(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 720 513 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
**22.04.2015 Patentblatt 2015/17**

(21) Anmeldenummer: **12007123.8**

(22) Anmeldetag: **15.10.2012**

(51) Int Cl.:
***H05B 6/10*** *(2006.01)* ***H05B 6/06*** *(2006.01)*
***E01B 7/24*** *(2006.01)* ***E01B 19/00*** *(2006.01)*
***E01H 8/08*** *(2006.01)*

(54) **Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung**

Inductive heating device for points and/or rails

Dispositif inductif de chauffage d'aiguille et/ou de rail

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
**16.04.2014 Patentblatt 2014/16**

(73) Patentinhaber: **IFF GmbH**
**85737 Ismaning (DE)**

(72) Erfinder: **Mazac, Karel, Prof. Dr.**
**86316 Friedberg (DE)**

(74) Vertreter: **Wiedemann, Markus**
**Patentanwalt**
**Ludwigstrasse 1**
**86150 Augsburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 1 582 627**
**WO-A1-2012/050502**
**DE-A1- 2 427 864**
**DE-A1- 4 338 750**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 720 513 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung beinhaltend einen von einer Wechselspannungsquelle gespeisten Generator, welcher über eine Leitungsverbindung wenigstens einen wenigstens eine Induktionsspule enthaltenden, zur Befestigung an der Schiene oder an der Weiche vorgesehenen Induktor mit Wechselstrom versorgt, wobei aufgrund der mit dem Wechselstrom gespeisten Induktionsspule des Induktors in der Schiene oder in der Weiche durch elektromagnetische Induktion ein Strom induziert wird, welcher die Schiene oder die Weiche erwärmt, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

**[0002]** Weiterhin betrifft die Erfindung gemäß Anspruch 20 auch ein Schienennetz für Schienenfahrzeuge, beinhaltend wenigstens eine Schiene und/oder eine Weiche, welches eine induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung beinhaltet.

**[0003]** Nicht zuletzt betrifft die Erfindung auch die Verwendung einer Induktionseinrichtung mit

a) einem von einer Wechselspannungsquelle gespeisten Generator,
b) einer Leitungsverbindung zwischen dem Generator und wenigstens einem wenigstens eine Induktionsspule enthaltenden Induktor zur Versorgung der wenigstens einen Induktionsspule mit von dem Generator erzeugten Wechselstrom, und mit
c) einer Steuerungs- oder Regelungseinrichtung zur Steuerung oder Regelung der elektrischen Leistung des Generators durch Variieren der Frequenz und/oder der Pulsweite des in den wenigstens einen Induktor eingespeisten Wechselstroms,

gemäß Anspruch 23.

**[0004]** Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung dienen dazu, wenigstens einen Abschnitt einer Schiene oder eines aus zwei parallelen Schienen bestehenden Schienenstrangs und/oder eine Weiche frei von Eis und Schnee zu halten, um eine Eisbildung auf Oberflächen von Schienen oder Weichen generell zu vermeiden oder ein Festfrieren von beweglichen Elementen einer Weiche zu verhindern. Am weitesten verbreitet sind heutzutage Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtungen beispielsweise gemäß US 6 727 470 B2, welche auf Basis von Widerstandselementen (Heizpatronen) arbeiten, die auf dem Prinzip der ohmschen Energieerzeugung durch elektrischen Widerstand beruhen. Aufgrund dieses Funktionsprinzips ist jedoch eine relativ hohe elektrische Leistung notwendig. Die Oberflächentemperaturen von durch solchermaßen Weichen- oder Schienenheizungsvorrichtungen erwärmten Schienen oder Weichen erreichen relativ hohe Werte. Jedoch wird nur ein kleiner Teil der von den Heizpatronen erzeugten Wärme auf die Schiene bzw. auf die Weiche übertragen. Der größere Rest wird indes über Strahlung im infraroten Bereich an die Umgebung abgegeben. Damit geht aber ein großer Anteil der eingesetzten Energie verloren.

**[0005]** Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtungen nutzen dagegen Effekte der elektromagnetischen Induktion, wonach durch Wechselbestromung einer oder mehrerer Spulen eines Induktors in der Schiene oder Weiche elektrische Ströme induziert werden, durch welche sich die betreffende Schiene oder Weiche aufheizen und damit von Eis und Schnee befreien oder befreit halten.

**[0006]** Da, wie oben bereits erwähnt, die Oberflächentemperatur der Widerstandselemente (Heizpatronen) relativ hoch ist und die Kontaktfläche zur Schiene oder Weiche hin begrenzt ist, geht die meiste Wärme durch Strahlung verloren. Dagegen gibt ein Induktor seine relativ niedrige Verlustwärme nahezu im vollen Umfang an die Schiene oder Weiche ab, was zur Einsparung von elektrischer Energie beiträgt. Für die Wirkung ist daher kein direkter oder enger Kontakt des Induktors mit der Schiene oder Weiche notwendig.

**[0007]** Eine gattungsgemäße induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung ist beispielsweise aus der DE 43 38 750 A1 bekannt. Dort wird ein Generator verwendet, der ausschließlich einen in seiner Frequenz unveränderlichen, insbesondere hochfrequenten Wechselstrom für den Induktor erzeugt, welcher durch Löcher in den Seitenwänden von Schienen erstreckende einfache Drahtwindung ausgebildet ist.

**[0008]** Aufgabe der Erfindung

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung der eingangs erwähnten Art derart fortzubilden, dass sie auf einfache Weise an die Dimensionen der zu beheizenden Schiene/Weiche anpassbar ist und zudem einen hohen Wirkungsgrad gewährleistet.

**[0010]** Weiterhin soll ein Schienennetz für Schienenfahrzeuge, beinhaltend wenigstens eine Schiene und/oder eine Weiche derart weiter entwickelt werden, dass auf einfache und kostengünstige Weise eine Eis- oder Schneebildung auf Schienen und/oder Weichen verhindert wird

**[0011]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale von Patentanspruch 1 und Patentanspruch 20 gelöst.

Offenbarung der Erfindung

**[0012]** Die Erfindung basiert auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion, wobei in der Umgebung eines mit

Wechselstrom durchflossenen Leiters, hier insbesondere Leitungsdrahtwindungen eines Induktors, ein elektromagnetisches Feld entsteht, das in anderen elektrischen Leitern, hier eine Schiene oder Weiche bzw. Weichenbauteile, die sich innerhalb dieses elektromagnetischen Felds befinden bzw. von den magnetischen Feldlinien dieses elektromagnetischen Felds erfasst werden, elektrische Ströme hervorruft. Diese in der Schiene oder in den Weichenbauteilen induzierten Ströme verursachen eine Erwärmung der Schiene bzw. der Weichenbauteile. Es handelt sich dabei um das bekannte Transformatorprinzip.

**[0013]** Je enger die Kopplung zwischen dem Induktor und der Schiene, desto weniger streuen die induzierten Potenziale und die induzierten Ströme haben klar definierte Bahnen. Der Wirkungsgrad ist dabei umso höher, desto enger die Koppelung zwischen dem Induktor und der Schiene bzw. den Weichenbauteilen ist.

**[0014]** Bei einer lockeren Kopplung zwischen Induktor und Schiene kommt es zu einer Streuung, die Bahnen der induzierten Ströme sind dann nicht mehr klar definiert und es entstehen Wirbelströme. Bei größerem Abstand ist die induzierte Stromdichte kleiner und damit die Erwärmung geringer und zusätzlich geht ein Teil des Feldes durch die Streuung verloren. Die Erwärmung der Schiene bzw. der Weichenbauteile erfolgt dann auf der Basis der Joule'schen Verluste.

**[0015]** Erfindungsgemäß ist eine Steuerungseinrichtung oder eine Regelungseinrichtung zur Steuerung oder Regelung der elektrischen Leistung des Generators durch Variieren der Frequenz und/oder der Pulsweite des in den wenigstens einen Induktor eingespeisten Wechselstroms vorgesehen.

**[0016]** Diese Steuerung oder Regelung findet zumindest während des Betriebs der induktiven Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung statt, wahlweise auch bereits vor einer Inbetriebnahme der induktiven Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung durch Voreinstellung von Frequenz und/oder der Pulsweite durch entsprechende zur variablen Einstellung wenigstens einer dieser Größen vorgesehene Mittel.

**[0017]** Damit sind die Betriebsparameter Frequenz und/oder Pulsbreite des vom Generator ausgesteuerten und in den wenigstens einen Induktor eingespeisten Wechselstroms an den jeweiligen Induktor oder an die jeweiligen Induktoren hinsichtlich deren Einbaulage, Anzahl und Größe anpassbar.

**[0018]** Eine Steuerung durch die Steuereinrichtung kann dabei beispielsweise durch eine rein manuelle Eingabe von Frequenz und/oder Pulsweite oder aber auch kennfeldabhängig erfolgen, d.h. einer bestimmten gemessenen Umgebungstemperatur oder gemessenen Schienen-/Weichentemperatur wird ein bestimmter Wert für die Frequenz und/oder für die Pulsweite zugeordnet.

**[0019]** Beispielsweise wird die Frequenz durch die Steuerung oder Regelung bevorzugt umso niedriger eingestellt, desto größer die zu erwärmende Länge der Schienen/Weichenbauteile bzw. die Länge der Induktionsspulen der eingesetzten Induktoren und gegebenenfalls auch der Verbindungsleitungen der Induktoren untereinander bzw. zum Generator sind. Denn je größer die Länge des Leiterdrahts der Induktionsspulen ist, desto niedriger ist die Frequenz des Erreger-Wechselstroms einzustellen, der notwendig ist, um ein zur Erzeugung einer gewünschten Temperatur in der Schiene bzw. in den Weichenbauteilen notwendiges Magnetfeld und damit den dafür notwendigen Induktionsstrom in der Schiene bzw. in den Weichenbauteilen zur Verfügung zu haben.

**[0020]** Die Frequenz dient daher zur Anpassung der Leistung des Generators an die Gesamtinduktivität des elektrischen Kreises und damit an die Länge der Induktionsspulen. Umgekehrt gilt, dass je kürzer die zu erwärmende Länge der Schiene bzw. der Weichenbauteile bzw. die Länge der Induktionsspulen der Induktoren und gegebenenfalls der Verbindungsleitungen der Induktoren untereinander bzw. zum Generator sind, desto höher ist die Frequenz der Erreger-Wechselstroms einzustellen, um ein zur Erzeugung einer gewünschten Temperatur in der Schiene bzw. in den Weichenbauteilen notwendiges Magnetfeld und damit den dafür notwendigen Induktionsstrom in der Schiene bzw. in den Weichenbauteilen zur Verfügung zu haben.

**[0021]** Hintergrund dieser Überlegungen ist, dass mit größer werdender zu erwärmender Länge der Schienen bzw. Weichenbauteile und damit mit größer werdender Länge der Induktionsspulen die Impedanz steigt.

**[0022]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht daher durch Steuerung oder Regelung der Leistung des Generators durch Variation von Frequenz und/oder Pulsweite des in die Induktoren eingesteuerten Wechselstroms gleichzeitig eine Steuerung oder Regelung der von den Induktoren erzeugten elektromagnetischen Felder zu schaffen. Insbesondere sind bei der angestrebten elektromagnetischen Induktion unter Verwendung periodischer oder auch aperiodischer Steuer- oder Regelfunktionen Impulse erzeugbar. Ferner sind Kombinationen aus stationären Magnetfeldern und Impulsen darstellbar.

**[0023]** Durch die Möglichkeit der Anpassung der elektrischen Leistung des Generators hinsichtlich Frequenz und/oder Pulsweite des Erreger-Wechselstroms für den wenigstens einen Induktor ist gegenüber dem Stand der Technik eine erhebliche Energieeinsparung möglich, weil bedingt durch eine mögliche individuelle Anpassung des Erreger-Wechselstroms an die jeweilige Ausführung des Induktors oder der Induktoren die Impedanz, d.h. der Widerstand reduzierbar ist.

**[0024]** Dies ist vor allem im Hinblick auf die hohe Anzahl von Weichen und Schienen lediglich im deutschsprachigen Raum (ca. 200.000) vorteilhaft, die es in der kalten Jahreszeit zu beheizen gilt. Heizsysteme auf rein Joule'scher Basis verbrauchen 600 W bis 700 W pro Meter Draht- oder Leitungslänge. Bei einer angenommenen 6-monatigen Heizperiode und durchschnittlich 12 Metern Länge an zu erwärmender Schiene/Weiche ergibt sich ein Energieverbrauch von

650W x 12m x 24h x 180Tage x 200 = 6 739 200 MWh.

**[0025]** Die Induktoren werden an den Schienen bzw. Weichenbauteile vorzugsweise so angebracht, dass die erzeugten elektromagnetischen Felder und damit auch die induzierten Ströme auf den zu erwärmenden Bereich konzentriert sind. Diese Konzentration kann durch wechselnde Polarität und/oder beidseitige Anbringung verstärkt werden.

**[0026]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

**[0027]** Besonders bevorzugt ist der Generator durch die Steuerungseinrichtung oder die Regelungseinrichtung derart gesteuert oder geregelt, dass die Frequenz des in den wenigstens einen Induktor eingespeisten Wechselstroms innerhalb eines Bereich von 5 kHz bis 15 kHz variierbar oder einstellbar ist. Es wurde festgestellt, dass ein besonders hoher Wirkungsgrad in diesem mittelfrequenten Bereich erzielt wird.

**[0028]** Ganz besonders bevorzugt ist der Generator ohne Schwingkreis oder ohne Resonanzkreis ausgebildet. Dies vereinfacht den Aufbau des Generators.

**[0029]** Gemäß einer Weiterbildung beinhaltet die Steuerungseinrichtung oder die Regelungseinrichtung wenigstens einen Mikroprozessor, der über Treiber die Frequenz und/oder die Pulsweite des in den wenigstens einen Induktor eingespeisten Wechselstroms variiert oder einstellt.

**[0030]** Die Steuerungseinrichtung oder die Regelungseinrichtung kann weiterhin eine Bedieneinrichtung beinhalten, über welche Betriebsparameter des Generators durch den Mikroprozessor einstellbar sind.

**[0031]** In dem Mikroprozessor können Algorithmen für eine Steuerung oder Regelung der Leistung des Generators durch Variation von Pulsweite und/oder Frequenz des in den wenigstens einen Induktor eingespeisten Wechselstroms implementiert sein, wobei die Steuerung oder Regelung der Leistung des Generators abhängig von wenigstens einer Führungsgröße erfolgt.

**[0032]** Die wenigstens eine Führungsgröße für die Steuerung oder die Regelung der Leistung des Generators beinhaltet bevorzugt wenigstens die Umgebungstemperatur oder die Schienen/Weichentemperatur, jeweils alleine oder in Kombination mit der Luftfeuchtigkeit.

**[0033]** Zudem ist vorzugsweise wenigstens ein Sensor zur Messung der Führungsgröße vorgesehen und mit dem Mikroprozessor signalleitend verbunden.

**[0034]** Gemäß einer besonders zu bevorzugenden Maßnahme ist den in dem Mikroprozessor implementierten Algorithmen für die Steuerung oder die Regelung der Leistung des Generators ein Temperaturbereich zwischen einem unteren Temperaturgrenzwert und einem oberen Temperaturgrenzwert für die Umgebungstemperatur und/oder für die Schienen-/Weichentemperatur vorgebbar, wobei

a) bei einer von dem wenigstens einen Sensor gemessenen Umgebungstemperatur und/oder Schienen/Weichentemperatur, welche in dem Bereich zwischen dem oberen Temperaturgrenzwert und dem unteren Temperaturgrenzwert liegt, durch den Mikroprozessor eine Steuerung oder eine Regelung der elektrischen Leistung des Generators abhängig von der Umgebungstemperatur und/oder abhängig von der Schienen/Weichentemperatur als Führungsgröße erfolgt, und

b) bei einer gemessenen Umgebungstemperatur und/oder Schienen/Weichentemperatur, welche größer gleich dem oberen Temperaturgrenzwert ist, die elektrische Leistung des Generators auf Null oder einen Minimalwert gesetzt wird, und

c) bei einer gemessenen Umgebungstemperatur oder Schienen/Weichentemperatur, welche kleiner gleich dem unteren Temperaturgrenzwert ist, die elektrische Leistung des Generators einen konstanten Maximalwert gesetzt wird.

**[0035]** Gemäß einer Weiterbildung dieser Maßnahme können in dem Mikroprozessor ausgehend von einer mittleren Temperatur , welche eine Mitte des Bereichs zwischen dem oberen Temperaturgrenzwert und dem unteren Temperaturgrenzwert darstellt, entweder in Richtung des oberen Temperaturgrenzwerts oder in Richtung des unteren Temperaturgrenzwerts unterschiedliche Algorithmen für die Steuerung oder Regelung der Leistung des Generators implementiert sein.

**[0036]** Die Regelungseinrichtung kann beispielsweise einen P-Regler, einen PI- Regeler oder einen PID-Regler beinhalten.

**[0037]** Zudem kann wenigstens ein Display zur Darstellung von Betriebsparametern vorgesehen sein.

**[0038]** Die Betriebsparameter beinhalten bevorzugt die Pulsweite und/oder Frequenz des in den wenigstens einen Induktor eingespeisten Wechselstroms und/oder den oberen Temperaturgrenzwert und den unteren Temperaturgrenzwert und/oder die mittlere Temperatur.

**[0039]** Der wenigstens eine Induktor ist bevorzugt plattenförmig ausgebildet, mit einer relativ zur Dimension seiner Seitenflächen geringen Dicke. Dabei sind die Windungen der Induktionsspule des wenigstens einen Induktors bevorzugt

in einer einzigen Ebene angeordnet.

**[0040]** Die Windungen des Leitungsdrahts der Induktionsspule oder der Induktionsspule des wenigstens einen Induktors sind beispielsweise in oder von einem plattenförmigen Trägerkörper aufgenommen, welcher mit einer seiner Seitenflächen zur Befestigung an einer inneren Seitenfläche oder an einer äußeren Seitenfläche einer Schiene vorgesehen ist.

**[0041]** Die Induktoren können gemäß einer Ausführungsform derart in den elektrischen Kreis geschaltet sein (seriell oder parallel), dass ihre magnetischen Felder in gleicher Richtung verlaufen. Alternativ können im elektrischen Kreis oder an einer Schiene oder Weichenteil benachbart angeordnete Induktoren derart verschaltet sein, dass ihre magnetische Felder entgegen gesetzte Richtungen aufweisen. Mit anderen Worten können benachbart an einer Schiene oder einem Weichenteil angeordnete Induktoren im elektrischen Kreis derart verschaltet sein, dass ihre magnetische Polarität abwechselt.

