

(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
8. Februar 2007 (08.02.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/014875 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 31/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/064616

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Juli 2006 (25.07.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 036 769.0 4. August 2005 (04.08.2005) DE

(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): **BERBERICH, Reinhold** [DE/DE]; Kellerbornstr. 4, 60439 Frankfurt/Main (DE).

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

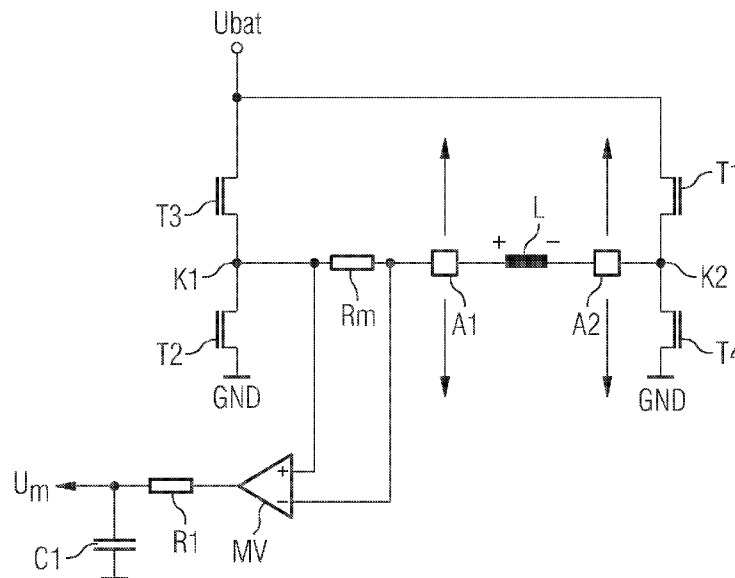
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CHECKING AN INDUCTIVE LOAD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ÜBERPRÜFEN EINER INDUKTIVEN LAST



(57) Abstract: A full-bridge circuit comprises a first, second, third and fourth switch element (T1, T2, T3, T4). According to the method the checking comprises at least one measuring process. For the at least one measuring process either only the second or only the third switch element (T2, T3) or only the first and the second switch element (T1, T2) or only the third and the fourth switch element (T3, T4) is/are switched on. At at least one recording time in each measuring process, a parameter is recorded which is representative of an electrical current flowing through a measuring resistance Rm. Depending on the recorded parameter and the switched-on switch element(S), a fault or lack of fault is recognised in an inductive load L of an electromechanical converter in the full-bridge circuit. A duration for the checking is set such that during said duration an idle condition for the electromechanical converter is maintained.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/014875 A2



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:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Eine Vollbrückenschaltung umfasst ein erstes, zweites, drittes und viertes Schaltelement (T1, T2, T3, T4). Bei dem Verfahren umfasst die Überprüfung mindestens einen Messvorgang. Innerhalb des mindestens einen Messvorgangs wird jeweils entweder nur das zweite oder nur das dritte Schaltelement (T2, T3) eingeschaltet oder werden nur das erste und das zweite Schaltelement (T1, T2) oder nur das dritte und das vierte Schaltelement (T3, T4) eingeschaltet. Zu mindestens einem Erfassungszeitpunkt innerhalb des jeweiligen Messvorgangs wird eine Größe erfasst, die repräsentativ ist für einen elektrischen Strom, der durch einen Messwiderstand R_m fließt. Abhängig von der erfassten Größe und dem jeweils eingeschalteten Schaltelement bzw. den jeweils eingeschalteten Schaltelementen wird ein Fehler oder eine Fehlerfreiheit einer induktiven Last L eines elektromechanischen Wandlers in der Vollbrückenschaltung erkannt. Eine Zeitdauer für die Überprüfung ist so vorgegeben, dass während dieser Zeitdauer eine Ruhestellung des elektromechanischen Wandlers erhalten bleibt.

Beschreibung

Verfahren zum Überprüfen einer induktiven Last

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überprüfen einer induktiven Last eines elektromechanischen Wandlers, insbesondere eines Ventils mit elektromagnetischem Aktor, in einer Vollbrückenschaltung oder in einer Halbbrückenschaltung.

An Ventile mit elektromagnetischem Aktor, die beispielsweise in Kraftfahrzeugen genutzt werden, werden hohe Anforderungen bezüglich Sicherheit und Zuverlässigkeit gestellt. Um einen zuverlässigen und sicheren Betrieb des Kraftfahrzeugs sicherstellen zu können, müssen die Ventile elektrisch überprüfbar sein, so dass Fehler, z. B. ein Kurzschluss oder eine Unterbrechung einer Zuleitung, erkannt werden können.

Die Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren zum Überprüfen einer induktiven Last eines elektromechanischen Wandlers in einer Vollbrückenschaltung oder in einer Halbbrückenschaltung zu schaffen, das einfach und zuverlässig ist.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Gemäß einem ersten Aspekt zeichnet sich die Erfindung aus durch ein Verfahren zum Überprüfen einer induktiven Last eines elektromechanischen Wandlers in einer Vollbrückenschaltung. Die Vollbrückenschaltung umfasst ein erstes, zweites, drittes und viertes Schaltelement. Das dritte und das zweite Schaltelement bilden eine erste Reihenschaltung und das erste und das vierte Schaltelement bilden eine zweite Reihenschaltung. Die erste und die zweite Reihenschaltungen sind elektrisch parallel zueinander zwischen einem Versorgungspotenzial und einem Bezugspotenzial angeordnet. Das erste und das dritte Schaltelement sind mit dem Versorgungspotenzial gekoppelt

und das zweite und das vierte Schaltelement sind mit dem Bezugspotenzial gekoppelt. Die induktive Last ist mit einem ersten Anschluss elektrisch über einen Messwiderstand mit einem Mittelabgriff der ersten Reihenschaltung gekoppelt und mit einem zweiten Anschluss elektrisch mit einem Mittelabgriff der zweiten Reihenschaltung gekoppelt. Bei dem Verfahren umfasst die Überprüfung mindestens einen Messvorgang. Innerhalb des mindestens einen Messvorgangs wird jeweils entweder nur das zweite oder nur das dritte Schaltelement eingeschaltet oder werden nur das erste und das zweite Schaltelement oder nur das dritte und das vierte Schaltelement eingeschaltet. Zu mindestens einem Erfassungszeitpunkt innerhalb des jeweiligen Messvorgangs wird eine Größe erfasst, die repräsentativ ist für einen elektrischen Strom, der durch den Messwiderstand fließt. Abhängig von der erfassten Größe und dem jeweils eingeschalteten Schaltelement bzw. den jeweils eingeschalteten Schaltelementen wird ein Fehler oder eine Fehlerfreiheit der induktiven Last in der Vollbrückenschaltung erkannt. Eine Zeitdauer für die Überprüfung ist so vorgegeben, dass während dieser Zeitdauer eine Ruhestellung des elektromechanischen Wandlers erhalten bleibt.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Ruhestellung des elektromechanischen Wandlers, z. B. ein Ventil mit einem elektromagnetischen Aktor oder ein Elektromotor, verlassen wird, wenn eine Mindeststromstärke für eine Mindestzeitdauer durch die induktive Last fließt. Das Überprüfen der induktiven Last soll jedoch nicht zu einem Auslenken des elektromechanischen Wandlers aus seiner Ruhestellung führen, damit durch das Überprüfen der induktiven Last keine unerwünschten Auswirkungen durch das Auslenken des elektromechanischen Wandlers entstehen, z. B. Geräuschentwicklung. Die Zeitdauer für die Überprüfung der induktiven Last ist deshalb so vorgegeben, dass diese unterhalb der Mindestzeitdauer bleibt. Ein weiterer Vorteil ist, dass dadurch das Überprüfen der induktiven Last sehr schnell erfolgen kann, z. B. innerhalb weniger Millisekunden.

