



(10) **DE 10 2015 221 266 A1** 2017.05.04

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 221 266.1**  
(22) Anmeldetag: **30.10.2015**  
(43) Offenlegungstag: **04.05.2017**

(51) Int Cl.: **B60L 7/22 (2006.01)**  
**B60R 16/03 (2006.01)**  
**B61C 3/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Foerth, Christian, 91056 Erlangen, DE; Haßler, Stefan, 91281 Kirchenthumbach, DE; Koch, Stefan, 91466 Gerhardshofen, DE; Methner, Sabine, 91056 Erlangen, DE; Schinagl, Gerhild, Stattegg, AT; Stütze, Thorsten, 90480 Nürnberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**US 2012 / 0 286 707 A1**  
**US 4 093 900 A**

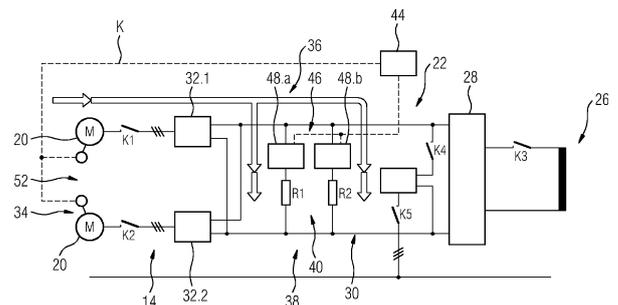
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Energieumwandlungseinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Energieumwandlungseinrichtung für eine Einrichtung, welche in zumindest einem Modus eine als Generatoreinheit (34) arbeitende Einheit aufweist, umfassend zumindest eine Energieableitungseinheit (38), die zum Ableiten zumindest eines Teils einer von der Generatoreinheit (34) erzeugten elektrischen Energie vorgesehen ist und zumindest eine Widerstandseinheit (40) aufweist.

Um die Ableitung von Energie in die Widerstandseinheit zu verbessern wird vorgeschlagen, dass die Energieableitungseinheit (38) zumindest eine Steuereinheit (44) aufweist, die dazu vorgesehen ist, Betriebsmodi aus einer Menge von Betriebsmodi einzustellen, in welchen die Widerstandseinheit (40) jeweils einen unterschiedlichen Widerstandswert bereitstellt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Energieumwandlungseinrichtung für eine Einrichtung, welche in zumindest einem Modus eine als Generatoreinheit arbeitende Einheit aufweist, umfassend zumindest eine Energieableitungseinheit, die zum Ableiten zumindest eines Teils einer von der Generatoreinheit erzeugten elektrischen Energie vorgesehen ist und zumindest eine Widerstandseinheit aufweist.

**[0002]** Es sind bereits Einrichtungen mit Antriebsmotoren bekannt, die in einem Bremsmodus die Funktion eines elektrischen Generators aufweisen. Die im Bremsmodus erzeugte Energie kann gespeichert oder in ein elektrisches Versorgungsnetz zurückgespeist werden. Reicht eine Speicher- und/oder eine Rückspeisekapazität nicht, ist bereits vorgeschlagen worden, zumindest einen Teil der erzeugten elektrischen Energie in eine Widerstandseinheit abzuleiten.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Ableitung von Energie in die Widerstandseinheit zu verbessern.

**[0004]** Hierzu wird vorgeschlagen, dass die Energieableitungseinheit zumindest eine Steuereinheit aufweist, die dazu vorgesehen ist, Betriebsmodi aus einer Menge von Betriebsmodi einzustellen, in welchen die Widerstandseinheit jeweils einen unterschiedlichen Widerstandswert bereitstellt. Hierdurch kann eine vorteilhafte Flexibilität in Bezug auf ein zu erzeugendes Bremsmoment und/oder eine zu erzeugende Bremsleistung der Einrichtung erreicht werden. Insbesondere können zu diesen Größen vorteilhaft verschiedene Kennlinienabschnitte unterschiedlicher, jeweils einem Widerstandswert zugeordneter Kennlinien zur Bereitstellung eines optimierten Bremsverfahrens miteinander kombiniert werden, indem Betriebsmodi der Menge nacheinander aktiviert werden. Die Steuereinheit ist insbesondere dazu vorgesehen, sukzessiv Betriebsmodi aus der Menge von Betriebsmodi einzustellen. Eine Reihenfolge, in welcher die Betriebsmodi nacheinander aktiviert werden, kann im Voraus festgelegt sein. Diese Reihenfolge kann insbesondere durch eine Folge absteigender oder aufsteigender Widerstandswerte bestimmt sein.

**[0005]** Die als Generatoreinheit arbeitende Einheit kann insbesondere zumindest einen Elektromotor umfassen, der in einem ersten Modus – auch Antriebsmodus genannt – zum Erzeugen eines Drehmoments, d.h. zur Umwandlung einer elektrischen Energie in einer mechanische Energie, vorgesehen ist, und in einem zweiten Modus – auch Bremsmodus genannt – ein Bremsmoment erzeugt und dabei als Generator eine mechanische Energie in eine elektrische Energie umwandelt.

**[0006]** Unter einer „Widerstandseinheit“ soll eine Einheit verstanden werden, die dazu vorgesehen ist, einen elektrischen Widerstand im Fluss der abzuleitenden elektrischen Energie bereitzustellen. Sie dient insbesondere dazu, die über sie geführte elektrische Energie in Wärmeenergie umzuwandeln.

**[0007]** Die Energieumwandlungseinrichtung eignet sich für eine Einrichtung, bei welcher zumindest in einem Bremsmodus zumindest einen Teil der von der Generatoreinheit erzeugten elektrischen Energie – neben einer Ableitung in die Energieableitungseinheit – zu einer Energieaufnahmeeinheit geführt werden kann. Eine solche Energieaufnahmeeinheit kann insbesondere von einer Netzversorgung, an welche die Einrichtung angeschlossen ist, einer Energiespeichereinheit und/oder einer internen Energieversorgung der Einrichtung gebildet sein, die zur Versorgung elektrischer Verbraucher – auch Hilfsbetriebe genannt – vorgesehen ist. Die Energieumwandlungseinrichtung kann dabei vorteilhaft zur Unterstützung der Energieaufnahmeeinheit dienen, z.B. wenn eine Aufnahmekapazität dieser eingeschränkt ist und/oder nicht ausreicht.

**[0008]** Ist die Einrichtung mit einer mechanischen Bremseinheit, insbesondere einer Reibungsbremse, ausgestattet, die in einem Bremsmodus zur Reduktion einer Drehzahl des Generators vorgesehen ist, dient die Energieumwandlungseinrichtung vorteilhafterweise dazu, ein gewünschtes Bremsmoment in zumindest einem Drehzahlbereich und im Zusammenwirken mit der Bremseinheit zu erzeugen.

**[0009]** Die Steuereinheit bewirkt ein Wechseln zwischen zwei Betriebsmodi der Menge von Betriebsmodi insbesondere in Abhängigkeit eines erfassten Parameters.

