

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. November 2008 (06.11.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/131707 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 27/28 (2006.01) **B60L 15/00** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/000784

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. April 2007 (26.04.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DERFIORA, Rizqa** [ID/DE]; Am Röthelheim 45, 91052 Erlangen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

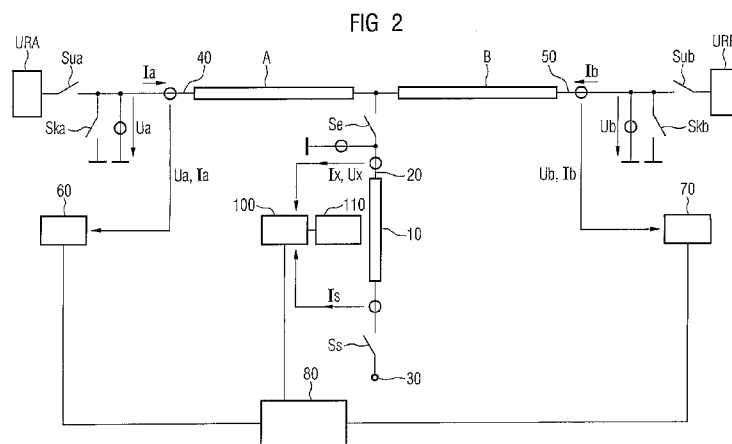
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A PARAMETER SET DESCRIBING ELECTRIC PARAMETERS OF A ROUTE SECTION OF A MAGNETIC SUSPENSION RAILWAY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ERMITTELN EINES PARAMETERSATZES, DER ELEKTRISCHE PARAMETER EINES STRECKENABSCHNITTS EINER MAGNETSCHWEBEBAHN BESCHREIBT



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a parameter set describing electric parameters of a route section of a magnetic suspension railway, wherein the route section comprises a stator section (10) forming a drive section of the magnetic suspension railway and a route cable (A, B) connecting the stator section to an associated converter device (URA, URB). In said method, the current and voltage values (Ua, Ia, Ub, Ib) are measured at the electric connecting point (40, 50) between the route cable and the converter device. The parameters of the parameter set are determined using said measurement values, thus forming the parameter set. According to the invention, the current and voltage values (Ux, Ix) are additionally measured at the electrical connecting point (20) between the route cable and the stator section and the current values (Is) at the neutral point side (30) of the stator section, if the stator section is electrically connected to the route cable and said additional measurement values are also considered when determining the parameters.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/131707 A1



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Ermitteln eines Parametersatzes, der elektrische Parameter eines Streckenabschnitts einer Magnetschwebbahn beschreibt, wobei der Streckenabschnitt einen einen Antriebsabschnitt der Magnetschwebbahn bildenden Statorabschnitt (10) und ein Streckenkabel (A, B), das den Statorabschnitt mit einer zugeordneten Umrichtereinrichtung (URA, URB) verbindet, umfasst, wobei bei dem Verfahren die Strom- und Spannungswerte (U_a , I_a , U_b , I_b) an der elektrischen Verbindungsstelle (40, 50) zwischen dem Streckenkabel und der Umrichtereinrichtung gemessen werden und mit diesen Messwerten die Parameter des Parametersatzes ermittelt werden und damit der Parametersatz gebildet wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zusätzlich die Strom- und Spannungswerte (U_x , I_x) an der elektrischen Verbindungsstelle (20) zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte (I_s) an der Sternpunktseite (30) des Statorabschnitts gemessen werden, wenn der Statorabschnitt mit dem Streckenkabel elektrisch verbunden ist, und diese zusätzlichen Messwerten beim Ermitteln der Parameter ebenfalls berücksichtigt werden.

Beschreibung

Verfahren zum Ermitteln eines Parametersatzes, der elektrische Parameter eines Streckenabschnitts einer Magnetschwebbahn beschreibt

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10 Zur Steuerung einer Magnetschwebbahn, insbesondere zur Regelung des Schubkraftstroms einer Magnetschwebbahn, ist es erforderlich, die elektrischen Parameter der einzelnen Streckenabschnitte der Magnetschwebbahn möglichst genau zu kennen.

15 Von der in Shanghai gebauten Transrapidstrecke ist es bekannt, für jeden Streckenabschnitt einen entsprechenden Parametersatz zu bestimmen. Ein Streckenabschnitt besteht dabei zumindest aus einem einen Antriebsabschnitt der Magnetschwebbahn bildenden Statorabschnitt und einem Streckenkabel, das den Statorabschnitt mit einer zugeordneten Umrichtereinrichtung verbindet. Zur Bestimmung des Parametersatzes werden die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und der Umrichtereinrichtung gemessen. Mit diesen Messwerten werden anschließend die Parameter des Parametersatzes ermittelt und damit der Parametersatz gebildet. Die vorbekannte Vorgehensweise zur Bestimmung der Parameter ist anhand der Figur 1 vereinfacht dargestellt:

30 Man erkennt in der Figur 1 einen Statorabschnitt 10, dessen einer Anschluss 20 über einen Schalter Se mit einem Streckenkabel A und einem weiteren Streckenkabel B verbunden ist. Das

Statorabschnittsanschluss 30 des Statorabschnitts 10 ist über einen Schalter Ss mit dem Sternpunkt verbunden.

Das Streckenkabel A steht mit seinem Einspeiseanschluss 40 über Schalter Sua und Ska mit einer Umrichtereinrichtung URA in Verbindung. Das weitere Streckenkabel B steht mit seinem Einspeiseanschluss 50 über Schalter Sub und Skb mit einer weiteren Umrichtereinrichtung URB in Verbindung.

10 Zur Bestimmung der Parameter des Streckenabschnitts werden mit einer umrichterbezogenen Messeinrichtung 60 und einer weiteren umrichterbezogenen Messeinrichtung 70, die beispielsweise über eine Stromregelung 80 der Magnetschwebbahn mit einer Auswerteinrichtung 90 verbunden sein können, Mes-
15 sungen am Einspeiseanschluss 40 sowie am Einspeiseanschluss 50 vorgenommen. Bei der Messung am Einspeiseanschluss 40 werden die Schalter Se und Sub geöffnet und die Spannungen U_a und die Ströme I_a für ein offenes Streckenkabelende (Skb offen) und ein geschlossenes Streckenkabelende (Skb geschlos-
20 sen) gemessen. Bei der Messung am Einspeiseanschluss 50 werden die Schalter Se und Sua geöffnet und die Spannungen U_b und die Ströme I_b für ein offenes Streckenkabelende (Ska offen) und ein geschlossenes Streckenkabelende (Ska geschlossen) gemessen. Mit den entsprechenden Messwerten werden die
25 elektrischen Parameter der beiden Streckenkabel A und B ermittelt. Die Eigenschaften des Statorabschnitts 10 werden nachfolgend aus Strommesswerten der Ströme I_a und I_b und Spannungsmesswerten der Spannungen U_a und U_b rückgerechnet, die bei geschlossenem Schalter Se bestimmt werden. Ein sol-
30 ches Rückrechnen ist möglich, da die Eigenschaften der beiden Streckenkabel A und B separat vom Statorabschnitt 10 zu diesem Zeitpunkt bereits bekannt sind.

Nachteilig bei dem vorbekannten Verfahren ist, dass die Messungen mit äußerster Vorsicht durchgeführt werden müssen, um Beschädigungen an den Umrichtereinrichtungen URA und URB zu vermeiden. Bei der Kurzschlussmessung, wenn also die Schalter Ska oder Skb geschlossen sind, können Kurzschlussströme mit sehr großen Oberschwingungsanteilen fließen, wodurch unter Umständen in den Umrichtereinrichtungen enthaltene Halbleiterventile zerstört werden können.

10 Ausgehend von einem Verfahren der eingangs angegebenen Art liegt der Erfindung somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Parameterbestimmung anzugeben, bei dem die Gefahr einer Beschädigung der Umrichtereinrichtungen vermieden, zumindest deutlich reduziert ist.

