



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Korrekturparameters für einen Messkanal (6), der für die Messung einer Klemmenspannung (U_1 , U_2) mit einer Anschlussklemme (3) eines Elektromotors (2) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlussklemme (3) über Schaltelemente (T1, T2, T3, T4) für die Ansteuerung des Elektromotors (2) mit einem ersten Potential verbunden wird,
- die Anschlussklemme (3) nach dem Erreichen eines eingeschwungenen Zustands des Messkanals (6) durch Umschalten wenigstens eines Schaltelements (T1, T2, T3, T4) mit einem zweiten, von dem ersten verschiedenen Potential verbunden wird,
- das dynamische Verhalten des Messkanals (6) nach dem Verbinden mit dem zweiten Potential erfasst wird, und
- der Korrekturparameter für das dynamische Verhalten des Messkanals (6) basierend auf dessen erfassten dynamischen Verhalten bestimmt wird.

5 Beschreibung

Titel

10 Verfahren oder Spannungserfassungssystem zum Ermitteln eines Korrekturpa-
rameters für einen Messkanal und zum Erfassen einer Klemmenspannung eines
Elektromotors

Technisches Gebiet

15 Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen Verfahren zum Messen einer
Klemmenspannung an einer Anschlussklemme eines Elektromotors.

Stand der Technik

20 Im Stand der Technik werden beispielsweise Klemmenspannungen eines Elekt-
romotors erfasst, um daraus die Drehzahl oder auch die exakte Position des
Elektromotors bestimmen zu können. So ist beispielsweise bei DC-Motoren oder
elektrisch kommutierten Motoren (EC-Motoren) bekannt, die Position und/oder
die Drehzahl der Antriebswelle des Elektromotors ohne die Verwendung eines
25 Positionsgebers, der beispielsweise direkt an der Antriebswelle angebracht ist,
kostengünstig zu erfassen. Dazu ist ein Spannungserfassungssystem vorgese-
hen, das eine oder mehrere Klemmenspannungen erfasst und an eine Steuerein-
richtung für die Ansteuerung des Elektromotors überträgt. Das Spannungserfas-
sungssystem kann als integraler Bestandteil der Steuereinrichtung des Elektro-
30 motors oder separat ausgeführt sein.

Um die Elektromotoren mit unterschiedlichen Drehzahlen betreiben zu können,
sind üblicherweise elektrische oder elektronische Schaltelemente, wie z.B. Relais
oder Transistoren vorgesehen, über welche die jeweilige Anschlussklemme mit
35 wenigstens einer Versorgungsspannung oder der Masse verbunden werden
kann. Entsprechend kann durch ein gezieltes Umschalten der Schaltelemente an

jeder Wicklung des Elektromotors für eine gewünschte Zeit eine gewünschte Spannung angelegt und darüber ein gewünschter Betriebsmodus eingestellt werden. Für den Betrieb von Elektromotoren sind verschiedene Schaltungsarten üblich (H-Brücke, 2H-, 3H-, B6-Schaltung), die sich jedoch hinsichtlich des An- und Abschaltens einer Spannung an der Anschlussklemme prinzipiell nicht unterscheiden. Aufgrund der Induktivität der Motorwicklungen und möglichen Spannungsabfällen zwischen der Versorgungsspannung bzw. Masse und der Anschlussklemme, z.B. Leitungsverlusten, entspricht die Spannung an der Anschlussklemme jedoch nicht exakt der angelegten Spannung, so dass eine explizite Erfassung der Klemmenspannung erforderlich ist, um daraus die Position und die Drehzahl der Antriebswelle bestimmen zu können.

Für die Erfassung der Klemmenspannung umfasst das Spannungserfassungssystem einen Messkanal, der eingangsseitig unmittelbar mit der jeweiligen Anschlussklemme verbunden ist, um die anliegende Spannung abzugreifen und an seinem Ausgang auszugeben. Dies kann sowohl durch eine rein analoge Be- Schaltung wie auch durch Verwendung eines Analog/Digital-Wandlers geschehen, der die erfasste Klemmenspannung als digitales Signal ausgibt. Allerdings wird die abgegriffene Klemmenspannung durch den Messkanal verfälscht, wodurch die exakte Bestimmung der Position und der Drehzahl der Antriebswelle des Elektromotors erschwert wird.

In der Technik ist bekannt, das statische Verhalten des Messkanals zu erfassen, um einen Korrekturparameter für das statische Verhalten des Messkanals, beispielsweise in Bezug auf eine Verstärkung und/oder eine systematische Messabweichung, zu ermitteln. Dieser Korrekturparameter kann verwendet werden, um das statische Verhalten des Messkanals zu kompensieren. Auch ist in der Technik bekannt, einen automatischen Abgleich des statischen Verhaltens des Messkanals durchzuführen.

Allerdings umfasst der Messkanal auch nichtlineare Elemente, wodurch die exakte Erfassung der Klemmenspannung erschwert wird. Dies betrifft zunächst parasitäre Kapazitäten oder Induktivitäten von linearen Bauelementen, jedoch können auch Kondensatoren und/oder Spulen explizit in dem Messkanal verwendet werden. Um diese nichtlinearen Abweichungen gering zu halten, werden Bauteile mit einer hohen Güte verwendet, wodurch die Erfassung der Klemmenspannung mit

hohen Kosten verbunden ist. Teilweise werden auch aktive Bauelemente wie z.B. Operationsverstärker verwendet, um die Erfassung der Klemmenspannung mit der gewünschten Genauigkeit durchführen zu können, was mit einem großen Aufwand und ebenfalls hohen Kosten verbunden ist.

