

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
12. September 2014 (12.09.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/135255 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B60R 16/03 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/000509
- (22) Internationales Anmeldedatum:
27. Februar 2014 (27.02.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 003 512.0 4. März 2013 (04.03.2013) DE
- (71) Anmelder: **WABCO GMBH & CO. OHG** [DE/DE]; Am
Lindener Hafen 21, 30453 Hannover (DE).
- (72) Erfinder: **MEISSNER, Frank**; Wunstorfer Landstr. 57,
30453 Hannover (DE). **SEEGER, Marco**; Marie-Juchacz-
Weg 1, 30855 Langenhagen (DE).
- (74) Anwalt: **LAUERWALD, Jörg**; Wabco GmbH, Am
Lindener Hafen 21, 30453 Hannover (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

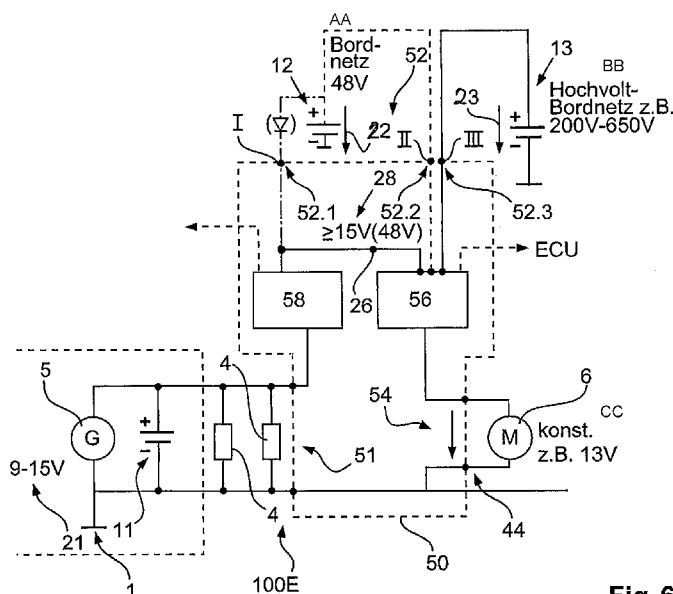
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

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

(54) Title: VOLTAGE SUPPLY IN A VEHICLE ELECTRICAL SYSTEM FOR A COMPRESSING DEVICE OF AN AIR
SUPPLY SYSTEM

(54) Bezeichnung : SPANNUNGSVERSORGUNG IN EINEM BORDNETZ FÜR EINEN VERDICHTER EINER
LUFTVERSORGUNGSANLAGE



AA Vehicle electrical system 48 V
BB High-voltage vehicle electrical system, e.g., 200 V - 650 V
CC Const., e.g., 13 V

Fig. 6

(57) Abstract: The invention relates to an electrical circuit for controlling a compressing device for producing compressed air, particularly for a compressed-air supply system of a vehicle, wherein the compressing device comprises a compressor and an electric motor that drives the compressor, and the electrical circuit comprises a direct-voltage output for providing a constant direct supply voltage having a first output amplitude for controlling the electric motor of the compressing device and a number of direct-voltage inputs for connecting to a number of direct-voltage sources.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Schaltung zum Ansteuern eines Verdichters zur Erzeugung von Druckluft, insbesondere für eine Druckluftversorgungsanlage eines Fahrzeugs, wobei der Verdichter einen Kompressor und einen den Kompressor antreibenden Elektromotor aufweist, und die elektrische Schaltung umfasst einen Gleichspannungsausgang zum Bereitstellen einer konstanten Versorgungsgleichspannung mit einer ersten Ausgangsamplitude zum Ansteuern des Elektromotors des Verdichters und eine Anzahl Gleichspannungseingänge zum Anschließen an einer Anzahl von Gleichspannungsquellen.

Spannungsversorgung in einem Bordnetz für einen Verdichter einer Luftversorgungsanlage

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Schaltung zum Ansteuern eines Verdichters zur Erzeugung von Druckluft, insbesondere für eine Druckluftversorgungsanlage eines Fahrzeugs. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine entsprechende Verdichteranordnung zum Erzeugen von Druckluft. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung ein Bordnetz eines Fahrzeugs mit einem Verdichter und einer elektrischen Schaltung zum Ansteuern des Verdichters. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben eines Verdichters.

Luftversorgungsanlagen für Luftfedern oder andere Anwendungen in einem Fahrzeug sind bekannt. Solche Luftversorgungsanlagen erzeugen eine Druckluft, um diese der beispielhaft genannten Luftfederung zuzuführen. Die Druckluft wird mittels eines Kompressors erzeugt, der durch einen Elektromotor angetrieben wird. Als Elektromotor wird hierfür üblicherweise ein bürstenbehafteter Gleichstrommotor verwendet. Dieser wird im Bordnetz des Fahrzeugs, insbesondere PKW, mit elektrischer Energie aus einer Batterie versorgt. Solche Batterien weisen bspw. eine elektrische Spannung an ihren Anschlussklemmen im Bereich von 9 bis 15 V auf. Die Spannungsamplitude hängt insbesondere von der aktuellen Belastung der Batterie und ihrem Ladezustand ab.

Zum Betreiben des Elektromotors eines Verdichters kann dieser mittels eines Relais elektrisch mit der Batterie verbunden werden. Die Spannung von 9 bis 15 V, um bei diesem Beispiel zu bleiben, liegt dann an dem Motor an und der Motor wird dadurch angetrieben. Beim Anlaufen des Motors kann ein sehr hoher Anlaufstrom auftreten, der auch zu einem zumindest temporären Spannungsabfall der Batterie führt. Der Betrieb anderer Verbraucher im Bordnetz, insbesondere das Anlaufen anderer Verbraucher im Bordnetz, kann die Batteriespannung ebenfalls absenken bzw. das Abschalten eines solchen Verbrauchers kann die Batteriespannung wieder anheben. Solche schwankenden Spannungen der Batterie führen zu unterschiedlichen Strömen, die wiederum in dem Elektromotor zu nicht optimalen Betriebsverhältnissen und bspw. zu höherem Bürstenverschleiß führen können. Zudem resultieren unterschiedliche Drehzahlen des Elektromotors und damit des Kompressors, was zu unterschiedlichen Geräuscent-

wicklungen führen kann. Insbesondere ist eine Geräuschkämpfung auf eine vorbestimmte Geräuscfrequenz schlecht abstimmbar.

Ungünstig ist insofern eine starke Abhängigkeit der Drehzahl von der Spannungslage im Bordnetz. Es sind bspw. bei Schwankungen von 9 bis 16 V Drehzahlschwankungen von Δ ca. 1750 U/min gemessen worden. Für Leichtbaumodelle, wie sog. Medium Power/Light Weight Modelle ergeben sich im Extremfall (auch lastabhängig) Drehzahlschwankungen von ca. 1.650 bis 3.550 U/min für den Spannungsbereich von 9 bis 16 V. Sog. leichtgewichtige Motoren (Light Weight Motoren) haben eine steilere Drehzahl-Spannungskennlinie und Bordspannungsänderungen erzeugen somit noch größere Drehzahldifferenzen, als bisherige bzw. andere Serienmotoren mit höheren el. Wirkungsgrad. Bei niedrigen Spannungen sinkt die Leistungsfähigkeit solcher Leichtbaumotoren somit noch deutlicher, als bei bisherigen Serienmotoren. Daraus resultiert auch eine höhere Anfälligkeit für einen Taumelbetrieb, als auch für Anlaufprobleme, als bisher bekannt. Es resultieren also eine deutliche schlechtere Leistungsfähigkeit sowie ein schlechterer Wirkungsgrad bei Unterspannung mit dem Ergebnis erheblich verlängerter Füllzeiten für das Befüllen eines Druckreservoirs mit Druckluft. Bspw. wurde beobachtet, dass eine Befüllung bei 9 V ca. die doppelte Zeit als bei 16 V benötigt wenn ein Leichtbaumotor verwendet wird.

Durch die Spannungsschwankungen ergibt sich zudem ein höherer Aufwand für Entkopplung von Körperschall vom Fahrzeug, die über viele Frequenzbereiche vorzunehmen ist. Außerdem ergibt sich auch ein hoher Aufwand für die Minderung eines Stromanstiegsgradienten und für die Minderung eines maximalen Anlaufstroms durch den Einsatz einer Regelungselektronik für einen Kompressorsanftanlauf (sog. Compressor Soft Start/CSS). Ein Bürstenverschleiß ist temperatur-, feuchte- und besonders stromabhängig, so dass sich bei niedriger Spannung insbesondere ein zu hoher Bürstenverschleiß ergibt, soweit der Strom jedenfalls nicht begrenzt werden kann. Bei einem Betrieb mit Unterspannung, also insbesondere von 9 V, entstehen hohe Stromspitzen im laufenden Betrieb. Bspw. können 36 A Spitze gegenüber 29 A Spitze bei 9 V im Vergleich zu 13 V bei einem Leichtbaumotor (MP-LW) auftreten. Zudem wird eine höhere Welligkeit beobachtet, die das Bordnetz belastet und ein Hinweis auf den Übergang zum sog. Taumelbetrieb sein könnte. Ein unrunder Motorlauf und eine viel höhere Geräuschbelastung der Umwelt durch ein Geräusch per Luftschall (in [dB(A)]) und/oder durch Körperschall hervorrufende Vibrationen (in [g oder m/s²]) bei bspw. 9 V gegenüber 13 V sind weitere Nachteile.

- 3 -

Ein Relais als elektromechanischer Schalter, der bisher verwendet wurde, weist zudem eine Alterung mit höheren Kontaktwiderständen auf. Die Lebensdauer kann bspw. auch durch Kontaktabbbrand verkürzt werden. Beim Anlauf des Motors können hohe Stromspitzen von 90 bis 120 A je nach Motortyp auftreten. Auch sog. Relaiskleber werden vom System bislang nur in möglichen höheren Ausbaustufen des Steuergerätes – z. B. unter Zuhilfenahme eines Sensors (Shunt etc.) detektiert und können zu Ausfällen führen.

Erste Vorschläge, die einen sog. Sanftanlauf des Kompressors (sog. Compressor Soft Start /CSS) vorschlagen, weisen Spannungsabfälle von 0,5 bis 1 V auf, verringern aber möglicherweise die Verfügbarkeit der Luftverteilanlage mindestens ebenso wie beim Einsatz eines Relais mit einem alterungsbedingten variablen Spannungsabfall. Eine solche Sanftanlaufvorrichtung erzeugt eine Drehzahlreduzierung von etwa 100 bis 250 U/min.

Zudem macht ein solcher CSS eine neue Motorauslegung notwendig, damit der Motor an den zusätzlichen Spannungsabfall angepasst ist. Zudem sind auch Kosten für einen solchen Kompressorsanftanlauf nicht zu vernachlässigen.

Weitere Nachteile, insbesondere eines relaisgeschalteten Elektromotors, bestehen darin, dass dies für eine Verwendung in einem Hochspannungsbordnetz nicht direkt möglich ist; es müsste vielmehr ein entsprechender Niederspannungskompressor durch einen anderen ersetzt werden. Andernfalls könnten sich hohe Drehfrequenzen ergeben, die mit internen Ventilen in der Luftverteilanlage evtl. nicht kompatibel ist. Zumindest kann ein sog. Liefergrad nachlassen. Es besteht die Gefahr, dass die Kolbengeschwindigkeit einen zulässigen Betriebsbereich überschreitet, insbesondere weil die Lagerung nicht für hohe Drehfrequenzen ausgelegt ist. Es kann bei höheren Spannungen das Fördervolumen pro Umdrehung sinken, insbesondere bedingt durch höhere Anzahl Lastwechseln/Umdrehungen, was zu einem hohen Verschleiß ohne proportionaler Verbesserung der Leistungsfähigkeit, insbesondere Füllzeit führt.

Bei einem Betrieb mit Überspannungen, bspw. oberhalb von 15 V, entstehen sehr viel höhere Stromspitzen im Anlauf als bei einer Nennspannung von 12 oder 13 V; beispielsweise liegen Stromspitzen bei einem 13 V-Betrieb eher unter 100 A (z. B. bei 90 A) während Stromspitzen bei einem 16 V-Betrieb deutlich oberhalb von 100 A liegen können (z. B. bei 120 A).

- 4 -

Wünschenswert ist es, die vorgenannten Nachteile weitestgehend zu vermeiden, insbesondere eine starke Abhängigkeit der Drehzahl von der Spannungslage im Bordnetz weitestgehend zu entschärfen. Wünschenswert wäre es auch, den Verschleiß des Elektromotors und/oder anderer Komponenten möglichst gering zu halten.

An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, die wenigstens eines der oben genannten Probleme adressieren und die damit verbundenen Nachteile zumindest mildert; zumindest soll eine zu bisherigen Lösungen alternative Ausführungsform vorgeschlagen werden.

Insbesondere soll hinsichtlich der Vorrichtung und des Verfahrens der Betrieb eines Verdichters einer Luftverteilanlage, insbesondere der Betrieb des dafür verwendeten Elektromotors, mit möglichst geringem Aufwand verbessert werden. Insbesondere liegt eine Aufgabe darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, mittels der ein Elektromotor eines Kompressors mit möglichst geringem Aufwand in einem Hochspannungsbordnetz einsetzbar ist. Insbesondere soll dies in einem Bordnetz mit einer Spannung von 36 bis 48 V oder 200 bis 650 V möglich sein, wie sie bei Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen auftreten können.

Die Aufgabe wird hinsichtlich der Vorrichtung durch die Erfindung mit einer elektrischen Schaltung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Demnach wird eine elektrische Schaltung zum Ansteuern eines Verdichters zur Erzeugung von Druckluft, insbesondere für eine Druckluftversorgungsanlage eines Fahrzeugs, vorgeschlagen. Der Verdichter weist einen Kompressor und einen den Kompressor antreibenden Elektromotor auf, der mit Gleichstrom bzw. einer Gleichspannung betrieben wird. Die elektrische Schaltung weist einen Gleichspannungsausgang auf, an dem eine konstante Versorgungsgleichspannung mit einer ersten Ausgangsamplitude zum Ansteuern des Elektromotors bereitgestellt wird. Die elektrische Schaltung weist einen ersten Gleichspannungseingang zum Anschließen an eine erste Gleichspannungsquelle und/oder einen zweiten Gleichspannungseingang zum Anschließen an eine zweite Gleichspannungsquelle auf. Erfindungsgemäß stellt die erste Gleichspannungsquelle eine erste variable Eingangsspannung bereit.

Mit anderen Worten entspricht diese der gewünschten Spannungsamplitude der Versorgungsgleichspannung. Sie entspricht dieser Versorgungsgleichspannung in der

Amplitude aber nur in etwa, weil die Versorgungsgleichspannung möglichst konstant gehalten wird, wohingegen die erste variable Eingangsspannung schwanken kann. Insbesondere schwankt die erste variable Eingangsspannung um die Ausgangsamplitude, also um die Versorgungsgleichspannung. Die erste variable Eingangsspannung kann auch nur in einem Bereich unterhalb und bis zur ersten Ausgangsamplitude der Versorgungsgleichspannung schwanken, oder ab und oberhalb der ersten Ausgangsamplitude der Versorgungsgleichspannung. Schwankungen bzw. Variationen und damit Abweichungen von dieser ersten Ausgangsamplitude können im Bereich von einigen Volt, vorzugsweise maximal 50 %, ggfs. auch über 50 %, insbesondere aber unter 70 % dieser ersten Ausgangsamplitude liegen. Besonders bevorzugt sollte aber nur die Eingangsspannung, insbesondere in den vorgenannten %-Bereichen der ersten Ausgangsamplitude schwanken. Die Ausgangsspannung sollte möglichst konstant gehalten werden, um akustische Auffälligkeiten zu vermeiden.

Erfindungsgemäß stellt weiter die zweite Gleichspannungsquelle eine zweite Eingangsspannung bereit, die größer als die erste Ausgangsamplitude ist. Insbesondere kann sie signifikant größer als die erste Ausgangsamplitude der konstanten Versorgungsgleichspannung sein. Die zweite Gleichspannungsquelle kann insbesondere ein Hochvoltbordnetz eines Kraftfahrzeugs sein bzw. ein entsprechender Energiespeicher, wie eine Batterie eines solchen Hochvoltbordnetzes.

