

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schienenfahrzeug mit einer Induktionsschleife zur Gewährleistung einer niederohmigen elektrischen Verbindung zwischen Rädern des Schienenfahrzeugs und Fahrschienen, auf denen die Räder rollen, durch Induktion einer elektrischen Spannung in eine durch die Räder, durch Abschnitte zumindest einer der Fahrschienen und durch elektrische Verbindungen zwischen Rädern gebildete sekundäre Stromschleife.

[0002] In einigen Ländern wird die Tatsache, dass ein Gleisabschnitt von einem Schienenfahrzeug besetzt ist (die so genannte Gleisbesetzmeldung) detektiert, indem eine Spannung zwischen beide Schienen angelegt wird. Bei nicht befahrendem Gleis bleibt diese Spannung durch den hochohmigen Widerstand zwischen den beiden Schienen bestehen und kann am Ende des Gleisabschnittes gemessen werden. Beim Befahren des Gleisabschnittes durch ein Fahrzeug wird die angelegte Spannung durch das Fahrzeug kurzgeschlossen, so dass die Spannung zusammenbricht. Dies kann detektiert werden, so dass eine Gleisbesetzmeldung erfolgen kann.

[0003] Voraussetzung für die sichere Funktion einer solchen Gleisbesetzmeldung ist, dass der elektrische Widerstand zwischen den Schienen und den Rädern ausreichend klein ist. Dieser Widerstand ist jedoch abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit sowohl der Schienen als auch der Räder. Insbesondere durch Korrosion und Schmutz kann auf den Schienen und/oder auf den Rollflächen der Räder eine nicht oder nur gering elektrisch leitfähige Oberflächenschicht vorhanden sein. Trotz solcher Oberflächenschichten kann der Stromfluss über den mechanischen Kontakt zwischen den Rädern und den Schienen für die Gleisbesetzmeldung ausreichend sein, wenn die elektrische Spannung bzw. der ohnehin über die Kontaktstelle fließende Strom ausreichend groß ist. Dagegen tritt insbesondere auf wenig befahrenen Gleisen mit schlechtem Schienenzustand die Situation ein, dass der Übergangswiderstand zwischen Rad und Schiene so groß ist, dass eine ausreichend sichere Funktion der Gleisbesetzmeldeeinrichtung nicht gewährleistet ist.

[0004] Beim Betrieb von Schienenfahrzeugen mit Antriebsenergie aus elektrischen Versorgungsnetzen reicht häufig bereits eine elektrische Grundlast (d.h. z.B. elektrische Versorgung von Hilfsbetrieben in dem Schienenfahrzeug aus dem elektrischen Versorgungsnetz) aus, um den Übergangswiderstand zwischen Rad und Schiene zu überwinden, so dass die Gleisbesetzmeldung sicher erfolgen kann. Wenn dagegen keinerlei Strom aus dem elektrischen Versorgungsnetz bezogen wird und daher auch kein Laststrom über die Kontaktpunkte zwischen den Rädern und den Schienen fließt, ist insbesondere bei schlechtem Schienenzustand die sichere Funktion der Gleisbesetzmeldung nicht gewährleistet.

[0005] Aus der EP 0 500 757 B1 ist eine Eisenbahn-

meldeanlage zum Erfassen eines Zuges innerhalb eines festgelegten Gleisabschnittes bekannt. Die Anlage weist einen Nebenschluss-Hilfsschaltkreis auf, der eine induktive Schleifenantenne enthält, welche auf dem Eisenbahnfahrzeug vorgesehen ist, so dass sie induktiv eng mit den Schienen gekoppelt ist. Dadurch wird ein Strom in den Rad-Schiene-Achse-Kreis induziert, wenn die Schleifenantenne durch eine alternierende Quelle erregt wird. Die Schleifenantenne ist in einem Drehgestell mit zwei Achsen montiert und wird von einem Oszillator mit einer Frequenz von 165 kHz erregt. Dabei ist die Erregungsfrequenz auf die Resonanzfrequenz des Schwingkreises abgestimmt. Der von der Schleifenantenne induzierte Strom fließt durch eine Drehgestell-/Gleisschleife, welche durch die beiden Achsen, die vier an den Achsen befestigten Räder des Schienenfahrzeugs und jeweils einen Abschnitt der beiden Schienen zwischen den Rädern gebildet ist.

[0006] Obwohl die Fläche, die die Schleifenantenne umläuft, gemäß EP 0 500 757 B1 möglichst groß sein soll, ist sie jedoch durch die Bauform des Drehgestells begrenzt und beträgt nur etwa 50 % der durch die Drehgestell-/Gleisschleife umlaufenden Fläche. Hinzu kommt, dass bei Drehgestellen mit Antriebsmotoren und Getrieben eine Unterbringung der Induktionsschleife erschwert ist.

[0007] Eine weitere Problematik bei der Verwendung einer Induktionsschleife zur Gewährleistung einer niederohmigen elektrischen Verbindung zwischen Rädern und Schienen besteht darin, dass die von der Induktionsschleife erzeugten elektromagnetischen Felder nicht nur die für die Gleisbesetzmeldung erwünschte Spannung erzeugen, sondern auch unerwünschte Störfelder darstellen können. Insbesondere können sowohl Einrichtungen innerhalb des Schienenfahrzeugs als auch an oder neben der Strecke gestört werden.

[0008] Außer der Möglichkeit, den Rad-Schiene-Kontakt mit Hilfe einer Induktionsschleife zu gewährleisten, kann das Schienenfahrzeug auch mit Klotzbremsen ausgestattet sein, die die Rollflächen der Räder beim Bremsvorgang schleifend kontaktieren, so dass zumindest das Rad an seiner Rollfläche eine gut leitende Kontaktfläche aufweist. Allerdings weisen neuere Schienenfahrzeuge häufig Scheibenbremsen auf. Der Einbau einer zusätzlichen Klotzbremse oder ähnlichen Schleifeinrichtung führt zu erheblichem Mehraufwand. Außerdem ist durch den Verschleiß an Bremse und Rad eine häufigere Wartung erforderlich.

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Schienenfahrzeug mit einer Induktionsschleife der eingangs genannten Art anzugeben, die zu einem möglichst wartungsarmen Betrieb des Schienenfahrzeugs führt und die die niederohmige elektrische Verbindung zwischen Rädern und Fahrschienen mit hoher Zuverlässigkeit gewährleistet. Besondere Ausführungsformen der Erfindung sollen außerdem etwaige störende Effekte durch die von der Induktionsschleife erzeugten elektromagnetischen Felder reduzieren.

[0010] Eine erste Maßnahme, die hier vorgeschlagen wird, besteht darin, dass die Induktionsschleife zwischen zwei Drehgestellen des Schienenfahrzeugs angeordnet ist. Insbesondere ist die Induktionsschleife dabei in der Regel unterflur eines Fahrzeugchassis des Schienenfahrzeugs, d.h. unterhalb des Bodens des Fahrzeugchassis angeordnet. Insbesondere können Leitungsabschnitte der Induktionsschleife, die sich etwa parallel zu den Gleisen erstrecken, mindestens 80 mm, z.B. mindestens 100 mm und vorzugsweise mindestens 150 mm oberhalb der Oberkante der Schienen angeordnet sein. Diese Leitungsabschnitte können in einer konkreten Ausführungsform der Erfindung höchstens 250 mm, z.B. höchstens 200 mm und vorzugsweise 150 mm über der Oberkante der Schienen verlaufen. Es sind die jeweiligen Vorschriften für die Einhaltung eines Freiraums zwischen der Schienenoberkante und Anbauten an dem Schienenfahrzeug einzuhalten.

[0011] Z.B. können die erwähnten, parallel zu den Schienen verlaufenden Leitungsabschnitte und/oder auch quer zu den Schienen verlaufende Leitungsabschnitte der Induktionsschleife durch ein oder mehrere Rohre aus elektrisch leitfähigem Material gebildet sein. Kupfer- oder Aluminiumrohr mit z.B. einem Außendurchmesser von zumindest 28 mm, z. B. zumindest 35 mm und vorzugsweise bis zu 50 mm.

[0012] Eine derartige Anordnung der Induktionsschleife unterflur und/oder dicht über der Schienen-Oberkante hat den Vorteil, dass das von der Induktionsschleife erzeugte elektromagnetische Feld eine elektrische Spannung in der zugehörigen Sekundärschleife induzieren kann. Dabei kann die Sekundärschleife je nach konkreter Ausgestaltung des Schienenfahrzeugs und je nach Anordnung und Ausgestaltung der Induktionsschleife in unterschiedlicher Weise gebildet sein. Auf Beispiele wird noch insbesondere in der Figurenbeschreibung näher eingegangen.

[0013] Es soll aber bereits hier darauf hingewiesen werden, dass die Sekundärschleife nicht zwangsläufig durch zwei Achsen mit jeweils einander gegenüberliegenden Rädern auf den beiden Seiten des Schienenfahrzeugs und die zugehörigen Abschnitte von den zwei einander gegenüberliegenden Schienen zwischen den Radaufstandspunkten auf der jeweiligen Seite gebildet sein muss. Vielmehr ist es eine Erkenntnis der Erfindung, dass eine entsprechend angeordnete und ausgestaltete Induktionsschleife eine Spannung in einer Sekundärschleife bewirken kann, die durch lediglich einen Abschnitt einer Schiene auf einer Seite des Schienenfahrzeugs, zwei Räder an den Enden dieses Abschnitts und eine elektrische Verbindung z.B. über Fahrzeugmasse (gebildet durch das Chassis) gebildet sein kann. In diesem Fall wird bevorzugt, dass zumindest auf jeder Seite des Schienenfahrzeugs eine entsprechende Induktionsschleife vorhanden ist, die außer einem Leitungsabschnitt dicht über dem Gleis bzw. unterflur (z.B. wie oben beschrieben) auch einen parallel zu der Schiene verlaufenden Leitungsabschnitt aufweist, der darüber verläuft

und nicht zwangsläufig unterflur angeordnet sein muss. Die zumindest zwei Induktionsschleifen sind in diesem Fall vorzugsweise, quer zur Fahrtrichtung des Schienenfahrzeuges betrachtet, soweit voneinander beabstandet, wie es der Spurbreite des Gleises entspricht. Unterschiede zwischen der Spurbreite und dem Abstand der beiden Induktionsschleifen können etwa 10 Zentimeter betragen, ohne die Wirksamkeit der Induktion wesentlich zu beeinträchtigen.

