



(10) **DE 10 2015 211 463 B3** 2016.09.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 211 463.5**
(22) Anmeldetag: **22.06.2015**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.09.2016**

(51) Int Cl.: **B60M 3/00** (2006.01)
B60L 9/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Lehmann, Michael, Dr., 91054 Erlangen, DE

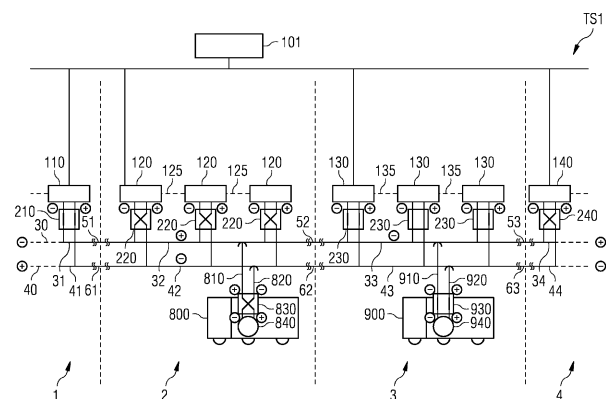
(56) Ermittelter Stand der Technik:
EP 2 669 110 A1

**Das Gleichrichterwerk Henningsdorf,
12.3.2015. URL: <http://www.kremmener-bahn.net/weitere-bahnanlagen/bahnstromversorgung/gleichrichterwerk-henningsdorf.html> [abgerufen am 12.2.2016, mit Archive.org-Snapshot vom 12.3.2015]**

(54) Bezeichnung: **Energieversorgung mit wechselnder Fahrleitungspolarität**

(57) Hauptanspruch: Energieversorgungsverfahren für elektrische Straßenfahrzeuge (800, 900) auf einem mindestens einen Energieeinspeiseabschnitt (1, 2, 3, 4) aufweisenden Wegesystem mit einem fahrspurgebundenen, mehrpoligen Energieversorgungssystem (TS1, TS2), insbesondere einem Oberleitungssystem, wobei

- der mindestens eine Energieeinspeiseabschnitt (1, 2, 3, 4) zur Versorgung von elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen (800, 900) mit elektrischer Energie mit Gleichstrom betrieben wird und
- die Polarität zumindest eines des mindestens einen Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) in vorbestimmten Zeitabschnitten geändert wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Energieversorgungsverfahren für elektrische Straßenfahrzeuge auf einem eine Mehrzahl von Energieeinspeiseabschnitten aufweisenden Wegesystem mit einem fahrspurgebundenen, mehrpoligen Energieversorgungssystem, insbesondere einem Oberleitungssystem. Zudem betrifft die Erfindung ein elektrisches Transportsystem.

[0002] Elektrische Transportsysteme für den Transport von Gütern und Personen mit Fahrleitungen zur Versorgung von Fahrzeugen mit elektrischer Energie werden in vielen verschiedenen Varianten eingesetzt. Am verbreitetsten sind schienengebundene Fahrzeuge, welche meist aus Oberleitungen über Stromabnehmer elektrischen Strom beziehen. Dabei gibt es verschiedene Stromversorgungssysteme mit Wechselstrom oder Gleichstrom. Wechselstromsysteme können mit höheren elektrischen Spannungen betrieben werden, was mit geringeren Energieverlusten beim Stromtransport und der Möglichkeit höherer Leistungen der elektrisch betriebenen Fahrzeuge verbunden ist. Sie haben aber den Nachteil des höheren Isolationsbedarfs und der damit im Falle der Verwendung von Oberleitungen verbundenen höheren Lichttraumprofile der elektrischen Fahrzeuge. Zudem haben mit Wechselstrom betriebene, aus einer Versorgungsleitung gespeiste Elektrofahrzeuge im Vergleich zu mit Gleichstrom betriebenen Fahrzeugen einen größeren Platzbedarf für Transformatoren, so dass sie sich nur bei Transportsystemen mit sehr hohem Leistungsbedarf durchgesetzt haben.

[0003] Bei dem Einsatz von fahrspurgebundenen Versorgungssystemen für nicht schienengebundene Fahrzeuge werden daher üblicherweise ausschließlich mit Gleichstrom gespeiste Oberleitungssysteme eingesetzt. Diese haben den Vorteil eines geringeren Platzbedarfs der Fahrzeugkomponenten und einer erhöhten Sicherheit.

[0004] Im laufenden Betrieb solcher Transportsysteme tritt bei der Übertragung des Traktionsstroms von der Fahrleitung, d. h. der Stromversorgungsleitung, auf das mit elektrischer Energie zu versorgende Fahrzeug ein erheblicher Verschleiß im Bereich der Kontaktstelle zwischen der elektrischen Versorgungsleitung und dem Stromabnehmer des elektrisch betriebenen Fahrzeugs auf. An dieser Kontaktstelle zwischen der Fahrleitung und der Schleifleiste des Stromabnehmers ergeben sich ein mechanischer Verschleiß sowie ein elektrischer Verschleiß. Der Anteil des mechanischen Verschleißes ist dabei stark abhängig von den eingesetzten Materialien der kontaktierenden Elemente sowie der Kontaktkraft zwischen diesen Bauelementen.

[0005] Der mechanische Verschleiß lässt sich durch die Verbesserung der Kontaktbedingungen zwischen Versorgungsleitung und Stromabnehmer reduzieren. Der elektrische Verschleiß ist abhängig von der Stromart sowie der Stärke des übertragenen Stroms. Bei Gleichstromsystemen ist der elektrische Verschleiß zusätzlich abhängig von den Polaritäten der Kontaktpartner an der Kontaktstelle.

[0006] Bei Straßen- und Stadtbahnen spielt der polaritätsbedingt unterschiedliche Verschleiß nur eine nachgeordnete Rolle, da in jedem System jeweils nur eine Polarität zwischen Fahrdrähten und Schleifleisten auftritt, sodass der resultierende elektrische Verschleiß an Fahrzeugflotte und Fahrleitung innerhalb des Systems relativ gleichmäßig ist.

[0007] Bei Oberleitungsbussen ist durch die andere Form des Kontaktsystems der mechanische Anteil am Verschleiß etwas höher. Gleichzeitig ist durch die regelmäßige, zum Teil tägliche Inspektion der Stromabnehmer in den Betriebshöfen ein zustandsbezogener Wechsel auch einzelner Kohleschleifstücke gut in den Betriebsalltag integrierbar.

[0008] Bei Ringlinien von Schienenbahnen, wie zum Beispiel der S-Bahn Berlin oder der Circle Line London, tritt an den Rad-Schiene-Kontakten fahrtrichtungsbezogen unterschiedlich starker mechanischer Verschleiß auf. Für dessen Vergleichsmäßigung werden die Züge regelmäßig gewendet.

[0009] Bei zweipoligen Fahrleitungssystemen, wie zum Beispiel bei Oberleitungsbussen oder Systemen des elektrifizierten Straßengüterverkehrs, ist der über Lebensdauer oder Laufleistung auftretende Verschleiß an den Schleifleisten und Fahrdrähten der unterschiedlichen Polaritäten meist sehr ungleich verteilt. Somit ist es oft notwendig, für die unterschiedlichen Polaritäten unterschiedliche Austauschzyklen der Fahrdrähte und Schleifstücke vorzusehen und damit einen erhöhten Wartungsaufwand zu betreiben.

[0010] In „Das Gleichrichterwerk Hennigsdorf“, 12.3.2015, URL: <http://www.kremmener-bahn.net/weitere-bahnanlagen/bahnstromversorgung/gleichrichterwerk-hennigsdorf.html> [abgerufen am 12.2.2016, mit Archive.org-Snapshot vom 12.3.2015] wird ein Straßenbahnnetz mit Gleichstromversorgung beschrieben, wobei die Speiseleitung als Minuspol ausgebildet ist, während der Pluspol als geerdete Stromschiene ausgebildet ist.

[0011] In den „Vorschriften und Normen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker“, Softcover reprint of the hardcover 10th edition 1921, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1921. 65, 86. – ISBN 978-3-662-22793-0 wird ein Gleichstromzweileitersystem erwähnt, bei dem Schienen als Rückleiter dienen.

[0012] In EP 2 669 110 A1 wird ein Bergwerksfahrzeug beschrieben, welches eine elektrische Schalteinheit umfasst, mit der die Polarität eines über ein Gleichstromoberleitungssystem bezogenen Stroms umgeschaltet werden kann.

[0013] Es ist mithin Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine wartungsfreundlichere und wirtschaftlichere Vorgehensweise bei der Energieversorgung von fahrspurgebundenen Elektrofahrzeugen zu entwickeln.

[0014] Diese Aufgabe wird durch ein Energieversorgungsverfahren gemäß Patentanspruch 1 und durch ein elektrisches Transportsystem gemäß Patentanspruch 12 gelöst.