15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Unteransprüchen angegeben.

20 Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und der Umrichtereinrichtung gemessen werden, wenn der Statorabschnitt mit dem Streckenkabel elektrisch verbunden ist, zusätzlich die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts gemessen werden und diese zusätzlichen Messwerte beim Ermitteln der Parameter ebenfalls berücksichtigt werden.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass die Gefahr von Beschädigungen der Umrichtereinrichtungen relativ gering ist; aufgrund des während

der Messungen parallel geschalteten Statorabschnitts sind die Stromoberschwingungsanteile frequenzmäßig verschoben und die Eigenfrequenzen des elektrischen Gesamtsystems gegenüber einer Messung mit abgeschaltetem Statorabschnitt deutlich günstiger verteilt. Die Kurzschlussmessungen mit geschlossenen Schaltern Ska bzw. Skb entsprechen somit elektrischen Zuständen, wie sie während des üblichen Betriebs der Magnetschwebebahn auftreten können, so dass die Gefahr einer Zerstörung der Umrichtereinrichtungen während der Parameterbestimmung relativ gering ist.

Besonders einfach und damit vorteilhaft lassen sich die Parameter bestimmen, wenn die Messwerte mit Hilfe der Vierpoltheorie ausgewertet werden.

Wie bereits eingangs erwähnt, kann der Statorabschnitt über ein weiteres Streckenkabel mit einer weiteren Umrichtereinrichtung verbunden sein: In diesem Falle wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem weiteren Streckenkabel und der weiteren Umrichtereinrichtung bei eingeschaltetem Statorabschnitt ebenfalls gemessen werden und diese Messwerte beim Ermitteln der Parameter zusätzlich berücksichtigt werden.

Für den Parametersatz werden vorzugsweise einer oder mehrere der folgenden Parameter bestimmt: der elektrische Widerstand, die Induktivität, die Kapazität, der elektrische Widerstandsbelag, der Induktivitätsbelag, der Ableitungsbelag, der Kapazitätsbelag und/oder der Leitwert, sei es für das Streckenkabel, das weitere Streckenkabel und/oder den Statorabschnitt.

Vorzugsweise werden die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und

der Umrichtereinrichtung und die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt jeweils dreiphasig gemessen und phasenleiterindividuell ausgewertet.

5

Die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts können mit einer mobilen Messeinrichtung erfasst und zu einer stationären Auswerteinrichtung übertragen werden, mit der dann die Parameter ermittelt werden.

Alternativ können die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts mit einer stationären Messeinrichtung erfasst und zu einer stationären Auswerteinrichtung übertragen werden, mit der dann die Parameter ermittelt werden.

Nach dem Bestimmen der Parameter werden die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und der Umrichtereinrichtung, die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts während des Betriebs der Magnetschwebbahn zumindest ein weiteres Mal, vorzugsweise wiederholt, gemessen, um die sich aus den Messwerten jeweils ergebenden Parameter zu ermitteln und die jeweils aktuellen Parameter zur Aktualisierung des Parametersatzes zu verwenden.

Als besonders vorteilhaft wird es angesehen, wenn die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt auch dazu

verwendet werden, während des Betriebs der Magnetschwebbahn die Position eines Fahrzeugs auf dem Statorabschnitt zu bestimmen. Zur Bestimmung der Position des Fahrzeugs werden vorzugsweise zusätzlich auch die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts herangezogen.

Auch wird es als vorteilhaft angesehen, wenn der gemessene Sternpunktstrom näherungsweise als Statorstrom unterhalb eines auf dem Statorabschnitt befindlichen Fahrzeugs angesehen wird und unter dieser Annahme der Schubkraftstrom der Magnetschwebbahn eingestellt wird.

Die Erfindung bezieht sich außerdem auf eine Anordnung zum Ermitteln eines Parametersatzes, der elektrische Parameter eines Streckenabschnitts einer Magnetschwebbahn beschreibt, wobei der Streckenabschnitt einen einen Antriebsabschnitt der Magnetschwebbahn bildenden Statorabschnitt und ein Streckenkabel, das den Statorabschnitt mit einer zugeordneten Umrichtereinrichtung verbindet, umfasst, wobei die Anordnung eine umrichterbezogene Messeinrichtung aufweist, die an die elektrische Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und der Umrichtereinrichtung angeschlossen ist und während ihres Betriebs die Strom- und Spannungswerte an der Verbindungsstelle misst, und wobei die Anordnung eine Auswerteinrichtung aufweist, die mit der umrichterbezogenen Messeinrichtung in Verbindung steht und mit den Messwerten der umrichterbezogenen Messeinrichtung die Parameter des Parametersatzes ermittelt und damit den Parametersatz bildet.

Erfindungsgemäß ist bezüglich einer solchen Anordnung vorgesehen, dass die Anordnung zusätzlich eine statorbezogene Messeinrichtung aufweist, die eingangsseitig an die elektrische Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie an die Sternpunktseite des Stator-

abschnitts angeschlossen ist und ausgangsseitig mit der Auswerteinrichtung in Verbindung steht, wobei die statorbezogene Messeinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie während ihres Betriebs die Strom- und Spannungswerte an der Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite misst und diese zur Auswerteinrichtung übermittelt, wobei die Auswerteinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie die Messwerte der statorbezogenen Messeinrichtung bei der Ermittlung der Parameter zusätzlich berücksichtigt und die Messungen durchführt, wenn der Statorabschnitt mit dem Streckenkabel elektrisch verbunden ist.

Vorzugsweise weist die Anordnung eine weitere umrichterbezogene Messeinrichtung auf, die eingangsseitig an die elektrische Verbindungsstelle zwischen einem weiteren Streckenkabel und einer weiteren Umrichtereinrichtung und ausgangsseitig an die Auswerteinrichtung angeschlossen ist und die derart ausgestaltet ist, dass sie während ihres Betriebs die Strom- und Spannungswerte an der Verbindungsstelle zwischen dem weiteren Streckenkabel und der weiteren Umrichtereinrichtung misst und diese zur Auswerteinrichtung übermittelt.

Die statorbezogene Messeinrichtung kann durch eine mobile Einheit oder durch eine stationäre Einheit gebildet sein. Die Auswerteinrichtung kann Bestandteil einer solchen mobilen oder stationären Einheit sein oder eine separate Komponente bilden.

Bevorzugt ist die Anordnung derart ausgestaltet, dass sie nach dem Bestimmen der Parameter die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und der Umrichtereinrichtung, die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem

Strecken-kabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts während des Betriebs der Magnetschwebbahn zumindest ein weiteres Mal, vorzugsweise wiederholt, misst, die sich aus den Messwerten jeweils ergebenden Parameter ermittelt und die jeweils aktuellen Parameter zur Aktualisierung des Parametersatzes verwendet.

Außerdem kann die Auswerteinrichtung auch derart ausgestaltet sein, dass sie mit den Strom- und Spannungswerten an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt während des Betriebs der Magnetschwebbahn die Position eines Fahrzeugs auf dem Statorabschnitt bestimmt. Zusätzlich kann sie zur Bestimmung der Position des Fahrzeugs auch die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts heranziehen.

Als Erfindung wird darüber hinaus eine Magnetschwebbahn mit einer Vielzahl an Streckenabschnitten angesehen, wobei zumindest einer der Streckenabschnitte, vorzugsweise alle Streckenabschnitte, jeweils mit einer individuellen, dezentralen Anordnung - wie beschrieben - zum Ermitteln eines Parametersatzes ausgestattet ist und wobei für jeden mit einer dezentralen Anordnung versehenen Streckenabschnitt jeweils der Schubkraftstrom des Streckenabschnitts unter Heranziehung seines dezentral ermittelten Parametersatzes ermittelt wird.

Als selbständige Erfindung wird darüber hinaus eine Anordnung und ein Verfahren zum Orten eines Fahrzeugs auf einem Streckenabschnitt einer Magnetschwebbahn angesehen, und zwar unabhängig davon, wie die Parameter bzw. Parametersätze für die Magnetschwebbahn ermittelt worden sind.

