



(10) **DE 198 27 872 B4** 2009.04.09

Patentschrift

(51) Int. Cl.⁸: **B60L 9/24** (2006.01)
H02M 5/44 (2006.01)
H02M 7/48 (2006.01)
H02P 27/06 (2006.01)

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 196 30 284 A1
DE 43 16 365 A1
DE 38 35 869 A1
LANG, Andreas, PEDERSEN, Oldrup Bo: Neue
Lokomotiven
EA 3000 der Danske Statsbaner im
Betriebseinsatz.
In: eb - Elektrische Bahnen 93, 1995, 12, S.377-3
85:

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Antriebsschaltung für ein Schienenfahrzeug gemäß dem Obergriff des Anspruchs 1.

[0002] Eine derartige Antriebsschaltung für ein Schienenfahrzeug wird in der Patentanmeldung DE 196 302 84 A1 vorgeschlagen. Die Besonderheit der Antriebsschaltung liegt darin, daß die relativ hohe Wechselspannung zwischen Fahrdrabt/Stromabnehmer-System und Rad/Schiene-System entsprechend der Anzahl der ersten Teilstromrichtersysteme aufgeteilt wird, so daß jeder Vierquadrantensteller bzw. Wechselrichter der ersten Teilstromrichtersysteme mit Halbleiterschaltern üblicher Sperrspannungsfestigkeit betreibbar ist. Die Anzahl der zweiten Teilstromrichtersysteme richtet sich nach der erforderlichen Anzahl von Antriebsmotoren.

[0003] DE 38 35 869 A1 zeigt eine Anordnung zum Starten eines Wechselrichters, der von einem Zwischenkreis versorgt wird und der in seinem Lastkreis über einen Transformator eine als Reihenresonanzkreis ausgebildete Last speist.

[0004] DE 43 16 365 A1 betrifft ein Steuerverfahren und eine Steuerschaltung für einen Frequenzumrichter für den Anlauf, die Drehzahlverstellung, das Bremsen und Positionieren von Drehstrom-Asynchronmotoren, wobei während eines Bremsvorgangs nach Überschreiten einer Grenzspannung im Zwischenkreis durch Energieverbrauch eines Zwischenkreis-Netzteils ein Absinken der Zwischenkreisspannung verursacht wird.

[0005] „Neue Lokomotiven EA3000 der Danske Statsbaner im Betriebseinsatz“ von Lang Andreas and Petersen Oldrup Bo beschreibt eine Antriebsschaltung für ein Schienenfahrzeug.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Antriebsschaltung für ein Schienenfahrzeug der eingangs genannten Art anzugeben, bei der ein sicheres Aufstarten gewährleistet ist.

[0007] Diese Aufgabe wird in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffes erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

[0008] Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, dass ein relativ rasches Aufstarten der Schaltung unter Einsatz einer kostengünstigen Anlaufschaltung erzielt wird.

[0009] Der Einsatz von teuren, für Hochspannung auszulegenden Baukomponenten der Leittechnik, inklusive der Ansteuereinrichtungen für die Halbleiterschalter der eingesetzten Stromrichter, wird konse-

quent vermieden. Ausgleichsvorgänge werden verhindert oder auf ein mit einfachen Mitteln zu bewältigendes Maß reduziert. Die Energieversorgung der Anlaufschaltung kann aus einer Batterie oder aus dem Netz erfolgen.