Die Erfindung beruht ferner auf der Erkenntnis, dass ein Stromanstieg bei einem Stromfluss zwischen dem Versorgungspotenzial und dem Bezugspotenzial, der nur über den Messwiderstand begrenzt wird, größer ist als ein Stromanstieg bei einem Stromfluss, der zusätzlich durch die induktive Last gedrosselt ist. Ferner soll in der Vollbrückenschaltung nur dann ein Strom durch die induktive Last und den Messwiderstand fließen, wenn das erste und das zweite Schaltelement oder das dritte und das vierte Schaltelement eingeschaltet sind.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Vollbrückenschaltung schaltungstechnisch nicht verändert werden muss, um das Verfahren zum Überprüfen der induktiven Last durchführen zu können. Fehler der induktiven Last oder eines Kopplungszustands der induktiven Last in der Vollbrückenschaltung können so einfach und zuverlässig erkannt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Kurzschluss des ersten Anschlusses zu dem Versorgungspotenzial erkannt, wenn nur das zweite Schaltelement eingeschaltet ist und ein Betrag der erfassten Größe größer ist als ein vorgegebener oberer Schwellenwert. Der vorgegebene obere Schwellenwert kann abhängig von dem jeweiligen Erfassungszeitpunkt oder der induktiven Last sein. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und bei geeigneter Vorgabe des vorgegebenen oberen Schwellenwerts ein zuverlässiges Erkennen des Kurzschlusses des ersten Anschlusses zu dem Versorgungspotenzial ermöglicht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Kurzschluss des zweiten Anschlusses zu dem Versorgungspotenzial erkannt, wenn nur das zweite Schaltelement eingeschaltet ist und der Betrag der erfassten Größe größer ist als ein vorgegebener unterer Schwellenwert und kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert. Der vorgegebene untere Schwellenwert kann ebenso wie der vorgegebene obere

Schwellenwert abhängig von dem jeweiligen Erfassungszeitpunkt oder der induktiven Last vorgegeben werden. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass der Kurzschluss des zweiten Anschlusses zu dem Versorgungspotenzial bei geeigneter Vorgabe des vorgegebenen oberen und unteren Schwellenwerts zuverlässig erkannt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Kurzschluss des ersten Anschlusses zu dem Bezugspotenzial erkannt, wenn nur das dritte Schaltelement eingeschaltet ist und der Betrag der erfassten Größe größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass der Kurzschluss des ersten Anschlusses zu dem Bezugspotenzial bei geeigneter Vorgabe des vorgegebenen oberen Schwellenwerts zuverlässig erkannt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Kurzschluss des zweiten Anschlusses zu dem Bezugspotenzial erkannt, wenn nur das dritte Schaltelement eingeschaltet ist und der Betrag der erfassten Größe größer ist als der vorgegebene untere Schwellenwert und kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass der Kurzschluss des zweiten Anschlusses zu dem Bezugspotenzial bei geeigneter Vorgabe des vorgegebenen oberen und unteren Schwellenwerts zuverlässig erkannt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Kurzschluss zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss erkannt, wenn nur das erste und das zweite Schaltelement oder nur das dritte und das vierte Schaltelement eingeschaltet sind und der Betrag der erfassten Größe größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass der Kurzschluss zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss bei geeigneter

Vorgabe des vorgegebenen oberen Schwellenwerts zuverlässig erkannt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird eine Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss erkannt, wenn nur das erste und das zweite Schaltelement oder nur das dritte und das vierte Schaltelement eingeschaltet sind und der Betrag der erfassten Größe kleiner ist als der vorgegebene untere Schwellenwert. Dies hat den Vorteil, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass die Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss bei geeigneter Vorgabe des vorgegebenen unteren Schwellenwerts zuverlässig erkannt werden kann.

Gemäß einem zweiten Aspekt, zeichnet sich die Erfindung aus, durch ein Verfahren zum Überprüfen einer induktiven Last eines elektromechanischen Wandlers in einer Halbbrückenschaltung. Die Halbbrückenschaltung umfasst ein erstes und ein zweites Schaltelement. Das erste Schaltelement ist mit dem Versorgungspotenzial gekoppelt und das zweite Schaltelement ist mit dem Bezugspotenzial gekoppelt. Die induktive Last ist mit einem ersten Anschluss elektrisch über einen Messwiderstand mit dem zweiten Schaltelement gekoppelt und mit einem zweiten Anschluss elektrisch mit dem ersten Schaltelement gekoppelt. Bei dem Verfahren umfasst die Überprüfung mindestens einen Messvorgang. Innerhalb des mindestens einen Messvorgangs wird jeweils nur das zweite Schaltelement eingeschaltet oder werden das erste und das zweite Schaltelement eingeschaltet. Zu mindestens einem Erfassungszeitpunkt innerhalb des jeweiligen Messvorgangs wird eine Größe erfasst, die repräsentativ ist für einen elektrischen Strom, der durch den Messwiderstand fließt. Abhängig von der erfassten Größe und dem jeweils eingeschalteten Schaltelement bzw. den jeweils eingeschalteten Schaltelementen wird ein Fehler oder eine Fehlerfreiheit der induktiven Last in der Halbbrückenschaltung erkannt. Eine Zeitdauer für die Überprüfung ist so vorgegeben, dass während dieser Zeitdauer eine Ruhestellung des

elektromechanischen Wandlers erhalten bleibt. Die Vorteile des Verfahrens entsprechen denen des Verfahrens zum Überprüfen der induktiven Last des elektromechanischen Wandlers in der Vollbrückenschaltung

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Kurzschluss des ersten Anschlusses zu dem Versorgungspotenzial erkannt, wenn nur das zweite Schaltelement eingeschaltet ist und ein Betrag der erfassten Größe größer ist als ein vorgegebener oberer Schwellenwert. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass der Kurzschluss des ersten Anschlusses zu dem Versorgungspotenzial bei geeigneter Vorgabe des vorgegebenen oberen Schwellenwerts zuverlässig erkannt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Kurzschluss des zweiten Anschlusses zu dem Versorgungspotenzial erkannt, wenn nur das zweite Schaltelement eingeschaltet ist und der Betrag der erfassten Größe größer ist als ein vorgegebener unterer Schwellenwert und kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass der Kurzschluss des zweiten Anschlusses zu dem Versorgungspotenzial bei geeigneter Vorgabe des vorgegebenen oberen und unteren Schwellenwerts zuverlässig erkannt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Kurzschluss zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss erkannt, wenn das erste und das zweite Schaltelement eingeschaltet sind und der Betrag der erfassten Größe größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass der Kurzschluss zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss bei geeigneter Vorgabe des vorgegebenen oberen Schwellenwerts zuverlässig erkannt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird eine Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss erkannt, wenn das erste und das zweite Schaltelement eingeschaltet sind und der Betrag der erfassten Größe kleiner ist als der vorgegebene untere Schwellenwert. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass die Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss bei geeigneter Vorgabe des unteren Schwellenwerts zuverlässig erkannt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens umfasst die Halbbrückenschaltung einen Parallelwiderstand, der elektrisch parallel zu der induktiven Last angeordnet ist. Zu dem mindestens einen Erfassungszeitpunkt wird ein Signalpegel des ersten Anschlusses erfasst. Ein Kurzschluss des ersten oder des zweiten Anschlusses zu dem Bezugspotenzial wird erkannt, wenn nur das erste Schaltelement eingeschaltet ist und der erfasste Signalpegel dem Bezugspotenzial entspricht. Der Vorteil ist, dass das Verfahren sehr einfach ist und dass durch eine einfache Erweiterung der Halbbrückenschaltung durch den Parallelwiderstand der Kurzschluss des ersten oder des zweiten Anschlusses zu dem Bezugspotenzial zuverlässig erkannt werden kann.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Vollbrückenschaltung,
- Figur 2 ein Strom-Zeit-Diagramm,
- Figur 3 eine Halbbrückenschaltung,
- Figur 4a, b, c ein Ablaufdiagramm eines Programms zum Überprüfen der induktiven Last eines elektromechanischen Wandlers in der Vollbrückenschaltung und

Figur 5a, b ein Ablaufdiagramm eines Programms zum Überprüfen der induktiven Last des elektromechanischen Wandlers in der Halbbrückenschaltung.

Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Eine Vollbrückenschaltung umfasst ein erstes, zweites, drittes und viertes Schaltelement T1, T2, T3, T4, die beispielsweise als Transistoren ausgebildet sind und durch eine nicht dargestellte Steuereinheit ansteuerbar sind (Figur 1). Das dritte und das zweite Schaltelement T3, T2 bilden eine erste Reihenschaltung und das erste und das vierte Schaltelement T1, T4 bilden eine zweite Reihenschaltung, die elektrisch zwischen einem Versorgungspotenzial Ubat und einem Bezugspotenzial GND angeordnet sind. Das erste und das dritte Schaltelement T1, T3 sind dazu mit dem Versorgungspotenzial Ubat gekoppelt und das zweite und das vierte Schaltelement T2, T4 sind mit dem Bezugspotenzial GND gekoppelt.

Elektrisch zwischen dem dritten und dem zweiten Schaltelement T3, T2 ist ein Mittelabgriff K1 der ersten Reihenschaltung vorgesehen und elektrisch zwischen dem ersten und dem vierten Schaltelement ist eine Mittelabgriff K2 der zweiten Reihenschaltung vorgesehen. Eine induktive Last L ist mit einem ersten Anschluss A1 über einen Messwiderstand Rm mit dem Mittelabgriff K1 der ersten Reihenschaltung gekoppelt. Die induktive Last L ist ferner über einen zweiten Anschluss A2 mit dem Mittelabgriff K2 der zweiten Reihenschaltung gekoppelt.

Über den Messwiderstand Rm wird eine Messspannung abgegriffen und durch einen Messverstärker MV verstärkt. Die verstärkte Messspannung kann durch ein RC-Glied, das durch einen ersten Widerstand R1 und einen ersten Kondensator C1 gebildet ist, geglättet werden und z. B. der Steuereinheit zugeführt werden. Die Steuereinheit ist beispielsweise ausgebildet, abhän-

gig von der Messspannung U_m das erste, zweite, dritte oder vierte Schaltelement T1, T2, T3, T4 zum Betreiben der induktiven Last geeignet anzusteuern. Die Messspannung U_m ist beispielsweise eine Größe, die repräsentativ ist für einen elektrischen Strom I , der durch den Messwiderstand R_m fließt.

Die induktive Last L ist beispielsweise durch einen elektromechanischen Wandler gebildet, z. B. durch ein Ventil mit einem elektromagnetischen Aktor oder einem Elektromotor. Ein solcher elektromechanischer Wandler weist beispielsweise einen Anker auf, der bei geeignetem Bestromen der induktiven Last L aus einer Ruhestellung ausgelenkt werden kann, z. B. zum Öffnen oder Schließen des Ventils oder zum Drehen des Rotors des Elektromotors. Für das Auslenken des Ankers aus der Ruhestellung muss durch die induktive Last eine Mindeststromstärke für eine Mindestzeitdauer fließen, um ein magnetisches Feld ausreichender Stärke zu erzeugen. Beispielsweise beträgt die Mindestzeitdauer etwa 30 Millisekunden.

Bei einem Überprüfen der induktiven Last L in der Vollbrückenschaltung soll der Anker jedoch in seiner Ruhestellung verbleiben, um unerwünschte Auswirkungen, die durch das Auslenken des elektromechanischen Wandlers aus der Ruhestellung verursacht werden können, zu verhindern. Dazu werden das erste, das zweite, das dritte oder das vierte Schaltelement T1, T2, T3, T4 nur kurzzeitig, z. B. für wenige Millisekunden, eingeschaltet, um Messungen zu ermöglichen. Das Überprüfen der induktiven Last L in der Vollbrückenschaltung muss beendet sein, bevor der elektrische Strom I durch die induktive Last L so groß geworden ist, dass der elektromechanische Wandler aus seiner Ruhestellung ausgelenkt wird.

Das Überprüfen der induktiven Last L in der Vollbrückenschaltung kann beispielsweise in ein oder mehrere Messvorgänge unterteilt werden, die in schneller Folge nacheinander oder in größerem zeitlichen Abstand voneinander durchgeführt werden. Eine Zeitdauer für die Überprüfung ist dabei so vorgegeben,

dass während dieser Zeitdauer die Ruhestellung des elektromechanischen Wandlers erhalten bleibt. Beispielsweise beträgt die Zeitdauer für die Überprüfung maximal 10 bis 20 Millisekunden.

Innerhalb des jeweiligen Messvorgangs wird zu mindestens einem Erfassungszeitpunkt die Messspannung U_m erfasst. Abhängig von der Messspannung U_m in dem in dem jeweiligen Messvorgang eingeschalteten Schaltelement wird ein Fehler oder eine Fehlerfreiheit der induktiven Last in der Vollbrückenschaltung erkannt. Fehler sind beispielsweise ein Kurzschluss des ersten oder des zweiten Anschlusses A1, A2 zu dem Versorgungspotenzial U_{bat} oder zu dem Bezugspotenzial GND oder ein Kurzschluss oder eine Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A1, A2.

Ein Kurzschluss des ersten Anschlusses A1 zu dem Versorgungspotenzial U_{bat} kann erkannt werden durch Einschalten nur des zweiten Schaltelements T2 und durch Erfassen der Messspannung U_m zu dem mindestens einen Erfassungszeitpunkt, der beispielsweise eine Millisekunde nach dem Einschalten des zweiten Schaltelements T2 liegt. Der Kurzschluss verursacht einen großen Stromfluss durch den Messwiderstand R_m und somit eine betragsmäßig große Messspannung U_m . Insbesondere wird der elektrische Strom I durch den Messwiderstand R_m nicht durch die induktive Last L gedrosselt. Der Kurzschluss kann deshalb sehr einfach erkannt werden, wenn ein Betrag des elektrischen Stroms I bzw. der diesen repräsentierenden Messspannung U_m größer ist als ein vorgegebener oberer Schwellenwert THR_H (Figur 2). Der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H ist bevorzugt abhängig von dem jeweiligen Erfassungszeitpunkt vorgegeben. Dadurch kann sichergestellt werden, dass der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H nur dann überschritten wird, wenn der elektrische Strom I nicht durch die induktive Last L gedrosselt wird. Dazu steigt der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H bevorzugt jeweils ab dem Einschalten des zweiten Schaltelements T2 auch dann entsprechend dem elektrischen

Strom I , der durch die induktive Last L gedrosselt wird, auch wenn der elektrische Strom I aktuell nicht durch die induktive Last L gedrosselt wird.

Ein Kurzschluss des zweiten Anschlusses $A2$ zu dem Versorgungspotenzial U_{bat} kann erkannt werden durch Einschalten nur des zweiten Schaltelements $T2$ und durch Erfassen der Messspannung U_m zu dem mindestens einen Erfassungszeitpunkt. Der elektrische Strom I , der durch den Messwiderstand R_m fließt, ist dann gedrosselt durch die induktive Last L , so dass ein Anstieg des Betrags des elektrischen Stroms I abhängig von der induktiven Last L langsamer verläuft als bei dem Kurzschluss des ersten Anschlusses $A1$ zu dem Versorgungspotenzial U_{bat} . Der Kurzschluss des zweiten Anschlusses $A2$ zu dem Versorgungspotenzial U_{bat} kann sehr einfach erkannt werden, wenn der Betrag des elektrischen Stroms I bzw. der diesen repräsentierenden Messspannung U_m kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H und größer ist als ein vorgegebener unterer Schwellenwert THR_L . Auch der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L kann abhängig von dem jeweiligen Erfassungszeitpunkt vorgegeben sein.

Liegt jedoch weder der Kurzschluss des ersten Anschlusses $A1$ oder des zweiten Anschlusses $A2$ zu dem Versorgungspotenzial U_{bat} vor, dann bleibt der Betrag des elektrischen Stroms I kleiner als der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L .