Als selbständige Erfindung wird darüber hinaus eine Anordnung und ein Verfahren zum Einstellen des Schubkraftstromes für

ein auf einem Streckenabschnitt einer Magnetschwebbahn befindliches Fahrzeug angesehen, bei dem der Sternpunktstrom des Statorabschnitts als Statorstrom unterhalb des Fahrzeugs angesehen und zum Einstellen des Schubkraftstromes verwendet
5 wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert; dabei zeigen beispielhaft

- 10 Figur 2 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Anordnung, anhand derer auch das erfindungsgemäße Verfahren beispielhaft erläutert wird,
- Figur 3 allgemeine Erläuterungen zur Vierpoltheorie,
15
- Figur 4 die Vierpoltheorie angewandt auf die Anordnung gemäß der Figur 2 und
- Figur 5 schematisch die Ortsbestimmung eines Fahrzeugs,
20 das sich auf einem Statorabschnitt der Anordnung gemäß der Figur 2 befindet.

In den Figuren 1 bis 5 werden aus Gründen der Übersichtlichkeit für identische oder vergleichbare Komponenten dieselben
25 Bezugszeichen verwendet.

In der Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Anordnung gezeigt. Diese Anordnung weist in Übereinstimmung mit der Anordnung gemäß der Figur 1 einen Statorabschnitt 10, ein Streckenkabel A, ein weiteres Streckenkabel
30 B, mehrere Schalter Se , Ss , Sua , Ska , Sub und Skb , eine Umrichtereinrichtung URA, eine weitere Umrichtereinrichtung URB, eine umrichterbezogene Messeinrichtung 60, eine weitere

umrichterbezogene Messeinrichtung 70 sowie eine Stromregelung 80 für die Magnetschwebbahn auf.

Zusätzlich ist bei der Anordnung gemäß der Figur 2 eine statorbezogene, mobile oder stationäre Messeinrichtung vorhanden, die mit dem Bezugszeichen 100 bezeichnet ist und eingangsseitig elektrisch an die Verbindungsstelle 20 zwischen den beiden Streckenkabeln A und B und dem Statorabschnitt 10 sowie an die Sternpunktseite 30 des Statorabschnitts angeschlossen ist. Ausgangsseitig steht die statorbezogene Messeinrichtung 100 mit einer Auswerteinrichtung 110 in Verbindung. Die statorbezogene Messeinrichtung 110 ist derart ausgestaltet, dass sie während ihres Betriebs die Strom- und Spannungswerte I_x , U_x an der Verbindungsstelle 20 zwischen den Streckenkabeln A, B und dem Statorabschnitt 10 sowie die Sternpunktstromwerte I_s an der Sternpunktseite 30 misst und diese zur Auswerteinrichtung 110 übermittelt.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der Figur 2 steht die Auswerteinrichtung 110 mit den beiden umrichterbezogenen Messeinrichtungen 60 und 70 nur mittelbar über die statorbezogene Messeinrichtung 100 in Verbindung, so dass die umrichterbezogenen Messergebnisse I_a , I_b , U_a , U_b der umrichterbezogenen Messeinrichtungen 60 und 70 nur über die statorbezogene Messeinrichtung 100 zur Auswerteinrichtung 110 gelangen können. Alternativ kann die Auswerteinrichtung 110 auch an eine der beiden umrichterbezogenen Messeinrichtungen 60 oder 70 angeschlossen sein und über diese die Messergebnisse der übrigen Messeinrichtungen erhalten. Ebenso ist es möglich, die Auswerteinrichtung 110 jeweils mit allen Messeinrichtungen 60, 70 und 100 direkt zu verbinden, so dass eine unmittelbare Übertragung der Messergebnisse möglich ist.

Die Anordnung gemäß der Figur 2 lässt sich beispielsweise wie folgt betreiben:

Mit der umrichterbezogenen Messeinrichtung 60 werden der in
 5 das Streckenkabel A hineinfließende Strom I_a und die am Streckenkabel A anliegende Spannung U_a gemessen. Mit der weiteren umrichterbezogenen Messeinrichtung 70 wird der in das weitere Streckenkabel B hineinfließende Strom I_b und die am weiteren Streckenkabel B anliegende Spannung U_b gemessen. Mit der statorbezogenen Messeinrichtung 100 werden der Strom I_x und die
 10 Spannung U_x an der elektrischen Verbindungsstelle 20 zwischen den Streckenkabeln A, B und dem Statorabschnitt 10 sowie der Strom I_s an der Sternpunktseite des Statorabschnitts 10 gemessen.

15

Die Auswerteinrichtung 110 ermittelt mit diesen Messergebnissen die elektrischen Parameter der beiden Streckenkabel A und B sowie die des Statorabschnitts 10 unter Heranziehung der Vierpoltheorie, wie nachfolgend im Detail erläutert wird.

20

Die elektrischen Eigenschaften eines langen Streckenkabels bzw. eines langen Statorabschnitts können gemäß Vierpoltheorie mathematisch wie folgt dargestellt werden:

$$25 \quad \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{21} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 1}$$

Die Spannungen U_1 und U_2 sind von Natur aus die Anregungen und die Ströme I_1 und I_2 sind die Antworten darauf. Die Spannungen und die Ströme sind komplex und können z.B. in $\alpha\beta$ -
 30 Darstellung, die aus der dreiphasigen Systemdarstellung (R, S und T) abgeleitet werden kann, dargestellt werden. Y_{ij} sind Admittanzen, die von der Frequenz abhängig sind (s-Domain

nach Laplace). Schematisch kann die Vierpoltheorie wie in Figur 3 dargestellt visualisiert werden. Die Leitwertmatrix wird als [Y] bezeichnet. Die Struktur der Leitwertmatrix eines Streckenkabels und eines Statorabschnitts mit einer Länge L sind dabei identisch:

Für die Diagonal-Admittanz gilt:

$$Y_{11} = Y_{22} = Y_D = \frac{1}{Z_w \tanh(\gamma L)} \quad \text{Gleichung 2}$$

10

Für die Quer-Admittanz gilt:

$$Y_{12} = Y_{21} = Y_C = -\frac{1}{Z_w \sinh(\gamma L)} \quad \text{Gleichung 3}$$

15 Die Leitwertmatrix eines Streckenkabels bzw. eines Statorabschnitts ist gemäß Gleichung 2 und 3 vollkommen symmetrisch.

Z_w bildet die Wellenimpedanz, mit

20

$$Z_w = \sqrt{\frac{R' + sL'}{G' + sC'}} \quad \text{Gleichung 4}$$

und γ ist die Ausbreitungskonstante:

$$25 \quad \gamma = \sqrt{(R' + sL')(G' + sC')}. \quad \text{Gleichung 5}$$

Hier sind:

- R' der Widerstandsbelag (Ω/m),
- L' der Induktivitätsbelag (H/m),
- 30 • G' der Ableitungsbelag (Ω^{-1}/m) und

- C' der Kapazitätsbelag (F/m).

Wichtige Eigenschaften der Gleichungen 2 und 3 ergeben sich gemäß:

5

$$Y_D^2 - Y_C^2 = \frac{1}{Z_w^2} \Rightarrow Z_w = \frac{1}{\sqrt{Y_D^2 - Y_C^2}} \quad \text{Gleichung 6}$$

$$\frac{Y_D}{Y_C} = -\cosh(\gamma L) \Rightarrow \gamma = \frac{1}{L} \operatorname{acosh}\left(-\frac{Y_D}{Y_C}\right) \quad \text{Gleichung 7}$$

10

Aus Y_D und Y_C sind Z_w und γ abzuleiten.