**[0042]** Der wenigstens eine Induktor kann mittels einer Befestigungsvorrichtung an der Schiene befestigt sein, wobei der Befestigungsvorrichtung und dem Induktor bevorzugt wenigstens ein Abschirmkörper aus elektrisch nicht leitendem, aber magnetisch leitendem Material wie Ferrit zwischengeordnet ist.

**[0043]** Der wenigstens eine Induktor ist bevorzugt mittels einer L-förmigen Klammer an der Schiene befestigbar, wobei die L-förmige Klammer einen einen Schienenfuß wenigstens teilweise umgreifenden ersten Schenkel und einen den Induktor an einer Seitenfläche der Schiene haltenden zweiten Schenkel aufweist, wobei dem zweiten Schenkel der Klammer und dem Induktor wenigstens ein Abschirmkörper aus elektrisch nicht leitendem, aber magnetisch leitendem Material wie Ferrit zwischengeordnet ist.

**[0044]** Bevorzugt wird der Generator gemäß eines Startmoduls derart gesteuert, dass nach dem Einschalten des Generators die Pulsweite bei konstanter Frequenz ausgehend von einem Startwert für die Pulsweite über eine bestimmte Zeitspanne rampenartig auf einen gegenüber einer einem Dauerleistungswert des Generators entsprechenden Pulsweite höheren Wert erhöht, danach für eine weitere Zeitspanne auf diesem erhöhten Wert konstant gehalten und nach Ablauf der weiteren Zeitspanne auf die dem Dauerleistungswert des Generators entsprechende Pulsweite abgesenkt wird. Dies bringt zwei Vorteile: Zum einen wird eine schnelle Anfangserwärmung erreicht und zum andern ermöglicht die Absenkung der anfänglich erhöhten Leistung auf die demgegenüber niedrigere Dauerleistung eine Energieeinsparung.

**[0045]** Die Erfindung umfasst auch ein Schienennetz mit wenigstens einer Schiene und/oder eine Weiche, welches eine oben beschriebene induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung beinhaltet. Dabei ist bevorzugt wenigstens ein Induktor an einer oder an beiden Seitenflächen wenigstens einer Schiene angeordnet, wobei der wenigstens eine Induktor bevorzugt in einem sich im Bereich einer Weiche befindlichen Schienenabschnitt angeordnet ist.

**[0046]** Nicht zuletzt umfasst die Erfindung auch eine Verwendung einer Induktionseinrichtung mit wenigstens

a) einem von einer Wechselspannungsquelle gespeisten Generator,
b) einer Leitungsverbindung zwischen dem Generator und wenigstens einem wenigstens eine Induktionsspule enthaltenden Induktor zur Versorgung der wenigstens einen Induktionsspule mit von dem Generator erzeugten Wechselstrom, und mit
c) einer Steuerungs- oder Regelungseinrichtung zur Steuerung oder Regelung der elektrischen Leistung des Generators durch Variieren der Frequenz und/oder der Pulsweite des in die Induktionsspule eingespeisten Wechselstroms
d) für eine Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung, bei welcher der wenigstens eine Induktor an einer Schiene und/oder an einer Weiche eines Schienennetzes angeordnet ist und bei welcher aufgrund der mit dem Wechselstrom gespeisten Induktionsspule in der Schiene und/oder in der Weiche durch elektromagnetische Induktion ein Strom induziert wird, welcher die Schiene und/oder die Weiche erwärmt.

**[0047]** Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf eine induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

Fig.2 eine schematische Querschnittsansicht einer Schiene mit seitlich angebrachten Induktoren der erfindungsgemäßen induktiven Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung;

Fig.3 eine schematische Seitenansicht von Windurigen eines Induktors der erfindungsgemäßen induktiven Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung;

Fig.4 eine schematische Querschnittsansicht eines an einer Seitenfläche einer Schiene mittels einer abgeschirmten Befestigungsvorrichtung angebrachten Induktors der erfindungsgemäßen induktiven Wei-

chen- und/oder Schienenheizvorrichtung;

Fig.5.1 ein Temperatur-Leistungs-Diagramm, welches sich anhand einer bevorzugten Ausführung einer Steuerung oder Regelung eines Generators der erfindungsgemäßen induktiven Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung ergibt;

Fig.5.2 ein Temperatur-Leistungs-Diagramm, welches sich anhand einer weiteren Ausführung einer Steuerung oder Regelung eines Generators der erfindungsgemäßen induktiven Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung ergibt;

Fig.5.3 ein Temperatur-Leistungs-Diagramm, welches sich anhand einer weiteren Ausführung einer Steuerung oder Regelung eines Generators der erfindungsgemäßen induktiven Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung ergibt;

Fig.6 eine graphische Veranschaulichung des magnetischen Flusses, welcher mittels eines Induktors der erfindungsgemäßen induktiven Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung in einer Schiene erzeugt wird;

Fig.7a bis d Beispiele von Impulsfunktionen für eine beliebige zeitabhängige physikalische Größe g, die überwiegend als Hüllkurve mehrerer Pulse entstehen, worin T die Periode der jeweiligen Impulsfunktion darstellt;

Fig.8a eine schematische Gesamtdarstellung einer Induktionseinrichtung für eine induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

Fig.8b eine mit einem Spannungszwischenkreis arbeitende und als H-Brücke verschaltete Endstufe des Generators;

Fig.9a bis c Beispiele periodischer Schwingfunktionen in Form von symmetrischen oder asymmetrischen Sägezähnen als Einzelwelle mit einer Periode und einer Wiederholungsrate;

Fig.10a rechteckförmige Spannungspulse mit einer Pulsweite von 100 %;

Fig. 10b rechteckförmige Spannungspulse mit einer Pulsweite von 50 %;

Fig.11a/b trapezförmige Funktionsverläufe ohne Pulsunterbrechung, die bei einer Begrenzung der maximal zulässigen Pulsweite in den Fig.10a und 10b nach oben bei sowohl den Größen Strom als auch magnetischem Fluss entstehen;

Fig.12 einen symmetrischen Spannungsverlauf, der ein periodisches bzw. aperiodisches Durchlaufen eines beliebigen, frei wählbaren Frequenzbereichs bei einer Frequenzmodulation mit gleichbleibender Pulsweite in einer ersten Betriebsart des Generators darstellt;

Fig.13 einen symmetrischen Spannungsverlauf, der ein periodisches bzw. aperiodisches Durchlaufen eines beliebigen Pulsweitenbereichs bei einer Pulsweitenmodulation mit gleichbleibender Frequenz in einer zweiten Betriebsart des Generators darstellt;

Fig.14 einen asymmetrischen Spannungsverlauf, der ein periodisches bzw. aperiodisches Durchlaufen eines beliebigen, frei wählbaren Frequenzbereichs bei einer Frequenzmodulation mit gleichbleibender Pulsweite in der ersten Betriebsart darstellt; und

Fig.15 einen asymmetrischen Spannungsverlauf, der ein periodisches bzw. aperiodisches Durchlaufen eines beliebigen Pulsweitenbereichs bei einer Pulsweitenmodulation mit gleichbleibender Frequenz in der zweiten Betriebsart darstellt;

Fig.16 ein Zeit-Leistungsdiagramm des Generators nach dem Einschalten, wobei die Frequenz f konstant und die Pulsweite PW variiert wird;

Fig.17 eine schematische Ansicht von Induktoren, welche im elektrischen Kreis derart verschaltet sind, dass

sie magnetische Felder gleicher Richtung erzeugen;

Fig.18 eine schematische Ansicht von Induktoren, welche im elektrischen Kreis derart verschaltet sind, dass sie magnetische Felder von entgegen gesetzter Richtung erzeugen.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0048]** Fig.1 stellt eine schematische Draufsicht auf eine induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung 1 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dar. Diese Vorrichtung beinhaltet einen elektrischen Generator 2, der beispielsweise von einem üblichen Wechselstromnetz (50 Hz) mit Wechselstrom versorgt wird. Der Generator 2 ist Bestandteil eines elektrischen Kreises 4, welcher bevorzugt in Serie geschaltete Induktoren 6 beinhaltet.

**[0049]** Die Induktoren 6 sind bevorzugt jeweils an einer äußeren Seitenfläche 12 von zwei parallel verlaufenden Schienen 8 im Bereich einer Weiche 10 angeordnet, wie insbesondere aus Fig.1, Fig.2 und Fig.4 hervorgeht. Alternativ können die Induktoren 6 auch sowohl an der inneren Seitenfläche 14 der Schienen 8 als auch an den äußeren Seitenflächen 12 der Schienen 8 angeordnet sein, wie in Fig.2 angedeutet ist. Im vorliegenden Fall wird die Gängigkeit der Weiche 10 durch eine Beheizung von zwei parallelen Schienen 8 eines Schienenstrangs im Bereich der Weiche 10 durch die induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung 1 auch bei niedrigen Temperaturen bzw. Vereisungsgefahr erhalten. Alternativ oder zusätzlich könnten aber auch Weichenbauteile der Weiche 10 beheizt werden.

**[0050]** Zur Beheizung der Schienen 8 sind bevorzugt an deren Seitenflächen 12 und/oder 14 Induktoren 6 angebracht. Die Seitenflächen 12, 14 sind bevorzugt Seitenflächen eines Schienen-Mittelteils 16, welches sich in Vertikalrichtung oder im Querschnitt gesehen zwischen einem unteren Schienenfuß 18, der meist auf einem Schweller aufliegt und einem oberen Schienenkopf 20 befindet, auf dem die Lauf- und Spurkränze der Laufräder von Schienenfahrzeugen abrollen und auch seitlich geführt werden.

**Induktoren**

**[0051]** Die Induktoren 6 sind dabei bevorzugt plattenförmig ausgebildet, d.h., dass sie gemessen an der Dimension oder Ausdehnung ihrer Seitenflächen eine relativ geringe Dicke aufweisen. Die Induktoren 6 sind bezogen auf die Länge der Schiene oder der Schienen 8 beispielsweise äquidistant an deren Seitenflächen 12, 14 angeordnet. Untereinander sind die Induktoren 6 durch elektrische Verbindungsleitungen 22 des elektrischen Kreises 4 bevorzugt seriell miteinander verbunden.

**[0052]** Durch die plattenförmige flache Ausbildung der Induktoren 6 in Kombination mit ihrer Anbringung an den Seitenflächen 12, 14 der Schienen 8 ist gewährleistet, dass die Induktoren 6 nicht von den Spurkränzen der Räder der Schienenfahrzeuge erfasst werden können.

**[0053]** Wie aus Fig.3 hervorgeht, beinhaltet ein solcher Induktor 8 eine Induktionsspule 56 mit Windungen 24 eines Leiterdrahts, die innerhalb einer einzigen Ebene, insbesondere in der Plattenebene angeordnet sind. Die Anzahl der hier beispielsweise spiralförmig ausgeführten Windungen 24 kann der Fachmann bei Bedarf anpassen. Die Windungen 24 sind bevorzugt in einen plattenförmigen Trägerkörper 26 beispielsweise eingegossen, wobei jeweils ein Ende des Leiterdrahts der Windungen 24 aus dem Formkörper 26 herausragt, um an den elektrischen Kreis 4 angeschlossen werden zu können und um den elektrischen Kreis 4 zu schließen.

**[0054]** Die Ebene der Windungen 24 des Leiterdrahts der Induktionsspule 56 ist dabei im Wesentlichen parallel zu der zugeordneten Seitenfläche 12 oder 14 der Schiene 8 angeordnet. Wie durch Fig.6 veranschaulicht, bildet sich bei Wechselbestromung des Leiterdrahts der Windungen 24 eines Induktors 6 in einer bestimmten Richtung (Punkte im Kreis symbolisieren einen aus der Zeichenebene heraus fließenden Strom und ein Kreuz im Kreis einen in die Zeichenebene hinein fließenden Strom) ein Magnetfeld 28 aus, welches auch die betreffende, elektrisch leitende Schiene 8 erfasst und in diese bevorzugt im Wesentlichen senkrecht zur Seitenfläche 12 und/oder 14 eindringt, um dort durch Induktion einen Strom zu induzieren.

**[0055]** Der Induktor 6 ist bevorzugt derart angeordnet, dass der durch seine Induktionsspule 24 erzeugte magnetische Fluss bzw. die Magnetfeldlinien 28 vorzugsweise senkrecht zu einer Oberfläche 12 bzw. 14 einer Schiene 8 bzw. eines Weichenbauteils einer Weiche 10 verlaufen (Fig.6).

**[0056]** Der in der Schiene 8 induzierte Strom verursacht eine Erwärmung der Schiene 8 im Bereich der Weiche 10. Die Erwärmung der Schiene oder der Schienen 8 im Bereich der Weiche 10 bewirkt, dass sich zwischen den Schienen und den Führungen der Weiche für die Schienen keine Eis- oder Schneeschicht ausbilden kann, welche eine Bewegung der durch die Weiche 10 bewegten Schienen 8 blockieren könnte.

**[0057]** Alternativ oder zusätzlich zu den Schienen 8 könnten auch Weichenbauteile der Weiche 10 durch Induktoren 6 induktiv beheizt werden, welche hierzu entsprechend angeordnet werden, so dass die Magnetfeldlinien annährend senkrecht in Flächen der Weichenbauteile eindringen können, an denen die Induktoren 6 angeordnet sind..

**[0058]** Der Magnetfelderzeuger setzt sich daher bevorzugt aus mehreren, bevorzugt in Serie geschalteten einzelnen

Induktoren 6 zusammen, die eine jeweils identische oder unterschiedliche Länge ihres Leiterdrahts bzw. identische oder unterschiedliche physikalische Eigenschaften hinsichtlich ihres Leiterdrahts (Induktivität, Material, Durchmesser, Anzahl der Windungen 24 etc.) besitzen. Um eine gleiche Energieerzeugung je Länge zu gewährleisten, werden die einzelnen Induktoren 6 in dem elektrischen Kreis 4 bevorzugt seriell geschaltet.

**[0059]** Alternativ können bei Teil- oder Gesamtübereinstimmung der physikalischen Eigenschaften der einzelnen Induktoren 6 diese auch teilweise oder insgesamt parallel in den elektrischen Kreis 4 geschaltet werden. Denkbar ist aber auch eine Kombination von Serien- und Parallelschaltung der einzelnen Induktoren 6.

**[0060]** Bei serieller Schaltung können die einzelnen Induktoren 6 an die örtlichen Schienenverhältnisse bestens angepasst werden, indem sie in variablen Längen bezogen auf die Schienenlängsrichtung hergestellt werden. Sie können auch abwechselnd linksseitig und rechtsseitig an der betreffenden Schiene 8, dann insbesondere auch in Längsrichtung der Schiene 8 gesehen überlappend angebracht werden.

**[0061]** Die Induktoren 6 können so in den elektrischen Kreis 4 verschaltet werden, dass sie das magnetische Feld nicht nur in gleicher Richtung bevorzugt senkrecht zur Seitenfläche 12, 14 der Schiene 8 erzeugen, sondern beispielsweise auch in entgegen gesetzter Richtung, jedoch wiederum bevorzugt senkrecht zur Seitenfläche 12, 14 der Schiene 8.

**[0062]** In Fig.17 ist ein Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem an einer Schiene 8 angeordnete Induktoren 6 bevorzugt derart in den elektrischen Kreis 4 geschaltet sind (seriell oder parallel), dass ihre magnetischen Felder in gleicher Richtung verlaufen, dort symbolisiert jeweils durch das "+" im Kreis.

**[0063]** Fig.18 zeigt indes eine Ausführung, bei welcher zwei im elektrischen Kreis 4 benachbart angeordnete Induktoren 6 magnetische Felder entgegen gesetzter Richtungen erzeugen, was dort durch das "+" im Kreis bzw. das "-" im Kreis symbolisiert wird. Insbesondere sind nach der Ausführungsform von Fig.18 die Induktoren 6 derart in dem elektrischen Kreis 4 verschaltet, dass entlang einer Schiene 8 ihre magnetische Polarität abwechselt. Durch die gegenläufige Polarität der Induktoren 6 entstehen höhere Temperaturen in den Schienen 8, so dass diese Maßnahme eine weitere Energieersparnis mit sich bringt.

**[0064]** Die Induktoren 6 werden mit einer Außenfläche ihres Trägerkörpers 26 bevorzugt direkt oder mit einem minimalen Abstand bevorzugt seitlich an den Schienen 8 befestigt. Hierzu kann der die Windungen 24 des Leiterdrahts tragende Trägerkörper 26 so ausgeformt sein, dass sich seine zur Seitenfläche 12, bzw. 14 der betreffenden Schiene gewandte Seitenfläche an die Seitenfläche 12 bzw. 14 der Schiene 8 lückenlos anschmiegt.

**[0065]** Die Eigenwärme der Induktoren 6 wird auf diese Weise direkt auf die Schienen 8 durch kontaktierenden Wärmeübergang übertragen, wobei die Induktoren 6 auch durch Schienen 8 gekühlt werden. Die Befestigung der Induktoren 6 an den Schienen 8 erfolgt durch beliebige Befestigungsvorrichtungen, vorzugsweise durch Schrauben, Kleben, Permanentmagnete oder durch mechanische Klemmsysteme. Die Befestigung der Induktoren 6 an den Schienen 8 muss so ausgelegt sein, dass sie gegen den Witterung und mechanische Belastung wie Vibrationen ausreichend widerstandsfähig ist.

**[0066]** Eine bevorzugte Befestigungsvorrichtung zur Befestigung eines plattenförmigen Induktors an einer Seitenfläche einer Schiene besteht beispielsweise in einer L-förmigen elastischen Klammer 30, mit einem den Schienenfuß wenigstens teilweise umgreifenden ersten Schenkel 32 und einen den Induktor 6 an der Seitenfläche 12 bzw. 14 der Schiene 8 haltenden zweiten Schenkel 34, wie in Fig.4 gezeigt ist.