5

Ausgehend vom dem genannten Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren anzugeben, mit dem ein Korrekturparameter zur Kompensation der nichtlinearen Eigenschaften des Messkanals bestimmt werden kann. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Erfassung der Klemmenspannung eines Motors anzugeben, das ein kostengünstige und mit einer hohen Genauigkeit die Erfassung der Klemmenspannung durchführt.

10

Offenbarung der Erfindung

15

Diese Aufgaben werden durch das Verfahren zum Ermitteln eines Korrekturparameters für einen Messkanal gemäß Anspruch 1, durch das Verfahren zum Erfassen einer Klemmenspannung, dem Computerprogrammprodukt, der Vorrichtung zum Ermitteln eines Korrekturparameters, das Spannungserfassungssystem zum Erfassen wenigstens einer Klemmenspannung gemäß den nebengeordneten Ansprüchen gelöst.

20

Weitere Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

25

Gemäß einem ersten Aspekt ist ein Verfahren zum Ermitteln eines Korrekturparameters für einen Messkanal vorgesehen, der für die Messung einer Klemmenspannung mit einer Anschlussklemme eines Elektromotors verbunden ist, wobei

- die Anschlussklemme über Schaltelemente für die Ansteuerung des Elektromotors mit einem ersten Potential verbunden wird,

30

- die Anschlussklemme nach dem Erreichen eines eingeschwungenen Zustande des Messkanals durch Umschalten wenigstens eines Schaltelements mit einem zweiten, von dem ersten verschiedenen Potential verbunden wird,
- das dynamische Verhalten des Messkanals nach dem Verbinden mit dem zweiten Potential erfasst wird, und

35

- der Korrekturparameter für das dynamische Verhalten des Messkanals basierend auf dessen erfassten dynamischen Verhalten bestimmt wird.

Grundidee des obigen Verfahrens ist es also, die vorhandenen Schaltelemente zur Ansteuerung des Motors zu verwenden, um an dem Messkanal einen Spannungssprung anzulegen und die Reaktion des Messkanals als Sprungantwort zu erfassen. Die Art der Spannungsänderung ist dabei unerheblich und kann von einem hohen zu einem niedrigen Potential oder umgekehrt erfolgen, wobei ein Potential auch die Masse sein kann. Aus der Sprungantwort ergibt sich das dynamische Verhalten des Messkanals und es kann darauf basierend ein Korrekturparameter für das dynamische Verhalten des Messkanals bestimmt werden. Der Korrekturparameter kann einen einzelnen Wert wie auch einen Satz einzelner Parameterwerte, der in seiner Gesamtheit das dynamische Verhalten des Messkanals beschreibt, umfassen. Basierend auf dem Korrekturparameter kann bei dem Messkanal im Betrieb eine Kompensation der erfassten Messwerte für die Klemmenspannung durchgeführt werden, wodurch die Klemmenspannung unter Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens des Messkanals mit einer hohen Genauigkeit bestimmt werden kann.

In einer Ausgestaltung umfasst das Erfassen des dynamischen Verhaltens des Messkanals das Abtasten eines zeitlichen Verlaufs eines Ausgangssignals des Messkanals. Die so erfassten diskreten Werte geben in Ihrer Gesamtheit den Verlauf der Spannung am Ausgang des Messkanals wieder und können leicht elektronisch verarbeitet werden.

Insbesondere kann der Korrekturparameter als Filterparameter zur Durchführung einer Filterung des Ausgangssignals des Messkanals bestimmt werden. Abhängig von der Art des Ausgangssignals des Messkanals als analoges oder digitales kann sowohl ein analoges Filter oder auch ein digitales Filter verwendet werden. Das Filter kann beispielsweise als Tiefpassfilter ausgebildet sein, um ein entsprechendes Tiefpassverhalten basierend auf dem Filterparameter zu realisieren.

In einer weiteren Ausgestaltung umfasst die digitale Filterung eine IIR-Filterung (Infinite Impulse Response Filterung). Die IIR-Filterung kann sowohl analog wie auch digital durchgeführt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann das erste und/oder zweite Potential gemessen und der Korrekturparameter für das dynamische Verhalten

des Messkanals unter Einbeziehung der Messung des ersten und/oder zweiten Potentials bestimmt werden, um die Genauigkeit der Erfassung des Korrekturparameters zu verbessern.

5 Auch kann das dynamische Verhalten des zweiten Potentials erfasst und der Korrekturparameter für das dynamische Verhalten des Messkanals unter Einbeziehung des dynamischen Verhaltens des zweiten Potentials bestimmt werden. Schwankungen am Eingang des Messkanals können somit erfasst und bei der Bestimmung des Korrekturparameters berücksichtigt werden.

10 Insbesondere kann das Erfassen des dynamischen Verhaltens des zweiten Potentials das Abtasten eines zeitlichen Verlaufs des zweiten Potentials umfassen. Die so erfassten diskreten Werte geben in Ihrer Gesamtheit den exakten Verlauf der Klemmenspannung am Eingang des Messkanals wieder und können leicht elektronisch verarbeitet werden.

15 Auch kann das dynamische Verhalten eines oder mehrere Messkanäle an der vorhandenen Dynamik eines einzelnen Messkanals, der als Referenz dient, angepasst werden.