Der Impedanzbelag wird auf folgende Weise berechnet:

$$15 \quad Z = \gamma \cdot Z_w = R' + sL' \quad \text{Gleichung 8}$$

Der Admittanzbelag wird folgendermaßen berechnet:

$$Y = \frac{\gamma}{Z_w} = G' + sC' \quad \text{Gleichung 9}$$

20

Mit $s = j\omega$ kann man aus Gleichung 6 und Gleichung 7 weiterhin folgende Beziehungen ableiten:

Der Widerstandsbelag ist der reelle Teil des Impedanzbelags:

25

$$R' = \operatorname{Re}(Z) \quad \text{Gleichung 10}$$

Der Induktivitätsbelag ist der imaginäre Teil des Impedanzbelags:

30

$$L' = \frac{1}{\omega} \operatorname{Im}(Z)$$

Gleichung 11

Der Ableitungsbelag ist der reelle Teil des Admittanzbelags:

5
$$G' = \operatorname{Re}(Y)$$

Gleichung 12

Der Kapazitätsbelag ist der imaginäre Teil des Admittanzbelags:

10
$$C' = \frac{1}{\omega} \operatorname{Im}(Y)$$

Gleichung 13

Wenn die Kennlinien der Diagonal- und der Quer-Admittanz eines Streckenkabels bzw. eines Statorabschnitts bekannt sind (als Funktion von der Frequenz), dann sind auch die Kennlinien der elektrischen Beläge R' , L' , G' und C' bekannt, so-
15 fern die Länge L des Streckenkabels bzw. des Statorabschnitts bekannt ist, weil sie beispielsweise vorab gemessen worden ist.

20 Die Kennlinien der Diagonal- und der Quer-Admittanz als Funktion von der Frequenz können mittels verschiedener Messungen (z. B. Spannungserregungen während der Inbetriebsetzung) als Funktion von der Frequenz ermittelt werden.

25 Der Zweck der Ermittlung von R' , L' , G' und C' besteht darin, Modelle für die beiden Streckenkabel A, B und den Statorabschnitt 10 abzuleiten. Die Modelle werden beispielsweise für die Stromregelung der Magnetschwebbahn verwendet.

30 Nachfolgend wird die Parameterermittlung während der Inbetriebsetzung einer Magnetschwebbahn (ohne Fahrzeug) am Beispiel der Anordnung gemäß der Figur 2 näher erläutert.

Die Vierpoldarstellung, wie sie anhand der Figur 3 allgemein erläutert wurde, wird dabei auf die Anordnung gemäß der Figur 2 angewandt; dies zeigt die Figur 4. Die Schalter Se , Ss , Sua , Ska , Sub und Skb sind in der Figur 4 nicht dargestellt; die Schalter Se und Ss werden als eingeschaltet angenommen.

Außerdem wird angenommen, dass der Statorstrom I_c auf dem Statorabschnitt 10 dem Sternpunktstrom I_s des Statorabschnitts 10 entspricht; diese Näherung gilt für kleine Frequenzen bis 350 Hertz sehr genau.

Es gelten somit die folgenden Vierpol-Gleichungen:

Streckenkanal A:

15

$$\begin{pmatrix} I_a \\ I_{ax} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{Da} & Y_{Ca} \\ Y_{Ca} & Y_{Da} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_a \\ U_x \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 14}$$

Streckenkanal B:

20

$$\begin{pmatrix} I_b \\ I_{bx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{Db} & Y_{Cb} \\ Y_{Cb} & Y_{Db} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_b \\ U_x \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 15}$$

Statorabschnitt:

25

$$\begin{pmatrix} I_x \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{Ds} & Y_{Cs} \\ Y_{Cs} & Y_{Ds} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_x \\ U_c \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 16}$$

$$I_x = -(I_{ax} + I_{bx}) \quad \text{Gleichung 17}$$

Die Ermittlung der Werte R' , L' , G' und C' des Statorabschnitts 10 mit der Auswerteinrichtung 110 erfolgt während der Inbetriebsetzung (ohne Fahrzeug) über eine Einspeisung von der Umrichtereinrichtung URA und/oder von der weiteren Umrichtereinrichtung URB. Wenn die Schalter Se und Ss geschlossen sind und sich kein Fahrzeug auf dem Statorabschnitt 10 befindet, so folgt aus Gleichung 16:

$$I_x = Y_{Ds} U_x \Rightarrow Y_{Ds} = \left(\frac{I_x}{U_x} \right)_{U_c=0} = \frac{1}{Z_{ws} \tanh(\gamma_s L_s)} \quad \text{Gleichung 18}$$

10

$$I_c = Y_{Cs} U_x \Rightarrow Y_{Cs} = \left(\frac{I_c}{U_x} \right)_{U_c=0} = -\frac{1}{Z_{ws} \sinh(\gamma_s L_s)} \quad \text{Gleichung 19}$$

Gemäß Gleichung 6 bis 13 sind somit die Werte R_s' , L_s' , G_s' und C_s' des Statorabschnitts eindeutig analytisch berechenbar.

15

Der Streu-Widerstand des Statorabschnitts wird wie folgt berechnet:

$$R_\sigma = R'_s L_s \quad \text{Gleichung 20}$$

20

Der Streu-Induktivität des Statorabschnitts wird wie folgt berechnet:

$$L_\sigma = L'_s L_s \quad \text{Gleichung 21}$$

25

Der Streu-Widerstand R_σ und die Streu-Induktivität L_σ können beispielsweise für die Berechnung bzw. Ermittlung der Polradspannung UC während des Betriebs des Statorabschnitts 10 mit einem Fahrzeug verwendet werden; dies wird weiter unten näher erläutert.

30

Die Ermittlung der Werte R' , L' , G' und C' des Streckenkabels A und B während der Inbetriebsetzung (ohne Fahrzeug) wird beispielsweise folgendermaßen durchgeführt:

5 Die Schalter Sub und Ska werden geöffnet und der Schalter Sua geschlossen; die Einspeisung erfolgt über die Umrichtereinrichtung URA:

1. Wenn der Schalter Skb geschlossen ist (Kurzschluss-
10 Messung) gilt $U_b=0$ und aus Gleichung 1 folgt:

$$I_b = Y_{Cb} U_x$$

$$\Rightarrow Y_{Cb} = \left(\frac{I_b}{U_x} \right)_{U_b=0} = -\frac{1}{Z_{wb} \sinh(\gamma_b L_b)} \quad \text{Gleichung 22}$$

2. Wenn der Schalter Skb geöffnet ist (Leerlauf-Messung)
15 gilt $I_b=0$ und aus Gleichung 1 folgt:

$$I_b = 0 = Y_{Db} U_b + Y_{Cb} U_x$$

$$\Rightarrow \frac{Y_{Db}}{Y_{Cb}} = -\left(\frac{U_x}{U_b} \right)_{I_b=0} = -\cosh(\gamma_b L_b) \quad \text{Gleichung 23}$$

Aus den Gleichungen 22 und 23 wird Y_{Db} abgeleitet, so dass
20 gemäß Gleichungen 6 bis 13 die Werte R_b' , L_b' , G_b' und C_b' des Streckenkabels B eindeutig analytisch bestimmt werden können, wenn dessen Länge L_b bekannt ist.

Durch eine entsprechende Messung von der weiteren Umrichter-
25 einrichtung URB aus können die Parameter des Streckenkabels A ermittelt werden, wenn dessen Länge L_a bekannt ist. Vorzugsweise sind die beiden Streckenkabel A und B identisch.

Die einzige Größe, die in der Gleichung 14 nicht direkt messbar ist, ist der Strom I_{ax} . Dieser ist jedoch dennoch bestimmbar, weil er aus den Gleichungen 15 und 17 abgeleitet werden kann:

5

$$I_{ax} = -(I_x + I_{bx}) = -(I_x + Y_{Db} \cdot U_x + Y_{Cb} \cdot U_b) \quad \text{Gleichung 24}$$

Die Admittanzen Y_{Db} und Y_{Cb} werden vorher aus den Gleichungen 22 und 23 berechnet. Da die Ströme und die Spannungen in der Gleichung 12 jetzt bekannt sind, sind die Komponenten der Leitwertmatrix $[Y_a]$, nämlich Y_{Da} und Y_{Ca} ebenfalls bestimmbar. Damit ergeben sich aus den Gleichungen 6 bis 13 auch die Werte R_a' , L_a' , G_a' und C_a' des Streckenkabels A.