[0014] Wenn in dieser Beschreibung davon die Rede ist, dass die in der Sekundärschleife induzierte Spannung den elektrischen Rad-Schiene-Kontakt aufrechterhält, so ist darauf hinzuweisen, dass der von der induzierten Spannung erzeugte elektrische Strom einen wesentlichen Beitrag dazu leistet. Wenn der Strom z. B. über einen Rad-Schiene-Kontakt fließt und plötzlich unterbrochen wird, entsteht an dem Kontakt eine hohe elektrische Spannung, die z. B. über Lichtbogenbildung den Kontakt wieder herstellt und elektrisch isolierende Beläge entfernt oder durchbricht.

[0015] Wie erwähnt besteht die erste hier vorgeschlagene Maßnahme darin, dass die zumindest eine Induktionsschleife zwischen zwei Drehgestellen des Schienenfahrzeugs angeordnet ist. Dadurch wird eine Spannung in eine Sekundärschleife induziert, die u.a. durch Räder der beiden verschiedenen Drehgestelle gebildet ist. Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass die Fläche, die die Induktionsschleife umläuft, wesentlich größer ausgeführt werden kann, als es bei der Unterbringung der Induktionsschleife in einem Drehgestell der Fall ist.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die vor allem in einem Drehgestell mit Antriebsmotoren untergebrachten Einrichtungen durch das von der Induktionsschleife erzeugte elektromagnetische Feld allenfalls sehr geringfügig beeinflusst werden.

[0016] Eine zweite Maßnahme, die hier vorgeschlagen wird und die unabhängig von dem Vorhandensein der Merkmale der ersten Maßnahme bei einem Schienenfahrzeug vorgenommen werden kann, besteht darin, dass in dem Schienenfahrzeug elektrische Verbindungen zwischen gegenüberliegenden Rädern zusätzlich zu gegebenenfalls vorhandenen Achsen des Schienenfahrzeugs vorhanden sind und auch zumindest eine elektrische Leitung aufweisen, die ein erstes Rad auf einer ersten Seite des Schienenfahrzeugs mit einem zweiten Rad auf der gegenüberliegenden, zweiten Seite des Schienenfahrzeugs verbindet. Dabei handelt es sich bei dem ersten und dem zweiten Rad vorzugsweise um in Fahrtrichtung gegeneinander versetzte Räder, d.h. insbesondere sind das erste Rad und das zweite Rad nicht an derselben Achse des Schienenfahrzeugs montiert.

[0017] Die zweite Maßnahme erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass ein im Rahmen der Gleisbesetzmeldung bzw. Schienenfahrzeugerkennung erwünschter Strom von der einen Schiene zu der anderen Schiene oder umgekehrt auch tatsächlich fließt bzw. dass der elektrische Kurzschluss zwischen den beiden Schienen auch tat-

sächlich durch das Schienenfahrzeug hergestellt wird. Ist nämlich z.B. die Kontaktfläche eines Rades an einer bestimmten Achse an einem Ende der Achse so schlecht elektrisch leitend, dass der Kurzschluss über den Kontakt zwischen dem Rad und der Schiene nicht hergestellt wird, kann das am anderen Ende der Achse angeordnete Rad dennoch zu dem Kurzschluss zwischen den beiden Schienen beitragen oder ihn allein sogar herstellen, wenn das am gegenüberliegenden Ende der Achse montierte Rad über die genannte elektrische Leitung mit einem anderen Rad elektrisch leitend verbunden ist, welches auf der Schiene abrollt, auf der auch das Rad mit der schlecht leitenden Kontaktfläche abrollt.

[0018] Vorzugsweise sind mehrere der elektrischen Leitungen vorhanden, die Räder auf gegenüberliegenden Seiten des Schienenfahrzeugs, d.h. Räder auf den beiden verschiedenen Schienen, elektrisch miteinander verbinden. Dabei sind die mehreren elektrischen Leitungen an einem Verbindungspunkt elektrisch leitend miteinander verbunden. Vorzugsweise ist der Verbindungspunkt in der Mitte zwischen den zwei Drehgestellen angeordnet und/oder in der Mitte zwischen den beiden Fahrschienen angeordnet. Besonders bevorzugt wird, dass zumindest ein Teil der von dem Verbindungspunkt zu den Rädern führenden Abschnitte der elektrischen Leitungen symmetrisch bezüglich den Verbindungspunkt und/oder symmetrisch bezüglich einer vertikalen Ebene verlegt sind, wobei die vertikale Ebene in der Mitte des Schienenfahrzeugs und in der Fahrtrichtung verläuft. Unter einem Teil der Abschnitte der elektrischen Leitungen wird verstanden, dass nicht alle, aber zumindest zwei der kompletten Abschnitte von dem Verbindungspunkt zu den Rädern symmetrisch verlegt sind.

[0019] Grundsätzlich ist es auch möglich, dass mehrere Verbindungspunkte vorhanden sind. Dadurch werden jedoch veränderte Leitungsschleifen und damit auch veränderte Induktivitäten geschaffen.

[0020] Aufgrund des Verbindungspunktes erhöht sich die Anzahl der möglichen Strompfade von Rädern auf einer Schiene zu Rädern auf der gegenüberliegenden Schiene. Die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein eines wirksamen Kurzschlusses zwischen den Schienen wird daher weiter erhöht.

[0021] Die symmetrische Verlegung der Leitungsabschnitte (wie erwähnt) und/oder die Anordnung des Verbindungspunktes in der Mitte zwischen den beiden Fahrschienen und/oder in der Mitte zwischen den zwei Drehgestellen schafft darüber hinaus noch die Möglichkeit, dass die zumindest eine zwischen den beiden Drehgestellen angeordnete Induktionsschleife bei Bedarf eine Spannung in einer Sekundärschleife induziert, die teilweise durch zumindest eine der genannten elektrischen Leitungen zwischen in Fahrtrichtung versetzten Rädern gebildet wird. Bedarf besteht insbesondere dann, wenn ein elektrischer Kontakt von einem bestimmten Rad zu der Schiene so schlecht ist (d.h. hochohmig ist), dass auch die von der Induktionsschleife induzierte Spannung den Kontakt nicht ausreichend verbessert.

[0022] An dieser Stelle soll noch auf einen weiteren Vorteil eingegangen werden, der durch die erste und die zweite Maßnahme erzielt wird, sowohl allein durch die erste Maßnahme, allein durch die zweite Maßnahme und auch durch deren Kombination. Der Vorteil besteht darin, dass Räder von nicht lediglich zwei Achsen, sondern von mehr Achsen des Schienenfahrzeugs für die Erzeugung des Kurzschlusses zwischen den beiden Schienen mit hoher Wahrscheinlichkeit beteiligt sind. Die erste Maßnahme führt dazu, dass zumindest bei Drehgestellen mit mehr als einer Achse nicht nur zwei Achsen, nämlich eine Achse in Fahrtrichtung vor und eine Achse in Fahrtrichtung hinter der Induktionsschleife an dem Kurzschluss beteiligt sind, sondern alle Achsen des Drehgestells in Fahrtrichtung vor der Induktionsschleife und alle Achsen in Fahrtrichtung hinter der Induktionsschleife an dem Kurzschluss beteiligt sein können. Wenn hier von Achsen die Rede ist, schließt dies die an den Achsen montierten Räder ein.

[0023] Wie erwähnt führt auch die zweite Maßnahme allein zu dem Vorteil, dass Räder auf den gegenüberliegenden Schienen, die nicht auf derselben Achse montiert sind, an dem Kurzschluss beteiligt sind.

[0024] Bei Kombination der ersten und zweiten Maßnahme wird die Wahrscheinlichkeit eines wirksamen Kurzschlusses weiter erhöht, da dann die elektrischen Leitungen insbesondere auch von Rädern des in Fahrtrichtung vor der Induktionsschleife angeordneten Drehgestells zu Rädern an dem in Fahrtrichtung hinter der Induktionsschleife angeordneten Drehgestell führen.

[0025] Im Folgenden soll nochmals kurz auf den prinzipiellen Sachverhalt eingegangen werden:

Zur Bildung eines Kurzschlusses zwischen den beiden Schienen über das Fahrzeug reicht ein niederohmiger elektrischer Kontakt an den Radaufstandspunkten von jeweils zumindest einem Rad an beiden Schienen aus. Je nach Ausführungsart der Induktionsschleife (siehe oben) erfordert eine Sekundärschleife jedoch entweder mindestens vier Rad-Schiene-Verbindungen (jeweils zwei an jeder Schiene) oder zwei Rad-Schiene-Verbindungen an ein und derselben Schiene. In dem zuletzt genannten Fall wird aus Gründen der Schaffung eines elektrischen Kontakts an beiden Schienen jedoch bevorzugt, dass Spannungen in jeweils einer Sekundärschleife an beiden Schienen induziert wird.

[0026] Die Erfindung erhöht nun die Zuverlässigkeit des elektrischen Kontakts zwischen den Rädern und den Schienen dadurch, dass sie zusätzliche Räder des Schienenfahrzeugs mit einbezieht und/oder zusätzliche Verbindungen zwischen nicht auf derselben Achse montierten Rädern schafft. Um die Verbindungen zu den Rädern herzustellen, werden insbesondere so genannte Erdstrombürsten, die in vielen Fällen ohnehin an den Rädern angeordnet sind, genutzt. Über diese Erdstrombürsten fließt insbesondere bei Elektrolokomotiven, aber

auch bei Diesellokomotiven mit Zugstromversorgung, ein Strom zum Erdpotential, das durch die Schienen gebildet wird.

[0027] Bei einer ersten Ausführungsart der Induktionsschleife umläuft diese eine etwa horizontal verlaufende Fläche. Dabei ist es nicht zwingend erforderlich, dass sämtliche Abschnitte der Induktionsschleife exakt auf gleicher Höhe verlaufen. Höhenunterschiede wenigen Zentimetern beeinträchtigen nicht die Wirksamkeit der Induktion.

[0028] Um einen etwaig störenden Effekt der von der Induktionsschleife erzeugten elektromagnetischen Felder außerhalb der Strecke des Schienenfahrzeuges zu minimieren, wird eine dritte Maßnahme vorgeschlagen, die entweder allein bei einem Schienenfahrzeug vorgenommen werden kann oder in Kombination mit der ersten Maßnahme und/oder mit der zweiten Maßnahme.