**[0067]** Der erste Schenkel 32 umgreift dabei den Schienenfuß 18 von unten. Der zweite Schenkel 34 übt dann eine seitliche Vorspannung auf den Induktor 6 aus, so dass dieser gegen die Seitenfläche 12 bzw. 14 der Schiene 8 gedrängt wird. Mithin basiert die Befestigung der Induktoren 6 an den Seitenflächen 12 bzw. 14 der Schienen 8 auf Reibschluss, der von der Vorpsnanung der Schenkel 32, 34 der Klammer 30 ausgeübt wird. Der zweite Schenkel 34 einer solchen Klammer 30 kann dabei derart ausgebildet sein, dass die Enden des zweiten Schenkels 34 jeweils abgebogen an den Stirnflächen der plattenförmigen Induktoren 6 angreifen und diese dadurch in vertikaler Richtung fixieren.

**[0068]** In einem Mittelteil kann der zweite Schenkel 34 zudem eine vom Induktor 6 aus gesehen konvexe Ausbauchung 36 aufweisen, um den Induktor 6 bzw. einen Abschirmkörper 38 zu kontaktieren, damit eine seitliche Anpresskraft auf den Induktor 6 bzw. den Abschirmkörper 38 ausgeübt wird, die vom ersten Schenkel 32 dann am Schienenfuß 18 abgestützt wird. Die Klammer 30 wird dann im Querschnitt von Fig.4 gesehen auf Biegung belastet. Die Klammer 30 ist bevorzugt aus einem elektrisch leitfähigen Metall gefertigt.

**[0069]** Wie aus Fig.4 auch hervorgeht, ist dem zweiten Schenkel 34 der Klammer 30 und dem Induktor 6 wenigstens ein bevorzugt plattenförmiger Abschirmkörper 38 aus elektrisch nicht leitendem, aber magnetisch leitendem Material wie Ferrit zwischengeordnet. Dieser Abschirmkörper 38 sorgt dafür, dass sich die Klammer 30 nicht erwärmt, wenn die Windungen 24 des Induktors 6 von Wechselstrom durchflossen werden. Um eine Erwärmung der Klammer 30 zu verhindern oder mindestens zu begrenzen, wird diese daher bevorzugt durch einen ferromagnetisch und nicht leitenden Abschirmkörper 38 von den elektromagnetischen Primärfeldern abgeschirmt.

**Manuelle Einstellung des Generators**

**[0070]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform, in welcher die Betriebsparameter Frequenz und/oder Pulsweite

des Generators 2 manuell einstellbar sind, ist eine in Fig.8a dargestellte Bedieneinrichtung 40 mit Einstellmitteln 42 zum manuellen und separaten Einstellen der Frequenz und/oder der Pulsbreite des in den elektrischen Kreis 4 und insbesondere in die Induktoren 6 eingespeisten Wechselstroms vorgesehen. Bevorzugt kann hier sowohl die Frequenz als auch die Pulsweite des Erreger-Wechselstroms durch die Einstellmittel variiert werden. Alternativ könnte auch lediglich einer dieser Betriebsgrößen oder Parameter variiert werden.

**[0071]** Wie in Fig.8a schematisch darstellt, steuert die Bedieneinrichtung 40 mit den Einstellmitteln 42 die eingestellten Werte für die Frequenz und/oder die Pulsweite in einen Mikroprozessor 44 ein, der wiederum den Generator 2 steuert, welcher dann über Treiber die genannten Größen im elektrischen Kreis einstellt. Dabei kann auch ein Display 46 vorhanden sein, auf dem die eingestellten Werte für Frequenz und Pulsweite dargestellt werden können.

**[0072]** Die manuelle Einstellung der Frequenz und/oder der Pulsweite kann dann selbstverständlich vor dem Betrieb der Vorrichtung 1 erfolgen oder auch während des laufenden Betriebs.

**Leistungsregelung**

**[0073]** Gemäß einer weiteren, ebenfalls in Fig.8a gezeigten Ausführungsform könnte der Mikroprozessor 44 die Pulsweite und/oder die Frequenz des vom Generator 2 ausgesteuerten Erreger-Wechselstroms auch abhängig von wenigstens einer Führungsgröße wie der Umgebungstemperatur oder der Schienen-/Weichentemperatur oder auch abhängig von einer dieser Temperaturen in Kombination mit der Luftfeuchtigkeit regeln. Denkbar ist als zusätzliche Führungsgröße auch eine Detektion weiterer Umweltparameter wie Schneefall. Die Luftfeuchtigkeit oder Schneefall sind deshalb von Bedeutung, weil sie einen Einfluss auf die Ausbildung von Eis im Bereich von Weichen haben.

**[0074]** Zur Sensierung der Führungsgröße oder der Führungsgrößen ist eine entsprechende Sensorik 48 vorgesehen, die in Fig.8a durch eine in strichpunktierter Linie symbolisierte Signalleitung 48 mit dem Generator 2 in Verbindung steht, um bei dieser geregelten Ausführungsform die Sensorik 48 als gegenüber einer Steuerung oder manuellen Einstellung der Leistung des Generators 2 zusätzliche Baugruppe zu symbolisieren.

**[0075]** Geregelt wird die elektrische Ausgangsleistung des Generators 2, welche dem oder den Induktoren 6 zugeführt wird, abhängig von der Führungsgröße oder von den Führungsgrößen wiederum durch Änderung der Pulsweite und/oder der Frequenz des Erreger-Wechselstroms, welcher den oder die Induktoren 6 durchfließt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Sensorik 48 wenigstens einen Umgebungstemperatursensor zur Messung der Umgebungstemperatur und/oder wenigstens einen an der Schiene/Weiche 8, 10 verbauten Temperatursensor (Messung der Temperatur wenigstens einer Schiene 8 oder von Weichenbauteilen im Bereich einer Weiche 10), wobei Temperatursignale für die Ist-Umgebungstemperatur bzw. für die Ist-Schienen-/Weichentemperatur in den Mikroprozessor 44 eingesteuert werden, in welchem die Steuer- oder Regelalgorithmen implementiert sind.

**[0076]** Die Leistungsregelung des Generators 2 wird bevorzugt durch eine kontinuierliche Veränderung der Pulsweite bewerkstelligt. Es ist auch möglich, die Leistungsregelung durch Frequenzmodulation vorzunehmen. Allerdings fällt dann der Wirkungsgrad etwas schlechter aus.

**[0077]** Ein Beispiel für einen Leistungsregelvorgang ist in Fig.5.1 dargestellt, wo die elektrische Leistung des Generators 2 (in kW), welche proportional der Pulsweite ist, abhängig von der Umgebungstemperatur (in °C) dargestellt ist. Wie zu sehen ist, wird hier die Leistungsabgabe des Generators 2 in Abhängigkeit von einer Führungsgröße, hier beispielsweise der Umgebungstemperatur linear zwischen zwei frei einstellbaren Umgebungstemperaturgrenzwerten geregelt, nämlich zwischen einem unteren Temperaturgrenzwert (hier z.B. -15°C) und einem oberen Temperaturgrenzwert (hier z.B. +5°C) für die Umgebungstemperatur.

**[0078]** Ist daher bei dem Beispiel von Fig.5.1 die Umgebungstemperatur kleiner gleich dem unteren Temperaturgrenzwert Tu (hier z.B. -15°C) oder größer gleich dem oberen Temperaturgrenzwert To (hier z.B. +5°C), so wird jeweils eine konstante, aber unterschiedliche elektrische Leistung bzw. Pulsweite eingestellt. Zwischen den beiden Temperaturgrenzwerten To und Tu verläuft die Leistungsabgabe bzw. die Änderung der Pulsweite beispielsweise linear abhängig von der Führungsgröße (P-Regler).

**[0079]** Gemäß eines weiteren, in Fig.5.2 und Fig.5.3 veranschaulichten Modus kann eine mittlere Temperatur Tav (hier (hier z.B. -5°C), herangezogen werden, welche genau in der Mitte des Bereichs zwischen dem oberen Temperaturgrenzwert To (hier z.B. +5°C) und dem unteren Temperaturgrenzwert Tu (hier z.B. -15°C) liegt. Auf der Abszisse ist wiederum die Umgebungstemperatur und auf der Ordinate die elektrische Leistung des Generators 2 (in kW) aufgetragen. Bei diesem Modus werden abhängig von der Änderung der Umgebungstemperatur ausgehend von der mittleren Temperatur Tav entweder in Richtung des oberen Temperaturgrenzwerts To oder des unteren Temperaturgrenzwerts Tu unterschiedliche Steuer- oder Regelalgorithmen für die Leistungsabgabe des Generators 2 festgelegt.

**[0080]** Über das Display 46 der Bedieneinrichtung 40 können die unteren und oberen Temperaturgrenzwerte To, Tu wie auch die mittlere Temperatur Tav eingegeben werden. Es handelt sich dabei um Erfahrungswerte, diese können aber bei Bedarf den Verhältnissen vor Ort angepasst werden.

**[0081]** Alle Regelvorgänge können linear verlaufen (P-Regelung). Es ist aber auch möglich die Regelvorgänge als PI- oder als PID-Regelung auszuführen oder untereinander zu kombinieren. Mithin sind beliebige Regelalgorithmen

möglich.

**[0082]** Im Beispiel von Fig.5.1 ist eine P-Regelung realisiert, bei der ein linearer Bereich zwischen dem oberen Temperaturgrenzwert To (hier: +5°C) und dem unteren Temperaturgrenzwert Tu (hier: -15°C) vorliegt. Bei Umgebungstemperaturen größer gleich dem oberen Temperaturgrenzwert (hier+5°C) arbeitet der Generator 2 hingegen mit konstanter minimaler Leistungsabgabe, die Pulsweite kann bis auf Null abgesenkt werden. Bei einer Umgebungstemperatur kleiner gleich dem unteren Temperaturgrenzwert (hier -15 °C) arbeitet der Generator 2 dagegen mit maximaler elektrischer Leistung.

**[0083]** Es ist aber auch möglich, über die Bedieneinrichtung 40 einen frei wählbaren temperaturabhängigen Korrekturfaktor festzulegen. Beispielsweise gibt der Korrekturfaktor einen Prozentsatz der für die mittlere Temperatur Tav festgelegten Leistungsabgabe je °C an. Die Regelung bezieht sich dann auf die mittlere Temperatur Tav und verändert die Leistungsabgabe z.B. zwischen Null und zulässiger maximaler elektrischer Leistung. Auch hier können vorteilhaft zwei unterschiedliche Korrekturfaktoren für beide Richtungen, ausgehend von der mittleren Temperatur Tav nach oben bis zum oberen Temperaturgrenzwert und nach unten bis zum unteren Temperaturgrenzwert festgelegt werden.

**Leitungssteuerung**

**[0084]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Leistung des Generators 2 mittels des Mikroprozessors 44 durch Änderung der Pulsweite und/oder der Frequenz des vom Generator 2 ausgesteuerten Erreger-Wechselstroms abhängig von der Umgebungstemperatur und/oder von der Schienen-/Weichentemperatur nach wenigstens einem vorgegebenen Kennfeld gesteuert. Diese Temperaturen werden wiederum von entsprechenden Sensoren dem Mikroprozessor 44 gemeldet, in dem das Kennfeld gespeichert ist.

**[0085]** In einem frei bestimmbaren Umgebungstemperaturbereich, insbesondere in einem Temperaturbereich von +5 °C bis - 15 °C wird die Abgabe von elektrischer Energie beispielsweise über die Pulsweite des Erreger-Wechselstroms nach einem bestimmten Algorithmus, beispielsweise linear wie in Fig.5.1 gesteuert. Beispielsweise wird bei einer Außentemperatur von + 5 °C und darüber die durch den Generator 2 abgegebene elektrische Leistung durch Steuerung der Pulsweite gegen Null gefahren, bei -15 °C und weniger wird hingegen die maximale elektrische Leistung am Generator 2 eingestellt, wie auch in Fig.5.1 dargestellt.

**[0086]** Da der Generator 2 bevorzugt keinen Resonanz- oder Schwingkreis aufweist und daher resonanzfrei arbeitet, ist weiterhin die Frequenz des Erreger-Wechselstroms im Hinblick auf die physikalischen Eigenschaften der Induktoren 6 frei einstellbar. Die Höhe der induzierten Ströme ist frequenz- und feldstärkeabhängig. Die Feldstärke ist bei gegebenen Verhältnissen direkt proportional zu dem Erreger-Wechselstrom, der den Induktor 6 oder die Induktoren 6 durchfließt.

**[0087]** Das Optimum für die Energieübertragung, insbesondere für den Wert der Frequenz des Erreger-Wechselstroms wird deshalb durch die physikalischen Eigenschaften des Induktors 6 oder der Induktoren 6 bestimmt. Es wurde festgestellt, dass ein besonders hoher Wirkungsgrad in einem mittelfrequenten Bereich von 5 kHz bis 15 kHz erzielt wird. Der elektrische Energiebedarf der Vorrichtung liegt dann durchschnittlich unter 250 W/m was ungefähr einer magnetischen Feldstärke H von 200 A/m. Dieser Wert ist induktorabhängig, er kann auch unter 100 A/m liegen) entspricht. Die Temperaturerhöhung dT in der Schiene 8/Weiche 10 bei einer konstanten Zufuhr elektrischer Energie liegt bei ungefähr 20 K.

**Betriebsarten der Vorrichtung**

**[0088]** Gemäß einer Betriebsart wird die induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung 1 beispielsweise von einer Bahnzentrale aus bei Bedarf aus der Ferne ein- oder ausgeschaltet, wobei dann ein Betrieb beispielsweise mit zuvor eingestellten konstanten Betriebsparametern (Frequenz, Pulsweite), mit während des Betriebs kennfeldgesteuert oder manuell variierten Betriebsparametern (Frequenz, Pulsweite) wie auch geregelt möglich ist.

**[0089]** Gemäß einer weiteren Betriebsart wird die induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung 1 kontinuierlich über eine vorgegebene Heizperiode (z.B. von Oktober bis März eines jeden Jahres auf der nördlichen Halbkugel) mit konstant eingestellter elektrischer Leistung, mit variabel manuell oder kennfeldgesteuerter Leistung oder mit geregelter Leistung betrieben.

**[0090]** Da die Temperaturanstiegsgeschwindigkeit in der Schiene 8/Weiche 10 direkt von der abgegebenen elektrischen Leitung des Generators 2 abhängt, kann die elektrische Leistung des Generators 2 gemäß einer weiteren Betriebsart unmittelbar nach dem Einschalten des Generators 2 oder unmittelbar nach einer Aktivierung der Vorrichtung 1 für eine bestimmte Zeitspanne erhöht und danach auf einen Betriebswert zurück gefahren werden. Wenn der Mikroprozessor, der den Generator 2 steuert im Regelmodus arbeitet, wird für diese Zeitspanne die Regelung ausgesetzt. Allerdings kann die Regelung auch so eingestellt werden, dass sich diese Betriebsart nach dem Einschalten der Vorrichtung 1 oder des Generators 2 automatisch einstellt.

**Betriebsarten des Generators**

**[0091]** Für die Erzeugung des elektromagnetischen Felds durch die Induktoren 6 werden diese vorzugsweise ausschließlich durch periodische Schwingfunktionen des Erreger-Wechselstroms erregt. Mittels viereckigen Spannungspulsen werden bevorzugt symmetrische trapezförmige Strompulse mit frei einstellbarem Verhältnis zwischen einem dynamischen und einem statischen Anteil erzeugt. Für einen Prozessablauf kann mittels der Bedieneinrichtung 40, welche den Mikroprozessor 44 steuert, zwischen Betriebsarten eines Konstantmodus, eines Frequenzmodus, eines Pulsweitenmodus und eines den Frequenzmodus und den Pulsweitenmodus kombinierenden Magnetflussmodus gewählt werden. Weiterhin existiert auch ein Basismodus, gemäß welchem die Eigenschaften des Erreger-Wechselstroms nicht verändert werden. Diese Betriebsarten bzw. Modi des Generators 2 sind als Steuerungssoftware im Mikroprozessor 44 gespeichert und können über die Bedieneinrichtung 40 eingestellt werden.

**[0092]** Die im Mikroprozessor 44 implementierte Steuerungssoftware für den Generator 2 zur Erzeugung von Magnet-Wechselfeldern beinhaltet bevorzugt eine Kombination höherer Frequenzen, bevorzugt Frequenzen im kHz-Bereich, mit einer überlagerten Modulation im niederfrequenten Bereich derart, dass bevorzugt ausschließlich Schwing- oder Wechselfunktionen (und damit keine Impuls- bzw. Pulsfunktionen) mit einem rechteckförmigen Spannungsverlauf und trapezförmigen Stromverlauf entstehen.

**[0093]** Damit lassen sich diese Verläufe aus einem Frequenzbereich von beispielsweise 5 kHz bis 60 kHz, bevorzugt 5 kHz bis 15 kHz durch frei wählbare Zeitabschnitte kontinuierlich übergeordnet modulieren, wobei die übergeordnete Modulation vorzugsweise in einem Bereich zwischen 0,1 bis 10 Hz liegt. Technisch möglich wäre auch ein Bereich zwischen 0 Hz (kein Wechselfeld) und 50 Hz, sofern eine Kontinuität bei Frequenzen höher 10 Hz darstellbar ist. Praktisch betrachtet ergibt sich dadurch bei einer Abschnittszeit von einer Sekunde eine übergeordnete Modulation von 0,5 Hz, bei einer Abschnittszeit von 100 ms eine übergeordnete Modulation von 5 Hz, und so weiter. Die Frequenzwerte werden entsprechend dem Takt des Mikroprozessors 44 geändert, beispielsweise tausendmal pro Sekunde. Diese Vorgehensweise ist auf alle oben genannten Betriebsarten anwendbar. Der niederfrequente Bereich von vorzugsweise 0,1 Hz bis 10 Hz, indem die übergeordnete Modulation liegt, kann vorteilhaft die Wirkungen der resultierenden Änderungen des elektromagnetischen Felds auf die Schiene/Weiche verstärken.

**[0094]** Gemäß einer Basisbetriebsart des Generators 2 werden die Frequenz wie auch die Pulsweite des Erreger-Wechselstroms konstant gehalten.

**[0095]** Gemäß einer ersten Betriebsart des Generators 2 wird die Frequenz des Erreger-Wechselstroms kontinuierlich verändert, während die Pulsweite konstant bleibt. Zusätzlich zu den allgemein bekannten Vorteilen einer Frequenzmodulation lässt sich eine kontinuierliche Frequenzveränderung günstig in einer Steuerungssoftware realisieren.