**[0010]** In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Energieumwandlungseinrichtung eine Erfassungseinheit zur Erfassung wenigstens einer kinematischen Kenngröße der Einrichtung aufweist, wobei die Steuereinheit dazu vorgesehen ist, Betriebsmodi aus der Menge von Betriebsmodi in Abhängigkeit der kinematischen Kenngröße einzustellen. Hierdurch kann eine weitestgehend automatische, an eine aktuelle Betriebssituation – insbesondere an einen aktuellen Wert der kinematischen Kenngröße – angepasste Optimierung der Energieableitung stattfinden. Die kinematische Kenngröße kann insbesondere eine lineare Geschwindigkeit, eine Rotationsgeschwindigkeit, eine Drehzahl und/oder eine für zumindest eine dieser Größen repräsentative Kenngröße sein, wie z.B. eine Spannungskenngröße oder eine Stromkenngröße. Ein Übergang von einem ersten Betriebsmodus in einen zweiten Betriebsmodus der Menge von Betriebsmodi oder umgekehrt wird von der Steuereinheit veranlasst, vorzugsweise wenn die kinematische Kenn-

größe oder eine aus dieser ermittelte Größe einen vorbestimmten Schwellwert erreicht, d.h. unterschreitet oder überschreitet.

**[0011]** Ferner eignet sich die vorgeschlagene Energieumwandlungseinrichtung insbesondere für eine Einrichtung, welche als Fahrzeug, insbesondere als Schienenfahrzeug ausgebildet ist. Sie kommt dabei insbesondere bei einem Bremsmodus des Fahrzeugs im Einsatz, wobei die Generatoreinheit von zumindest einem elektrischen Fahrmotor des Fahrzeugs gebildet ist. Die Widerstandseinheit entspricht hierbei insbesondere einer Bremswiderstandseinheit.

**[0012]** Durch eine geeignete Steuerung der Widerstandseinheit können die Bremseigenschaften des Fahrzeugs vorteilhaft verbessert werden. Insbesondere kann mit der Änderung des Widerstandswerts eine optimierte Kennlinie für die Bremswirkung, insbesondere für ein Bremsmoment und/oder eine Bremsleistung, eingestellt werden, sodass eine hohe Effizienz in der Bremsung des Fahrzeugs für ein breites Spektrum von Betriebssituationen, insbesondere ausgehend von hohen Geschwindigkeiten, erreicht werden kann.

**[0013]** Die Energieumwandlungseinrichtung kann vorteilhafterweise in zumindest einem Geschwindigkeitsbereich im Zusammenwirken mit einer mechanischen Bremseinheit, insbesondere einer Reibungsbremse des Fahrzeugs ein Bremsmoment erzeugen.

**[0014]** Die von der Energieumwandlungseinrichtung im Bremsmodus umzuwandelnde mechanische Energie ist in der Ausführung der Einrichtung als Fahrzeug die kinetische Energie und ggf. zusätzlich eine potentielle Energie des Fahrzeugs. Mit der vorgeschlagenen Maßnahme kann eine hohe Sicherheit im Betrieb eines für hohe Geschwindigkeiten ausgelegten Schienenfahrzeugs erreicht werden. Unter einer „hohen Geschwindigkeit“ soll dabei insbesondere eine Geschwindigkeit von zumindest 300 km/h, bevorzugt von zumindest 350 km/h verstanden werden. Mit der erfindungsgemäßen Maßnahme können gegenüber herkömmlichen Lösungen auf eine sichere Art Bremsvorgänge ausgehend von solchen hohen Geschwindigkeiten ausgeführt werden.

**[0015]** Eine einfache, in Bezug auf die Fahrzeuggeschwindigkeit optimierte Steuerung der Widerstandseinheit kann erreicht werden, wenn die kinematische Kenngröße für die Fahrzeuggeschwindigkeit repräsentativ ist. Durch die vorgeschlagene Maßnahme kann eine für den Hochgeschwindigkeitsbereich optimierte Bremswirkung auch in einem mittleren Geschwindigkeitsbereich nahezu aufrechterhalten werden. Hierbei ist ein erster Betriebsmodus der Menge insbesondere dem Hochgeschwindigkeitsbereich zugeordnet, während ein zweiter Betriebsmodus der

Menge insbesondere dem mittleren Geschwindigkeitsbereich zugeordnet ist.

**[0016]** Ein „Hochgeschwindigkeitsbereich“ entspricht dabei insbesondere einer Geschwindigkeitsspanne zwischen ca. 50% und 100% der maximalen Geschwindigkeit – bei einem für Hochgeschwindigkeiten ausgelegten Schienenfahrzeug z.B. der Spanne von ca. 175 km/h bis die maximale Geschwindigkeit, z.B. 350 km/h – und ein „mittlerer Geschwindigkeitsbereich“ entspricht insbesondere einer Spanne zwischen ca. 10% und ca. 50% der maximalen Geschwindigkeit – beim genannten Schienenfahrzeug der Spanne von ca. 40 km/h bis ca. 175 km/h. Die Aufteilung des Geschwindigkeitsspektrums im Hochgeschwindigkeitsbereich und mittleren Geschwindigkeitsbereich erfolgt insbesondere durch die Vorgabe eines Geschwindigkeitsschwellwerts, welcher sich vorzugsweise in einer Spanne von ca. 10% oberhalb und unterhalb der Hälfte der maximalen Geschwindigkeit befindet. Unter der maximalen Geschwindigkeit soll insbesondere die maximale zugelassene Geschwindigkeit im Fahrgastbetrieb verstanden werden.

**[0017]** Durch ein Wechseln von einem ersten, für den Hochgeschwindigkeitsbereich optimierten Betriebsmodus in einen zweiten, für den mittleren Geschwindigkeitsbereich optimierten Betriebsmodus kann eine Kombination vorteilhafter Kennlinienabschnitte erreicht werden, die für diese Geschwindigkeitsbereiche gelten.

**[0018]** In diesem Zusammenhang kann eine vorteilhafte Kennlinie für ein Bremsmoment des Fahrzeugs erreicht werden, wenn die Steuereinheit dazu vorgesehen ist, bei einem Übergang zwischen einem Hochgeschwindigkeitsbereich in einen mittleren Geschwindigkeitsbereich von einem ersten Betriebsmodus der Menge in einen zweiten Betriebsmodus der Menge zur Verminderung des Widerstandswerts zu wechseln. Weist die Menge zwei Betriebsmodi auf, weist der Widerstandswert im zweiten Betriebsmodus besonders vorteilhaft zumindest 40% und maximal 60% des Widerstandswerts im ersten Betriebsmodus auf. Bevorzugt weist der Widerstandswert im zweiten Betriebsmodus einen Wert in einer Spanne von 5% unterhalb und oberhalb der Hälfte des Widerstandswerts im ersten Betriebsmodus auf.

**[0019]** Außerdem wird vorgeschlagen, dass die Widerstandseinheit in einer Leistungsversorgungseinheit angeordnet ist, welche – in einem Antriebsmodus der Einrichtung – die in einem Bremsmodus als Generatoreinheit arbeitende Einheit mit elektrischer Leistung versorgt. Hierdurch kann eine konstruktiv einfache, platzsparende Ausgestaltung erreicht werden.