Entsprechend kann geprüft werden, ob ein Kurzschluss des ersten Anschlusses $A1$ oder des zweiten Anschlusses $A2$ zu dem Bezugspotenzial GND vorliegt. Dazu wird nur das dritte Schaltelement $T3$ eingeschaltet und die Messspannung U_m zu dem mindestens einen Erfassungszeitpunkt erfasst. Der Kurzschluss des ersten Anschlusses $A1$ zu dem Bezugspotenzial GND wird erkannt, wenn der Betrag des elektrischen Stroms I bzw. der diesen repräsentierenden Messspannung U_m den vorgegebenen oberen Schwellenwert THR_H übersteigt. Der Kurzschluss des zweiten Anschlusses $A2$ zu dem Bezugspotenzial GND wird er-

kannt, wenn der Betrag des elektrischen Stroms I bzw. der diesen repräsentierenden Messspannung U_m kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H und größer ist als der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L . Der Kurzschluss des ersten Anschlusses A_1 oder des zweiten Anschlusses A_2 zu dem Bezugspotenzial GND liegt jedoch nicht vor, wenn der Betrag des elektrischen Stroms I bzw. der diesen repräsentierenden Messspannung U_m kleiner ist als der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L .

Für das Erkennen des Kurzschlusses zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A_1 , A_2 oder der Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A_1 , A_2 werden entweder nur das erste und das zweite Schaltelement T_1 , T_2 oder nur das dritte und das vierte Schaltelement T_3 , T_4 eingeschaltet. Bei dem Kurzschluss zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A_1 , A_2 ist der elektrische Strom I durch den Messwiderstand R_m nicht durch die induktive Last L gedrosselt. Entsprechend wird dieser Kurzschluss erkannt, wenn der Betrag des elektrischen Stroms I bzw. der diesen repräsentierenden Messspannung U_m größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H . Die Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A_1 , A_2 wird erkannt, wenn der Betrag des elektrischen Stroms I bzw. der diesen repräsentierenden Messspannung U_m kleiner ist als der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L . Der Kurzschluss oder die Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A_1 , A_2 liegt jedoch nicht vor, wenn der Betrag des elektrischen Stroms I bzw. der diesen repräsentierenden Messspannung U_m kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H und größer ist als der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L .

Die Fehlerfreiheit der induktiven Last L in der Vollbrückenschaltung wird erkannt, wenn weder der Kurzschluss des ersten Anschluss A_1 zu dem Versorgungspotenzial U_{bat} oder zu dem Bezugspotenzial GND , des zweiten Anschlusses A_2 zu dem Versorgungspotenzial U_{bat} oder zu dem Bezugspotenzial GND , noch der

Kurzschluss oder die Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A1, A2 erkannt wird.

In den Figuren 4a, 4b und 4c ist ein Ablaufdiagramm eines ersten Programms dargestellt, das beispielsweise von der Steuereinheit ausgeführt wird. Das erste Programm umfasst Schritte eines Verfahrens zum Überprüfen der induktiven Last des elektromechanischen Wandlers in der Vollbrückenschaltung. Das erste Programm beginnt mit einem Schritt S1. In einem Schritt S3 werden das erste, das zweite, das dritte und das vierte Schaltelement T1, T2, T3, T4 ausgeschaltet. In einem Schritt S5 wird für eine erste Wartezeitdauer TW1 gewartet. Die Wartezeitdauer TW1 ist vorzugsweise so gewählt, dass ein gegebenenfalls vorhandenes magnetisches Feld der induktiven Last im Wesentlichen vollständig abgebaut wird. Die erste Wartezeitdauer TW1 ist abhängig von der induktiven Last L und beträgt beispielsweise etwa 50 Millisekunden.

In einem Schritt S7 wird das zweite Schaltelement T2 eingeschaltet. In einem Schritt S9 wird für eine zweite Wartezeitdauer TW2 gewartet. In einem Schritt S11 wird ein erster Strom I1 erfasst, der durch den Messwiderstand Rm fließt. Der erste Strom I1 kann auch durch die entsprechende Messspannung Um oder durch eine andere Größe, die repräsentativ ist für den elektrischen Strom I, der durch den Messwiderstand Rm fließt, repräsentiert sein.

In einem Schritt S13 wird überprüft, ob der erste Strom I1 größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H. Ist die Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt S15 als Fehler der Kurzschluss des ersten Anschlusses A1 zu dem Versorgungspotenzial Ubat erkannt und das erste Programm wird in einem Schritt S16 fortgeführt. In dem Schritt S16 werden das erste, das zweite, das dritte und das vierte Schaltelement T1, T2, T3, T4 ausgeschaltet. Das erste Programm wird in einem Schritt S17 beendet.

Ist die Bedingung in dem Schritt S13 jedoch nicht erfüllt, dann wird in einem Schritt S19 für eine dritte Wartezeitdauer TW3 gewartet. In einem Schritt S21 wird ein zweiter Strom I2 erfasst. In einem Schritt S23 wird überprüft, ob der zweite Strom I2 größer ist als der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L und kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H. Ist die Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt S25 als Fehler der Kurzschluss des zweiten Anschlusses A2 zu dem Versorgungspotenzial Ubat erkannt und das erste Programm wird in dem Schritt S16 fortgeführt und in dem Schritt S17 beendet.

Ist die Bedingung in dem Schritt S23 nicht erfüllt, dann wird in einem Schritt S27 das erste, das zweite, das dritte und das vierte Schaltelement T1, T2, T3, T4 ausgeschaltet und in einem Schritt S29 für eine vierte Wartezeitdauer TW4 gewartet. In einem Schritt S31 wird das dritte Schaltelement T3 eingeschaltet. In einem Schritt S33 wird für eine fünfte Wartezeitdauer TW5 gewartet und in einem Schritt S35 wird ein dritter Strom I3 erfasst. In einem Schritt S37 wird überprüft, ob der dritte Strom I3 größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H. Ist die Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt S39 als Fehler der Kurzschluss des ersten Anschlusses A1 zu dem Bezugspotenzial GND erkannt und das erste Programm wird in dem Schritt S16 fortgeführt und in dem Schritt S17 beendet.

Ist die Bedingung in dem Schritt S37 jedoch nicht erfüllt, dann wird in einem Schritt S41 für eine sechste Wartezeitdauer TW6 gewartet und in einem Schritt S43 wird ein vierter Strom I4 erfasst. In einem Schritt S45 wird überprüft, ob der vierte Strom I4 größer ist als der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L und kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H. Ist die Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt S47 als Fehler der Kurzschluss des zweiten Anschlusses A2 zu dem Bezugspotenzial GND erkannt und das erste

Programm wird in dem Schritt S16 fortgeführt und in dem Schritt S17 beendet.

Ist die Bedingung in dem Schritt S45 jedoch nicht erfüllt, dann wird in einem Schritt S49 für eine siebte Wartezeitdauer TW7 gewartet. In einem Schritt S51 werden das dritte und das vierte Schaltelement T3, T4 eingeschaltet. Alternativ zu dem Schritt S51 kann in einem Schritt S53 das erste und das zweite Schaltelement T1, T2 eingeschaltet werden. In einem Schritt S55 wird für eine achte Wartezeitdauer TW8 gewartet. In einem Schritt S57 wird ein fünfter Strom I5 erfasst. In einem Schritt S59 wird überprüft, ob der fünfte Strom I5 größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H. Ist die Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt S61 als Fehler der Kurzschluss zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A1, A2 erkannt und das erste Programm wird in dem Schritt S16 fortgeführt und in dem Schritt S17 beendet.

Ist die Bedingung in dem Schritt S59 jedoch nicht erfüllt, dann wird in einem Schritt S63 für eine neunte Wartezeitdauer TW9 gewartet und in einem Schritt S65 ein sechster Strom I6 erfasst. In einem Schritt S67 wird überprüft, ob der sechste Strom I6 kleiner ist als der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L. Ist die Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt S69 als Fehler die Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A1, A2 erkannt und das erste Programm wird in dem Schritt S16 fortgeführt und in dem Schritt S17 beendet. Ist die Bedingung in dem Schritt S67 jedoch nicht erfüllt, dann wird die Fehlerfreiheit erkannt und das erste Programm wird nach dem Ausführen des Schritts S16 in dem Schritt S17 beendet. Bei erkannter Fehlerfreiheit kann der elektromechanische Wandler auch entsprechend einem gewünschten Betrieb angesteuert werden, ohne dass zuvor der Schritt S16 ausgeführt wird.