**[0096]** Gemäß einer zweiten Betriebsart des Generators 2 wird die Pulsweite des Erreger-Wechselstroms kontinuierlich verändert, während die Frequenz des Erreger-Wechselstroms konstant bleibt. Bei der Realisierung der kontinuierlichen Pulsweitenänderung beispielsweise beispielsweise mittels MOSFETs oder IGBTs können diese vorteilhaft im verlustarmen Schaltbetrieb arbeiten. Weiterhin vorteilhaft ist die darzustellende Information anstatt in binären Weise in einem kontinuierlichen Pulsbreitenverhältnis enthalten.

**[0097]** Weiterhin existiert eine dritte Betriebsart des Generators 2, welche eine Kombination aus der ersten und zweiten Betriebsart darstellt, wobei sowohl die Frequenz als auch die Pulsweite des Erreger-Wechselstroms kontinuierlich verändert werden. Diese dritte Betriebsart verbindet besonders vorteilhaft die Vorteile der kontinuierlichen Pulsweitenänderung und der kontinuierlichen Frequenzänderung. Hierbei werden sowohl die Frequenz als auch die Pulsweite kontinuierlich bevorzugt derart verändert, dass der magnetische Fluss konstant bleibt.

**[0098]** Die Generatorsteuerung im Mikroprozessor 44 ist so aufgebaut, dass die genannten Betriebsarten frei programmier- und speicherbar sind.

**[0099]** Die Endstufe 52 des Generators 2 arbeitet mit einem Spannungszwischenkreis und ist, wie in Fig.8b gezeigt, bevorzugt ausschließlich als H-Brücke geschaltet. Die Leistungselemente, beispielsweise MOSFETs oder IGBTs, sind in Fig.8b als Schalter 54 mit zugehörigen Freilaufdioden dargestellt. Diese Schaltung ermöglicht die Ausnutzung der in den Induktionsspulen 56 gespeicherten Energie für die Erzeugung von trapezförmigen Pulsen ohne zusätzliche Frequenz- oder Pulsweitenmodulation.

**[0100]** Vorteilhaft ist das zeitliche Verhältnis zwischen einem dynamischen und einem statischen Verlauf des sich am Induktor 6 einstellenden magnetischen Felds frei einstellbar. Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungen dynamischer und statischer magnetischer Felder kann hierdurch eine gewünschte Gesamtwirkung abgestimmt werden. Bei elektrisch leitenden Lasten gibt es keine statischen Verläufe, bei ferromagnetischen Lasten sind sie unmöglich, bei paramagnetischen oder diamagnetischen Lasten sind sie übertragungsabhängig , je mehr induziert wird desto entfernter ist die "Statik".

**[0101]** Auch vorteilhaft ist es, wenn Grenzwerte für alle Betriebsarten frei einstellbar sind. Dies stellt sicher, dass anwendungsbezogene gegebenenfalls vorhandene Grenzwerte sicher eingehalten werden können.

**[0102]** Ferner vorteilhaft ist es, wenn für die einzelnen Betriebsarten benötigte Zeitkonstanten sämtlich frei einstellbar sind. Dies verbessert die Steuerbarkeit des Generators 2 und damit des zu erzeugenden elektromagnetischen Felds.

**[0103]** Bevorzugt weisen die erste, zweite und dritte Betriebsart Signalverläufe mit variabler Periodenzahl auf. Dies verbessert ebenfalls vorteilhaft die Steuerbarkeit des zu erzeugenden elektromagnetischen Felds. Alternativ können die erste, zweite und dritte Betriebsart Signalverläufe mit konstanter Periodenzahl aufweisen. Dies verbessert ebenfalls vorteilhaft die Steuerbarkeit des zu erzeugenden elektromagnetischen Felds.

**[0104]** Wie oben ausführlich dargestellt, wird für die Leistungssteuerung oder Leistungsregelung des Generators 2 eine Frequenz- und/oder Pulsweitenmodulation durchgeführt.

**[0105]** Bei im Freien angeordneten Generatoren 2 kann es aus thermischen Gründen nicht ratsam sein, während einer sehr kalten Periode beispielsweise bei Umgebungstemperaturen von -20 °C und weniger die volle Generatorleistung schlagartig einzuschalten. Vorteilhafter ist es dann, die Leistung des Generators 2 rampenartig hochzufahren. Im Rahmen eines Startmodus des Generators 2 wird bei konstanter Frequenz f die Generatorleistung durch Variieren der Pulsweite PW eingestellt, bzw. gesteuert oder geregelt.

**[0106]** Das Diagramm von Fig.16 zeigt den Leistungsverlauf des Generators im Startmodus nach dem Einschalten des Generators bei konstanter Frequenz f und variabler Pulsbreite PW. Nach dem Einschaltzeitpunkt bei t=0 wird die Leistung oder die Pulsweite PW des Generators 2 bei konstanter Frequenz f von einem Startwert $PW_0$ für die Pulsweite bevorzugt über einen bestimmten Zeitraum tr beispielsweise rampenartig auf einen Wert $PW_1$ erhöht, der größer als ein Dauerleistungswert $PW_2$ ist, welcher notwendig ist, um das gewünschte Ergebnis der Induktion (z.B. eine gewünschte Schienentemperatur) zu erhalten. Über einen dem Zeitraum tr nachfolgenden Zeitraum t1 wird dann dieser erhöhte Wert $PW_1$ bevorzugt konstant aufrecht erhalten, bevor der demgegenüber niedrigere Dauerleistungswert $PW_2$ ab einem Zeitpunkt t2 eingestellt wird. Vorzugsweise ist die Zeitspanne tr, während der der Generator 2 nach dem Einschalten rampenartig von Null auf die erhöhte Leistung bzw. erhöhte Pulsweite $PW_1$ gebracht wird und die Zeitspanne t1, während der der Generator 2 mit der erhöhten Leistung $PW_1$ betrieben wird, einstellbar, z.B. über die Bedieneinrichtung 40. Dies bringt zwei Vorteile: Zum einen wird eine schnelle Anfangserwärmung erreicht und zum andern ermöglicht die Absenkung der Leistung von $PW_1$ auf $PW_2$ eine Energieeinsparung. Dieser Startmodus ist insbesondere unabhängig von den weiteren Betriebsarten des Generators.

**Physikalischer Hintergrund**

**[0107]** Einige Beispiele von Impulsfunktionen für eine beliebige zeitabhängige physikalische Größe g, hier der Erreger-Wechselstrom der Induktionsspulen 56, die überwiegend als Hüllkurve mehrerer Pulse entstehen, sind in den Figuren 7a bis 7d gezeigt, worin T die Periode der jeweiligen Impulsfunktion darstellt.

**[0108]** Des Weiteren sind Verfahren bekannt, bei den periodische Schwingfunktionen in Form von symmetrischen oder asymmetrischen Sägezähnen als Einzelwelle mit einer Periode von z.B. 10 ms (T1, entsprechend 100 Hz) mit einer Wiederholungsrate von 100 ms (T2, entsprechend 10 Hz) angewendet werden. Beispiele solcher periodischer Schwingfunktionen sind in den Figuren 9a bis 9c gezeigt.

**[0109]** Wird im Weiteren eine Funktion als "Impuls" oder "Puls" bezeichnet, handelt es sich immer um einen Funktionsverlauf während einer Halbperiode. Danach folgt immer ein Puls mit umgekehrtem Vorzeichen. Bei einem Spannungsverlauf erfolgen die positiven und negativen Pulse mit einer Nullphase zwischen den beiden Halbwellen, bei einem Stromverlauf und/oder einem Feldverlauf ist diese Folge lückenlos. In diesem Fall bilden die beiden Halbwellen eine periodische Wechselfunktion.

**[0110]** Der magnetische Fluss $\Phi$ ist direkt proportional zu dem elektrischen Strom I, der ihn verursacht. Die Proportionalkonstante heißt Induktivität L und stellt die charakteristische Größe eines Induktors dar:

$$\Phi = L \times I$$

**[0111]** Die vorstehende Gleichung besagt gleichzeitig, dass der Verlauf des magnetischen Flusses in linearen Systemen dem Stromverlauf treu folgt. Steigt der Strom i linear, steigt auch der Fluss $\Phi$ linear, ist der Strom i konstant, nimmt auch der Fluss $\Phi$ einen konstanten Wert an.

**[0112]** Da es sich in diesen Fällen um lineare Systeme und zeitabhängige Verläufe, d.h. um Wechselströme handelt, kann die Gleichung nach der Zeit differenziert werden:

$$d\Phi / dt = L \times di / dt$$

wobei die induzierte Spannung

$$u = - d\Phi / dt$$

ist. Je höher die Frequenz f ist, desto höher ist auch die induzierte Spannung u. Allerdings ist auch eine hohe Feldstärke $\Phi$ notwendig, d.h. es wird dazu ein größerer Strom i benötigt. Strom i und Feldstärke $\Phi$ zusammen bestimmen den Arbeitsbereich (Spannung und Frequenz) am Generatorausgang.

**[0113]** Als besonders vorteilhaft hat sich eine senkrecht zu einer Fläche der Schiene, insbesondere zu einer Seitenfläche der Schiene verlaufende Richtung der Feldlinien gezeigt (siehe Fig.6). Die Magnetfeldstärke bzw. die Induktion des durch die Induktionsspule 56 produzierten Magnetfeldes wird mittels einer Frequenz- und/oder einer Pulsweitenmodulation gesteuert.

**[0114]** Wie oben erläutert, wird eine Steuerung oder Regelung der Leistung des Generators 2 mittels einer Frequenzmodulation als eine erste Betriebsart bezeichnet, eine Steuerung oder Regelung mittels einer Pulsweitenmodulation als eine zweite Betriebsart bezeichnet, und eine Steuerung oder Regelung mittels einer Kombination aus einer Frequenzmodulation und einer Pulsweitenmodulation als eine dritte Betriebsart bezeichnet.

**[0115]** Es werden bevorzugt ausschließlich periodische Schwingfunktionen angewendet, die sowohl positive als auch negative Werte annehmen, ohne dass diese in einem definierten Verhältnis zueinander stehen müssen. Eine periodische Funktion erfüllt die Gleichung:

$$f (t + T) = f (t)$$

**[0116]** Im Grenzfall gehen die Schwingfunktionen in Wechselfunktionen über, wobei die positiven und negativen, durch die Spannungskurve begrenzten Flächen innerhalb einer Periode identisch sind.

**[0117]** Sowohl die positiven als auch die negativen Spannungspulse sind rechteckig. In Fig.10a ist die Pulsweite PW mit 100 %, in Fig.10b mit 50 % dargestellt. Die Steuersignale für den Strom- und damit auch für den Flussverlauf werden so erzeugt, dass es bei beiden unabhängig von der jeweiligen Pulsweite zu keiner Unterbrechung kommt. Wird die maximal zulässige Pulsweite nach oben begrenzt - z.B. mit 75 % - entstehen bei beiden Größen - Strom und Fluss - unterbrechungsfreie trapezförmige Funktionsverläufe ohne Pulsunterbrechung, wie in den Figuren 11 a und 11 b dargestellt.

**[0118]** Gemäß einer Basisbetriebsart des Generators wird eine konstante Frequenz f und eine konstante Pulsweite PW beibehalten. Der Generator 2 arbeitet dann in einem so genannten

**t_mode bei f = konst. und PW = konst.**

**[0119]** Die erste Betriebsart oder Frequenzmodus ermöglicht über entsprechende Steuerungsvorgaben ein periodisches bzw. aperiodisches Durchlaufen eines beliebigen frei wählbaren Frequenzbereichs, wobei die Frequenz f über entsprechende frei wählbare Zeitkonstanten erhöht oder abgesenkt wird. Die Pulsweite PW bleibt dabei konstant. Dies entspricht einer in Fig.12 gezeigten Frequenzmodulation:

**f_mode bei PW = konst.**

**[0120]** Besonders dieser Modus ist vorteilhaft, weil aus einer höheren Frequenz f ein niedrigerer Strom i resultiert und somit der Energieverbrauch sinkt und sich zugleich die Übertragung verbessert, d.h. die induzierte Spannung u und damit die induzierten Ströme i werden größer.

**[0121]** In Fig.12 wurde die Pulsweite PW = 50 % gewählt. Die einzelnen Pulsweiten PW sind stellvertretend für ein Paket von gleichen Pulsen. Entspricht der erste positive Puls z.B. einer Frequenz f von 10 kHz und wird die Frequenz f entsprechend der Zykluszeit einer Mikroprozessorsteuerung von 1 ms stufenweise erhöht, ergeben sich nebeneinander 10 Pulse mit der gleichen Pulsweite - sowohl in positiver als auch in negativer Richtung. Die Schrittgröße für die Erhöhung bzw. Absenkung der Frequenz f ergibt sich automatisch aus den vorgewählten Grenzwerten und aus der Zeit für einen Frequenzzyklus.

**[0122]** Die zweite Betriebsart oder Pulsweitenmodus ermöglicht über entsprechende Steuerungsvorgaben ein periodisches bzw. aperiodisches Durchlaufen eines beliebigen Pulsweitenbereiches bei konstanter Frequenz. Dies entspricht einer in Fig.13 gezeigten Pulsweitenmodulation:

**PW_mode bei f = konst.**

**[0123]** Die Vorgehensweise bei dieser zweiten Betriebsart ergibt sich analog zur ersten Betriebsart f_mode.

**[0124]** Beide Betriebsarten, die erste Betriebsart (Frequenzmodus) und die zweite Betriebsart (Pulsweitenmodus) haben gleichzeitig eine Stromänderung und damit auch eine Flussänderung zur Folge. Beide Größen können kontinuierlich, d.h. rampenförmig, oder sprunghaft zwischen zwei frei wählbaren Grenzwerten verändert werden.

**[0125]** Es ist vorzugsweise vorgesehen, dass alle Änderungen symmetrisch oder asymmetrisch vorgenommen werden können. Alternativ kann der Ablauf der ersten und der zweiten Betriebsart nur in einer Richtung erfolgen, z.B. in einem

Frequenzzyklus beispielsweise von 10 kHz bis 30 kHz. Nach Erreichen der 30 kHz Grenze erfolgt automatisch ein Sprung zurück auf 10 kHz, wonach die Frequenz wieder auf 30 kHz ansteigt. Der Frequenzzyklus kann mit variabler Pulszahl und gleicher Zeit für alle Frequenzen, d.h. mit steigender Frequenz mit höherer Pulszahl oder mit gleicher Schrittgröße, z.B. 1 kHz und gleicher Pulszahl, z.B. 10 für alle Frequenzen erfolgen. Die zweite Einstellung ergibt dann einen Frequenzzyklus von 13,3 s. Sowohl die Schrittgröße als auch die Pulszahl sind wieder frei wählbare Größen. Diese Ausführungen gelten analog auch für den Pulsweitenmodus oder für die zweite Betriebsart.

**[0126]** In Fig.12 und Fig.13 sind symmetrische Spannungsverläufe dargestellt. Die entsprechenden Strom- und Flussverläufe ergeben sich dann analog zu Fig.11b.

**[0127]** In Fig.14 und Fig.15 sind asymmetrische Spannungsverläufe dargestellt. Die entsprechenden Strom- und Flussverläufe ergeben sich erneut ebenfalls analog zu Fig.11b.

**[0128]** Die dritte Betriebsart beinhaltet in Form eines Magnetflussmodus die Kombination der beiden vorstehend erwähnten ersten und zweiten Betriebsarten (Frequenzmodus und Pulsweitenmodus) mit dem Ziel, den magnetischen Fluss $\Phi$ konstant zu halten:

**$\Phi$_mode bei f variabel und PW variabel**

**[0129]** Mit steigender Frequenz und konstanter Pulsweite nimmt der Strom durch die Induktionsspule 56 und damit auch der Magnetfluss ab. Um den Magnetfluss konstant zu halten, wird daher bei steigender Frequenz die Pulsbreite oder Pulsweite so erhöht, dass der durch die Induktionsspule 56 fließende Strom konstant bleibt.

**[0130]** Alle Vorgaben können über beliebige, frei wählbare Zeit- oder Pulszahl-Konstanten entweder manuell (mittels beispielsweise einer Tastatur) oder automatisiert (beispielsweise mittels der Steuerung oder der Regelung) eingestellt werden.

**[0131]** Wie vorstehend beschrieben wurde, beinhaltet die Vorrichtung 1 einen Generator 2 mit zumindest einer Induktionsspule 56 zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds mit Wechselstrom in Form von bevorzugt periodischen Schwingfunktionen, wobei vorzugsweise periodische Schwingfunktionen mit trapezförmigem Stromverlauf erzeugt und angewendet werden.

**[0132]** Positive und negative Werte der Schwingfunktionen über die jeweilige Halbperiode stehen bevorzugt in keinem definierten Verhältnis zueinander. Die am Ausgang des Generators 2 anstehende Spannung wird bevorzugt in Form von viereckigen Pulsen erzeugt. Der durch die Induktionsspule 56 fließende Strom nimmt bevorzugt eine symmetrische Trapezform an. Das zeitliche Verhältnis zwischen dem dynamischen Pulsverlauf (abfallende und ansteigende Flanke) und dem statischen Pulsverlauf (parallel zur Zeitachse) ist frei einstellbar. Die trapezförmigen Strompulse werden bevorzugt als Einzelpulse ohne zusätzliche Frequenzmodulation erzeugt. Der frei einstellbare Frequenzbereich liegt vorzugsweise zwischen 5 kHz und 15 kHz.

**[0133]** Der Generator 2 arbeitet in der ersten Betriebsart "Frequenzmodus" bei konstanter Pulsweite und gemäß der zweiten Betriebsart "Pulsweitenmodus" bei konstanter Frequenz. Die Frequenz und die Pulsweite können gemäß der dritten Betriebsart in gegenseitiger Abhängigkeit so verändert werden, dass der Magnetfluss konstant bleibt. Die Grenzwerte für alle Betriebsarten sind über die Bedieneinrichtung 40 frei einstellbar. Alle. für die einzelnen Betriebsarten benötigten Zeitkonstanten sind ebenfalls über die Bedieneinrichtung 40 frei einstellbar. Die Signalverläufe sind dabei symmetrisch oder asymmetrisch. Die Abläufe können mit variabler Pulszahl oder mit konstanter Pulszahl erfolgen. Der Generator 2 weist hierzu eine durch die Bedieneinrichtung 40 frei programmierbare Steuerung auf. Die freiprogrammierbare Steuerung ist in einem Mikroprozessor 44 implementiert.