[0029] Die dritte Maßnahme sieht vor, dass zwei der Induktionsschleifen vorgesehen sind, wobei die horizontal verlaufenden Flächen, die von der jeweiligen Induktionsschleife umlaufen werden, übereinander liegen und wobei das Schienenfahrzeug eine Stromerzeugungseinrichtung zur Erzeugung von Strömen in den Induktionsschleifen aufweist, die derart ausgestaltet und mit den Induktionsschleifen verbunden ist, dass die Ströme in den beiden Induktionsschleifen phasenverschoben sind. Somit erzeugen die übereinander liegenden Induktionsschleifen magnetische Felder, deren Feldvektoren bzw. Feldstärken einander zumindest teilweise kompensieren. Vorzugsweise fließen die Ströme in den zwei Induktionsschleifen zu jedem Zeitpunkt in entgegengesetzten Richtungen (d.h. zu einem bestimmten Zeitpunkt z. B. in der unteren Induktionsschleife von oben betrachtet im Uhrzeigersinn und in der oberen Induktionsschleife von oben betrachtet im Gegen-Uhrzeigersinn), d.h. die Ströme sind um 180° phasenverschoben. Ferner wird bevorzugt, dass die beiden Ströme betragsmäßig annähernd gleich sind.

[0030] Die übereinander liegen Induktionsschleifen liegen z. B. etwa in einem Abstand zueinander, der zumindest gleich dem Abstand der unteren Schleife zur Fahrschiene ist. Der Abstand der beiden Induktionsschleifen kann aber auch größer als der Abstand der unteren Schleife zur Schiene sein, z. B. zwei Mal so groß sein. Eine sinnvolle Obergrenze für den Abstand der beiden Schleifen zueinander ist das Dreifache des Abstandes der unteren Schleife zur Schiene. Für die Bestimmung des Abstandes kann z. B. der mittlere Abstand der leitfähigen Materialien herangezogen werden, die die Schleife bilden, wobei Anschlussleitungen außer Betracht bleiben.

[0031] Zwar verringert die obere Induktionsschleife die Wirksamkeit der von der unteren Induktionsschleife erzeugten elektromagnetischen Felder in Bezug auf eine Spannungsinduktion in der zugeordneten Sekundärschleife. Jedoch ist die Wirksamkeit immer noch gegeben, da sich die untere Induktionsschleife näher an der von der Sekundärschleife umlaufenden Fläche befindet.

Dagegen weist die Fläche, die von der oberen Induktionsschleife umlaufen wird, einen Abstand zu der Fläche der Sekundärschleife auf und ist das elektromagnetische Feld der oberen Induktionsschleife weniger wirksam. Wenn hier von der Fläche die Rede ist, die von der Sekundärschleife umlaufen wird, so handelt es sich dabei in der Regel nicht um eine ebene Fläche, da sich die Schienen auf tieferem Niveau erstrecken als z.B. die Achsen des Schienenfahrzeuges.

[0032] Eine vierte Maßnahme, die entweder ohne die anderen Maßnahmen oder in beliebiger Kombination mit einer oder mehreren der anderen Maßnahmen vorgesehen sein kann, besteht darin, ein kapazitives Bauteil der Induktionsschleife in einem Abstand von der Induktionsschleife umlaufenden Fläche anzuordnen und über eine Verbindungsleitung mit der Induktionsschleife zu verbinden. Auf diese Weise kann sich das kapazitive Bauteil (alternativ wird eine Anordnung von kapazitiven Bauteilen verwendet) in einem geschützten Bereich im Schienenfahrzeug befinden, während die Induktionsschleife z.B. unterflur in Gleisnähe angeordnet ist. Insbesondere wird vorgeschlagen, dass das Schienenfahrzeug eine Stromerzeugungseinrichtung zur Erzeugung von Strömen in der Induktionsschleife aufweist, wobei die Stromerzeugungseinrichtung einen Oszillator zur Erzeugung eines mit einer Oszillationsfrequenz oszillierenden Wechselstroms in der Induktionsschleife aufweist, wobei ein kapazitives Bauteil oder eine Anordnung von kapazitiven Bauteilen vorgesehen ist, dessen/deren Kapazität gemeinsam mit der

[0033] Induktionsschleife und einer Verbindungsleitung zwischen der Stromerzeugungseinrichtung und der Induktionsschleife eine Resonanzfrequenz der Induktionsschleife bestimmt und wobei das kapazitive Bauteil bzw. die Anordnung als Teil der Stromerzeugungseinrichtung ausgestaltet ist und über die Verbindungsleitung mit der Induktionsschleife verbunden ist. Dabei ist die Verbindungsleitung vorzugsweise eine im Vergleich zu der Induktivität der Induktionsschleife eine niederinduktive Verbindungsleitung. Dennoch ist die Verbindungsleitung Teil des gesamten Schienenkreises und bestimmt somit die Resonanzfrequenz mit.

[0034] Bevorzugtermaßen wird die Spannung der Kapazität oder eine Teilspannung hiervon (z.B. die über einen von mehreren Kondensatoren abfallende Spannung) auf den Oszillator rückgeführt, so dass sich selbsttätig eine Resonanzschwingung der Induktionsschleife einstellt. Auf diese Weise werden sogar zweitrangige Effekte, die die Resonanzfrequenz beeinflussen, mit berücksichtigt. Diese zweitrangigen Effekte werden insbesondere von der Gegeninduktivität der Sekundärschleife sowie durch die Dämpfungseigenschaften der Induktionsschleife, Verbindungsleitung und Stromerzeugungseinrichtung einerseits und der Sekundärschleife andererseits bewirkt.

[0035] Eine weitere, fünfte Maßnahme, die ebenfalls allein stehend oder in beliebiger Kombination mit einer der zuvor genannten Maßnahmen vorgenommen wer-

den kann, besteht darin, bei einem Schienenfahrzeug, das mit Strom aus einem Energieversorgungsnetz betrieben wird und insbesondere seine Traktionsenergie daraus bezieht (d.h. mit Energie aus dem Energieversorgungsnetz angetrieben wird) die Induktionsschleife nur dann zu betreiben, wenn das Schienenfahrzeug keinen Strom aus dem Energieversorgungsnetz bezieht. Dies berücksichtigt den oben genannten Umstand, dass bei Bezug von Strom aus dem Energieversorgungsnetz ein Erdstrom über Rad-/Schienenkontakte fließt und die Kurzschlussfunktion zwischen den beiden Schienen somit in der Regel gewährleistet ist.

[0036] In einer möglichen Variante der Induktionsschleife weist diese nicht nur eine Windung, sondern zumindest zwei Windungen auf, die etwa dieselbe Fläche umlaufen.

[0037] Ferner ist es möglich, dass der Strom der Induktionsschleife nicht (wie bevorzugt) galvanisch direkt von einer Speiseeinrichtung (z.B. der o.g. Stromerzeugungseinrichtung) in die Sekundärschleife eingespeist wird, sondern die Speiseeinrichtung galvanisch von der Induktionsschleife entkoppelt ist und z.B. magnetisch gemäß dem Prinzip eines Stromtransformators die Speisung erzeugt wird.

[0038] Ferner gehört zum Umfang der Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs, wobei zur Gewährleistung einer niederohmigen elektrischen Verbindung zwischen Rädern des Schienenfahrzeugs und Fahrschienen, auf denen die Räder rollen, eine elektrische Spannung in eine durch die Räder, durch Abschnitte zumindest einer der Fahrschienen und durch elektrische Verbindungen zwischen Rädern gebildete sekundäre Stromschleife induziert wird. Zur Erzeugung der Induktion wird eine Induktionsschleife verwendet, die zwischen zwei Drehgestellen des Schienenfahrzeugs angeordnet ist und vorzugsweise unterflur eines Fahrzeugchassis des Schienenfahrzeugs angeordnet ist.

[0039] Konkrete Ausgestaltungen des Verfahrens und Varianten des Verfahrens zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs ergeben sich aus der Beschreibung der verschiedenen Maßnahmen und Ausgestaltungen des Schienenfahrzeugs und werden daher hier nicht nochmals beschrieben.

[0040] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben. Die einzelnen Figuren der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 schematisch zwei Drehgestelle eines Schienenfahrzeugs mit jeweils zwei Achsen und einer zwischen den Drehgestellen angeordneten Induktionsschleife gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung in Draufsicht,

Fig. 2 das Schienenfahrzeug gemäß Fig. 1 in Seitenansicht, wobei jedoch die Induktionsschleife in einer zweiten Ausführungsform ausgeführt ist,

Fig. 3 ein Ersatzschaltbild der Anordnung gemäß Fig. 1,

Fig. 4 eine Induktionsschleife, die über eine Verbindungsleitung mit einer Oszillatorschaltung verbunden ist,

Fig. 5 eine Variante der in Fig. 4 dargestellten Oszillatorschaltung,

Fig. 6 eine Variante der in Fig. 1 und Fig. 3 dargestellten Anordnung mit zwei übereinander angeordneten Induktionsschleifen,

Fig. 7 eine schematische Darstellung der Wirkung der Magnetfelder, die von den in Fig. 6 dargestellten Induktionsschleifen erzeugt werden,

Fig. 8 Details einer Oszillatorschaltung, z.B. der Oszillatorschaltung gemäß Fig. 5.

[0041] Fig. 1 zeigt zwei Drehgestelle 107, 119 mit jeweils zwei Achsen 105, 106; 108, 109. An jeder der Achsen 105, 106, 108, 109 ist an gegenüberliegenden Enden jeweils ein Rad 115a-115d; 116a-116d angeordnet. Die Räder 115a, 115c, 116a, 116c rollen auf einer ersten Schiene 101. Die Räder 115b, 115d, 116b, 116d rollen auf der gegenüberliegenden zweiten Schiene 102 eines Gleises.