[0010] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

[0011] [Fig. 1](#) den prinzipiellen Aufbau der Antriebsschaltung,

[0012] [Fig. 2](#) eine Ausführungsform des ersten Stromrichtersystems,

[0013] [Fig. 3](#) eine alternative Ausführungsform des ersten Stromrichtersystems (Halbbrückenschaltung),

[0014] [Fig. 4](#) eine erste Ausführungsform einer Anlaufschaltung,

[0015] [Fig. 5](#) eine zweite Ausführungsform einer Anlaufschaltung,

[0016] [Fig. 6](#) eine dritte Ausführungsform einer Anlaufschaltung,

[0017] [Fig. 7](#) eine vierte Ausführungsform einer Anlaufschaltung,

[0018] In [Fig. 1](#) ist der prinzipielle Aufbau der Antriebsschaltung dargestellt, wie er zum großen Teil aus der DE 196 302 84 A1 bekannt ist. Zwischen einem Fahrdrabt/Stromabnehmer-System **1** und einem Rad/Schiene-System **2** liegen n netzseitig (primärseitig) in Reihe geschaltete und sekundärseitig parallelgeschaltete erste Teilstromrichtersysteme **6.1...6.n**, die nach [Fig. 2](#) oder [Fig. 3](#) ausgebildet sind. Der Anschluß des Teilstromrichtersystems **6.1** an das Fahrdrabt/Stromabnehmer-System **1** erfolgt über zwei in Reihe angeordnete Haupteingangsdrosseln **4** eines Hochspannungsnetzfilters und einen Hauptschalter **3**. Der Verbindungspunkt beider Haupteingangsdrosseln **4** ist während des Normalbetriebes über einen Haupteingangskondensator **5** des Hochspannungsnetzfilters auf Masse gelegt.

[0019] Jedes Teilstromrichtersystem **6.1...6.n** ($n = 2, 3, 4, 5$) nach [Fig. 2](#) oder [Fig. 3](#) besteht aus einem primärseitigen, mit einer Taktfrequenz bis vorzugsweise etwa 500 Hz betriebenen Vierquadrantensteller (Gleichrichter) **7**, einem primärseitigen Gleichstromzwischenkreis **8** mit mindestens einem primärseitigem Zwischenkreiskondensator **9**, einem primärseitigen, mit einer Taktfrequenz von vorzugsweise 8 bis 20 kHz betriebenen Wechselrichter **10**, einem Transformator **12**, einem sekundärseitigem, mit einer Taktfrequenz von 8 bis 20 kHz betriebenen Vierquadrantensteller (Gleichrichter) **14** und mindestens einem

sekundärseitigen Zwischenkreiskondensator **16**. Die parallelgeschalteten Zwischenkreiskondensatoren **16** bilden eine Teilkapazität des gemeinsamen sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreises **15**. In Reihe zur Primär- bzw. Sekundärwicklung des Transformators **12** liegt jeweils ein Wechselspannungskondensator **11** bzw. **13**.

[0020] Die weitere Teilkapazität des gemeinsamen sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreises **15** wird von Zwischenkreiskondensatoren **18** von m ($m = 2, 3, 4$) zweiten Teilstromrichtersystemen **17.1...17.m** gebildet. Zwischen den primärseitigen Gleichspannungszwischenkreisen **8** und dem sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreis **15** besteht eine harte Kopplung. Jedes zweite Teilstromrichtersystem **17.1...17.m** weist einen mit einer Taktfrequenz bis vorzugsweise etwa 500 Hz betriebenen Wechselrichter (Maschinenstromrichter) **21** auf, an den ein Antriebsmotor **22.1...22.m** angeschlossen ist. Jedes zweite Teilstromrichtersystem kann einen Saugkreis **19** und einen Bremswiderstand mit Halbleiterschalter **20** aufweisen.

[0021] Die Versorgung der netzseitigen Leittechnik, inklusive Ansteuereinrichtungen für die Halbleiterschalter der Vierquadrantensteller **7** und Wechselrichter **10** erfolgt aus den jeweiligen primärseitigen Gleichspannungszwischenkreisen **8** oder aus den Wechselspannungen der jeweiligen Wechselrichter **10** oder aus den primärseitigen Wechselspannungen der jeweiligen Transformatoren **12**. Hierdurch lassen sich vorteilhaft Hochspannungsnetzteile vermeiden. Das Spannungspotential des sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreises **15** ist in der Nähe des Massepotentials, weswegen vorteilhaft Standardnetzteile (für übliche Spannungsfestigkeit) ausreichen, um die Leittechnik inklusive der Ansteuereinrichtungen für die Halbleiterschalter der Vierquadrantensteller **14** und Wechselrichter **21** zu versorgen.