**[0134]** Ein durch den Mikroprozessor 44 wie oben beschrieben gesteuerter Generator 2 wird daher verwendet, um in einer induktiven Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung 1 zur Befestigung an einer Schiene 8 oder an einer Weiche 10 vorgesehene Induktoren 6 mit Wechselstrom zu versorgen, wobei der durch den Mikroprozessor 44 gesteuerte oder geregelte Generator 2 die Frequenz f und/oder die Pulsweite PW des Erreger-Wechselstroms der Induktoren 6 verändert.

**[0135]** Mit anderen Worten wird eine in Fig.8a in Gesamtübersicht gezeigte Induktionseinrichtung mit wenigstens

a) einem von einer Wechselspannungsquelle gespeisten Generator 2,

b) einer Leitungsverbindung 22 zwischen dem Generator 2 und wenigstens einem wenigstens eine Induktionsspule 56 enthaltenden Induktor 6 zur Versorgung der wenigstens einen Induktionsspule 56 mit von dem Generator 2 erzeugten Wechselstrom, und mit

c) einer Steuerungs- oder Regelungseinrichtung 40, 44, 48 zur Steuerung oder Regelung der elektrischen Leistung des Generators 2 durch Variieren der Frequenz f und/oder der Pulsweite PW des in die Induktionsspule 56 eingespeisten Wechselstroms

d) für eine Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung 1 verwendet, bei welcher der wenigstens eine Induktor 6 an einer Schiene 8 und/oder an einer Weiche 10 eines Schienennetzes angeordnet ist und bei welcher aufgrund der mit dem Wechselstrom gespeisten Induktionsspule 56 in der Schiene 8 und/oder in der Weiche 10 durch elektromagnetische Induktion ein Strom induziert wird, welcher die Schiene 8 und/oder die Weiche 10 erwärmt.

Bezugszahlenliste

**[0136]**

| | |
|---|---|
| 1 | Vorrichtung |
| 2 | Generator |
| 4 | elektrischer Kreis |
| 6 | Induktor |
| 8 | Schiene |
| 10 | Weiche |
| 12 | äußere Seitenfläche |
| 14 | innere Seitenfläche |
| 16 | Schienenmittelteil |
| 18 | Schienenfuß |
| 20 | Schienenkopf |
| 22 | Verbindungsleitungen |
| 24 | Windungen |
| 26 | Trägerkörper |
| 28 | Magnetfeldlinien |
| 30 | Klammer |
| 32 | erster Schenkel |
| 34 | zweiter Schenkel |
| 36 | Ausbauchung |
| 38 | Abschirmkörper |
| 40 | Bedieneinrichtung |
| 42 | Einstellmittel |
| 44 | Mikroprozessor |
| 46 | Display |
| 48 | Sensorik |
| 50 | Signalleitung |
| 52 | Endstufe |
| 56 | Induktionsspule |

## Patentansprüche

1. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung (1) beinhaltend wenigstens einen von einer Wechselspannungsquelle gespeisten Generator (2), welcher über eine Leitungsverbindung (22) wenigstens einen wenigstens eine Induktionsspule (56) enthaltenden, zur Befestigung an der Schiene (8) oder an der Weiche (10) vorgesehenen Induktor (6) mit Wechselstrom versorgt, wobei aufgrund der mit dem Wechselstrom gespeisten Induktionsspule (56) des Induktors (6) in der Schiene oder in der Weiche durch elektromagnetische Induktion ein Strom induziert wird, welcher die Schiene (8) oder die Weiche (10) erwärmt, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Steuerungseinrichtung (40, 44) oder eine Regelungseinrichtung (40, 44, 48) zur Steuerung oder Regelung der elektrischen Leistung des Generators (2) durch Variieren der Frequenz (f) und/oder der Pulsweite (PW) des in den wenigstens einen Induktor (6) eingespeisten Wechselstroms vorgesehen ist.

2. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Generator (2) durch die Steuerungseinrichtung (40, 44) oder die Regelungseinrichtung (40, 44, 48) derart gesteuert oder geregelt ist, dass die Frequenz (f) des in den wenigstens einen Induktor (6) eingespeisten Wechselstroms innerhalb eines Bereich von 5 kHz bis 15 kHz variierbar oder einstellbar ist.

3. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Generator (2) ohne Schwingkreis oder ohne Resonanzkreis ausgebildet ist.

4. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (40, 44) oder die Regelungseinrichtung (40, 44, 48) wenigstens einen Mikroprozessor (44) beinhaltet, der über Treiber die Frequenz (f) und/oder die Pulsweite (PW) des in den wenigstens einen Induktor (6) eingespeisten Wechselstroms variiert oder einstellt.

5. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (40, 44) oder die Regelungseinrichtung (40, 44, 48) eine Bedieneinrichtung (40) beinhalten, über welche Betriebsparameter des Generators (2) durch den Mikroprozessor (44) einstellbar sind.

6. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Mikroprozessor (44) Algorithmen für eine Steuerung oder Regelung der Leistung des Generators (2) durch Variation von Pulsweite (PW) und/oder Frequenz (f) des in den wenigstens einen Induktor (6) eingespeisten Wechselstroms implementiert sind, wobei die Steuerung oder Regelung abhängig von wenigstens einer Führungsgröße erfolgt.

7. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Führungsgröße für die Steuerung oder die Regelung der Leistung des Generators (2) wenigstens die Umgebungstemperatur oder die Schienen/Weichentemperatur, jeweils alleine oder in Kombination mit der Luftfeuchtigkeit beinhaltet.

8. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Sensor (48) zur Messung der Führungsgröße vorgesehen und mit dem Mikroprozessor (44) signalleitend verbunden ist.

9. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** den in dem Mikroprozessor (44) implementierten Algorithmen für die Steuerung oder die Regelung der Leistung des Generators (2) ein Temperaturbereich zwischen einem unteren Temperaturgrenzwert (Tu) und einem oberen Temperaturgrenzwert (To) für die Umgebungstemperatur und/oder für die Schienen-/Weichentemperatur vorgebbar ist, wobei

   d) bei einer von dem wenigstens einen Sensor (48) gemessenen Umgebungstemperatur und/oder Schienen/Weichentemperatur, welche in dem Bereich zwischen dem oberen Temperaturgrenzwert (To) und dem unteren Temperaturgrenzwert (Tu) liegt, durch den Mikroprozessor (44) eine Steuerung oder eine Regelung der elektrischen Leistung des Generators (2) abhängig von der Umgebungstemperatur und/oder abhängig von der Schienen/Weichentemperatur als Führungsgröße erfolgt, und
   e) bei einer gemessenen Umgebungstemperatur und/oder Schienen/Weichentemperatur, welche größer gleich dem oberen Temperaturgrenzwert (To) ist, die elektrische Leistung des Generators (2) auf Null oder einen Minimalwert gesetzt wird, und
   f) bei einer gemessenen Umgebungstemperatur oder Schienen/Weichentemperatur, welche kleiner gleich dem unteren Temperaturgrenzwert (Tu) ist, die elektrische Leistung des Generators (2) einen konstanten Maximalwert gesetzt wird.

10. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Mikroprozessor (44) ausgehend von einer mittleren Temperatur (Tav), welche eine Mitte des Bereichs zwischen dem oberen Temperaturgrenzwert (To) und dem unteren Temperaturgrenzwert (Tu) darstellt, entweder in Richtung des oberen Temperaturgrenzwerts (To) oder in Richtung des unteren Temperaturgrenzwerts (Tu) unterschiedliche Algorithmen für die Steuerung oder Regelung der Leistung des Generators (2) implementiert sind.

11. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelungseinrichtung (40, 44, 48) einen im Mikroprozessor (44) implementierten P-Regler, einen PI- Regeler oder einen PID-Regler beinhaltet.

12. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Display (46) zur Darstellung von Betriebsparametern vorgesehen ist.

13. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach einem der Ansprüche 5, 9, 10 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsparameter die Pulsweite (PW) und/oder Frequenz (f) des in den wenigstens einen Induktor (6) eingespeisten Wechselstroms und/oder den oberen Temperaturgrenzwert (To) und den unteren Temperaturgrenzwert (Tu) und/oder die mittlere Temperatur (Tav) beinhalten.

14. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Induktor (6) plattenförmig ausgebildet ist, mit einer relativ zur Dimension seiner Seitenflächen geringen Dicke.

15. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Windungen (24) einer Induktionsspule (56) des wenigstens einen Induktors (6) in einer einzigen Ebene angeordnet sind.

16. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Windungen (24) der Induktionsspule (6) des wenigstens einen Induktors (6) in oder von einem plattenförmigen Trägerkörper (26) aufgenommen sind, welcher mit einer seiner Seitenflächen zur Befestigung an einer inneren Seitenfläche (14) oder an einer äußeren Seitenfläche (12) eines Mittelteils (16) einer Schiene (8) vorgesehen ist.

17. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Induktor (6) mittels einer Befestigungsvorrichtung (30) an der Schiene(8) befestigt ist, wobei der Befestigungsvorrichtung (30) und dem Induktor (6) wenigstens ein Abschirmkörper (38) aus elektrisch nicht leitendem, aber magnetisch leitendem Material wie Ferrit zwischengeordnet ist.

18. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Induktor (6) mittels einer L-förmigen Klammer (30) an der Schiene (8) befestigt ist, wobei die L-förmige Klammer (30) einen einen Schienenfuß (18) wenigstens teilweise umgreifenden ersten Schenkel (32) und einen den Induktor (6) an einer Seitenfläche (12, 14) der Schiene (8) haltenden zweiten Schenkel (34) aufweist, wobei dem zweiten Schenkel (34) der Klammer (30) und dem Induktor (6) wenigstens ein Abschirmkörper (38) aus elektrisch leitendem, aber magnetisch nicht leitendem Material wie Ferrit zwischengeordnet ist.

19. Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Generator (2) derart gesteuert ist, dass nach dem Einschalten des Generators (2) die Pulsweite (PW) bei konstanter Frequenz (f) ausgehend von einem Startwert ($PW_0$) für die Pulsweite (PW) über eine bestimmte Zeitspanne (tr) rampenartig auf einen gegenüber einer einem Dauerleistungswert des Generators (2) entsprechenden Pulsweite ($PW_2$) höheren Wert ($PW_1$) erhöht, danach für eine weitere Zeitspanne (t1) auf diesem erhöhten Wert ($PW_1$) konstant gehalten und nach Ablauf der weiteren Zeitspanne (t1) auf die dem Dauerleistungswert des Generators (2) entsprechende Pulsweite ($PW_2$) abgesenkt wird.

20. Schienennetz für Schienenfahrzeuge, beinhaltend wenigstens eine Schiene und/oder eine Weiche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche beinhaltet.

21. Schienennetz nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Induktor (6) an einer oder an beiden Seitenflächen (12, 14) wenigstens einer Schiene (8) angeordnet ist.

22. Schienennetz nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Induktor (6) an der Schiene (8) in einem sich im Bereich einer Weiche (10) befindlichen Schienenabschnitt angeordnet ist.

23. Verwendung einer Induktionseinrichtung mit wenigstens

a) einem von einer Wechselspannungsquelle gespeisten Generator (2),
b) einer Leitungsverbindung (22) zwischen dem Generator (2) und wenigstens einem wenigstens eine Induktionsspule (56) enthaltenden Induktor (6) zur Versorgung der wenigstens einen Induktionsspule (56) mit von dem Generator (2) erzeugtem Wechselstrom, und mit
c) einer Steuerungs- oder Regelungseinrichtung (40, 44, 48) zur Steuerung oder Regelung der elektrischen Leistung des Generators (2) durch Variieren der Frequenz (f) und/oder der Pulsweite (PW) des in die Induktionsspule (56) eingespeisten Wechselstroms
d) für eine Induktive Weichen- und/oder Schienenheizvorrichtung (1), bei welcher der wenigstens eine Induktor (6) an einer Schiene (8) und/oder an einer Weiche (10) eines Schienennetzes angeordnet ist und bei welcher aufgrund der mit dem Wechselstrom gespeisten Induktionsspule (56) in der Schiene (8) und/oder in der Weiche (10) durch elektromagnetische Induktion ein Strom induziert wird, welcher die Schiene (8) und/oder die Weiche (10) erwärmt.

## Claims

1. An inductive switch and/or rail heating device (1), comprising:

at least one generator (2) fed by an AC voltage source which generator supplies at least one inductor (6) with AC current through a conductor (22) wherein the inductor includes at least one induction coil (56) and is configured for attachment at a rail (8) or at a switch (10), wherein a current is induced in the rail or in the switch through electromagnetic induction by the induction coil (56) of the inductor (6) that is fed with AC current wherein the current heats the rail (8) or the switch (10), **characterized in that**
a control device (40, 44) or a regulation device (40, 44, 48) is provided for controlling or regulating an electrical power of the generator (2) by varying a frequency (f) and/or a pulse width (PW) of the AC current fed into the at least one inductor (6)

2. The inductive switch and/or rail heating device (1) according to claim 1, **characterized in that** the generator (2) is controlled or regulated by the control device (40, 44) or the regulation device (40, 44, 48) so that the frequency (f) of the Ac current fed into the at least one inductor (6) is variable or adjustable in a range of 5 Khz to 15 Khz.

3. The inductive switch and/or rail heating device (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the generator (2) is configured without oscillation loop or without resonance loop.

4. The inductive switch and/or rail heating device (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the control device (40, 44) or the regulation device (40, 44, 48) includes at least one microprocessor (44) which varies or adjusts a frequency (f) or a pulse width (PW) of the alternating current fed to the at least one inductor (6) through drivers.

5. The inductive switch and/or rail heating device (1) according to claim 4, **characterized in that** the control device (40, 44) or the regulation device (40, 44, 48) includes an operating device (40) through which operating parameters of the generator (2) are adjustable by the microprocessor (44).

6. The inductive switch and/or rail heating device (1) according to claim 4 or 5, **characterized in that** the microprocessor (44) includes algorithms for a control or regulation of the power of the generator (2) through variation of the pulse width (PW) and/or the frequency (f) of the AC current fed into the at least one inductor (6), wherein the control or regulation is performed as a function of at least one control variable.

7. The inductive switch and/or rail heating device (1) according to claim (6), **characterized in that** the at least one control variable for controlling or regulating the power of the generator (2) includes at least ambient temperature or a rail/switch temperature respectively by itself or in combination with ambient air humidity.

8. The inductive switch and/or rail heating device according to claim 7, **characterized in that** at least one sensor (48) is provided for measuring the control variable and connected with the microprocessor (44) in a signal conducting manner.

9. The inductive switch and/or rail heating device (1) according to claim (8), **characterized in that** a temperature range between a lower temperature threshold (Tu) and an upper temperature threshold (To) for ambient temperature and/or for the rail-/switch temperature is pre determinable for algorithms implemented in the microprocessor (44) for controlling and/or regulating the power of the generator (2), wherein

d) the microprocessor (44) performs a control or regulation of the electrical power of the generator (2) as a function of ambient temperature and/or as a function of rail/switch temperature as a control variable when an ambient temperature and/or a rail/switch temperature measured by the at least one sensor (48) is disposed in a range between the upper temperature threshold (To) and the lower temperature threshold (Tu), and
e) for a measured ambient temperature and/or rail/switch temperature which is greater than or equal to the upper temperature threshold (To) the electrical power of the generator (2) is set to zero or to a minimum value, and
f) for a measured ambient temperature or rail/switch temperature which is less than or equal to the lower temperature threshold (Tu) the electrical power of the generator (2) is set to a constant maximum value.

10. The inductive switch and/or rail heating device (1), according to claim 9, **characterized in that** different algorithms for controlling or regulating the power of the generator (2) are implemented in the microprocessor (44) starting from a center temperature (Tav) which represents a center of a portion between the upper temperature threshold value (To) and the lower threshold value (Tu) either in a direction of the upper temperature threshold value (To) or in a direction of the lower temperature threshold value (Tu).

**11.** The inductive switch and/or rail heating device (1), according to claim 9 or 10, **characterized in that** the regulation device (44, 48) includes a P-regulator, a PI-regulator or a PID-regulator implemented in the microprocessor (44).

**12.** The inductive switch and/or rail heating device (1), according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one display (46) is provided for representing operating parameters.

**13.** The inductive switch and/or rail heating device (1), according to one of the preceding claims 5, 9, 10 or 12, **characterized in that** the operating parameters include the pulse width (PW) and/or the frequency (f) of the alternating current fed into the at least one inductor (6) and/or the upper temperature threshold (Tu) and/or the lower temperature threshold (Tu) and/or the average temperature (Tav).

**14.** The inductive switch and/or rail heating device (1), according to one of the preceding claims, **characterized in that** the inductor (6) is configured plate shaped with a thickness that is small relative to a dimension of its side surfaces.

**15.** The inductive switch and/or rail heating device (1), according to claim 14, **characterized in that** windings (24) of the induction coil (56) of the at least one inductor (6) are arranged in a single plane.

**16.** The inductive switch and/or rail heating device (1), according to claims 14 or 15, **characterized in that** the windings (24) of the induction coil (6) of the at least one inductor (6) are received in or by a plate shaped carrier element (26) which is provided with one of its lateral surfaces for attachment at an inner side wall (14) or at an outer side surface (12) of a center portion (16) of a rail (8).

**17.** The inductive switch and/or rail heating device (1), according to one of the claims 14 - 16, **characterized in that** the at least one inductor (6) is attached by an attachment device (30) at the rail (8), wherein at least one shielding element (38) from electrically nonconductive but magnetically conductive material like ferrite is arranged between the attachment device (30) and the inductor (8).

**18.** The inductive switch and/or rail heating device (1), according to one of the claims 14 - 17, **characterized in that** the at least one inductor (6) is attached with an L-shaped bracket (30) at the rail (8), wherein the L-shaped bracket (30) includes a first arm (32) at least partially reaching around a rail base (18) and a second arm (34) at least partially supporting the inductor (6) at a side surface (12, 14) of the rail (8), wherein at least one shielding element (38) made from electrically conductive but magnetically nonconductive material like ferrite is arranged between the second arm (34) of the bracket (30) and the inductor (6).

**19.** The inductive switch and/or rail heating device (1), according to one of the preceding claims, **characterized in that** the generator (2) is controlled so that the pulse width (PW) is increased for a constant frequency (f) starting from a start value ($PW_0$) for the pulse width (PW) over a predetermined time period (tr) in a ramp pattern to a higher value ($PW_1$) compared to a pulse width ($PW_2$) corresponding to a continuous power value of the generator (2) after switching the generator (2) on, thereafter the pulse width is kept constant at this increased value ($PW_1$) for an additional time period (11) and after expiration of the additional time period (11) the pulse width is lowered to the pulse width ($PW_2$) corresponding to the continuous power value of the generator (2).