[0015] Bei dem erfindungsgemäßen Energieversorgungsverfahren für elektrische Straßenfahrzeuge auf einem mindestens einen Energieeinspeiseabschnitt aufweisenden Wegesystem mit einem fahrspurgebundenen, mehrpoligen Energieversorgungssystem, insbesondere einem Oberleitungssystem, wird der mindestens eine Energieeinspeiseabschnitt zur Versorgung von elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen mit elektrischer Energie mit Gleichstrom betrieben und es wird die Polarität des zumindest einen Energieeinspeiseabschnitts in vorbestimmten Zeitabschnitten geändert. Unter einem mehrpoligen Energieversorgungssystem soll ein System mit mehreren elektrischen Versorgungsleitungen, welche sich auf einem unterschiedlichen Potential befinden, verstanden werden, bei dem durch die zeitliche Änderung der Polarität zumindest in einem Teil der Energieeinspeiseabschnitte erreicht wird, dass sich durch den laufenden Betrieb sowohl an den Stromabnehmern der elektrisch betriebenen Straßenfahrzeuge als auch an den Energiezuführungsleitungen, insbesondere Oberleitungen, ein mittlerer polaritätsbedingter Verschleiß ergibt. Werden beispielsweise in einem Energieeinspeiseabschnitt in der Hälfte der Betriebszeit die Energiezuführungsleitungen mit einer ersten Polarität betrieben und in der anderen Hälfte der Betriebszeit die Energiezuführungsleitungen mit einer zweiten Polarität betrieben, so kann bei ungefähr gleichbleibender Beanspruchung durch elektrische Straßenfahrzeuge in diesem Energieeinspeiseabschnitt erwartet werden, dass für den Verschleiß an den einzelnen Energiezuführungsleitungen des mehrpoligen Systems ein Mittelwert der Verschleißwerte, welche an den einzelnen Versorgungsleitungen bei verschiedenen Polaritäten auftreten würden, erreicht wird. Es wird an den einzelnen Energiezuführungsleitungen des mehrpoligen Systems also eine gleichmäßigere Abnutzung erreicht. Unterschiede im Verschleiß einzelner Energiezuführungsleitungen des mehrpoligen Systems werden zumindest reduziert.

[0016] Zudem wird durch das Umschalten der Polarität der Energiezuführungsleitungen auch die Belastung der korrespondierenden Stromabnehmer der elektrisch betriebenen Straßenfahrzeuge gleichmäßiger gestaltet. Umfasst beispielsweise ein elektrisch betriebenes Straßenfahrzeug einen mehrpoligen Stromabnehmer, wobei die einzelnen Pole des Stromabnehmers mit verschiedenen Energiezuführungsleitungen des mehrpoligen Energieversorgungssystems in Kontakt stehen, so wird bei einem regelmäßigen Umschalten der Polarität der Energiezuführungsleitungen auch der Verschleiß an den einzelnen Polen des Stromabnehmers der elektrisch betriebenen Straßenfahrzeuge aneinander angeglichen. Der Verschleiß an den einzelnen Polen der Stromabnehmer kann also auf einen mittleren Wert nivelliert werden. Vorteilhaft kann eine Erneuerung oder Wartung der verschlissenen Pole eines Stromabnehmers, d. h. insbesondere der Schleifleisten oder Schleifstücke des Stromabnehmers, welche in Kontakt mit den einzelnen Leitern des Stromzuführungssystems stehen, gleichzeitig vorgenommen werden, wodurch Synergien genutzt werden können und der gesamte wirtschaftliche Aufwand für die Wartung des Systems reduziert werden kann. Ein ähnlicher Wartungsvorteil ergibt sich auch bei der Erneuerung der Energiezuführungsleitungen und dabei insbesondere der Fahrdrähte bzw. Stromschienen, welche, wie bereits erwähnt, unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ebenfalls gleichmäßiger verschleifen.

[0017] Da bei einer Erneuerung oder Überholung der Energiezuführungsleitungen ein Einspeiseabschnitt außer Betrieb genommen werden muss, ist es wünschenswert, diese Reparaturarbeiten so selten wie möglich durchführen zu müssen. Wird mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens bei den einzelnen Versorgungsleitungen ein gleichmäßiger Verschleiß erreicht, so kann die zeitliche Länge der Wartungsintervalle optimiert werden. Bei einem ungleichmäßigen Verschleiß der Energieversorgungsleitungen dagegen wird schon aufgrund des einseitigen stärkeren Verschleißes eines Teils der Energiezuführungsleitungen eine höhere Anzahl von Wartungsprozessen pro Zeitintervall benötigt. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann also eine längere mittlere Lebensdauer von infrastrukturseitigen und fahrzeugseitigen Komponenten eines elektrischen Transportsystems erreicht werden.

[0018] Das erfindungsgemäße elektrische Transportsystem umfasst ein mindestens einen Energieeinspeiseabschnitt aufweisendes Wegesystem mit einem fahrspurgebundenen, mehrpoligen Energieversorgungssystem, insbesondere einem Oberleitungssystem. Es umfasst weiterhin mindestens einen Gleichstromversorgungsanschluss an dem mindestens einen Energieeinspeiseabschnitt zur Versorgung von elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen

mit elektrischer Energie. Der mindestens eine Gleichstromversorgungsanschluss kann zum Beispiel ein Anschluss zwischen einem Unterwerk und einer Versorgungsleitung des Systems sein. Teil des elektrischen Transportsystems ist auch eine Umschalteneinrichtung an dem mindestens einen Gleichstromversorgungsanschluss, mit der die an dem mindestens einen Gleichstromversorgungsanschluss anliegende Polarität steuerbar ist. Anders ausgedrückt, sind zwischen den Unterwerken und den Versorgungsleitungen des Systems die genannten Umschalteneinrichtungen installiert, mit denen die an den Versorgungsleitungen anliegende Polarität änderbar ist. Das erfindungsgemäße elektrische Transportsystem weist zudem eine Polaritätssteuereinrichtung auf, welche dazu einrichtet ist, die Umschalteneinrichtungen einzelner Energieeinspeiseabschnitte derart anzusteuern, dass die Polarität einzelner Energieeinspeiseabschnitte in vorbestimmten Zeitabschnitten geändert wird.

[0019] Die elektrisch betriebenen Straßenfahrzeuge können beispielsweise elektrisch betriebene Lastkraftwagen sein.

[0020] Die abhängigen Ansprüche sowie die nachfolgende Beschreibung enthalten jeweils besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung. Dabei können insbesondere die Ansprüche einer Anspruchskategorie auch analog zu den abhängigen Ansprüchen einer anderen Anspruchskategorie weitergebildet sein. Zudem können im Rahmen der Erfindung die verschiedenen Merkmale unterschiedlicher Ausführungsbeispiele und Ansprüche auch zu neuen Ausführungsbeispielen kombiniert werden.

[0021] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Energieversorgungsverfahrens werden alle Energieeinspeiseabschnitte mit Gleichstrom mit der gleichen Polarität versorgt und es wird die Polarität für alle Energieeinspeiseabschnitte gleichzeitig geändert. In dieser Variante wird also die Polarität einzelner Versorgungsleitungen zu bestimmten Zeitpunkten global oder netzweit geändert. Bei einer solchen Änderung der Polarität ändert sich die Richtung des Stromflusses zwischen den Versorgungsleitungen und den jeweiligen Polen der Stromabnehmer der elektrisch betriebenen Straßenfahrzeuge. Mit der Änderung der Stromflussrichtung ändern sich auch Art und Umfang des Verschleißes an den Kontaktstellen zwischen Versorgungsleitung und Stromabnehmer. Beispielsweise kann sich der Zeitpunkt für das Umschalten der Polarität der Versorgungsleitungen nach dem Verkehrsaufkommen richten, welches in der aktuellen Netzkonfiguration bereits erreicht wurde. Wurde ein vorbestimmtes Verkehrsaufkommen in dem elektrischen Transportsystem erreicht, so wird auf eine Konfiguration umgeschaltet, bei der die Polarität der Versorgungsleitungen geändert ist und die-

se so lange beibehalten, bis das vorbestimmte Verkehrsaufkommen auch bei dieser Konfiguration erreicht ist. Auf diese Weise kann die Abnutzung unterschiedlicher Versorgungsleitungen aneinander angehängen werden, soweit sie durch deren unterschiedliche Polarität verursacht wurde.

[0022] In einer alternativen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Energieversorgungsverfahrens werden einzelne, vorzugsweise benachbarte, Energieeinspeiseabschnitte mit Gleichstrom mit einer unterschiedlichen Polarität versorgt. Werden zum Beispiel benachbarte Energieeinspeiseabschnitte mit unterschiedlicher Polarität versorgt, so kann erreicht werden, dass die Pole der Stromabnehmer von elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen einem gleichmäßigeren Verschleiß unterliegen. Als benachbart sollen Energieeinspeiseabschnitte betrachtet werden, die von einem fahrspurgebundenen elektrischen Straßenfahrzeug zeitlich direkt aufeinanderfolgend durchfahren werden können. Dabei kann zwischen diesen benachbarten Energieeinspeiseabschnitten durchaus zum Beispiel noch ein neutraler Abschnitt angeordnet sein, welcher einen Kurzschluss zwischen den benachbarten Energieeinspeiseabschnitten bei unterschiedlicher Polarität verhindern soll.

[0023] In einer besonders praktikablen Variante des erfindungsgemäßen Energieversorgungsverfahrens wird in jedem der Energieeinspeiseabschnitte eine erste elektrische Versorgungsleitung mit einer ersten Polarität und eine zweite elektrische Versorgungsleitung mit einer zu der ersten Polarität unterschiedlichen zweiten Polarität betrieben.

[0024] In dieser Variante wird also vorzugsweise ein zweipoliges Energiezuführungssystem verwendet, wobei die beiden Energiezuführungsleitungen des Energiezuführungssystems ein unterschiedliches Potential haben.

[0025] Bevorzugt umfasst das Ändern der Polarität eines Energieeinspeiseabschnitts das Ändern der Polarität mindestens einer der beiden elektrischen Versorgungsleitungen eines jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts.