15 Mit den Werten R' , L' , G' und C' kann nun ein mathematisches Modell für die beiden Streckenkabel A und B und für den Statorabschnitt 10 erstellt werden, das zur Stromregelung für die Magnetschwebbahn verwendet werden kann.

20 Unter Umständen kann die Konfiguration des Streckenkabels komplizierter sein, als dies in den Figuren 1 und 2 dargestellt ist. Trotzdem ist die Vierpoltheorie immer gültig und anwendbar. Beispielsweise kann die Symmetrie gemäß Gleichung 2 nicht mehr erfüllt sein ($Y_{11} \neq Y_{22}$). Die Gleichung 3, die besagt, dass der Quer-Leitwert identisch ist, bleibt aber gültig ($Y_{12} = Y_{21}$). Allgemein gelten immer folgende Gleichungen:

25

$$\begin{pmatrix} I_a \\ I_{ax} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{Daa} & Y_{Ca} \\ Y_{Ca} & Y_{Dax} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_a \\ U_x \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 25}$$

30

$$\begin{pmatrix} I_b \\ I_{bx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{Dbb} & Y_{Cb} \\ Y_{Cb} & Y_{Dbx} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_b \\ U_x \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 26}$$

$$\begin{pmatrix} I_x \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{Ds} & Y_{Cs} \\ Y_{Cs} & Y_{Ds} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_x \\ U_c \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 27}$$

$$I_x = -(I_{ax} + I_{bx}) \quad \text{Gleichung 28}$$

5 Die Parameter sind mittels der Messwerte der drei Messeinrichtungen 60, 70 und 100 somit eindeutig bestimmbar.

Mit einem darauf befindlichen Fahrzeug verhält sich der Statorabschnitt 10 ein wenig anders als während der Inbetrieb-
 10 setzung ohne Fahrzeug. Die elektrischen Eigenschaften des Statorabschnitts 10 mit Fahrzeug können mit folgendem Modell für Frequenzen unterhalb von 350 Hz sehr genau annähert werden:

15

$$\begin{pmatrix} U_c \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -(R_\sigma + sL_\sigma) \\ sC(x) & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_x \\ I_x \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 29}$$

Es gilt näherungsweise auch hier, dass der Statorstrom I_c dem
 20 Sternpunktstrom I_s des Statorabschnitts 10 näherungsweise entspricht ($<350\text{Hz}$),

$$I_c = I_s \quad \text{Gleichung 30}$$

25 Die Figur 5 zeigt den Statorabschnitt 10 mit einem mit einer Geschwindigkeit v fahrenden Fahrzeug F , das gerade eine relative Position x auf dem Statorabschnitt 10 einnimmt. Das Fahrzeug F kann elektrisch als eine punktförmige Spannung U_c dargestellt werden. Die punktförmige Spannung entspricht der
 30 Polradspannung U_c des Statorabschnitts und ist unmittelbar nicht messbar. Sie kann aber berechnet werden gemäß,

$$U_c = U_x - (R_\sigma + sL_\sigma) \cdot I_x \quad \text{Gleichung 31}$$

Angenommen sei, dass U_c eine reine sinusförmige Spannung bildet; in diesem Falle kann aus Gleichung 31 ein Oberschwingungsmodell des Statorabschnitts abgeleitet werden,

$$\begin{aligned} 0 &= U_{x,obsch} - (R_\sigma + sL_\sigma) \cdot I_{x,obsch} \\ \Rightarrow U_{x,obsch} &= (R_\sigma + sL_\sigma) I_{x,obsch} \end{aligned} \quad \text{Gleichung 32}$$

Der Streu-Widerstand R_σ und die Streu-Induktivität L_σ können dann mittels dieses Oberschwingungsmodells ermittelt werden, wie dies in der Schrift „Sensorless Control of a 2.4 MW Linear Motor for launching roller-coasters“ (EPE 2003 - Toulouse (ISBN: 90-75815-07-7), Autoren: Andre Veltman, Paul van der Hulst, Marco C.P. Jonker, Jan P. van Gurp) beschrieben ist.

15

Bei einer komplizierten Streckenkabel-Konfiguration kann mittels der Gleichungen 25, 26 und 28 im Übrigen die folgende Beziehung abgeleitet werden:

$$\begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{Daa} & 0 & Y_{Ca} \\ 0 & Y_{Cb} & Y_{Dbb} \\ -Y_{Dax} & -Y_{Dbx} & -(Y_{Ca} + Y_{Cb}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_a \\ U_b \\ U_x \end{pmatrix} \quad \text{Gleichung 33}$$

In der Gleichung 33 werden alle messbaren Größen (I_a , I_b , I_x , U_a , U_b und U_x) in einer einzigen Gleichung vereinigt. Die Leitwertmatrix ist jetzt eine 3x3 Matrix (3 Gleichungen). Die sechs unbekanntem Leitwerte (Y_{Daa} , Y_{Dax} , Y_{Ca} , Y_{Dbb} , Y_{DBx} und Y_{Cb}) können einfach ermittelt werden, da mindestens sechs Gleichungen zur Verfügung stehen. Die sechs Gleichungen können zum Beispiel aufgestellt werden, indem man die Ströme und die Spannungen zu zwei unterschiedlichen Abtastzeitpunkten misst, da sich die Ströme und die Spannungen über die Zeit ändern.

30

Messungen zu mehreren Abtastzeitpunkten verbessern im Übrigen statistisch auch die Qualität Parameterschätzung.

Das Problem in Gleichung 36 lässt sich auch verallgemeinern mit folgender Formulierung:

$$\mathbf{I} = \mathbf{YU} \quad \text{Gleichung 34}$$

oder,

10

$$\mathbf{e} = \mathbf{I} - \hat{\mathbf{Y}}\mathbf{U} \quad \text{Gleichung 35}$$

Hier bezeichnet \mathbf{I} einen Stromvektor, \mathbf{U} einen Spannungsvektor, \mathbf{e} einen Fehlervektor (Vektor mit der Dimension 3×1), \mathbf{Y} eine echte Leitwertmatrix und $\hat{\mathbf{Y}}$ eine geschätzte Leitwertmatrix (Matrix mit Dimension 3×3).

15

Eine Kostenfunktion J wird beispielsweise folgendermaßen definiert,

20

$$J = \sum_{i=1}^N \mathbf{e}^T \cdot \mathbf{e} = \sum_{i=1}^N (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{Y}}\mathbf{U})^T \cdot (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{Y}}\mathbf{U}) \quad \text{Gleichung 36}$$

Diese Formulierung ist eine bekannte Problemstellung (nach Gauß), wobei N die Anzahl der Messungen zu mehreren Abtastzeiten bezeichnet. Es gibt viele Verfahren, um die Gleichung 36 zu lösen, indem beispielsweise J minimiert wird.

25

Die Position x des Fahrzeugs F gemäß der Figur 5 kann im Übrigen ebenfalls bestimmt werden, und zwar gemäß:

30

$$x = \frac{1}{j\omega C'_s} \frac{Ix + Is}{Ux} \quad \text{Gleichung 37}$$

wobei Cs' den Kapazitätsbelag des Statorabschnitts 10 bezeichnet. Die Gleichung 37 ist während des Betriebs der Magnetschwebbahn anwendbar, wenn die beiden Schalter Se und Ss geschlossen sind.

5

Wenn die beiden Schalter Se und Ss geöffnet sind, lässt sich die Position x über den Polradwinkel Φ der Spannung Uc bestimmen, indem der Phasenwinkel der Spannung Ux gemessen wird; denn Ux und Uc weisen die gleichen Phasenwinkel auf und sind demgemäß kollinear:

10

$$Uc = \left(1 - \frac{x}{Ls}\right)Ux$$

Es wird in diesem Falle also der Phasenwinkel von Ux gemessen, mit dem Phasenwinkel von Ux wird der Polradwinkel Φ der Spannung Uc bestimmt und mit dem Polradwinkel Φ wird der Ort des Fahrzeugs errechnet.