[0042] In Längsrichtung des Schienenfahrzeugs, d.h. in Fahrtrichtung zwischen den Drehgestellen 107, 119, befindet sich eine Induktionsschleife 1, die eine im Wesentlichen rechteckige und eben in horizontaler Ebene verlaufende Fläche 130 umläuft. Dementsprechend weist die Induktionsschleife 1 einen ersten Leitungsabschnitt 1 a auf, der sich etwa oberhalb der ersten Schiene 101 und parallel zu dieser erstreckt, einen zweiten Leitungsabschnitt 1 b, der sich etwa oberhalb der zweiten Schiene 102 und parallel zu dieser erstreckt, einen dritten Leitungsabschnitt 1 c, der mit einem Ende des ersten Abschnitts 1 a verbunden ist und quer zu den Schienen 101, 102 in einer horizontalen Richtung verläuft, und einen vierten Abschnitt 1 d, der ein weiteres Ende des ersten Abschnitts 1 a mit einem Ende des Abschnitts 1 b verbindet und ebenfalls quer zu den Schienen 101, 102 in etwa horizontaler Richtung verläuft. Die bisher nicht genannten Enden der Abschnitte 1 c, 1 b sind mit einer Stromerzeugungsschaltung 53 verbunden, die als Oszillatorschaltung ausgestaltet ist. Angedeutet ist in Fig. 1 eine Spannung U_1 , mit der die Oszillatorschaltung 53 die Induktionsschleife 1 speist. Bei der Spannung U_1 handelt es sich um eine Wechselspannung mit einer Frequenz, die vorzugsweise im Mittelfrequenzbereich liegt.

[0043] Ganz generell gilt für die vorliegende Erfindung, dass eine Speisefrequenz zur Speisung der zumindest einen Induktionsschleife im Mittelfrequenzbereich bevorzugt wird. Die Untergrenze für die Frequenz liegt im Bereich von 50 kHz, vorzugsweise wird eine Speisefre-

quenz zwischen 100 kHz und 160 kHz gewählt. Die Obergrenze für die Speisefrequenz liegt z.B. bei etwa 500 kHz. Bei höheren Frequenzen wird die Einhaltung von den gültigen Bestimmungen betreffend der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) erschwert.

[0044] Vorzugsweise stimmt die Speisefrequenz mit der Resonanzfrequenz des schwingenden Systems überein, dessen Teil die Induktionsschleife ist.

[0045] Da die Induktionsschleife 1 zwischen den beiden Drehgestellen 107, 119 liegt und da beide Drehgestelle zwei Achsen aufweisen, wird eine zugehörige Sekundärschleife, in der die Induktionsschleife eine Spannung induziert, durch alle vier Achsen, die zugehörigen Räder und die Schienenabschnitte der beiden Schienen 101, 102 zwischen den Drehgestellen gebildet. Dies gilt für den Fall, dass der elektrische Kontakt von jedem der Räder zu der zugeordneten Schiene niederohmig hergestellt ist oder zumindest durch die induzierte Spannung hergestellt wird. Es ist jedoch auch möglich, dass zumindest eines oder mehrere der Räder selbst bei Induktion einer Spannung keinen ausreichend niederohmigen Kontakt zu der zugeordneten Schiene haben.

[0046] Um die Wahrscheinlichkeit, dass dennoch ein wirksamer Kurzschluss zwischen den Schienen 101, 102 durch das Schienenfahrzeug hergestellt wird, zu erhöhen, ist von jedem der Räder 115, 116 zu einem gemeinsamen Verbindungspunkt 5 ein elektrischer Leitungsabschnitt geführt, und zwar jeweils über eine an dem Rad angeordnete Erdstrombürste 11, 12, 21, 22, 31, 32, 41, 42 und eine Leitung 110, 120, 210, 220, 310, 320, 410, 420 von der Erdstrombürste zu dem gemeinsamen Verbindungspunkt 5.

[0047] Der gemeinsame Verbindungspunkt 5 befindet sich sowohl in der Mitte (z. B. mit Abweichungen zur Mitte von bis zu 1 m) zwischen den beiden Drehgestellen 107, 119 als auch in der Mitte (z. B. mit Abweichungen zur Mitte von bis zu 50 cm) zwischen den beiden Schienen 101, 102. Außerdem sind die jeweils von den einander gegenüberliegenden Rädern zu dem Verbindungspunkt 5 geführten Leitungsabschnitte 110, 120; 210, 220; 310, 320; 410, 420 symmetrisch zu der vertikalen Mittelebene symmetrisch verlegt, wobei diese Mittelebene in Längsrichtung, d.h. in Fahrtrichtung des Schienenfahrzeuges bzw. des Gleises, in der Mitte (z. B. mit Abweichungen zur Mitte von bis zu 40 cm) zwischen den beiden Schienen 101, 102 verläuft. Ferner sind die Leitungsabschnitte von den Rädern auf der ersten Schiene 101 jeweils (weitgehend) symmetrisch zu einem Leitungsabschnitt des entsprechenden Rades auf derselben Schiene 101 des anderen Drehgestells verlegt. Die Symmetrie bezieht sich in diesem Fall auf eine vertikale Mittelebene, die quer zur Fahrtrichtung und durch den Verbindungspunkt 5 verläuft, sich also in der Mitte zwischen den beiden Drehgestellen erstreckt. Z.B. ist die Leitung 110 in diesem Sinne symmetrisch zu der Leitung 410 verlegt usw. Daher ist insgesamt wegen dieser doppelten Spiegelsymmetrie auch eine (weitgehende) Punktsymmetrie bezüglich dem Verbindungspunkt 5 z.B. der Leitungsab-

schnitte 410 und 120 und der Leitungsabschnitte 320 und 210 gegeben.

[0048] Bei den Verbindungen 110, 120, 210, 220, 310, 320, 410, 420 kann es sich z.B. um so genannte Erdstrom- oder Traktionsrückstromverbindungen handeln, die eine Rückleitung zu Schienenpotential darstellen, für den Betrieb von elektrischen Betriebsmitteln in dem Schienenfahrzeug.

[0049] Wie im Bereich des links in Fig. 1 dargestellten Drehgestells 107 angedeutet ist, kann der elektrisch leitende Fahrzeugkörper des Schienenfahrzeugs über einen Anschlusspunkt 104 und einen niederohmigen Widerstand ZE ebenfalls mit dem Verbindungspunkt 5 verbunden sein. Auch wenn dies im Bereich des Drehgestells 107 dargestellt ist, so liegt die Verbindung vorzugsweise nahe bei dem Verbindungspunkt 5. Die Darstellung in Fig. 1 ist schematisch zu verstehen. Daher sind nicht alle Verbindungsleitungen voll ausgezeichnet. Vielmehr ist im Bereich der Drehgestelle 107, 119 jeweils durch die Bezugsziffer 5 angedeutet, dass die Verbindungsleitungen 110, 120, 410, 420 ebenfalls zu dem Verbindungspunkt 5 in der Mitte zwischen den Drehgestellen führen.

[0050] Außer der Speisespannung U_1 ist auch der zugehörige, momentan durch die Induktionsschleife 1 fließende Strom I_1 in den Abschnitten 1 a, 1 b jeweils durch einen Pfeil dargestellt. Außerdem ist durch einen Ringpfeil und das Bezugszeichen F_h die induktive Kopplung zwischen der Induktionsschleife 1 und der Sekundärschleife angedeutet. In der Sekundärschleife fließen daher in einem Schienenabschnitt der Schiene 101 der Strom I_{21} und in einem Schienenabschnitt der Schiene 102 der Strom I_{22} . Die genannten Schienenabschnitte befinden sich zwischen den Drehgestellen 107, 119.

[0051] Anstelle des niederohmigen Widerstandes ZE kann der Fahrzeugkörper (Wagenmasse) auch über eine Schutzdrossel (Induktivität) an den Verbindungspunkt 5 angeschlossen sein.

[0052] Die in Fig. 1 dargestellte Ausgestaltung der Verbindungsleitungen zwischen den Rädern und dem Verbindungspunkt 5 kann auch bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform einer Induktionsschleife oder auch bei anderen Ausgestaltungen mit wenigstens einer Induktionsschleife vorgesehen sein.

[0053] Anders als in Fig. 1 kann dabei nicht an jedem Rad eine Erdstrombürste oder ein anderer elektrischer Kontakt zur Kontaktierung des rotierenden Rades vorgesehen sein, sondern nur an einer Teilanzahl der Räder. Z.B. bei dieselektrisch angetriebenen Lokomotiven ist in der Regel ein Erdkontakt nur über einen Teil der

[0054] Räder realisiert. Dennoch erhöht das Konzept mit Verbindungsleitungen von und zu den Rädern, die an einem gemeinsamen Verbindungspunkt zusammengeführt sind, auch in diesem Fall die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schienenkurzschluss über das Fahrzeug hergestellt wird.

[0055] Außerdem können verschiedene Kombinationen von Verbindungsabschnitten zwischen den Rädern

und dem gemeinsamen Verbindungspunkt gemeinsam mit Schienenabschnitten und eventuell Achsen eine Sekundärschleife bilden, in der von der Induktionsschleife eine Spannung induziert wird. Wenn z.B. der elektrische Kontakt von dem Rad 115d zu der Schiene 102 sehr hochohmig ist, unabhängig davon, ob eine Spannung induziert wird oder nicht, kann das Rad 115c mit einem guten, niederohmigen Kontakt zu der Schiene 101 dennoch wegen der Verbindungsleitung 210 sowohl zu einem Kurzschluss beitragen als auch Teil eines Sekundärkreises sein, indem von der Induktionsschleife 1 eine Spannung induziert wird. Dies bedeutet, dass der gute elektrische Kontakt des Rades 115c aufgrund der induzierten Spannung auch wirksam aufrechterhalten wird. Die Sekundärschleife besteht in diesem Fall z.B. aus dem Leitungsabschnitt 210, dem Leitungsabschnitt 320, dem Rad-Schienenkontakt der Räder 115c, 116b und 116a, der Achse 108 und dem Schienenabschnitt der Schiene 101 zwischen den Rädern 115c und 116a.