20 In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann das Erfassen des dynamischen Verhaltens des Messkanals das dynamische Erfassen eines Stroms von der Anschlussklemme in den Elektromotor umfassen und der Korrekturparameter unter Berücksichtigung des dynamisch erfassten Stroms bestimmt werden. Entsprechend können ausschließlich in dem Messkanal anliegende Spannungen bzw. dadurch fließende Ströme berücksichtigt werden, um den Korrekturparameter mit einer hohen Genauigkeit bestimmen zu können.

30 Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Anschlussklemme vor dem Verbinden mit dem zweiten Potential elektrisch von dem Elektromotor getrennt und nach dem Erfassen des dynamischen Verhaltens des Messkanals elektrisch mit dem Elektromotor verbunden werden. Damit werden Ströme von der Anschlussklemme in den Motor verhindert, die dynamisch aufgrund der Induktivität und ggf. weiterer nichtlinearer Komponenten des Elektromotors auftreten können.

Weiterhin kann wenigstens ein Korrekturparameter für das statische Verhalten, insbesondere eine Verstärkung und/oder eine systematischen Messabweichung des Messkanals erfasst werden, indem

- die Anschlussklemme über die Schaltelemente mit dem ersten Potential verbunden wird,
- das statische Verhalten des Messkanals nach dem Erreichen eines eingeschwungenen Zustande erfasst wird,
- die Anschlussklemme über die Schaltelemente mit dem zweiten Potential verbunden wird,
- das statische Verhalten des Messkanals nach dem Erreichen eines eingeschwungenen Zustande erfasst wird,
- der wenigstens eine Korrekturparameter für das statische Verhalten des Messkanals basierend auf dessen erfassten statischen Verhalten bestimmt werden.

Die Kombination von statischem und dynamischem Verhalten ergibt eine umfassende Beschreibung des Verhaltens des Messkanals, so dass die Klemmenspannung des Elektromotors bei einer Kompensation des Verhaltens des Messkanals mit einer hohen Genauigkeit erfasst werden kann.

Gemäß einem weiteren Aspekt ist eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Korrekturparameters für das dynamische Verhalten eines Messkanals vorgesehen, der für die Messung einer Klemmenspannung mit einer Anschlussklemme eines Elektromotors verbunden ist, mit

- einer Schalteinheit für die Betätigung von Schaltelementen für die Ansteuerung des Elektromotors,
- einer Erfassungseinheit für die Erfassung wenigstens eines zeitlichen Spannungsverlaufs, und
- einer Steuerungsvorrichtung, die die Schalteinheit ansteuert und mit der Erfassungseinheit verbunden ist, um von dieser den wenigstens einen erfassten Spannungsverlauf zu empfangen, wobei die Steuerungsvorrichtung ausgeführt ist, den Korrekturparameter nach einem der vorgenannten Verfahren zu erfassen.

Diese Vorrichtung kann für die Bestimmung des Korrekturparameters mit Anschlussklemmen, Messkanälen und Schaltelementen verbunden werden, um den Korrekturparameter zu bestimmen. Es ist auch möglich, dass der Elektromotor

oder eine damit verbundene Steuereinrichtung ein einzelnes Interface für die Verbindung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit den oben genannten Anschlüssen aufweist, so dass die Vorrichtung mit einem einzelnen Stecker verbunden werden kann. Die Steuereinrichtung umfasst die Spannungsmesseinrichtung mit den einzelnen Messkanälen oder ist mit dieser verbunden, um deren Ausgangssignale zu empfangen. Wenn das Interface an der Steuereinrichtung vorgesehen ist, kann der Korrekturparameter nach der Bestimmung in der Spannungsmesseinrichtung gespeichert oder an eine separate Kompensationsvorrichtung für die Kompensation des jeweiligen Messkanals übertragen werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Spannungserfassungssystem zum Erfassen wenigstens einer Klemmenspannung eines Elektromotors vorgesehen. Das Spannungserfassungssystem umfasst wenigstens einen Messkanal, der einseitig mit einer Anschlussklemme des Elektromotors verbunden ist und an seinem Ausgang die erfasste Klemmenspannung bereitstellt, wobei das Spannungserfassungssystem eine oben beschriebene Vorrichtung für das Ermitteln von einem Korrekturparameter für das dynamische Verhalten wenigstens eines Messkanals umfasst und eine Kompensationsvorrichtung vorgesehen ist, die ausgeführt ist, das dynamische Verhalten des wenigstens einen Messkanals mit dem ermittelten Korrekturparameter zu kompensieren. Die Vorrichtung für die Bestimmung des Korrekturparameters ist somit integraler Bestandteil des Spannungserfassungssystems, wodurch die Bestimmung des Korrekturparameters jederzeit ohne zusätzliche Komponenten durchgeführt werden kann, beispielsweise durch ein Kommando der Steuereinrichtung des Elektromotors. Damit ist es möglich, die Kompensation des dynamischen Verhaltens des Messkanals beispielsweise bei Temperaturschwankungen, die eine Änderung der Bauteileigenschaften mit sich bringen, oder Alterungseffekten einzelner Komponenten jederzeit erneut durchzuführen.

In bevorzugter Ausführungsform der Erfindung ist die Steuerungsvorrichtung eine digitale Steuerungsvorrichtung, und die Verfahren sind als Computerprogrammprodukt implementiert, wobei die einzelnen Verfahrensschritte von der digitalen Steuerungsvorrichtung ausgeführt werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der beigefügten Zeichnung.

5 Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Ausführungsformen werden nachfolgend in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

10 Figur 1 ein Schaltbild einer Schaltungsanordnung mit einem Motor, Schaltelementen zur Ansteuerung des Motors und zwei Messvorrichtungen zur Messung einer Klemmenspannung.