Weiterhin umfasst die elektrische Schaltung erfindungsgemäß einen Gleichspannungswandler zum Erzeugen der Versorgungsgleichspannung. Das Bereitstellen der konstanten Versorgungsgleichspannung wird gemäß dem Konzept der Erfindung durch den Gleichspannungswandler erreicht. Der Gleichspannungswandler ist insbesondere dazu vorgesehen, aus der ersten variablen Eingangsspannung die konstante Versorgungsgleichspannung zu formen. Außerdem oder alternativ ist er insbesondere dazu vorgesehen, aus der zweiten Eingangsspannung die konstante Versorgungsgleichspannung zu erzeugen.

Es soll somit eine möglichst konstante Versorgungsgleichspannung zum Ansteuern des Elektromotors des Kompressors bereitgestellt werden. Drei Varianten werden hierfür vorgeschlagen. Gemäß einer ersten liegt ein erster Gleichspannungseingang vor, der an eine Eingangsspannung angepasst ist, die etwa im Bereich der gewünschten Ausgangsspannung liegt, wie das bei einer herkömmlichen Autobatterie der Fall ist. Gemäß einer zweiten Variante ist außerdem ein zweiter Gleichspannungseingang vor-

- 6 -

gesehen, der an eine größere, nämlich insbesondere deutlich größere Eingangsspannung angepasst ist, nämlich insbesondere an die Spannung einer Batterie eines Elektroautos, also die Batterie, die einen Fahrmotor des Elektrofahrzeugs speist. Gemäß einer dritten Variante liegen der erste und der zweite Gleichspannungseingang vor.

Die erste Gleichspannungsquelle kann eine bekannte Autobatterie mit etwa 12 V, 24 V, 42 V oder 49 V sein und die Ausgangsspannung kann an einen 12 V, 24 V, 42 V oder 48 V Motor angepasst sein, wobei die Eingangs- und Ausgangsspannungen nicht gleich sein müssen.

Es wird somit auch vorgeschlagen, dass der Gleichspannungswandler eine konstante Versorgungsgleichspannung erzeugt.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen und geben im Einzelnen vorteilhafte Möglichkeiten an, dass oben erläuterte Konzept im Rahmen der Aufgabenstellung sowie hinsichtlich weiterer Vorteile zu realisieren.

Gemäß einer Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass die erste Gleichspannung etwa der ersten Ausgangsamplitude, etwa dem Doppelten, Dreifachen davon oder etwa der Hälfte oder einem Drittel davon entspricht, insbesondere dass die erste Gleichspannung in einem Bereich von 50 % bis 150 % der Ausgangsamplitude, des Doppelten oder des Dreifachen der Ausgangsamplitude bzw. in einem Bereich von 50 % bis 150 % einer halben oder einer dritten Ausgangsamplitude liegt. Insbesondere schwankt bzw. variiert die erste Gleichspannung um den jeweiligen Wert, nämlich vorzugsweise um 50 % darüber oder darunter. Der Gleichspannungswandler, der auch als Steller bezeichnet werden kann, ändert die Eingangsspannung auf die gewünschte Ausgangsspannung und gleicht dabei diese Variationen der Eingangsgleichspannung aus, sofern sie auftreten. Damit kann der Gleichspannungswandler eine solche Doppelfunktion ausführen, nämlich die Spannung erhöhen oder verringern und Spannungsschwankungen ausgleichen.

Bspw. wird eine Gleichspannung von etwa 12 V am Gleichspannungseingang auf 42 V oder 49 V am Gleichspannungsausgang hochgesetzt, wobei die 42 V bzw. 48 V dieses Beispiels auch bei schwankender Gleichspannung am Gleichspannungseingang erreicht werden, also bspw. auch dann erreicht werden, wenn die Gleichspannung am Gleichspannungseingang nicht exakt und konstant 12 V beträgt, sondern zwischen 9 V

- 7 -

bis 12 V schwankt. Ebenso, um ein weiteres Beispiel zu nennen, kann die Gleichspannung am Gleichspannungseingang 42 V oder 49 V betragen und um einen dieser Werte schwanken, und auf eine Spannung von 12 V am Gleichspannungsausgang heruntersgesetzt werden, wobei dann die 12 V konstant gehalten werden.

Vorzugsweise weist der Gleichspannungswandler einen Tiefsetzsteller auf, der eine höhere Gleichspannung, insbesondere nämlich diese höhere zweite Eingangsspannung auf die konstante Versorgungsgleichspannung herunter steuert. Der Tiefsetzsteller kann hierbei unmittelbar zwischen der zweiten Eingangsspannung und der konstanten Versorgungsgleichspannung verschaltet sein, oder es können ergänzende Elemente vorhanden sein.

Außerdem oder alternativ kann ein Tiefsetzsteller vorgesehen sein, um die erste variable Eingangsspannung auf die konstante Versorgungsspannung herunter zusteuern, sofern die erste variable Eingangsspannung zumindest teilweise oberhalb der konstanten Versorgungsgleichspannung liegt.

Zum Hochsteuern der ersten variablen Eingangsspannung auf die konstante Versorgungsgleichspannung wird ein Hochsetzsteller vorgeschlagen, wenn die erste variable Eingangsspannung zumindest teilweise unterhalb der konstanten Versorgungsgleichspannung liegt.

Ein beschriebener Tiefsetzsteller oder ein beschriebener Hochsetzsteller kann jeweils den Gleichspannungswandler bilden oder der Gleichspannungswandler weist den Tiefsetzsteller und/oder den Hochsetzsteller sowie etwaige weitere Elemente, insbesondere elektronische Schaltungselemente, auf.

Gemäß einer Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass der Gleichspannungswandler einen Hochsetzsteller aufweist, der mit der ersten Eingangsspannungsquelle verbunden ist und die erste variable Eingangsspannung auf eine Zwischenspannung hochsteuert und an einem Zwischenspannungsknoten entsprechend bereitstellt. Diese Zwischenspannung soll eine Amplitude aufweisen, die höher als die erste variable Eingangsspannung und auch höher als die konstante Versorgungsspannung ist. Es wird weiterhin ein Tiefsetzsteller vorgeschlagen, der zwischen dem Zwischenspannungsknoten und dem Gleichspannungsausgang angeordnet ist, um die Zwischenspannung des Zwischenspannungsknotens auf die konstante Versorgungsgleichspannung herunter

terzutransformieren. Es wird somit auch insbesondere eine Lösung für den Fall geschaffen, dass die erste variable Eingangsspannung um die erste Ausgangsamplitude, also um die Spannungshöhe der konstanten Versorgungsgleichspannung schwankt und insoweit oberhalb und unterhalb dieser konstanten Versorgungsgleichspannung liegen kann. Unter der konstanten Versorgungsgleichspannung ist hierbei insbesondere auch ein Sollwert zu verstehen, der aber mit der vorgeschlagenen elektrischen Schaltung auch näherungsweise realisiert wird. Somit kann diese erste variable Eingangsspannung auf einen Wert oberhalb der konstanten Versorgungsgleichspannung angehoben werden und stellt dann eine Eingangsgröße für den nachgeschalteten Tiefsetzsteller dar. Vorzugsweise kann die Zwischenspannung mit einer so hohen Amplitude gewählt werden, dass sie der Spannungsamplitude der zweiten Eingangsspannung entspricht. Der nachgeschaltete Tiefsetzsteller kann dann wahlweise, jedenfalls gemäß einer Weiterbildung, die Zwischenspannung oder die zweite Eingangsspannung auf die konstante Versorgungsgleichspannung herunter steuern.

Insbesondere wird gemäß einer Weiterbildung vorgeschlagen, dass der Tiefsetzsteller außerdem mit der zweiten Gleichspannungsquelle verbunden ist, um wahlweise die Zwischenspannung oder die zweite Eingangsspannung herunter zusteuern. Außerdem oder alternativ kann ein zweiter Tiefsetzsteller zu diesem beschriebenen Tiefsetzsteller parallel geschaltet werden, um die zweite Eingangsspannung der zweiten Gleichspannungsquelle auf die konstante Versorgungsspannung herunter zusteuern. Somit wären zwei Tiefsetzsteller vorgesehen, die auf unterschiedliche Eingangsspannungen angepasst sind, um daraus aber die gleiche konstante Versorgungsgleichspannung zu wandeln.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung schlägt vor, dass wenigstens ein elektronisches Relais vorgesehen ist, um eine Verbindung vom Gleichspannungswandler zum Gleichspannungsausgang oder die Verbindung vom Gleichspannungseingang zum Gleichspannungswandler zu unterbrechen. Außerdem oder alternativ kann ein elektronisches Relais zum elektrischen Unterbrechen einer Verbindung des Hochsetzstellers, der zwischen erster Eingangsspannungsquelle und dem Zwischenspannungsknoten angeordnet ist, zu diesem Zwischenspannungsknoten hin vorgesehen sein. Durch diese vorgeschlagenen elektronischen Relais kann jeweils eine Schaltung, nämlich Ein- oder Ausschaltung des Elektromotors erreicht werden. Unter einem elektronischen Relais ist insoweit ein Halbleiterschalter nebst Ansteuerung zu verstehen, der eine elektrische Unterbrechung herstellt und insoweit ähnlich wie ein Relais wirkt, aber nicht mecha-

nisch arbeitet. Insbesondere kann hierdurch ein Verschleiß eines mechanisch arbeitenden Relais vermieden werden und es sind auch schnellere verlustärmere Schaltaktionen erzielbar.

Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere, aber nicht ausschließlich, für die erste variable Eingangsspannung und damit für die erste Gleichspannungsquelle Spannungsbereiche von etwa 9 bis 16 V, 12 bis 21 V oder 18 bis 32 V. Solche Spannungsbereiche sind insbesondere für Autobatterien oder ähnliche, elektrische Speicher in einem Kraftfahrzeug zu erwarten und sollen somit durch die vorgeschlagene Schaltung berücksichtigt werden.

Die zweite Eingangsspannung liegt insbesondere von 200 bis 650 V und entspricht damit gängigen Hochvoltbordnetzen von Kraftfahrzeugen. Insoweit ist hier unter Hochvolt ein solcher Spannungsbereich von 200 bis 650 V zu verstehen, der Begriff ist also im Sinne eines Fachmanns für Fahrzeugelektronik zu verstehen.

Die erste Ausgangsamplitude, also insbesondere die konstante Versorgungsgleichspannung, beträgt vorzugsweise 13 V, 16 V oder 24 V. Insbesondere ist die erste Ausgangsamplitude von 13 V einer Weiterbildung mit einer ersten variablen Eingangsspannung im Bereich von 9 bis 16 V zugeordnet, oder in diesem Sinne sind 16 V dem Bereich 12 bis 21 V zugeordnet bzw. entsprechend 24 V dem Bereich 18 bis 32 V.

Die vorgeschlagene Schaltung schafft somit eine konstante Ansteuerspannung für den Elektromotor und vermeidet damit sämtliche Nachteile des Elektromotors, die mit schwankenden Spannungen am Elektromotor zusammenhängen. Der Elektromotor kann somit durch die vorgeschlagene Schaltung mit konstanter Spannung betrieben werden, woraus sich diverse Vorteile ergeben, in dem eins noch beschrieben werden.

Vorzugsweise sieht eine Weiterbildung die Möglichkeit eines gedrosselten Betriebs des Elektromotors vor. Hierzu ist die elektrische Schaltung, insbesondere der Gleichspannungswandler, dazu ausgebildet, an dem Gleichspannungsausgang eine konstante Versorgungsgleichspannung mit einer zweiten Ausgangsamplitude zum Ansteuern des Elektromotors des Verdichters in dem gedrosselten Betrieb bereitzustellen. Diese zweite Ausgangsamplitude ist kleiner als die erste Ausgangsamplitude, so dass sich der gedrosselte Betrieb des Elektromotors ergibt. Durch die Verwendung eines Gleich-

spannungswandlers kann dieser gedrosselte Betrieb gezielt erreicht werden, ohne dass besondere Verluste auftreten.

Außerdem wird eine bevorzugte Weiterbildung vorgeschlagen, bei der die elektrische Schaltung wenigstens eine Kommunikationsschnittstelle zum Einbinden der elektrischen Schaltung in eine Gesamtsteuerung des Fahrzeugs vorsieht. Eine solche Kommunikationsschnittstelle kann insbesondere zu einer Kommunikation mit einem Bussystem, wie bspw. ein CAN-Bus, vorgesehen sein. Außerdem oder dadurch wird eine Kommunikation mit einer elektronischen Steuereinheit (ECU) geschaffen. Die beschriebene Kommunikation der elektrischen Schaltung kann auch so ausgeführt sein, dass der Gleichspannungswandler, der Hochsetzsteller und/oder der Tiefsetzsteller die Kommunikation durchführen. Bspw. kann die Gesamtsteuerung über das Bussystem, den Gleichspannungswandler, den Hochsetzsteller und/oder den Tiefsetzsteller unmittelbar ansteuern. Auch eine Ansteuerung des elektronischen Relais kommt in Betracht.

Vorzugsweise wird vorgeschlagen, dass eine Überwachungseinheit vorgesehen ist, um den Gleichspannungswandler anzusteuern und/oder dort Messungen vorzunehmen. Hierdurch kann ein Funktionsverhalten der Druckluftversorgungsanlage überprüft werden und dadurch wird die Möglichkeit eröffnet, erfasste Prüfwerte der Gesamtsteuerung des Fahrzeugs zu zuführen. Bspw. kann aus dem Betrieb des Gleichspannungswandlers, insbesondere dem von ihm zum Gleichspannungsausgang gesteuerten Stroms auf die Funktion oder Arbeitsweise des Elektromotors und damit auf ein Funktionsverhalten der Druckluftversorgungsanlage geschlossen werden. Erfasste Prüfwerte können der Gesamtsteuerung des Fahrzeugs zugeführt werden, soweit eine entsprechende Kommunikation zwischen der Schaltung und der Gesamtsteuerung besteht.

Gemäß weiteren Weiterbildungen können die erste und/oder die zweite Gleichspannungsquelle und/oder der Elektromotor Bestandteil der elektrischen Schaltung sein. Vorzugsweise ist ein Elektromotor als bürstenbehafteter Gleichstrommotor ausgebildet. Alternativ wird vorgeschlagen, dass der Elektromotor ein bürstenloser Gleichstrommotor ist.

Die Aufgabe hinsichtlich der Vorrichtung wird durch die Erfindung weiter mit einer Verdichteranordnung zum Erzeugen von Druckluft des Anspruchs 11 gelöst. Die Verdichteranordnung ist insbesondere für eine Druckluftversorgungsanlage eines Fahrzeugs ausgebildet. Die Verdichteranordnung weist einen Verdichter mit einem Kom-

pressor und einem den Kompressor antreibenden Elektromotor sowie erfindungsgemäß eine elektrische Schaltung zum Ansteuern des Verdichters gemäß der Erfindung auf, insbesondere gemäß wenigstens einer der vorstehend erläuterten Weiterbildungen.

Das Konzept der Erfindung führt auch auf ein Bordnetz des Anspruchs 13 für ein Fahrzeug, insbesondere ein Bordnetz für einen PKW. Erfindungsgemäß weist das Bordnetz eine elektrische Schaltung zum Ansteuern des Verdichters gemäß der Erfindung auf, insbesondere gemäß wenigstens einer der vorstehend erläuterten Weiterbildungen. Als PKW kommt auch ein Elektroauto oder ein Hybridauto in Betracht. Das Bordnetz ist insbesondere zum Ansteuern elektrischer Einrichtungen des Fahrzeugs ausgebildet. Erfindungsgemäß umfasst das Bordnetz eine erste Gleichspannungsquelle und außerdem oder alternativ eine zweite Gleichspannungsquelle, wie sie oben im Zusammenhang der elektrischen Schaltung erläutert wurden. Weiterhin sind elektrische Leitungen zum Übertragen der elektrischen Energie von wenigstens einer der Gleichspannungsquellen zu den elektrischen Einrichtungen im Bordnetz vorgeschlagen. Ebenfalls umfasst das Bordnetz einen Verdichter, der insoweit auch eine elektrische Einrichtung im Bordnetz darstellen kann, und eine elektrische Schaltung gemäß wenigstens einer der vorstehend beschriebenen Weiterbildungen.