[0056] Ein weiterer Fall, in dem nicht an allen Rädern Erdstrombürsten oder andere elektrische Kontakte zu den Rädern vorgesehen sind, bilden Fahrzeuge, die ausschließlich an einem Wechselstromfahrdraht betrieben werden. Da bei der in der Regel hohen Netzspannung des Wechselstromfahrdrahtes kleinere Rückströme zur Schiene im Vergleich zu Gleichstromfahrzeugen auftreten, werden hier in der Regel weniger Erdstrombürsten eingesetzt. Bei eingeschaltetem Fahrzeug und Betrieb mit minimaler Grundlast (nur Hilfsbetriebe eingeschaltet) wird eine niederohmige Verbindung zwischen beiden Schienen durch den Rückstrom über Strombürsten Räder und Schiene gewährleistet. Für die zweite Maßnahme der Erfindung reicht es dabei auch aus, die vorhandenen Erdstrombürsten und die zugehörigen Verbindungsabschnitte zwischen diesen Erdstrombürsten und dem gemeinsamen Verbindungspunkt zu nutzen, da zumindest zeitweise bei Bezug von elektrischem Strom aus dem Fahrdraht die Kontakte der Räder mit Erdstrombürsten zu ihrer Schiene in niederohmigem Zustand erhalten werden. Daher reicht es gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung auch aus, die Induktionsschleife nur dann zu betreiben, wenn das Schienenfahrzeug kein Strom aus dem Netz bezieht.

[0057] Anders als in Fig. 1 dargestellt, kann die Induktionsschleife 1 auch mehr als eine Windung um die Fläche 130 haben. Davon zu unterscheiden ist der Fall der Fig. 6, bei der zwei Induktionsschleifen vorhanden sind, die mit Strömen in entgegengesetzter Richtung (180° Phasenverschiebung) betrieben werden. Mehrere Windungen derselben Induktionsschleife werden von Strömen in gleicher (d.h. zu jedem Zeitpunkt in paralleler) Richtung durchflossen.

[0058] Die Induktionsschleife 1 befindet z.B. in einem Abstand von 150 bis 200 mm oberhalb der Schienenoberkante und ist z.B. mit seinen Leitungsabschnitten 1a-1d in Kupferrohr oder Aluminiumrohr ausgeführt. Kupferrohr / Aluminiumrohr weist eine gute elektrische Leitfähigkeit auf und ist aufgrund seiner Rohrform me-

chanisch sehr stabil.

[0059] Fig. 3 zeigt das elektrische Ersatzschaltbild der in Fig. 1 dargestellten Anordnung. Wesentliche elektrische Widerstände werden durch den Übergang der Erdstrombürsten 11, 12, 21, 22, 31, 32, 41, 42 zu dem jeweiligen Rad 115, 116 gebildet. Diese Widerstände sind in Fig. 3 mit "RE", gefolgt von dem Bezugszeichen der jeweiligen Erdstrombürste in Fig. 1 dargestellt. Außerdem werden wesentliche elektrische Widerstände durch den Rad-Schiene-Übergang gebildet. Diese Widerstände sind in Fig. 3 mit "RW", gefolgt wiederum von dem Bezugszeichen der Erdstrombürste des Rades dargestellt.

[0060] In Fig. 3 ist außerdem eine Stromquelle 2 in der Induktionsschleife 1 dargestellt, die die Wirkung der Speiseschaltung 53 symbolisiert.

[0061] In Fig. 2 haben die Bezugszeichen dieselbe Bedeutung wie in Fig. 1. Jedoch ist anstelle der Induktionsschleife 1 ein Paar von Induktionsschleifen vorgesehen, die jeweils etwa über einer der Schienen 101, 102 angeordnet sind und eine in vertikaler Richtung verlaufende und in Fahrtrichtung verlaufende ebene Fläche umlaufen. In der Seitenansicht von Fig. 2 ist lediglich die Induktionsschleife 71 auf der Seite der Schiene 102 erkennbar. Die zweite Induktionsschleife befindet sich z.B. genau hinter der Induktionsschleife 71 über der gegenüberliegenden Schiene 101. Dementsprechend induziert die Induktionsschleife 71 eine elektrische Spannung z.B. in der durch die Verbindungsabschnitte 220, 320, die Rad-Schienenkontakte der Räder 115d, 116b und durch den Schienenabschnitt zwischen diesen Rädern gebildeten Sekundärschleife. Ein entsprechender induzierter Strom I_{22} ist in Fig. 2 eingezeichnet. Alternativ oder zusätzlich kann auch in einer Sekundärschleife, die u.a. durch die Verbindungsabschnitte 120 und 320 oder 120 und 420 gebildet ist, eine Spannung von der Induktionsschleife 71 induziert werden.

[0062] Wegen der rauen Einsatzbedingungen unterflur wird bevorzugt, dass möglichst sämtliche elektrischen Bauteile, die zur Gewährleistung der Funktion der Induktionsschleife erforderlich sind, im Fahrzeug angeordnet sind, d.h. nicht unterflur. Fig. 4 zeigt daher schematisch eine Lösung, bei der z.B. die Induktionsschleife 1 (alternativ die Induktionsschleife 71 oder eine andere Induktionsschleife) unterflur und/oder nahe den Schienen angeordnet ist. Über eine Verbindungsleitung 441 ist die Induktionsschleife mit einer Oszillatorschaltung 443 verbunden, die einen Kondensator 445 aufweist, der zwischen die beiden Potentiale der Verbindungsleitung bzw. zwischen die beiden Potentiale am Ausgang des Oszillators 447 geschaltet ist. In Fig. 4 sind die entsprechende resultierende Kapazität C_{res} und die am Kondensator 445 anliegende Ausgangsspannung $U_{C_{res}}$ des Oszillators 447 dargestellt. Der Oszillator 447 weist eine Eingangsseite 449 auf, die an eine Gleichstromversorgung angeschlossen ist und durch Plus- und Minuszeichen und "DC" angedeutet ist.

[0063] Alternativ kann, wie Fig. 5 zeigt, der Konden-

sator 445 beispielsweise durch eine Reihenschaltung von zwei Kondensatoren 551, 552 ersetzt werden. Andere Anordnungen von einzelnen Kapazitäten sind ebenfalls möglich. Die resultierende Kapazität C_{res} ist im Fall der Fig. 5 der Quotient aus dem Produkt der Einzelkapazitäten C_1 , C_2 und der Summe der Einzelkapazitäten. Die an den Kondensatoren 551, 552 anliegenden einzelnen Spannungen sind in Fig. 5 mit U_{C1} und U_{C2} dargestellt. Die Verbindungsleitung ist wiederum mit dem Bezugszeichen 441 bezeichnet. Der Oszillator ist wiederum durch das Bezugszeichen 447 bezeichnet.

[0064] Wie Fig. 8 zeigt, kann z.B. bei der Anordnung gemäß Fig. 5 die an dem Kondensator 552 anliegende Spannung U_{C2} zur automatischen Anpassung der Frequenz des Oszillators 447 an die Resonanzfrequenz der an den Oszillator 447 angeschlossenen Schaltung genutzt werden. Dabei wird die Resonanzfrequenz im Wesentlichen durch die Gesamtkapazität der Kondensatoren 551, 552, durch die Induktivität der Induktionsschleife und durch die Induktivität der Verbindungsleitung bestimmt.

[0065] Die Oszillatorschaltung ist in Fig. 8 wiederum durch Bezugszeichen 447 bezeichnet und umfasst die von der gestrichelten Linie umrandeten Bauteile. Die Induktionsschleife ist in Fig. 8 durch die Reihenschaltung ihrer Induktivität L (einschließlich der Verbindungsleitung) und durch ihren ohmschen Widerstand R symbolisiert. Ein erster Anschlusspunkt 801 des Oszillators 447 ist mit einer Seite der Reihenschaltung der Kondensatoren 551, 552 (nämlich der Seite des Kondensators 552) verbunden. Ein zweiter Anschlusspunkt 802 des Oszillators 447 ist mit der gegenüberliegenden Seite (Seite des Kondensators 551) der Reihenschaltung der Kondensatoren verbunden. Ein Punkt 803 des Oszillators 447 ist mit einem Punkt in der Mitte, d.h. zwischen den beiden Kondensatoren 551, 552 verbunden. Der erste Anschlusspunkt ist über eine Kapazität $C3$ und über einen dazu in Reihe geschalteten Widerstand $R4$ mit der Basis eines Transistors $T1$ verbunden. Der zweite Anschlusspunkt 802 ist mit dem Kollektor des Transistors verbunden. Ebenfalls mit dem Kollektor ist ein Widerstand $R3$ verbunden, dessen entgegengesetzte Seite über eine Glättungsdrossel $L1$ mit Pluspotential der Gleichspannungsseite 449 verbunden ist. Parallel zu der Gleichspannungsseite ist ein Spannungsteiler mit Widerstand $R5$ und Widerstand $R6$ geschaltet, wobei ein Zwischenpunkt zwischen den Widerständen $R5$, $R6$ mit der Basis des Transistors verbunden ist. Der Punkt 803 ist mit dem Minuspotential der Gleichspannungsseite 449 und - über einen Widerstand $R2$ - mit dem Emitter des Transistors verbunden.

[0066] Die Funktion der Schaltung ist wie folgt:

Der eigentliche Schwingkreis wird gebildet von den Kondensatoren 551, 552 (Kapazitäten $C1$, $C2$) und der Induktivität L der Induktionsschleife und Verbindungsleitung. Der unvermeidbar im Schwingkreis vorhandene ohmsche Widerstand R bewirken

eine Dämpfung der Schwingung, so dass ohne erneute Anregung die Schwingung abklingen und nach kurzer Zeit beendet sein würde.

5 Die Wechselspannung zwischen den Anschlusspunkten 802 und 801 ergibt sich aus der Addition der Kondensatorspannungen von $U_{C1} + U_{C2}$. Beide Kondensatorspannungen setzen sich im eingeschwungenen Zustand aus einer Gleichspannung mit überlagerter Wechselspannung zusammen, wobei der Gleichspannungsanteil an C1 positiv und der Gleichspannungsanteil an C2 negativ ist. In der Summenspannung $U_{C1} + U_{C2}$ heben sich beide Gleichspannungsanteile auf.

10 Durch eine Rückkopplung der Kondensatorspannung U_{C2} auf die Basis des Transistors $T1$ wird eine Mitkopplung erreicht, die ein zyklisches Einschalten des Transistors $T1$ während der negativen Halbschwingung von C2 bewirkt. Das phasenrichtige Ein- und Ausschalten des Transistors unterstützt den durch den Schwingvorgang hervorgerufenen Entlade- und Aufladevorgang der Kapazität $C1$ und sorgt für eine kontinuierliche Anregung und damit für die Aufrechterhaltung der Resonanzschwingung.