[0026] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Energieversorgungsverfahrens wird die erste elektrische Versorgungsleitung jedes einzelnen Energieeinspeiseabschnitts mit einer positiven oder einer negativen Polarität oder einer dem Massepotential entsprechenden Polarität betrieben. Weiterhin wird die zweite elektrische Versorgungsleitung des jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts mit einer von der Polarität der ersten elektrischen Versorgungsleitung des jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts unterschiedlichen Polarität betrieben.

[0027] In einer besonders effektiven Variante des erfindungsgemäßen Energieversorgungsverfahrens wird nach einem vorbestimmten Zeitabschnitt die Polarität der ersten elektrischen Versorgungsleitung und der zweiten elektrischen Versorgungsleitung eines jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts vertauscht.

[0028] In einer alternativen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Energieversorgungsverfahrens bleibt die Polarität einer elektrischen Versorgungsleitung der beiden elektrischen Versorgungsleitungen eines jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts ungeändert und es wird die Polarität der anderen elektrischen Versorgungsleitung eines jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts in vorbestimmten Zeitabständen geändert. Diese Vorgehensweise ist insbesondere dann sinnvoll, wenn eine erste der elektrischen Versorgungsleitungen auf ein Massepotential gelegt ist. In einem solchen Fall kann nur das Potential der zweiten elektrischen Versorgungsleitung in zeitlichen Abständen geändert werden. Es erfolgt also in dieser Variante eine Anpassung und Einbeziehung der Isolations- und Erdungseinrichtungen, so dass in geerdeten Systemen der Versorgungsleitungspol mit Massepotential immer der gleiche bleiben kann, während die andere Versorgungsleitung entsprechend abwechselnd mit dem vollen positiven oder negativen Betrag der Nennspannung betrieben wird. Trotz Aufrechterhaltung des gleichen Versorgungsleitungspols mit Erdbezug kann so die für den elektrischen Verschleiß entscheidende Stromflussrichtung an den Kontaktstellen zwischen den Polen des Stromabnehmers und der jeweiligen Versorgungsleitung geändert werden, wodurch eine Asymmetrie des Verschleißes aufgrund der Stromrichtung des Versorgungsstroms kompensiert werden kann.

[0029] Das Ändern der Polarität in den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten kann zum Beispiel durch Umschalten von Umschalteneinrichtungen, welche zwischen den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten zugeordnete Unterwerke und die elektrischen Versorgungsleitungen der einzelnen Energieeinspeiseabschnitte geschaltet sind, bewerkstelligt werden. Diese Umschalteneinrichtungen können beispielsweise in den Unterwerken selbst oder auch direkt an den Einspeisestellen der einzelnen Einspeiseabschnitte montiert sein. Das Umschalten der Polaritäten kann zum Beispiel manuell, beispielsweise nach einer Prozessvorschrift oder einer Betriebsanweisung an den einzelnen Unterwerken geschehen. Alternativ kann das Umschalten auch automatisch durchgeführt werden. Das Umschalten kann auch ferngesteuert mittels Fernwirktechnik aus einer Betriebszentrale heraus erfolgen.

[0030] Vorzugsweise erfolgt das Umschalten der Polaritäten regelmäßig in hinsichtlich der Betriebsabläufe ohne Verfügbarkeitseinschränkungen zweck-

mäßig zu wählenden zeitlichen Intervallen, beispielsweise von einer Stunde bis zu einem Jahr. Dabei sind die Betriebszeiten und die von den elektrischen Fahrzeugen in den hinsichtlich der Fahrleistungs-polarität unterschiedlichen Konfigurationen erbrachten elektrischen Fahrleistungen möglichst gleich zu halten, um einen gleichmäßigen Verschleiß der elektrischen Kontaktpartner bis zum angestrebten gleichzeitigen Erreichen der Verschleißgrenzen an den einzelnen Fahrleistungs-polen zu ermöglichen.

[0031] Damit die Polarität des elektrischen Stroms an den Polen der elektrischen Antriebssysteme der elektrischen Straßenfahrzeuge trotz der zeitabhängigen oder ortsabhängigen Änderung der Polaritäten der Versorgungsleitungen erhalten bleibt, wird bevorzugt bei einer Änderung der an den Stromabnehmern der elektrisch betriebenen Straßenfahrzeuge anliegenden Polarität mit Hilfe einer zwischen das Antriebssystem des jeweiligen Fahrzeugs und dessen Stromabnehmer geschalteten Umschalteneinrichtung die an dem Antriebssystem des jeweiligen Fahrzeugs anliegende Polarität unverändert gehalten. D. h., ändert sich die Polarität an den Stromabnehmern, so wird die Verschaltung der Eingänge und Ausgänge der Umschalteneinrichtung entsprechend geändert, so dass die Polarität an den Ausgängen der Umschalteneinrichtungen und damit an den Polen des elektrischen Antriebssystems des jeweiligen Fahrzeugs erhalten bleibt.

[0032] Damit die Umschalteneinrichtungen in den elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen mit der Änderung der Polarität synchronisiert werden können, wird bevorzugt die an den Stromabnehmern eines jeweiligen elektrisch betriebenen Fahrzeugs anliegende Polarität gemessen und es wird bei einer Änderung der Polarität an den Stromabnehmern die Umschalteneinrichtung des jeweiligen Fahrzeugs derart angesteuert, dass die an dem elektrischen Antriebssystem des jeweiligen Fahrzeugs anliegende Polarität konstant bleibt. Mit einer Kombination aus Messeinrichtung und Umschalteneinrichtung in den elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen kann erreicht werden, dass bei zeitlicher und/oder örtlicher Variabilität der Polarität der Versorgungsleitungen die elektrisch betriebenen Straßenfahrzeuge in der Lage sind, fahrtrichtungsunabhängig und zu beliebigem Zeitpunkt, vorzugsweise ohne ein Lösen der Stromabnehmer von der Stromversorgung und ohne Unterbrechung der Zugkraft bei geänderter Polarität, kontinuierlich weiterbetrieben werden zu können. Beispielsweise können die Messeinrichtung und die Umschalteneinrichtung als Kombination fahrzeugseitiger leistungselektronischer oder elektrischer Mess- und Stellglieder ausgebildet sein. Diese können als Zweipulsgleichrichter oder in Gleichrichterschaltungen mit Leistungsdioden oder mit anderen ansteuerbaren leistungselektronischen Bauelementen ausgeführt sein. Zur Überwachung des Potentials der

Versorgungsleitungen bzw. deren Polarität kann eine kontinuierliche Messung der elektrischen Spannung der Versorgungsleitungen vorgenommen werden, um den Leistungsbezug für die Dauer einer Umschaltung der Polaritäten rechtzeitig zu unterbrechen.

[0033] Zusätzlich können in den elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen elektrische Energiespeicher, wie zum Beispiel Kondensatoren oder Akkumulatoren, installiert sein, um die beim Umschalten der Polaritäten auftretenden Unterbrechungen der Traktionsstromübertragung auszugleichen und dadurch Unstetigkeiten oder Unterbrechungen der Zugkraft zu vermeiden.

[0034] Überdies können auch Informationen bezüglich eines bevorstehenden Polaritätswechsels über ein Kommunikationssystem von einer Zentrale an einzelne Fahrzeuge oder zwischen Fahrzeugen übermittelt werden. Insbesondere können solche Informationen an Fahrzeuge übermittelt werden, die sich einem Einspeiseabschnitt nähern, in dem die Polarität demnächst geändert werden soll. In dem informierten Fahrzeug kann beispielsweise vor einem Umschaltvorgang, bei dem eine Polarität gewechselt wird, der Traktionsstrom begrenzt werden, so dass elektrische Stellglieder einer Umschalteneinrichtung des Fahrzeugs schonend lastarm bzw. lastlos geschaltet werden können.

[0035] In einer besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen elektrischen Transportsystems ist die Polaritätssteuereinrichtung dazu eingerichtet, benachbarte Energieeinspeiseabschnitte derart anzusteuern, dass diese mit Gleichstrom mit einer unterschiedlichen Polarität versorgt werden. D. h., es erfolgt nicht nur eine regelmäßige Änderung der Polaritäten innerhalb eines Einspeiseabschnitts, sondern es wird auch noch zusätzlich ein räumlicher Wechsel der Polaritäten der Versorgungsleitungen zwischen den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten bewirkt. Auf diese Weise wird eine gleichmäßige Abnutzung an den Stromabnehmern der elektrisch betriebenen Fahrzeuge erreicht, für den Fall, dass die einzelnen Einspeiseabschnitte ungefähr gleich lang sind.

[0036] Um die geeigneten Zeitpunkte für die Polaritätsumschaltung einzelner Energieeinspeiseabschnitte und Zeitintervalle zwischen den Umschaltungen festzulegen, können verschiedene Optimierungsstrategien angewandt werden. Beispielsweise kann die Lebensdauer der Umschalteneinrichtungen in den Fahrzeugen und Unterwerken und deren elektronischer oder elektrischer Schaltglieder im Vordergrund stehen. In diesem Fall kann bei der Festlegung der Zeitpunkte für die Umschaltung der Polaritäten in einzelnen Energieeinspeiseabschnitten eine Optimierung hinsichtlich einer minimalen Anzahl an Umschaltungen vorgenommen werden.