Vorzugsweise umfasst das Bordnetz ein Niederspannungsbordnetz, das insbesondere Spannungsbereiche aufweist, die oben im Zusammenhang mit der ersten Gleichspannungsquelle beschrieben wurden, und ein Hochvoltbordnetz, insbesondere mit einem Spannungsbereich von 200 bis 650 V. Durch die vorgeschlagene elektrische Schaltung gemäß wenigstens einer vorbeschriebenen Weiterbildung können diese beiden in ihrer Spannungsamplitude unterschiedlichen Bordnetze, die insoweit auch als Bordteilnetze bezeichnet werden können, jedenfalls zum Betreiben des Elektromotors des Verdichters zusammen eingesetzt werden.

Das Konzept der Erfindung führt auch auf eine Druckluftversorgungsanlage des Anspruchs 15, ein Druckluftversorgungssystem des Anspruchs 16 und ein Fahrzeug des Anspruchs 17.

Das Konzept der Erfindung führt auch auf ein Verfahren des Anspruchs 18 zum Betreiben eines Verdichters zum Erzeugen von Druckluft, insbesondere für eine Druckluftversorgungsanlage eines Fahrzeugs. Das Verfahren umfasst wenigstens die Schritte:

- 12 -

- Bereitstellen elektrischer Energie mit einer variablen Gleichspannung,
- Umformen der elektrischen Energie mit der variablen Gleichspannung mittels einer elektrischen Schaltung in elektrische Energie mit einer konstanten Gleichspannung und
- Betreiben des Verdichters mit der in elektrische Energie mit einer konstanten Gleichspannung umgeformten Energie.

Vorzugsweise wird eine elektrische Schaltung gemäß wenigstens einer der vorstehend beschriebenen Weiterbildungen verwendet. Gemäß einer Weiterbildung dieses Verfahrens wird das Betreiben des Verdichters mit dem Betreiben wenigstens einer weiteren elektrischen Einrichtung in dem Bordnetz, in dem auch der Verdichter betrieben wird, koordiniert. Hierzu wird vorgeschlagen, dass eine zeitgleiche Ansteuerung, insbesondere ein zeitgleiches Starten des Verdichters und wenigstens einer weiteren elektrischen Einrichtung, vermieden wird. Insbesondere wird eine Ansteuerung des Verdichters gegenüber der Ansteuerung wenigstens einer weiteren elektrischen Einrichtung verzögert, oder es wird umgekehrt die Ansteuerung der weiteren elektrischen Einrichtung verzögert. Dadurch können Stromspitzen bzw. Spannungsabfälle, die insbesondere bei Anlaufvorgängen elektrische Motoren auftreten, vermieden werden. Damit wird eine Belastung der verwendeten Gleichspannungsquelle gering gehalten.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht notwendigerweise maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen betreffend die Form und das Detail einer Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne von der allgemeinen Idee der Erfindung abzuweichen. Die in der Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Weiterbildung der Erfindung wesentlich sein. Zudem fallen in den Rahmen der Erfindung alle Kombinationen aus zumindest zwei der in der Beschreibung, der Zeichnung und/oder den Ansprüchen offenbarten Merkmale. Die allgemeine Idee der Erfindung ist nicht beschränkt auf die exakte Form oder das Detail der im Folgenden gezeigten und beschriebenen bevorzugten Ausführungsform oder beschränkt auf einen Gegenstand,

der eingeschränkt wäre im Vergleich zu dem in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstand. Bei angegebenen Bemessungsbereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und beliebig einsetzbar und beanspruchbar sein. Der Einfachheit halber sind nachfolgend für identische oder ähnliche Teile oder Teile mit identischer oder ähnlicher Funktion gleiche Bezugszeichen verwendet.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in:

Fig. 1 ein Schaltschema einer Druckluftversorgungsanlage gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 2 schematisch einen Ausschnitt aus einem Bordnetz gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 3 einen Ausschnitt aus einem weiteren Bordnetz gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 4 schematisch einen Ausschnitt aus einem Bordnetz gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 5 schematisch einen Ausschnitt aus einem erfindungsgemäßen Bordnetz gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 6 schematisch einen Ausschnitt aus einem Bordnetz gemäß einer noch weiteren Ausführungsform, wobei drei Varianten I, II, III eines Anschlusses von einer oder mehreren Bordnetzspannungen beschrieben ist;

Fig. 7 schematisch einen Ausschnitt aus einem Bordnetz gemäß einer ebenfalls weiteren Ausführungsform;

Fig. 8 ein Beschleunigungsspektrum für einen Elektromotor bei unterschiedlichen Eingangsspannungen;

- 14 -

Fig. 9 ein Blockschaubild, das einen BL-Motor mit einem Funktionsschema einer Reglerstruktur mit einem Regler umfassend eine Versorgungsspannung und Magnetventile einer Druckluftversorgungsanlage und/oder Pneumatikanlage, insbesondere für eine Luftfederanlage, zeigt, wobei der Regelkreis den Regler, die ECU, Sensoren und einen BUS umfasst.

Fig. 1 zeigt eine Druckluftversorgungsanlage 1000, die vorliegend zur Versorgung einer Pneumatikanlage 1001 in Form einer Luftfilteranlage eines Pkw-Fahrzeugs ausgelegt ist. Die Druckluftversorgungsanlage 1000 weist eine Verdichteranordnung mit einem Verdichter und einer Zuführleitung 230 zu der Druckluftzuführung 1 auf. Über die pneumatische Zuführleitung 230 kann über einen Filter 0.1 und eine Luftzuführung 0 Umgebungsluft angesaugt werden und dem Verdichter 330 zugeführt werden. Der Verdichter 330 weist dazu einen von einem Elektromotor 332 angetriebenen Kompressor 331 auf. An die Druckluftzuführung 1 schließt sich eine Pneumatikhauptleitung 210 zum Druckluftanschluss 2 an, über welche mittels dem Verdichter 330 verdichtete Druckluft der Pneumatikanlage 1001 zuführbar ist. Die Pneumatikanlage 1001 ist dazu mit dem Druckluftanschluss über eine weitere pneumatische Leitung 240 verbunden, welche an eine Galerie 250 anschließt, von der wiederum Zweigleitungen 251, 252, 253, 254, 255 abgehen. In den Zweigleitungen 251 bis 255 sind 2/2-Wegeventile 301, 302, 303, 304, 305 angeordnet, um eine Zuführung der Druckluft zu einem Balg einer Luftfeder 311, 312, 313, 314 bzw. einem Druckluftreservoir 315 zu regeln. An die Galerie 250 angeschlossen ist ebenfalls ein Spannungsdrucksensor 406 bzw. direkt an das Druckluftreservoir 315 angeschlossen ist ein weiterer Spannungsdrucksensor 405. Den Luftfedern bzw. dem zugeordneten 2/2-Wegeventil 301 bis 305 ist jeweils ein Wegesensor 401, 402, 403, 404 für die Vorderachse und Hinterachse zugeordnet.

Der Schaltzustand der 2/2-Wegeventile 301 bis 305 kann über Steuerstromleitungen 300 eingestellt werden, welche an ein Bordnetz 100 des Druckluftversorgungssystems 1002 anschließen und über eine Fahrzeugsteuerung bzw. von der Fahrzeugsteuerung 410 ausgehende Signalleitungen 300.1 aktuiert werden. Ähnlich werden die genannten Sensoren 401 bis 406 über Signalleitungen 400.1 mit der Fahrzeugsteuerung 410 (ECU) aktuiert und mit Strom über Sensorleitungen 400 versorgt.

Signale der Signalleitungen 300.1, 400.1 werden auch einem Fahrzeugbus 420, hier in Form eines CAN-Bus zur Verfügung gestellt.

Der Betrieb der Druckluftversorgungsanlage 1000 ergibt sich nun wie folgt. Über eine Relaissteuerleitung 510 zwischen Fahrzeugsteuerung 410 (ECU) und einem Relais 520 --in den folgenden Fig. 2 bis Fig. 7 ersetzt und/oder ergänzt durch Relais 8 bzw. Blöcke 10 und/oder Blöcke 36, 46/48, 56/58, 68 für einen Sanftstart und/oder zum Tiefsetzen und/oder Hochsetzen einer Spannung-- zur Steuerung des Verdichters 330 wird der Verdichter zur Erzeugung von Druckluft aktuiert; das Relais 520 erhält dazu eine Stromversorgung über die Stromleitungen 500 und nach Maßgabe des Bordnetzes 100. Die der Druckluftzuführung 1 zur Verfügung stehende Druckluft wird in der Pneumatikhauptleitung 210 über einen Lufttrockner 211 und eine Drossel 212 zum Druckluftanschluss 2 geführt und dann weiter über die weitere pneumatische Leitung 240 der Galerie 250 der Pneumatikanlage 1001 zur Verfügung gestellt.

Zum Entlüften der Pneumatikanlage 1001 und/oder der Druckluftversorgungsanlage 1000 bzw. von pneumatischen Teilen derselben kann in umgekehrter Richtung Druckluft vom Druckluftanschluss 2 über die Drossel 212 und unter Regeneration des Lufttrockners 211 in der Pneumatikhauptleitung 210 geführt werden; die weitere Entlüftung erfolgt hier unter Abzweigung der zu entlüftenden Druckluft an der Druckluftzuführung 1 in eine Entlüftungsleitung 220.

Dazu wird ein vorgesteuertes Entlüftungsventil 322 von einem in der pneumatischen Steuerleitung 240 befindlichen Steuerdruck aktuiert, indem das Steuerventil 321 die pneumatische Steuerleitung 240 zum Betätigungskolben des Entlüftungsventils 322 öffnet. Dazu ist das Steuerventil 321 über eine Entlüftungsventilsteuerstromleitung 310 ansteuerbar, d. h. die Magnetspule desselben ist bestrombar und überführt das Steuerventil 321 von der ersten Schaltposition zur zweiten Schaltposition gegen die Federkraft einer symbolisch dargestellten Feder des Steuerventils 321.

Es versteht sich, dass das in Fig. 1 gezeigte und beschriebene Druckluftversorgungssystem 1002 lediglich beispielhaft zur Verdeutlichung einer grundsätzlichen Funktionsweise eines allgemeinen Druckluftversorgungssystems dient und vielfältige Abwandlungen um Modifikationen zur Sache möglich sind. Beispielsweise kann in der Pneumatikhauptleitung 210 als Teil der Ventilanordnung 320 umfassend das Steuerventil 321 und das Entlüftungsventil 322 auch ein entsperresbares Rückschlagventil vorgesehen sein, das vorliegend nicht näher in der Fig. 1 gezeigt ist.

Unabhängig von dem vorgenannten Aspekt können insbesondere im Rahmen der Abwandlungen um Modifikationen gemäß dem Konzept der Erfindung anstatt oder in Ergänzung des Relais 520 andere elektrische Komponenten, insbesondere am Bordnetz 100, betrieben werden; in Bezug auf diesen Aspekt sind zur Erläuterung des Konzepts der Erfindung im Folgenden anhand der Fig. 2 bis Fig. 7 bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung erläutert. Insbesondere werden im Folgenden mit Bezug auf die Fig. 2 bis Fig. 7 verschiedene Varianten eines Bordnetzes 100A, 100B, 100C, 100D, 100E, 100F vorgestellt, die zum Betreiben des Verdichters 330, d. h. hier eines Elektromotors 332 zum Betreiben des Kompressors 331, vorteilhaft sind.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus einem Bordnetz bzw. in schematischer, symbolischer Darstellung ein vollständiges Bordnetz, bei dem einige wenige Elemente repräsentativ für weitere in dem Bordnetz vorhandene Elemente stehen. Dieses Bordnetz 100A weist eine erste Gleichspannungsquelle 11 auf, die hier als Batterie ausgebildet ist und durch eine sog. Lichtmaschine 2, also einen Generator gespeist, nämlich aufgeladen wird. Am Ausgang der ersten Gleichspannungsquelle 11 und damit auch an Ausgangsklemmen des Generators 5 liegt typischerweise eine Gleichspannung von 9 bis 15 V an. Es sind zwei elektrische Verbraucher 4, bzw. elektrische Einrichtungen 4 eingezeichnet, die repräsentativ für weitere Verbraucher bzw. elektrische Einrichtungen im Bordnetz 100A stehen. Sie werden von der ersten Gleichspannungsquelle 11 gespeist.

Weiter ist ein elektrischer Motor 6 --in Fig. 1 der Elektromotor 332-- vorgesehen, der über ein Relais 8 --in Fig. 1 das Relais 520-- geschaltet werden kann. Wenn das Relais 8 schließt, speist auch die erste Gleichspannungsquelle 11 unmittelbar den elektrischen Motor 6, an dem somit die Spannung von 9 bis 15 V der ersten Gleichspannungsquelle 11 anliegt --in Fig. 1 über Versorgungsstromleitungen 500--. Diese Spannung bildet eine erste, variable Eingangsspannung 21. Je nach Amplitude dieser ersten, variablen Eingangsspannung 21 dreht sich der Elektromotor 6 mehr oder weniger schnell und treibt entsprechend einen Kompressor einer Luftverteilanlage an, die hier als LVA abgekürzt wird und durch diese Abkürzung in dieser und weiteren Fig. 1 bis Fig. 9 nur angedeutet ist.

Das Ein- und Ausschalten des elektrischen Motors und damit das Starten und Stoppen des Kompressors der Luftverteilanlage wird somit über das Relais 8 --in Fig. 1 Relais 520-- durchgeführt, das wiederum durch eine elektronische Steuereinheit ECU --in Fig. 1 die Fahrzeugsteuerung 410-- vorgenommen wird. Diese elektrische Steuereinheit

kann insbesondere auch das Schaltverhalten des Relais 8 --in Fig. 1 Relais 520-- auswerten.

Sobald das Relais 8 geschlossen ist und der Elektromotor 6 --in Fig. 1 der Elektromotor 332-- somit arbeitet, hängt der konkrete Betriebszustand, insbesondere die Drehzahl des Elektromotors 6 von der sich einstellenden Spannung und damit insbesondere von der ersten, variablen Eingangsspannung 21 ab. Auch entsprechende Einschaltströme stellen sich beim Schließen des Relais 8 am elektrischen Motor 6 ein und wirken damit auch auf die erste Gleichspannungsquelle 11 und dadurch auch auf die erste, variable Eingangsspannung 21 und damit auch auf weitere Verbraucher 4 im Bordnetz 100A.

Zur Begrenzung von Einschaltströmen kann, wie Fig. 2 zeigt, ein sog. Kompressor-sanftstartblock CSS gemäß einer Variante vorgesehen sein. Dieser Sanftstartblock 10, der in der Fachwelt auch mit dem englischen Begriff "Compressor Soft Start" CSS bezeichnet wird, kann ein Schaltrelais 8 wie das Relais 520 der Fig. 1 oder ein ähnliches Schaltelement beinhalten bzw. ersetzen. Eine Ansteuerung und auch Auswertung dieses Kompressorsanftstartblocks 10 erfolgt über eine elektronische Steuereinheit ECU. Anstelle dieser elektronischen Steuereinheit ECU oder zur Kommunikation mit einer solchen Steuereinheit ECU kann ein Bussystem wie ein CAN-Bus --in Fig. 1 Fahrzeugbus 420--verwendet werden.

Die übrigen Elemente des Bordnetzes 100B entsprechen denen in Fig. 2 dargestellten. Selbst wenn Unterschiede vorhanden sein sollten, so entsprechen sich die übrigen Elemente doch im Wesentlichen, so dass insoweit gleiche Bezugszeichen verwendet werden. Dies gilt auch für die Fig. 3 bis Fig. 7.

