definierten Fahrzeugbetriebszustand zu erfassen, und zumindest in Abhängigkeit des erfassten Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder des erfassten Fahrzeugbetriebszustands eine elektrische Größe einzustellen, die eine beim Antreiben des Verbrennungsmotors von der elektrischen Maschine aus der ersten Speichereinheit entnommene elektrische Leistung bestimmt, oder die entnommene elektrische Leistung selbst einzustellen.

Die Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem folgende Schritte in einer Einstelleinheit ablaufen, über die die elektrische Maschine mit der ersten Speichereinheit verbindbar ist:

- Erfassen zumindest eines definierten Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder zumindest eines definierten Fahrzeugbetriebszustands, und
- Einstellen einer elektrischen Größe, die eine beim Antreiben des Verbrennungsmotors von der elektrischen Maschine aus der ersten Speichereinheit entnommene elektrische Leistung bestimmt oder der entnommenen elektrischen Leistung selbst, zumindest in Abhängigkeit des erfassten Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder des erfassten Fahrzeugbetriebszustands.

Der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt folgende Idee zugrunde: Schaltungstechnisch ist zwischen die elektrische Maschine und die erste Speichereinheit eine Einstelleinheit eingefügt. Mit dieser Einstelleinheit ist eine elektrische Größe, die eine beim Antreiben des Verbrennungsmotors von der elektrischen Maschine aus der ersten Speichereinheit entnommene elektrische Leistung bestimmt, oder die entnommene elektrische Leistung selbst einstellbar. Somit ist bei einem Fahrzeug, bei dem mehrere Aspekte zum Tragen kommen, die jeweils für sich individuelle Anforderungen an die ideale elektrische Leistung stellen, die von einem Startermotor während des Startens eines Verbrennungsmotors aufge-

nommen wird, die Möglichkeit gegeben, die entnommene und somit aufgenommene elektrische Leistung direkt oder indirekt einzustellen, und zwar gemäß dem jeweils zeitaktuell geltenden bzw. dem jeweils zu berücksichtigenden Aspekt. Die entnommene elektrische Leistung kann somit entsprechend dem jeweiligen Aspekt eingestellt und folglich an die damit einhergehende Startanforderung angepasst werden. Somit ist es möglich, mit einem einzigen Startermotor bzw. mit einem einzigen Startsystem sämtliche Anforderungen an die entnommene elektrische Leistung und somit den Start des Verbrennungsmotors an sich zu erfüllen, die durch die unterschiedlichen zum Tragen kommenden bzw. für das jeweilige Fahrzeug zu berücksichtigen Aspekte definiert bzw. vorgegeben werden. Die Einstelleinheit ermöglicht ein Einstellen bzw. aktives Variieren der aus der ersten Speichereinheit entnommenen und somit von der elektrischen Maschine aufgenommenen elektrischen Leistung, bzw. der elektrischen Größe, die diese Leistung bestimmt. Dadurch dass das Einstellen der entnommenen elektrischen Leistung bzw. der elektrischen Größe zumindest in Abhängigkeit eines Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder eines Fahrzeugbetriebszustands erfolgt, ist eine Adaption zumindest an die unterschiedlichen Gegebenheiten bei Kaltstart und Warmstart sowie an die unterschiedlichen Gegebenheiten der jeweiligen neuen Betriebsstrategie möglich. Dies ermöglicht folgende Vorgehensweise bei der Entwicklung bzw. Konzipierung der elektrischen Maschine: im Vorfeld wird ermittelt, bei welchem Verbrennungsmotorbetriebszustand oder Fahrzeugbetriebszustand oder Kombination beider Zustandsarten die wertmäßig größte elektrische Leistung von der elektrischen Maschine aufgenommen wird. Die elektrische Maschine wird dann für diese elektrische Leistung ausgelegt. Mit der Einstelleinheit kann dann für diejenigen Verbrennungsmotorbetriebszustände oder Fahrzeugbetriebszustände oder Kombinationen beider Zustandsarten, bei denen die wertmäßig größte elektrische Leistung nicht auftritt, die von der elektrischen Maschine aus der ersten Speichereinheit entnommene elektrische Leistung eingestellt werden.

Der Einstelleinheit stellt ein Vorschaltssystem dar, mit dem die aus der ersten Speichereinheit entnommene und somit von der elektrischen Maschine aufgenommene elektrische Leistung eingestellt bzw. begrenzt werden kann.

Um die vorgenannte Adaption zu ermöglichen weist die Einstelleinheit vorzugsweise zumindest eine Erfassungseinheit und eine Ansteuereinheit auf. Die Erfassungseinheit ist dazu ausgebildet, zumindest einen definierten Verbrennungsmotorbetriebszustand und/oder zumindest einen definierten Fahrzeugbetriebszustand zu erfassen. Die Ansteuereinheit ist dazu ausgebildet, in Abhängigkeit des erfassten Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder des erfassten Fahrzeugbetriebszustands die entnommene elektrische Leistung oder diejenige elektrische Größe, die die entnommene elektrische Leistung bestimmt, einzustellen.

Werden weitere einschlägige Größen und/oder Parameter in der Einstelleinheit erfasst oder zumindest verarbeitet, ist eine Adaption der entnommenen elektrischen Leistung an weitere Aspekte bzw. durch diese vorgegebene Anforderungen möglich, so zum Beispiel an die Art der Zündungseinleitung, an die Zahl der Zylinder, an die Art der zum Einsatz kommenden Antriebsarchitektur oder an die Art der verwendeten elektrischen Energiespeicher.

Die obengenannte Aufgabe ist daher vollständig gelöst.

Konsequenterweise ist die Einstelleinheit dazu ausgebildet, einen von der elektrischen Maschine aus der ersten Speichereinheit entnommenen elektrischen Strom zu begrenzen. Folglich ist der elektrische Strom die einzustellende elektrische Größe, die die entnommene elektrische Leistung bestimmt. Die Einstelleinheit entspricht in ihrer Funktionalität einer einstellbaren bzw. regelbaren Impedanz. Der entnommene Strom lässt sich einfach und präzise einstellen, was demzufolge für die entnommene elektrische Leistung entsprechend gilt. Somit kann die elektrische Maschine für den maximal möglichen durch sie fließenden elektrischen Strom ausgelegt werden, wobei für

diejenigen Verbrennungsmotorbetriebszustände oder Fahrzeugbetriebszustände oder Kombinationen beider Zustandsarten, bei denen dieser Strom nicht auftritt, der durch die elektrische Maschine fließende Strom auf einen entsprechend niedrigeren Wert begrenzt wird.

Die elektrische Maschine weist eine Anzahl von Statorwicklungen auf, so dass in einer weiteren Ausgestaltung der zuvor genannten Maßnahme die Einstelleinheit dazu ausgebildet ist, für die einzelnen Statorwicklungen den elektrischen Strom zu begrenzen. Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die von der elektrischen Maschine entnommene elektrische Leistung bzw. der durch sie fließende elektrische Strom besonders präzise eingestellt werden kann.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Einstelleinheit zumindest teilumfänglich für die Realisierung einer Tiefsetzstellerfunktionalität ausgebildet. Die Einstelleinheit weist hierfür in ihrem den Leistungsteil betreffenden Umfang eingangsseitig ein Schaltelement, insbesondere einen MOSFET-Transistor und eine Freilaufdiode auf, wobei anstelle der Freilaufdiode ein weiterer Transistor eingesetzt werden kann. Vorzugsweise wird als für die Realisierung der Tiefsetzstellerfunktionalität benötigte Speicherinduktivität zumindest eine der Statorwicklungen verwendet, von denen die elektrische Maschine eine Anzahl aufweist. Durch die Kombination der in der Einstelleinheit enthaltenen Komponenten, hierbei handelt es sich entweder um ein Schaltelement und eine Freilaufdiode oder um zwei Schaltelemente, und der Statorwicklung der elektrischen Maschine, entsteht ein modifizierter Tiefsetzsteller, der gegenüber einem klassischen Tiefsetzsteller keinen Glättungskondensator aufweist. Ein Tiefsetzsteller ist ein Gleichspannungswandler mit einem sehr einfachen und robusten Aufbau, der sehr zuverlässig arbeitet. Er zeichnet sich dadurch aus, dass die von ihm ausgangsseitig bereitgestellte Spannung wertmäßig kleiner ist, als die ihm eingangsseitig zugeführte Spannung. Der Wert der ausgangsseitig bereitgestellten Spannung wird durch geregeltes Ein- und Ausschalten des Schaltelements festgelegt.

Bei einer in einem Fahrzeug für den Vortrieb eingesetzten elektrischen Maschine können im Vortriebsfall wertmäßig sehr große elektrische Ströme durch diese fließen. Aus diesem Grund muss die zur Realisierung der Tiefsetzstellerfunktionalität benötigte Induktivität entsprechend groß dimensioniert werden. Die Induktivitätswerte einer entsprechend geeigneten Induktivität liegen in der Größenordnung mehrerer μH , vorzugsweise im Bereich von 5 bis 6 μH oder gar darüber. Speicherinduktivitäten mit Induktivitätswerten über 6 μH haben den Vorteil, dass die Taktfrequenz für den Betrieb des Tiefsetzstellers reduziert werden kann, wodurch sich die Schaltverluste in den Schaltelementen verringern lassen. Solche Induktivitäten haben den Nachteil, dass sie nicht nur groß, sondern auch teuer sind. Hier wurde von den Erfindern nun erkannt, dass zumindest eine der in der elektrischen Maschine ohnehin vorhandenen Statorwicklungen als Speicherinduktivität und somit zur Realisierung der Tiefsetzstellerfunktionalität eingesetzt werden kann. Somit kann auf eine eigenständige, zusätzlich vorzusehende, große und teure Induktivität verzichtet werden, was zu niedrigen Kosten führt und den Bedarf an Bauraum reduziert. Vorzugsweise handelt es sich bei der elektrischen Maschine um einen Ritzelstärtermotor, dessen Ankerinduktivitäten zur Realisierung der Tiefsetzstellerfunktionalität verwendet werden. Vorzugsweise ist der Ritzelstärtermotor als permanenterregter Gleichstrommotor ausgebildet. Vorzugsweise kann es sich um einen elektronisch kommutierten Gleichstrommotor handeln.

Durch die Kombination der in der Einstelleinheit enthaltenen Komponenten mit den Komponenten der elektrischen Maschine entsteht ein Tiefsetzsteller, durch den sich besagte elektrische Größe oder die entnommene elektrische Leistung selbst einstellen lässt. Mit anderen Worten: im Zusammenwirken mit der elektrischen Maschine kann durch die Einstelleinheit besagte elektrische Größe oder die elektrische Leistung selbst eingestellt werden. Der modifizier-

te Tiefsetzsteller besteht aus räumlich getrennten Komponenten, ersten Komponenten, die in der Einstelleinheit enthalten sind (Schaltelemente und/oder Freilaufdiode) und zweiten Komponenten, die in der elektrischen Maschine enthalten sind (Statorwicklung).