Beschreibung von Ausführungsformen

15

Figur 1 zeigt eine Schaltungsanordnung 1, in der ein Elektromotor 2 mit zwei Anschlussklemmen 3 zentral angeordnet ist. Der Strom durch den Elektromotor 2 ist als I und die daran abfallende Spannung als U gekennzeichnet. Der Elektromotor 2 ist in dieser Ausführungsform als Gleichstrommotor ausgeführt und in einer H-Brückenschaltung mit einer Versorgungsleitung 4 und einer Masseleitung 5 verbunden. Dabei ist zwischen jeder Anschlussklemme 3 und der Versorgungsleitung 4 ein erstes Schaltelement in der Form eines Transistors T_1, T_3 und zwischen jeder Anschlussklemme 3 und der Masseleitung 5 ein zweites Schaltelement in der Form eines Transistors T_2, T_4 vorgesehen. Die Transistoren T_1, T_2, T_3, T_4 werden als Schalter zwischen den Betriebszuständen leitend und sperrend betrieben, wobei eine nicht gezeigte Steuereinrichtung die Transistoren im Betrieb schaltet.

25

Jede Anschlussklemme 3 ist mit einem Messkanal 6 verbunden. Der mit der in der Figur linksseitigen Anschlussklemme 3 verbundene Messkanal 6 liegt eingangsseitig auf einem Potential U_1 , welches einer Klemmenspannung an der linksseitigen Anschlussklemme 3 entspricht, und liefert ausgangsseitig eine Spannung U_{1_adc} . Der mit der in der Figur linksseitigen Anschlussklemme 3 verbundene Messkanal 6 liegt eingangsseitig auf einem Potential U_2 , welches einer Klemmenspannung an der linksseitigen Anschlussklemme 3 entspricht, und liefert ausgangsseitig eine Spannung U_{2_adc} .

30

35

Die Messkanäle 6 sind prinzipiell identisch aufgebaut und hier beispielhaft durch zwei Widerstände 7 und einen Kondensator 8 dargestellt. Der Aufbau der Messkanäle 6 ist jedoch im weiteren nicht relevant, es soll lediglich dargestellt werden, dass in dem Messkanal 6 auch nichtlineare Komponenten vorhanden sind, entweder durch den hier explizit dargestellten Kondensator 8 oder durch parasitäre Kapazitäten und/oder Induktivitäten. Auch kann der Messkanal 6 aktive Komponenten enthalten, wie durch einen gestrichelt gezeichneten Widerstand 9, der an eine Referenzspannung U_{ref} angeschlossen ist, angedeutet ist. So können beispielsweise auch Operationsverstärker in jedem Messkanal 6 vorhanden sein. Auch ist es nicht notwendig, dass beide Messkanäle 6 identisch aufgebaut sind.

An der Versorgungsleitung 4 ist eine Versorgungsspannung U_{dc} angelegt, die eine stabilisierte Zwischenkreisspannung ist. Die Zwischenkreisspannung U_{dc} lässt reduziert eine Rückwirkung auf ein Eingangsnetz. Mit der Versorgungsleitung 4 ist eine Messschaltung 10, die hier beispielhaft durch zwei Widerstände 11 und einen Kondensator 12 dargestellt ist, verbunden. Sie liefert ausgangsseitig eine Spannung U_{dc_adc} , die ein Maß für die Zwischenkreisspannung U_{dc} ist.

Nachfolgend wird nun das Verfahren für das Ermitteln von einem Korrekturparameter zur Kompensation des Verhaltens des Messkanals 6 beschrieben. Soweit das Verfahren auf beide Messkanäle 6 identisch angewendet wird, wird das Verfahren nur für den in der Figur linksseitigen Messkanal 6 explizit angegeben und gelten für den anderen Messkanal 6 entsprechend. Daher beziehen sich im Weiteren alle Angaben, soweit nicht anders angegeben, auf die in der Figur links von dem Elektromotor 2 gezeigten Elemente. Das Verfahren wird von einer nicht gezeigten Steuerungsvorrichtung durch das Abarbeiten einer Software durchgeführt.

In diesem Ausführungsbeispiel wird zunächst ein Korrekturparameter für das statische Verhalten des Messkanals 6 erfasst. Dazu wird zunächst über eine nicht gezeigte Erfassungseinheit, die mit der Steuerungsvorrichtung verbunden ist, die die Zwischenkreisspannung U_{dc} am Ausgang der Messschaltung 10 erfasst. Dann werden von einer hier nicht gezeigten Schalteinheit, die von der Steuerungsvorrichtung angesteuert wird, das erste Schaltelement, der Transistor T1, auf leitend und das zweite Schaltelement, der Transistor T2, auf sperrend ge-

schaltet. Nachdem sich ein eingeschwungener Zustand eingestellt hat, liegt ein-
gangsseitig an dem Messkanal 6 die Versorgungsspannung U_{dc} an, die Klem-
menspannung U_1 ist also gleich U_{dc} . In diesem Zustand wird die Spannung
 U_{1_adc} von der Erfassungseinheit an dem Ausgang des Messkanals 6 erfasst.
5 Dann werden von der Schalteinheit der Transistor T_1 auf sperrend und der Tran-
sistor T_2 auf leitend geschaltet. Nachdem sich ein eingeschwungener Zustand
eingestellt hat, liegt der Messkanal 6 eingangsseitig auf Masse, die Klemmen-
spannung U_1 ist also gleich 0. Entsprechend ergibt sich für die Klemmenspan-
nung U_1 der in Gleichung 1.1 gezeigte Zusammenhang.