**20.** A rail network for rail vehicles including at least one rail and/or one switch, **characterized in that** the rail network includes the inductive switch and/or rail heating device (1) according to one of the preceding claims.

**21.** A rail network according to claim 20, **characterized in that** at least one inductor (6) is arranged at one or at both side surfaces (12, 14) of at least one rail (8).

**22.** A rail network according to claim 21, **characterized in that** the at least one inductor (6) is arranged at the rail (8) in a rail section that is arranged in a portion of a switch (10).

**23.** A use of an induction device, comprising:

a) a generator (2) fed by an alternating voltage source;
b) a conductor (22) between the generator (2) and at least one inductor (6) including a least one induction coil (56) for supplying the at least one induction coil (56) with the alternating current generated by the generator (2);
c) a control or regulation device (40, 44) for controlling or regulating the electrical power of the generator (2) by varying the frequency (f) and/or the pulse width (PW) of the alternating current fed into the induction coil (56); and

d) in an inductive switch and/or rail heating device (1) in which the at least one inductor (6) is arranged at a rail (8) and/or at a switch (10) of the rail network a current is introduced by the induction coil (56) fed by the alternating current wherein the current is introduced in the rail (8) and in the switch (10) by electromagnetic induction wherein the current heats the rail (8) and/or the switch (10).

**Revendications**

1. Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails (1) contenant au moins un générateur (2) alimenté par une source de courant alternatif qui alimente en courant alternatif par un raccord de conduites (22) au moins un inducteur (6) contenant au moins une bobine d'induction (56), prévu pour la fixation au rail (8) ou à l'aiguillage (10), cependant qu'un courant qui chauffe le rail (8) ou l'aiguillage (10) est induit par induction électromagnétique dans le rail ou l'aiguillage en raison de la bobine d'induction (56) de l'inducteur (6) alimentée en courant alternatif, **caractérisé en ce qu'**un dispositif de commande (40, 44) ou un dispositif de réglage (40, 44, 48) est prévu pour la commande ou le réglage de la puissance électrique du générateur (2) par variation de la fréquence (f) et/ou de la largeur d'impulsion (PW) du courant alternatif alimenté dans l'inducteur qui existe au moins (6).

2. Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le générateur (2) est commandé ou réglé par le dispositif de commande (40, 44) ou le dispositif de réglage (40, 44, 48) de telle manière que la fréquence (f) du courant alternatif alimenté dans l'inducteur qui existe au moins (6) est variable ou réglable à l'intérieur d'une plage de 5 kHz à 15 kHz.

3. Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le générateur (2) est configuré sans circuit oscillant ou sans circuit de résonance.

4. Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande (40, 44) ou le dispositif de réglage (40, 44, 48) contient au moins un microprocesseur (44) qui fait varier ou règle, par des pilotes, la fréquence (f) et/ou la largeur d'impulsion (PW) du courant alternatif alimenté dans l'inducteur qui existe au moins (6).

5. Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande (40, 44) ou le dispositif de réglage (40, 44, 48) contient un dispositif de manoeuvre (40) par lequel des paramètres de fonctionnement du générateur (2) peuvent être réglés par le microprocesseur (44).

6. Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** des algorithmes pour une commande ou un réglage de la puissance du générateur (2) par variation de la largeur d'impulsion (PW) et/ou de la fréquence (f) du courant alternatif alimenté dans l'inducteur qui existe au moins (6) sont mis en oeuvre dans le microprocesseur (44), cependant que la commande ou le réglage se fait en fonction d'au moins une grandeur pilote.

7. Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la grandeur pilote qui existe au moins pour la commande ou le réglage de la puissance du générateur (2) contient au moins la température ambiante ou la température du rail/de l'aiguillage, respectivement seule ou en combinaison avec l'humidité de l'air.

8. Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**au moins un capteur (48) est prévu pour la mesure de la grandeur pilote et est relié en étant conducteur de signaux au microprocesseur (44).

9. Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'**une plage de température entre un seuil inférieur de température (Tu) et un seuil supérieur de température (To) pour la température ambiante et/ou pour la température du rail/de l'aiguillage peut être prédéfinie pour les algorithmes mis en oeuvre dans le microprocesseur (44) pour la commande ou le réglage de la puissance du générateur (2), cependant que,

d) pour une température ambiante et/ou une température de rail/d'aiguillage, mesurée par le capteur qui existe au moins (48), qui se situe dans la plage entre le seuil supérieur de température (To) et le seuil inférieur de température (Tu), une commande ou un réglage de la puissance électrique du générateur (2) se fait en fonction

de la température ambiante et/ou en fonction de la température du rail/de l'aiguillage et,
e) pour une température ambiante et/ou une température du rail/de l'aiguillage mesurée qui est supérieure ou égale au seuil supérieur de température (To), la puissance électrique du générateur (2) est mise à zéro ou à une valeur minimale et,
f) pour une température ambiante et/ou une température du rail/de l'aiguillage mesurée qui est inférieure ou égale au seuil inférieur de température (Tu), la puissance électrique du générateur (2) est mise à une valeur maximale constante.

**10.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** différents algorithmes pour la commande ou le réglage de la puissance du générateur (2) sont mis en oeuvre dans le microprocesseur (44) en partant d'une température moyenne (Tav) qui constitue un milieu de la plage entre le seuil supérieur de température (To) et le seuil inférieur de température (Tu), soit en direction du seuil supérieur de température (To), soit en direction du seuil inférieur de température (Tu).

**11.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (40, 44, 48) contient un régulateur P, un régulateur PI ou un régulateur PID mis en oeuvre dans le microprocesseur (44).

**12.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins un affichage (46) est prévu pour la représentation de paramètres de fonctionnement.

**13.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon l'une des revendications 5, 9, 10 ou 12, **caractérisé en ce que** les paramètres de fonctionnement contiennent la largeur d'impulsion (PW) et/ou la fréquence (f) du courant alternatif alimenté dans l'inducteur qui existe au moins (6) et/ou le seuil supérieur de température (To) et le seuil inférieur de température (Tu) et/ou la température moyenne (Tav).

**14.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'inducteur est configuré en forme de plaque avec une faible épaisseur par rapport à la dimension de ses faces latérales.

**15.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** les enroulements (24) d'une bobine d'induction (56) de l'inducteur qui existe au moins (6) sont placés dans un seul plan.

**16.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon la revendication 14 ou 15, **caractérisé en ce que** les enroulements (24) de la bobine d'induction (56) de l'inducteur qui existe au moins (6) sont logés dans ou par un corps de support en forme de plaque (26) qui est prévu avec l'une de ses faces latérales pour la fixation à une face latérale intérieure (14) ou à une face latérale extérieure (12) d'une partie centrale (16) d'un rail (8).

**17.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon l'une des revendications 14 à 16, **caractérisé en ce que** l'inducteur qui existe au moins (6) est fixé au rail (8) au moyen d'un dispositif de fixation (30), cependant qu'au moins un corps de blindage (38) en matériau qui n'est pas électroconducteur mais qui est un conducteur magnétique comme le ferrite est intercalé entre le dispositif de fixation (30) et l'inducteur (6).

**18.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon l'une des revendications 14 à 16, **caractérisé en ce que** l'inducteur qui existe au moins (6) est fixé au rail (8) au moyen d'une attache en forme de L (30), cependant que l'attache en forme de L (30) présente un premier montant (32) qui entoure au moins partiellement un patin de frein (18) et un second montant (34) qui maintient l'inducteur (6) sur une face latérale (12, 14) du rail (8), cependant qu'au moins un corps de blindage (38) en matériau électroconducteur mais qui n'est pas un conducteur magnétique comme le ferrite est intercalé entre le second montant (34) de l'attache (30) et l'inducteur (6).

**19.** Dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le générateur (2) est commandé de telle manière qu'après avoir mis en marche le générateur (2) la largeur d'impulsion (PW) augmente à la manière d'une rampe, pour une fréquence constante (f), en partant d'une valeur de départ ($PW_0$) pour la largeur d'impulsions (PW) pendant une période déterminée (tr), à une valeur plus élevée ($PW_1$) par rapport à une largeur d'impulsions ($PW_2$) qui correspond à une valeur de puissance continue du générateur (2), est ensuite maintenue constante à cette valeur accrue (PW1) pour une autre période (t1), et diminue ensuite, après expiration de l'autre période (t1), à la largeur d'impulsion ($PW_2$) qui correspond à la valeur de puissance continue du générateur (2).

**20.** Réseau ferroviaire pour véhicules sur rails contenant au moins un rail et/ou un aiguillage, **caractérisé en ce qu'**il contient un dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails (1) selon l'une des revendications précédentes.

**21.** Réseau ferroviaire selon la revendication 20, **caractérisé en ce qu'**au moins un inducteur (6) est placé sur l'une ou sur les deux faces latérales (12, 14) d'au moins un rail (8).

**22.** Réseau ferroviaire selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** l'inducteur qui existe au moins (6) est placé sur le rail (8) dans une section de rail qui se trouve dans la zone d'un aiguillage (10).

**23.** Utilisation d'un dispositif à induction avec au moins

a) un générateur (2) alimenté par une source de courant alternatif,
b) un raccord de conduites (22) entre le générateur (2) et au moins un inducteur (6) qui contient au moins une bobine d'induction (56) pour l'alimentation de la bobine d'induction qui existe au moins (56) en courant alternatif produit par le générateur (2) et avec
c) un dispositif de commande ou de réglage (40, 44, 48) pour la commande ou le réglage de la puissance électrique du générateur (2) par variation de la fréquence (f) et/ou de la largeur d'impulsion (PW) du courant alternatif alimenté dans la bobine d'induction (56),
d) pour un dispositif de chauffage inductif d'aiguillage et/ou de rails (1) pour lequel l'inducteur qui existe au moins (6) est placé sur un rail (8) et/ou sur un aiguillage (10) d'un réseau ferroviaire et pour lequel un courant qui chauffe le rail (8) et/ou l'aiguillage (10) est induit dans le rail (8) et/ou l'aiguillage (10) par induction électromagnétique en raison de la bobine d'induction (56) alimentée en courant alternatif.