[0037] Um eine gleichmäßige Abnutzung der Versorgungsleitungen zu erreichen, kann eine Einbeziehung von Informationen erfolgen, welche direkt von den Fahrzeugen bezogen wurden oder aus infrastrukturseitigen Komponenten in Verbindung mit dem elektrischen Fahrbetrieb ermittelt wurden und Daten bezüglich individueller oder kumulierter elektrischer Fahrleistungen in den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten umfassen.

[0038] Die Ermittlung kumulierter elektrischer Fahrleistungen in einzelnen Energieeinspeiseabschnitten kann zum Beispiel unter Einbeziehung allgemeiner Daten zum Verkehrsfluss, wie z. B. Daten von Dauerzählstellen oder anderen Diagnoseeinrichtungen zur Ermittlung kumulierter elektrischer Fahrleistungen, erfolgen.

[0039] Zusätzlich oder alternativ können bei der Planung der Umschaltungen auch Informationen hinsichtlich gesetzlicher Vorgaben, welche zum Beispiel regelmäßige Abschaltungen an Feiertagen betreffen, Informationen bezüglich betrieblicher Abläufe, wie zum Beispiel Zeitpunkte für Instandsetzungsarbeiten oder Großraumtransporte mit einer zeitweiligen Abschaltung von Stromversorgungsleitungsabschnitten, genutzt werden, um beim Wiedereinschalten der Energieeinspeiseabschnitte die angelegte Polarität zu ändern. Auf diese Weise kann vorteilhaft eine aktive Ausnutzung der sich aus den Betriebsabläufen ergebenden Abschaltungen einzelner Fahrleitungsabschnitte zur Optimierung des Verschleißverhaltens und damit zur Erhöhung der Lebensdauer wesentlicher, verschleißbehafteter Baugruppen des Systems erfolgen.

[0040] Bevorzugt ist jedem Energieeinspeiseabschnitt ein Teil der Mehrzahl von Unterwerken zugeordnet. Je nach Länge eines Energieeinspeiseabschnitts ist eine Mehrzahl von Unterwerken pro Energieeinspeiseabschnitt vorhanden, welche dafür sorgen, dass auf der jeweiligen Strecke eines Energieeinspeiseabschnitts eine Sollspannung nicht unterschritten wird.

[0041] In einer besonders praktikablen Variante des erfindungsgemäßen elektrischen Transportsystems sind elektrisch neutrale Bereiche zwischen den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten angeordnet, welche dazu eingerichtet sind, benachbarte Energieeinspeiseabschnitte mit unterschiedlichen Polaritäten voneinander elektrisch zu isolieren. D. h., das Fahrleitungssystem weist zwischen den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten unterschiedlicher Polarität kurze neutrale Abschnitte auf, die einen Kurzschluss der Versorgungsleitungsabschnitte unterschiedlicher Polarität durch die Stromabnehmer eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs verhindern sollen. Vorzugsweise sind diese neutralen Abschnitte so kurz, dass sich immer nur ein elektrisches Straßenfahrzeug in

einem neutralen Bereich befinden kann. Damit soll verhindert werden, dass sich zufällig zwei Fahrzeuge beide jeweils an den Übergängen eines neutralen Abschnitts zu einem benachbarten Versorgungsleitungsabschnitt befinden und damit eine Überbrückung des neutralen Bereichs bewirkt würde. Damit würden die beiden an den neutralen Abschnitt angrenzenden Energieeinspeiseabschnitte kurzgeschlossen, was unbedingt verhindert werden sollte, da bei Kurzschlüssen im Gleichstromnetz kurzzeitig Ströme im Bereich von weit über 1000 A fließen können und dadurch Komponenten geschädigt werden können.

[0042] Das elektrische Transportsystem ist vorzugsweise als ein Energieversorgungssystem für elektrisch betriebene Lastkraftwagen auf Fernstraßen ausgebildet.

[0043] Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Es zeigen:

[0044] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines elektrischen Transportsystems gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0045] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines elektrischen Transportsystems gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0046] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines ersten Schaltzustands einer Umschalteneinrichtung zwischen Unterwerk und Energieversorgungsleitung,

[0047] Fig. 4 eine schematische Darstellung eines zweiten Schaltzustands einer Umschalteneinrichtung zwischen Unterwerk und Energieversorgungsleitung,

[0048] Fig. 5 eine schematische Darstellung eines ersten Schaltzustands einer Umschalteneinrichtung zwischen einem Stromabnehmer und einer Antriebseinheit eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs,

[0049] Fig. 6 eine schematische Darstellung eines zweiten Schaltzustands einer Umschalteneinrichtung zwischen einem Stromabnehmer und einer Antriebseinheit eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs.

[0050] In Fig. 1 ist ein elektrisches Transportsystem TS1 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zweipoligen Oberleitungen 30, 40 bzw. einer Fahrleitung mit einem ersten Fahrleitungspol 30 und einem zweiten Fahrleitungspol 40 zur Stromversorgung schematisch gezeigt. Das elektrische Transportsystem kann zum Beispiel ein Energieversorgungssystem für elektrisch betriebene Lastkraftwagen auf Fernstraßen sein. D. h., bei diesem System TS1 weist ein erster Fahrleitungspol 30 eine ers-

te Polarität auf und ein zweiter Fahrleitungspol 40 weist eine zweite Polarität auf. Die Polarität der beiden Leitungen 30, 40 wird jedoch in dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel in unterschiedlichen aufeinander folgenden Abschnitten gewechselt. Zudem wird die Polarität bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel auch in jedem einzelnen Einspeiseabschnitt 1, 2, 3, 4 nach einem vorbestimmten Zeitintervall geändert. Zur Steuerung der Polarität einzelner Abschnitte der Fahrleitungspole bzw. Versorgungsleitungen 30, 40 ist bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel eine zentrale Polaritätssteuereinrichtung 101 ausgebildet.

[0051] Im Detail sind in der Fig. 1 vier Einspeiseabschnitte 1, 2, 3, 4 gezeigt, welche jeweils durch neutrale Abschnitte 51, 52, 53, 61, 62, 63 voneinander isoliert sind, so dass es nicht zu einem Kurzschluss zwischen Oberleitungsabschnitten benachbarter Einspeiseabschnitte 1, 2, 3, 4 kommen kann. Ein erster Einspeiseabschnitt 1 umfasst eine bestimmte Anzahl von Unterwerken, wobei in der Fig. 1 nur ein Unterwerk 110 zu erkennen ist. Dies heißt jedoch nicht, dass in dem ersten Unterabschnitt 1 nur ein einziges Unterwerk 110 installiert ist. Beispielsweise kann der erste Einspeiseabschnitt 1 eine vorbestimmte Anzahl n von Unterwerken umfassen. Das Unterwerk 110 des ersten Einspeiseabschnitts 1 ist mit einer Umschalteneinrichtung 210 elektrisch verbunden. Die Umschalteneinrichtung 210 ist ihrerseits mit einem ersten Teilabschnitt 31 des ersten Fahrleitungspols 30 und einem ersten Teilabschnitt 41 des zweiten Fahrleitungspols 40 des elektrischen Transportsystems TS1 elektrisch verbunden, welche jeweils zu dem ersten Einspeiseabschnitt 1 des Transportsystems TS1 gehören. Der Schaltzustand der Umschalteneinrichtung 210 ist in dem ersten Einspeiseabschnitt 1 zu dem in Fig. 1 festgehaltenen Zeitpunkt derart, dass die Polarität der Eingänge der Umschalteneinrichtung 210 der Polarität der Ausgänge der Umschalteneinrichtung 210 entspricht.

[0052] Die bereits erwähnte zentrale Polaritätssteuereinrichtung 101 steht in Kontakt mit einzelnen Unterwerken 110, 120, 130, 140 der einzelnen Energieeinspeiseabschnitte und übermittelt an die Unterwerke 110, 120, 130, 140 Daten zur Steuerung der an die Unterwerke angeschlossenen Umschalteneinrichtungen 210, 220, 230, 240. Zwischen den einzelnen Unterwerken eines Energieeinspeiseabschnitts bestehen ebenfalls Datenübertragungskkanäle 125, 135, mit deren Hilfe die Steuerungsdaten an die übrigen Unterwerke eines Energieeinspeiseabschnitts übermittelt werden.

[0053] Die Polaritätssteuerung der Fahrleitung erfolgt wie in Fig. 3 im Detail gezeigt. Dort ist ein erster Eingang 211 der Umschalteneinrichtung 210 mit einem mit „-“ gekennzeichneten, negativen ersten Ausgang 111 eines Unterwerks 110 elektrisch verbunden

und ein zweiter Eingang **212** der Umschalteneinrichtung **210** mit dem mit „+“ gekennzeichneten zweiten Ausgang **112** des Unterwerks **110** elektrisch gekoppelt. Ein erster Ausgang **213** der Umschalteneinrichtung **210** ist mit dem ersten Eingang **211** der Umschalteneinrichtung **210** elektrisch gekoppelt, so dass an dem ersten Ausgang der Umschalteneinrichtung **210** ein negatives Potential anliegt, welches mit „-“, gekennzeichnet ist. Ein zweiter Ausgang **214** der Umschalteneinrichtung **210** ist mit dem zweiten Eingang **212** der Umschalteneinrichtung **210** elektrisch gekoppelt, so dass an dem zweiten Ausgang **214** der Umschalteneinrichtung **210** ein positives Potential anliegt, welches mit „+“ gekennzeichnet ist. Der erste Ausgang **213** der Umschalteneinrichtung **210** ist mit dem ersten Teilabschnitt **31** des ersten Fahrleitungspols **30** elektrisch verbunden. Somit weist dieser erste Teilabschnitt **31** des ersten Fahrleitungspols **30** eine negative Polarität auf. Weiterhin ist der zweite Ausgang **214** der Umschalteneinrichtung **210** mit dem ersten Teilabschnitt **41** des zweiten Fahrleitungspols **40** elektrisch verbunden, so dass der erste Teilabschnitt **41** des zweiten Fahrleitungspols **40** eine positive Polarität aufweist.