Eine entsprechende Überprüfung der induktiven Last L des

elektromechanischen Wandlers kann auch durchgeführt werden, wenn die induktive Last L in einer Halbbrückenschaltung betrieben wird (Figur 3). Zwischen dem Versorgungspotenzial U_{bat} und dem Bezugspotenzial GND ist elektrisch eine Reihenschaltung aus dem ersten Schaltelement $T1$, der induktiven Last L , des Messwiderstands R_m und dem zweiten Schaltelement $T2$ angeordnet. Ferner umfasst die Halbbrückenschaltung einen Parallelwiderstand R_p , der elektrisch parallel zu der induktiven Last angeordnet ist. Ein Signalpegel des ersten Anschlusses $A1$ kann als Statusspannung U_{stat} über ein weiteres RC-Glied, das einen zweiten Widerstand $R2$ und einen zweiten Kondensator $C2$ umfasst, der Steuereinheit zugeführt werden. Die Statusspannung U_{stat} wird durch einen Eingangswiderstand R_e , der z. B. in der Steuereinheit angeordnet ist, auf dem Bezugspotenzial GND gehalten, solange dem ersten Anschluss $A1$ kein anderes Potenzial zugewiesen wird.

In den Figuren 5a und 5b ist ein Ablaufdiagramm eines zweiten Programms dargestellt, das beispielsweise von der Steuereinheit ausgeführt wird. Das zweite Programm umfasst Schritte eines Verfahrens zum Überprüfen der induktiven Last des elektromechanischen Wandlers in der Halbbrückenschaltung. Das zweite Programm beginnt mit einem Schritt $S100$. In einem Schritt $S102$ werden das erste und das zweite Schaltelement $T1$, $T2$ ausgeschaltet. In einem Schritt $S104$ wird für die erste Wartezeitdauer $TW1$ gewartet.

In einem Schritt $S106$ wird die Statusspannung U_{stat} erfasst. In einem Schritt $S108$ wird überprüft, ob die Statusspannung einen High-Pegel aufweist, also etwa dem Versorgungspotenzial U_{bat} entspricht. Ist die Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt $S110$ das zweite Schaltelement $T2$ eingeschaltet. In einem Schritt $S112$ wird für eine zehnte Wartezeitdauer $TW10$ gewartet. In einem Schritt $S114$ wird der erste Strom $I1$ erfasst. In einem Schritt $S116$ wird überprüft, ob der erste Strom $I1$ größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H . Ist die Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt

S118 als Fehler der Kurzschluss des ersten Anschlusses A1 zu dem Versorgungspotenzial Ubat erkannt und das zweite Programm wird in einem Schritt S119 fortgeführt. In dem Schritt S119 werden das erste und das zweite Schaltelement T1, T2 ausgeschaltet. Das zweite Programm wird in einem Schritt S120 beendet. Ist die Bedingung in dem Schritt S116 jedoch nicht erfüllt, dann wird in einem Schritt S122 als Fehler der Kurzschluss des zweiten Anschlusses A2 zu dem Versorgungspotenzial Ubat erkannt und das zweite Programm in dem Schritt S119 fortgeführt und in dem Schritt S120 beendet.

Ist die Bedingung in dem Schritt S108 jedoch nicht erfüllt, das heißt, die Statusspannung Ustat weist einen Low-Pegel auf, entspricht also etwa dem Bezugspotenzial GND, dann wird in einem Schritt S124 für eine elfte Wartezeitdauer TW11 gewartet. In einem Schritt S126 wird das erste Schaltelement T1 eingeschaltet. In einem Schritt S128 wird für eine zwölfte Wartezeitdauer TW12 gewartet und in einem Schritt S130 wird die Statusspannung Ustat erfasst. In einem Schritt S132 wird überprüft, ob die Statusspannung den Low-Pegel aufweist. Ist diese Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt S134 als Fehler der Kurzschluss des ersten oder des zweiten Anschlusses A1, A2 zu dem Bezugspotenzial GND erkannt und das zweite Programm wird in dem Schritt S119 fortgeführt und in dem Schritt S120 beendet.

Ist die Bedingung in dem Schritt S132 jedoch nicht erfüllt, dann wird in einem Schritt S136 das erste und das zweite Schaltelement T1, T2 eingeschaltet und in einem Schritt S138 wird für eine dreizehnte Wartezeitdauer TW13 gewartet. In einem Schritt S140 wird der fünfte Strom I5 erfasst. In einem Schritt S142 wird überprüft, ob der fünfte Strom I5 größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert THR_H. Ist diese Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt S144 als Fehler der Kurzschluss zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A1, A2 erkannt und das zweite Programm wird in dem Schritt S119 fortgeführt und in dem Schritt S120 beendet.

Ist die Bedingung in dem Schritt S142 jedoch nicht erfüllt, dann wird in einem Schritt S146 für eine vierzehnte Wartezeitdauer TW14 gewartet und in einem Schritt S148 der sechste Strom I6 erfasst. In einem Schritt S150 wird überprüft, ob der sechste Strom I6 kleiner ist als der vorgegebene untere Schwellenwert THR_L. Ist die Bedingung erfüllt, dann wird in einem Schritt S152 als Fehler die Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A1, A2 erkannt und das zweite Programm wird in dem Schritt S119 fortgeführt und in dem Schritt S120 beendet. Ist die Bedingung in dem Schritt S150 jedoch nicht erfüllt, dann wird die Fehlerfreiheit erkannt und das zweite Programm wird nach dem Ausführen des Schritts S119 in dem Schritt S120 beendet. Bei erkannter Fehlerfreiheit kann der elektromechanische Wandler auch entsprechend einem gewünschten Betrieb angesteuert werden, ohne dass zuvor der Schritt S119 ausgeführt wird.

Der Parallelwiderstand Rp ermöglicht eine Unterscheidung zwischen dem Kurzschluss des ersten oder des zweiten Anschlusses A1, A2 zu dem Bezugspotenzial und der Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A1, A2. Der Parallelwiderstand Rp ermöglicht einen High-Pegel der Statusspannung Ustat auch dann, wenn die Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss A1, A2 vorliegt. Die Statusspannung Ustat weist in dem Schritt S130 somit nur dann einen Low-Pegel auf, wenn der Kurzschluss des ersten oder des zweiten Anschlusses A1, A2 zu dem Bezugspotenzial vorliegt. Alternativ zu dem Parallelwiderstand Rp und dem Abgriff der Statusspannung Ustat an dem ersten Anschluss A1 kann auch ein weiterer Messwiderstand elektrisch zwischen dem zweiten Anschluss A2 und dem ersten Schaltelement T1 angeordnet sein und eine weitere Messspannung erfasst werden, die repräsentativ ist für den elektrischen Strom I, der durch den weiteren Messwiderstand fließt. Dann kann auch durch Einschalten nur des ersten Schaltelements T1 und durch Erfassen der weiteren Messspannung der Kurzschluss des ersten oder des zweiten Anschlusses A1, A2 zu dem Bezugspotenzial GND entsprechend zu

dem Verfahren zum Überprüfen der induktiven Last des elektromechanischen Wandlers in der Vollbrückenschaltung erkannt werden.