[0022] Eine Anlaufschaltung **23** dient für den Anlauf der Schaltung und realisiert in einem ersten Schritt das Aufladen des sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreises **15**, d. h. die Anschlüsse der Anlaufschaltung **23** sind mit den Polen des sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreises **15** verbunden.

[0023] In [Fig. 4](#) ist eine erste Ausführungsform einer Anlaufschaltung **23** dargestellt. Die über einen Anlaufschalter **24** miteinander verbindbaren Eingänge der Anlaufschaltung **23** sind über einen Aufladewiderstand **25** und einen Schalter **37** mit den Wechselspannungsanschlüssen einer Diodenbrücke **26** verbunden, deren Gleichspannungsanschlüsse zum sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreis **15** führen. Der Schalter **37** dient zur Trennung des sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreises **15**

vom Netz während des Normalbetriebes.

[0024] Während der eine Eingang der Anlaufschaltung **23** am Rad/Schiene-System **2** angeschlossen ist, führt der weitere Eingang der Anlaufschaltung **23** über den Haupteingangskondensator **5** zum gemeinsamen Verbindungspunkt beider Haupteingangsdrosseln **4**. Die Verbindung zwischen den Haupteingangsdrosseln **4** und dem ersten Teilstromrichtersystem **6.1** ist zum Aufstarten mittels eines Traktions Schalters **29** unterbrechbar.

[0025] Der über den Haupteingangskondensator **5** fließende Filterstrom ist mit i_F , die zwischen Fahrdraht/Stromabnehmer-System **1** und Rad/Schiene-System **2** anstehende Netzspannung ist mit u_N und die Spannung am Anlaufschalter **24** ist mit u_S bezeichnet.

[0026] In [Fig. 5](#) ist eine zweite Ausführungsform einer Anlaufschaltung dargestellt. Bei dieser Anlaufschaltung **23** entfällt im Vergleich zur Ausführungsform gemäß [Fig. 4](#) der Schalter **37**. Der Aufladewiderstand **25** ist vielmehr über einen der Potentialtrennung des sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreises **15** vom Netz dienenden, mit Netzfrequenz betreibbaren Transformator **30** mit der Diodenbrücke **26** verbunden. Damit ergibt sich eine im Vergleich zur Ausführungsform gemäß [Fig. 4](#) verbesserte Potentialtrennung, was aus Schutzgründen vorteilhaft ist. Der sekundärseitige Gleichspannungszwischenkreis **15** kann aus Schutzgründen geerdet werden, ohne daß dabei die Funktion der Diodenbrücke **26** gestört wird. Die Spannung am Transformator **30** mit u_T bezeichnet.

[0027] Beide Ausführungsformen gemäß den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) bieten den zusätzlichen Vorteil, daß das Hochspannungsnetzfilter, insbesondere der Haupteingangskondensator **5**, während des Aufstartens vorgeladen wird, was Ausgleichsvorgänge verhindert oder zumindest reduziert.

[0028] In [Fig. 6](#) ist eine dritte Ausführungsform einer Anlaufschaltung dargestellt. Bei dieser Anlaufschaltung **23** ist eine Batterie **31** über einen Steller **32** – vorzugsweise ein bidirektionales Batterieladegerät – mit dem sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreis **15** verbunden. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß die Batterie **31** während des Normalbetriebes über den Steller **32** stets aufgeladen wird und somit für den Aufstartvorgang ihre volle Kapazität aufweist.