[0054] In Fig. 1 ist ein zweiter Einspeiseabschnitt **2** gezeigt, welcher von dem ersten Einspeiseabschnitt **1** durch neutrale Bereiche **51**, **61** getrennt ist. Ein erster neutraler Bereich **51** isoliert den ersten Abschnitt **31** des ersten Fahrleitungspols **30** von dem zweiten Abschnitt **32** des ersten Fahrleitungspols **30**, welcher Teil des zweiten Einspeiseabschnitts **2** ist. Ein zweiter neutraler Bereich **61** trennt den ersten Abschnitt **41** des zweiten Fahrleitungspols **40** von dem zweiten Abschnitt **42** des zweiten Fahrleitungspols **40**, welcher Teil des zweiten Einspeiseabschnitts **2** ist. Der zweite Einspeiseabschnitt **2** umfasst drei Unterwerke **120**, welche jeweils mit Umschalteneinrichtungen **220** elektrisch gekoppelt sind. Die Umschalteneinrichtungen **220** sind jeweils mit einem zweiten Abschnitt **32** des ersten Fahrleitungspols **30** und einem zweiten Abschnitt **42** des zweiten Fahrleitungspols **40** elektrisch gekoppelt. Der Schaltzustand der Umschalteneinrichtung **220** ist in dem zweiten Einspeiseabschnitt **2** zu dem in Fig. 1 festgehaltenen Zeitpunkt derart, dass die Eingänge der Umschalteneinrichtung **220** eine im Vergleich zu den Ausgängen der Umschalteneinrichtung **220** umgekehrte Polarität aufweisen.

[0055] Wie in Fig. 4 im Detail gezeigt, wird ist ein erster Eingang **221** einer jeweiligen Umschalteneinrichtung **220** mit dem mit „-“, gekennzeichneten, negativen ersten Ausgang **121** eines Unterwerks **120** elektrisch verbunden und ein zweiter Eingang **222** einer jeweiligen Umschalteneinrichtung **220** mit dem mit „+“ gekennzeichneten zweiten Ausgang **122** des Unterwerks **120** elektrisch gekoppelt. Ein erster Ausgang **223** der Umschalteneinrichtung **220** ist mit dem zweiten Eingang **222** der Umschalteneinrichtung **220** elektrisch gekoppelt, so dass an dem ersten Ausgang **223** der Umschalteneinrichtung **220** ein positives Poten-

tial anliegt, welches mit „+“, gekennzeichnet ist. Ein zweiter Ausgang **224** der Umschalteneinrichtung **220** ist mit dem ersten Eingang **221** der Umschalteneinrichtung **220** elektrisch gekoppelt, so dass an dem zweiten Ausgang **224** der Umschalteneinrichtung **220** ein negatives Potential anliegt, welches mit „-“, gekennzeichnet ist. Der erste Ausgang **223** der Umschalteneinrichtung **220** ist mit dem zweiten Teilabschnitt **32** des ersten Fahrleitungspols **30** elektrisch verbunden. Somit weist dieser zweite Teilabschnitt **32** des ersten Fahrleitungspols **30** eine positive Polarität auf. Weiterhin ist der zweite Ausgang **224** der Umschalteneinrichtung **220** mit dem zweiten Teilabschnitt **42** des zweiten Fahrleitungspols **40** elektrisch verbunden, so dass der zweite Teilabschnitt **42** des zweiten Fahrleitungspols **40** eine negative Polarität aufweist. Im Vergleich zu dem ersten Einspeiseabschnitt **1** hat sich also im zweiten Einspeiseabschnitt **2** die Polarität der Fahrleitungspole **30**, **40** umgekehrt.

[0056] In Fig. 1 ist in dem zweiten Einspeiseabschnitt **2** auch ein erstes elektrisches Fahrzeug **800** dargestellt. Das elektrische Fahrzeug **800** kann zum Beispiel ein elektrisch betriebener Lastkraftwagen sein. Dieses elektrische Fahrzeug **800** umfasst einen ersten Stromabnehmer **810** und einen zweiten Stromabnehmer **820**, wobei der erste Stromabnehmer **810** mit dem ersten Fahrleitungspol **30**, genauer gesagt, mit dem zweiten Teilabschnitt **32** des ersten Fahrleitungspols **30** elektrisch verbunden ist und der zweite Stromabnehmer **820** mit dem zweiten Fahrleitungspol **40**, genauer gesagt, mit dem zweiten Teilabschnitt **42** des zweiten Fahrleitungspols **40** elektrisch verbunden ist. Die Stromabnehmer **810**, **820** sind mit einer Umschalteneinrichtung **830** des elektrischen Fahrzeugs **800** elektrisch verbunden. Die Umschalteneinrichtung **830** ist weiterhin mit einer elektrischen Antriebseinheit **840** des elektrischen Fahrzeugs **800**, welche zum Beispiel einen Elektromotor umfasst, elektrisch verbunden. Die elektrische Umschalteneinrichtung **830** des ersten elektrisch betriebenen Fahrzeugs **800** befindet sich in einem ersten elektrischen Schaltzustand, welcher in Fig. 5 genauer veranschaulicht ist.

[0057] Das in dem zweiten Energieeinspeiseabschnitt **2** gezeigte erste elektrische Fahrzeug **800** ist in Fig. 5 im Detail gezeigt. In Fig. 5 ist insbesondere die elektrische Umschalteneinrichtung **830** des ersten elektrischen Fahrzeugs **800** in einem ersten Schaltzustand gezeigt. Die elektrische Umschalteneinrichtung **830** umfasst einen ersten Eingang **831**, welcher mit dem ersten Stromabnehmer **810** elektrisch gekoppelt ist, und einen zweiten Eingang **832**, welcher mit dem zweiten Stromabnehmer **820** elektrisch gekoppelt ist. Weiterhin umfasst die elektrische Umschalteneinrichtung **830** des ersten elektrischen Fahrzeugs **800** einen ersten Ausgang **833**, welcher mit „-“, gekennzeichnet ist und mit dem Minuspol **841** der elektrischen Antriebseinheit **840** elektrisch gekoppelt ist.

Zudem umfasst die elektrische Umschalteneinrichtung **830** des ersten elektrischen Fahrzeugs **800** einen zweiten Ausgang **834**, welcher mit „+“ gekennzeichnet ist und mit dem Pluspol **842** der elektrischen Antriebseinheit **840** elektrisch gekoppelt ist.

[0058] In Fig. 5 befindet sich die Umschalteneinrichtung **830** in einem Schaltzustand, in dem die Eingänge **831**, **832** der Umschalteneinrichtung **830** eine im Vergleich zu den Ausgängen der Umschalteneinrichtung **830** umgekehrte Polarität aufweisen. Die an den Fahrleitungsabschnitten **32**, **42** des zweiten Einspeiseabschnitts **2** anliegenden Polaritäten werden also in der Umschalteneinrichtung **830** des ersten elektrischen Fahrzeugs **800** gerade getauscht, um die Polarität des von den Versorgungsleitungsabschnitten **32**, **42** abgetasteten Gleichstroms an die Polarität des elektrischen Antriebs **840** des ersten elektrischen Fahrzeugs anzupassen.

[0059] In Fig. 1 ist ein dritter Einspeiseabschnitt **3** gezeigt, welcher von dem zweiten Einspeiseabschnitt **2** durch dritte und vierte neutrale Bereiche **52**, **62** getrennt ist. Ein dritter neutraler Bereich **52** isoliert den dritten Abschnitt **33** des ersten Fahrleitungspols **30** von dem zweiten Abschnitt **32** des ersten Fahrleitungspols **30**. Ein vierter neutraler Bereich **62** trennt den dritten Abschnitt **43** des zweiten Fahrleitungspols **40** von dem zweiten Abschnitt **42** des zweiten Fahrleitungspols **40**. Der dritte Einspeiseabschnitt **3** umfasst drei Unterwerke **130**, welche jeweils mit Umschalteneinrichtungen **230** elektrisch gekoppelt sind. Die Umschalteneinrichtungen **230** sind jeweils mit einem dritten Abschnitt **33** des ersten Fahrleitungspols **30** und einem dritten Abschnitt **43** des zweiten Fahrleitungspols **40** elektrisch gekoppelt. Der Schaltzustand der Umschalteneinrichtungen **230** ist in dem dritten Einspeiseabschnitt **3** zu dem in Fig. 1 festgehaltenen Zeitpunkt derart, dass die Eingänge der Umschalteneinrichtungen **230** eine im Vergleich zu den Ausgängen der Umschalteneinrichtungen **230** gleiche Polarität aufweisen. Dieser Schaltzustand entspricht dem in Fig. 3 gezeigten Schaltzustand, welcher im Zusammenhang mit dem ersten Einspeiseabschnitt **1** bereits besprochen wurde.