Die zweite bis vierzehnte Wartezeitdauer TW2-TW14 beträgt jeweils beispielsweise etwa eine Millisekunde. Diese Wartezeitdauern können jedoch auch kürzer oder länger oder unterschiedlich gewählt werden. Insbesondere können die zweite bis vierzehnte Wartezeitdauer TW2-TW14 abhängig von der induktiven Last L oder abhängig von einer Dimensionierung des ersten Widerstands R1 und des ersten Kondensators C1 oder des zweiten Widerstands R2 und des zweiten Kondensators C2 gewählt werden, damit der erste bis sechste Strom I1-I6 oder die Stauspannung Ustat zuverlässig erfasst werden können. Ferner ist eine Summe der zweiten bis neunten Wartezeitdauer TW2-TW9 und eine Summe der zehnten bis vierzehnten Wartezeitdauer TW10-TW14 dadurch begrenzt, dass der elektromechanische Wandler während der Überprüfung seine Ruhestellung beibehalten soll.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überprüfen einer induktiven Last (L) eines elektromechanischen Wandlers in einer Vollbrückenschaltung, die ein erstes, zweites, drittes und viertes Schaltelement (T1, T2, T3, T4) umfasst und das dritte und das zweite Schaltelement (T3, T2) eine erste Reihenschaltung bilden und das erste und das vierte Schaltelement (T1, T4) eine zweite Reihenschaltung bilden und die erste und die zweite Reihenschaltung elektrisch parallel zueinander zwischen einem Versorgungspotenzial (Ubat) und einem Bezugspotenzial (GND) angeordnet sind, wobei das erste und das dritte Schaltelement (T1, T3) mit dem Versorgungspotenzial (Ubat) gekoppelt sind und das zweite und das vierte Schaltelement (T2, T4) mit dem Bezugspotenzial (GND) gekoppelt sind, und die induktive Last (L) mit einem ersten Anschluss (A1) elektrisch über einen Messwiderstand (Rm) mit einem Mittelabgriff (K1) der ersten Reihenschaltung gekoppelt ist und mit einem zweiten Anschluss (A2) elektrisch mit einem Mittelabgriff (K2) der zweiten Reihenschaltung gekoppelt ist, und bei dem Verfahren
 - die Überprüfung mindestens einen Messvorgang umfasst,
 - innerhalb des mindestens einen Messvorgangs jeweils entweder nur das zweite oder nur das dritte Schaltelement (T2, T3) eingeschaltet wird oder nur das erste und das zweite Schaltelement (T1, T2) oder nur das dritte und das vierte Schaltelement (T3, T4) eingeschaltet werden,
 - zu mindestens einem Erfassungszeitpunkt innerhalb des jeweiligen Messvorgangs eine Größe erfasst wird, die repräsentativ ist für einen elektrischen Strom (I), der durch den Messwiderstand (Rm) fließt,
 - abhängig von der erfassten Größe und dem jeweils eingeschalteten Schaltelement bzw. den jeweils eingeschalteten Schaltelementen ein Fehler oder eine Fehlerfrei-

heit der induktiven Last in der Vollbrückenschaltung erkannt wird, und

- eine Zeitdauer für die Überprüfung so vorgegeben ist, dass innerhalb dieser Zeitdauer eine Ruhestellung des elektromechanischen Wandlers erhalten bleibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein Kurzschluss des ersten Anschlusses (A1) zu dem Versorgungspotenzial (U_{bat}) erkannt wird, wenn nur das zweite Schaltelement (T2) eingeschaltet ist und ein Betrag der erfassten Größe größer ist als ein vorgegebener oberer Schwellenwert (THR_H).
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem ein Kurzschluss des zweiten Anschlusses (A2) zu dem Versorgungspotenzial (U_{bat}) erkannt wird, wenn nur das zweite Schaltelement (T2) eingeschaltet ist und der Betrag der erfassten Größe größer ist als ein vorgegebener unterer Schwellenwert (THR_L) und kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert (THR_H).
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem ein Kurzschluss des ersten Anschlusses (A1) zu dem Bezugspotenzial (GND) erkannt wird, wenn nur das dritte Schaltelement (T3) eingeschaltet ist und der Betrag der erfassten Größe größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert (THR_H).
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem ein Kurzschluss des zweiten Anschlusses (A2) zu dem Bezugspotenzial (GND) erkannt wird, wenn nur das dritte Schaltelement (T3) eingeschaltet ist und der Betrag der erfassten Größe größer ist als der vorgegebene untere Schwellenwert (THR_L) und kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert (THR_H).

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem ein Kurzschluss zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (A1, A2) erkannt wird, wenn nur das erste und das zweite Schaltelement (T1, T2) oder nur das dritte und das vierte Schaltelement (T3, T4) eingeschaltet sind und der Betrag der erfassten Größe größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert (THR_H).
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem eine Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (A1, A2) erkannt wird, wenn nur das erste und das zweite Schaltelement (T1, T2) oder nur das dritte und das vierte Schaltelement eingeschaltet sind und der Betrag der erfassten Größe kleiner ist als der vorgegebene untere Schwellenwert (THR_L).
8. Verfahren zum Überprüfen einer induktiven Last (L) eines elektromechanischen Wandlers in einer Halbbrückenschaltung, die ein erstes und ein zweites Schaltelement (T1, T2) umfasst, wobei das erste Schaltelement (T1) mit dem Versorgungspotenzial (U_{bat}) gekoppelt ist und das zweite Schaltelement (T2) mit dem Bezugspotenzial (GND) gekoppelt ist, und die induktive Last (L) mit einem ersten Anschluss (A1) elektrisch über einen Messwiderstand (R_m) mit dem zweiten Schaltelement (T2) gekoppelt ist und mit einem zweiten Anschluss (A2) elektrisch mit dem ersten Schaltelement (T1) gekoppelt ist, und bei dem Verfahren
 - die Überprüfung mindestens einen Messvorgang umfasst,
 - innerhalb des mindestens einen Messvorgangs jeweils nur das zweite Schaltelement (T2) eingeschaltet wird oder das erste und das zweite Schaltelement (T1, T2) eingeschaltet werden,
 - zu mindestens einem Erfassungszeitpunkt innerhalb des jeweiligen Messvorgangs eine Größe erfasst wird, die repräsentativ ist für einen elektrischen Strom (I), der durch den Messwiderstand (R_m) fließt,

- abhängig von der erfassten Größe und dem jeweils eingeschalteten Schaltelement bzw. den jeweils eingeschalteten Schaltelementen ein Fehler oder eine Fehlerfreiheit der induktiven Last in der Halbbrückenschaltung erkannt wird, und
 - eine Zeitdauer für die Überprüfung so vorgegeben ist, dass innerhalb dieser Zeitdauer eine Ruhestellung des elektromechanischen Wandlers erhalten bleibt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem ein Kurzschluss des ersten Anschlusses (A1) zu dem Versorgungspotenzial (U_{bat}) erkannt wird, wenn nur das zweite Schaltelement (T2) eingeschaltet ist und ein Betrag der erfassten Größe größer ist als ein vorgegebener oberer Schwellenwert (THR_H).
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem ein Kurzschluss des zweiten Anschlusses (A2) zu dem Versorgungspotenzial (U_{bat}) erkannt wird, wenn nur das zweite Schaltelement (T2) eingeschaltet ist und der Betrag der erfassten Größe größer ist als ein vorgegebener unterer Schwellenwert (THR_L) und kleiner ist als der vorgegebene obere Schwellenwert (THR_H).
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem ein Kurzschluss zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (A1, A2) erkannt wird, wenn das erste und das zweite Schaltelement (T1, T2) eingeschaltet sind und der Betrag der erfassten Größe größer ist als der vorgegebene obere Schwellenwert (THR_H).
 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem eine Unterbrechung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (A1, A2) erkannt wird, wenn das erste und das zweite Schaltelement (T1, T2) eingeschaltet sind und der Betrag der erfassten Größe kleiner ist als der vorgegebene untere Schwellenwert (THR_L).

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, bei dem die Halbbrückenschaltung einen Parallelwiderstand (R_p) umfasst, der elektrisch parallel zu der induktiven Last (L) angeordnet ist, und zu dem mindestens einen Erfassungszeitpunkt ein Signalpegel des ersten Anschlusses (A_1) erfasst wird und ein Kurzschluss des ersten oder des zweiten Anschlusses (A_1 , A_2) zu dem Bezugspotenzial (GND) erkannt wird, wenn nur das erste Schaltelement (T_1) eingeschaltet ist und der erfasste Signalpegel dem Bezugspotenzial (GND) entspricht.