[0029] In [Fig. 7](#) ist eine vierte Ausführungsform einer Anlaufschaltung dargestellt. Bei dieser Anlaufschaltung **23** ist ein Netztransformator **34** primärseitig über einen Anlaufschalter **33** mit dem Fahrdraht/Stromabnehmer-System **1** und dem Rad/Schiene-System **2** sowie sekundärseitig über ei-

nen Gleichrichter **35** (Diodenbrücke) und einen Aufladewiderstand **36** mit dem sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreis **15** verbunden. Der Netztransformator **34** bietet den Vorteil, daß eine Potentialtrennung zwischen sekundärseitigem Gleichspannungszwischenkreis **15** und dem Netz realisiert wird.

[0030] Das Aufstartkonzept sieht für alle vorstehend behandelten Ausführungsformen vor, daß die Anlaufschaltung **23** in den sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreis **15** einspeist, wobei der Hauptschalter **3** bei den Ausführungsformen gemäß [Fig. 6](#), [Fig. 7](#) geöffnet ist. Der Anlaufschalter **24** und der Traktionsschalter **29** bei den Ausführungsformen gemäß [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) sind geöffnet. Der Schalter **37** bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 4](#) sowie der Anlaufschalter **33** bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 7](#) sind geschlossen.

[0031] Bei den Ausführungsformen gemäß [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) ist der Hauptschalter **3** geschlossen, der Filterstrom i_F fließt über das Hochspannungsnetzfilter, den Aufladewiderstand **25** und die Diodenbrücke **26** in den sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreis **15**, wodurch alle parallelgeschalteten Zwischenkreiskondensatoren **16**, **18** gleichmäßig aufgeladen werden.

[0032] Allen Ausführungsformen ist es gemeinsam, daß die Ladeschaltungen in die sekundären Zwischenkreise einspeisen. Die Halbleiterschalter der sekundärseitigen Vierquadrantensteller **14** takten. Die Aufladung der primärseitigen Gleichspannungszwischenkreise **8** erfolgt über die Transformatoren **12** und die Dioden der primärseitigen Wechselrichter **10**. Erreicht die Spannung der primärseitigen Gleichspannungszwischenkreise **8** eine vorgegebene Spannungsschwelle, können die zur Versorgung/Ansteuerung der Halbleiterschalter der primärseitigen Vierquadrantensteller **7** und primärseitigen Wechselrichter **10** dienenden Ansteuereinrichtungen (Netzteile) arbeiten. Damit ist die Antriebsschaltung prinzipiell betriebsbereit.

[0033] Der Hauptschalter **3** kann jetzt bei den Ausführungsformen gemäß [Fig. 6](#), [Fig. 7](#) geschlossen werden, ohne daß dabei Ausgleichsvorgänge auf der Netzseite erzeugt werden (die Summe aller Spannungen der primärseitigen Gleichspannungszwischenkreise ist größer als die Netzspannung). Das gleiche gilt für die jetzt schließbaren Traktionsschalter **29** bei den Ausführungsformen gemäß [Fig. 4](#), [Fig. 5](#). Ferner sind jetzt die Anlaufschalter **24** bei den Ausführungsformen gemäß den [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) zu schließen, um die Erdung des Haupteingangskondensators herzustellen. Zur Potentialtrennung werden der Schalter **37** bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 4](#) und der Schalter **33** bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 7](#) geöffnet.