$$U_1 = \frac{U_{1_adc} - U_{1_adc}(U_1=0)}{U_{i_adc}(U_i=U_{dc}) - U_{i_adc}(U_i=0)} \cdot U_{dc}(U_1=U_{dc}) \quad 1.1$$

Davon ausgehend wird in der Steuerungsvorrichtung ein Korrekturparameter für
das statische Verhalten des Messkanals 6 bestimmt. Der Korrekturparameter
umfasst zwei einzelne Parameterwerte, eine Verstärkung (Gain) und eine syste-
matische Messabweichung (Bias), wobei sich der in Gleichung 1.2 dargestellte
Zusammenhang ergibt.

$$U_1 = U_{i_adc} - \text{Gain} + \text{Bias} \quad 1.2$$

Durch Umformen ergeben sich die Gleichung 1.3 für die Verstärkung und Gleichung 1.4 für die systematische Messabweichung.

$$G_{a_in} = \frac{U_{dc}(U_i=U_{dc})}{u_{1_adc}(U_i=U_{dc}) - U_{i_adc}(U_i=0)} \quad 1.3$$

$$\text{Bias} = U_{i_adc}(U_i=0) - \text{Gain} \quad 1.4$$

Dieser Korrekturparameter wird auf identische Weise für den in der Figur rechts-
seitigen Messkanal 6 erfasst. Zusätzlich wird in der Steuerungsvorrichtung ein
Abgleich der erfassten Werte für die Verstärkung und die systematische Mess-
abweichung zwischen den beiden Messkanälen 6 durchgeführt. Entsprechend
werden von beiden Messkanälen 6 die gleichen Werte ausgegeben, wenn an der
jeweiligen Anschlussklemme 3 die Zwischenkreisspannung U_{dc} bzw. Masse an-
liegt. Dies wird beispielsweise durch eine Mittelung zwischen den beiden Mess-
kanälen 6 erreicht.

Im Anschluss wird das Verfahren für das Ermitteln eines Korrekturparameters für das dynamische Verhalten des Messkanals 6 beschrieben. Dazu wird zunächst von der Steuerungsvorrichtung über die Schalteinheit der Transistor T1 auf sperrend und der Transistor T2 auf leitend geschaltet, so dass die Anschlussklemme 3 mit der Masseleitung 5 verbunden ist und auf Massepotential liegt. Nachdem sich ein eingeschwungener Zustand eingestellt hat, wird der Transistor T1 von der Schalteinheit auf leitend und der Transistor T2 auf sperrend geschaltet, so dass die Anschlussklemme 3 mit der Versorgungsleitung 4 verbunden ist.

Nach dem Umschalten wird das dynamische Verhalten des Messkanals 6 erfasst, indem die Ausgangsspannung U1_adc von der Erfassungseinheit abgetastet wird. Zusätzlich wird auch das dynamische Verhalten der Zwischenkreisspannung Udc von der Erfassungseinheit durch Abtasten erfasst. Die Zwischenkreisspannung Udc liegt nach dem Umschalten an der Anschlussklemme 3 an und ist somit gleich der Klemmenspannung U1. Die Abtastwerte werden von der Erfassungseinheit an die Steuerungsvorrichtung übertragen.

Im Anschluss wird von der Steuerungsvorrichtung ein Korrekturparameter für das dynamische Verhalten des Messkanals 6 bestimmt. Dies wird hier beispielhaft für ein Tiefpassfilter erster Ordnung gezeigt. Das jeweils zu verwendende Filter ist abhängig von dem Messkanal 6. Das verwendete Tiefpassfilter ist ein IIR-Filter (Infinite Impulse Response Filter), das in allgemeiner Form gemäß Gleichung 1.5 dargestellt wird.

$$y_k = \lambda \cdot u_k + (1 - \lambda) \cdot y_{k-1} \quad 1.5$$

Dabei bedeutet:

y_k : Ausgangssignalreihe (U1_adc)

x_k : Eingangssignalreihe (Udc)

λ : Zeitkonstantenkoeffizient

Der Zeitkonstantenkoeffizient lässt sich gemäß Gleichung 1.6 angeben zu

$$\lambda = 1 - \exp\left(-\frac{Ts}{\tau}\right), \quad 1.6$$

wobei T_s die Abtastzeit und τ die Zeitkonstante bedeuten. Aufgelöst nach dem Zeitkonstantenkoeffizient λ ergibt sich der Zusammenhang aus Gleichung 1.7.

$$\lambda_k = \frac{U1_k - U1_{k-1}}{Udc_{k-1} - U1_{k-1}} \quad 1.7$$

5

Unter der Annahme, dass λ_k konstant ist, lässt sich der Zeitkonstantenkoeffizient λ durch Mittelung über mehrere Abtastzeitpunkte bestimmen, wie in Gleichung 1.8 gezeigt ist.

$$\lambda = \frac{1}{N} \cdot \sum_i^N \lambda_k \quad 1.8$$

i o

Der Zeitkonstantenkoeffizient λ beschreibt somit das dynamische Verhalten des Messkanals 6 und lässt sich als Korrekturparameter verwenden. Dazu wird die Schaltungsanordnung 1 um ein hier nicht gezeigtes IIR-Filter für den jeweiligen Messkanal 6 ergänzt. Entsprechend kann ein angepasstes Signal $U1'$ mit einer gewünschten Dynamik λ' , wie in Gleichung 1.9 angegeben, gebildet werden.