15 **[0067]** Mit den Widerständen $R3$ und $R2$ kann die Höhe der Ausgangswechselspannung zwischen den Punkten 801 und 802 in Abhängigkeit von der Dämpfung im Schwingkreis in definiertem Bereich eingestellt werden. Über den Widerstand $R2$ wird der Entladestrom des Kondensators $C1$ beim Einschalten des Transistors $T1$ begrenzt.

20 **[0068]** Die Kapazität $C3$ dient zur Abkoppelung des Gleichspannungsanteils von U_{C2} . Mit dem Widerstand $R1$ wird der Arbeitspunkt des Transistors beeinflusst. Die Induktivität $L1$ bewirkt eine Reduktion des Wechselstromanteils in der Speisequelle wodurch die Verluste reduziert werden und das selbsttätige Anschwingen der Oszillatorschaltung bei Anlegen der Gleichspannung $E1$ verbessert wird. Die Widerstände $R5$ und $R6$ haben nur Spannungsteilerfunktion und sind von untergeordneter Bedeutung.

25 **[0069]** Fig. 6 zeigt eine Anordnung ähnlich der in Fig. 1 und Fig. 3, wobei jedoch zwei übereinander angeordnete Induktionsschleifen 601, 602 zwischen den Drehgestellen 107, 119 angeordnet sind. Ansonsten bezeichnen die in Fig. 6 verwendeten Bezugszeichen dieselben Teile und Einrichtungen wie in Fig. 1 bzw. Fig. 4. Die erste Induktionsschleife 601 ist vorzugsweise im Abstand 100 mm bis 200 mm oberhalb der Oberkante der Schienen 101, 102 angeordnet. Die zweite Induktionsschleife 602 ist darüber innerhalb des Wagenkastens des Schienenfahrzeugs angeordnet und vorzugsweise in einem Abstand von mindestens 100 mm über der ersten Induktionsschleife 601.

30 **[0070]** In dem Ausführungsbeispiel sind die Induktionsschleifen beide über die Verbindung 441 mit der Oszillatorschaltung 443 verbunden und in Reihe geschaltet. Dabei sind sie jedoch derart in Reihe geschaltet, dass sie zu jedem Zeitpunkt in einander entgegengesetzter

Richtung (180° Phasenverschiebung) von einem Strom durchflossen werden (oder von keinem Strom durchflossen werden), wie durch die entgegengesetzt weisenden und mit dem Bezugszeichen I_{L2} , I_{L1} bezeichneten Pfeile angedeutet ist.

[0071] Die resultierenden magnetischen Feldstärken der durch die Induktionsschleifen 601, 602 erzeugten elektromagnetischen Felder sind in Fig. 7 für verschiedene Punkte in der Umgebung der Induktionsschleifen dargestellt. Die Bildebene von Fig. 7 verläuft in vertikaler Richtung und quer zur Fahrtrichtung. Unten links ist die Schiene 102 erkennbar, darüber der momentan in die Bildebene hineinfließende Strom I_{L1} durch die Induktionsschleife 601 und wiederum darüber der momentan aus der Bildebene herausfließende Strom I_{L2} durch die zweite Induktionsschleife 602. Die Induktionsschleife 601 weist zur Oberkante der Schiene 102 einen Höhenabstand von $h1$ auf. Der Höhenabstand zwischen den Induktionsschleifen 601, 602 ist durch $h2$ symbolisiert.

[0072] An der Oberkante der Schiene 102 erzeugt die Induktionsschleife 601 eine momentane magnetische Feldstärke, die durch einen nach links weisenden, von der Schiene 102 ausgehenden Pfeil mit dem Bezugszeichen H_{L1} dargestellt ist. Die zweite Induktionsschleife 602 erzeugt momentan ein Magnetfeld an der Oberkante der Schiene 102, das durch einen nach rechts weisenden, von der Schiene 102 ausgehenden Pfeil mit dem Bezugszeichen H_{L2} dargestellt ist. Da die erste Induktionsschleife 601 wesentlich näher an der Oberkante der Schiene 102 angeordnet ist als die zweite Induktionsschleife 602, ist das von der ersten Induktionsschleife 602 erzeugte Magnetfeld betragsmäßig größer. Der resultierende Magnetfeldvektor an der Oberkante der Schiene 102 ist daher durch einen nach links weisenden Pfeil, der an der Schiene 102 ansetzt, und durch die Zeichenkette " $H_{L1}+H_{L2}$ " symbolisiert.

[0073] Auch wenn es sich bei dieser in Fig. 7 dargestellten Vektoraddition um eine Momentaufnahme handelt, gilt entsprechendes für jeden Zeitpunkt, zu dem die Induktionsschleifen 601, 602 betrieben werden. Lediglich bei einem Nulldurchgang der Magnetfeldstärke ist auch die Summe der Magnetfelder kurzzeitig Null. Im zeitlichen Mittel aber ist die Magnetfeldstärke durch die untere Induktionsschleife 601, geschwächt durch die weiter entfernt liegende obere Induktionsschleife 602, bestimmt.

[0074] In einem Abstand r seitlich (in Fig. 7 rechts) des Gleises und etwa in der Mitte der Höhenniveaus der Induktionsschleifen 601, 602 heben sich aber die Feldstärken der von den Induktionsschleifen 601, 602 erzeugten magnetischen Felder fast vollständig auf. Dies ist rechts in Fig. 7 durch eine Vektoraddition dargestellt. Die relevanten Abstände r zwischen dem Punkt A und den Induktionsschleifen 601, 602 sind in Wirklichkeit größer als in der schematischen Darstellung von Fig. 7. Daher heben sich für große Abstände r in Bezug auf die Abstände $h2$ bzw. $h1$ ($r \gg h2$ bzw. $h1$) die resultierenden magnetischen Felder der beiden Induktionsschleifen 601, 602

auch auf einer Kreisbahn um die Induktionsschleifen nahezu vollständig auf. Daher ist die elektromagnetische Verträglichkeit der Anordnung mit zwei Induktionsschleifen, die entgegengesetzt bestromt werden, bezüglich von Einrichtungen außerhalb und entlang der Fahrstrecke des Schienenfahrzeugs sehr gut.

[0075] Zusammenfassend können die Vorteile der vorliegenden Erfindung wie folgt genannt werden:

- 10 - Die Anzahl der elektrischen Verbindungen bzw. der zugeordneten Impedanzen zwischen den beiden Schienen ist erhöht, wenn eine erhöhte Anzahl von Achsen und Rädern des Schienenfahrzeugs genutzt wird und/oder wenn zusätzlich zu den Achsen elektrische Verbindungen von mehreren Rädern zu einem gemeinsamen Verbindungspunkt geführt werden.
- 15 - Dies gilt insbesondere dann, wenn die Verbindungsabschnitte zu dem Verbindungspunkt symmetrisch verlegt werden.
- 20 - Wegen der Anordnung der Induktionsschleife zwischen Drehgestellen ist die Gefahr von unerwünschten Induktionen im Bereich der Drehgestelle, z.B. im Bereich der dort angeordneten Fahrmotoren, Lager und Getriebe, reduziert und weitgehend ausgeschlossen.
- 25 - Da die Induktionsschleife zwischen den Drehgestellen sich nicht über den gesamten Zwischenraum zwischen den Drehgestellen erstrecken muss, bestehen mehrere Möglichkeiten bezüglich der Anordnung und Größengestaltung der von der Induktionsschleife umlaufenden Fläche. Es kann daher der jeweils in einem konkreten Schienenfahrzeug vorhandene, einfach zu erreichende Bauraum genutzt werden.
- 30 - Wenn die die Resonanzfrequenz des Schwingkreises wesentlich mitbestimmende Kapazität im Bereich der Oszillatorschaltung angeordnet wird (und nicht unmittelbar in der Induktionsschleife), kann auf Maßnahmen zum Schutz der Kapazität verzichtet werden und entstehen weniger elektrische Verbindungen unterflur in Gleisnähe.
- 35 - Wenn oberhalb einer in Gleisnähe angeordneten Induktionsschleife, die eine horizontal verlaufende Fläche umläuft, eine zweite solche Schleife angeordnet wird, können die elektromagnetischen Störfelder in Streckennähe stark reduziert werden. Dennoch ist die Funktionsweise der Induktionsschleifen für den angestrebten Zweck gewährleistet. Bei Bedarf kann die Stromstärke gegenüber der Nutzung einer einzigen Induktionsschleife erhöht werden, um die teilweise Kompensation der Feldstärken auf Gleishöhe auszugleichen.
- 40 - Wenn die Induktionsschleife zwischen zwei Drehge-

stellen angeordnet ist und/oder wenn zusätzlich zu den Achsen des Fahrzeugs elektrische Verbindungen von den Rädern zu einem gemeinsamen Verbindungspunkt verlegt werden, kann, wie im Stand der Technik bereits vorgeschlagen wurde, auf Induktionsschleifen in mehreren Drehgestellen verzichtet werden. Die Erfindung kommt daher vorzugsweise mit einer oder einem Paar von Induktionsschleifen zwischen zwei Drehgestellen aus.

- Zwei übereinander angeordnete, entgegengesetzt bestromte Induktionsschleifen können z.B. in Reihe geschaltet sein oder auch parallel geschaltet sein. In beiden Fällen kann eine einzige Oszillatorschaltung zur Bestromung beider Induktionsschleifen eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Schienenfahrzeug mit einer Induktionsschleife (1) zur Gewährleistung einer niederohmigen elektrischen Verbindung zwischen Rädern (115, 116) des Schienenfahrzeugs und Fahrschienen (101, 102), auf denen die Räder (115, 116) rollen, durch Induktion einer elektrischen Spannung in eine durch die Räder (115, 116), durch Abschnitte zumindest einer der Fahrschienen und durch elektrische Verbindungen zwischen Rädern (115, 116) gebildete sekundäre Stromschleife,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Induktionsschleife unterflur eines Fahrzeugchassis des Schienenfahrzeugs und in Fahrtrichtung zwischen zwei Drehgestellen (107; 119) des Schienenfahrzeugs angeordnet ist.
2. Schienenfahrzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei elektrische Verbindungen zwischen gegenüberliegenden Rädern (115, 116) zusätzlich zu gegebenenfalls vorhandenen Achsen des Schienenfahrzeugs auch zumindest eine elektrische Leitung (110, 220; 210, 120) aufweisen, die ein erstes Rad (115a; 115c) auf einer ersten Seite des Schienenfahrzeugs mit einem zweiten Rad (115d; 116b) auf der gegenüberliegenden, zweiten Seite des Schienenfahrzeugs verbindet, wobei das erste Rad (115a; 115c) und das zweite Rad (115d; 115b) in Fahrtrichtung gegeneinander versetzt sind, d. h. insbesondere nicht an derselben Achse montiert sind.
3. Schienenfahrzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei mehrere der elektrischen Leitungen (110, 210, 120, 220, 310, 410, 320, 420) vorhanden sind, die elektrischen leitend an einem Verbindungspunkt (5) miteinander verbunden sind.
4. Schienenfahrzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Verbindungspunkt (5) in der Fahr-

richtung in der Mitte zwischen den zwei Drehgestellen (107; 119) angeordnet ist.