Patentansprüche

1. Antriebsschaltung für ein Schienenfahrzeug mit mehreren, zwischen einem Fahrdrabt/Stromabnehmer-System (**1**) und einem Rad/Schiene-System (**2**) über mindestens eine Drossel (**4**) in Reihe geschalteten ersten Teilstromrichtersystemen (**6.1**, ..., **6.n**), wobei jedes erste Teilstromrichtersystem aus mindestens einem primärseitigen Vierquadrantensteller (**7**), einem primärseitigen Gleichspannungszwischenkreis (**8**), mindestens einem primärseitigen Wechselrichter (**10**), mindestens einem Transformator (**12**) und mindestens einem sekundärseitigen Vierquadrantensteller (**14**) besteht und wobei sekundärseitig parallelgeschaltete zweite Teilstromrichtersysteme (**17.1**, ..., **17.m**) einen gemeinsamen sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreis (**15**) bilden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der sekundärseitige Gleichspannungszwischenkreis (**15**) mit einer Anlaufschaltung (**23**) verbunden ist und dass die Speisung der primärseitigen Leittechnik inklusive der Ansteuereinrichtungen für die Halbleiterschalter des primärseitigen Vierquadrantenstellers (**7**) über die jeweiligen primärseitigen Gleichspannungszwischenkreise (**8**) oder aus den Wechselspannungen der jeweiligen primärseitigen Wechselrichter (**10**) oder aus den primärseitigen Wechselspannungen der jeweiligen Transformatoren (**12**) erfolgt.

2. Antriebsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlaufschaltung (**23**) eine Diodenbrücke (**26**) aufweist, die gleichspannungsseitig mit dem sekundärseitigen Gleichspannungszwischenkreis (**15**) und wechselfspannungsseitig über einen Aufladewiderstand (**25**) zwischen Fahrdrabt/Stromabnehmer-System (**1**) und Rad/Schiene-System (**2**) schaltbar ist, wobei ein Transformator (**30**) zwischen Aufladewiderstand (**25**) und Diodenbrücke (**26**) vorgesehen ist.

3. Antriebsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Anschluss an das Fahrdrabt/Stromabnehmer-System (**1**) über eine Haupteingangsdrossel (**4**) und einen Haupteingangskondensator (**5**) eines Hochspannungsnetzfilters erfolgt, wobei ein Traktionsschalter (**29**) zwischen dem Hochspannungsnetzfilter und dem ersten Teilstromrichtersystem (**6.1**) vorgesehen ist.

4. Antriebsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlaufschaltung (**23**) eine Batterie (**31**) mit Steller (**32**) aufweist.

5. Antriebsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlaufschaltung (**23**) einen Netztransformator (**34**) mit angeschlossenem Gleichrichter (**35**) und Aufladewiderstand (**36**) aufweist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