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Einstelleinheit ferner dazu ausgebildet, die elektrische Größe oder die entnommene elektrische Leistung selbst in Abhängigkeit einer den Verbrennungsmotor charakterisierenden Größe einzustellen. Vorzugsweise handelt es sich bei der charakterisierenden Größe um eine Größe, die das Startverhalten des Verbrennungsmotors charakterisiert, insbesondere das zeitliche Verhalten des Verbrennungsmotors während des Startvorgangs. Dies bedeutet, dass in Abhängigkeit des Startverhaltens des Verbrennungsmotors die während des Startvorgangs von der elektrischen Maschine der ersten Speichereinheit entnommene elektrische Leistung bzw. der hierbei durch die elektrische Maschine fließende elektrische Strom eingestellt bzw. begrenzt wird. Vorteilhafterweise erfolgt das Einstellen bzw. Begrenzen so, dass für den durch die jeweilige Statorwicklung der elektrischen Maschine fließenden Strom diejenige Stromspitze, die sich an die Einschaltstromspitze anschließt, solch einen ausreichend hohen Wert aufweist, dass innerhalb des Startvorgangs die erste Kompression des Verbrennungsmotors vollständig ablaufen kann, da dieser ansonsten nicht anspringt. Demzufolge handelt es sich bei der charakterisierenden Größe um eine besagte Stromspitze charakterisierende Größe, vorzugsweise um einen mit besagter Stromspitze korrelierenden Stromwert und/oder einen zugehörigen Zeitwert.

Alternativ oder ergänzend kann es sich bei der charakterisierenden Größe auch um eine einzuhaltende Startzeit handeln, innerhalb der der Verbrennungsmotor angesprungen sein muss. Aus dieser Startzeit wird die hierfür beim Antreiben des Verbrennungsmotors von der elektrischen Maschine aus der ersten Speichereinheit zu entnehmende elektrische Leistung und somit die für das Antreiben des Verbrennungsmotors erforderliche elektrische Leis-

tung bzw. der durch die elektrische Maschine fließende elektrische Strom ermittelt und eingestellt bzw. begrenzt. Alternativ oder ergänzend kann es sich bei der charakterisierenden Größe auch um ein Moment des Verbrennungsmotors handeln, welches beim Startvorgang von der elektrischen Maschine zu überwinden ist. In Abhängigkeit dieses Moments wird ein Wert für die hierfür von der elektrischen Maschine aufzubringende elektrische Leistung und somit für den während des Startvorgangs durch die elektrische Maschine fließenden Strom ermittelt.

Unabhängig davon, von welcher Größe ausgegangen wird, um einen Wert zu ermitteln für die beim Antreiben des Verbrennungsmotors von der elektrischen Maschine aus der ersten Speichereinheit zu entnehmende elektrische Leistung oder für den dabei durch die elektrische Maschine fließenden Strom, in Abhängigkeit dieser Größe werden Werte für Tastverhältnisse ermittelt, mit denen in der Einstelleinheit vorhandene Halbleiterelemente anzusteuern sind, um die geforderte elektrische Leistung bzw. den geforderten elektrischen Strom einzustellen bzw. zu begrenzen.

Vorzugsweise handelt es sich bei der charakterisierenden Größe um eine im Vorfeld im Rahmen einer Applikation ermittelte Größe, die in der Einstelleinheit abgespeichert bzw. hinterlegt ist. Vorteilhafterweise kann beim Einstellen der elektrischen Größe oder der entnommenen elektrischen Leistung selbst, eine den Ladezustand der ersten Speichereinheit repräsentierende Größe berücksichtigt werden, wobei es sich bei dieser Größe vorzugsweise um die an der ersten Speichereinheit anliegende Spannung handelt.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist eine aktivierbare Überbrückungseinheit vorgesehen, bei deren Aktivierung die elektrische Maschine unter Umgehung der Einstelleinheit direkt mit der ersten Speichereinheit oder einer zweiten Speichereinheit verbunden ist. Diese Maßnahme hat folgenden Vorteil: Beispielsweise fließen bei einem Kaltstart während des Startvorgangs extrem hohe Ströme durch die elektrische Maschine, insbesondere

dann wenn dieser bei sehr niedriger Umgebungstemperatur durchgeführt wird. Bleibt nun die schaltungstechnische Anordnung erhalten, gemäß der die elektrische Maschine über die Einstelleinheit mit der ersten Speichereinheit verbunden ist, so kann es aufgrund der Begrenzungsfunktionalität der Einstelleinheit dazu kommen, dass sich die für das Starten des Verbrennungsmotors erforderlichen extrem hohen Ströme nicht einstellen können. Wird nun durch Aktivieren der Überbrückungseinheit die schaltungstechnische Anordnung derart aufgelöst, dass die elektrische Maschine direkt mit der ersten Speichereinheit oder einer weiteren zweiten Speichereinheit, vorzugsweise einem in einem 12V-Bordnetz angeordneten Bleiakkumulator, verbunden ist, so können die extrem hohen Ströme realisiert werden, da die Begrenzungsfunktionalität der Einstelleinheit nicht greift. Eine entsprechende Vorgehensweise kann auch beim Erststart in bestimmten Situationen erforderlich sein.

Wie bereits ausgeführt, weist die elektrische Maschine eine Anzahl von Statorwicklungen auf. Vorteilhafterweise weist die Einstelleinheit für jede der Statorwicklungen eine Anzahl von in Reihe geschalteter erster und zweiter Halbleiterelemente auf, wobei die Reihenschaltung einen Mittelabgriff aufweist, an den die jeweilige Statorwicklung angeschlossen ist. Weist die elektrische Maschine drei Statorwicklungen auf, so verfügt die Einstelleinheit in ihrer Minimalkonfiguration über sechs Halbleiterelemente. Für den Fall, dass es sich bei sämtlichen drei ersten und drei zweiten Halbleiterelementen um Transistoren handelt, vorzugsweise MOSFET-Transistoren, enthält die Einstelleinheit eine sogenannte B6-Brücke, über die die drei Statorwicklungen mit Strom versorgt werden. Hierfür ist die Einstelleinheit dazu ausgebildet, die für eine Statorwicklung in Reihe geschalteten ersten und zweiten Transistoren entsprechend einem vorgegebenen Ansteuermuster komplementär anzusteuern. Vorteilhafterweise enthält die Einstelleinheit für jede der Statorwicklungen mindestens zwei Reihenschaltungen, vorzugsweise vier Reihenschaltungen, wobei die einzelnen Reihenschaltungen zueinander pa-

rallel geschaltet sind. Dadurch können die geforderten hohen elektrischen Ströme realisiert werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist zumindest ein Glättungsfilter vorgesehen. Dieses Glättungsfilter ist vorzugsweise in der Einstelleinheit enthalten und beispielsweise als LC-Glied ausgeführt. Durch den Einsatz eines Glättungsfilters entspricht die Einstelleinheit in ihrem den Leistungsteil betreffenden Umfang dem Schaltungsschema eines klassischen Tiefsetzstellers. Das Glättungsfilter hat die Funktion, eventuell auftretende Spannungsspitzen zu dämpfen und somit die an der Einstelleinheit ausgangsseitig anliegende Spannung zu glätten. Dadurch können externe Leistungsverluste und Störungen in der eingangsseitigen Spannung des Tiefsetzstellers vermieden werden. Ferner wird durch den Einsatz des Glättungsfilters der Verschleiß an den Bürsten des Ritzelstartermotors reduziert.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Einstelleinheit ferner dazu ausgebildet, eine an der elektrischen Maschine anliegende elektrische Spannung zu begrenzen. Diese Maßnahme hat folgenden Vorteil: Ist ein Fahrzeug mit einer neuen Antriebsarchitektur ausgerüstet, so verfügt es über ein separates Bordnetz, dessen Spannung größer ist, als die Spannung eines konventionellen Bordnetzes. Es ist nun möglich, ausgehend von der Spannung des separaten Bordnetzes eine Spannung von 12V zu generieren, die dem Wert eines konventionellen Bordnetzes entspricht. Somit besteht die Möglichkeit, eine elektrische Maschine, die für ein 12V-Bordnetz ausgelegt ist, über das separate Bordnetz mit elektrischer Energie zu versorgen.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines teilumfänglichen Fahrzeugantriebsstrangs zur Erläuterung der Erfindung,

Fig. 2 in drei Teilfiguren unterschiedliche Bordnetzarchitekturen, in denen die Erfindung zur Anwendung kommt,

Fig. 3 Stromverlaufskurven unterschiedlicher während eines Startvorgangs durch die elektrische Maschine fließender Ströme,

Fig. 4 ein Schaltungsschema eines klassischen Tiefsetzstellers,

Fig. 5 ein Schaltungsschema einer in der Einstelleinheit zum Einsatz kommenden Schaltung für die Realisierung einer Tiefsetzstellerfunktionalität,

Fig. 6 eine schematische Darstellung des Aufbaus der Einstelleinheit,

Fig. 7 eine schematische Darstellung des der Einstelleinheit zugrundeliegenden Regelungskonzeptes.

In Fig. 1 ist ein in einem Fahrzeug angeordneter Verbrennungsmotor 10 dargestellt. Dieser steht über ein Zweimassenschwungrad 12 und eine Trennkupplung 14 mit einem Getriebe 16 in Wirkverbindung, um nicht dargestellte Antriebsräder anzutreiben. Ferner sind verschiedene Aggregate, beispielsweise eine Wasserpumpe 18, ein Kältekompressor 20 und ein elektrischer Generator 22 wirktechnisch mit dem Verbrennungsmotor 10 verbunden, um von diesem angetrieben zu werden. Dies entspricht vom Aufbau her einem konventionellen Fahrzeug. Bei einem Hybridfahrzeug, insbesondere bei einem als Parallelhybrid ausgeführten Fahrzeug, ist für den Vortrieb neben dem Verbrennungsmotor 10 zusätzlich eine entsprechend ausgelegte elektrische Maschine vorgesehen.

Zum Starten des Verbrennungsmotors 10 ist eine elektrische Maschine 24 vorgesehen, die über eine Einstelleinheit 26 mit einer ersten Speichereinheit 28 verbindbar ist. Die erste Speichereinheit 28 ist Teil eines ersten Bordnetzes 30, das für die Versorgung der elektrischen Maschine 24 vorgesehen ist.

Bei der ersten Speichereinheit 28 kann es sich um einen Superkondensator oder um einen Lithium-Ionen-Akkumulator handeln.

Das Fahrzeug weist ein zweites, konventionelles Bordnetz 32 auf, das auch als Basisbordnetz bezeichnet wird. Das zweite Bordnetz 32 weist eine zweite Speichereinheit 34 auf, die beispielsweise als konventioneller Bleiakkumulator ausgeführt ist. Aus der zweiten Speichereinheit 34 werden erste Verbraucher 36 mit elektrischer Energie versorgt. Zudem wird ausgehend von der zweiten Speichereinheit 34 über eine erste Versorgungsleitung 38 eine für den Betrieb des schaltungstechnischen Umfangs der Einstelleinheit 26 benötigt Versorgungsspannung bereitgestellt. Der elektrische Generator 22 dient zum Laden der ersten Speichereinheit 28 und der zweiten Speichereinheit 34, wobei die zweite Speichereinheit 34 über einen entsprechend ausgelegten Gleichspannungswandler 40 mit dem Generator 22 verbunden ist.