15

$$U1'_k = \alpha \cdot U1_k + (\lambda' - \alpha) \cdot U1'_{k-1} + (\lambda' - 1) \cdot U1Vi \quad 1.9$$

20

Dabei ist $\alpha = \lambda' / \lambda$.

Somit kann zusätzlich das nichtlineare Verhalten des Messkanals 6 mit Hilfe des IIR-Filters kompensiert werden, wodurch sich die Klemmenspannung $U1$ mit einer hohen Genauigkeit bestimmen lässt. Das nichtlineare Verhalten ist unabhängig für jeden Messkanal 6, so dass hier keine weitere Kompensation zwischen den beiden Messkanälen 6 erforderlich ist.

25

In der gezeigten Ausführungsform sind die Schalteinheit, die Erfassungseinheit und die Steuerungsvorrichtung in einer Vorrichtung für das Ermitteln von einem Korrekturparameter für das dynamische Verhalten eines Messkanals zusammengefasst.

30

Ein Spannungserfassungssystem für das Erfassen wenigstens einer Klemmenspannung $U1$, $U2$ des Elektromotors 2 umfasst die Vorrichtung für das Ermitteln von einem Korrekturparameter für das dynamische Verhalten der Messkanäle 6,

35

die Messkanäle 6 sowie das jedem Messkanal 6 zugeordnete 1R-Filter. Die Übertragung des jeweiligen Zeitkonstantenkoeffizienten λ wird von der Steuerungsvorrichtung automatisch durchgeführt. Das Spannungserfassungssystem ist mit der Steuereinrichtung verbunden und liefert dieser im Betrieb die erfassten Werte der Klemmenspannungen U_1 , U_2 .

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln eines Korrekturparameters für einen Messkanal (6),
der für die Messung einer Klemmenspannung (U_1 , U_2) mit einer Anschluss-
klemme (3) eines Elektromotors (2) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet,
dass
 - die Anschlussklemme (3) über Schaltelemente (T_1 , T_2 , T_3 , T_4) für die An-
steuerung des Elektromotors (2) mit einem ersten Potential verbunden wird,
 - die Anschlussklemme (3) nach dem Erreichen eines eingeschwungenen
Zustande des Messkanals (6) durch Umschalten wenigstens eines Schalt-
elements (T_1 , T_2 , T_3 , T_4) mit einem zweiten, von dem ersten verschiedenen
Potential verbunden wird,
 - das dynamische Verhalten des Messkanals (6) nach dem Verbinden mit
dem zweiten Potential erfasst wird, und
 - der Korrekturparameter für das dynamische Verhalten des Messkanals (6)
basierend auf dessen erfassten dynamischen Verhalten bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen
des dynamischen Verhaltens des Messkanals (6) das Abtasten eines zeitli-
chen Verlaufs eines Ausgangssignals (U_{1_adc} , U_{2_adc}) des Messkanals (6)
umfasst.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
dass der Messkanal (6) einen Ausgang aufweist und der Korrekturparameter
als Filterparameter zur Durchführung einer digitalen Filterung des Aus-
gangssignals des Messkanals (6) bestimmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die digitale Filte-
rung eine IIR-Filterung (Infinite Impulse Response Filterung) umfasst.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekenn-
zeichnet, dass das erste und/oder zweite Potential gemessen und der Kor-

rektureparameter für das dynamische Verhalten des Messkanals (6) unter Einbeziehung der Messung des ersten und/oder zweiten Potentials bestimmt werden.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das dynamische Verhalten des zweiten Potentials erfasst und der Korrekturparameter für das dynamische Verhalten des Messkanals (6) unter Einbeziehung des dynamischen Verhaltens des zweiten Potentials bestimmt wird.
- 10 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen des dynamischen Verhaltens des zweiten Potentials das Abtasten eines zeitlichen Verlaufs des zweiten Potentials umfasst.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das dynamische Verhalten eines weiteren Messkanals (6), der als Referenz dient, erfasst und der Korrekturparameter für das dynamische Verhalten des Messkanals (6) unter Einbeziehung des dynamischen Verhaltens des Referenz Messkanals (6) bestimmt wird, um das dynamische Verhalten anzugleichen.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen des dynamischen Verhaltens des weiteren Messkanals (6), der als Referenz dient, das Abtasten eines zeitlichen Verlaufs des Referenz Messkanals (6) umfasst.
- 25 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen des dynamischen Verhaltens des Messkanals (6) das dynamische Erfassen eines Stroms (I) von der Anschlussklemme (3) in den Elektromotor (2) umfasst und der Korrekturparameter unter Berücksichtigung des dynamisch erfassten Stroms (I) bestimmt wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Anschlussklemme (3) vor dem Verbinden mit dem zweiten Potential elektrisch von dem Elektromotor (2) getrennt und nach dem Erfassen des dynamischen Verhaltens des Messkanals (6) elektrisch mit dem Elektromotor (2) verbunden wird.
- 35