**[0020]** Die Energieumwandlungseinrichtung weist vorteilhafterweise zumindest eine Stromrichtereinheit auf, die im eingebauten Zustand der Energieumwandlungseinrichtung leistungstechnisch zwischen der Generatoreinheit und der Widerstandseinheit geschaltet ist. Ein in den Betriebsmodi durch die Generatoreinheit erzeugter und in die Widerstandseinheit abgeleiteter Strom wird daher über die Stromrichtereinheit geführt. Die Stromrichtereinheit hat in einem Bremsmodus der Einrichtung typischerweise die Funktion eines Gleichrichters, welcher einen von der Generatoreinheit erzeugten Strom gleichrichtet. Das gleichgerichtete Signal kann insbesondere in einen sogenannten Zwischenkreis gespeist werden.

**[0021]** In diesem Zusammenhang kann eine konstruktive einfache Ausführung erreicht werden, wenn die Widerstandseinheit an einen Zwischenkreis angeschlossen ist, welcher von der Stromrichtereinheit speisbar ist. Dabei ist die Widerstandseinheit zweckmäßigerweise im Zwischenkreis, insbesondere zwischen der positiven und der negativen Zwischenkreisschiene geschaltet.

**[0022]** Alternativ oder zusätzlich wird vorgeschlagen, dass die Energieumwandlungseinrichtung eine Steuervorrichtung aufweist, welche die Stromrichtereinheit derart steuert, dass der Betrieb dieser in den Betriebsmodi der Menge von Betriebsmodi zumindest eine Sperrung von Schaltventilen der Stromrichtereinheit umfasst. Eine effiziente, verlustarme Stromführung durch die Stromrichtereinheit kann hierdurch erfolgen. Insbesondere wird der Strom über Freilaufdioden geführt, die jeweils parallel zu einem Schaltventil geschaltet sind. In dieser Konfiguration nimmt die Stromrichtereinheit funktional die Form einer Diodenbrücke an. Unter einer „Sperrung“ eines Schaltventils soll insbesondere das Versetzen desselben in einen nichtleitenden Zustand für eine Zeitspanne, die länger als die Dauer eines Schaltzyklus der Stromrichtereinheit ist. Die Zeitspanne entspricht dabei vorzugsweise zumindest der Zeit, in welcher ein Betriebsmodus aus der Menge von Betriebsmodi ausgeführt wird.

**[0023]** Zur Änderung des Widerstandswerts der Widerstandseinheit kann diese zumindest einen variablen, steuerbaren Widerstandswert aufweisen. Zum Erreichen einer konstruktiven einfachen Ausgestaltung der Energieableitungseinheit wird jedoch vorgeschlagen, dass die Widerstandseinheit einen Satz von Widerstandsmitteln und eine mit zumindest einem der Widerstandsmittel in Wirkverbindung stehende Schaltvorrichtung aufweist, wobei ein Wechseln zwischen Betriebsmodi der Menge von Betriebsmodi zumindest eine Betätigung der Schaltvorrichtung umfasst. Die Steuereinheit steht zweckmäßigerweise zur Betätigung der Schaltvorrichtung in Wirkverbindung mit dieser. Die Widerstandsmittel sind insbesondere als ohmsche Widerstände ausgebildet.

**[0024]** Die vorgeschlagene Ausführung der Energieableitungseinheit basiert auf dem Einsatz einer einfachen Schaltungstopologie, die aufwandsarm und einfach zu steuern ist. Dies ist besonders vorteilhaft, da ein zu Zulassungszwecken erforderlicher Nachweis einer sicheren Steuerung in dieser Topologie z.B. gegenüber einer speziellen Umrichtersteuerung einfacher zu erbringen ist.

**[0025]** Für einen Wechsel zwischen zwei Betriebsmodi der Menge von Betriebsmodi oder umgekehrt kann die Schaltvorrichtung die Anzahl der aktiven Widerstandsmittel und/oder eine Schaltungstopologie bereits aktiver Widerstandsmittel ändern, z.B. indem eine Parallelschaltung in eine Reihenschaltung oder umgekehrt überführt wird.

**[0026]** Steht die Schaltvorrichtung mit sämtlichen Widerstandsmitteln in Wirkverbindung kann sie – in einem von den Betriebsmodi der Menge von Betriebsmodi unterschiedlichen Arbeitsmodus, insbesondere in einem Antriebsmodus der Einrichtung – sämtliche Widerstandsmittel deaktivieren. Beim Einstellen eines Betriebsmodus aus der Menge von Betriebsmodi aktiviert sie dann zumindest eines der Widerstandsmittel.

**[0027]** In einer einfachen Ausführung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Steuereinheit dazu vorgesehen ist, mittels der Schaltvorrichtung beim Einstellen eines Betriebsmodus der Menge von Betriebsmodi eine parallele Schaltung von Widerstandsmitteln des Satzes zu aktivieren. Es kann hierbei beim Übergang in diesen Betriebsmodus eine einfache Reduktion des Widerstandswerts der Widerstandseinheit erreicht werden. Dabei kann eine Halbierung des Widerstandswerts besonders einfach erreicht werden, wenn parallel zu schaltende Widerstandsmittel einen identischen Widerstandswert aufweisen und ausgehend von einer Konfiguration in einem ersten Betriebsmodus mit einem aktiven Widerstandsmittel eine parallele Schaltung der Widerstandsmittel in einem zweiten Betriebsmodus aktiviert wird.

**[0028]** Unter einem „aktiven“ Widerstandsmittel und einer „aktiven“ Schaltung soll ein Widerstandsmittel bzw. eine Schaltung verstanden werden, die derart an einen Stromkreis angeschlossen ist, dass es bzw. sie zur Wirkung der Energieableitungseinheit beiträgt. Anders formuliert ist ein aktives Widerstandsmittel bzw. eine aktive Schaltung in einem Zustand derart, dass zumindest ein Teil des von der Generatoreinheit erzeugten Stroms über das Widerstandsmittel bzw. die Schaltung fließt. Unter einem „Aktivieren“ soll ein Versetzen in den aktiven Zustand verstanden werden.

**[0029]** In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Steuereinheit dazu vorgesehen ist, in zumindest einem Betriebsmo-

aus der Menge von Betriebsmodi mittels der Schaltungsvorrichtung ein erstes und ein zweites Widerstandsmittel abwechselnd zu aktivieren, wodurch ein thermische Belastung der Widerstandsmittel vorteilhaft vermindert werden kann.

**[0030]** Außerdem geht die Erfindung von einem Verfahren zur Umwandlung einer in zumindest einem Modus von einer als Generatoreinheit arbeitenden Einheit einer Einrichtung erzeugten elektrischen Energie aus, bei welchem zumindest ein Teil einer von der Generatoreinheit erzeugten elektrischen Energie über eine Energieableitungseinheit abgeleitet wird und die Energieableitungseinheit zumindest eine Widerstandseinheit aufweist.

**[0031]** Es wird vorgeschlagen, dass ausgehend von einem ersten Betriebsmodus, in welchem die Widerstandseinheit einen ersten Widerstandswert bereitstellt, in einen weiteren Betriebsmodus umgeschaltet wird, in welchem die Widerstandseinheit einen weiteren, unterschiedlichen Widerstandswert bereitstellt. Der erste und der zweite Betriebsmodus gehören vorteilhafterweise zu einer Menge von Betriebsmodi, wobei eine Steuereinheit vorgesehen ist, Betriebsmodi aus der Menge von Betriebsmodi einzustellen.