Fig. 4 zeigt ein Bordnetz 100C gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Dieses Bordnetz 100C weist eine erste Gleichspannungsquelle 11 mit einem speisenden Generator 5 auf. Diese Elemente können denen der Bordnetze 100A und 100B der Fig. 2 und Fig. 3 entsprechen, oder auch davon abweichen. Alternativ kann ein sog. Hochvoltbordnetz vorgesehen sein, so dass also anstelle des Generators 5 mit der ersten Gleichspannungsquelle 11 eine andere, zweite Gleichspannungsquelle vorgesehen ist, die eine hohe Spannung bereitstellt, die bspw. 200 bis 650 V betragen kann. Die gezeigte, erste Gleichspannungsquelle 11 zusammen mit dem Generator 5 kann, wie in den vorhergehenden Ausführungsformen, eine Gleichspannung mit einer Amplitude von bis zu 15 V bereitstellen. Vorliegend wird eine Gleichspannung von mehr als 15 V

bereitgestellt. Diese Spannung wird an eine elektrische Schaltung 30 gegeben, die als gestrichelter Block dargestellt ist. Es wird diese Spannung an einen ersten Gleichspannungseingang 31 der elektrischen Schaltung 30 angelegt bzw. eingegeben. Die elektrische Schaltung 30 weist zudem einen Gleichspannungsausgang 34 auf, an den der Elektromotor 6 angeschlossen ist, der einen Kompressor einer Luftverteilanlage LVA antreibt. Die elektrische Schaltung 30 und damit das Bordnetz 100C weist dafür einen Tiefsetzstellerblock 36 auf, der die am ersten Gleichspannungseingang 31 bereitgestellte variable Spannung, nämlich die erste, variable Eingangsspannung 21, auf eine konstante Gleichspannung am Gleichspannungsausgang 34 herunter steuert. Der Tiefsetzstellerblock 36 kann vereinfachend auch als Tiefsetzsteller 36 bezeichnet werden, weil der Tiefsetzstellerblock 36 den Tiefsetzsteller beinhaltet.

Beispielsweise kann hierdurch am Gleichspannungsausgang 34 ein Elektromotor eines Kompressors mit einer Amplitude von 9 V betrieben werden, während die Amplitude am Gleichspannungseingang 31 bis 15 V betragen kann oder, wie in dieser Ausführungsform, mehr als 15 V betragen kann.

Statt des Tiefsetzstellerblocks 36 kann auch ein Steller im allgemeinen Sinne vorgesehen sein, der Spannung herauf und herunter setzen kann, wenn die Eingangsspannung 21 um die gewünschte Versorgungsgleichspannung 24 schwankt, also darüber und darunter liegen kann. Möglichkeiten für einen solchen Steller werden nachfolgend mithilfe der Figur 4 aber allgemein gültig beschrieben, sind also nicht auf die Ausführungsform der Figur 4 beschränkt.

Der Steller stellt einem optimierten Motor am Gleichspannungsausgang 34 seine optimierte Spannung zur Verfügung, bei dem Anlauf- und Betriebsverhalten immer reproduzierbar sind. Jeweils nur ein Hochsetzsteller oder ein Tiefsetzsteller sind sinnvoll, wenn der Motor für den entsprechenden Betriebsbereich ausgelegt ist.

Bei variablen 9...16 V am Gleichspannungseingang 31 wäre also für einen Motor, der bei 9 V optimal funktioniert ein Tiefsetzsteller und für einen Motor, der bei 16 V optimal funktioniert ein Hochsetzsteller nötig.

Für einen Motor mit 13 V optimalem Betriebsbereich wird dann eine Kombination aus beiden Stellern vorgeschlagen. Diese Spannungswerte stellen nur Beispiele dar und als weiteres Beispiel ist ein 24 V-Motor mit Hochsetzsteller an einem 12 V-Bordnetz zu

nennen, da der Hochsetzsteller die niedrigere Spannung des Bordnetztes und damit am Gleichspannungseingang anhebt.

Auch wäre ein 12 V-Motor mit allgemeinem Steller, also Hoch- und Tiefsetzsteller zum Betrieb an einem 12 V-Bordnetz vorzuschlagen.

Gemäß einer Ausführungsform ist ein Hochsetzsteller als Unterspannungskompensation vorgesehen, der entsprechend im Falle einer Unterspannung am Gleichspannungseingang diese auf die gewünschte Ausgangsgleichspannung hochsetzt. Um Anlauf- und Rundlaufproblemen bei Unterspannung zu begegnen, z. B. bei 9 V oder weniger am Gleichspannungseingang bzw. an der Batterie für einen 12-V-Motor am Gleichspannungsausgang wäre auch noch eine Anhebung einer niedrigeren Bordnetzspannung auf die Motor-Nennspannung von 12 V eine bevorzugte Ausführung, während höhere Spannungen am Gleichspannungseingang von dem Steller ignoriert werden würden, sie würden also nicht reduziert, was man als Überlauf bezeichnen kann. Ein solcher Betrieb kann ausreichend sein, weil eine zu hohe Spannung für den Körperschall bzw. Vibrationen nicht so kritisch sind. Ein angeschlossener Kompressor dreht zwar schneller, läuft trotzdem rund.

Als weitere Ausführung wird vorgeschlagen, nur eine Überspannungskompensation vorzusehen, also nur einen Tiefsetzsteller. Dieser könnte die Spannungsspitzen im Bordnetz, welche die normale Betriebsspannung von 12 V überschreiten, begrenzen, um Schäden an Bauteilen und entsprechend eine Überlast zu verhindern.

Die Ansteuerung des Tiefsetzstellers 36 kann über eine elektronische Steuereinheit ECU und/oder mittels eines CAN-Bus oder anderem Bussystem erfolgen.

Außerdem kann der Tiefsetzstellerblock 36 ein elektronisches Relais beinhalten, um einen Ausgang des Tiefsetzstellers 36 zum Gleichspannungsausgang 34 hin zu unterbrechen bzw. zu schließen. Auch ein solches elektronisches Relais ist durch die elektronische Steuereinheit ECU bzw. ein Bussystem ansteuerbar.

Wird eingangsseitig des Bordnetzes 100C, also anstelle des gezeigten Generators 5 mit erster Gleichspannungsquelle 11 ein Hochvolteingang bzw. ein Hochvoltbordnetz oder Teilbordnetz vorgesehen, kann ein entsprechend angepasster Tiefsetzstellerblock 36 verwendet werden, der an die entsprechenden Spannungshöhen angepasst ist.

Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Bordnetzes 100D, dass im Wesentlichen dem Bord 100C der Fig. 3 entspricht und sich im Wesentlichen in der elektrischen Schaltung 40 unterscheidet. Der Generator 5 zusammen mit der ersten Gleichspannungsquelle 11 stellen eine erste, variable Eingangsspannung 21 bereit, die somit auch am ersten Gleichspannungseingang 41 der elektrischen Schaltung 40 anliegt. Im Übrigen kann auch der Generator 5 zusammen mit der ersten Gleichspannungsquelle 11 insgesamt als erste Gleichspannungsquelle 11 angesehen werden, was auch für die übrigen Ausführungsformen und der beschriebene Stand der Technik zutreffend ist. Diese erste, variable Eingangsspannung 21 wird nun mittels eines Hochsetzstellers, der an einem Hochsetzstellerblock 48 vorgesehen ist, auf eine Zwischenspannung 28 an einem Zwischenspannungsknoten 26 hochgesteuert bzw. hochgesetzt. Diese Zwischenspannung 28 wird dann mittels eines Tiefsetzstellerblocks 46, der einen Tiefsetzsteller beinhaltet, auf eine konstante Ausgangsspannung am Gleichspannungsausgang 44 herunter gesteuert. Somit liegt am Eingang des Elektromotors 6 eine konstante Spannung von bspw. 13 V an. Diese konstante Spannung an dem Gleichspannungsausgang 44 kann somit zu einem gleichmäßigen Betrieb des Elektromotors 6 führen, der somit vorteilhaft einen Kompressor einer Luftverteilanlage ansteuert.

In dem Tiefsetzstellerblock 46 kann zudem ein elektronisches Relais vorgesehen sein, um eine Ansteuerung des Elektromotors 6 gänzlich zu unterbrechen. Außerdem kann alternativ oder zusätzlich ein elektrisches Relais in dem Hochsetzstellerblock 48 vorgesehen sein. Dadurch kann eine Unterbrechung zu dem Zwischenspannungsknoten 26 durchgeführt werden. Entsprechend braucht auch ein Hochsetzsteller in dem Hochsetzstellerblock 48 und/oder dem Tiefsetzstellerblock nicht zu arbeiten, wenn der Elektromotor 6 nicht angesteuert werden soll.

Sowohl der Hochsetzstellerblock 48 als auch der Tiefsetzstellerblock 46 können über eine elektronische Steuerungseinheit ECU oder in Bussystems angesteuert und ausgewertet werden.

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform für ein Bordnetz, nämlich Bordnetz 100E mit einer elektrischen Schaltung 50. Auch diese elektrische Schaltung 50 verwendet einen Hochsetzstellerblock 58 zum Hochsetzen der variablen Eingangsspannung 21 am ersten Gleichspannungseingang 51 auf eine Zwischenspannung 28 am Zwischenspannungsknoten 26. Von dort aus erfolgt gemäß einer ersten Variante I ein Heruntersteu-

ern mittels des Tiefsetzstellerblocks 56 vom ersten Gleichspannungseingang 52.1 des Tiefsetzstellerblocks 56 auf eine konstante Spannung am Gleichspannungsausgang 54 zum Ansteuern des elektrischen Motors 6 mit konstanter Spannung. Sowohl der Hochsetzstellerblock 58 als alternativ oder zusätzlich auch der Tiefsetzstellerblock 56 können jeweils ein elektronisches Relais aufweisen, um eine Unterbrechung zu dem Zwischenspannungsknoten 26 herzustellen. Entsprechend braucht auch ein Hochsetzsteller in dem Hochsetzstellerblock 58 und/oder dem Tiefsetzstellerblock 56 nicht zu arbeiten, wenn der Elektromotor 6 nicht angesteuert werden soll. Beide Blöcke können ebenfalls jeweils über die elektronische Steuereinheit ECU oder ein Bussystem angesteuert werden.

Hier ist nun hinzugekommen, dass die Schaltung 50 einen mehrfachen zweiten Gleichspannungsanschluss 52 aufweist, dies mit Eingängen 52.1, 52.2, 52.3. Der Tiefsetzstellerblock 56 weist zudem einen zweiten Gleichspannungseingang 52.2 und einen dritten Gleichspannungseingang 52.3 auf. Der Gleichspannungseingang 52.2 ist hier als ein Knoten an der gestrichelten Linie der elektrischen Schaltung 50 gezeigt und insoweit als Spannungseingang in Bezug auf die Erde bzw. Masse zu verstehen. An diesem zweiten Gleichspannungseingang kann entsprechend eine zweite Gleichspannungsquelle 12 angeschlossen werden, die eine zweite Eingangsspannung 22 bereitstellt. Diese zweite Eingangsspannung 22 ist ungleich der Spannung am Zwischenknoten 26. Zudem weist der Tiefsetzstellerblock 56 einen dritten Gleichspannungseingang 52.3 auf, an dem eine dritte Gleichspannungsquelle 13 angeschlossen wird, die eine dritte Eingangsspannung 23 bereitstellt.

Die zweite Eingangsspannung 22 weist eine vergleichsweise hohe Spannung, nämlich die eines weiteren Bordnetzes mit hoher Spannung auf und kann im Bereich von ca. 48 V liegen und ist gemäß einer zweiten Variante II am zweiten Gleichspannungseingang 52.2 des Tiefsetzstellerblocks 56 angeschlossen.

Die dritte Eingangsspannung 23 weist eine vergleichsweise sehr hohe Spannung, nämlich die eines Hochvoltbordnetzes mit sehr hoher Spannung auf und kann im Bereich von 200 bis 650 V liegen und ist am dritten Gleichspannungseingang 52.3 des Tiefsetzstellerblocks 56 gemäß einer dritten Variante III angeschlossen. Um Fahrzeuge mit einem Bordnetz mit erhöhter Spannung auszustatten, hat es sich auch als vorteilhaft erwiesen, diese zusätzlich zu einem bisherigen Bordnetz mit einer niedrigeren Bordnetzspannung (im Bereich 9-15 V) vorzusehen, sodass alle drei Gleichspan-

nungseingänge des Tiefsetzstellerblock 56 vorgesehen sein können. Die Varianten I, II, III können auch jeweils einzeln oder als beliebige Zweierkombination vorgesehen sein.

Diese sehr hohe und/oder hohe Spannung kann in dem Tiefsetzstellerblock 56 ebenfalls auf die konstante Versorgungsgleichspannung 54 herunter gesteuert werden. Hierzu weist der Tiefsetzstellerblock 56 einen weiteren, daran angepassten Tiefsetzsteller auf. Alternativ kann auch die Elektronik anderweitig angepasst sein, indem bspw. eine Spannungsreduzierung dieser hohen, zweiten Eingangsspannung 22 in einem Schritt erfolgt und dann mit einem Tiefsetzsteller auf die konstante Versorgungsgleichspannung 54 herunter gesteuert wird.

Die dritte Eingangsspannung 23 kann gemäß der dritten Variante III eine -- vergleichsweise sehr hohe Spannung-- vorliegend nämlich die eines Hochvoltbordnetzes mit sehr hoher Spannung aufweisen, die vorliegend im Bereich von 200-650 V liegt und die an einem dritten Gleichspannungseingang 52.3 des Tiefsetzstellers 56 angeschlossen ist. Der erste Gleichspannungseingang 52.1 geht vorliegend in der ersten Variante mit der Versorgungsleitung auf den Zwischenspannungsknoten 26 zwischen Hochsetzstellerblock 58 und Tiefsetzstellerblock 56. Die Versorgungsleitung kann optional eine Diode aufweisen, um eine Rückspeisung der niedrigeren Bordnetzspannung (im Bereich 9-15 V) auf die hohe Bordnetzspannung (hier 48 V) zu vermeiden.

Zusammenfassend können neben einer niedrigeren Bordnetzspannung (im Bereich 9-15 V) auch eine hohe und/oder sehr hohe Bordnetzspannung (im Bereich 48 V und/oder 200 V bis 650 V) --also wenigstens zwei oder drei, ggfs. mehr Bordnetzspannungen-- angeschlossen sein; diese sind in Fig. 6 als alternative oder kumulative Varianten I, II, III eingezeichnet. Insbesondere erweist sich eine Variante I, II, III mit drei Bordnetzspannungen als vorteilhaft zur Anwendung bei einem Hybrid-Fahrzeug. Das Bordnetz 100E, und damit die elektrische Schaltung 50, ist somit auf verschiedene Eingangsspannungen, und damit auf verschiedene Eingangsspannungsquellen, angepasst und kann diese wahlweise verwenden. Ein Hochvoltbordnetz tritt insbesondere bei Elektrofahrzeugen oder Hybridfahrzeugen auf. Die dort vorhandene hohe Spannung kann somit genutzt werden und ebenso kann eine durch eine Lichtmaschine erzeugte, deutlich geringere Spannung, verwendet werden.

Die Ausführungsform der Fig. 7 entspricht im Wesentlichen der Ausführungsform der Fig. 4, wobei die elektrische Schaltung 60 des Bordnetzes 100F einen Hochsetzsteller-

block 68 vorsieht. Dieser Hochsetzstellerblock 68 setzt die erste, variable Eingangsspannung 21 am ersten Gleichspannungseingang 61 in eine höhere, konstante Versorgungsgleichspannung 24 um, die bspw. 15 V betragen kann. Dies ist insbesondere vorteilhaft für eine variable, erste Eingangsspannung 21, die in Amplituden unterhalb oder bis zur Amplitude der konstanten Versorgungsgleichspannung 24 variiert. Durch einen Hochsetzsteller, der in dem Hochsetzstellerblock 68 realisiert ist, wird diese variable, erste Eingangsspannung 21 somit auf einen konstanten Wert gebracht und der Elektromotor 6 kann somit entsprechend vorteilhaft betrieben werden. Insbesondere kann im Rahmen eines Energiemanagement eine vorteilhaft verfügbare Spannungsquelle für den Kompressorbetrieb genutzt werden, insbesondere eine optimal verfügbare Spannungsquelle.