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Korrekturparameter für das statische Verhalten, insbesondere eine Verstärkung und/oder eine systematischen Messabweichung des Messkanals (6) erfasst werden, indem
- die Anschlussklemme (3) über die Schaltelemente (T1, T2, T3, T4) mit dem ersten Potential verbunden wird,
 - das statische Verhalten des Messkanals (6) nach dem Erreichen eines eingeschwungenen Zustande erfasst wird,
 - die Anschlussklemme (3) über die Schaltelemente (T1, T2, T3, T4) mit dem zweiten Potential verbunden wird,
 - das statische Verhalten des Messkanals (6) nach dem Erreichen eines eingeschwungenen Zustande erfasst wird,
 - der wenigstens eine Korrekturparameter für das statische Verhalten des Messkanals (6) basierend auf dessen erfassten statischen Verhalten bestimmt werden.
13. Verfahren zum Erfassen einer Klemmenspannung (U_1, U_2) eines Elektromotors (2), wobei die Klemmenspannung (U_1, U_2) an einer Anschlussklemme (3) des Elektromotors (2) abgegriffen und am Ausgang eines Messkanals (6) bereitgestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Korrekturparameter für den Messkanal (6) nach dem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche bestimmt wird und das dynamische Verhalten des Messkanals (6) mit dem ermittelten Korrekturparameter kompensiert wird.
14. Vorrichtung zum Ermitteln eines Korrekturparameters für das dynamische Verhalten eines Messkanals (6), der für die Messung einer Klemmenspannung (U_1, U_2) mit einer Anschlussklemme (3) eines Elektromotors (2) verbunden ist, mit
- einer Schalteinheit für die Betätigung von Schaltelementen (T1, T2, T3, T4) für die Ansteuerung des Elektromotors (2),
 - einer Erfassungseinheit für die Erfassung wenigstens eines zeitlichen Spannungsverlaufs, und
 - einer Steuerungsvorrichtung, die die Schalteinheit ansteuert und mit der Erfassungseinheit verbunden ist, um von dieser den wenigstens einen erfassten Spannungsverlauf zu empfangen, wobei die Steuerungsvorrichtung aus-

geführt ist, den Korrekturparameter nach einem der Verfahren der Ansprüche 1 bis 10 zu erfassen.

- 5 15. Spannungserfassungssystem zum Erfassen wenigstens einer Klemmen-
spannung (U_1 , U_2) eines Elektromotors (2) mit wenigstens einem Messkanal
(6), der eingangsseitig mit einer Anschlussklemme (3) des Elektromotors (2)
verbunden ist und an seinem Ausgang die erfasste Klemmenspannung (U_1 ,
10 U_2) bereitstellt, dadurch gekennzeichnet, dass das Spannungserfassungs-
system eine Vorrichtung für das Ermitteln von einem Korrekturparameter für
das dynamische Verhalten wenigstens eines Messkanals (6) nach Anspruch
13 umfasst und eine Kompensationsvorrichtung vorgesehen ist, die ausge-
führt ist, das dynamische Verhalten des wenigstens einen Messkanals (6)
mit dem ermittelten Korrekturparameter zu kompensieren.