[0060] Die Umschalteneinrichtungen **230** sind ihrerseits mit einem dritten Teilabschnitt **33** des ersten Fahrleitungspols **30** und einem dritten Teilabschnitt **43** des zweiten Fahrleitungspols **40** des elektrischen Transportsystems TS1 elektrisch verbunden, welche jeweils zu dem dritten Energieeinspeiseabschnitt **3** des Transportsystems TS1 gehören. Wie bereits erwähnt, ist der Schaltzustand der Umschalteneinrichtung **230** in dem dritten Einspeiseabschnitt **3** zu dem in Fig. 1 festgehaltenen Zeitpunkt derart, dass die Polarität der Eingänge der Umschalteneinrichtung **230** der Polarität der Ausgänge der Umschalteneinrichtung **230** entspricht. Somit wird bei diesem Schaltzustand der dritte Teilabschnitt **33** des ersten Fahrleitungspols **30**

mit einer negativen Polarität belegt und der dritte Teilabschnitt **43** des zweiten Fahrleitungspols **40** mit einer positiven Polarität belegt.

[0061] In Fig. 1 ist in dem dritten Einspeiseabschnitt **3** auch ein zweites elektrisches Fahrzeug **900** dargestellt. Dieses elektrische Fahrzeug **900** umfasst einen ersten Stromabnehmer **910** und einen zweiten Stromabnehmer **920**, wobei der erste Stromabnehmer **910** mit dem ersten Fahrleitungspol **30**, genauer gesagt, dem dritten Teilabschnitt **33** des ersten Fahrleitungspols **30** elektrisch verbunden ist und der zweite Stromabnehmer **920** mit dem zweiten Fahrleitungspol **40**, genauer gesagt, dem dritten Teilabschnitt **43** des zweiten Fahrleitungspols **40** elektrisch verbunden ist. Die Stromabnehmer **910**, **920** sind mit einer Umschalteneinrichtung **930** des elektrischen Fahrzeugs **900** elektrisch verbunden. Die Umschalteneinrichtung **930** ist weiterhin mit einer elektrischen Antriebseinheit **940** des elektrischen Fahrzeugs **900**, welche zum Beispiel einen Elektromotor umfasst, elektrisch verbunden. Die elektrische Umschalteneinrichtung **930** befindet sich in einem zweiten elektrischen Schaltzustand, welcher in Fig. 6 genauer veranschaulicht ist.

[0062] Das in dem dritten Einspeiseabschnitt **3** gezeigte zweite elektrische Fahrzeug **900** ist in Fig. 6 im Detail gezeigt.

[0063] In Fig. 6 ist insbesondere die elektrische Umschalteneinrichtung **930** des zweiten elektrischen Fahrzeugs **900** in einem zweiten Schaltzustand gezeigt. Die elektrische Umschalteneinrichtung **930** umfasst einen ersten Eingang **931**, welcher mit dem ersten Stromabnehmer **910** elektrisch gekoppelt ist, und einen zweiten Eingang **932**, welcher mit dem zweiten Stromabnehmer **920** elektrisch gekoppelt ist. Weiterhin umfasst die elektrische Umschalteneinrichtung **930** des ersten elektrischen Fahrzeugs **900** einen ersten Ausgang **933**, welcher mit „-“ gekennzeichnet ist und mit dem Minuspol **941** der elektrischen Antriebseinheit **940** elektrisch gekoppelt ist. Zudem umfasst die elektrische Umschalteneinrichtung **930** des ersten elektrischen Fahrzeugs **900** einen zweiten Ausgang **934**, welcher mit „+“ gekennzeichnet ist und mit dem Pluspol **942** der elektrischen Antriebseinheit **940** elektrisch gekoppelt ist.

[0064] In Fig. 6 befindet sich die Umschalteneinrichtung **930** in einem Schaltzustand, in dem die Eingänge **931**, **932** der Umschalteneinrichtung **930** eine im Vergleich zu den Ausgängen **933**, **934** der Umschalteneinrichtung **930** gleiche Polarität aufweisen. Die an den Fahrleitungsabschnitten **33**, **43** des dritten Einspeiseabschnitts **3** anliegenden Polaritäten werden also in der Umschalteneinrichtung **930** des zweiten elektrischen Fahrzeugs **900** beibehalten, da die Polarität des von den Versorgungsleitungsabschnitten **33**, **43** abgetasteten Gleichstroms der Polarität des

elektrischen Antriebs **940** des zweiten elektrischen Fahrzeugs **900** in dem dritten Einspeiseabschnitt **3** entspricht. In **Fig. 1** ist ein vierter Einspeiseabschnitt **4** nur teilweise gezeigt, wobei auch der vierte Einspeiseabschnitt **4** eine bestimmte Anzahl von Unterwerken umfasst, davon in der **Fig. 1** aber nur ein Unterwerk **140** zu erkennen ist. Dies heißt jedoch nicht, dass in dem vierten Unterabschnitt nur ein einziges Unterwerk **140** installiert ist. Beispielsweise kann der vierte Einspeiseabschnitt **4** eine vorbestimmte Anzahl n (n ist eine natürliche Zahl) von Unterwerken umfassen. Das Unterwerk **140** des vierten Einspeiseabschnitts **4** ist mit einer Umschalteneinrichtung **240** elektrisch verbunden. Die Umschalteneinrichtung **240** ist ihrerseits mit einem vierten Teilabschnitt **34** des ersten Fahrleitungspols **30** und einem vierten Teilabschnitt **44** des zweiten Fahrleitungspols **40** des elektrischen Transportsystems TS1 elektrisch verbunden, welche jeweils zu dem vierten Einspeiseabschnitt **4** des Transportsystems TS1 gehören. Der Schaltzustand der Umschalteneinrichtung **240** ist in dem vierten Einspeiseabschnitt zu dem in **Fig. 1** festgehaltenen Zeitpunkt derart, dass die Polarität der Eingänge der Umschalteneinrichtung **240** und die Polarität der Ausgänge der Umschalteneinrichtung **240** vertauscht sind, d. h. eine am Eingang der Umschalteneinrichtung **240** anliegende negative Polarität wird an den vierten Teilabschnitt **44** des zweiten Fahrleitungspols **40** angelegt und eine am Eingang der Umschalteneinrichtung **240** anliegende positive Polarität wird an den vierten Teilabschnitt **34** des ersten Fahrleitungspols **30** angelegt.

[0065] In **Fig. 1** ist nur eine Momentaufnahme des elektrischen Transportsystems TS1 gezeigt. Beispielsweise kann sich die Polarität der Versorgungsleitungsabschnitte **31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44** zu bestimmten Zeitpunkten ändern, so dass die Stromrichtungen zwischen Fahrleitung und Stromabnehmer der elektrisch betriebenen Fahrzeuge **800, 900** umgekehrt werden. Damit ändert sich auch jeweils das Verschleißverhalten sowohl von den Stromabnehmern als auch den Versorgungsleitungen.

[0066] Durch den räumlichen wie zeitlichen Wechsel der Polarität der Einspeiseabschnitte wird eine gleichmäßige Abnutzung sowohl der Oberleitungen der Einspeiseabschnitte als auch der Stromabnehmer der elektrischen Fahrzeuge erreicht.

[0067] Es sind grundsätzlich auch mehr als zweipolige Energieversorgungssysteme realisierbar. Beispielsweise könnte das ein Energieversorgungssystem mit einem separat mitgeführten Massepotential sein. Die beschriebene Ausführungsform wurde vor allem für ein leichteres Verständnis als zweipolige Ausführungsform veranschaulicht. Jedoch kann das Prinzip der Erfindung auch auf Mehrleitersysteme mit mehr als zwei elektrischen Leitern angewandt werden.

[0068] In **Fig. 2** ist ein elektrisches Transportsystem TS2 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer Fahrleitung mit zwei Fahrleitungspolen **30, 71** zur Stromversorgung schematisch gezeigt, wobei ein erster Fahrleitungspol **30** eine erste, abschnittsweise und zeitweise wechselnde Polarität aufweist und ein zweiter Fahrleitungspol **71** jedoch im Gegensatz zu dem ersten Ausführungsbeispiel, welches in **Fig. 1** gezeigt ist, ein festes Potential – in dieser konkreten Ausführungsform ein Massepotential – aufweist. Die übrigen Einheiten des in **Fig. 2** gezeigten elektrischen Transportsystems TS2 sind strukturell entsprechend der in **Fig. 1** gezeigten Anordnung TS1 aufgebaut, so dass sie hier nicht nochmals ausführlich erläutert werden.

[0069] Mit dem ausführlich beschriebenen Energieversorgungsverfahren wird ein gleichmäßiger Verschleiß wesentlicher Komponenten der elektrischen Energieübertragung eines fahrspurgebundenen elektrischen Transportsystems, beispielsweise eines Systems mit einer Energieversorgung für Straßenfahrzeuge, insbesondere für elektrisch betriebene Lastkraftwagen, erreicht. Auf diese Weise können Verschleißgrenzen der unterschiedlichen Bauelemente ungefähr gleichzeitig erreicht werden und ein gleichzeitiger Austausch gleichmäßig verschlissener Komponenten vorgenommen werden, wodurch Synergien bei den Instandhaltungsarbeiten genutzt werden können, ohne einen systembedingten Minderverschleiß eines Teils der Komponenten zugunsten von Synergien bei der Wartung in Kauf nehmen zu müssen.