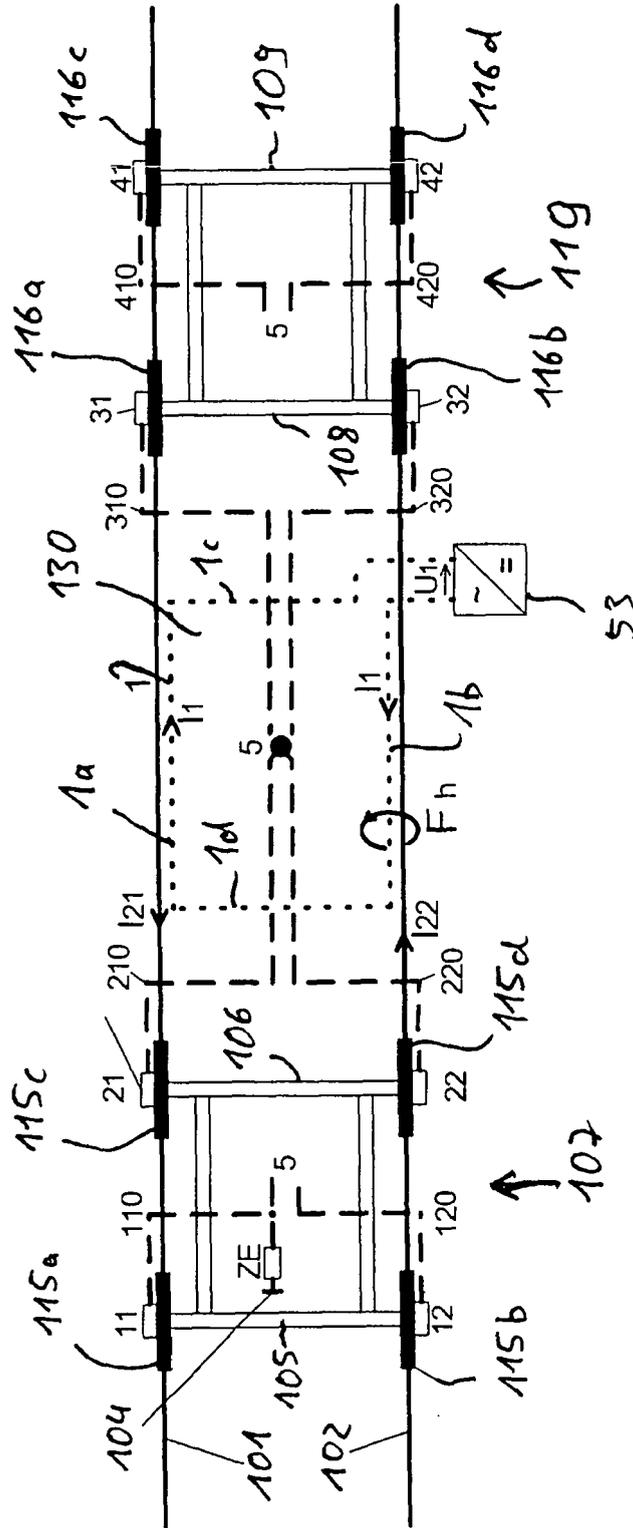
5. Schienenfahrzeug nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verbindungspunkt (5) in der Mitte zwischen den beiden Fahrschienen (101, 102) angeordnet ist.
6. Schienenfahrzeug nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Teil der von dem Verbindungspunkt zu den Rädern führenden Abschnitte der elektrischen Leitungen (110, 210, 120, 220, 310, 410, 320, 420) symmetrisch bezüglich dem Verbindungspunkt (5) und/oder symmetrisch bezüglich einer vertikalen Ebene verlegt sind, wobei die vertikale Ebene in der Mitte des Schienenfahrzeugs und in der Fahrtrichtung verläuft.
7. Schienenfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Induktionsschleife (1) eine horizontal verlaufende Fläche umläuft.
8. Schienenfahrzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei zwei der Induktionsschleifen (601, 602) vorgesehen sind, wobei die horizontal verlaufenden Flächen, die von der jeweiligen Induktionsschleife umlaufen werden, übereinander liegen und wobei das Schienenfahrzeug eine Stromerzeugungseinrichtung (443) zur Erzeugung von Wechselströmen in den Induktionsschleifen (601, 602) aufweist, die derart ausgestaltet und mit den Induktionsschleifen (601, 602) verbunden ist, dass die Ströme in den zwei Induktionsschleifen (601, 602) phasenverschoben fließen.
9. Schienenfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zwei der Induktionsschleifen (71) vorgesehen sind, wobei jede der Induktionsschleifen (71) auf einer der Seiten des Schienenfahrzeugs eine vertikal verlaufende Fläche umläuft, die sich auf der jeweiligen Seite des Schienenfahrzeugs in Fahrtrichtung erstreckt.
10. Schienenfahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schienenfahrzeug eine Stromerzeugungseinrichtung (443) zur Erzeugung von Strömen in der Induktionsschleife (1) aufweist, wobei die Stromerzeugungseinrichtung (443) einen Oszillator (447) zur Erzeugung eines mit einer Oszillationsfrequenz oszillierenden Wechselstroms in der Induktionsschleife (1) aufweist, wobei ein kapazitives Bauteil (551, 552) oder eine Anordnung von kapazitiven Bauteilen (551, 552) vorgesehen ist, dessen/deren Kapazität (C1, C2) gemeinsam mit der Induktionsschleife (1) und einer Verbindungsleitung (441) zwischen der Stromerzeugungseinrichtung (443) und der Induktionsschleife (1) eine Resonanzfrequenz der Induktionsschleife (1) bestimmt und

wobei das kapazitive Bauteil (551, 552) bzw. die Anordnung als Teil der Stromerzeugungseinrichtung (443) ausgestaltet ist und über die Verbindungsleitung (441) mit der Induktionsschleife (1) verbunden ist.

dem Energieversorgungsnetz bezieht.

- 5
11. Verfahren zum Betreiben eines Schienenfahrzeugs, wobei zur Gewährleistung einer niederohmigen elektrischen Verbindung zwischen Rädern (115, 116) des Schienenfahrzeugs und Fahrschienen (101, 102), auf denen die Räder (115, 116) rollen, eine elektrische Spannung in eine durch die Räder (115, 116), durch Abschnitte zumindest einer der Fahrschienen (101, 102) und durch elektrische Verbindungen (105, 106, 108, 109; 110, 210, 120, 220, 310, 410, 320, 420) zwischen Rädern (115, 116) gebildete sekundäre Stromschleife induziert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung der Induktion eine Induktionsschleife (1) verwendet wird, die unterflur eines Fahrzeugchassis des Schienenfahrzeugs und in Fahrtrichtung zwischen zwei Drehgestellen (107, 119) des Schienenfahrzeugs angeordnet ist.
- 10
- 15
- 20
12. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Induktionsschleife
- 25
- (1) eine horizontal verlaufende Fläche umläuft.
13. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei zwei der Induktionsschleifen (601, 602) verwendet werden, wobei die horizontal verlaufenden Flächen, die von der jeweiligen Induktionsschleife (601, 602) umlaufen werden, übereinander liegen und wobei in den zwei Induktionsschleifen (601, 602) Ströme erzeugt werden, die gegeneinander phasenverschoben fließen.
- 30
- 35
14. Verfahren nach Anspruch 11, wobei zwei der Induktionsschleifen (71) verwendet werden, wobei jede der Induktionsschleifen (71) auf einer der Seiten des Schienenfahrzeugs eine vertikal verlaufende Fläche umläuft, die sich auf der jeweiligen Seite des Schienenfahrzeugs in Fahrtrichtung erstreckt, sodass auf der jeweiligen Seite des Schienenfahrzeugs jeweils eine elektrische Spannung in einer sekundären Stromschleife induziert wird, die durch einen Abschnitt der Fahrschiene (101, 102), durch Räder (115, 116) der vor und hinter der Induktionsschleife angeordneten Drehgestelle (107, 119) und durch eine elektrische Verbindung zwischen den Drehgestellen (107, 119) gebildet ist.
- 40
- 45
- 50
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schienenfahrzeug mit Strom aus einem Energieversorgungsnetz angetrieben wird und wobei die Induktionsschleife (1) nur dann betrieben wird, wenn das Schienenfahrzeug keinen Strom aus
- 55