Zur Ansteuerung des Verbrennungsmotors 10 ist eine Motorsteuereinheit 42 vorgesehen, der ausgehend von Sensoren 44 die hierfür erforderlichen Größen bzw. Daten zugeführt werden. Ferner ist die Motorsteuereinheit 42 mit der Einstelleinheit 26 verbunden, so dass der Einstelleinheit 26 für deren Betrieb benötigte Daten oder Größen zugeführt werden können. Ergänzend oder alternativ können Daten oder Größen auch von den Sensoren 44 selbst bereitgestellt werden.

Die Einstelleinheit 26 ist dazu ausgebildet, zumindest einen definierten Verbrennungsmotorbetriebszustand und/oder zumindest einen definierten Fahrzeugbetriebszustand zu erfassen. In Abhängigkeit der erfassten Zustände wird dann eine elektrische Größe eingestellt, die eine während des Startvorgangs des Verbrennungsmotors 10 von der elektrischen Maschine 24 aus der ersten Speichereinheit 28 entnommene elektrische Leistung bestimmt. Vorzugsweise wird der durch die elektrische Maschine 24 fließende Strom begrenzt. Alternativ kann die aus der ersten Speichereinheit 28 entnommene elektrische Leistung selbst eingestellt werden.

Optional kann eine aktivierbare Überbrückungseinheit 46 vorgesehen sein, was in Fig. 1 durch die strichlinierte Darstellung angedeutet ist. Bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung der Überbrückungseinheit 46 führt deren Aktivierung dazu, dass die elektrische Maschine 24 nicht über den aus der ersten Speichereinheit 28 und der Einstelleinheit 26 bestehenden Pfad, sondern aus der zweiten Speichereinheit 34 mit elektrischer Energie versorgt wird, die für das Antreiben des Verbrennungsmotors 10 benötigt wird. Die Aktivierung der Überbrückungseinheit 46 kann beispielsweise bei einer als Lithium-Ionen-Akkumulator ausgeführten ersten Speichereinheit 28 erforderlich sein, nämlich dann, wenn bei sehr niedrigen Umgebungstemperaturen ein Kaltstart des Verbrennungsmotors 10 erfolgen soll. Der Grund hierfür ist, dass bei solchen Akkumulatoren der Innenwiderstand bei Kälte zunimmt und somit die von dem Akkumulator abgebbare Leistung abnimmt. Auch bei einem Erststart kann die Aktivierung der Überbrückungseinheit 46 erforderlich sein. Die zweite Speichereinheit 34 soll eine Spannung von 12V bereitstellen, wohingegen die erste Speichereinheit 28 eine Spannung in der Größenordnung von 20 bis 50V bereitstellen soll.

Die in Fig. 1 gezeigte schematische Darstellung soll keine einschränkende Wirkung auf die Bordnetzarchitektur bzw. Topologie des Bordnetzes haben. Die noch zu beschreibenden Teilfiguren 2a, 2b und 2c zeigen unterschiedliche Bordnetzarchitekturen, bei denen die Einstelleinheit 26 zum Einsatz kommt.

Teilfigur 2a zeigt ein konventionelles Bordnetz 48 (Standardbordnetz), das hinsichtlich der Funktionalität dem in Fig. 1 dargestellten zweiten Bordnetz 32 entspricht. Das konventionelle Bordnetz 48 weist eine Speichereinheit 50 zum Bereitstellen einer 12V-Spannung U_1 auf, wobei es sich im Sinne der Erfindung hierbei um die erste Speichereinheit handelt. Ferner weist das konventionelle Bordnetz 48 erste Verbraucher 36' und zweite Verbraucher 52 auf. Die Speichereinheit 50 kann über einen Generator 22' geladen werden,

wobei es sich um einen 12V-Generator handelt. Eine elektrische Maschine 24' ist über eine Einstelleinheit 26' mit der ersten Speichereinheit 50 verbunden. Mit Hilfe einer Überbrückungseinheit 46' kann bei einem bei tiefen Umgebungstemperaturen durchzuführenden Kaltstart und/oder im Falle eines Erststarts die elektrische Maschine 24' direkt mit der Speichereinheit 50 verbunden werden. Abhängig von dem geforderten und somit einzustellenden elektrischen Strom, der während des Startvorgangs durch die elektrische Maschine 24' fließen soll, wird die Einstelleinheit 26' entsprechend angesteuert. Optional kann bei der Ansteuerung der Einstelleinheit 26' zusätzlich die minimale Bordnetzspannung berücksichtigt werden. Aufgrund der Einstelleinheit 26', mit der der durch die elektrische Maschine 24' fließende Strom begrenzt werden kann, kann auf den Einsatz einer weiteren Speichereinheit 54 verzichtet werden, die ansonsten für die Speisung der elektrischen Maschine 24' vorzusehen wäre, um während des Startvorgangs Spannungseinbrüche in der Bordnetzspannung zu vermeiden. Das konventionelle Bordnetz 48 kann bei einem konventionellen Fahrzeug (ohne Start-Stopp-Automatik) zum Einsatz kommen.

Teilfigur 2b zeigt ein zweites, konventionelles Bordnetz 32' (Basisbordnetz), das über einen Gleichspannungswandler 40' mit einem ersten Bordnetz 30', einem sogenannten separaten Zustartbordnetz verbunden ist. Durch den Gleichspannungswandler 40' sind die beiden Bordnetze getrennt. Solch eine erweiterte Bordnetzarchitektur kommt beispielsweise bei einem Fahrzeug mit einer Start-Stopp-Automatik zum Einsatz, bei dem ein Zustraten oder Wiederstarten des Verbrennungsmotors durchzuführen ist. Diese Bordnetzarchitektur kann auch bei einem Hybridfahrzeug eingesetzt werden, bei dem ein Wiederstarten des Verbrennungsmotors durchzuführen ist. Das erste Bordnetz 30' weist eine erste Speichereinheit 28' zum Bereitstellen einer 12V-Spannung U₁ und dritte Verbraucher 56 auf. Eine elektrische Maschine 24' ist über eine Einstelleinheit 26' mit der ersten Speichereinheit 28' verbunden. Auch in diesem Fall ist eine Überbrückungseinheit 46' vorgesehen, mit der entsprechend den Ausführungen zu Teilfigur 2a die elektrische Maschine

24' direkt mit der ersten Speichereinheit 28' verbunden werden kann. Das zweite Bordnetz 32' weist einen Generator 22', eine zweite Speichereinheit 34' und erste Verbraucher 36' auf. Abhängig von dem geforderten und somit einzustellenden elektrischen Strom wird die Einstelleinheit 26' entsprechend angesteuert, so dass dieser Strom fließt und sich für den Verbrennungsmotor ein vorgegebener Drehzahlverlauf ergibt. Optional kann bei der Ansteuerung der Einstelleinheit 26' zusätzlich die minimale Bordnetzspannung berücksichtigt werden. Weitergehende Ausführungen zu der Einstelleinheit 26' können der Beschreibung der Teilfigur 2a entnommen werden. Die erste Speichereinheit 28' und die zweite Speichereinheit 34' können über den Generator 22' geladen werden.

Die in Teilfigur 2c gezeigte Bordnetzarchitektur entspricht der in Fig. 1 dargestellten Bordnetzarchitektur. Ein zweites, konventionelles Bordnetz 32' ist über einen Gleichspannungswandler 40' mit einem ersten Bordnetz 30' gekoppelt. Bei dem ersten Bordnetz 30' handelt es sich um ein sogenanntes Zustartbordnetz. Das zweite Bordnetz 32' weist eine zweite Speichereinheit 34' und erste Verbraucher 36' auf. Eine elektrische Maschine 24' ist über eine Einstelleinheit 26' mit einer in dem ersten Bordnetz 30' enthaltenen ersten Speichereinheit 28' verbunden. Das erste Bordnetz 30' weist ferner einen Generator 22' und dritte Verbraucher 56' auf. Mittels einer Überbrückungseinheit 46' kann die elektrische Maschine 24' direkt mit der zweiten Speichereinheit 34' verbunden werden. Die zweite Speichereinheit 34' ist vorzugsweise als Bleiakkumulator ausgebildet, somit kann bei einem bei tiefen Umgebungstemperaturen durchzuführenden Kaltstart und/oder im Falle eines Erststarts die elektrische Maschine 24' unter Umgehung der Einstelleinheit 26' aus der zweiten Speichereinheit 34' mit elektrischer Energie versorgt werden. Die in Teilfigur 2c gezeigte Bordnetzarchitektur kann beispielsweise bei einem Fahrzeug eingesetzt werden, welches als Mild-Hybrid-Fahrzeug aufgebaut ist. Der Einsatz der Einstelleinheit 26' ermöglicht es, die elektrische Maschine 24' auch über die erste Speichereinheit 28' speisen zu können, deren Spannung deutlich höher ist, vorzugsweise zwischen 20V und

60V, als die in dem zweiten Bordnetz 32' bereitgestellte 12-V Bordnetzspannung. Mit dieser Bordnetzarchitektur ist es möglich, eine elektrische Maschine, die für eine 12V-Versorgungsspannung ausgelegt ist, einen sogenannten 12V-Starter, mit einer Versorgungsspannung zu betreiben, die größer als 12V ist.

An dieser Stelle sei Folgendes angemerkt: In den Figuren 1 und 2 ist die Überbrückungseinheit 46 bzw. 46' jeweils strichliniert dargestellt. Dies soll andeuten, dass eine Überbrückungseinheit nicht zwingend vorzusehen ist. Auf den Einsatz einer Überbrückungseinheit kann bei entsprechender Auslegung der verwendeten Komponenten, insbesondere der Speichereinheiten 28 bzw. 28', verzichtet werden.

Fig. 3 zeigt Stromverlaufskurven unterschiedlicher Ströme, die während eines Startvorgangs durch die elektrische Maschine fließen. Die mit Bezugsziffer 58 bezeichnete erste Stromverlaufskurve zeigt einen Stromverlauf, wie er sich bei einem Bordnetz ergibt, das nicht mit der erfindungsgemäßen Einstelleinheit ausgestattet ist. Nach einem anfänglichen Initialpeak 60, bei dem der maximale Kurzschlussstrom I_{max} erreicht wird, stellt sich ein im Wesentlichen periodischer Strom ein, der entsprechend der Verdichtung in den Zylindern des Verbrennungsmotors alterniert. Wohingegen die mit den Bezugsziffern 62 und 64 bezeichneten zweiten und dritten Stromverlaufskurven Stromverläufe zeigen, wie sie sich bei einem Bordnetz ergeben, das mit der erfindungsgemäßen Einstelleinheit ausgestattet ist. Der Einsatz der Einstelleinheit ermöglicht das Einstellen unterschiedlicher, parametrisierbarer elektrischer Ströme, die durch die elektrische Maschine fließen. Im vorliegenden Fall repräsentiert die Stromverlaufskurve 62 einen Strom, wie er sich bei einem Kaltstart einstellt. Die Stromverlaufskurve 64 repräsentiert dagegen einen Strom, wie er sich bei einem Warmstart einstellt. Wie ein Vergleich der zweiten Stromverlaufskurve 62 und der dritten Stromverlaufskurve 64 einerseits mit der ersten Stromverlaufskurve 58 andererseits zeigt, werden durch den Einsatz der erfindungsgemäßen Einstelleinheit die Initialpeaks 60' und

60" reduziert. Dadurch werden Einbrüche in der Bordnetzspannung vermieden und gleichzeitig die Lebensdauer der elektrischen Maschine bzw. des Startermotors erhöht. Die Bürsten der elektrischen Maschine werden weniger stark abgenutzt, bzw. deren Abnutzung wird auf ein Mindestmaß reduziert. Dadurch, dass Einbrüche in der Bordnetzspannung vermieden oder reduziert werden, können zusätzliche Verbraucher, beispielsweise ein Fahrwerksystem, in das Zustartbordnetz integriert werden. Außerdem kann auf Maßnahmen zur Stabilisierung der Bordnetzspannung verzichtet werden. Die Einstelleinheit ist dabei so ausgebildet, in Abhängigkeit der geforderten elektrischen Leistung, die der elektrischen Maschine für das Starten des Verbrennungsmotors bereitzustellen ist, aktiv einen hierfür idealen, durch die elektrische Maschine fließenden Strom einzustellen bzw. zu regeln. Dieser ideale Strom hat anschließend an den jeweiligen Initialpeak 60' oder 60" einen alternierenden Verlauf, entsprechend der Kompression des Verbrennungsmotors. Beim Ermitteln des idealen Stroms können unterschiedliche Anforderungen, die an den Drehzahlverlauf der elektrischen Maschine während des Startvorgangs des Verbrennungsmotors gestellt sind, berücksichtigt werden. Als Beispiele sei ein Warmstart, ein Kaltstart, ein sogenannter Reflexstart oder ein Start des Verbrennungsmotors bei unterschiedlichen Ladezuständen der ersten Speichereinheit genannt.