FIG 2

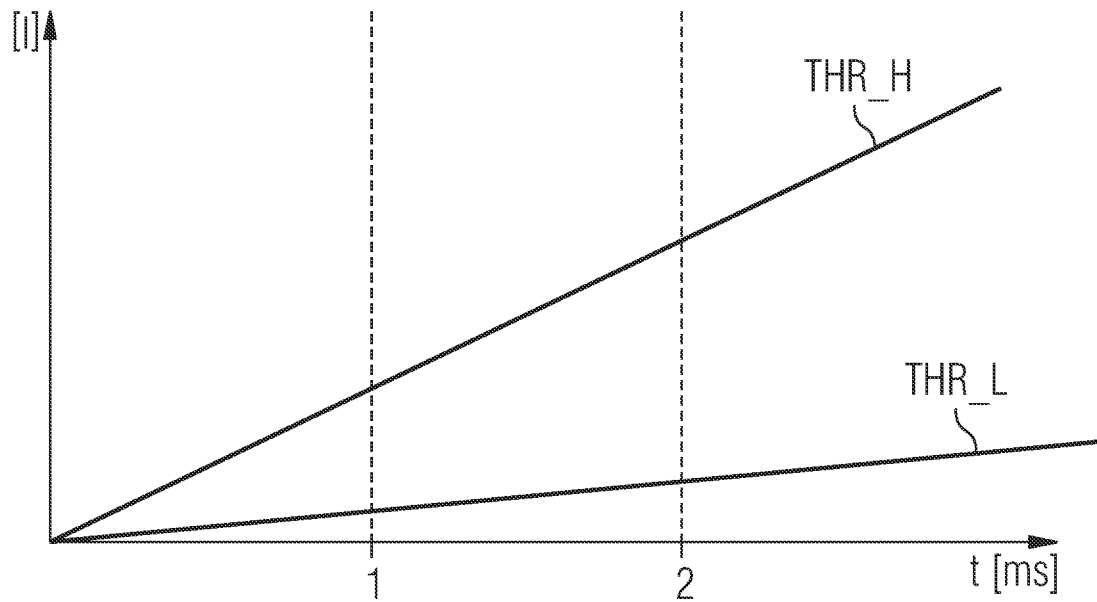


FIG 3

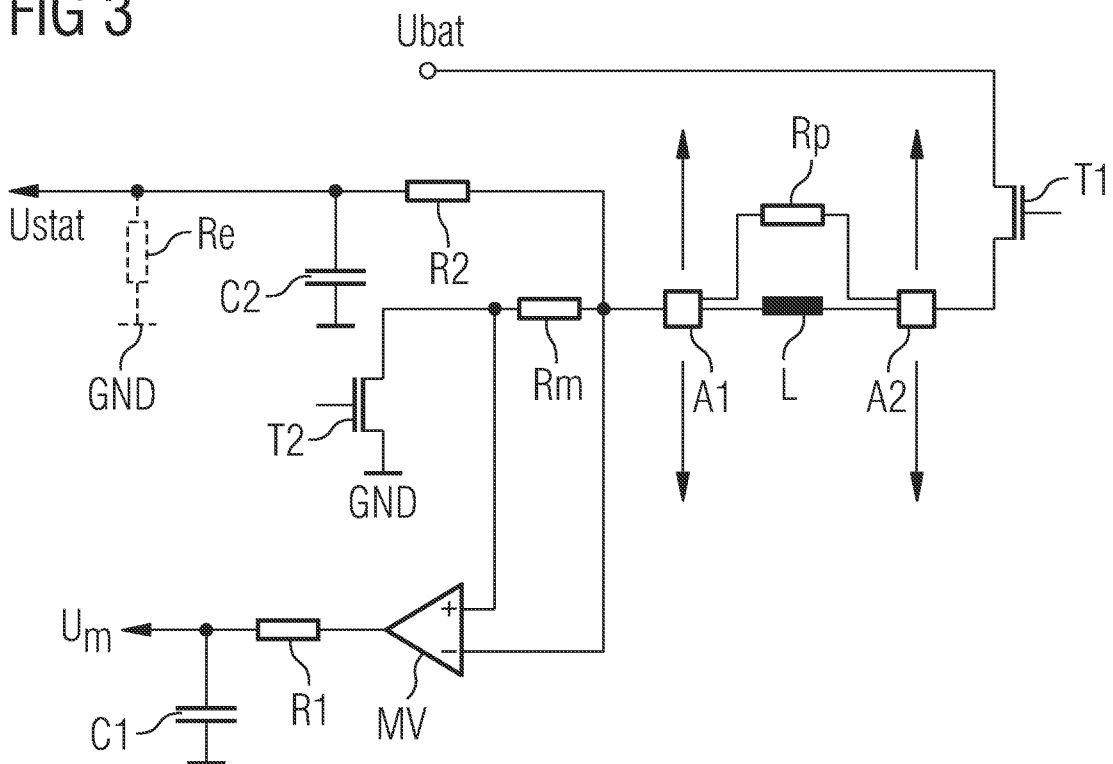


FIG 4A

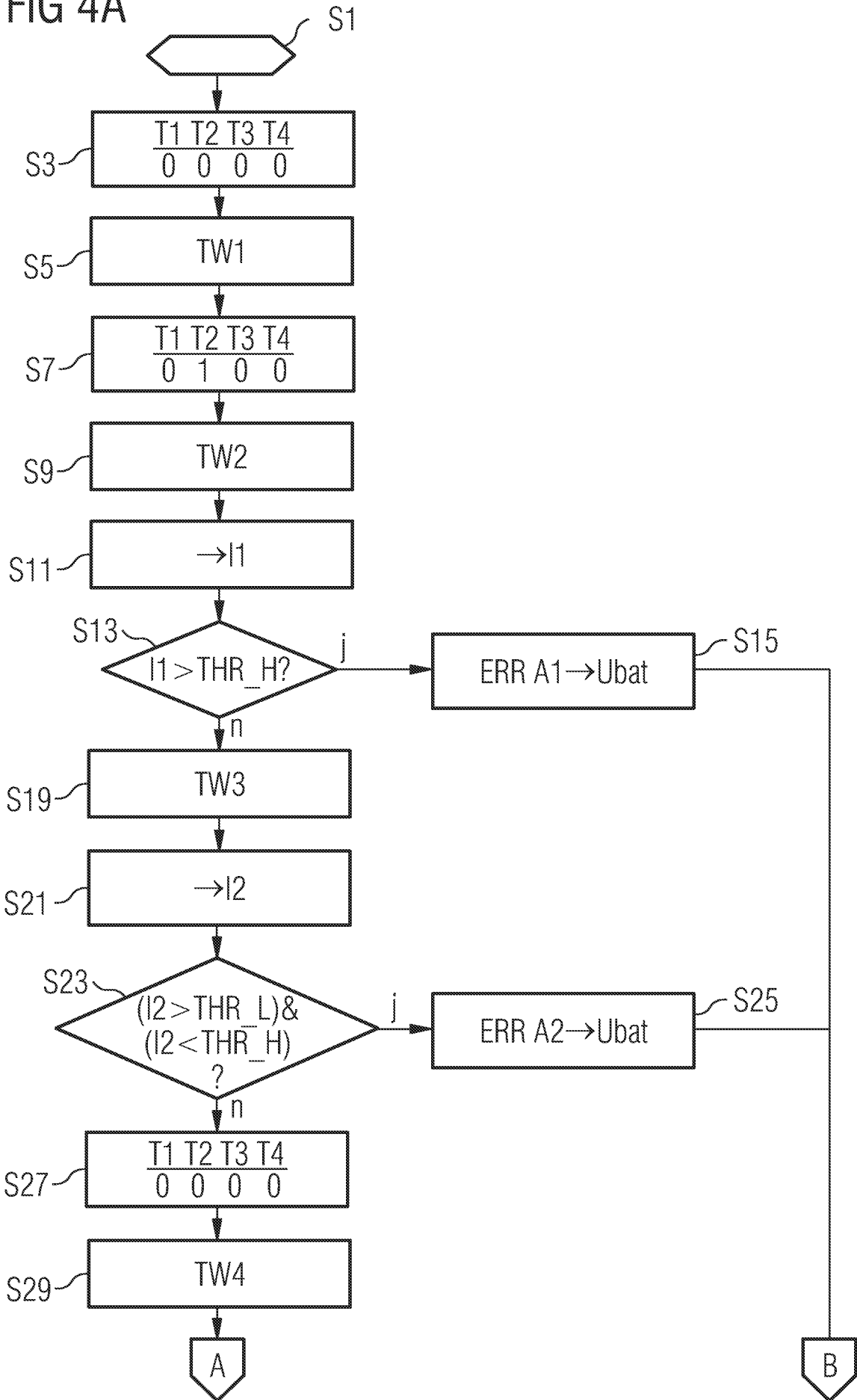