Fig. 8 zeigt Beschleunigungsamplituden, die Rückschlüsse auf zu erwartende akustische Eigenschaften geben. Die Messungen sind für einen Kompressor vorgesehen, der von einem Elektromotor angetrieben wird, der einem Elektromotor 6 gemäß einer der Darstellungen der Fig. 2 bis Fig. 7 entspricht. Es wurden unterschiedliche Eingangsspannungen berücksichtigt. An der Abszisse ist die Frequenz in Hz und an Ordinate die Beschleunigungsamplitude durch Angabe einer Beschleunigung a in g aufgetragen. Hierfür liegt eine Messung zugrunde, bei der ein von dem Elektromotor angetriebener Kompressor elastisch aufgehängt wird und seine Beschleunigungen bzw. Schwingungen in Kolbenhubrichtung gemessen werden.

Die Fig. 8 zeigt drei Messungen, bei denen der untersuchte Motor quasistationär betrieben wurde, sich also nicht im Hochfahren oder Herunterfahren befand. Es sind in dieser Graphik drei Messspitzen gekennzeichnet, die nämlich zum Betrieb mit 9 V, zum Betrieb mit 13 V bzw. zum Betrieb mit 15 V gehören. Weitere Messspitzen betreffen im Grunde Frequenzvielfache jeweils einer dieser drei Messungen. Zu den höchsten drei Messspitzen ist somit zu erkennen, dass die größte Geräuschentwicklung bei einem Betrieb von einer geringen Spannung von 9 V auftritt. Diese hohe Geräuschentwicklung weist entsprechend auch eine vergleichsweise geringe Frequenz auf, da sich der Elektromotor entsprechend langsam dreht. Diese hohe Spitze macht auch deutlich, dass sich der Elektromotor nahe einem Taumelbetrieb befindet, in dem hohe Beschleunigungen durch das Taumeln auftreten können.

Der sog. Taumelbetrieb infolge zu niedriger Spannung führt wegen großen Änderungen der Winkelgeschwindigkeit des Motorankers zu höheren messbaren Beschleuni-

- 24 -

gungen am gesamten Aggregat; es „läuft nicht rund“. Damit verbunden ist eine höhere Welligkeit der Stromaufnahme; der Motor „quält“ sich über den OT bzw. die maximale mechanische Last, welche abhängig von der Auslenkung des Pleuels der Kurbelwelle vor dem OT liegt.

Bereits die Messspitze zu einem Betrieb bei 13 V zeigt einen wesentlich geringeren Geräuschpegel. Durch die Verschiebung in der Frequenz im Vergleich zu der Messspitze bei 9 V wird auch eine zugrundeliegende Drehzahlverschiebung deutlich.

Eine noch weitere Verschiebung und eine noch etwas geringere Geräuschentwicklung stellen sich bei einem Betrieb von 15 V ein.

Selbst das Vorsehen einer konstanten Eingangsspannung für den Elektromotor, also einer konstanten Versorgungsspannung für diesen von 13 V, führt zu einer ganz erheblichen Geräuschsenkung bzw. im Vergleich zu einem Betrieb mit variabler Spannung zu einer entsprechenden Geräuschbegrenzung und zudem zu einer klaren Geräuschfestlegung nach Höhe und Frequenz. Für etwaige Geräuschdämpfungen reicht zudem eine gezielt auf diese Frequenz angepasste Schalldämmung aus, im Beispiel der Fig. 8 bei 13 V, also einer Frequenz von 50 Hz.

Es wird somit eine elektronisch geregelte Spannungsversorgung und Spannungserhöhung oder ggf. gezielte Spannungsabsenkung im Bordnetz für einen konventionellen Gleichspannungsbürstenmotor für einen Druckregelbetrieb in einer Luftversorgungsanlage für Luftfedern vorgeschlagen. Die Anwendung betrifft insbesondere Pkw-Anwendungen.

Es wird das Einstellen einer konstanten Versorgungsspannung für den Kompressormotor unabhängig von der Bordnetzspannung erreicht. Außerdem kann eine Strombegrenzung im Anlaufmoment für das Bordnetz bei gleichzeitiger Bereitstellung einer ausreichend hohen Spannung für den Kompressormotor, also den Elektromotor geschaffen werden. Zudem werden Laufgeräusche reduziert, insbesondere Körperschall. Dies ist durch Einstellen einer konstanten Drehzahl des Kompressormotors erreichbar und zudem durch eine optimale Abstimmung der Entkopplung zur Karosserie. Dies kann unabhängig von der Bordspannung, also der Spannung im Bordnetz und deren Änderungen erfolgen. Eine optimale Anpassung an geforderte Betriebsparameter bzw. Funktionen kann erreicht werden. Die vorgeschlagene Verwendung eines Gleichspan-

- 25 -

nungswandlers ist im Vergleich zu der Verwendung einer Kompressorsanftanlaufsteuerung (CSS) nahezu kostenneutral, wobei aber ein deutlich höherer Funktionsumfang erreicht wird.

Die vorgeschlagene Lösung ist anwendbar für Luftversorgungsanlagen mit Bürstenmotor und auch für Serienfertigung geeignet. Sie ist auch geeignet für Luftversorgungsanlagen mit Leichtbaubürstenmotoren. Luftversorgungsanlagen mit Bürstenmotor und Zusatzelektronik für Strombegrenzung beim Anlauf (CSS) können umgerüstet werden.

Somit wird vorgeschlagen, gemäß einer Ausführungsform mit einem Hochsetzsteller eine variable Bordspannung von typischerweise 9 bis 16 V im PKW auf ein konstantes Niveau zu bringen, nämlich für das genannte Beispiel auf 16 oder auf 24 V, damit der Kompressor möglichst bei optimaler Betriebsspannung und damit Drehzahl läuft. Gleichzeitig ist erreichbar, eine Anlaufstromspitze zum Bordnetz zu dämpfen. Optional kann die so vorgesehene Elektronik als elektronisches Relais den Kompressorbetrieb schalten.

Fig. 9 zeigt, insbesondere in Ergänzung der Fig.1 und unter Nutzung gleicher Bezugszeichen für gleiche oder ähnliche Merkmale oder Merkmale gleicher oder ähnlicher Funktion, einen BL-Motor --also zur Verwendung etwa als Elektromotor 332-- mit einem Funktionsschema einer Reglerstruktur 600, der vorzugsweise zum Erreichen wenigstens eines der vorgenannten Aspekte ausgebildet ist.

Die Reglerstruktur 600 umfasst einen Regler 601, der zusammenwirkt --per einer an die Stromleitung 610 angeschlossene Steuerstrom- und Versorgungsstrom-Leitung 500-- u. a. mit einer Versorgungsspannung 11, 12, 13, 21, 22, 23. Diese Versorgungsspannung 11, 12, 13, 21, 22, 23 versorgt auch u. a. Magnetventile 301, 302, 303, 304, 305 z. B. zum Heben und/oder Senken eines Fahrzeugs über Steuerstromleitungen 300 einer Druckluftversorgungsanlage 1000 und/oder der Pneumatikanlage 1001, insbesondere für eine Luftfederanlage der Fig. 1. Weiter umfasst die Reglerstruktur 600 die Fahrzeugsteuerung 410 (ECU), Sensoren --wie für Temperatur, Höhe oder andere Sensoren 401, 402, 403, 404, 405 oder dergleichen Sensoren einer Druckluftversorgungsanlage und/oder Pneumatikanlage (hier Luftfederanlage)-- und die Federbälge 311, 312, 313, 314 etc., und einen Fahrzeugbus 420, hier einen CAN-Bus. Diese sind auch an das Bordnetz 100 angeschlossen oder können mit diesem kommunizie-

ren. Die Steuerstrom- und Versorgungsstrom-Leitung 500 zwischen der Versorgungsspannung 11, 12, 13, 21, 22, 23 und dem Elektromotor 332 als BL-Motor werden von dem Regler 601 mit einem DC-Input und einem AC-Output beaufschlagt; etwa wie anhand von Fig. 2 bis Fig. 7 beschrieben. Vorliegend regelt die mit einem Bürstenlos-Regler 601 ausgelegte Reglerstruktur 600 eine Drehzahl des Elektromotors 332 nach Vorgabe aus der Fahrzeugsteuerung 410 (ECU) und ist mit dieser über eine bidirektionale Steuerleitung 502 verbunden; dies nach Bedarf zusätzlich oder als Teil der Relaissteuerleitung 510. Andererseits liest der Bürstenlos-Regler 601 dazu nach vorliegender Ausführungsform über eine ebenfalls bidirektionale Steuerleitung 501 eine unbestromte Spule aus und ermittelt somit eine aktuelle Drehzahl des BL-Motors; dies nach Bedarf zusätzlich oder als Teil der Relaissteuerleitung 510. Eine Korrektur der ermittelten Drehzahl erfolgt über eine Drehfeldänderung. Der Regler 601 kann z. B. im Motorgehäuse integriert sein. Vorliegend gibt die Fahrzeugsteuerung 410 (ECU) über die Steuerleitung 502 eine Drehzahl anhand der CAN-Daten vor und/oder kann z. B. Fehler (Motor steht) per CAN oder einem anderen Fahrzeugbus 420 weitergeben. Die Fahrzeugsteuerung 410 (ECU) und der Regler 601 können in eine gemeinsame Schaltung integriert werden; insbesondere kann auch der Regler 601 und/oder die Fahrzeugsteuerung 410 (ECU) im Motorgehäuse integriert werden. Dies führt einerseits zu einer kompakten Bauweise als auch andererseits infolge der kurzen Signalwege zu einer effizienteren Signalverwertung sowie einer EMV-verbessernden Abschirmung z. B. vom AC-Output des Reglers bis einschließlich der Wicklung des Motorankers.

Die Spannungsversorgung wenigstens einer der Versorgungsspannungen 11, 12, 13, 21, 22, 23 angeschlossenen Stromleitungen 500, 300, 610 kann durch Step-up/down-Regler der Bordnetze 100, 100A-100F anpassbar auf verschiedene Fahrzeugbordnetzspannungsnetze sein.

Fig. 9 gibt auch die Signalleitungen 400.1 zwischen Sensoren 401..405 und Fahrzeugbus 420 (CAN) und Signalleitungen 300.1 zwischen Fahrzeugsteuerung (ECU) und Magnetventil 301, wie sie in Fig. 1 gezeigt sind, wieder. Vorliegend sind, insbesondere wie in Fig. 1, die Steuerleitungen oder die Busleitungen 501, 502, 510, 420, 30,1, z. B. über einen CAN-Bus oder eigene Protokolle (wie PWM oder z. B. 0-5V ~ 0-5000U/min; als digitales Signal für eine Vorgabe als Drehzahl) realisiert.

Insgesamt ist eine Einstellung einer konstanten Spannung am Motor 332 möglich sowie zusätzlich oder alternativ die Einstellung einer konstanten Drehzahl. Insbesondere lässt sich eine konstante Drehzahl über alle Bordspannungen erreichen. Eine Regelung kann bevorzugt geringe Gleichlaufschwankungen beheben und einen Netzschonbetrieb unterstützen. Insbesondere können höhere mechanische Gleichlaufschwankungen durch die Drehzahl und das Trägheitsmoment des Motors 332 kompensiert werden. Insbesondere lässt sich dies durch ein Außenläuferprinzip des Motors 332 unterstützen. Insbesondere die vorgenannten Aspekte sind einer Realisierung des Motors 332 als kompakte Einheit zuträglich, vor allem als integrale Einheit mit Regler 601 und Motor 332. Der Motor 332 könnte insofern komplett unabhängig von Bordspannung ausgelegt werden. Eine optimale Auslegung der Lagerung und/oder Dämpfung lässt sich dann auf eine Grundfrequenz einer konstanten Drehzahl und/oder konstanten Spannung am Motor 332 umsetzen. Auf dieser Grundlage lässt sich eine Luftversorgungsanlage 1000 individuell konfigurieren (z. B. während eines EOL-Tests). Gleichwohl erlaubt die Regelstruktur 600 die Realisierung eines Kompressorbetriebs mit verschiedenen Drehzahlen.

Zumindest einer der folgenden stichpunktartig aufgelisteten Vorteile ist insbesondere mittels der in Fig. 9 gezeigten Reglerstruktur 600 erreichbar:

- eine verbesserte Laufruhe im optimalen Drehzahlbereich und/oder eine Drehzahlsteuerung möglichst unabhängig von einer nicht konstanten Bordnetzspannung; insbesondere eine Abstimmung der Motordrehzahl auf eine optimale Betriebsweise der Ventile im Verdichter für eine Luftverteileranlage. Dies bedeutet insbesondere das Erreichen eines optimalen Öffnungs- und Schließverhaltens von Saug- und Drucklamelle, die frequenzabhängig sind und somit durch eine konstante, vorteilhafte Drehzahl entsprechend optimal eingestellt werden können bzw. optimal betrieben werden können. Außerdem oder alternativ kann eine optimale Abstimmung der Ventile auf eine Motordrehzahl mit engerer Toleranz vorgenommen werden;
- der Hochsetzsteller, oder andere Gleichspannungswandler, kann auch eine Serienstreuung der eingesetzten Elektromotoren ausgleichen und hierzu kann ein Abgleichen des Gleichspannungswandlers auf den jeweils konkret eingesetzten Elektromotor vorgenommen werden;

- 28 -

- Eine geringere Geräuschbelastung durch eine möglichst optimale Auslegung einer Entkopplung kann möglich werden, insbesondere kann eine bessere Qualität in dem Sinne realisierbar sein, dass weniger akustisch auffällige Rückläufer im Falle einer Serienfertigung zu erwarten sind;
- Der Verdichter, insbesondere der Elektromotor, kann auf eine definierte Spannungslage ausgelegt werden, unabhängig von der Bordnetzspannung, insbesondere ist eine stabile Drehzahl, unabhängig von Bordnetzspannungsschwankungen erzielbar; so können beispielsweise Gleichlaufschwankungen in Folge von Spannungsschwankungen ausgeglichen werden und verringern den Körperschall und/oder ein immer gleich stabiles Anlaufverhalten einschließlich einer Überwachung ist erzielbar;
- Eine Anlaufstrombegrenzung ist auf einfache Weise möglich, insbesondere können ein Anlaufstrom und -verhalten über eine Einstellung des Gleichspannungswandlers angepasst werden;
- die vorgeschlagene Lösung ist bei Beibehaltung des Einbauraums des Verdichters bzw. eines entsprechenden Kompressoraggregats möglich;
- Eine Verlängerung der Lebensdauer des Elektromotors ist möglich, weil eine Überlastung bei Unterspannung entfällt, weil ein sog. Taumelbetrieb mit niedriger Drehzahl und hohem Strom vermieden wird, insbesondere ist ein geringerer Motorkohlenverschleiß durch Senkung der Stromspitzen im laufenden Betrieb möglich;
- der Gleichspannungswandler, der hier grundsätzlich auch als Steller bezeichnet wird, kann vergleichsweise mit wenig Aufwand in eine Ansteuerung und/oder Überwachung eines Bussystems, wie bspw. ein CAN-Bus, integrierbar;
- der Steller kann auch die Funktion eines kontaktlosen und damit verschleißfreien Schalters durch die Verwendung eines elektronischen Relais erreichen;
- zudem können auch verschiedene Anlaufkennlinien u. a. auch Funktionen, wie bspw. Bremsen, möglich werden, insbesondere können sich Anlaufkennlinien aus der zur Verfügung gestellten Versorgungsspannung ergeben;

- 29 -

- gegenüber einer bekannten Kompressorsanftanlaufsteuerung (CSS) ist ein besserer Wirkungsgrad und damit eine Energieeinsparung erreichbar, insbesondere ist im Vergleich zu einer CSS durch das Zwischenschalten des Gleichspannungswandlers als elektronische Schaltung die Spannung am Elektromotor und damit Drehzahl nicht noch weiter vermindert, sondern konstant gehalten und kann ggf. noch erhöht werden; außerdem besteht insbesondere im Falle eines doppelstufigen Kompressors die Gefahr, dass die CSS den dadurch erreichten Performancevorteil wieder verbraucht;
- Gerade eine Anwendung in Hybrid- oder Elektrofahrzeugen ist auch aus akustischen Gründen vorteilhaft; insbesondere eine Spannungsversorgung mit verringertem Geräusch, nämlich verringerter Spannung für ein Füllen eines Druckluftspeichers mit verringerter Performance ist möglich, was bspw. für Hybridfahrzeuge im Elektromodus sinnvoll ist, weil dann nämlich zeitweise eine geringere Schallemission bei niedrigen Umgebungsgeräuschen erreicht werden kann;
- der Durchfluss der Druckluft zum Befüllen oder Versorgen der entsprechenden Drucklufteinrichtungen kann unabhängig von der Bordspannung, also unabhängig von der Spannung im Bordnetz erfolgen;
- es ist möglich, bei einer vorhandenen Unterspannung im Bordnetz einen Kompressorstart durch ein entsprechendes Steuersignal, z. B. ein CAN-Signal, zu unterbinden, so dass in einem solchen Zustand einer fast leeren Batterie diese nicht zusätzlich belastet wird;
- durch eine entsprechende Ansteuerung ist es möglich, die Spannung am Elektromotor für einen sog. "Flüsterbetrieb" zeitweise zu reduzieren und/oder für einen "Powerbetrieb" zeitweise zu erhöhen; letzteres kann zum Füllen entsprechender Bälge von Luftfedern direkt aus dem Kompressor vorteilhaft sein;
- das Gesamtsystem kann in seiner Verfügbarkeit verbessert werden, weil geringere Erwärmung auftritt, kürzere Anlaufzeiten erreichbar sind und die Einschaltdauer kalkulierbar ist;
- besonders für Fahrzeuge mit großen Spannungsänderungen, die sich aus einem Energiemanagement ergeben können, ist die vorgeschlagene Lösung vorteilhaft; so kann durch die Ansteuerung über den Gleichspannungswandler und/oder das Vorse-

hen eines elektronischen Relais bei einer Einbindung mit einer Gesamtsteuerung des Fahrzeugs auch eine Überwachung durchgeführt werden, ob der Elektromotor des Verdichters läuft; hiervon kann das weitere Ansteuern von Ventilsequenzen zum Verteilen der Druckluft abhängig gemacht werden; eine Plausibilitätsprüfung und mögliche Warnung vor einem Totalausfall kann erreicht werden.