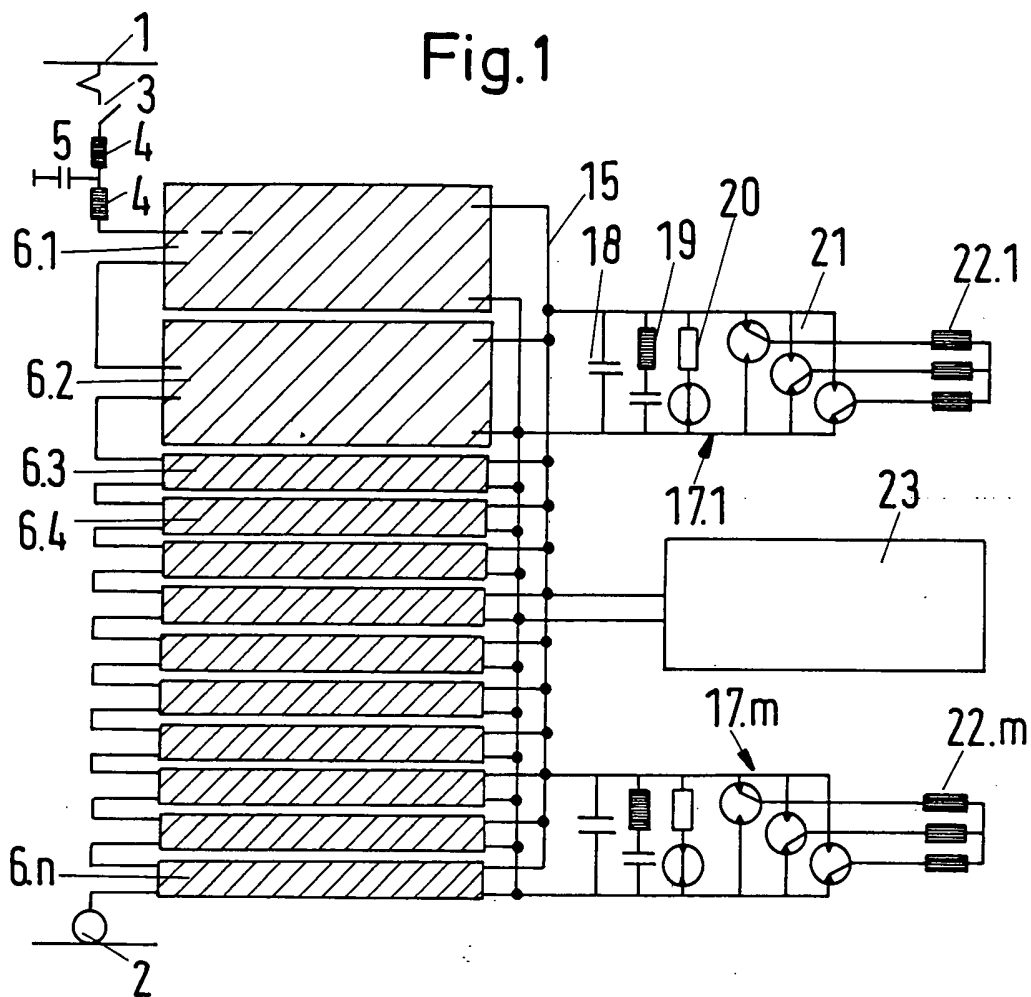


Fig.2

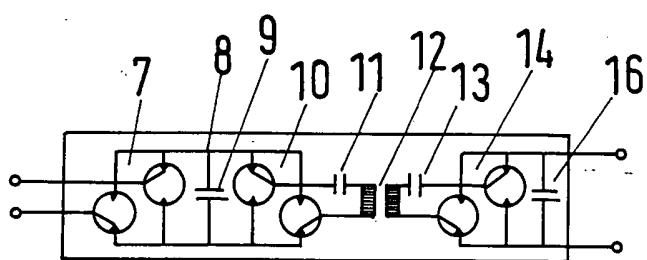


Fig.3

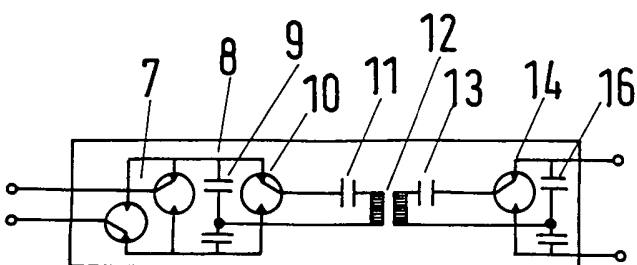


Fig.4