20

Bezugszeichenliste

	10	Statorabschnitt
	20	Anschluss
5	30	Sternpunkt
	40	Einspeiseanschluss
	50	Einspeiseanschluss
	60	umrichterbezogene Messeinrichtung
	70	weitere umrichterbezogene Messeinrichtung
10	80	Stromregelung
	90	Auswerteinrichtung
	100	statorbezogene Messeinrichtung
	110	Auswerteinrichtung
	A, B	Streckenkabel
15	Se	Schalter
	Ss	Schalter
	Sua	Schalter
	Ska	Schalter
	Sub	Schalter
20	Skb	Schalter
	URA	Umrichtereinrichtung
	URB	weitere Umrichtereinrichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln eines Parametersatzes, der elektrische Parameter eines Streckenabschnitts einer Magnetschwebbahn beschreibt, wobei der Streckenabschnitt einen einen Antriebsabschnitt der Magnetschwebbahn bildenden Statorabschnitt (10) und ein Streckenkabel (A, B), das den Statorabschnitt mit einer zugeordneten Umrichtereinrichtung (URA, URB) verbindet, umfasst, wobei bei dem Verfahren
- 5 - die Strom- und Spannungswerte (U_a , I_a , U_b , I_b) an der elektrischen Verbindungsstelle (40, 50) zwischen dem Streckenkabel und der Umrichtereinrichtung gemessen werden und
- 10 - mit diesen Messwerten die Parameter des Parametersatzes ermittelt werden und damit der Parametersatz gebildet wird,
- 15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
- zusätzlich die Strom- und Spannungswerte (U_x , I_x) an der elektrischen Verbindungsstelle (20) zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte (I_s) an der Sternpunktseite (30) des Statorabschnitts gemessen werden,
- 20 den, wenn der Statorabschnitt mit dem Streckenkabel elektrisch verbunden ist, und
- diese zusätzlichen Messwerten beim Ermitteln der Parameter ebenfalls berücksichtigt werden.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
- der Statorabschnitt über ein weiteres Streckenkabel (B) mit einer weiteren Umrichtereinrichtung (URB) verbunden ist und die Strom- und Spannungswerte (I_b , U_b) an der elektrischen
- 30 Verbindungsstelle (50) zwischen dem weiteren Streckenkabel und der weiterem Umrichtereinrichtung ebenfalls gemessen werden und diese Messwerte beim Ermitteln der Parameter zusätzlich berücksichtigt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Parameter zumindest einer der folgenden Parameter ermit-
telt wird: der elektrische Widerstand (R), die Induktivität
5 (L), die Kapazität (C), der elektrische Widerstandsbelag
(R'), der Induktivitätsbelag (L'), der Ableitungsbelag (Y'),
der Kapazitätsbelag (C') und/oder der Leitwert (Y), sei es
des Streckenkabels (A), des weiteren Streckenkabels (B)
und/oder des Statorabschnitts (10).

10

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbin-
dungsstelle zwischen dem Streckenkabel und der Umrichterein-
15 richtung und die Strom- und Spannungswerte an der elektri-
schen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem
Statorabschnitt jeweils dreiphasig gemessen und phasenleiter-
individuell ausgewertet werden.

20

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbin-
dungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Stator-
abschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite des
25 Statorabschnitts mit einer mobilen Messeinrichtung (100) er-
fasst werden und zu einer mobilen oder stationären Auswert-
einrichtung (110) übertragen werden, mit der die Parameter
ermittelt werden.

30

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 1-4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbin-
dungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Stator-
abschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite des

Statorabschnitts mit einer stationären Messeinrichtung (100) erfasst werden und zu einer mobilen oder stationären Auswerteinrichtung (110) übertragen werden, mit der die Parameter ermittelt werden.

5

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- nach dem Bestimmen der Parameter die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und der Umrichtereinrichtung, die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts während des Betriebs der Magnetschwebbahn zumindest ein weiteres Mal, vorzugsweise wiederholt, gemessen werden,
- die sich aus den Messwerten jeweils ergebenden Parameter ermittelt werden und
- die jeweils aktuellen Parameter zur Aktualisierung des Parametersatzes verwendet werden.

20

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt dazu verwendet werden, während des Betriebs der Magnetschwebbahn die Position (x) eines Fahrzeugs (F) auf dem Statorabschnitt zu bestimmen.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

- 30 dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der Position des Fahrzeugs zusätzlich die Stromwerte (I_s) an der Sternpunktseite des Statorabschnitts herangezogen werden.

10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Statorstrom (I_c) des Statorabschnitts (10) der gemessene
Sternpunktstrom (I_s) verwendet wird.

5

11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Parameter zur Einstellung des Schubkraftstromes für ein
auf dem Statorabschnitt befindliches Fahrzeug (F) verwendet
10 werden.

12. Anordnung zum Ermitteln eines Parametersatzes, der elekt-
rische Parameter eines Streckenabschnitts einer Magnetschwe-
bebahn beschreibt, wobei der Streckenabschnitt einen einen
15 Antriebsabschnitt der Magnetschwebbahn bildenden Stator-
abschnitt (10) und ein Streckenkabel (A, B), das den Stator-
abschnitt mit einer zugeordneten Umrichtereinrichtung (URA,
URB) verbindet, umfasst,

- wobei die Anordnung eine umrichterbezogene Messeinrichtung
20 (60, 70) aufweist, die an die elektrische Verbindungsstelle
(40, 50) zwischen dem Streckenkabel und der Umrichterein-
richtung angeschlossen ist und während ihres Betriebs die
Strom- und Spannungswerte an der Verbindungsstelle misst,
und

- wobei die Anordnung eine Auswerteinrichtung (110) aufweist,
25 die mit der umrichterbezogenen Messeinrichtung in Verbin-
dung steht und mit den Messwerten der umrichterbezogenen
Messeinrichtung die Parameter des Parametersatzes ermittelt
und damit den Parametersatz bildet,

30 dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anordnung zusätzlich eine statorbezogene Messeinrich-
tung (100) aufweist, die eingangsseitig an die elektrische
Verbindungsstelle (20) zwischen dem Streckenkabel und dem

Statorabschnitt sowie an die Sternpunktseite (30) des Statorabschnitts angeschlossen ist und ausgangsseitig mit der Auswerteinrichtung (110) mittelbar oder unmittelbar in Verbindung steht,

5 - wobei die statorbezogene Messeinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie während ihres Betriebs die Strom- und Spannungswerte an der Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie die Stromwerte an der Sternpunktseite misst und diese zur Auswerteinrichtung
10 übermittelt, wobei

- die Auswerteinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie die Messwerte der statorbezogenen Messeinrichtung bei der Ermittlung der Parameter zusätzlich berücksichtigt und die Messungen durchführt, wenn der Statorabschnitt mit dem
15 Streckenkabel elektrisch verbunden ist.

13. Anordnung nach Anspruch 12,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Anordnung eine weitere umrichterbezogene Messeinrichtung
20 (70) aufweist, die eingangsseitig an die elektrische Verbindungsstelle (50) zwischen einem weiteren Streckenkabel (B) und einer weiteren Umrichtereinrichtung (URB) und ausgangsseitig an die Auswerteinrichtung (110) mittelbar oder unmittelbar angeschlossen ist und die derart ausgestaltet ist,
25 dass sie während ihres Betriebs die Strom- und Spannungswerte an der Verbindungsstelle zwischen dem weiteren Streckenkabel und der weiteren Umrichtereinrichtung misst und diese zur Auswerteinrichtung übermittelt.