Fig. 4 zeigt ein Schaltungsschema eines klassischen Tiefsetzstellers 66, mit dem eine Eingangsspannung U_{In} in eine Ausgangsspannung U_{Out} gewandelt wird, wobei der Betrag der Ausgangsspannung kleiner ist als der Betrag der Eingangsspannung. Der Tiefsetzsteller weist ein erstes Schaltelement 68 und ein zweites Schaltelement 70 auf, die in Reihe geschaltet sind. Diese Reihenschaltung 72 weist einen Mittelabgriff 74 auf. An dem Mittelabgriff 74 ist eine Speicherinduktivität 76 und ein Glättungskondensator 78 angeschlossen. Wie den in Fig. 4 dargestellten Verläufen S_{High} und S_{Low} einerseits und I_{High} und I_{Low} andererseits zu entnehmen ist, werden die beiden Schaltelemente 68 und 70 komplementär angesteuert bzw. getaktet. Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, den Tiefsetzsteller mit einer Takt-

frequenz in der Größenordnung von ungefähr 25kHz zu betreiben. Vorzugsweise sind die beiden Schaltelemente 68 und 70 als Transistoren, insbesondere als MOSFET-Transistoren ausgeführt.

Die Darstellung in Fig. 4, gemäß der der Tiefsetzsteller einen Glättungskondensator 78 aufweist, soll keine einschränkende Wirkung haben. Auf den Glättungskondensator kann auch verzichtet werden, nämlich dann, wenn keine allzu großen Anforderungen an die Welligkeit der Ausgangsspannung gestellt werden. Ferner soll die Darstellung zweier Schaltelemente keine einschränkende Wirkung haben. Es ist auch denkbar, das zweite Schaltelement 70 durch eine Freilaufdiode zu ersetzen. An dieser Stelle sei noch erwähnt, dass die Eingangsspannung U_{In} , die Ausgangsspannung U_{Out} und die Spannung U_{TS} allesamt auf Masse bezogen sind.

In Fig. 5 ist ein Teilumfang der erfindungsgemäßen Einstelleinheit dargestellt. Die elektrische Maschine 24, genauer gesagt der Startermotor, weist eine Anzahl von Statorwicklungen auf. Vorzugsweise handelt es sich um eine elektrische Maschine mit drei Statorwicklungen, von denen eine Statorwicklung in Fig. 4 dargestellt und mit der Bezugsziffer 80 bezeichnet ist. Die in Fig. 5 angegebene Spannung U_{EMK} repräsentiert die auf die Statorwicklung 80 bezogene elektromotorische Kraft, die aufgrund der Drehbewegung der Welle 82 der elektrischen Maschine entsteht.

Bei dem in Fig. 5 dargestellten Teilumfang 84 der Einstelleinheit handelt es sich um denjenigen Teilumfang des Leistungsteils der Einstelleinheit, der den durch die Statorwicklung 80 fließenden Strom bereitstellt und zu diesem Zweck mit der Statorwicklung 80 verbunden ist. Die Einstelleinheit ist dazu ausgebildet, für die einzelnen Statorwicklungen der elektrischen Maschine den elektrischen Strom einzustellen bzw. zu begrenzen. Der Teilumfang 84 weist ein erstes Schaltelement 68 und ein zweites Schaltelement 70 auf, die eine Reihenschaltung 72 mit einem Mittelabgriff 74 bilden. An den Mittelabgriff 74 ist die Statorwicklung 80 angeschlossen. Der in Fig. 5 dargestellte Teilum-

fang 84 ist für die Realisierung einer Tiefsetzstellerfunktionalität ausgebildet. Als für die Realisierung der Tiefsetzstellerfunktionalität benötigte Speicherinduktivität wird die Statorwicklung 80 verwendet. Entsprechendes gilt für die übrigen Statorwicklungen der elektrischen Maschine.

Bei der sich durch die Verknüpfung der beiden Schaltelemente 68, 70 und der Statorwicklung 80 ergebenden Schaltung handelt es sich um einen modifizierten Tiefsetzsteller. Wie in Fig. 5 durch die strichlinierte Darstellung angedeutet, kann optional ein Glättungsfilter 81 vorgesehen sein, nämlich dann, wenn die Ausgangsspannung U_{VG} geglättet werden muss, um eine übermäßige Abnutzung der Bürsten der elektrischen Maschine 24 zu vermeiden. Durch den Einsatz des Glättungsfilters 81 ergibt sich ein klassischer Tiefsetzsteller, der aus folgenden Komponenten besteht: erstes Schaltelement 68, zweites Schaltelement 70, sowie die Spule und der Kondensator, die Teil des Glättungsfilters 81 sind. Unabhängig davon, ob es sich um einen klassischen (mit Glättungsfilter 81) oder um einen modifizierten Tiefsetzsteller (ohne Glättungsfilter 81) handelt, wird die von einer ersten Speichereinheit 28, 28' oder 50 bereitgestellte Spannung abwärts gewandelt. Die Spannung U_{VG} repräsentiert die von dem Teilumfang 84 der Einstelleinheit bereitgestellte Spannung.

Fig. 6 ist der Aufbau der Einstelleinheit 26 zu entnehmen. In Fig. 6 sind die Klemmen mit in Klammern gesetzten Kleinbuchstaben gekennzeichnet, wobei die in Fig. 1 dargestellten Leitungen, die mit den Klemmen jeweils korrespondieren, mit dem entsprechenden Kleinbuchstaben gekennzeichnet sind. Was den in Fig. 6 dargestellten, den Leistungsteil betreffenden Teilumfang 84 der Einstelleinheit angeht, so ist dieser für eine Statorwicklung der elektrischen Maschine dargestellt.

Die Einstelleinheit 26 weist eine erste Spannungsversorgungseinheit 86 auf, mit der eine erste Versorgungsspannung bereitgestellt wird, deren Wert 5V beträgt. Ferner weist die Einstelleinheit 26 eine zweite Spannungsversor-

gungseinheit 88 auf, zum Bereitstellen einer zweiten Versorgungsspannung, die zwischen 10V und 13V liegt. Mit der Bezugsziffer 90 ist eine Buseinheit bezeichnet, mit der Daten, die über Klemmen (d) und (e) zugeführt werden, einer Steuereinheit 92 zugeführt werden. Ggf. werden diese Daten zuvor in der Buseinheit 90 aufbereitet. Ferner wird der Steuereinheit 92 ein Stromwert zugeführt, der mittels eines Stromsensors 98 erfasst wird. Der Stromwert repräsentiert den elektrischen Strom, der durch die Statorwicklung fließt, die an die Klemme (c) angeschlossen ist. Durch die Berücksichtigung des Stromwerts kann der durch die Statorwicklung fließende elektrische Strom auf einen vorgegebenen Sollwert geregelt werden. Alternativ zu der in Fig. 6 gezeigten ausgangsseitigen Anordnung kann der Stromsensor 98 auch eingangsseitig angeordnet sein, in diesem Fall ist allerdings ein Umrechnen des erfassten Stromwerts erforderlich.

Die Steuereinheit 92 weist eine Erfassungseinheit 94 und eine Auswerteeinheit 96 auf. Mit der Erfassungseinheit 94 wird zumindest ein definierter Verbrennungsmotorbetriebszustand und/oder zumindest ein definierter Fahrzeugbetriebszustand erfasst. Die Ansteuereinheit 96 ist dazu ausgebildet, in Abhängigkeit des erfassten Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder des erfassten Fahrzeugbetriebszustands eine beim Starten des Verbrennungsmotors 10 durch die elektrische Maschine 24 aus der ersten Speichereinheit 28, 28' oder 50 entnommene elektrische Leistung selbst oder eine die elektrische Leistung bestimmende Größe einzustellen.

In Abhängigkeit des Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder des Fahrzeugbetriebszustands ist eine Adaption der von der elektrischen Maschine aus der ersten Speichereinheit entnommenen elektrischen Leistung oder einer diese Leistung bestimmenden Größe, genauer gesagt des durch die jeweilige Statorwicklung fließenden elektrischen Stroms, zumindest an die unterschiedlichen Gegebenheiten bei Kaltstart und Warmstart sowie an die unterschiedlichen Gegebenheiten der jeweiligen neuen Betriebsstrategie möglich. Ob ein Warmstart oder ein Kaltstart durchzuführen ist, kann anhand

der Temperatur des Verbrennungsmotors festgestellt werden. Eine die Temperatur des Verbrennungsmotors repräsentierende Größe wird über die Klemme (d) zugeführt. Ob ein Wiederstart oder Zustart durchzuführen ist, wird wie folgt erkannt: Ein Wiederstart ist durchzuführen, wenn in einem Fahrzeugruhezustand ein Anfahrtsignal vorliegt, wobei in dem Fahrzeugruhezustand das Fahrzeug steht und der Verbrennungsmotor steht oder eine Motordrehzahl aufweist, die zwischen einer Abstelldrehzahl und dem Wert Null liegt. Ein Zustart ist durchzuführen, wenn in einem Fahrzeugbewegungszustand eine Motormomentanforderung vorliegt, wobei in dem Fahrzeugbewegungszustand das Fahrzeug fährt und der Verbrennungsmotor steht oder eine Motordrehzahl aufweist, die zwischen einer Abstelldrehzahl und dem Wert Null liegt. Demzufolge werden folgende Größen und/oder Signale und/oder Daten über die Klemme (d) zugeführt: Eine die Motordrehzahl repräsentierende Größe, eine die Fahrzeuggeschwindigkeit repräsentierende Größe, ein Anfahrtsignal und eine Motormomentanforderung. Die über die Klemme (d) zugeführten Größen und/oder Signale und/oder Daten stammen von der Motorsteuereinheit 42. Beispielsweise mit Blick auf die die Fahrzeuggeschwindigkeit repräsentierende Größe ist auch folgende Vorgehensweise denkbar: anstelle diese Größe über die Klemme (d) und somit ausgehend von der Motorsteuereinheit 42 zuzuführen, kann eine entsprechende, mit einem entsprechenden Sensor erfasste Größe auch über die Klemme (e) zugeführt werden. Weiter alternativ ist es denkbar, mittels Raddrehzahlsensoren ermittelte, die jeweiligen Raddrehzahlen repräsentierende Größen über die Klemme (e) zuzuführen, wobei dann die Ermittlung der die Fahrzeuggeschwindigkeit repräsentierenden Größe in der Steuereinheit 92 erfolgt. Eine weitere Größe, die über die Klemme (e) zugeführt wird, ist eine den Ladezustand der ersten Speichereinheit repräsentierende Größe.