**[0032]** Zu den vorteilhaften Wirkungen des vorgeschlagenen Verfahrens wird auf die Ausführungen zur erfindungsgemäßen Energieumwandlungseinrichtung verwiesen.

**[0033]** Es wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert. Es zeigen:

**[0034]** Fig. 1: ein Schienenfahrzeug mit Triebwagen in einer Seitenansicht,

**[0035]** Fig. 2: eine Antriebseinheit eines Triebwagens, mit einer Leistungsversorgungseinheit,

**[0036]** Fig. 3: die Ableitung einer bei einem Bremsen erzeugten Energie in eine Widerstandseinheit der Leistungsversorgungseinheit,

**[0037]** Fig. 4: das von der Antriebseinheit bei der Energieableitung erzeugte Bremsmoment für eine Triebachse als Funktion der Geschwindigkeit und

**[0038]** Fig. 5: die für eine Triebachse bei der Energieableitung erzeugte Bremsleistung.

**[0039]** Fig. 1 zeigt eine als Schienenfahrzeug 10 ausgebildete Einrichtung in einer schematischen Seitenansicht. Es ist als Verband von Wagen 12 ausgebildet, die jeweils für den Transport von Passagieren ausgestattet sind. Hierzu weisen die Wagen 12 zumindest einen Fahrgastraum auf, welcher für den Aufenthalt von Passagieren vorgesehen ist. Zumindest einer der Wagen 12 ist als Triebwagen ausge-

bildet, welcher auf wenigstens einer mittels einer Antriebseinheit 14 (siehe Fig. 2) antreibbaren Triebachse 16 abgestützt ist. In der betrachteten Konfiguration weist das Schienenfahrzeug 10 zumindest vier Triebwagen auf, die jeweils auf zumindest zwei, insbesondere vier Triebachsen 16 abgestützt sind. Die Abstützung der Triebwagen auf den Triebachsen 16 erfolgt mittels zwei Triebdrehgestellen 18, wobei pro Triebdrehgestell 18 jeweils zwei Triebachsen 16 gelagert sind. Den Triebachsen 16 eines Triebdrehgestells 18 ist jeweils eine Antriebseinheit 14 zugeordnet, die in Fig. 2 näher dargestellt ist. Diese weist zwei Fahrmotoren 20 auf, die jeweils mit einer unterschiedlichen Triebachse 16 antriebstechnisch verbunden sind. Zur Versorgung der Fahrmotoren 20 eines Triebdrehgestells 18 mit elektrischer Leistung weist die jeweilige Antriebseinheit 14 eine Leistungsversorgungseinheit 22 auf. Diese ist in Fig. 2 näher dargestellt.

**[0040]** Das Schienenfahrzeug 10 ist als elektrisches Fahrzeug ausgebildet, welches dessen Betriebsenergie von einer externen Netzversorgung 24 bezieht. Hierzu weist es bekannterweise einen Stromabnehmer 25 auf, welcher die von der Netzversorgung 24 bereitgestellte Hochspannung abgreift. Diese Hochspannung kann eine Wechselspannung sein und die typischen Spannungswerten 15kV 16 Hz 2/3 oder 25 kV 50 Hz aufweisen. Alternativ kann die Hochspannung eine Gleichspannung sein und insbesondere die typischen Werte 1,5kV oder 3kV aufweisen. Das Schienenfahrzeug 10 ist insbesondere für den Betrieb unter einer Wechselspannung vorgesehen, wobei es jedoch sowohl für den Betrieb unter Wechselspannung als auch für den Betrieb unter Gleichspannung geeignet sein kann.

**[0041]** In einem Wechselspannungsbetrieb wird die von der Netzversorgung 24 bereitgestellte Hochspannung mittels einer Transformationseinheit 26 heruntertransformiert. Diese kann – wie in Fig. 2 zu sehen – als klassischer Transformator oder als Stromrichtereinheit – insbesondere als sogenannter Direktumrichter – ausgebildet sein. Der in Fig. 2 gezeigte Ausgang der Transformationseinheit 26 ist mit den Leistungsversorgungseinheiten 22 leistungstechnisch verbunden.

**[0042]** Das Schienenfahrzeug 10 weist außerdem eine nicht näher gezeigte Bremsvorrichtung auf, welche elektrisch und/oder pneumatisch steuerbare Reibungsbremsen umfasst.

**[0043]** Fig. 2 zeigt eine Schaltungstopologie einer der Antriebseinheiten 14. Sie weist wie oben beschrieben die Fahrmotoren 20 des entsprechenden Triebdrehgestells 18 und die diesen zugeordnete Leistungsversorgungseinheit 22 auf. Der netzseitige Eingang der Leistungsversorgungseinheit 22 wird im Wechselspannungsbetrieb mit dem Ausgangssignal der Transformationseinheit 26 gespeist. Die Leis-

tungsversorgungseinheit **22** weist eine erste, netzseitig angeordnete Stromrichtereinheit **28** auf, welche – bei einem von der Transformationseinheit **26** in Richtung zu den Fahrmotoren **20** hin geführten Energiefluss, insbesondere in einem Traktionsmodus – dieses Ausgangssignal gleichrichtet. Im Traktionsmodus führt die erste Stromrichtereinheit **28** demnach eine Gleichrichterfunktion aus. Die erste Stromrichtereinheit **28** wird insbesondere von einem Vierquadrantensteller gebildet.

**[0044]** Die Leistungsversorgungseinheit **22** umfasst außerdem einen Zwischenkreis **30**, welcher im Betrieb ein Gleichspannungssignal führt. Im Traktionsmodus wird der Zwischenkreis **30** mit dem von der ersten Stromrichtereinheit **28** gleichgerichteten Signal gespeist.

**[0045]** Die Leistungsversorgungseinheit **22** weist ferner zwei motorseitig angeordnete Stromrichtereinheiten **32.1**, **32.2** auf, die jeweils einem der Fahrmotoren **20** zugeordnet sind. Im Traktionsmodus führen die Stromrichtereinheiten **32.1**, **32.2** jeweils die Funktion eines Wechselrichters aus, welcher ausgehend von einem im Zwischenkreis **30** geführten Gleichstrom einen Wechselstrom erzeugt. Insbesondere sind sie jeweils als Pulswechselrichter ausgebildet.

**[0046]** In einem Gleichspannungsbetrieb kann das Gleichspannungssignal der Netzversorgung direkt in den Zwischenkreis **30** gespeist oder mittels der Stromrichtereinheit **28**, die als Tiefsetzsteller arbeitet, transformiert werden.

**[0047]** Im Traktionsmodus des Schienenfahrzeugs **10** fließt wie oben beschrieben eine elektrische Energie von der Netzversorgung **24** über die Transformationseinheit **26** und die Leistungsversorgungseinheit **22**, d.h. insbesondere die erste Stromrichtereinheit **28**, den Zwischenkreis **30** und die Stromrichtereinheiten **32** zu den Fahrmotoren **20**, welche ein Teil der bezogenen elektrischen Energie in kinetische Energie umwandeln.