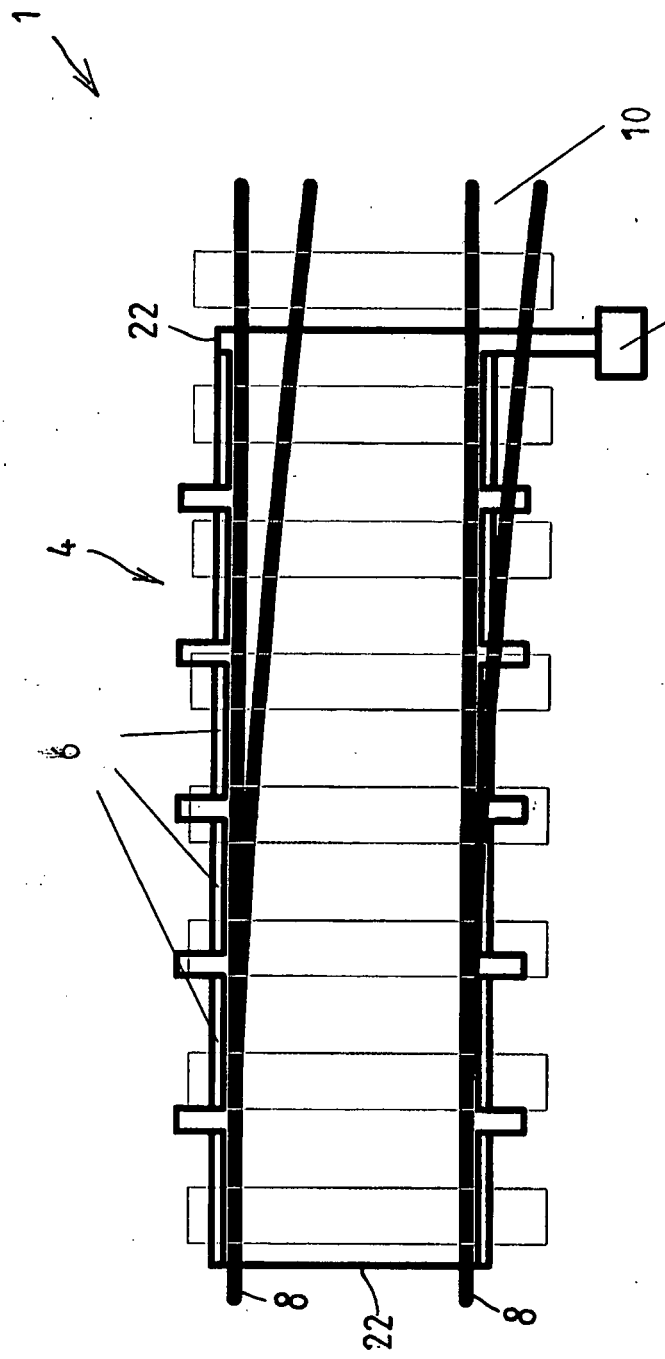



Fig. 1

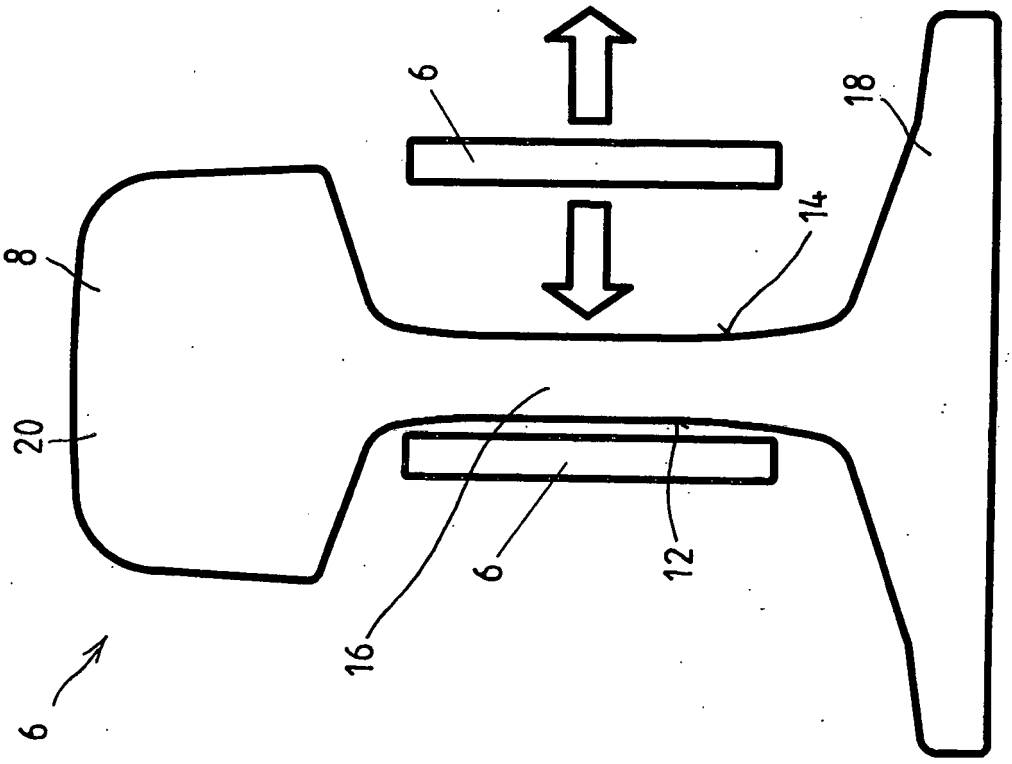



Fig. 2

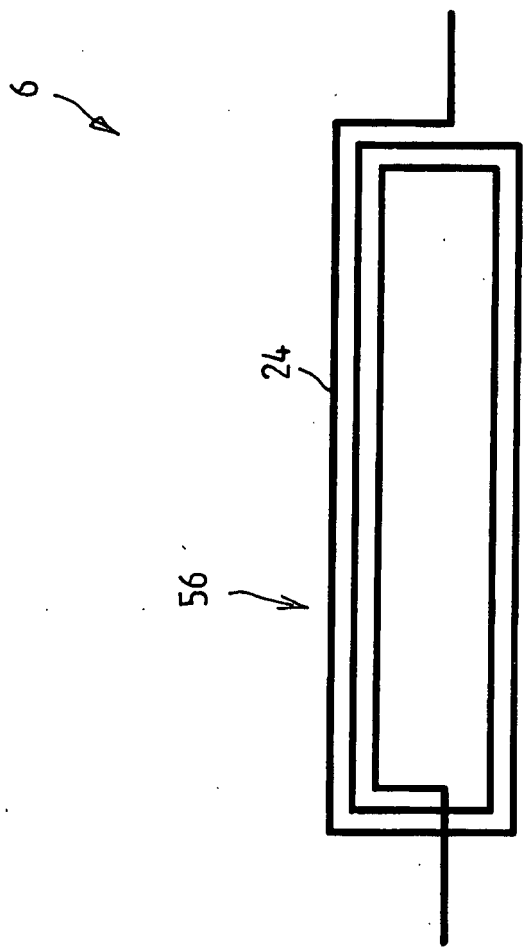



Fig. 3

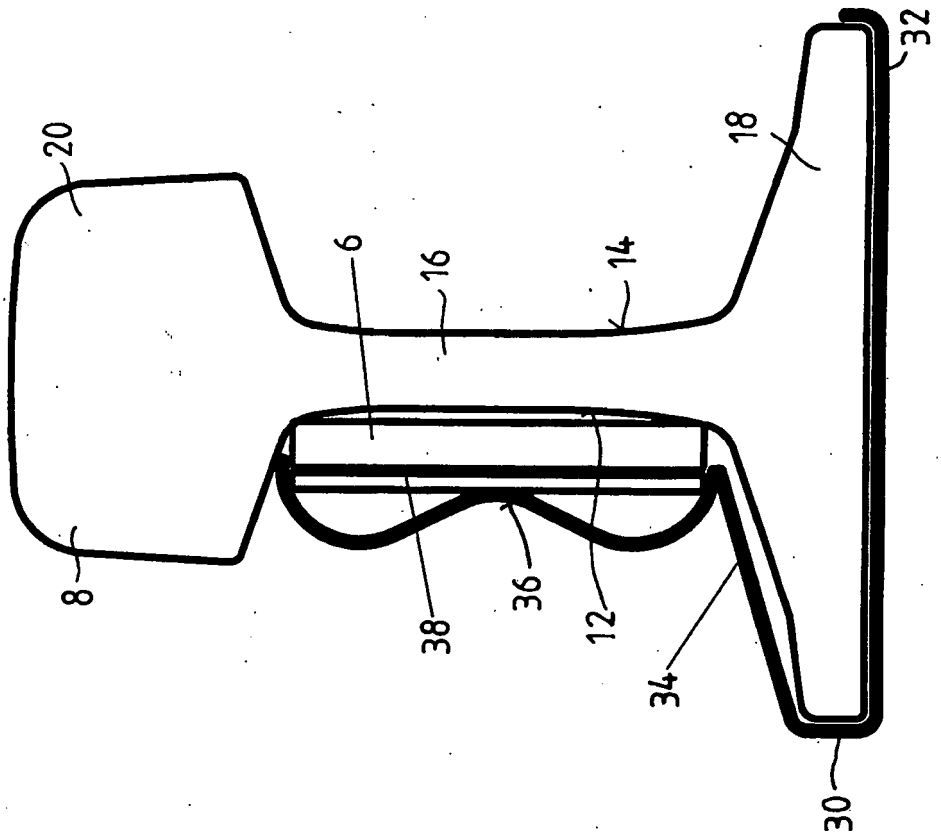



Fig. 4

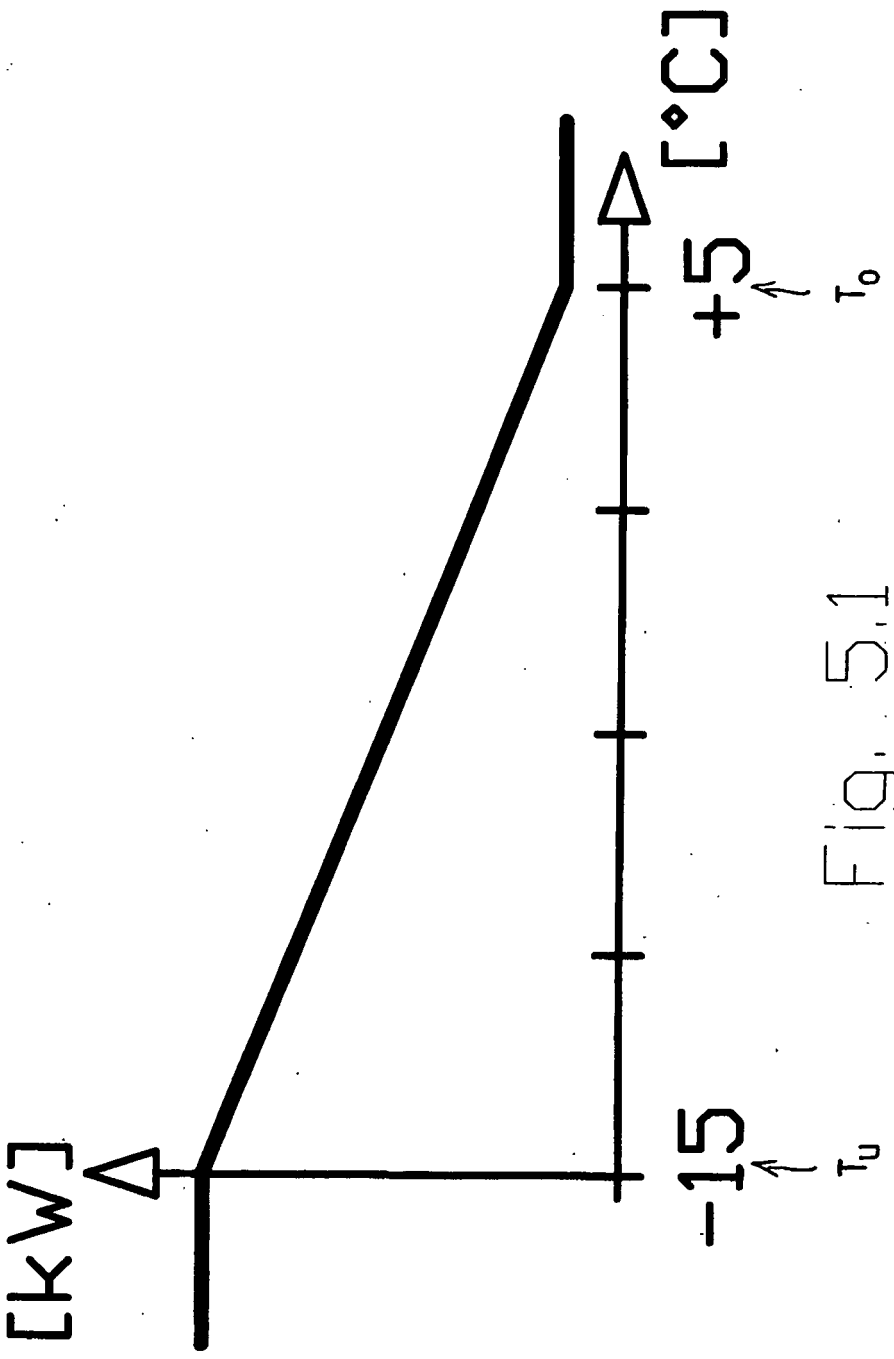



Fig. 5.1

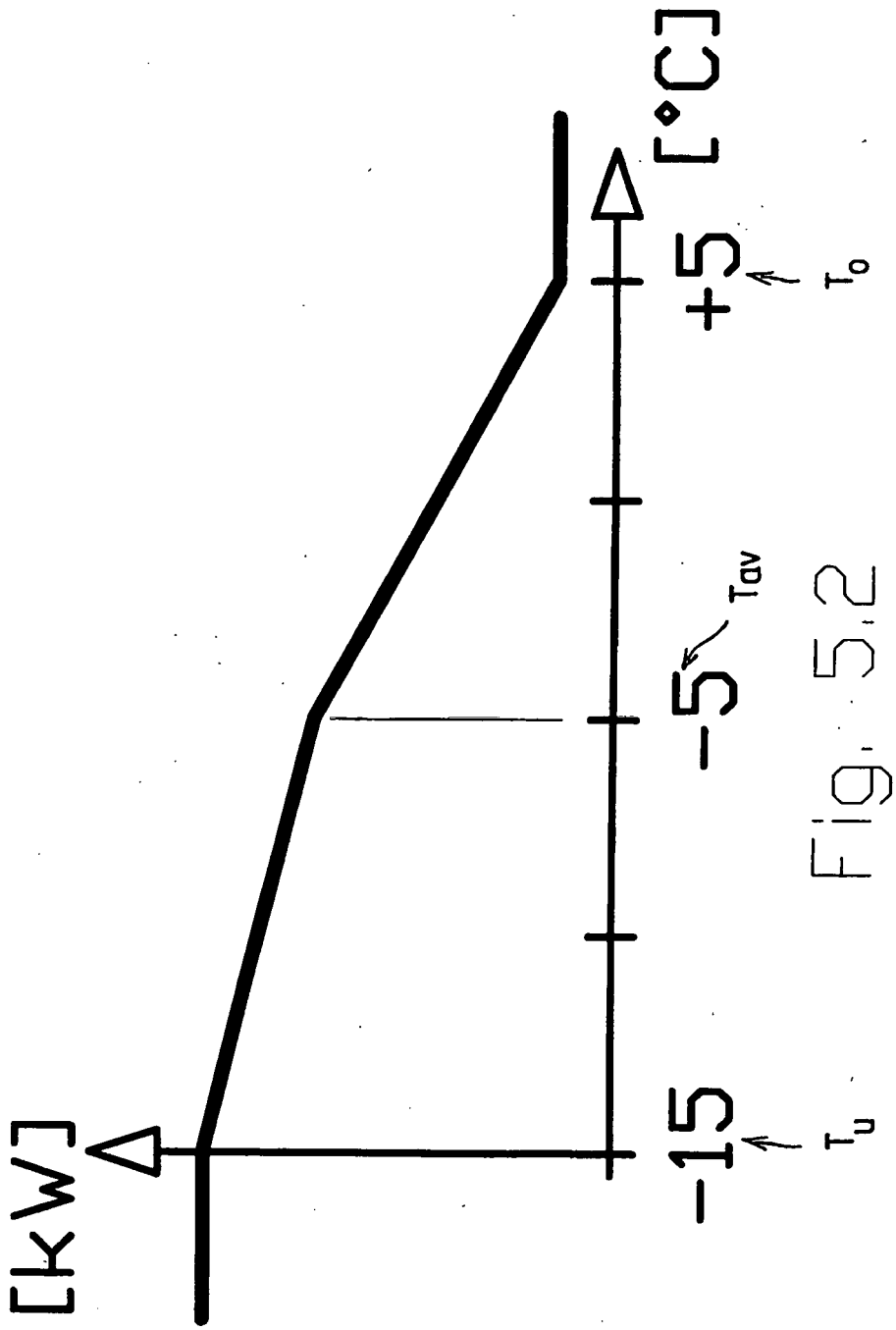



Fig. 5.2

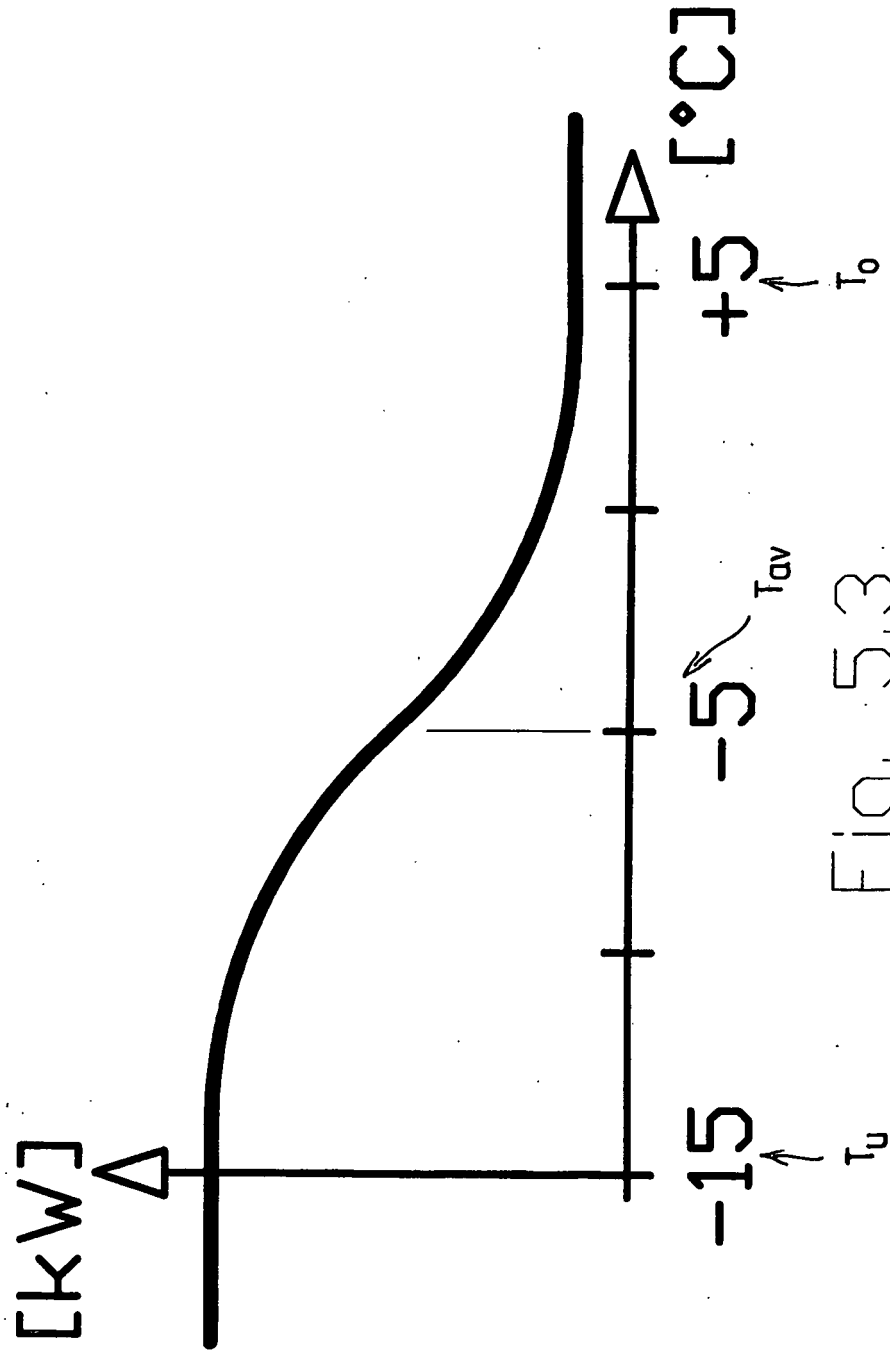



Fig. 5.3

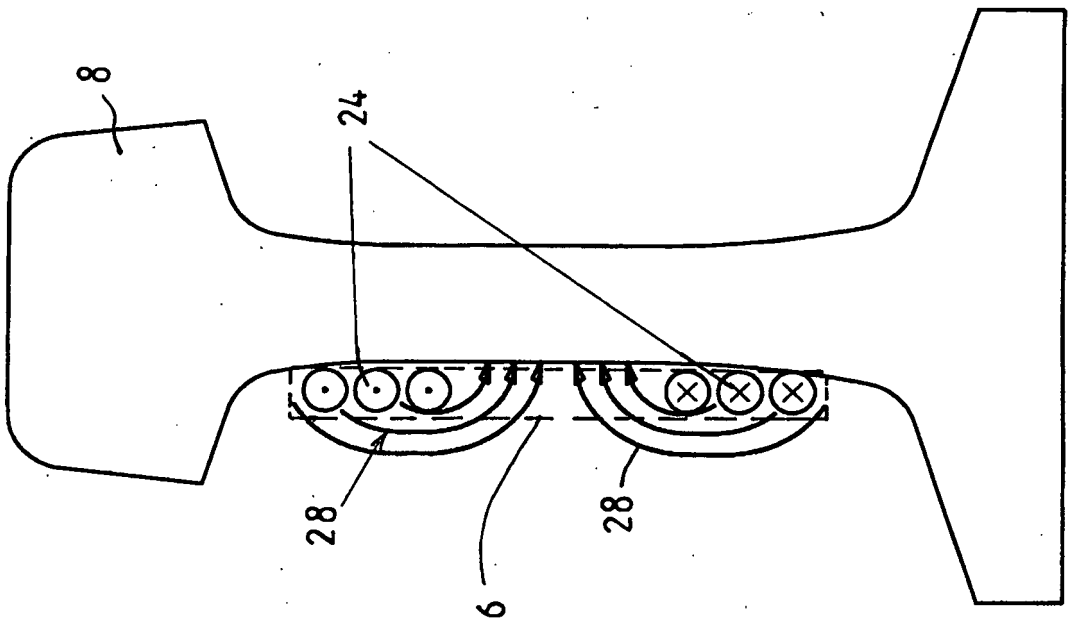



Fig. 6

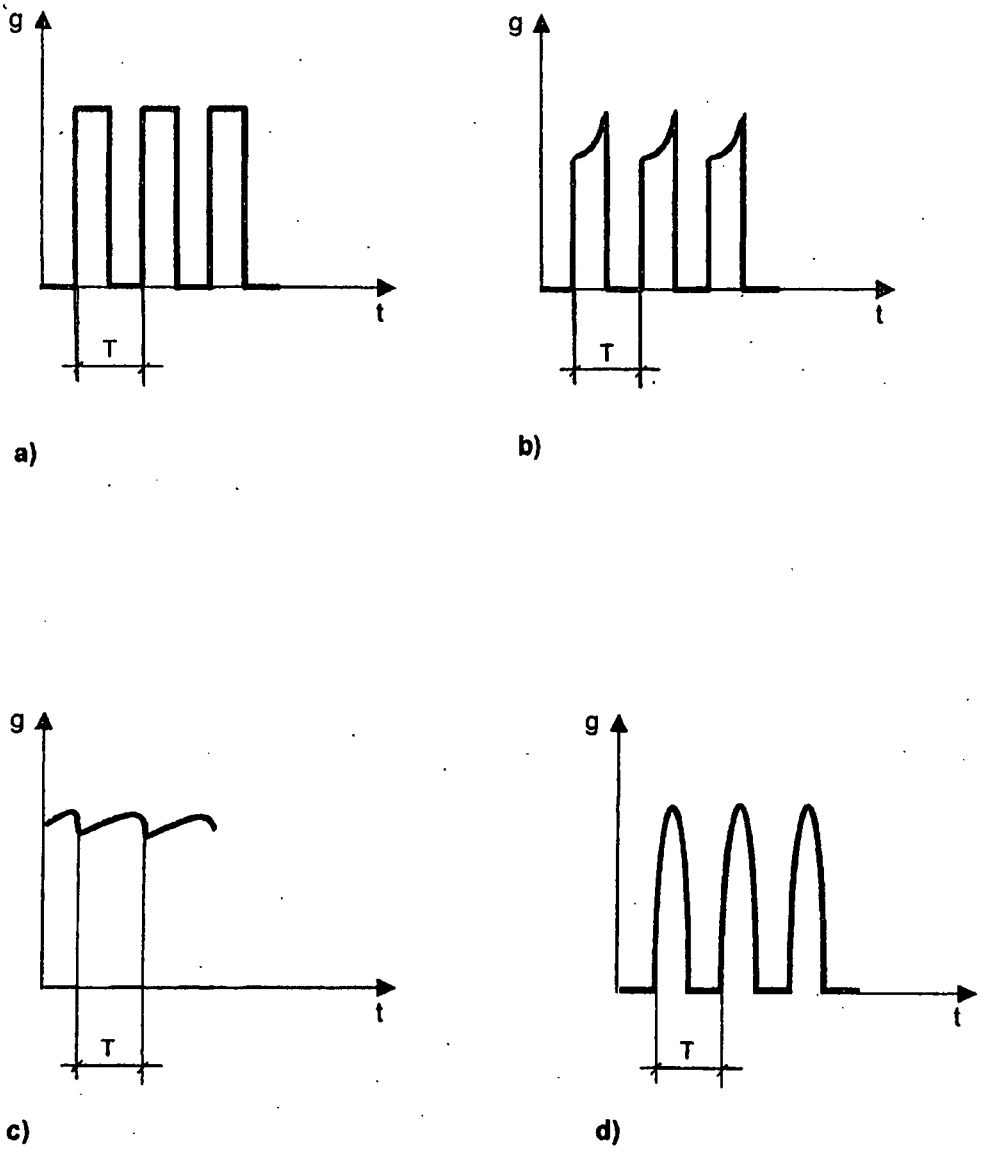
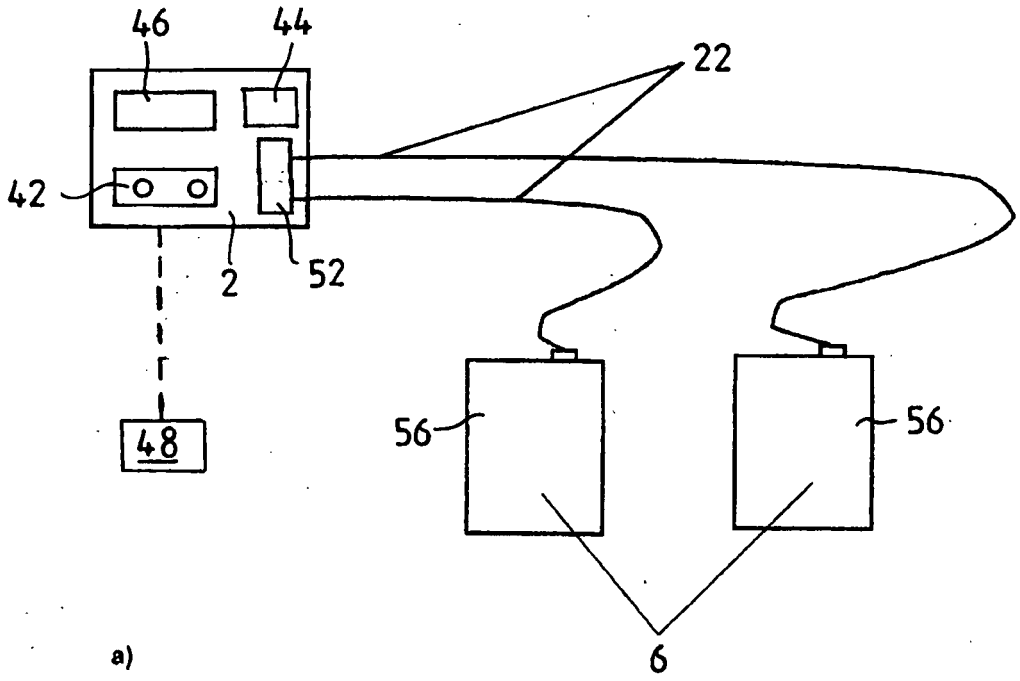