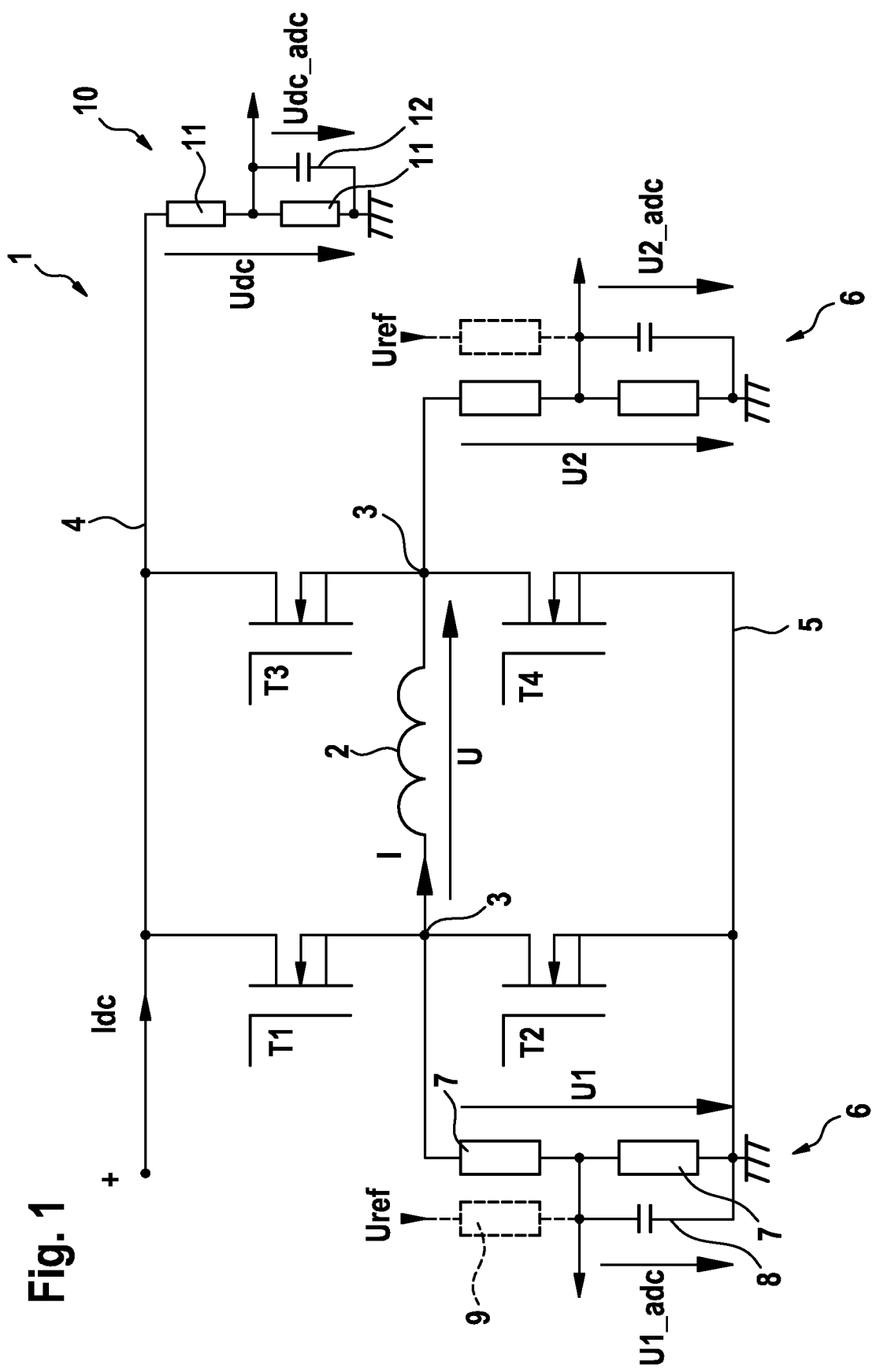


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/061668

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01R19/25 G01R31/34
ADD.

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

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 , WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
A	US 2004/095089 AI (COLLIER-HALLMAN STEVEN JAMES [US]) 20 May 2004 (2004-05-20) paragraphs [0005] - [0007] , [0016] , [0019] , [0020] , [0024] , [0057] ; figure 2	1-15
A	----- JOHN W FINCH ET AL: "Control led AC El ectri cal Dri ves" , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ , USA, vol . 54, no. 2, 1 February 2008 (2008-02-01) , pages 481-491 , XP011198772 , ISSN : 0278-0046 Page 484 right hand side, last 3 pars , - page 486 left hand side figures 5-7 ----- -/- .	1-15



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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 September 2011

Date of mailing of the international search report

12/10/2011

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

O' Cal l aghan , D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/061668

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
A	CH 483 640 A (SI EMENS AG [DE]) 31 December 1969 (1969-12-31) claim 4; figures 1,2,4 -----	1-15
A	US 6 591 200 B1 (COHEN MENACHEM [IL] ET AL) 8 July 2003 (2003-07-08) column 5, line 1 - column 6, line 54; figure 2 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/061668

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004095089	AI	20-05-2004	NONE
CH 483640	A	31-12-1969	DE 1294542 B 08-05-1969
US 6591200	BI	08-07-2003	AT 292804 T 15-04-2005
		AU 748970 B2 13-06-2002	
		AU 4056999 A 05-01-2000	
		BR 9911338 A 13-03-2001	
		CA 2334962 AI 23-12-1999	
		CN 1497257 A 19-05-2004	
		CN 1310800 A 29-08-2001	
		DE 69924609 DI 12-05-2005	
		DE 69924609 T2 02-03-2006	
		EP 1088237 AI 04-04-2001	
		ES 2243058 T3 16-11-2005	
		HK 1035401 AI 30-09-2005	
		HU 0104326 A2 28-03-2002	
		Wo 9966335 AI 23-12-1999	
		JP 2002518681 A 25-06-2002	
		JP 2001324395 A 22-11-2001	
		MX PA00012588 A 08-05-2002	
		PL 345001 AI 19-11-2001	
		RU 2229135 C2 20-05-2004	
		TR 200003747 T2 21-03-2001	
		TR 200100035 T2 21-09-2001	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/061668

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01R19/25 G01R31/34
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoß (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoß 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 , WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2004/095089 AI (COLLIER-HALLMAN STEVEN JAMES [US]) 20. Mai 2004 (2004-05-20) Absätze [0005] - [0007], [0016], [0019], [0020], [0024], [0057]; Abbi ldung 2 -----	1-15
A	JOHN W FINCH ET AL: "Control led AC El ectri cal Dri ves", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, USA, Bd. 54, Nr. 2, 1. Februar 2008 (2008-02-01) , Sei ten 481-491, XP011198772, ISSN: 0278-0046 Page 484 right hand side, last 3 pars , - page 486 left hand sideAbbi ldungen 5-7 ----- -/- .	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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

30. September 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/10/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

O'Callaghan , D

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	CH 483 640 A (SI EMENS AG [DE]) 31. Dezember 1969 (1969-12-31) Anspruch 4; Abbi l dungen 1, 2, 4 -----	1-15
A	US 6 591 200 B1 (COHEN MENACHEM [IL] ET AL) 8. Jul i 2003 (2003-07-08) Spal t e 5, Zei l e 1 - Spal t e 6, Zei l e 54; Abbi l dung 2 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/061668

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US	2004095089	AI	20-05-2004	KEINE	
CH	483640	A	31-12-1969	DE 1294542 B	08-05-1969
US	6591200	BI	08-07-2003	AT 292804 T	15-04-2005
			AU 748970 B2		13-06-2002
			AU 4056999 A		05-01-2000
			BR 9911338 A		13-03-2001
			CA 2334962 AI		23-12-1999
			CN 1497257 A		19-05-2004
			CN 1310800 A		29-08-2001
			DE 69924609 DI		12-05-2005
			DE 69924609 T2		02-03-2006
			EP 1088237 AI		04-04-2001
			ES 2243058 T3		16-11-2005
			HK 1035401 AI		30-09-2005
			HU 0104326 A2		28-03-2002
			WO 9966335 AI		23-12-1999
			JP 2002518681 A		25-06-2002
			JP 2001324395 A		22-11-2001
			MX PA00012588 A		08-05-2002
			PL 345001 AI		19-11-2001
			RU 2229135 C2		20-05-2004
			TR 200003747 T2		21-03-2001
			TR 200100035 T2		21-09-2001