**[0048]** In einem Bremsmodus des Schienenfahrzeugs **10** erfolgt ein Energiefluss in umgekehrter Richtung von den Fahrmotoren **20** zumindest teilweise über die Leistungsversorgungseinheit **22** und die Transformationseinheit **26** zur Netzversorgung **24**. In diesem Bremsmodus bilden die Fahrmotoren **20** eine Generatoreinheit **34** einer Energieumwandlungseinrichtung **36**, die die kinetische und ggf. potentielle Energie des Schienenfahrzeugs **10** in eine andere Energieform umwandelt. Die Generatoreinheit **34** erzeugt aus dieser Energie auf bekannte Weise eine elektrische Energie.

**[0049]** In bestimmten Anwendungssituationen, in welchen eine Einspeisung der Energie in die Netz-

versorgung **24** beschränkt werden soll oder sogar nicht möglich ist, oder diese Einspeisung zur Erzeugung eines Sollbremsmoments nicht ausreicht – wie insbesondere bei einer Schnellbremsung bei hoher Geschwindigkeit – wird die von der Generatoreinheit **34** erzeugte elektrische Energie von der Rückspeisung in die Netzversorgung **24** weg abgeleitet. Hierzu weist die Energieumwandlungseinrichtung **36** eine Energieableitungseinheit **38** auf.

**[0050]** Die Energieableitungseinheit **38** weist eine Widerstandseinheit **40** auf, die dazu vorgesehen ist, im Fluss der abzuleitenden elektrischen Energie einen bestimmten Widerstandswert bereitzustellen. Sie weist zwei Widerstandsmittel R1, R2 auf, die jeweils als ohmscher Widerstand ausgebildet sind. Da die Widerstandseinheit **40** im Bremsmodus des Schienenfahrzeugs **10** benutzt wird, entspricht die Widerstandseinheit **40** einer Bremswiderstandseinheit. Die Widerstandseinheit **40** ist mit den Stromrichtereinheiten **32.1**, **32.3** derart verbunden, dass eine von den Fahrmotoren **20** erzeugte und über sie geführte Energie in die Widerstandsmittel R1, R2 speisbar ist. Dies ist in der Figur mittels grober Pfeile dargestellt. Im Bremsmodus sind demnach die Stromrichtereinheiten **32.1**, **32.2** im Energiefluss zwischen den Fahrmotoren **20** – und daher der Generatoreinheit **34** – und der Widerstandseinheit **40** angeordnet. Anders ausgedrückt sind die Stromrichtereinheiten **32.1**, **32.2** jeweils mit der Generatoreinheit **38** einerseits und der Widerstandseinheit **40** andererseits leistungstechnisch verbunden. Insbesondere ist die Widerstandseinheit **40** an den Zwischenkreis **30** angeschlossen, welcher von den Stromrichtereinheiten **32.1**, **32.2** im Bremsmodus gespeist wird. Die Widerstandseinheit **40** ist zwischen der positiven Schiene und der negativen Schiene des Zwischenkreises **30** geschaltet.

**[0051]** Die Energieableitungseinheit **38** umfasst außerdem eine Steuereinheit **44** auf, die dazu vorgesehen ist, wahlweise einen ersten Betriebsmodus, in welchem die Widerstandseinheit **40** einen ersten Widerstandswert bereitstellt, oder einen zweiten Betriebsmodus einzustellen, in welchem die Widerstandseinheit **40** einen zweiten Widerstandswert bereitstellt.

**[0052]** Hierzu weist die Widerstandseinheit **40** eine von der Steuereinheit **44** zur Einstellung des ersten bzw. zweiten Betriebsmodus betätigbare Schaltungsvorrichtung **46** auf. Diese dient dazu, das erste und/oder das zweite Widerstandsmittel R1, R2 von dem durch die Generatoreinheit **34** erzeugten Energiefluss wahlweise zu trennen oder mit diesem zu verbinden. Sie weist zwei Schaltmittel **48.a**, **48.b** auf, die jeweils einem unterschiedlichen Widerstandsmittel R1 bzw. R2 zugeordnet sind. Insbesondere sind die Schaltmittel **48.a**, **48.b** voneinander unabhängig betätigbar.

**[0053]** Im ersten Betriebsmodus der Energieableitungseinheit **38** wird der erste Widerstandswert dadurch bereitgestellt, dass eines der Widerstandsmittel R1, R2 mit der Generatoreinheit **34** leistungstechnisch verbunden ist. Diese Verbindung ist durch ein Schließen des Schaltmittels **48.a** oder **48.b** hergestellt. Im zweiten Betriebsmodus wird der zweite Widerstandswert dadurch bereitgestellt, dass beide Widerstandsmittel R1, R2, insbesondere in paralleler Schaltung zueinander, mit der Generatoreinheit **34** leistungstechnisch verbunden sind. Dies erfolgt mittels eines Zuschaltens des Widerstandsmittels R2 bzw. R1 durch ein Schließen des Schaltmittels **48.b** bzw. **48.a**. Sind die Widerstandswerte des Widerstandsmittel R1, R2 identisch, kann durch eine Parallelschaltung ein Widerstandswert der Widerstandseinheit **40** im zweiten Betriebsmodus bereitgestellt werden, der gegenüber dem Widerstandswert im ersten Betriebsmodus halbiert ist.

**[0054]** In den oben beschriebenen Betriebsmodi erfolgt eine Führung eines von einem Fahrmotor **20** erzeugten elektrischen Wechselstroms über die zugeordnete Stromrichtereinheit **32** in einem Sperrmodus dieser Stromrichtereinheit **32**. In diesem Sperrmodus sind die Schaltventile – insbesondere Leistungstransistoren, z.B. IGBTs – der Stromrichtereinheit **32** permanent in einem gesperrten Zustand, sodass der elektrische Strom ausschließlich über den Schaltventilen parallel geschaltete Freilaufdioden geführt wird. Die Stromrichtereinheit **32** nimmt – wie in **Fig. 3** dargestellt – daher die Form einer Diodenbrücke (auch „B6-Brücke“ genannt) an, welche den elektrischen Strom gleichrichtet. In **Fig. 3** sind die Fahrmotoren **20** in einem Ersatzschaltbild als Spannungsquelle und mit einem äquivalenten Widerstand und einer äquivalenten Induktivität dargestellt. Das Versetzen der Schaltventile in den Sperrzustand erfolgt mittels einer Steuervorrichtung **50**, die in **Fig. 3** schematisch dargestellt ist.

**[0055]** Die Umschaltung zwischen dem ersten Betriebsmodus und dem zweiten Betriebsmodus, d.h. insbesondere ein Zuschalten des zweiten Widerstandsmittels R2 bzw. R1 parallel zum ersten Widerstandsmittel R1 bzw. R2 erfolgt abhängig von einer kinematischen Kenngröße K des Schienenfahrzeugs **10**. In der betrachteten Ausführung erfolgt die Steuerung der Schaltvorrichtung **46** auf der Grundlage einer Kenngröße, die von der Fahrzeuggeschwindigkeit V abhängt. Diese Kenngröße K entspricht insbesondere einer Drehzahl eines Radsatzes oder einer mit dem Radsatz antriebstechnisch gekoppelten Komponente der Antriebseinheit **14**. Dabei kann es sich um die Drehzahl eines Rads, der Radsatzwelle oder einer mit dieser antriebstechnisch gekoppelten Getriebekomponente oder Motorwelle handeln. Hierzu weist das Schienenfahrzeug **10** eine Erfassungseinheit **52** zur Erfassung der Kenngröße K auf, die Drehzahlsensoren aufweist (in **Fig. 2** stark schema-

tisch dargestellt). Die Erfassungseinheit **52** steht in Wirkverbindung mit der Steuereinheit **44**, welche dazu dient, erfasste Messwerte auszuwerten. Die Kenngröße K kann alternativ oder zusätzlich über weitere Sensormittel gewonnen werden, wie z.B. über einen Inertialsensor oder eine Ortungseinheit wie einen GPS-Sensor.