Neben den zugeführten Größen, Signalen oder Daten wird in der Steuereinheit 92 eine charakterisierende Größe bei der Ermittlung der elektrischen Leistung oder des elektrischen Stroms berücksichtigt. Hierbei handelt es sich um eine Größe, die das Startverhalten des Verbrennungsmotors charakteri-

siert. Bei der charakterisierenden Größe kann es sich um einen mit der eingangs erwähnten Stromspitze korrelierenden Stromwert und/oder einen zugehörigen Zeitwert handeln. Alternativ oder ergänzend kann es sich auch um eine einzuhaltende Startzeit handeln, innerhalb der der Verbrennungsmotor angesprungen sein muss. Es kann sich auch um ein Moment des Verbrennungsmotors handeln, welches beim Startvorgang von der elektrischen Maschine zu überwinden ist. Neben der charakterisierenden Größe können in der Einstelleinheit weitere Größen und/oder Daten hinterlegt sein, die bei der Ermittlung der elektrischen Leistung oder des elektrischen Stroms zu berücksichtigen sind. Hierbei kann es sich um die Anzahl der Zylinder des Verbrennungsmotors und/oder um eine Angabe über die Art der Zündungseinleitung und/oder um eine Angabe über die Art der Antriebsarchitektur und/oder um eine Angabe über die Ausgestaltung der ersten Speichereinheit handeln.

Unabhängig davon, von welcher der vorstehend aufgeführten Größe letztlich ausgegangen wird, um einen Wert zu ermitteln für die beim Antreiben des Verbrennungsmotors von der elektrischen Maschine aus der ersten Speichereinheit zu entnehmenden elektrischen Leistung oder für den dabei durch die elektrische Maschine fließenden Strom, in Abhängigkeit dieser Größe werden Werte für Tastverhältnisse ermittelt, mit denen erste Schaltelemente 68 und zweite Schaltelemente 70 angesteuert werden. Sowohl die ersten als auch die zweiten Schaltelemente 68, 70 sind jeweils als Halbleiterelemente ausgeführt. In der Auswerteeinheit 96 werden die Tastverhältnisse repräsentierende Größen ermittelt, die dann einer Treibereinheit 100 zugeführt werden. In der Treibereinheit 100 werden dann Treibersignale zum Ansteuern der ersten und zweiten Schaltelemente 68, 70 ermittelt.

Wie der Darstellung in Fig. 6 zu entnehmen ist, sind mehrere Reihenschaltungen 72, 72', 72'' und 72''' parallel geschaltet, um die benötigte Stromstärke für den während des Startvorgangs durch die jeweilige Statorwicklung fließenden elektrischen Strom realisieren zu können.

In einer ersten Ausgestaltung soll die Einstelleinheit 26 sowohl von den Spannungsversorgungseinheiten 86 und 88, als auch von den Einheiten 90, 92 und 100, jeweils ein Exemplar enthalten. Die Einheiten 90, 92 und 100 bilden dabei den schaltungstechnischen Umfang der Einstelleinheit 26. Bei dieser Ausgestaltung werden mittels der Einheiten 90, 92 und 100 für sämtliche der Statorwicklungen der elektrischen Maschine die durch diese jeweils fließenden elektrischen Ströme ermittelt. In einer alternativen Ausgestaltung soll die Einstelleinheit 26 für jede der Statorwicklungen ein individuell zugewiesenes Exemplar der Einheiten 90, 92 und 100 aufweisen.

Anhand von Fig. 7 wird nachfolgend das der Einstelleinheit 26 zugrundeliegende Regelungskonzept, beschrieben, welches in der Steuereinheit 92, vorzugsweise in der Auswerteeinheit 96 hinterlegt ist. Es handelt sich um eine Stromregelung, bei der eine Regelabweichung I_{ERROR} ermittelt wird, ausgehend von einem Sollwert I_{SOLL} für den elektrischen Strom, der während des Startvorgangs durch die jeweilige Statorwicklung der elektrischen Maschine fließen soll, und einem Istwert I_{IST} für diesen Strom, der mit dem (in Fig. 7 nicht dargestellten) Stromsensor 98 erfasst wird. Die Regelabweichung I_{ERROR} wird mit einem ersten PI-Regler 102 in eine Steuerspannung U_{CTRL} umgesetzt. Unter Verwendung eines Sägezahnsignals U_{SAWTOOTH} , das mit einem Sägezahngenerator 104 ermittelt wird, wird die Steuerspannung U_{CTRL} in Tastverhältnisse repräsentierende Größen umgesetzt. In einer ersten Ermittlungseinheit 106 werden erste Größen ermittelt, die die Tastverhältnisse für die ersten Schaltelemente 68 repräsentieren. In einer zweiten Ermittlungseinheit 108 werden zweite Größen ermittelt, die die Tastverhältnisse für die zweiten Schaltelemente 70 repräsentieren. Die ersten und zweiten Größen werden dabei so ermittelt, dass die ersten und zweiten Schaltelemente 68 und 70 invers angesteuert werden. Die ersten und zweiten Größen werden der Treibereinheit 100 zugeführt, in der dann Treibersignale zum Ansteuern der ersten und zweiten Schaltelemente bzw. Halbleiterelemente 68, 70 ermittelt werden.

Ergänzend kann für den Sollwert I_{SOLL} eine Sollwertreduktion vorgenommen werden, was durch eine strichliniert dargestellte Sollwertreduktionseinheit 110 angedeutet ist. Mit der Sollwertreduktion wird beim Ermitteln der Regelabweichung I_{ERROR} und somit letztlich beim Ermitteln der einzustellenden Tastverhältnisse der Ladezustand der ersten Speichereinheit mit berücksichtigt. Bei der Sollwertreduktion wird eine Abweichungsgröße ermittelt, die eine Spannungsabweichung repräsentiert, die zwischen einem Spannungsiswert U_{IST} und einem Spannungsmaximalwert U_{MAX} vorliegt. Der Spannungsiswert U_{IST} wird beispielsweise mit einem in Fig. 7 nicht dargestellten Shunt-Widerstand ermittelt. Der Spannungsmaximalwert U_{MAX} repräsentiert die Bordnetzspannung, die der von der ersten Speichereinheit 28 bereitgestellten Spannung entspricht. Die so ermittelte Spannungsabweichung wird zunächst in einer Begrenzungseinheit 112 begrenzt und anschließend in einem zweiten PI-Regler 114 in einen Stromkorrekturwert umgesetzt.

In Fig. 7 sind die ersten und zweiten Schaltelemente 68, 70 als Teil einer Regelstrecke 116 dargestellt. Fig. 7 sind weitere, der Regelstrecke 116 zugehörige Komponenten zu entnehmen. Diese Komponenten geben die Gegebenheiten der ersten Speichereinheit 28, des ersten Bordnetzes 30 und der elektrischen Maschine 24 wieder, weswegen es sich hierbei nicht um diskret aufgebaute Komponenten handelt. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Komponenten: Innenwiderstand 118 der ersten Speichereinheit 28; Leitungswiderstand 120 des ersten Bordnetzes 30; Leitungsinduktivität 122 des ersten Bordnetzes 30; Wicklungswiderstand 124 einer Statorwicklung der elektrischen Maschine 24; Wicklungsinduktivität 126 der Statorwicklung der elektrischen Maschine 24; eine die Bürstenübergangsspannung repräsentierende Spannungsquelle 128; und eine die an der Statorwicklung anliegende Spannung repräsentierende Spannungsquelle 130. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in Fig. 7 auf die Darstellung eines Glättungsfilters verzichtet. Das Glättungsfiler wäre zwischen dem Mittelabgriff 74''' und dem Leitungswiderstand 120 einzufügen.

Die Einstelleinheit ist vorzugsweise so ausgelegt, dass ein Wiederstarten und/oder Zustarten eines Verbrennungsmotors mit einem ersten Bordnetz möglich ist, dessen Bordnetzspannung in dem Bereich zwischen 20V und 50V liegt, wobei bei dem Startvorgang ein auf die Stromstärke 500A begrenzter elektrischer Strom für die Zeitdauer von ungefähr 0,5s durch die einzelnen Statorwicklungen fließen können soll.

Der Einsatz der erfindungsgemäßen Einstelleinheit hat folgende Vorteile:

- Mit einem einzigen, aus einem Startermotor und einem Bordnetz bestehenden Startsystem können bei unterschiedlichen Betriebstemperaturen des Verbrennungsmotors (Kaltstart, Warmstart) stets ideale und schnelle Startzeiten realisiert werden, innerhalb derer der Verbrennungsmotor gestartet sein soll.
- Ein einheitlicher Startermotor kann verwendet werden für unterschiedliche Betriebsstrategien (Wiederstart und/oder Zustart), unterschiedliche Konzepte der Zündungseinleitung, Verbrennungsmotoren unterschiedlicher Zylinderzahl, unterschiedliche Antriebsarchitekturen (beispielsweise Mikro- oder Mild-Hybrid-Fahrzeuge), unterschiedlichste Energiespeicher (beispielsweise Superkondensatoren) oder unterschiedliche, von der Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors abhängige Startszzenarien.
- Durch die aktive Strombegrenzung reduziert sich die Oxidation der Kohlebürsten des Startermotors, wodurch sich seine Lebensdauer erhöht.
- In einem Zustartbordnetz bzw. Starterbordnetz können signifikante Unterspannungen während des Startvorgangs vermieden werden. Dadurch ist es möglich, zum einen zusätzliche Verbraucher in das Zustartbordnetz zu integrieren. Zum anderen kann auf zusätzliche, bordnetzstabilisierende Gleichspannungswandler oder zusätzliche Speicher im Zustartbordnetz verzichtet werden.

Wenn vorstehend die Rede davon ist, dass ein elektrischer Strom durch die elektrische Maschine fließt, dann ist dies so zu verstehen, dass der Strom durch zumindest eine der Statorwicklungen der elektrischen Maschine fließt.