- Durch die Einstellung der Spannung am Elektromotor des Kompressors ist letztlich durch die Spannungseinstellung auch eine Drehzahleinstellung des Kompressors erreichbar; dies kann insbesondere genutzt werden, um einen Betrieb des Elektromotors bei geringer Spannung und damit thermische Belastungen durch höhere Welligkeit des Stromverlaufs zu vermeiden;

- eine höhere Stromdichte in Stromspitzen wird vermieden und damit wird ein Bürstenschleiß vermieden oder verringert und auch ein entsprechender Verschleiß der Patina auf dem Kommutator des Elektromotors. Eine Patina ist vorteilhaft als möglichst gleichmäßiger und für den Übergangswiderstand wichtiger Oberflächenbelag auf den elektrisch wirksamen Oberflächen der Kommutatorlamellen gebildet, der sich erst im Betrieb bildet; insbesondere im Rahmen eines Einlaufeffekts der Bürsten auf dem Kommutator.

Im Folgenden wird insbesondere die Einbindung der Luftversorgungsanlage 1000 mittels der Reglerstruktur in das Energiemanagement sowie der Fehlerdiagnosefunktion eines Fahrzeugs thematisiert; dies kann vor allem durch feste Betriebsarten des Kompressorlaufs mit permanenter Fehlerüberwachung erreicht werden. Dies lässt sich mit den folgenden bevorzugt festzulegenden Betriebsarten erreichen:

1. Normalbetrieb: für Funktion und Akustik optimierte Drehzahl
 - Insbesondere kann genutzt werden, die Fähigkeit zur Fehlerdiagnose (Motordefekt; Motorstrom- und Drehzahlmessung und daraus Abgleich mit Plausibilitätskontrolle) und/oder einer Erkennung von Motorstillstand durch Vergleich: Drehfeldfrequenz gegenüber ermittelter Frequenz aus der unbestromten Spule. Es kann auch die optimale Abstimmung der Akustik (Drehzahl) auf das Fahrzeug, auch für jedes Einzelgerät möglich gemacht und genutzt werden;
 - es kann das aufgeführte intelligente Energiemanagement genutzt werden z. B. durch Verzicht auf überflüssige Reaktionen (z. B. Verzicht auf Heben/Senken bei nicht besetztem Fahrzeug);

- es sollte der Regler die aktuelle Kurbelwellenstellung ermitteln können; er kann dadurch das An- und Auslaufverhalten beeinflussen (die Bestimmung der Kurbelwellenstellung kann anhand des Strompeaks (OT) erfasst werden; zusammen mit der Information der Drehzahl ist dann die aktuelle Stellung zu ermitteln);
 - es kann eine vorausschauende Regelung durch Nutzung externer Informationen (CAN), z. B. Fahrzeug-Heben vor Verlassen der Autobahn (Kommunikation mit Navigationssystem), umgesetzt werden;
2. Flüsterbetrieb: geringere akustische Emissionen z. B. durch verringerte Drehzahl mit Regelung der Winkelgeschwindigkeit
- hier kann insbesondere die Regelung umsetzen, dass eine Winkelgeschwindigkeit des Motorrotors für einen „Flüsterbetrieb“ konstant gehalten wird; dies führt zwar auf eine höhere Stromwelligkeit jedoch geringere Gleichlaufschwankungen; auch als Ergänzung für nicht kompensierbare Schwingungsübertragung auf das Fahrzeug nutzbar; die Drehunförmigkeit kann z. B. durch die permanente Auslesen der jeweils unbestromten Spule ermittelt werden, bei einem 14-Poligen Außenläufer-BL beträgt die Winkeländerung pro Umschaltung der Phasen $8,57^\circ$, d. h. es können bei diesem Beispiel pro Umdrehung 42 Positionen/Zeitdifferenzen ermittelt werden;
 - der „Flüsterbetrieb“ kann mit verringerter Drehzahl oberhalb des Taumelbetriebs des Verdichters umgesetzt werden z. B. bei Elektro- oder Hybridfahrzeugen im Stadtverkehr oder im Stand;
3. Schnellheben aus Kompressor mit erhöhter Drehzahl (nur Bälge, ohne Speicher)
- eine realisierbare Möglichkeit zum schnellen Heben besteht aus dem Kompressor durch Überdrehzahl „Boost“ und ist auch für Einzylinderkompressoren nutzbar;
 - eine zulässige Maximaldrehzahl, die durch die Eigenfrequenzen der Ventile begrenzt ist, kann im Regler als Parameter hinterlegt werden
4. Energieüberschussbetrieb: angebotsabhängiges Speicherfüllen je nach Energieüberschuss im Bordnetz
- dies wird insbesondere erreichbar durch Integration in das Fahrzeugenergiemanagement, z. B. Speicherfüllen bei Energieüberschuss;

5. eingeschränkter Notbetrieb bei Energiemangel: Betrieb mit verringerter Leistung bei Energiemangel im Bordnetz
 - eine Möglichkeit ist die zum langsamen Speicher- oder Balgfüllen mit verringerter Lastdrehzahl bei Energiemangel und Luftbedarf;
 - eine andere Möglichkeit besteht darin, Einschaltkriterien abhängig von der Bordnetzspannung zu definieren (z. B. kein Einschalten des Kompressors bei ≤ 9 V;
 - es kann in Kombination mit einem vorgenannten Step-Up Wandler ein eingeschränktes Heben umgesetzt werden z. B. um Verladung/Abschleppen zu ermöglichen (auch bei deutlicher Unterspannung) möglich; bei deutlicher Unterspannung kann möglicherweise keine weitere Batteriekapazität für andere Verbraucher verfügbar sein.
6. Bordnetz- und/oder EMV-Schonbetrieb mit minimaler Welligkeit der Stromentnahme
 - die Regelung kann das Energiespeichervermögen des Rotors ausnutzen und einen "glatten" Stromverlauf erzeugen; im Ergebnis kann die Rückwirkung auf das Bordnetz verringert werden, um Überlagerungen von Peaks bei mehreren gleichzeitig genutzten Verbrauchern zu vermeiden. Dies führt zu einer geringeren EMV-Belastung;
 - ein Auslauf bei geringster Stromaufnahme (z. B. nahe UT) entlastet das Bordnetz durch die Minderung der Stromflanke (hartes Abschalten bei Strom-Minimum - der Regler hat das jede Umdrehung als Referenz).

Bezugszeichenliste

0	Luftzuführung
0.1	Filter
1	Druckluftzuführung
2	Druckluftanschluss
3	Entlüftungsanschluss
4	elektrische Verbraucher/elektrische Einrichtungen
5	Lichtmaschine/Generator
6	elektrischer Motor
8	Relais
10	Sanftstartblock (CSS)
11	erste Gleichspannungsquelle
12	zweite Gleichspannungsquelle
13	dritte Gleichspannungsquelle
21	erste, variable Eingangsspannung
22	zweite Eingangsspannung
23	dritte Eingangsspannung
24	konstante Versorgungsgleichspannung
26	Zwischenspannungsknoten
28	Zwischenspannung
30	elektrische Schaltung
31	erster Gleichspannungseingang
34	Gleichspannungsausgang
36	Tiefsetzstellerblock
40	elektrische Schaltung
41	erster Gleichspannungseingang
44	Gleichspannungsausgang
46	Tiefsetzstellerblock / Gleichspannungswandler
48	Hochsetzstellerblock
50	elektrische Schaltung
51	erster Gleichspannungseingang
52	zweiter Gleichspannungsanschluss

- 34 -

52.1, 52.2, 52.3	erster, zweiter, dritter Gleichspannungseingang von 52
54	Gleichspannungsausgang
56	Tiefsetzstellerblock
58	Hochsetzstellerblock
60	elektrische Schaltung
61	erster Gleichspannungseingang
68	Hochsetzstellerblock
100, 100A, 100B, 100C, 100D, 100E, 100F	Bordnetz
210	Pneumatikhauptleitung
211	Lufttrockner
212	Drossel
220	Entlüftungsleitung
230	Zuführleitung
240	pneumatische Leitung
250	Galerie
251, 252, 253, 254, 255	Zweigleitungen
300	Steuerstromleitungen
300.1	Wegeventil-Steuerstromleitung
301, 302, 303, 304, 305	2/2-Wegeventil
310	Entlüftungsventil-Steuerstromleitung
311, 312, 313, 314	Luftfeder
315	Druckluftreservoir
320	Ventilanordnung
321	Steuerventil
322	Entlüftungsventil
330	Verdichter
331	Kompressor
332	Elektromotor
400	Sensorleitungen
401, 402, 403, 404	Sensoren, Signalleitungen
405, 406	Spannungsdrucksensor
410	Fahrzeugsteuerung
420	Fahrzeugbus
500	Stromsteuer- und Versorgungsstrom-Leitung

- 35 -

501, 502	Steuerleitung Motor
510	Relais-Steuerleitung
520	Relais
600	Reglerstruktur
601	Regler
610	Stromleitung
1000	Druckluftversorgungsanlage
1001	Pneumatikanlage
1002	Druckluftversorgungssystem
I, II, III	Varianten Bornetzspannung 200 bis 600 V, 48 V, 9 bis 15 V, ≥ 15 V

Patentansprüche

1. Elektrische Schaltung (30, 40, 50 oder 60) zum Ansteuern eines Verdichters zur Erzeugung von Druckluft, insbesondere für eine Druckluftversorgungsanlage (DLV) eines Fahrzeugs, wobei der Verdichter einen Kompressor und einen den Kompressor antreibenden Elektromotor (6) aufweist, und die elektrische Schaltung (30) umfasst
 - einen Gleichspannungsausgang (34) zum Bereitstellen einer konstanten Versorgungsgleichspannung (24) mit einer ersten Ausgangsamplitude zum Ansteuern des Elektromotors (6) des Verdichters,
 - einen ersten Gleichspannungseingang (31, 41, 51, 61) zum Anschließen an eine erste Gleichspannungsquelle (11) und/oder einen zweiten Gleichspannungseingang (52.1, 52.2, 52.3) zum Anschließen an eine zweite und/oder dritte Gleichspannungsquelle (12, 13), wobei
 - die erste Gleichspannungsquelle (11) eine erste variable Eingangsspannung (21) bereitstellt, und
 - die zweite und/oder dritte Gleichspannungsquelle (12, 13) eine zweite und/oder dritte Eingangsspannung (22, 23) bereitstellt, die größer als die erste Ausgangsamplitude ist, und
 - einen Gleichspannungswandler zum Erzeugen der Versorgungsgleichspannung (24) aus der ersten und/oder zweiten und/oder dritten Eingangsspannung.
2. Elektrische Schaltung (30) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - der Gleichspannungswandler einen Tiefsetzsteller und/oder einen Hochsetzsteller umfasst und/oder dass
 - die erste Gleichspannung etwa der ersten Ausgangsamplitude, etwa dem Doppelten, Dreifachen davon oder etwa der Hälfte oder einem Drittel davon entspricht, insbesondere dass die erste Gleichspannung in einem Bereich von 50% bis 150 % der Ausgangsamplitude, des Doppelten oder des Dreifachen der Ausgangsamplitude bzw. in einem Bereich von 50 % bis 150 % einer halben oder einer dritten Ausgangsamplitude liegt.

- 37 -

3. Elektrische Schaltung (30) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
 - der Gleichspannungswandler als Tiefsetzsteller (36) ausgebildet ist, zum Heruntersteuern der ersten variablen Eingangsspannung (21) und/oder der zweiten Eingangsspannung (22) auf die konstante Versorgungsgleichspannung (24), oder dass
 - der Gleichspannungswandler als Hochsetzsteller ausgebildet ist, zum Hochsteuern der ersten variablen Eingangsspannung (21) auf die konstante Versorgungsgleichspannung (24).
4. Elektrische Schaltung (30) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichspannungswandler
 - einen mit der ersten Gleichspannungsquelle (11) verbundenen Hochsetzsteller aufweist zum Hochsteuern der ersten variablen Eingangsspannung (21) auf eine Zwischenspannung (28) an einem Zwischenspannungsknoten (26) mit einer Amplitude, die höher als die erste variable Eingangsspannung (21) und höher als die konstante Versorgungsgleichspannung (24) ist und
 - einen zwischen dem Zwischenspannungsknoten (26) und dem Gleichspannungsausgang (34) angeordneten Tiefsetzsteller aufweist, zum Heruntersteuern der Zwischenspannung (28) auf die konstante Versorgungsgleichspannung (24).
5. Elektrische Schaltung (30) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Tiefsetzsteller außerdem mit der zweiten Gleichspannungsquelle (12) verbunden ist, zum wahlweisen Heruntersteuern der Zwischenspannung (28) des Zwischenspannungsknotens (26) oder der zweiten Eingangsspannung (22) der zweiten Gleichspannungsquelle (12) auf die konstante Versorgungsgleichspannung (24), oder dass zu dem Tiefsetzsteller ein zweiter Tiefsetzsteller parallel geschaltet ist, zum Heruntersteuern der zweiten Eingangsspannung (22) der zweiten Gleichspannungsquelle (12) auf die konstante Versorgungsgleichspannung (24).