[0070] Es wird abschließend noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den vorbeschriebenen Verfahren und Vorrichtungen lediglich um bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung handelt und dass die Erfindung vom Fachmann variiert werden kann, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen, soweit er durch die Ansprüche vorgegeben ist. Die Erfindung wurde zwar hauptsächlich im Zusammenhang mit der Anwendung auf den Straßenverkehr beschrieben, sie ist jedoch weder auf diese Anwendung noch auf eine Anwendung mit Oberleitungen beschränkt, sondern die Erfindung kann auch grundsätzlich auf andere Verkehrssysteme, wie zum Beispiel mit Stromschienen als Versorgungsleitungen ausgerüstete Transportsysteme, angewandt werden. Es wird der Vollständigkeit halber auch darauf hingewiesen, dass die Verwendung der unbestimmten Artikel „ein“ bzw. „eine“ nicht ausschließt, dass die betreffenden Merkmale auch mehrfach vorhanden sein können. Ebenso schließt der Begriff „Einheit“ nicht aus, dass diese aus mehreren Komponenten besteht, die gegebenenfalls auch räumlich verteilt sein können.

Patentansprüche

1. Energieversorgungsverfahren für elektrische Straßenfahrzeuge (800, 900) auf einem mindestens einen Energieeinspeiseabschnitt (1, 2, 3, 4) aufweisenden Wegesystem mit einem fahrspurgebundenen, mehrpoligen Energieversorgungssystem (TS1, TS2), insbesondere einem Oberleitungssystem, wobei

- der mindestens eine Energieeinspeiseabschnitt (1, 2, 3, 4) zur Versorgung von elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen (800, 900) mit elektrischer Energie mit Gleichstrom betrieben wird und
- die Polarität zumindest eines des mindestens einen Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) in vorbestimmten Zeitabschnitten geändert wird.

2. Energieversorgungsverfahren nach Anspruch 1, wobei für den Fall einer Mehrzahl von Energieeinspeiseabschnitten (1, 2, 3, 4) alle Energieeinspeiseabschnitte (1, 2, 3, 4) mit Gleichstrom mit der gleichen Polarität versorgt werden und die Polarität für alle Energieeinspeiseabschnitte (1, 2, 3, 4) gleichzeitig geändert wird.

3. Energieversorgungsverfahren nach Anspruch 1, wobei für den Fall einer Mehrzahl von Energieeinspeiseabschnitten (1, 2, 3, 4) einzelne, vorzugsweise benachbarte, Energieeinspeiseabschnitte (1, 2, 3, 4) mit Gleichstrom mit einer unterschiedlichen Polarität versorgt werden.

4. Energieversorgungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei in jedem der mindestens einen Energieeinspeiseabschnitte (1, 2, 3, 4) eine erste elektrische Versorgungsleitung (31, 32, 33, 34) mit einer ersten Polarität und eine zweite elektrische Versorgungsleitung (41, 42, 43, 44) mit einer zu der ersten Polarität unterschiedlichen zweiten Polarität betrieben werden.

5. Energieversorgungsverfahren nach Anspruch 4, wobei das Ändern der Polarität eines Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) das Ändern der Polarität mindestens einer der beiden elektrischen Versorgungsleitungen (31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44) eines jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) umfasst.

6. Energieversorgungsverfahren nach Anspruch 5, wobei die erste elektrische Versorgungsleitung (31, 32, 33, 34) jedes einzelnen Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) mit einer positiven oder einer negativen Polarität oder einer dem Massepotential entsprechenden Polarität betrieben wird und die zweite elektrische Versorgungsleitung (41, 42, 43, 44) des jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) mit einer zu der Polarität der ersten elektrischen Versorgungsleitung (31, 32, 33, 34) des jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) unterschiedlichen Polarität betrieben wird.

7. Energieversorgungsverfahren nach Anspruch 4 bis 6, wobei nach einem vorbestimmten Zeitabschnitt die Polarität der ersten elektrischen Versorgungsleitung (31, 32, 33, 34) und der zweiten elektrischen Versorgungsleitung (41, 42, 43, 44) eines jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) vertauscht werden.

8. Energieversorgungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die Polarität einer elektrischen Versorgungsleitung (71) der beiden elektrischen Versorgungsleitungen (71, 30) eines jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) ungeändert bleibt und die Polarität der anderen elektrischen Versorgungsleitung (31, 32, 33, 34) eines jeweiligen Energieeinspeiseabschnitts (1, 2, 3, 4) in vorbestimmten Zeitabständen geändert wird.

9. Energieversorgungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Ändern der Polarität in den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten (1, 2, 3, 4) durch Umschalten von Umschalteneinrichtungen (210, 220, 230, 240), welche zwischen den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten (1, 2, 3, 4) zugeordnete Unterwerke (110, 120, 130, 140) und die elektrischen Versorgungsleitungen (31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44) der einzelnen Energieeinspeiseabschnitte (1, 2, 3, 4) geschaltet sind, bewerkstelligt wird.

10. Energieversorgungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei bei einer Änderung der an den Stromabnehmern (810, 820, 910, 920) der elektrisch betriebenen Straßenfahrzeuge (800, 900) anliegenden Polarität mit Hilfe einer zwischen das Antriebssystem (840, 940) des jeweiligen Fahrzeugs (800, 900) und dessen Stromabnehmer (810, 820, 910, 920) geschalteten Umschalteneinrichtung (830, 930) die an dem Antriebssystem (840, 940) des jeweiligen Straßenfahrzeugs (800, 900) anliegende Polarität unverändert gehalten wird.

11. Energieversorgungsverfahren nach Anspruch 10, wobei die an den Stromabnehmern (810, 820, 910, 920) eines jeweiligen elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugs (800, 900) anliegende Polarität gemessen wird und bei einer Änderung der Polarität an den Stromabnehmern (810, 820, 910, 920) die Umschalteneinrichtung (830, 930) des jeweiligen Straßenfahrzeugs (800, 900) derart angesteuert wird, dass die an dem Antriebssystem (840, 940) des jeweiligen Straßenfahrzeugs (800, 900) anliegende Polarität konstant bleibt.

12. Elektrisches Transportsystem (TS1, TS2), umfassend:

- ein mindestens einen Energieeinspeiseabschnitt (1, 2, 3, 4) aufweisendes Wegesystem mit einem fahrspurgebundenen, mehrpoligen Energieversorgungssystem (30, 40, 71), insbesondere einem Oberleitungssystem,

- jeweils Gleichstromversorgungsanschlüsse an den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten (**1, 2, 3, 4**) zur Versorgung von elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen (**800, 900**) mit elektrischer Energie,
- Umschaltseinrichtungen (**210, 220, 230, 240**) an den Gleichstromversorgungsanschlüssen, mit denen die an den Gleichstromversorgungsanschlüssen anliegende Polarität steuerbar ist,
- eine Polaritätssteuereinrichtung (**101**), welche dazu eingerichtet ist, die Umschaltseinrichtungen (**210, 220, 230, 240**) einzelner Energieeinspeiseabschnitte (**1, 2, 3, 4**) derart anzusteuern, dass die Polarität einzelner Energieeinspeiseabschnitte (**1, 2, 3, 4**) in vorbestimmten Zeitabschnitten geändert wird.

13. Elektrisches Transportsystem (TS1, TS2) nach Anspruch 12, wobei die Polaritätssteuereinrichtung dazu eingerichtet ist, benachbarte Energieeinspeiseabschnitte (**1, 2, 3, 4**) derart anzusteuern, dass diese mit Gleichstrom mit einer unterschiedlichen Polarität versorgt werden.

14. Elektrisches Transportsystem (TS1, TS2) nach Anspruch 12 oder 13, aufweisend eine Mehrzahl von Unterwerken (**110, 120, 130, 140**), wobei jeweils ein Teil der Mehrzahl von Unterwerken (**110, 120, 130, 140**) einem Energieeinspeiseabschnitt (**1, 2, 3, 4**) zugeordnet ist.

15. Elektrisches Transportsystem (TS1, TS2) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, aufweisend elektrisch neutrale Bereiche (**51, 52, 53, 61, 62, 63**) zwischen den einzelnen Energieeinspeiseabschnitten (**1, 2, 3, 4**), welche dazu eingerichtet sind, benachbarte Energieeinspeiseabschnitt (**1, 2, 3, 4**) mit unterschiedlichen Polaritäten voneinander elektrisch zu isolieren.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