FIG.7



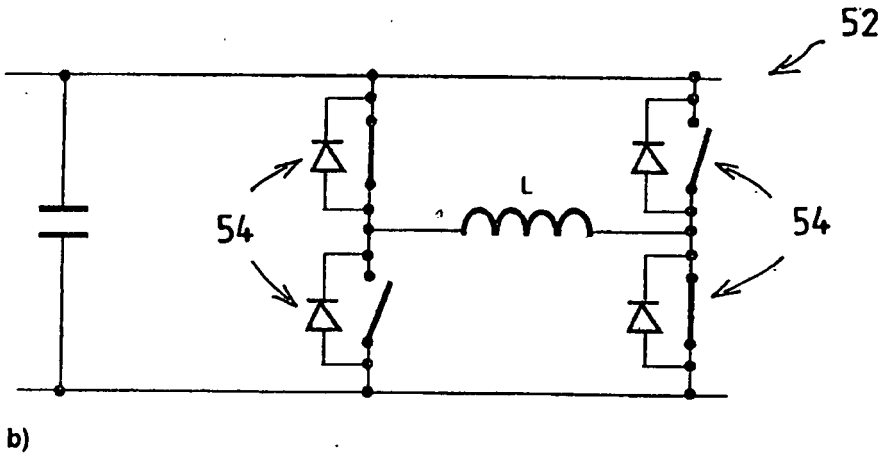




FIG.8

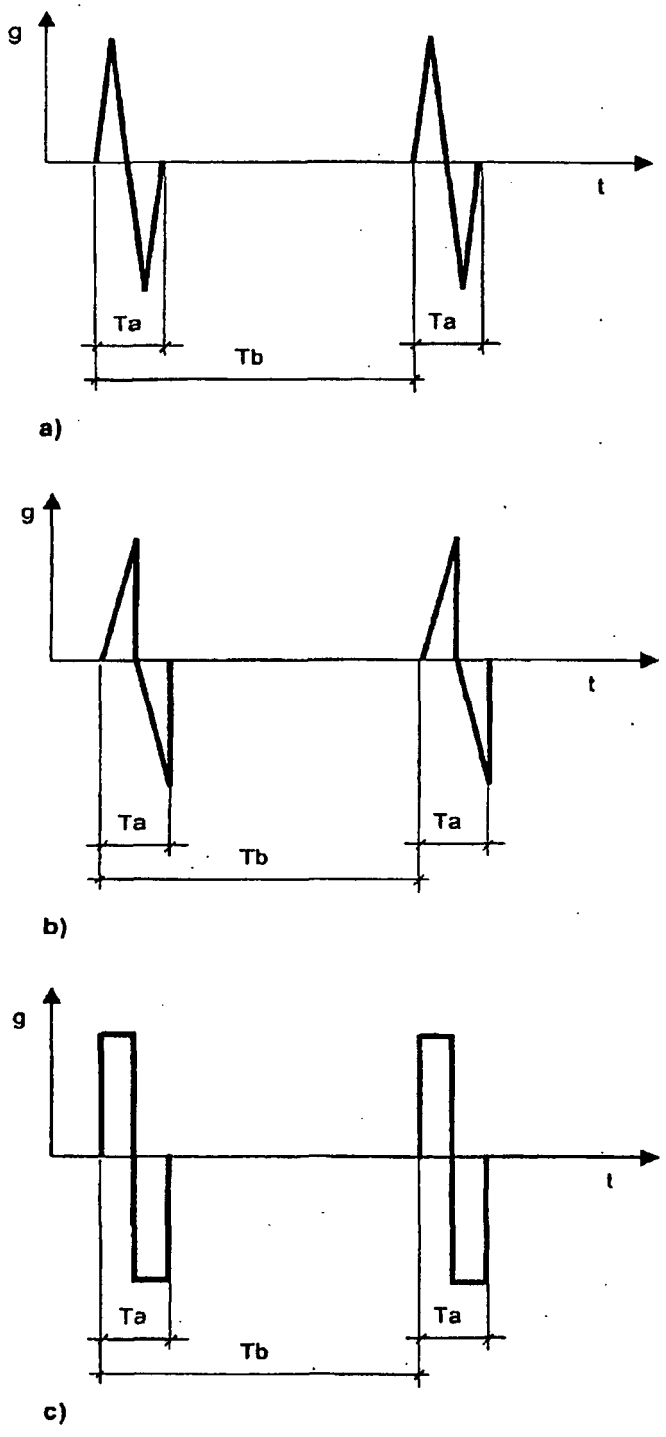



FIG.9

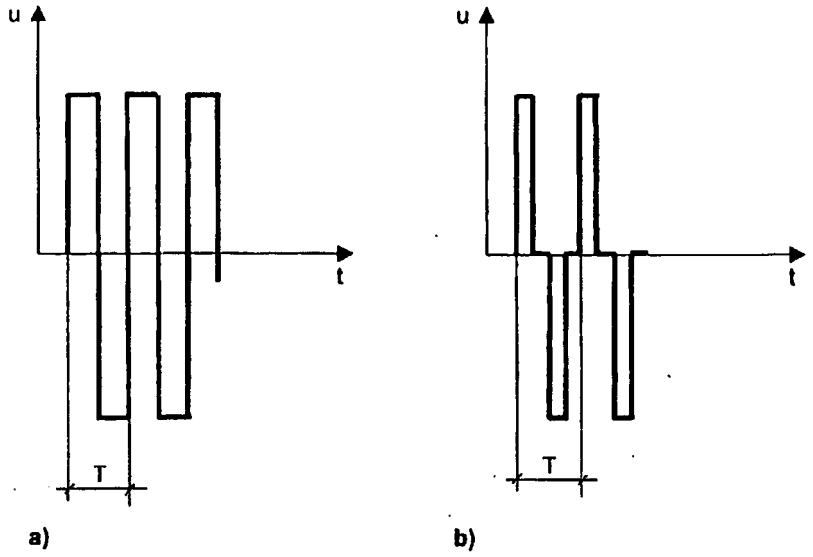



FIG.10

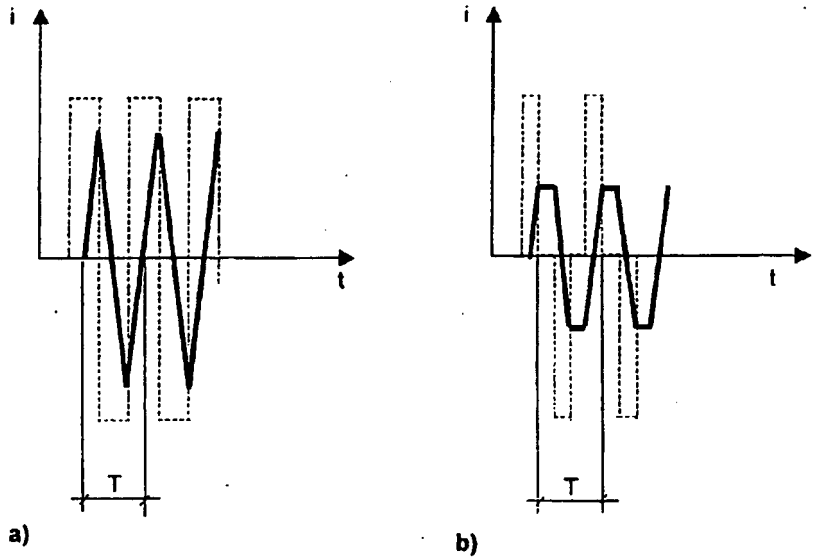



FIG.11

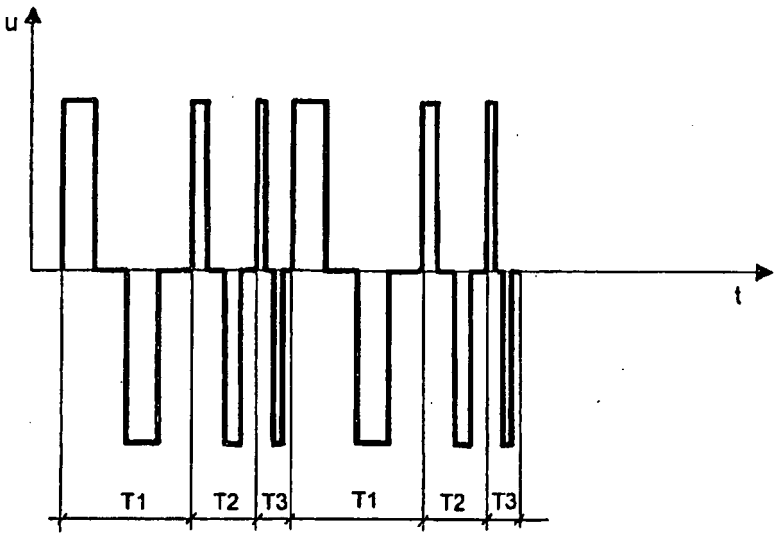



FIG.12

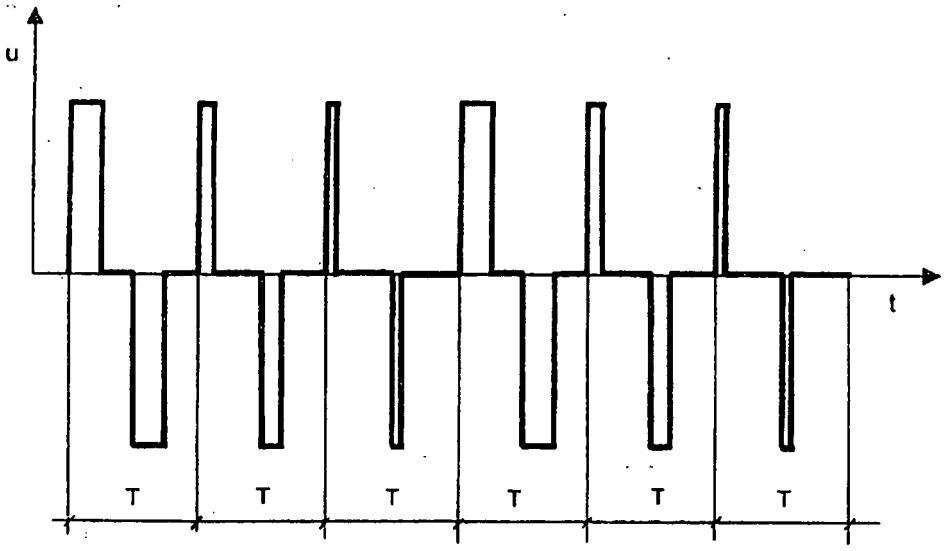



FIG.13

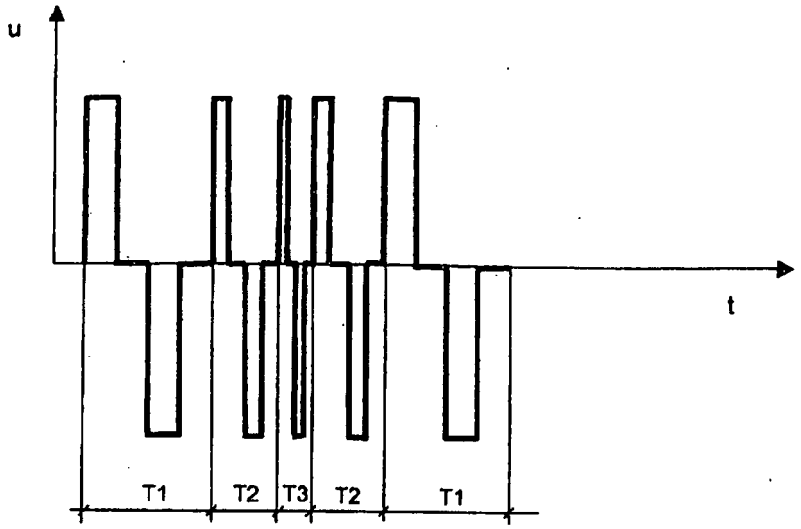



FIG. 14

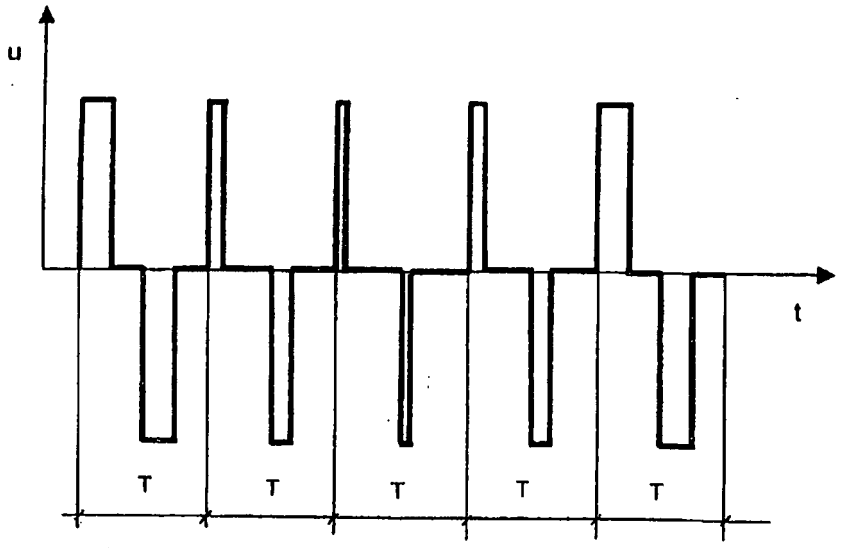



FIG.15

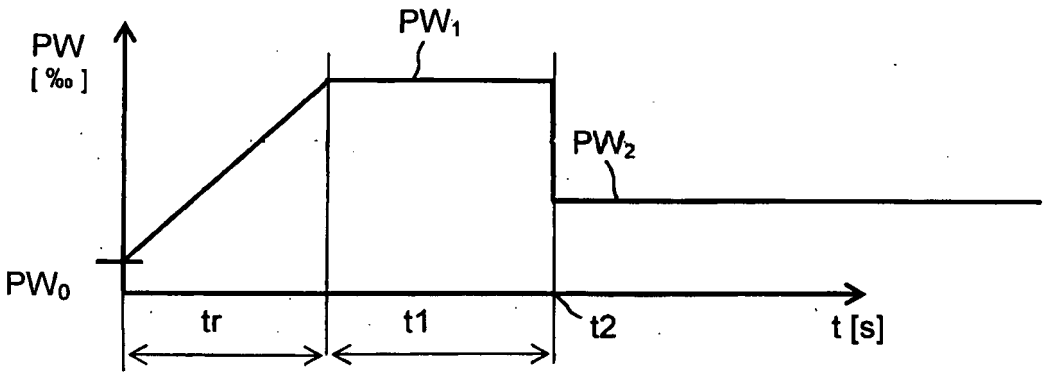



Fig.16

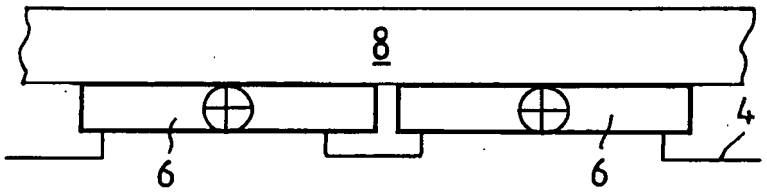



Fig.17

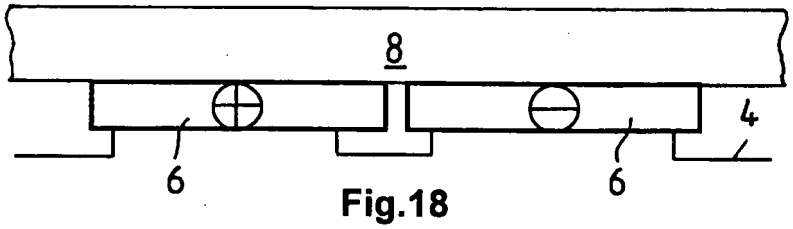



Fig.18

## 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


- US 6727470 B2 **[0004]**
- DE 4338750 A1 **[0007]**