**[0056]** Die Betätigung der Schaltvorrichtung **46** durch die Steuereinheit **44** erfolgt, wenn aus der überwachten Kenngröße K ermittelt wird, dass das Schienenfahrzeug **10** bei einem Bremsvorgang ausgehend von einer Anfangsgeschwindigkeit, insbesondere der maximal zugelassenen Geschwindigkeit, einen voreingestellten Geschwindigkeitsschwellwert GSW erreicht.

**[0057]** Dies wird anhand der **Fig. 4** näher erläutert. Sie entspricht einem Diagramm, in welchem das Bremsmoment M pro Triebachse **16** als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit V dargestellt ist. Bei der Einleitung eines Bremsvorgangs oberhalb des Schwellwerts GSW = 190 km/h, insbesondere bei der höchsten zugelassenen Geschwindigkeit von 350 km/h, werden wie oben beschrieben die Schaltventile der Stromrichtereinheiten **32** in den Sperrzustand versetzt, wobei ein Teil des von den Fahrmotoren erzeugten Stroms in die Widerstandseinheit **40**, und zwar z.B. wie in **Fig. 3** dargestellt in das erste Widerstandsmittel R1 fließt. Das Bremsmoment M in der Spanne zwischen der höchsten zugelassenen Geschwindigkeit und dem Schwellwert GSW weist einen nahezu konstanten Wert auf. Der Verlauf des Bremsmoments M für diesen Widerstandswert R = R1 im ersten Betriebsmodus ist mittels der Kurve  $M_{R1}$  gezeigt. Um ein Sinken des Bremsmoments M unterhalb dieses Werts zu vermeiden, wird beim Erreichen des Geschwindigkeitsschwellwerts GSW die Schaltvorrichtung **46** durch die Steuereinheit **44** betätigt. Mit dem Wechseln in den zweiten Betriebsmodus, d.h. der Zuschaltung des Widerstandsmittels R2 weist die Widerstandseinheit **40** einen Widerstandswert  $R = 1/(1/R1 + 1/R2)$  auf. Der Verlauf des Bremsmoments M für diesen Widerstandswert ist mittels der Kurve  $M_{R1R2}$  gezeigt. Wie der Figur zu entnehmen, kann das Bremsmoment M beim vorherigen Wert während der weiteren Bremsung zumindest für eine gewisse Geschwindigkeitspanne von ca. 100 km/h aufrechterhalten werden.

**[0058]** **Fig. 5** zeigt ein Diagramm, in welchem die Bremsleistung L als Funktion der Geschwindigkeit V dargestellt ist. Die Kurve  $L_{R1}$  entspricht dem Verlauf der Bremsleistung L für den Widerstandswert R = R1 im ersten Betriebsmodus. Mit der oben beschriebenen Umschaltung in den zweiten Betriebsmodus kann unterhalb des Geschwindigkeitsschwellwerts GSW beim Folgen der Kurve  $L_{R1R2}$  für den Widerstandswert  $R = 1/(1/R1 + 1/R2)$  eine Erhöhung der

Bremsleistung gegenüber der Konfiguration mit  $R = R1$  erreicht werden.

**[0059]** Außerdem ist vorteilhaft, wenn im ersten Betriebsmodus, in welchem nur eines der Widerstandsmittel  $R1$ ,  $R2$  aktiv ist, Umschaltungen zwischen den Widerstandsmitteln  $R1$  und  $R2$  erfolgen. Diese von der Schaltvorrichtung **46** bewirkten Umschaltungen dienen dazu, die thermische Belastung der Widerstandsmittel zu verringern. Sie erfolgen dabei periodisch oder auf der Grundlage der ermittelten Belastungszustände der Widerstandsmittel. Diese können z.B. durch die Erfassung der Temperatur der Widerstandsmittel ermittelt werden.

**[0060]** Die obige Beschreibung bezieht sich auf eine Ausführung, bei welcher die Menge von Betriebsmodi zwei Betriebsmodi aufweist. In einer Ausführungsvariante ist denkbar, dass mehr als zwei Betriebsmodi implementiert werden. Hierzu kann die Widerstandseinheit mehr als zwei Widerstandsmittel aufweisen.

### Patentansprüche

1. Energieumwandlungseinrichtung für eine Einrichtung, welche in zumindest einem Modus eine als Generatoreinheit (**34**) arbeitende Einheit aufweist, umfassend zumindest eine Energieableitungseinheit (**38**), die zum Ableiten zumindest eines Teils einer von der Generatoreinheit (**34**) erzeugten elektrischen Energie vorgesehen ist und zumindest eine Widerstandseinheit (**40**) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energieableitungseinheit (**38**) zumindest eine Steuereinheit (**44**) aufweist, die dazu vorgesehen ist, Betriebsmodi aus einer Menge von Betriebsmodi einzustellen, in welchen die Widerstandseinheit (**40**) jeweils einen unterschiedlichen Widerstandswert bereitstellt.

2. Energieumwandlungseinrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Erfassungseinheit (**52**) zur Erfassung wenigstens einer kinematischen Kenngröße ( $K$ ) der Einrichtung, wobei die Steuereinheit (**44**) dazu vorgesehen ist, Betriebsmodi aus der Menge von Betriebsmodi in Abhängigkeit der kinematischen Kenngröße ( $K$ ) einzustellen.

3. Energieumwandlungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung ein Fahrzeug, insbesondere ein Schienenfahrzeug (**10**), ist.

4. Energieumwandlungseinrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die kinematische Kenngröße ( $K$ ) für die Fahrzeuggeschwindigkeit ( $V$ ) repräsentativ ist.

5. Energieumwandlungseinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (**44**) dazu vorgesehen ist, bei einem Über-

gang zwischen einem Hochgeschwindigkeitsbereich in einen mittleren Geschwindigkeitsbereich von einem ersten Betriebsmodus der Menge in einen zweiten Betriebsmodus der Menge zur Verminderung des Widerstandswerts zu wechseln.

6. Energieumwandlungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Widerstandseinheit (**40**) in einer Leistungsversorgungseinheit (**22**) angeordnet ist, welche in einem Antriebsmodus der Einrichtung die Einheit mit elektrischer Leistung versorgt.

7. Energieumwandlungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eine Stromrichtereinheit (**32.1**, **32.2**), die leistungstechnisch zwischen der Generatoreinheit (**34**) und der Widerstandseinheit (**40**) geschaltet ist, wobei die Widerstandseinheit (**40**) an einen Zwischenkreis (**30**) angeschlossen ist, welcher von der Stromrichtereinheit (**32.1**, **32.2**) speisbar ist.

8. Energieumwandlungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eine Stromrichtereinheit (**32.1**, **32.2**), die leistungstechnisch zwischen der Generatoreinheit (**34**) und der Widerstandseinheit (**40**) geschaltet ist, und eine Steuervorrichtung (**50**), welche die Stromrichtereinheit (**32.1**, **32.2**) derart steuert, dass der Betrieb dieser in den Betriebsmodi der Menge von Betriebsmodi zumindest eine Sperrung von Schaltventilen der Stromrichtereinheit (**32.1**, **32.2**) umfasst.

9. Energieumwandlungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Widerstandseinheit (**40**) einen Satz von Widerstandsmitteln ( $R1$ ,  $R2$ ) und eine mit zumindest einem der Widerstandsmittel ( $R1$ ,  $R2$ ) in Wirkverbindung stehende Schaltvorrichtung (**46**) aufweist, wobei ein Wechseln zwischen Betriebsmodi der Menge von Betriebsmodi zumindest eine Betätigung der Schaltvorrichtung (**46**) umfasst.

10. Energieumwandlungseinrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (**44**) dazu vorgesehen ist, mittels der Schaltvorrichtung (**46**) beim Einstellen eines Betriebsmodus der Menge von Betriebsmodi eine parallele Schaltung von Widerstandsmitteln ( $R1$ ,  $R2$ ) des Satzes zu aktivieren.

11. Energieumwandlungseinrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (**44**) dazu vorgesehen ist, in zumindest einem Betriebsmodus der Menge von Betriebsmodi mittels der Schaltvorrichtung (**46**) ein erstes und ein zweites Widerstandsmittel ( $R1$ ,  $R2$ ) abwechselnd zu aktivieren.

12. Fahrzeug, insbesondere Schienenfahrzeug (10), mit einer Energieumwandlungseinrichtung (36) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

13. Fahrzeug nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch die Ausbildung als Schienenfahrzeug (10), welches für einen Hochgeschwindigkeitsbetrieb über zumindest 300 km/h, insbesondere zumindest 350 km/h vorgesehen ist.

14. Verfahren zur Umwandlung einer in zumindest einem Modus von einer als Generatoreinheit (34) arbeitenden Einheit einer Einrichtung erzeugten elektrischen Energie, bei welchem

- zumindest ein Teil einer von der Generatoreinheit (34) erzeugten elektrischen Energie über eine Energieableitungseinheit (38) abgeleitet wird und
- die Energieableitungseinheit (38) zumindest eine Widerstandseinheit (40) aufweist,

**dadurch gekennzeichnet**, dass ausgehend von einem ersten Betriebsmodus, in welchem die Widerstandseinheit (40) einen ersten Widerstandswert bereitstellt, in einen weiteren Betriebsmodus umgeschaltet wird, in welchem die Widerstandseinheit (40) einen weiteren, unterschiedlichen Widerstandswert bereitstellt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- die Einrichtung als Fahrzeug, insbesondere Schienenfahrzeug (10), ausgebildet ist und
- bei einem Übergang zwischen einem Hochgeschwindigkeitsbereich in einen mittleren Geschwindigkeitsbereich der weitere Widerstandswert kleiner als der erste Widerstandswert eingestellt wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