Bezugszeichenliste

10	Verbrennungsmotor
12	Zweimassenschwungrad
14	Trennkupplung
16	Getriebe
18	Wasserpumpe
20	Kältekompressor
22	elektrischer Generator
24	elektrische Maschine
26	Einstelleinheit
28	erste Speichereinheit
30	erstes Bordnetz
32	zweites Bordnetz
34	zweite Speichereinheit
36	erste Verbraucher
38	erste Versorgungsleitung
40	Gleichspannungswandler
42	Motorsteuereinheit
44	Sensoren
46	aktivierbare Überbrückungseinheit
48	konventionelles Bordnetz
50	Speichereinheit
52	zweite Verbraucher
54	weitere Speichereinheit
56	dritte Verbraucher
58	erste Stromverlaufskurve
60	Initialpeak
62	zweite Stromverlaufskurve
64	dritte Stromverlaufskurve
66	klassischer Tiefsetzsteller

68	erstes Schaltelement
70	zweites Schaltelement
72	Reihenschaltung
74	Mittelabgriff
76	Speicherinduktivität
78	Glättungskondensator
80	Statorwicklung
81	Glättungsfilter
82	Welle
84	Teilumfang Einstelleinheit
86	erste Spannungsversorgungseinheit
88	zweite Spannungsversorgungseinheit
90	Buseinheit
92	Steuereinheit
94	Erfassungseinheit
96	Auswerteeinheit
98	Stromsensor
100	Treibereinheit
102	erster PI-Regler
104	Sägezahngenerator
106	erste Ermittlungseinheit
108	zweite Ermittlungseinheit
110	Sollwertreduktionseinheit
112	Begrenzungseinheit
114	zweiter PI-Regler
116	Regelstrecke
118	Innenwiderstand
120	Leitungswiderstand
122	Leitungsinduktivität
124	Wicklungswiderstand
126	Wicklungsinduktivität
128	Spannungsquelle

130 Spannungsquelle

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Starten eines in einem Fahrzeug angeordneten Verbrennungsmotors (10), mit:
einer elektrischen Maschine (24, 24'), die dazu ausgebildet ist, den Verbrennungsmotor (10) zumindest zeitweise anzutreiben,
einer ersten Speichereinheit (28, 28', 50), die dazu ausgebildet ist, elektrische Energie zu speichern, und
einer Einstelleinheit (26, 26'), über die die elektrische Maschine (24, 24') mit der ersten Speichereinheit (28, 28', 50) verbindbar ist, wobei die Einstelleinheit (26, 26') dazu ausgebildet ist, zumindest einen definierten Verbrennungsmotorbetriebszustand und/oder zumindest einen definierten Fahrzeugbetriebszustand zu erfassen, und zumindest in Abhängigkeit des erfassten Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder des erfassten Fahrzeugbetriebszustands eine elektrische Größe einzustellen, die eine beim Antreiben des Verbrennungsmotors (10) von der elektrischen Maschine (24, 24') aus der ersten Speichereinheit (28, 28', 50) entnommene elektrische Leistung bestimmt, oder die entnommene elektrische Leistung selbst einzustellen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstelleinheit (26, 26') dazu ausgebildet ist, einen von der elektrischen Maschine (24, 24') aus der ersten Speichereinheit (28, 28', 50) entnommenen elektrischen Strom zu begrenzen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (24, 24') eine Anzahl von Statorwicklungen (80) aufweist, wobei die Einstelleinheit (26, 26') dazu ausgebildet ist, für die einzelnen Statorwicklungen (80) den elektrischen Strom zu begrenzen.

4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstelleinheit (26, 26') zumindest teilumfänglich für die Realisierung einer Tiefsetzstellerfunktionalität ausgebildet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (24, 24') eine Anzahl von Statorwicklungen (80) aufweist, wobei als für die Realisierung der Tiefsetzstellerfunktionalität benötigte Speicherinduktivität zumindest eine der Statorwicklungen (80) verwendet wird.
6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstelleinheit (26, 26') ferner dazu ausgebildet ist, die elektrische Größe oder die entnommene elektrische Leistung selbst in Abhängigkeit einer den Verbrennungsmotor (10) charakterisierenden Größe einzustellen.
7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine aktivierbare Überbrückungseinheit (46, 46') vorgesehen ist, bei deren Aktivierung die elektrische Maschine (24, 24') unter Umgehung der Einstelleinheit (26, 26') direkt mit der ersten Speichereinheit (28, 28', 50) oder einer zweiten Speichereinheit (34, 34') verbunden ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (24, 24') eine Anzahl von Statorwicklungen (80) aufweist, wobei die Einstelleinheit (26, 26') für jede der Statorwicklungen (80) eine Anzahl von in Reihe geschalteter erster und zweiter Halbleiterelemente (68, 70) aufweist, wobei die Reihenschaltung (72) einen Mittelabgriff (74) aufweist, an den die jeweilige Statorwicklung (80) angeschlossen ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Glättungsfilter (81) vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstelleinheit (26, 26') ferner dazu ausgebildet ist, eine an der elektrischen Maschine (24, 24') anliegende elektrische Spannung zu begrenzen.
11. Verfahren zum Starten eines in einem Fahrzeug angeordneten Verbrennungsmotors (10), mit einer elektrischen Maschine (24, 24'), die dazu ausgebildet ist, den Verbrennungsmotor (10) zumindest zeitweise anzutreiben, einer ersten Speichereinheit (28, 28', 50), die dazu ausgebildet ist, elektrische Energie zu speichern, und einer Einstelleinheit (26, 26'), über die die elektrische Maschine (24, 24') mit der ersten Speichereinheit (28, 28', 50) verbindbar ist, mit folgenden in der Einstelleinheit (26, 26') ablaufenden Schritten:
- Erfassen zumindest eines definierten Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder zumindest eines definierten Fahrzeugbetriebszustands, und
 - Einstellen einer elektrischen Größe, die eine beim Antreiben des Verbrennungsmotors (10) von der elektrischen Maschine (24, 24') aus der ersten Speichereinheit (28, 28', 50) entnommene elektrische Leistung bestimmt oder der entnommenen elektrischen Leistung selbst, zumindest in Abhängigkeit des erfassten Verbrennungsmotorbetriebszustands und/oder des erfassten Fahrzeugbetriebszustands.
12. Computerprogrammprodukt mit einem Datenträger mit Programmcode, der dazu ausgebildet ist, ein Verfahren nach Anspruch 11 durchzuführen, wenn der Programmcode in einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 abläuft.