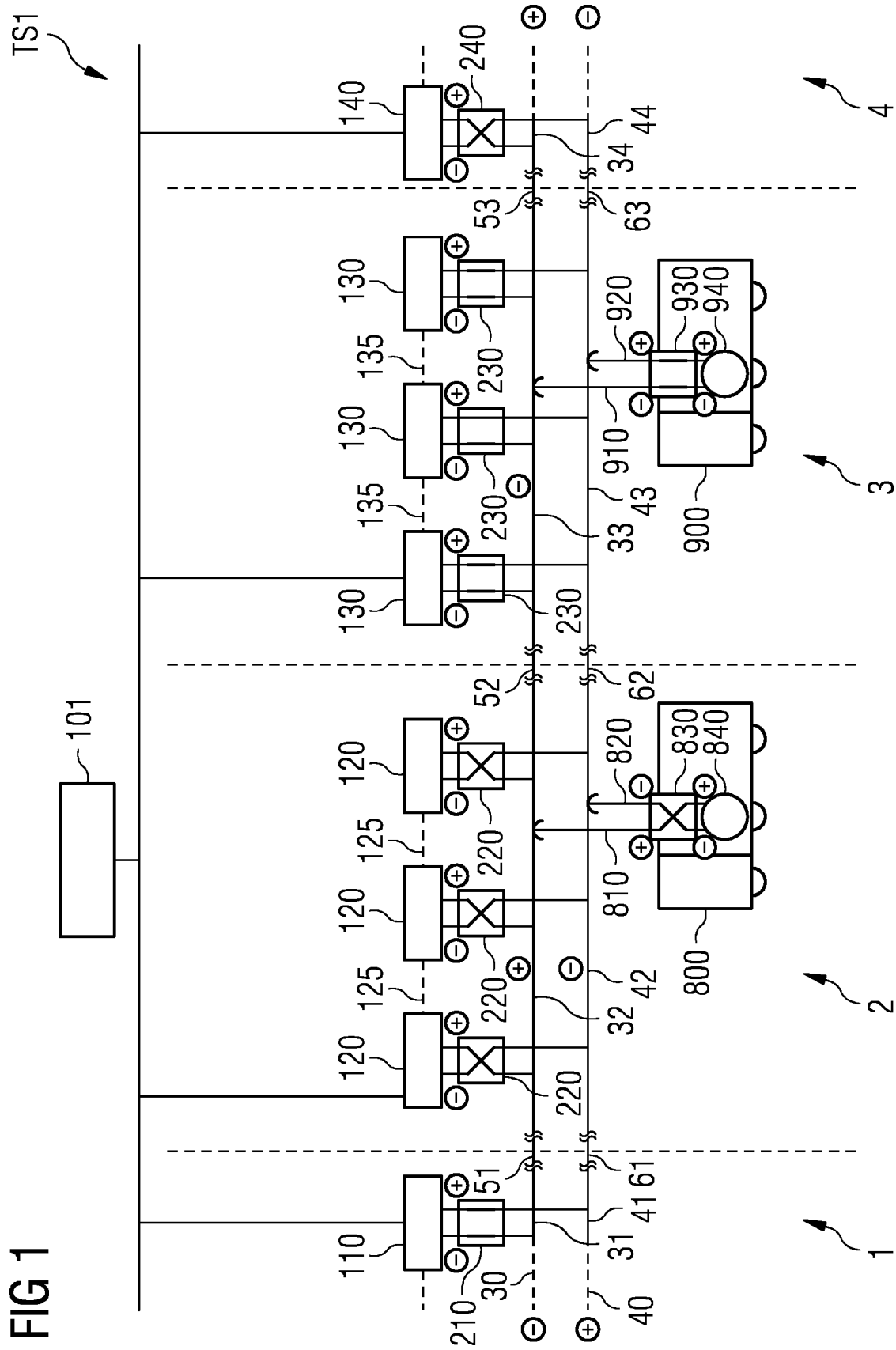


FIG 2

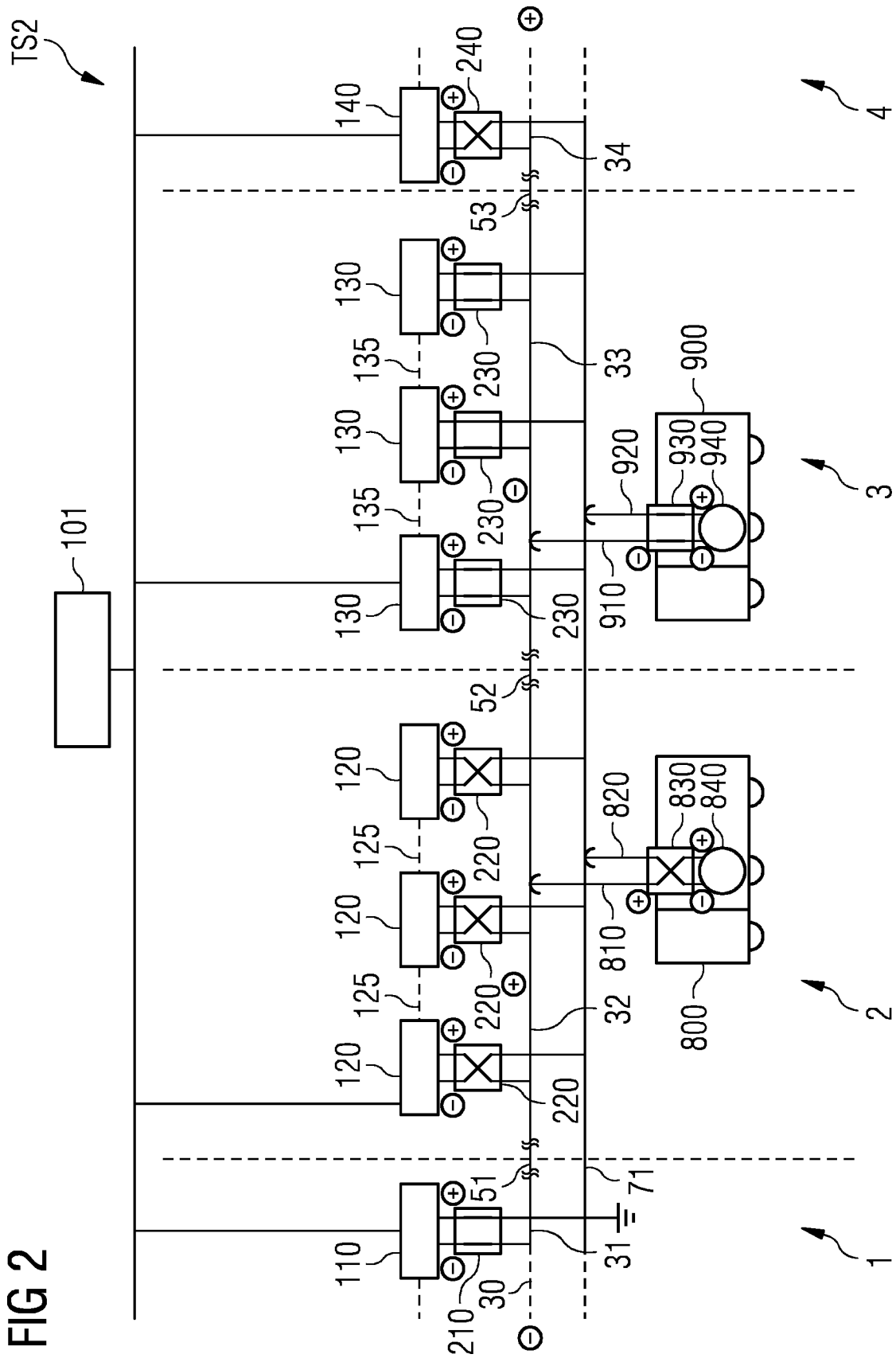


FIG 3

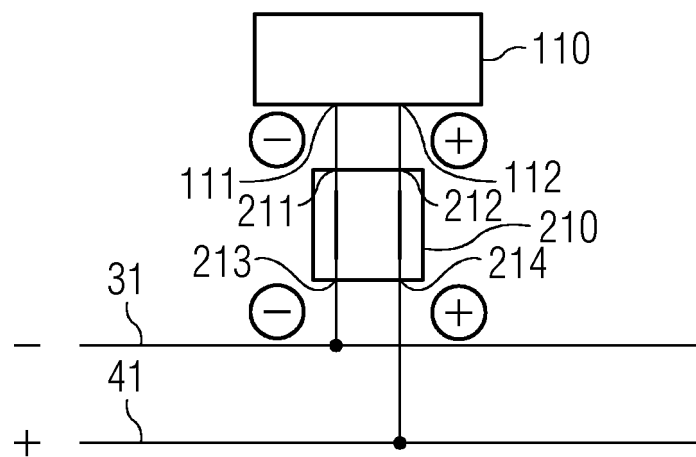


FIG 4

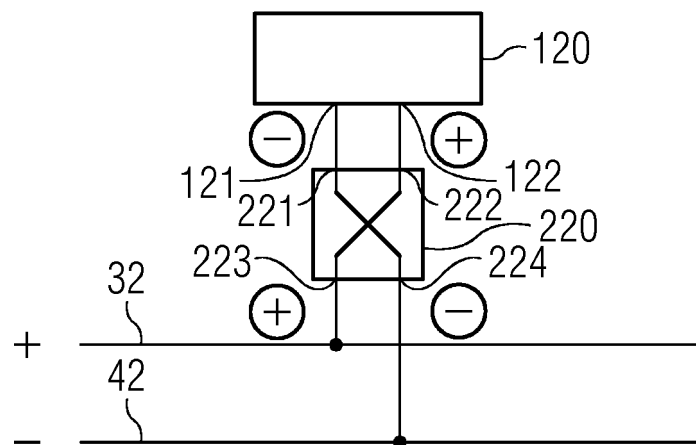


FIG 5

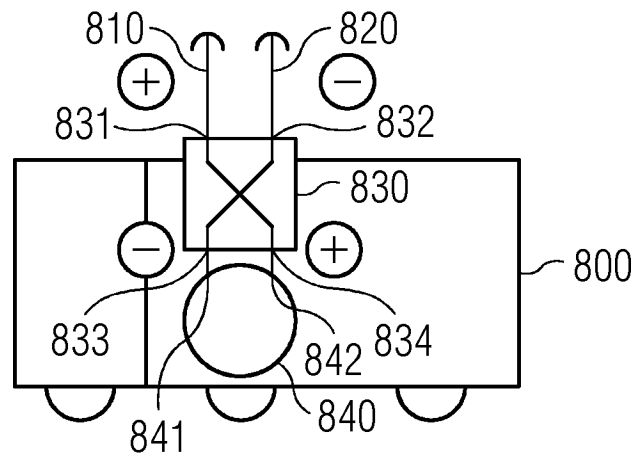


FIG 6