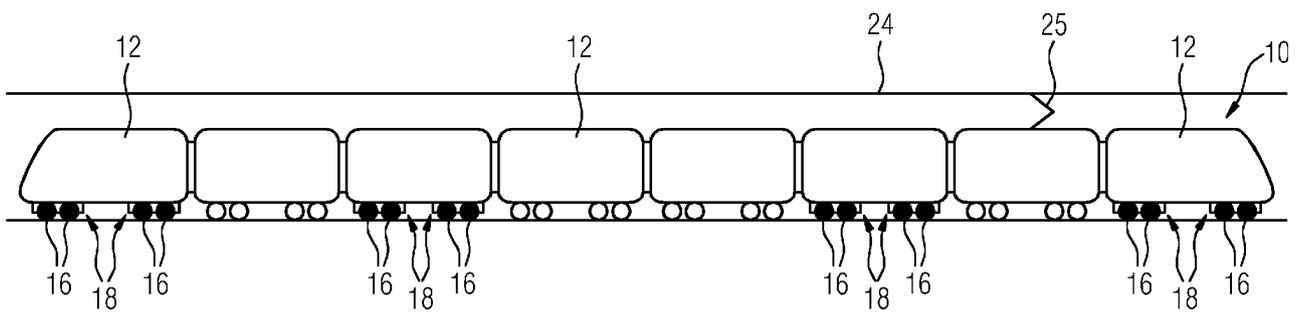


FIG 2

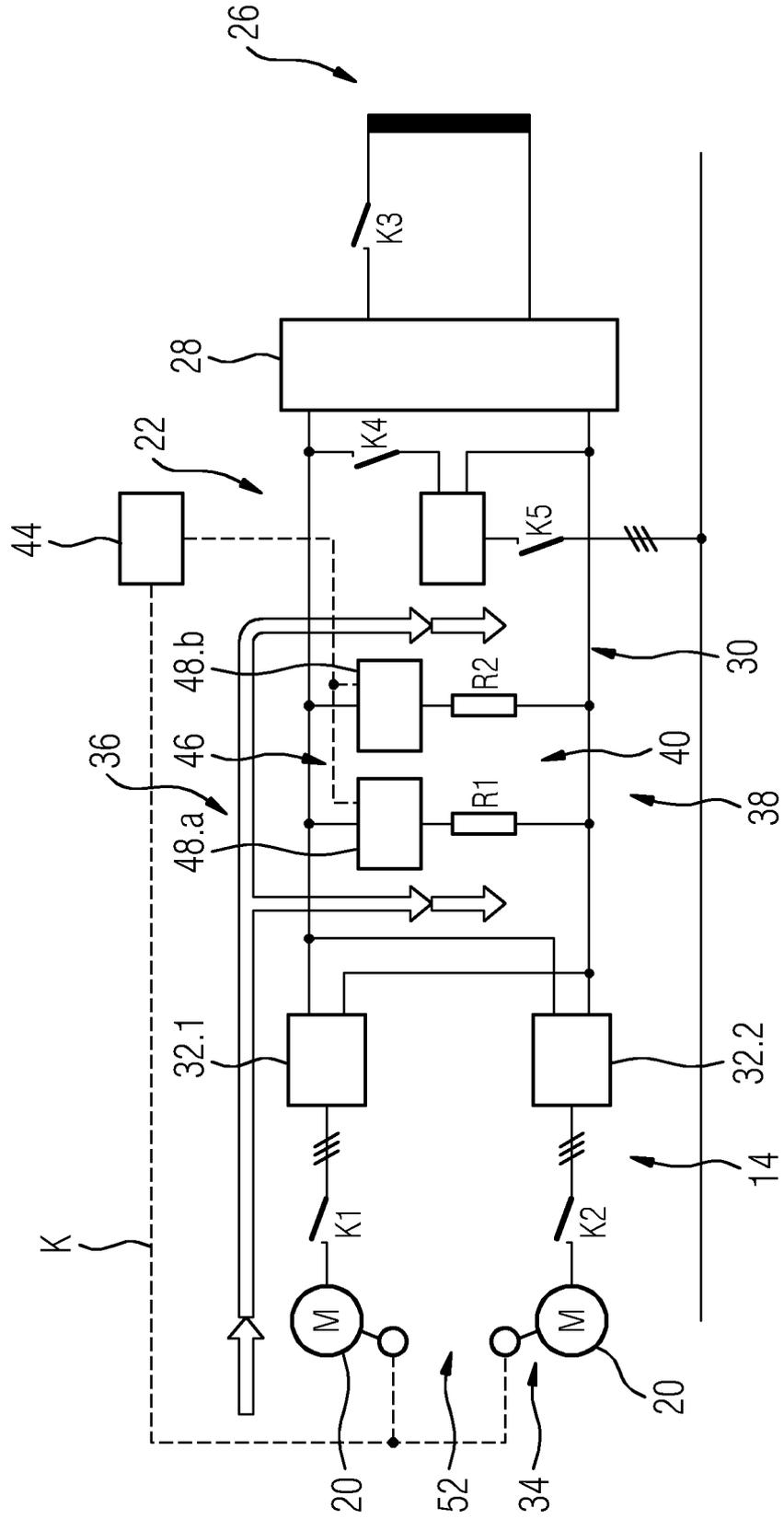


FIG 3

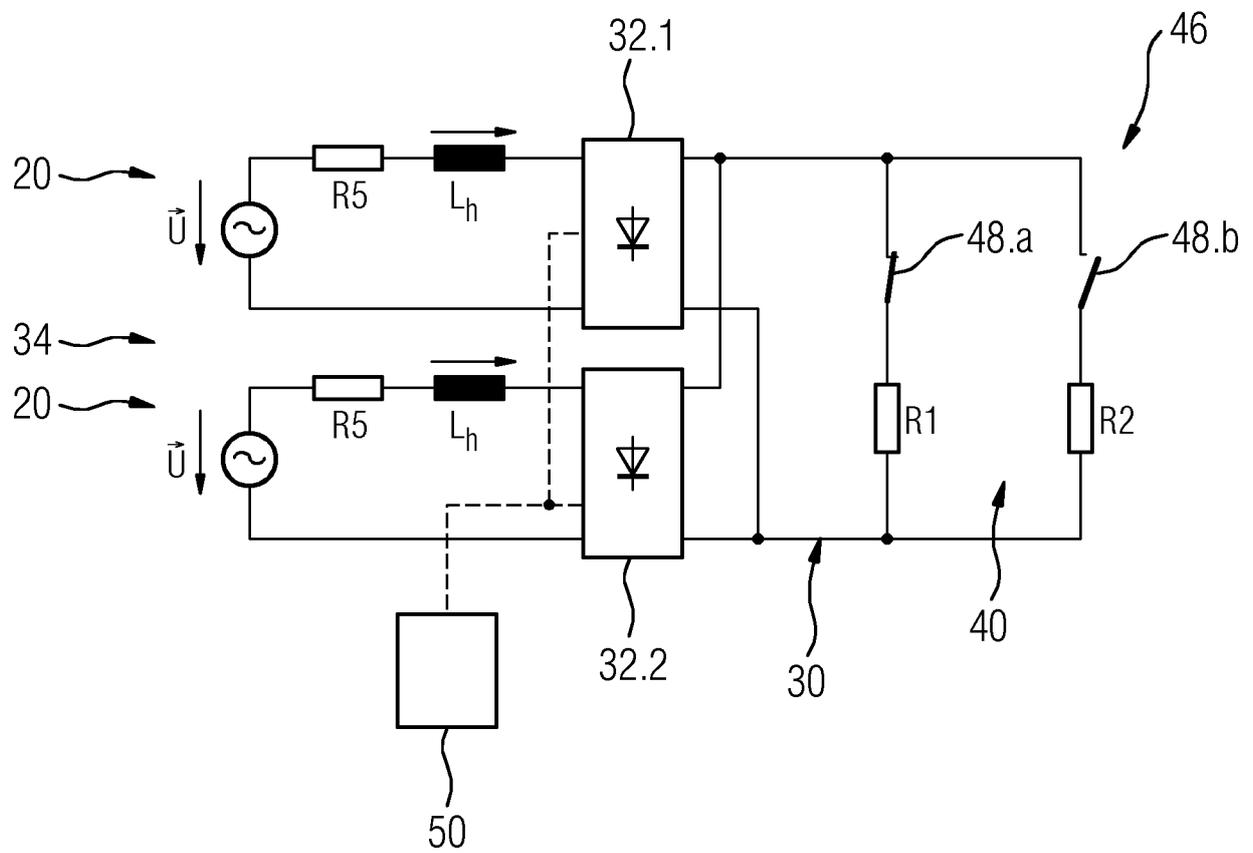


FIG 4

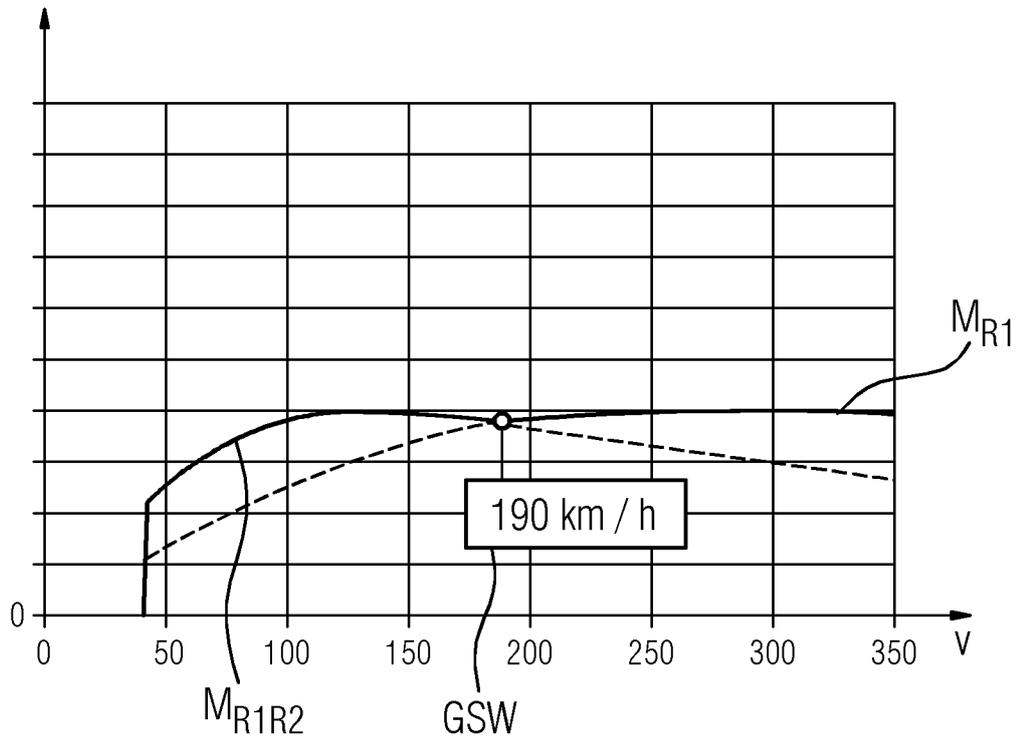


FIG 5