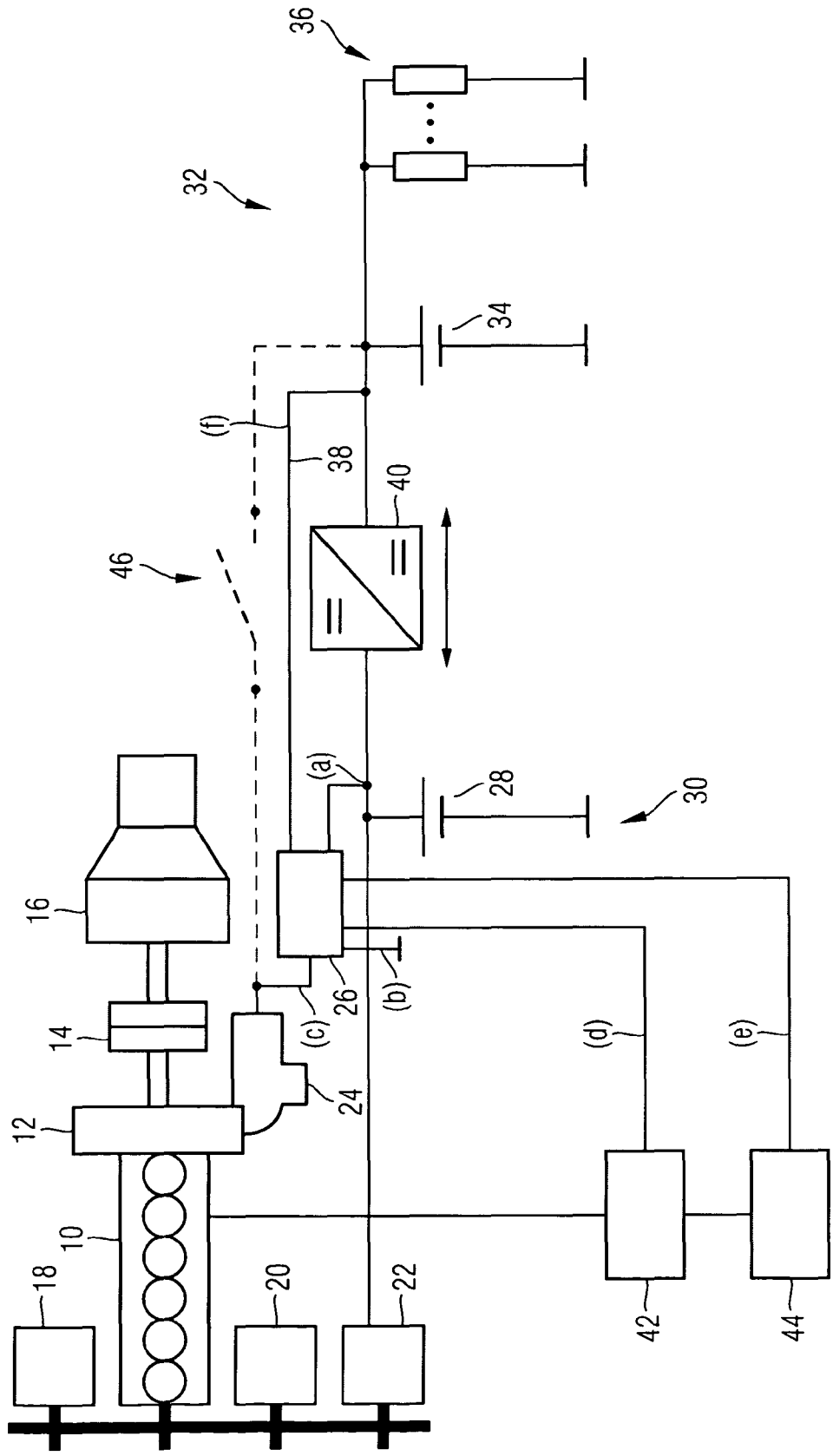


Fig. 1

2/7

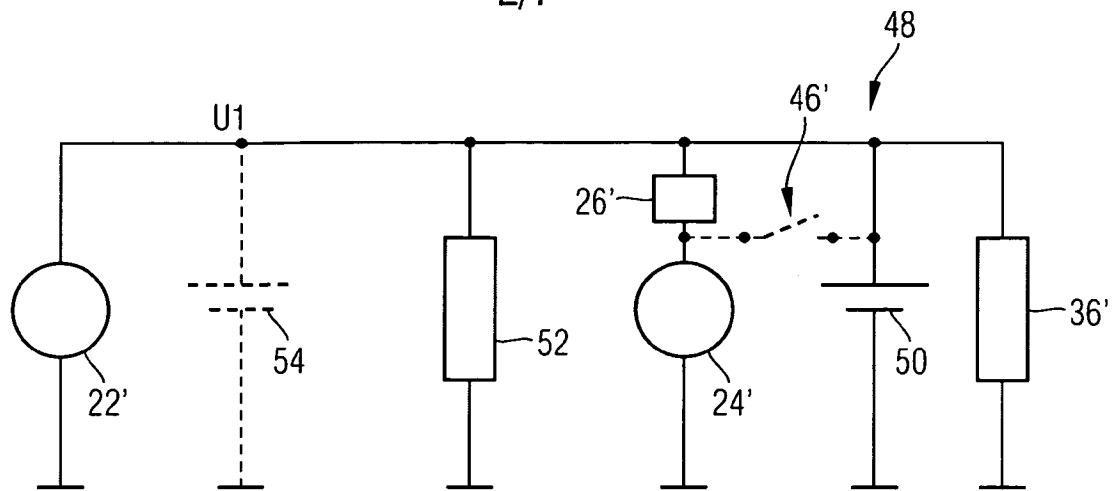


Fig. 2a

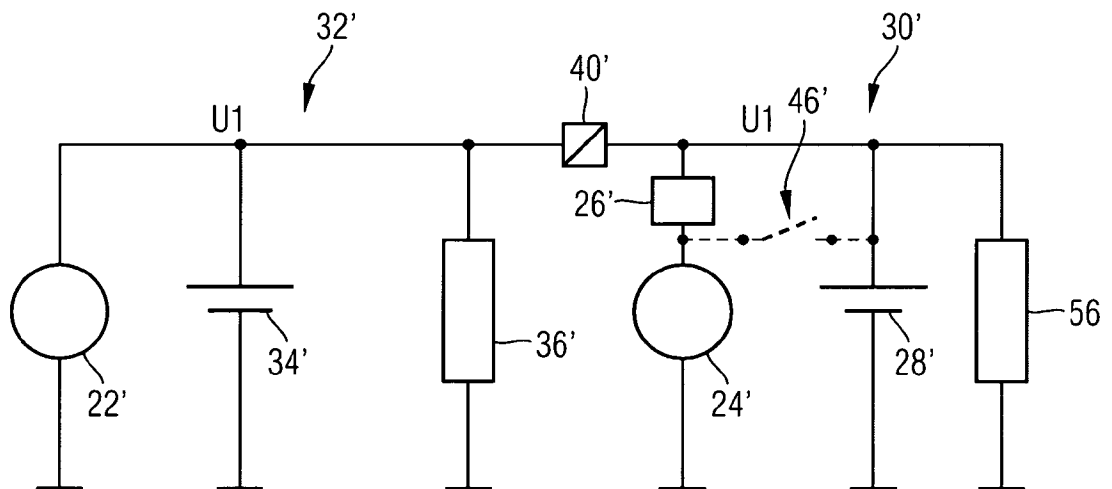


Fig. 2b

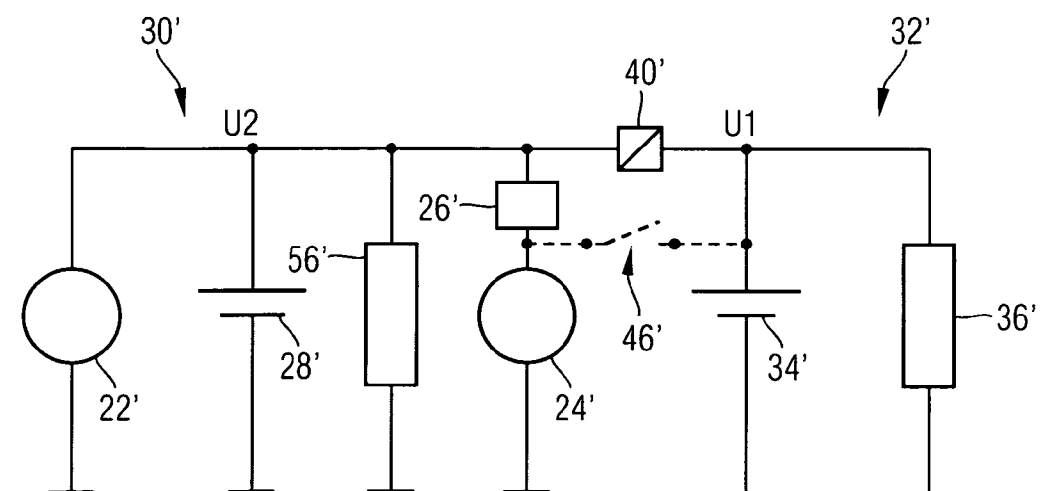


Fig. 2c

3/7

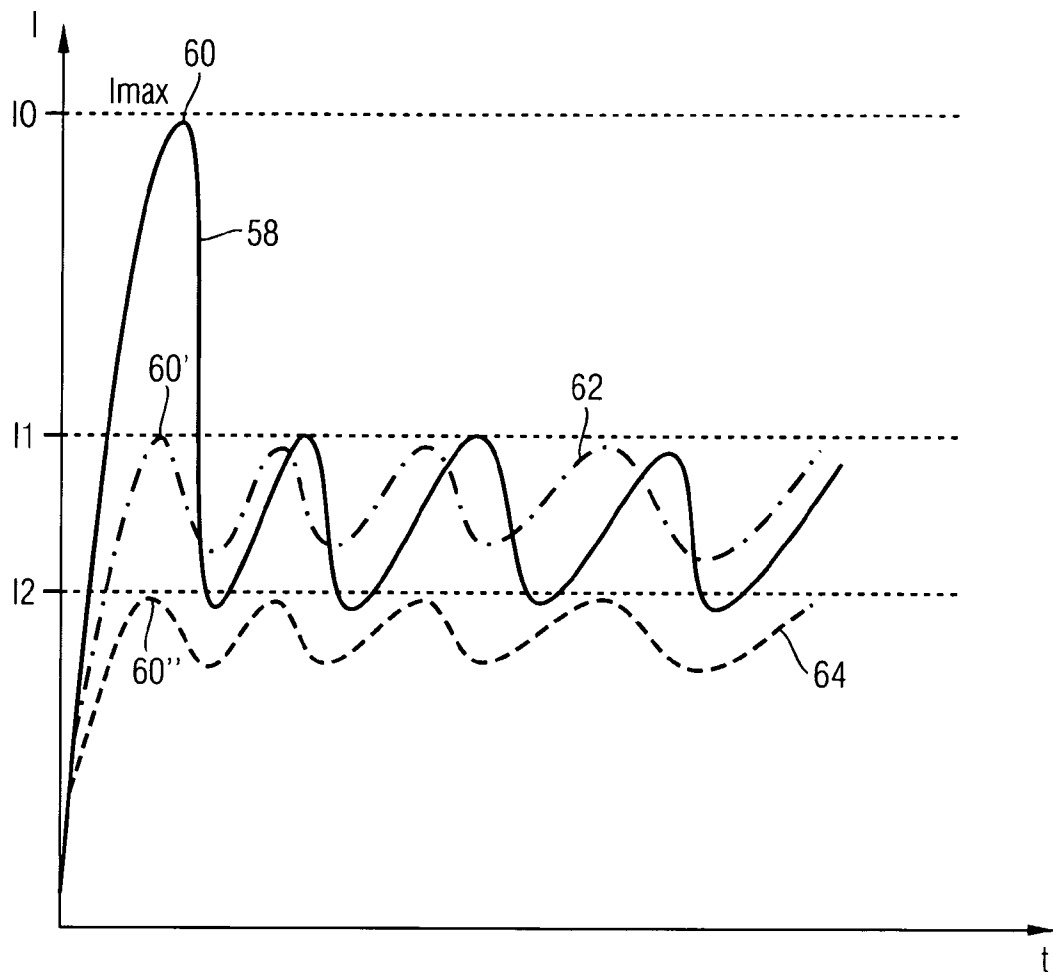