30 14. Anordnung nach Anspruch 12 oder 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die statorbezogene Messeinrichtung (100) und/oder die Auswerteinrichtung durch eine mobile Einheit gebildet ist.

15. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche 12 oder 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die statorbezogene Messeinrichtung (100) und/oder die Aus-
5 werteinrichtung durch eine stationäre Einheit gebildet ist.

16. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche 12-15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Auswerteinrichtung derart ausgestaltet ist, dass

- 10 - sie nach dem Bestimmen der Parameter die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und der Umrichtereinrichtung, die Strom- und Spannungswerte an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt sowie
15 die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts während des Betriebs der Magnetschwebbahn zumindest ein weiteres Mal, vorzugsweise wiederholt, misst,
- die sich aus den Messwerten jeweils ergebenden Parameter ermittelt und
20 - die jeweils aktuellen Parameter zur Aktualisierung des Parametersatzes verwendet.

17. Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche 12-16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

25 die Auswerteinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie mit den Strom- und Spannungswerten an der elektrischen Verbindungsstelle zwischen dem Streckenkabel und dem Statorabschnitt während des Betriebs der Magnetschwebbahn die Position eines Fahrzeugs auf dem Statorabschnitt bestimmt.

30

18. Anordnung nach Anspruch 17,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

die Auswerteinrichtung derart ausgestaltet ist, dass sie zur Bestimmung der Position des Fahrzeugs zusätzlich die Stromwerte an der Sternpunktseite des Statorabschnitts heranzieht.

- 5 19. Magnetschwebbahn mit einer Vielzahl an Streckenabschnitten,
- wobei zumindest einer der Streckenabschnitte, vorzugsweise
alle Streckenabschnitte, jeweils mit einer individuellen,
dezentralen Anordnung nach einem der voranstehenden Ansprüche
10 che zum Ermitteln eines Parametersatzes ausgestattet ist
und
- wobei für jeden mit einer dezentralen Anordnung versehenen
Streckenabschnitt jeweils der Schubkraftstrom des Strecken-
abschnitts unter Heranziehung seines dezentral ermittelten
15 Parametersatzes ermittelt wird.