Fig. 1



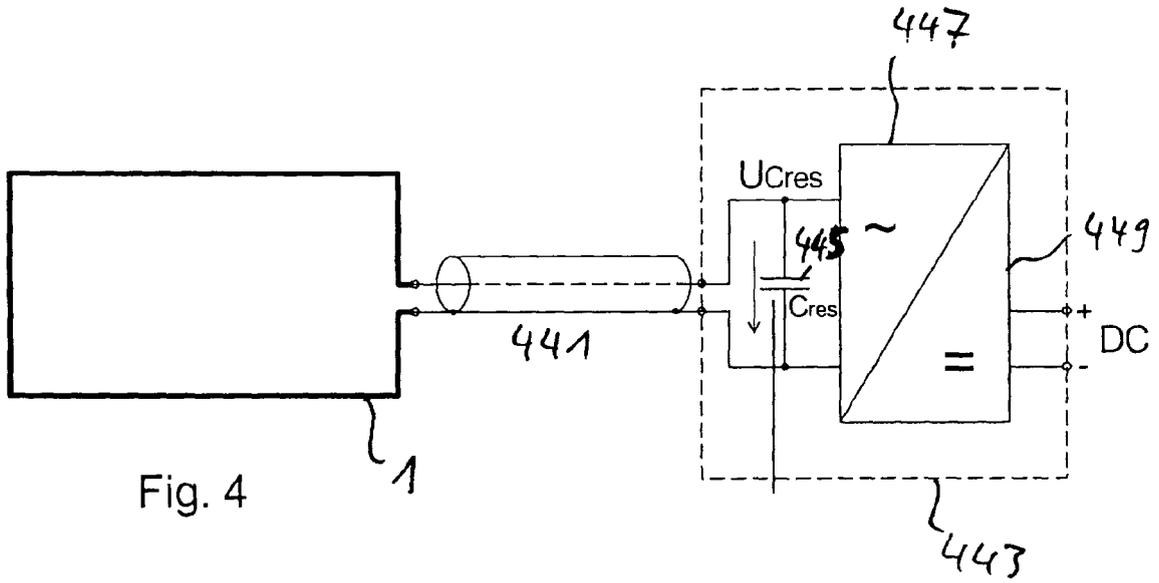
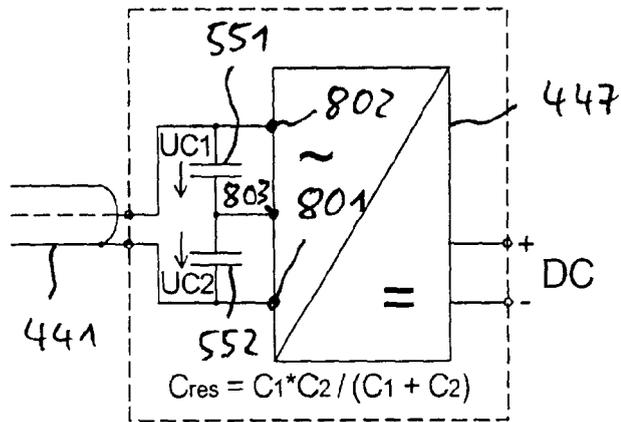


Fig. 5



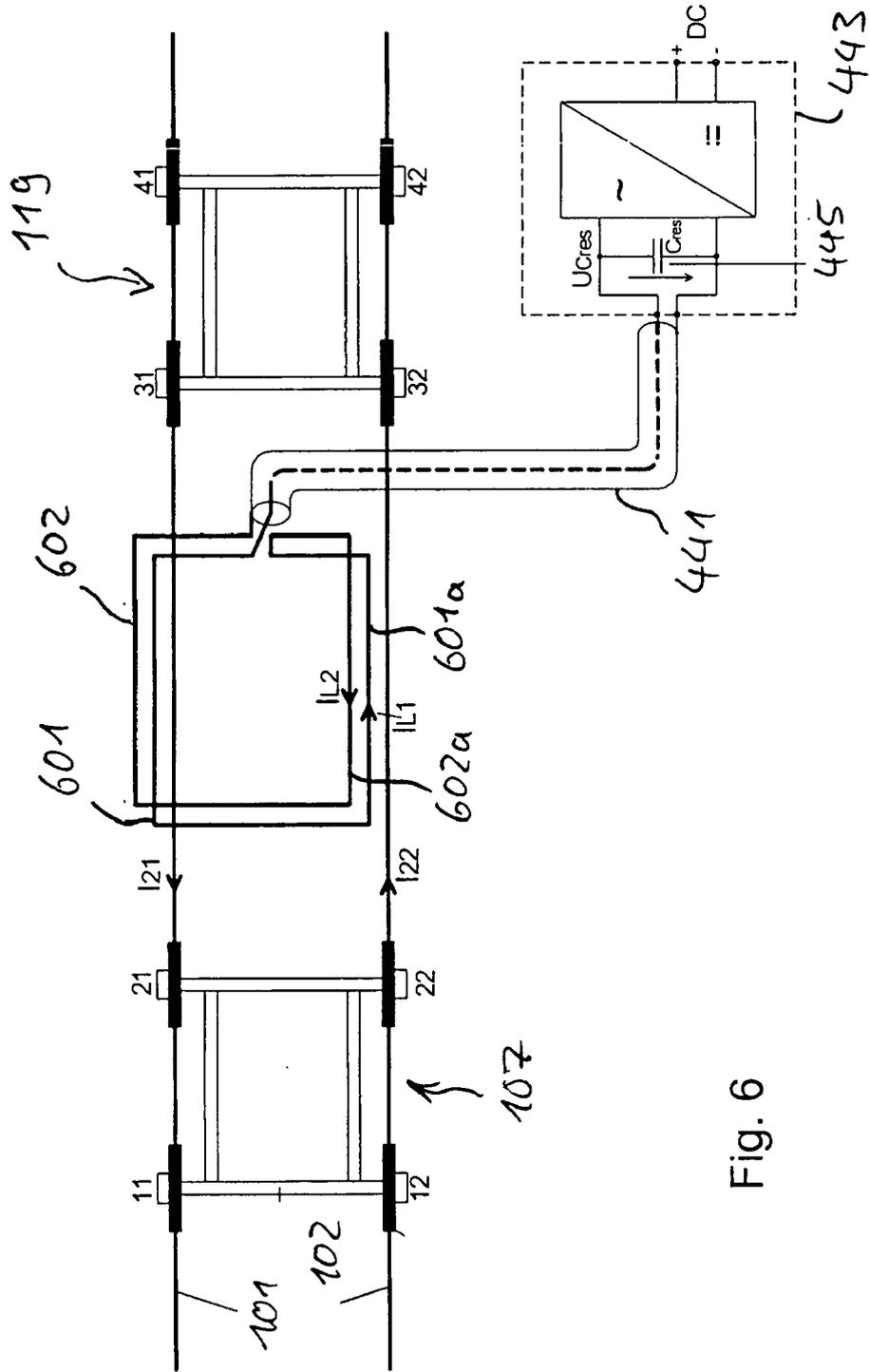
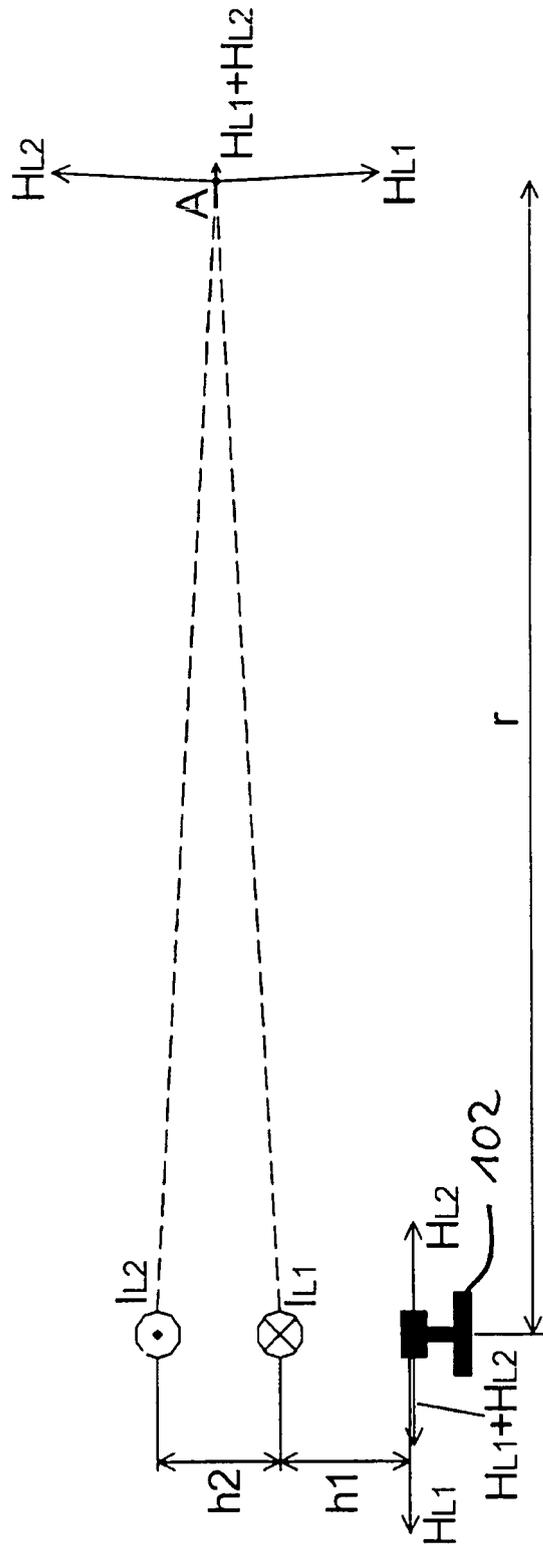


Fig. 6

Fig. 7



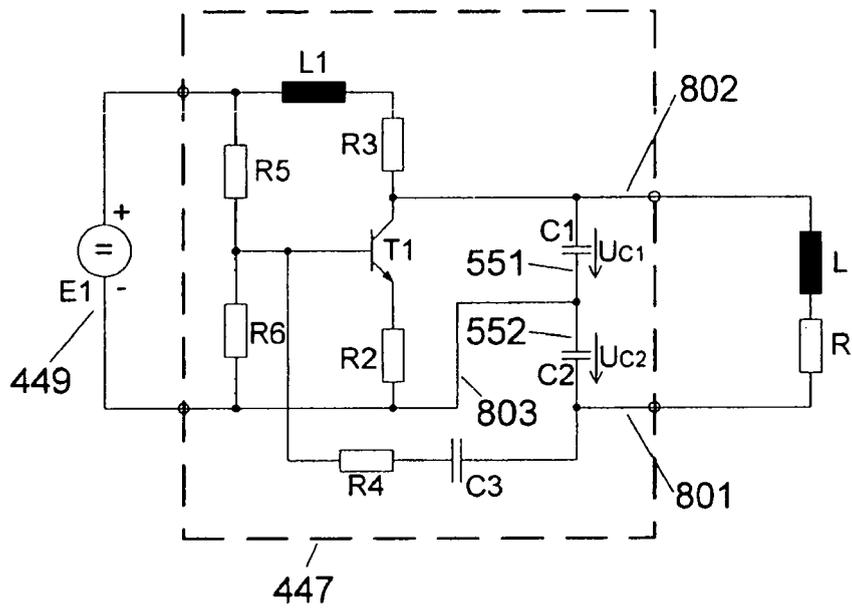


Fig.8

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0500757 B1 [0005] [0006]