- 38 -

6. Elektrische Schaltung (30) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein elektronisches Relais vorgesehen ist, zum elektrischen Unterbrechen einer Verbindung vom Gleichspannungswandler zum Gleichspannungsausgang (34) und/oder zum elektrischen Unterbrechen einer Verbindung von einem bzw. dem mit der ersten Gleichspannungsquelle (11) verbundenen Hochsetzsteller zu einem bzw. dem Zwischenspannungsknoten (26).
7. Elektrische Schaltung (30) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die erste variable Eingangsspannung (21) im Bereich von etwa 9 bis 16 V und/oder 12 bis 21 V liegt, und/oder
 - die zweite Eingangsspannung (22) im Bereich von etwa 18 bis 32 V und/oder 40 bis 50 V liegt, und/oder
 - die dritte Eingangsspannung (23) im Bereich von 200 V bis 650 V liegt und/oder
 - die erste Ausgangsamplitude etwa 13 V, 16 V, 24 V, 42 V und/oder 49 V beträgt.
8. Elektrische Schaltung (30) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dazu ausgebildet, an dem Gleichspannungsausgang (34) eine konstante Versorgungsspannung (24) mit einer zweiten Ausgangsamplitude zum Ansteuern des Elektromotors (6) des Verdichters in einem gedrosselten Betrieb bereitzustellen, wobei die zweite Ausgangsamplitude kleiner ist als die erste Ausgangsamplitude.
9. Elektrische Schaltung (30) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Kommunikationsschnittstelle zum Einbindung der elektrischen Schaltung, insbesondere des Gleichspannungswandlers des Hochsetzstellers und/oder des Tiefsetzstellers, in eine Gesamtsteuerung (ECU) des Fahrzeugs vorgesehen ist, wobei die Kommunikationsschnittstelle insbesondere zur Kommunikation mit einem BUS-System und/oder einer elektronischen Steuereinheit (ECU) vorgesehen ist.

- 39 -

10. Elektrische Schaltung (30) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überwachungseinheit zum Ansteuern und Messen des Gleichspannungswandlers vorgesehen ist, um ein Funktionsverhalten der Druckluftversorgungsanlage zu überprüfen und optional erfasste Prüfwerte einer bzw. der Gesamtsteuerung des Fahrzeugs zuzuführen.
11. Verdichteranordnung zum Erzeugen von Druckluft, insbesondere für eine Druckluftversorgungsanlage (1000) eines Fahrzeugs, umfassend
 - einen Verdichter (330) mit einem Kompressor (331) und einem den Kompressor antreibenden Elektromotor (332) und
 - eine elektrische Schaltung (30) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche zum Ansteuern des Verdichters (330).
12. Verdichteranordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor (6) als bürstenbehafteter oder bürstenloser Gleichstrommotor ausgebildet ist.
13. Bordnetz (100) eines Fahrzeugs, insbesondere Bordnetz für einen Pkw (Pkw-Bordnetz), insbesondere eines Elektroautos oder Hybridautos, zum Betreiben und Ansteuern elektrischer Einrichtungen des Fahrzeugs, umfassend
 - eine erste Gleichspannungsquelle (11), insbesondere Batterie (11), die eine erste variable Eingangsspannung (21) bereitstellt und/oder
 - eine zweite Gleichspannungsquelle (12), die eine zweite Eingangsspannung (22) bereitstellt, und/oder
 - eine dritte Gleichspannungsquelle (13), die eine dritte Eingangsspannung (23) bereitstellt;
 - elektrische Leitungen, zum Übertragen der elektrischen Energie von wenigstens einer der Gleichspannungsquellen zu den elektrischen Einrichtungen, und

- 40 -

- einen Verdichter mit einem Kompressor und einem den Kompressor antreibenden Elektromotor (6), zur Erzeugung von Druckluft, insbesondere für eine Druckluftversorgungsanlage (DLV) des Fahrzeugs, und
 - eine elektrische Schaltung (30), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, zum Ansteuern des Verdichters, und die elektrische Schaltung (30) umfasst
 - einen Gleichspannungsausgang (34) zum Bereitstellen einer konstanten Versorgungsgleichspannung mit einer ersten Ausgangsamplitude zum Ansteuern des Elektromotors (6) des Verdichters,
 - einen ersten Gleichspannungseingang (31) zum Anschließen an die erste Gleichspannungsquelle (11) und/oder einen zweiten Gleichspannungseingang (52) zum Anschließen an die zweite Gleichspannungsquelle (12) und/oder einen dritten Gleichspannungseingang zum Anschließen an die dritte Gleichspannungsquelle (13), wobei die erste variable Eingangsspannung (21) etwa der ersten Ausgangsamplitude entspricht, und/oder die zweite Eingangsspannung (22) größer als die erste Ausgangsamplitude ist, und/oder die dritte Eingangsspannung (23) größer als die erste Ausgangsamplitude ist,
 - einen Gleichspannungswandler zum Erzeugen der Versorgungsgleichspannung
14. Bordnetz (100) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass es ein Niedervoltbordnetz und ein Hochvoltbordnetz umfasst.
15. Druckluftversorgungsanlage (1000) zum Betreiben einer Pneumatikanlage (1001), insbesondere einer Luftfederanlage eines Fahrzeugs, aufweisend:
- eine Druckluftzuführung (1), einen Druckluftanschluss (2) zur Pneumatikanlage (1001) und einen Entlüftungsanschluss (3) zur Umgebung;
 - zwischen der Druckluftzuführung (1) und dem Druckluftanschluss (2) eine Pneumatikhauptleitung (210), die einen Lufttrockner (211), insbesondere ein entsperbares Rückschlagventil einer Ventilanordnung, aufweist;

- 41 -

- zwischen dem Druckluftanschluss (2) und dem Entlüftungsanschluss (3) eine Entlüftungsleitung (220) mit einem Entlüftungsventil (322), insbesondere in Verbindung mit einem Steuerventil (321) einer Ventilanordnung (320), wobei
 - die Druckluftzuführung (1) mit Druckluft erzeugt von einer Verdichteranordnung nach einem der Ansprüche 11 oder 12 versorgbar ist.
16. Druckluftversorgungssystem (1002) mit einer Pneumatikanlage (1001) und mit einer Druckluftversorgungsanlage (1000) gemäß Anspruch 15 zum Betreiben der Pneumatikanlage (1001) mit einer Druckluftströmung, insbesondere einer Luftfederanlage eines Fahrzeugs, vorzugsweise eines PKWs, wobei die Pneumatikhauptleitung (210) eine Druckluftzuführung (1) von einem Verdichter (330) und einen Druckluftanschluss (2) zu der Pneumatikanlage (1001) pneumatisch verbindet.
 17. Fahrzeug, insbesondere PKW, mit einer Pneumatikanlage (1001), insbesondere einer Luftfederanlage, und einer Druckluftversorgungsanlage (1000) gemäß Anspruch 16 zum Betreiben der Pneumatikanlage (1001) mit einer Druckluftströmung (DL).
 18. Verfahren zum Betreiben eines Verdichters zur Erzeugung von Druckluft, insbesondere für eine Druckluftversorgungsanlage (DLV) eines Fahrzeugs, umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen elektrischer Energie mit einer variablen Gleichspannung,
 - Umformen der elektrischen Energie mit der variablen Gleichspannung mittels einer elektrischen Schaltung (30) in elektrische Energie mit einer konstanten Gleichspannung und
 - Betreiben des Verdichters mit der in elektrische Energie mit einer konstanten Gleichspannung umgeformten Energie.
 19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter in einem Bordnetz eines Fahrzeugs, insbesondere Bordnetz eines Pkw (Pkw-Bordnetz), betrieben wird, und in dem Bordnetz weitere elektrische Einrichtungen

- 42 -

des Fahrzeugs betrieben werden, wobei eine zeitgleiche Ansteuerung des Verdichters und wenigstens einer der weiteren elektrischen Einrichtungen vermieden wird, und insbesondere eine Ansteuerung des Verdichters gegenüber der Ansteuerung der weiteren elektrischen Einrichtung verzögert wird, oder umgekehrt.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schaltungsanordnung (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, und/oder ein Bordnetz nach einem der Ansprüche 13 oder 14 zum Ausführen des Verfahrens verwendet werden.

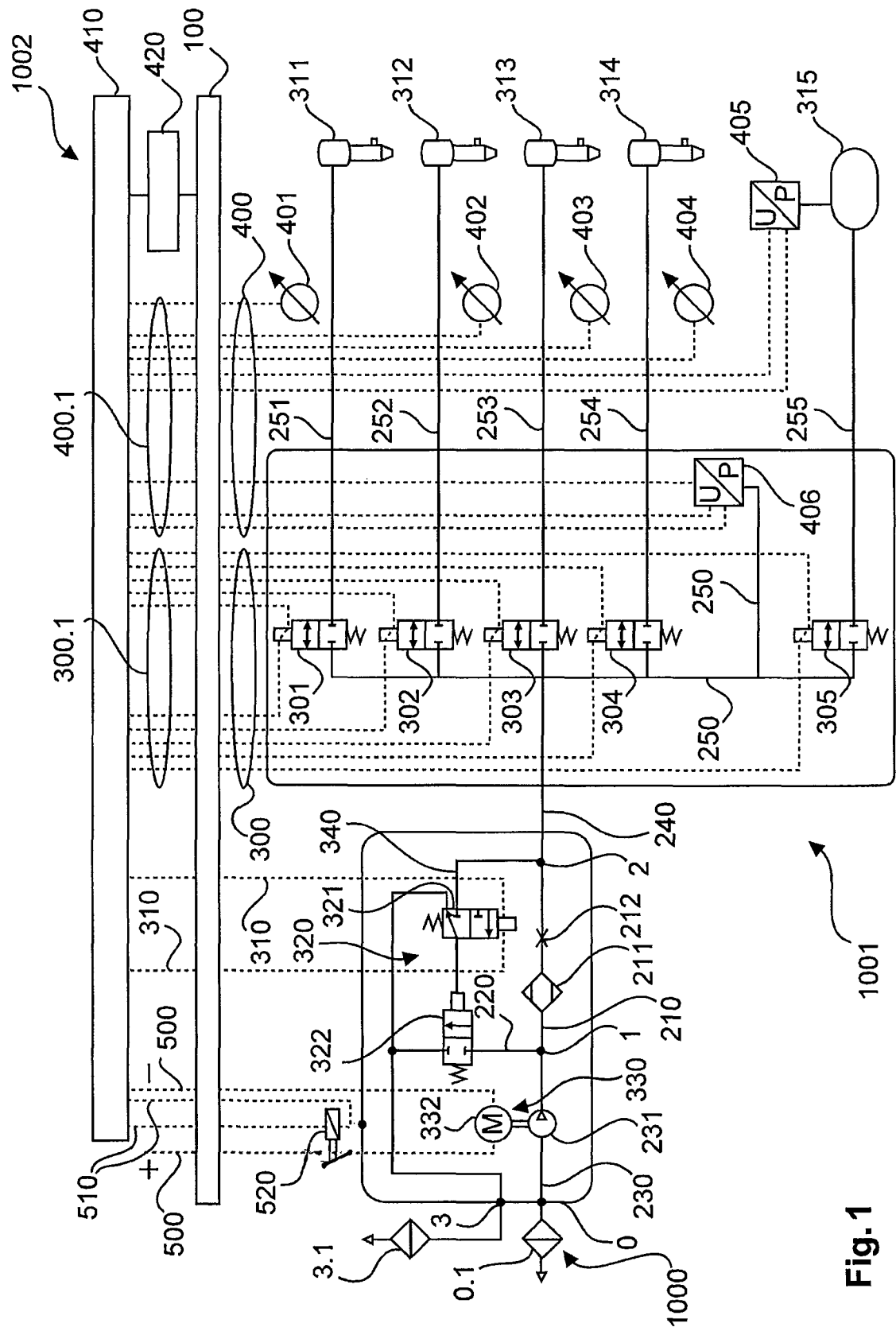
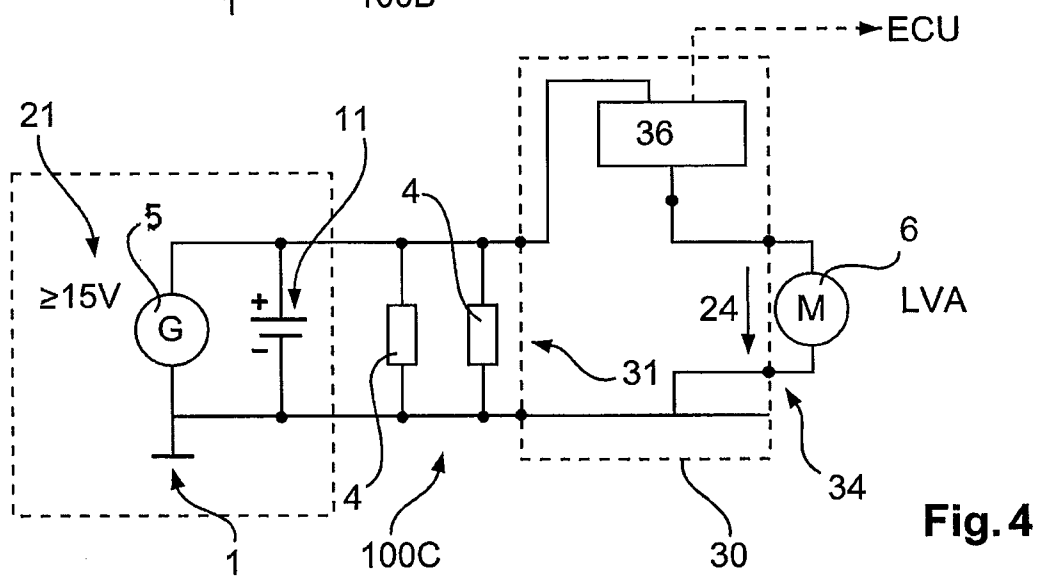
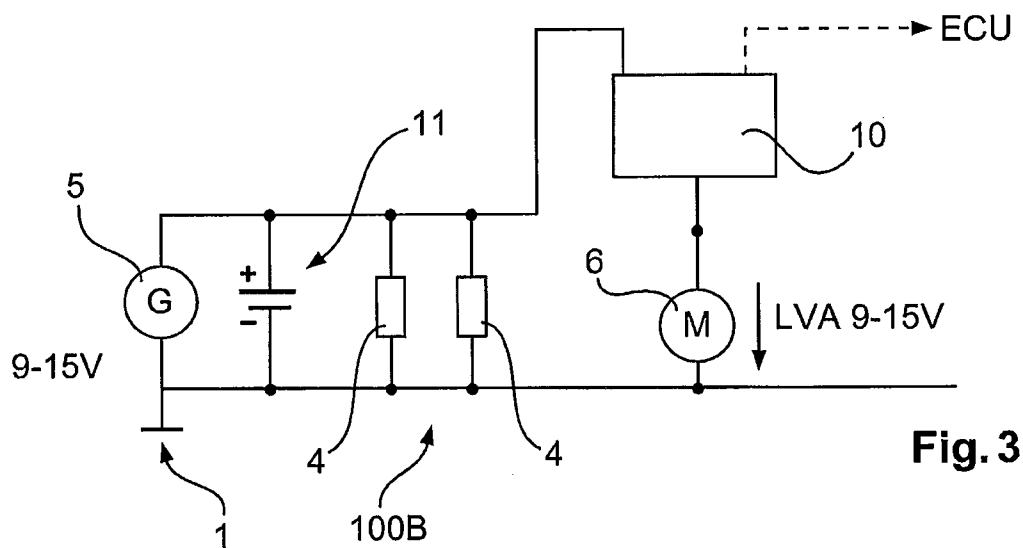
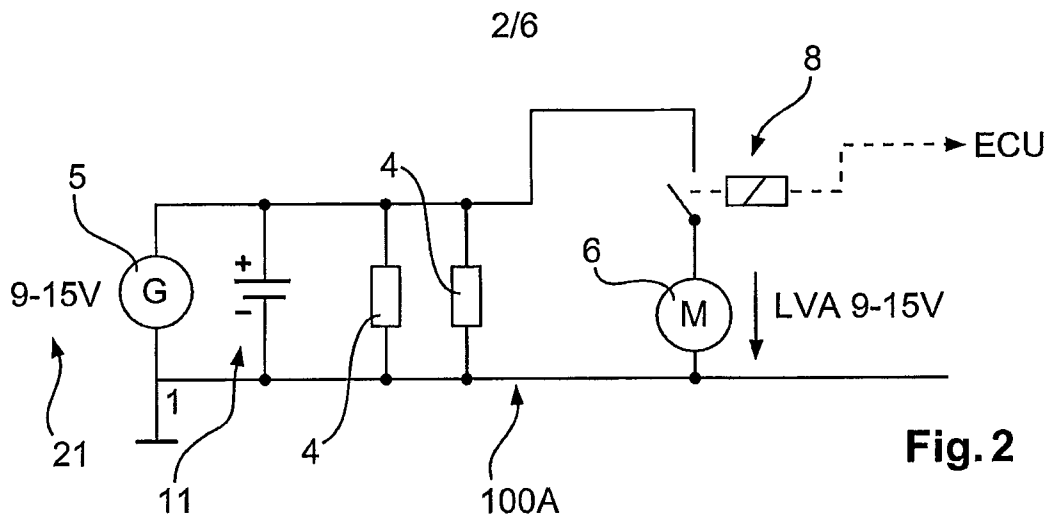