FIG 1

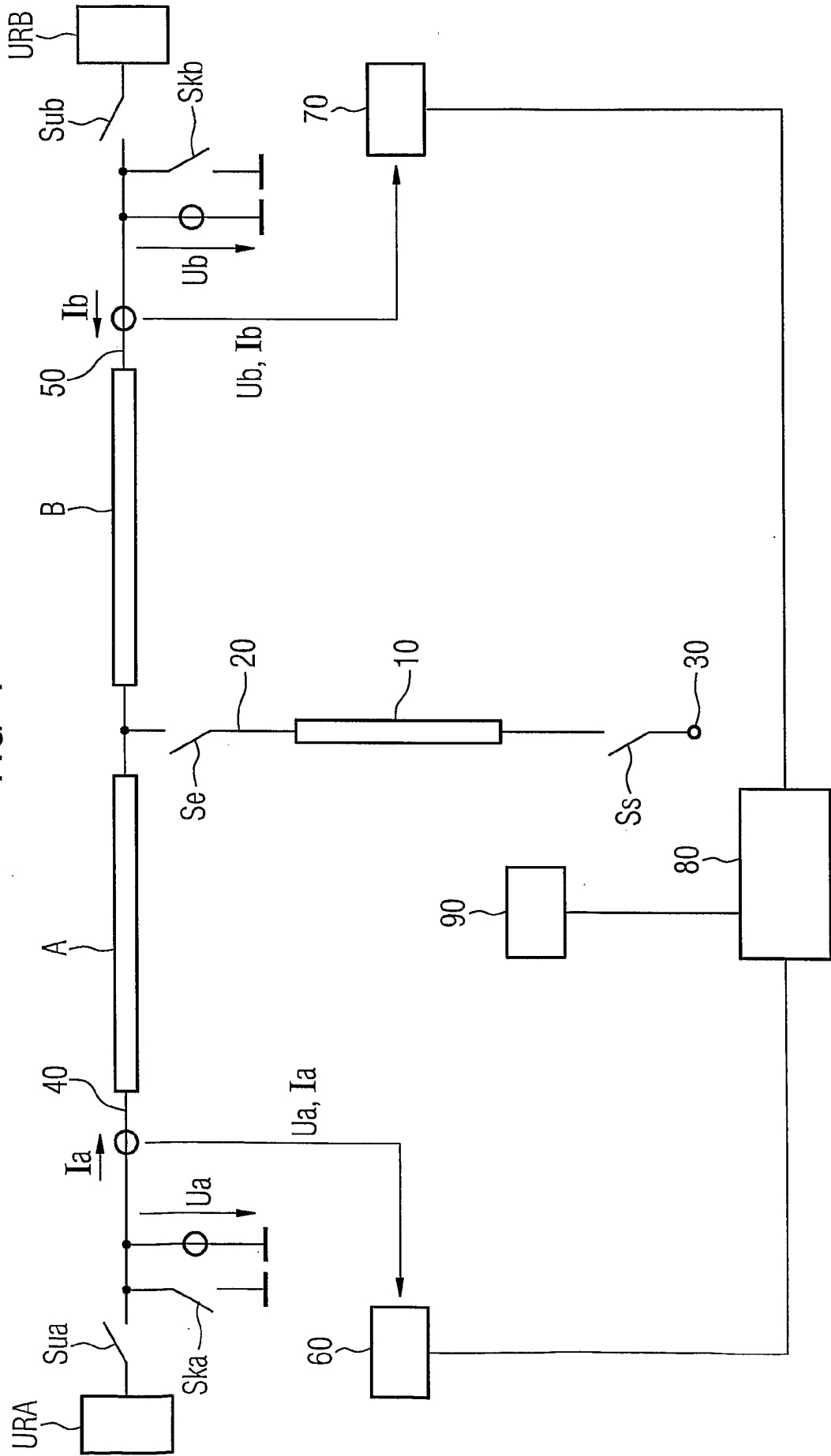


FIG 3

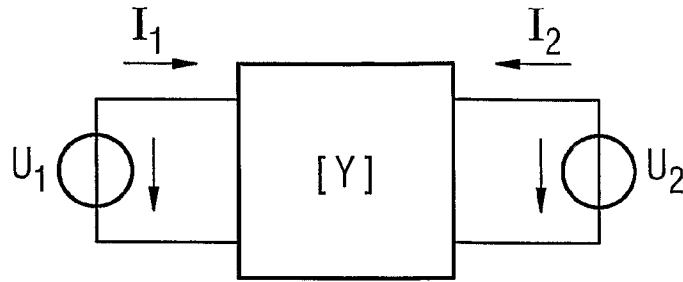


FIG 4

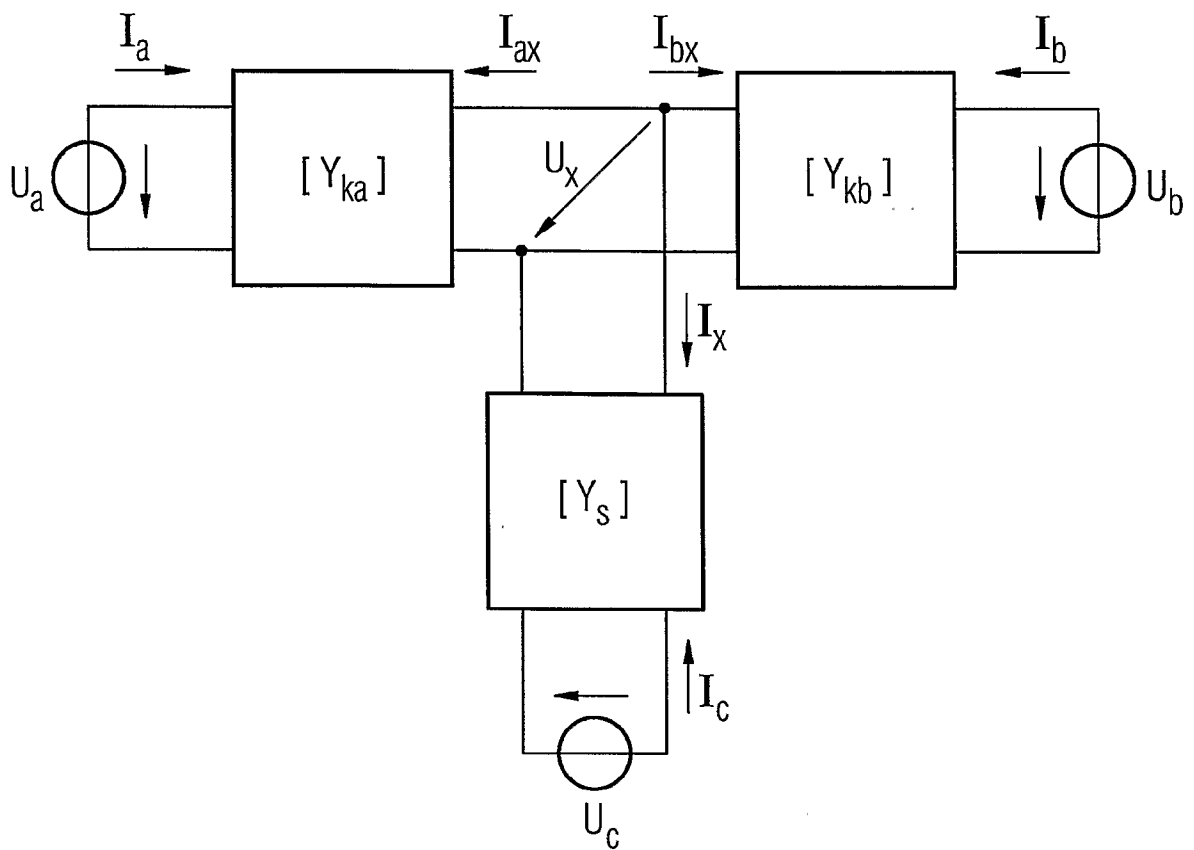
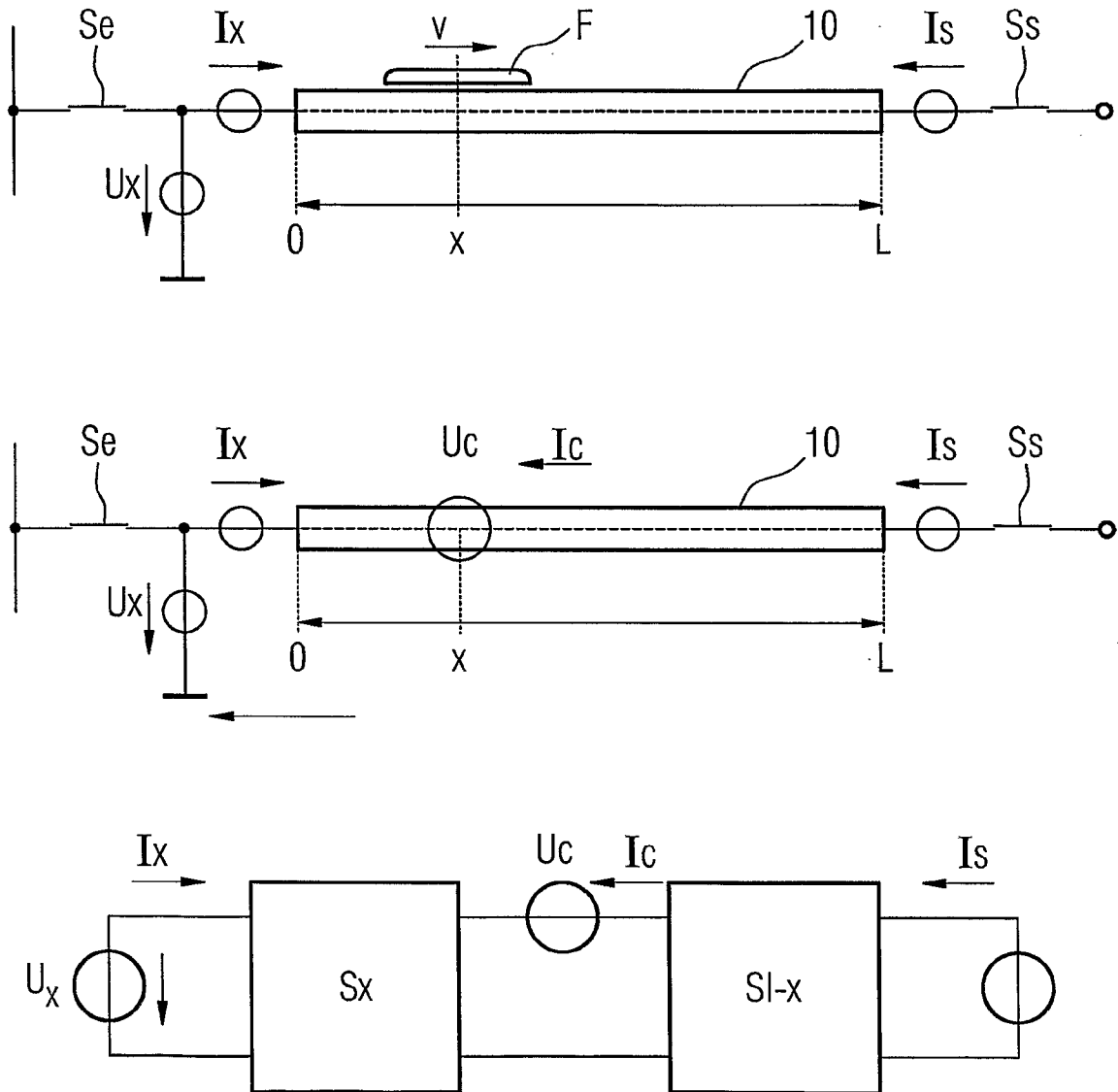


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2007/000784

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G01R27/28 B60L15/00
 ADD. G01R31/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R B60L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102 53 865 A (SIEMENS) 3 June 2004 (2004-06-03) abstract; figure 2	1, 12, 19
A	EP 1 172 660 A (ABB) 16 January 2002 (2002-01-16) abstract; figures 1, 3	1, 12
A	GB 1 057 896 A (VEB FUNKWERT DRESDEN) 8 February 1967 (1967-02-08) abstract; figure 1	1, 12

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 März 2008

Date of mailing of the international search report

17/03/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iwansson, Kaj

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2007/000784

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10253865	A	03-06-2004	CN 1501088 A	02-06-2004
			HK 1062589 A1	10-03-2006
EP 1172660	A	16-01-2002	AT 383584 T	15-01-2008
			CA 2352700 A1	11-01-2002
			SE 522376 C2	03-02-2004
			SE 0002608 A	12-01-2002
			US 2002053912 A1	09-05-2002
GB 1057896	A	08-02-1967	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2007/000784

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01R27/28 B60L15/00 ADD. G01R31/06		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01R B60L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 102 53 865 A (SIEMENS) 3. Juni 2004 (2004-06-03) Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	1, 12, 19
A	EP 1 172 660 A (ABB) 16. Januar 2002 (2002-01-16) Zusammenfassung; Abbildungen 1,3 -----	1, 12
A	GB 1 057 896 A (VEB FUNKWERT DRESDEN) 8. Februar 1967 (1967-02-08) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1, 12
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 6. März 2008		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 17/03/2008
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Iwansson, Kaj

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2007/000784

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10253865	A	03-06-2004	CN	1501088 A	02-06-2004
			HK	1062589 A1	10-03-2006
<hr/>					
EP 1172660	A	16-01-2002	AT	383584 T	15-01-2008
			CA	2352700 A1	11-01-2002
			SE	522376 C2	03-02-2004
			SE	0002608 A	12-01-2002
			US	2002053912 A1	09-05-2002
<hr/>					
GB 1057896	A	08-02-1967	KEINE		
<hr/>					