Fig. 3

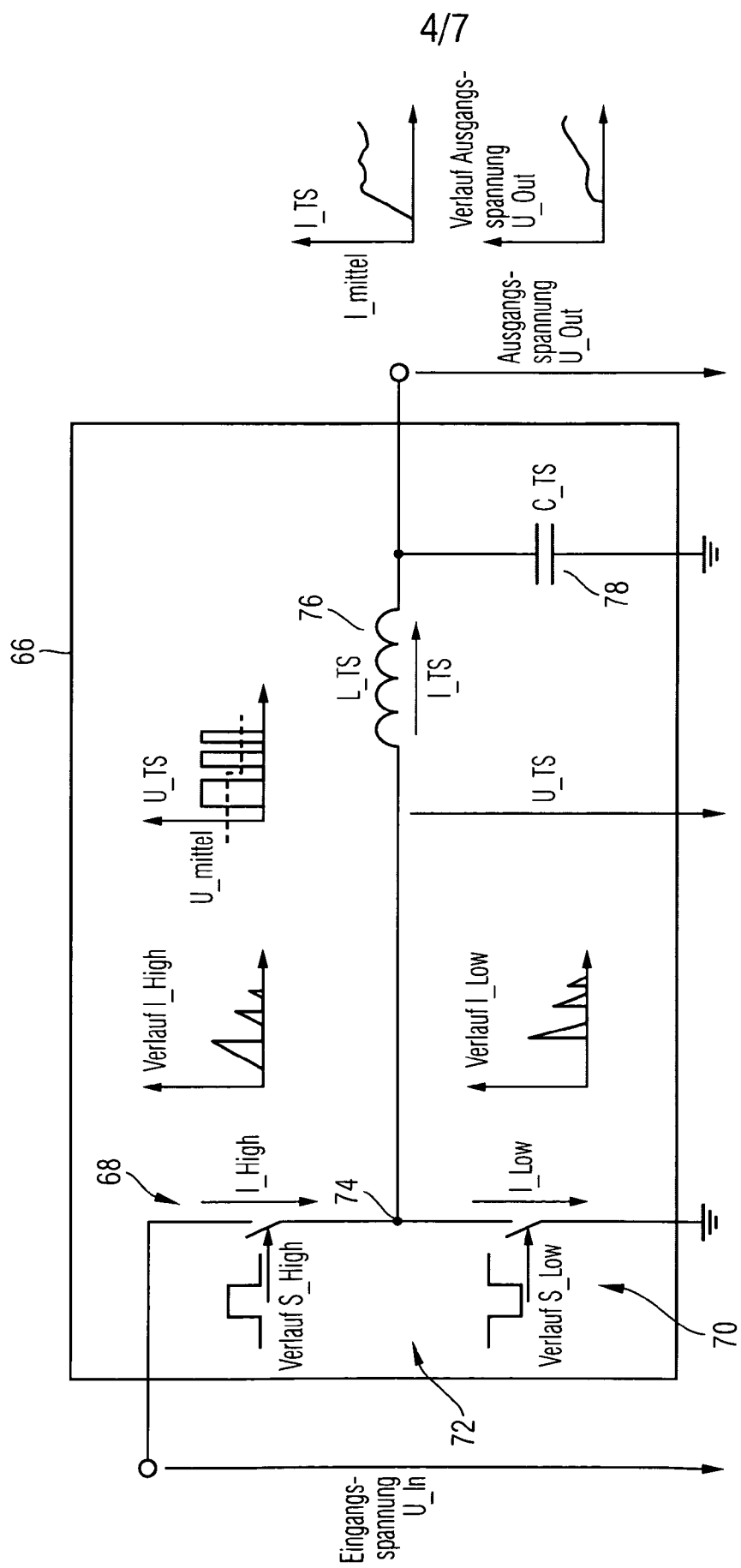


Fig. 4

5/7

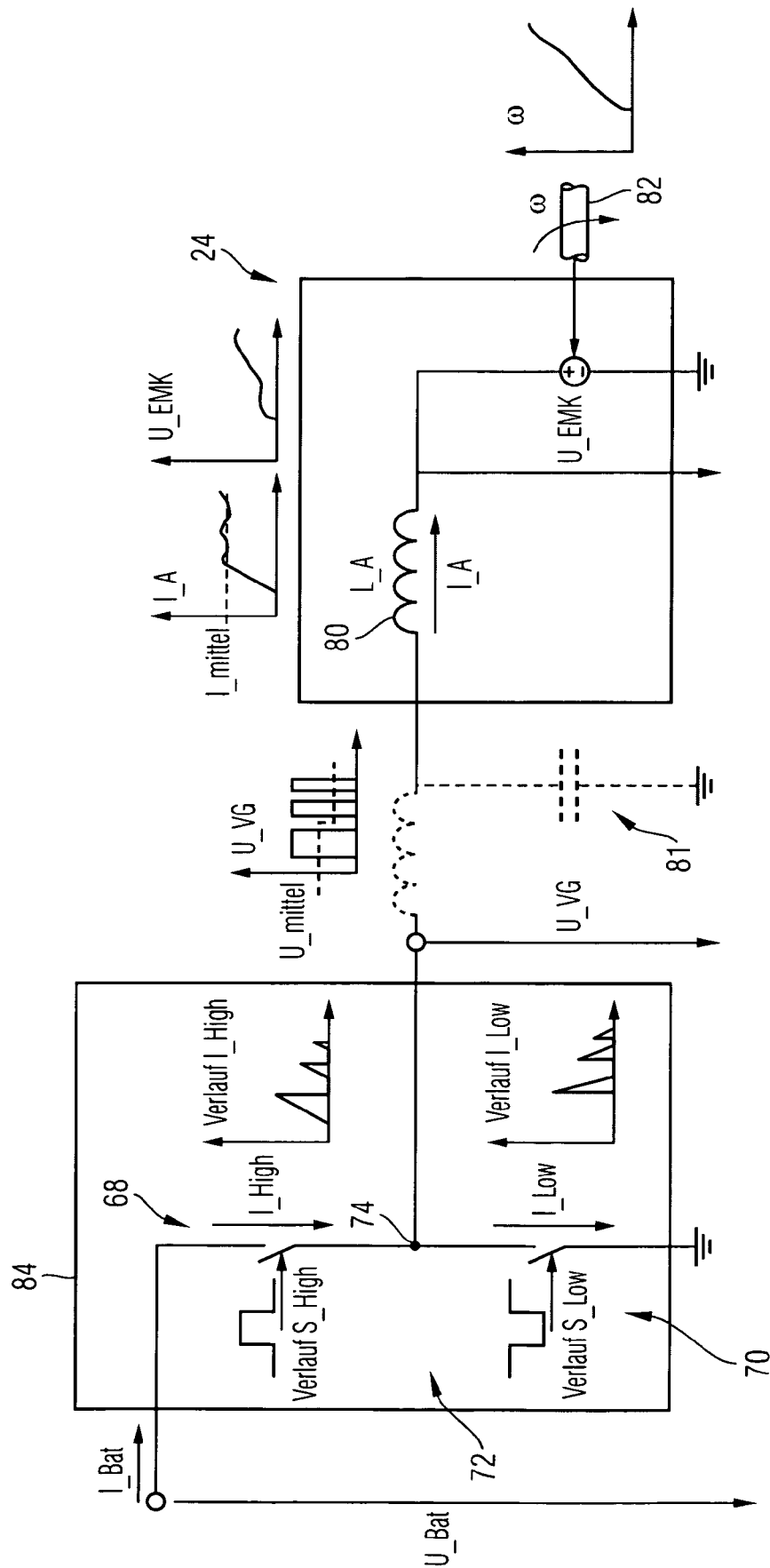


Fig. 5

6/7

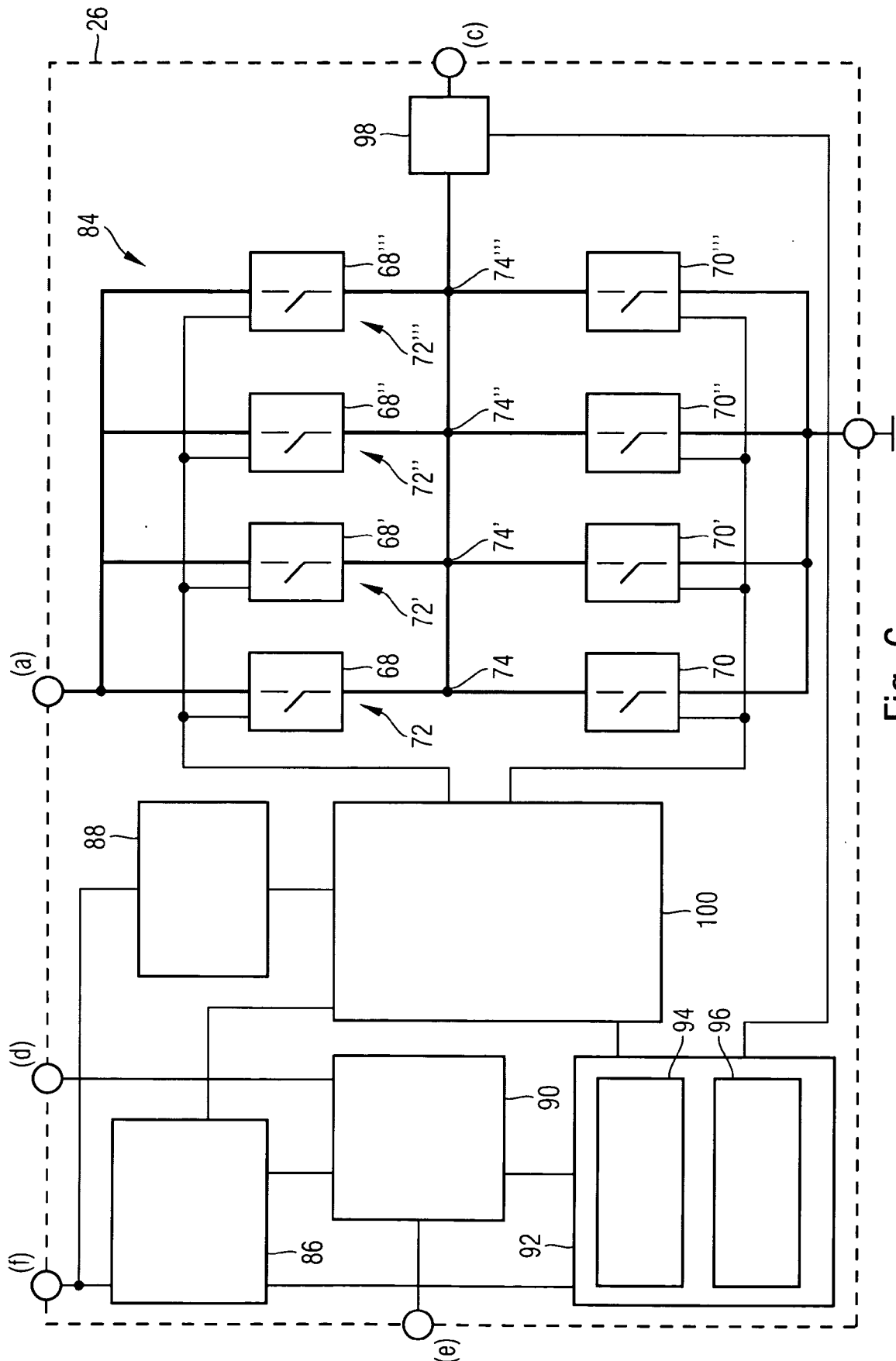


Fig. 6

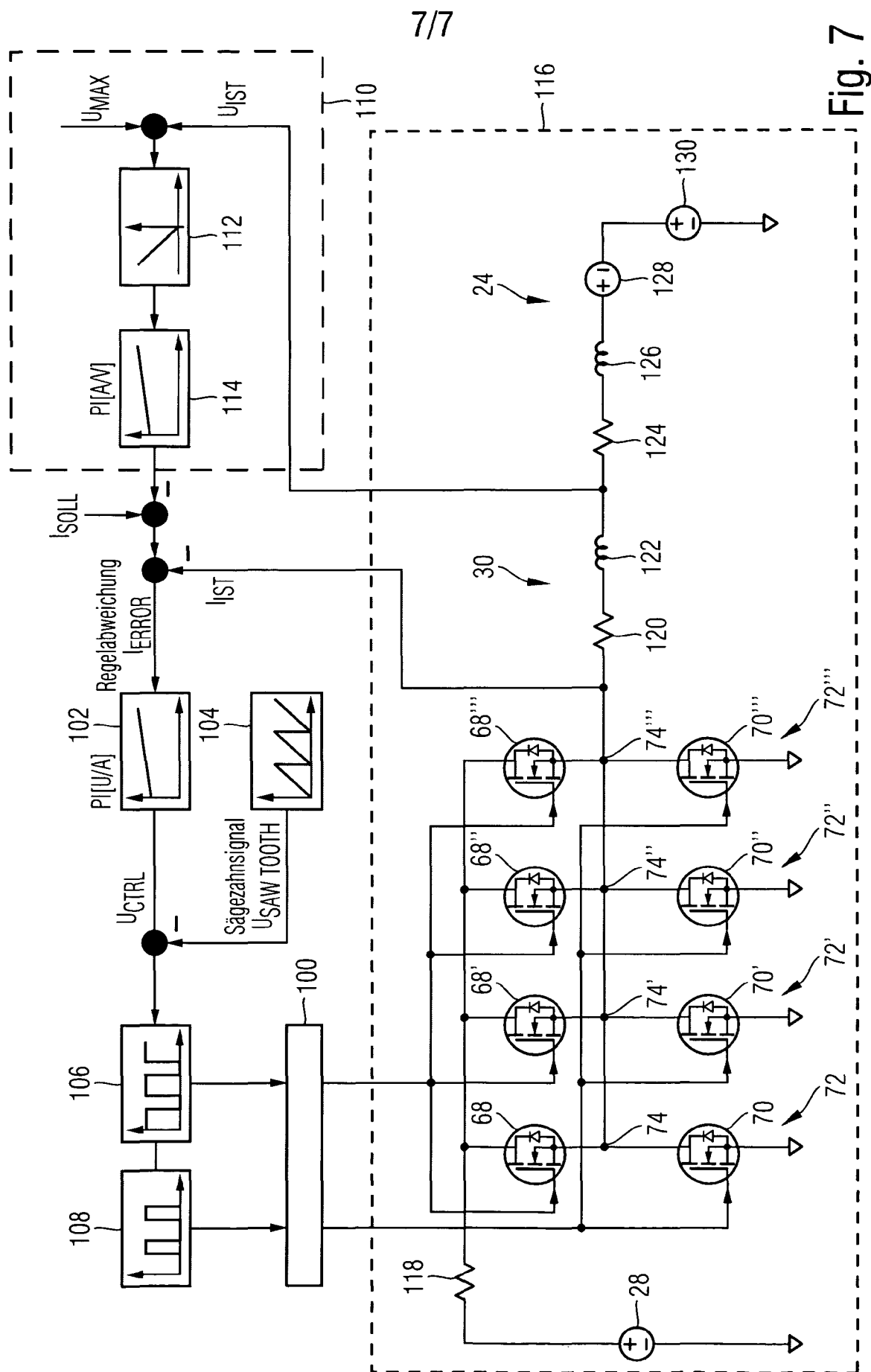


Fig. 7