Fig.1



3/6

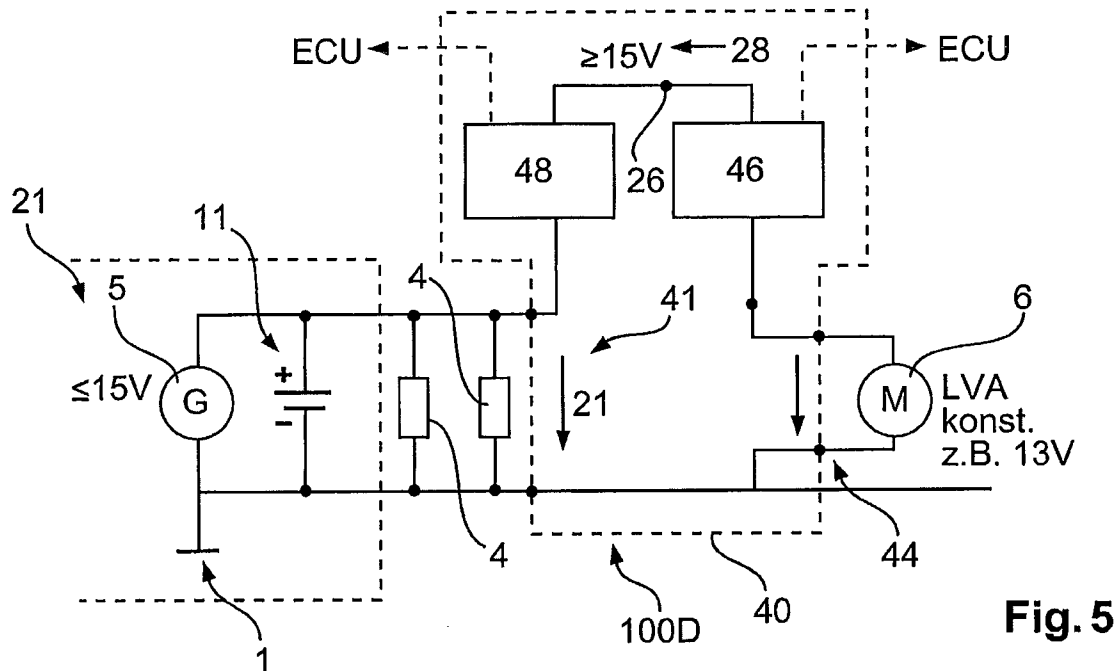


Fig. 5

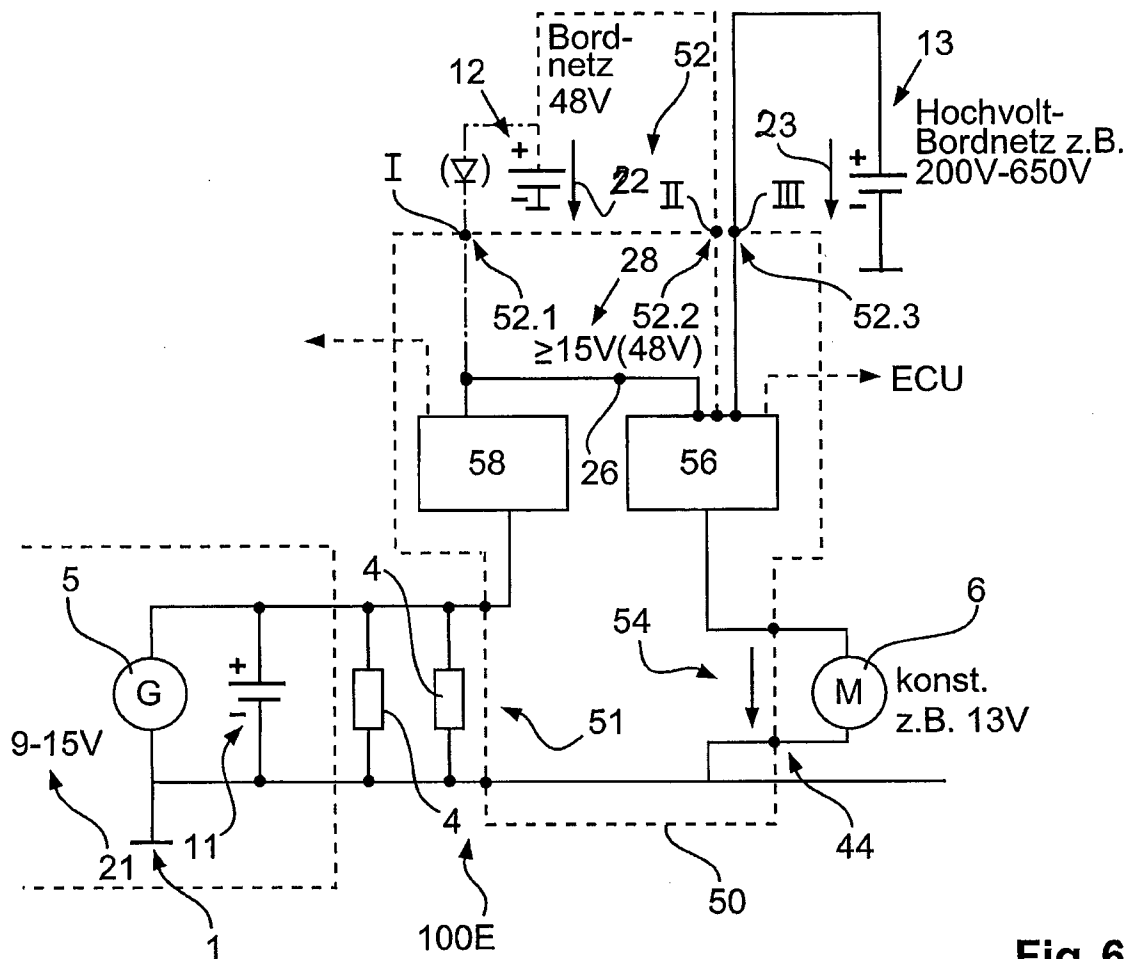


Fig. 6

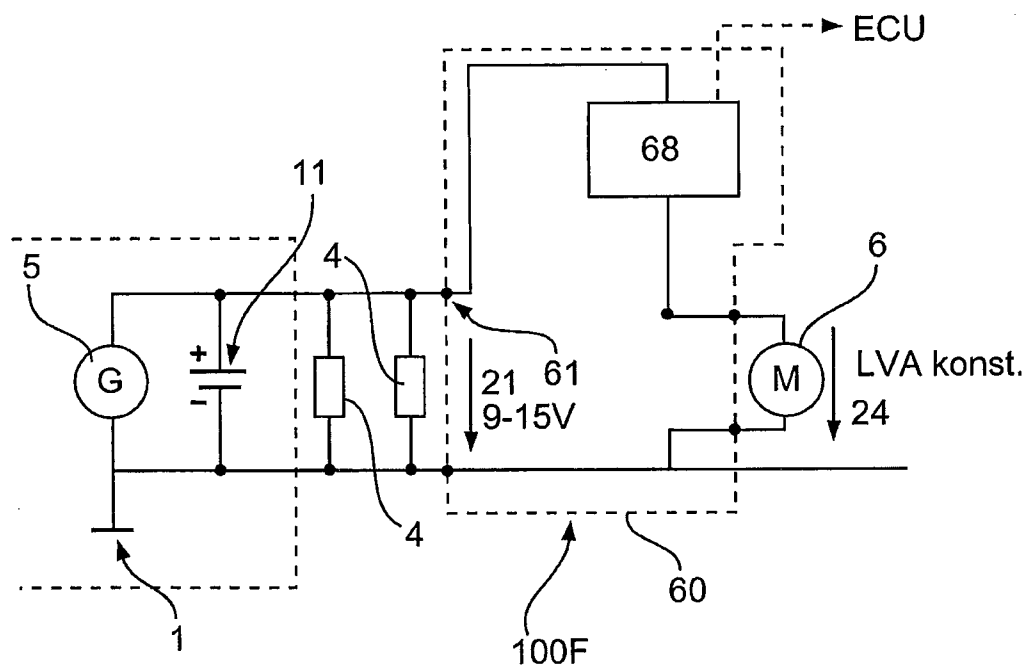


Fig. 7

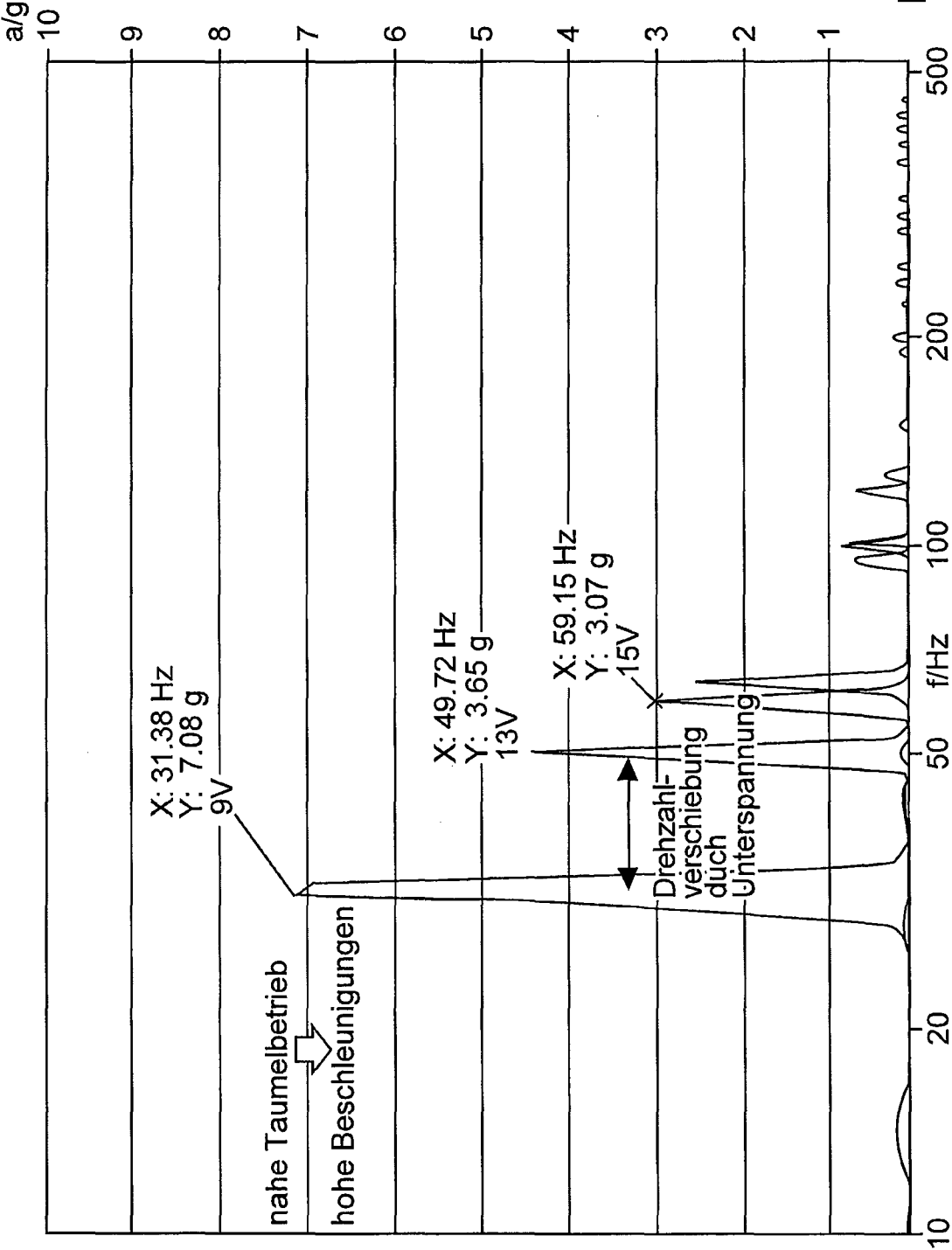


Fig. 8

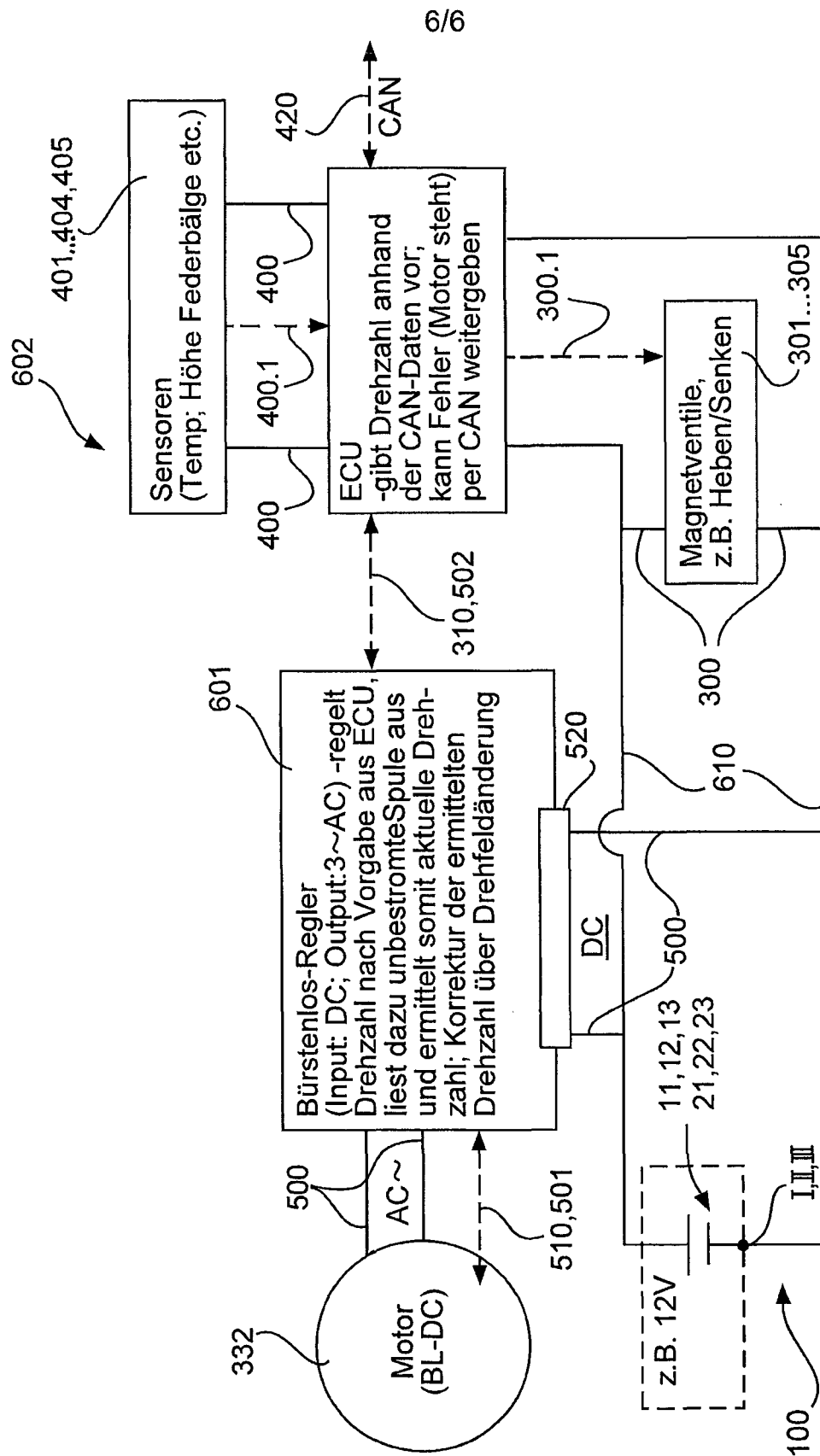


Fig. 9