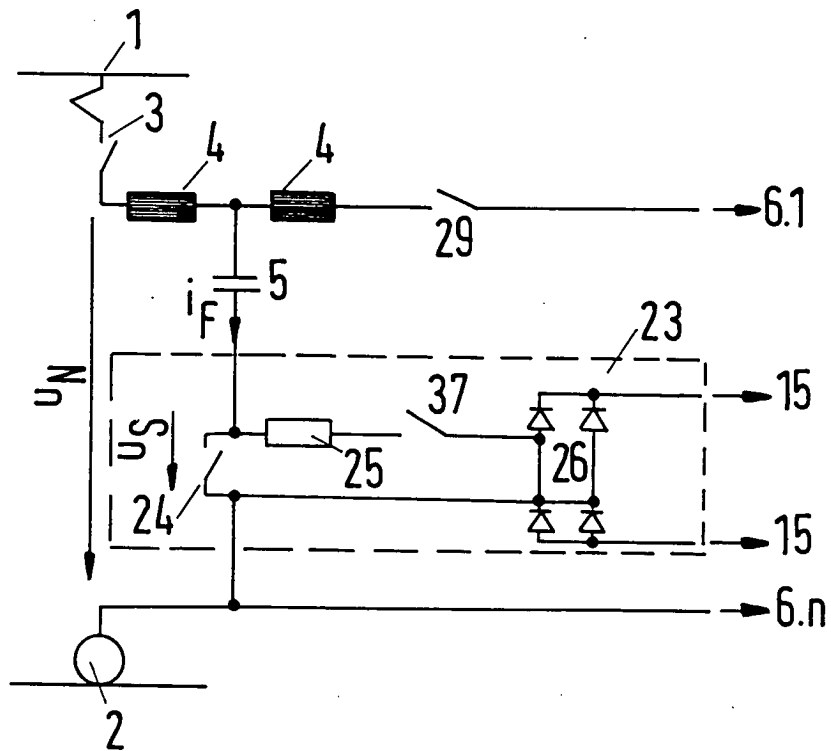


Fig.5

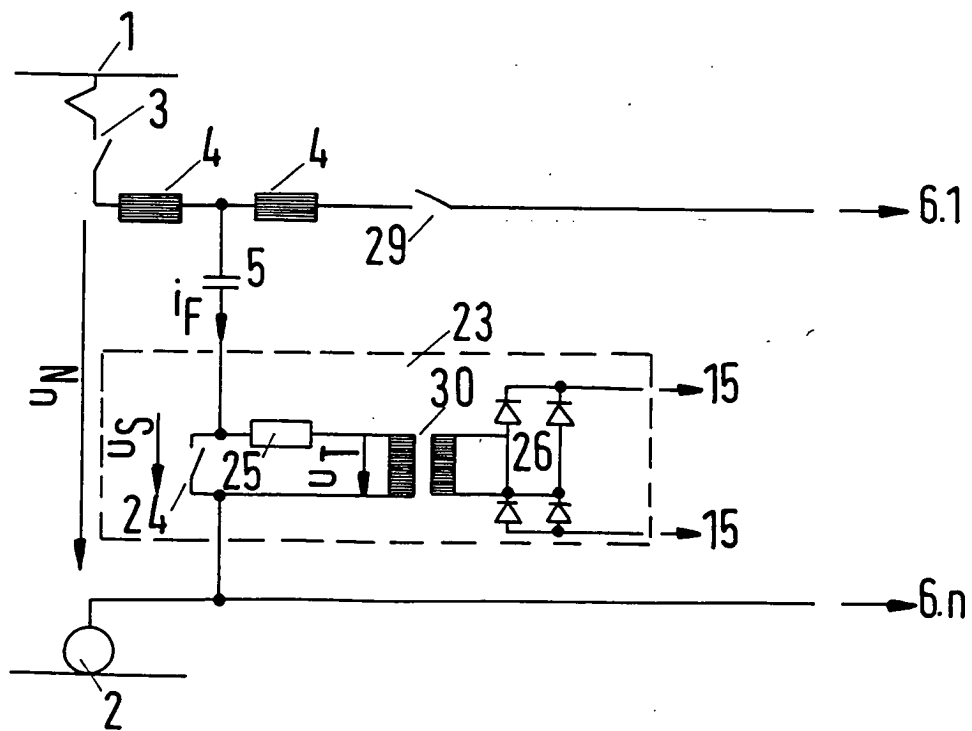


Fig.6

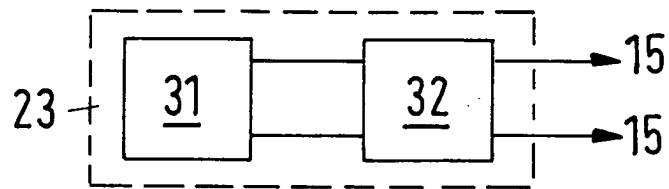


Fig.7