FIG 4B

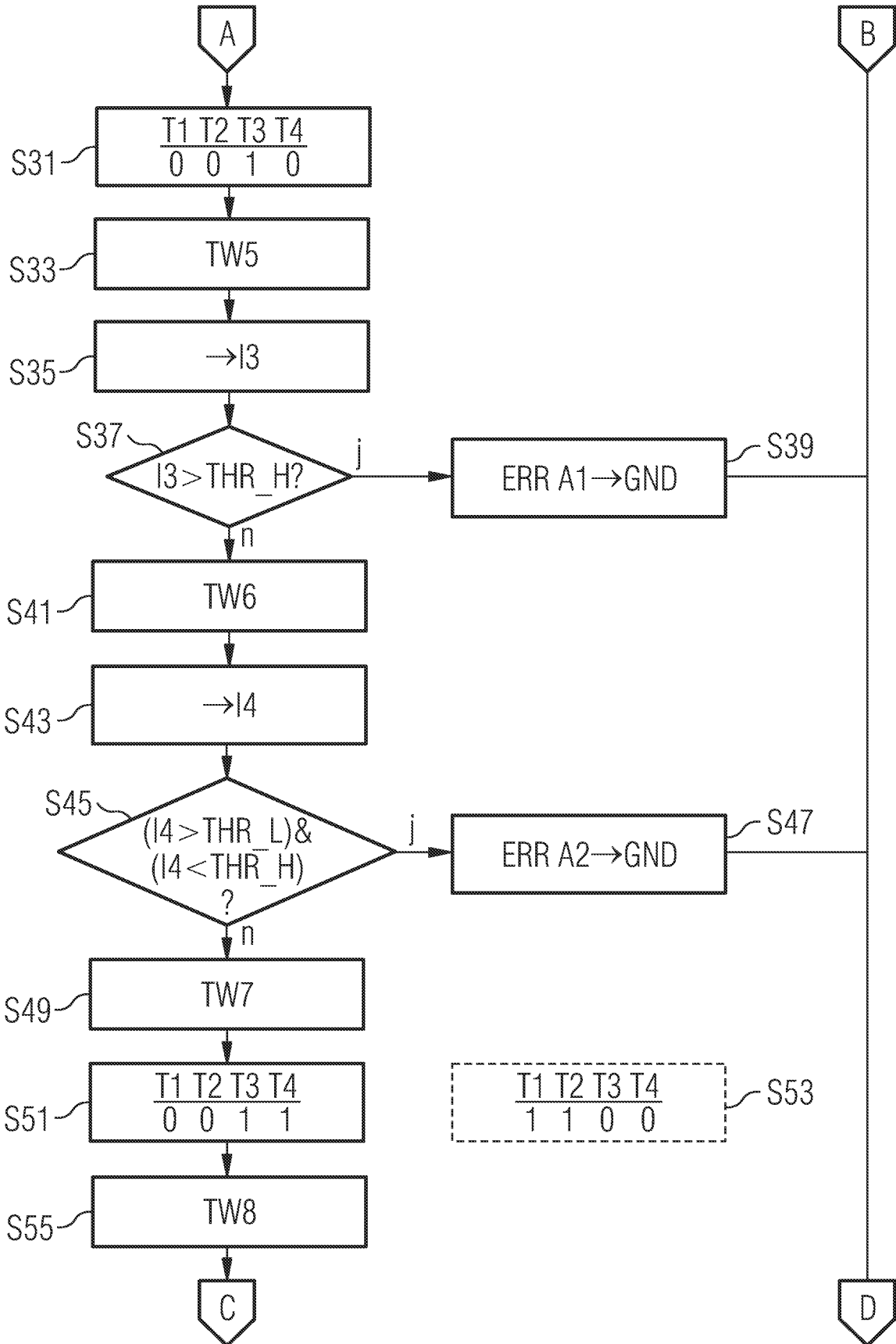


FIG 4C

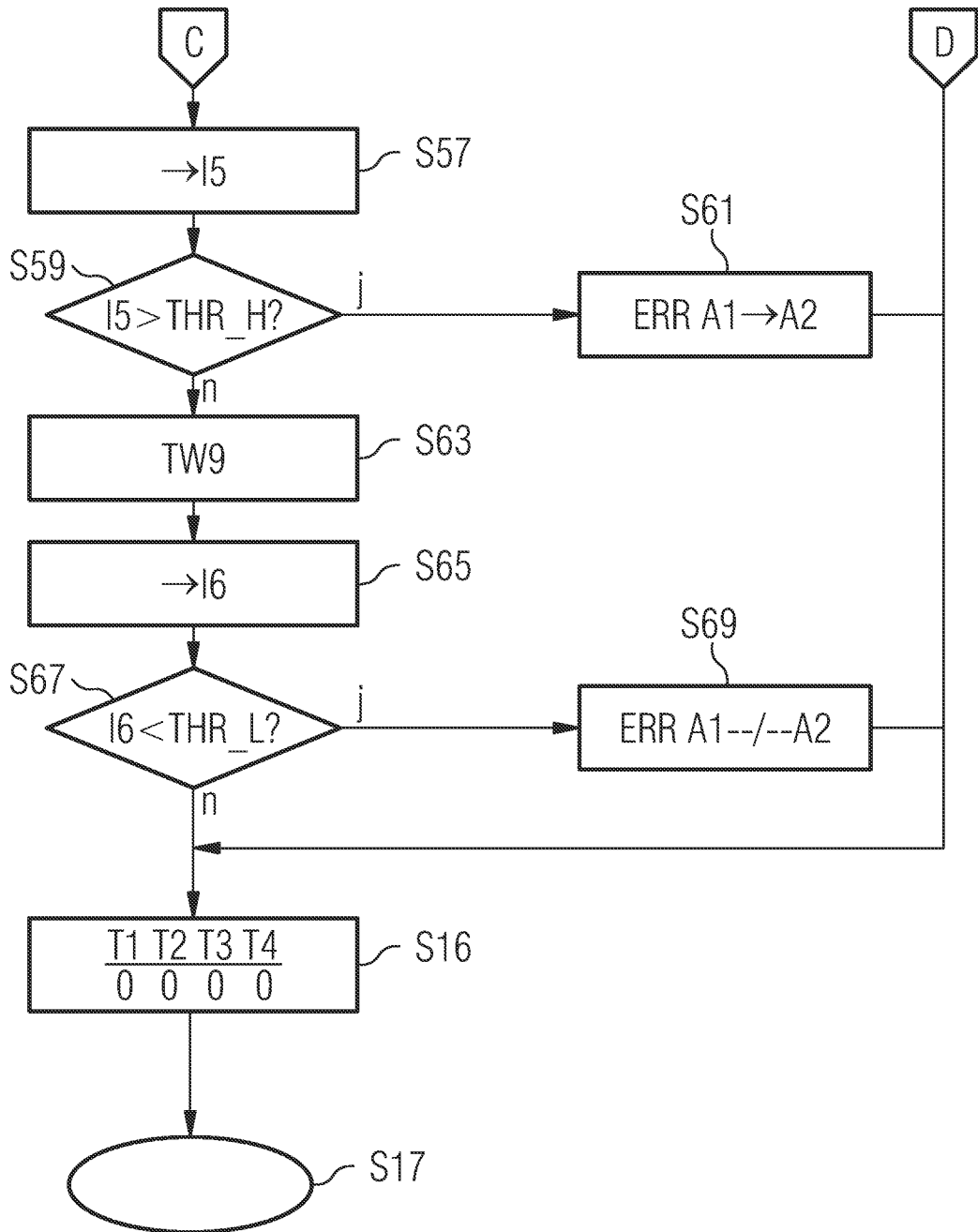


FIG 5A

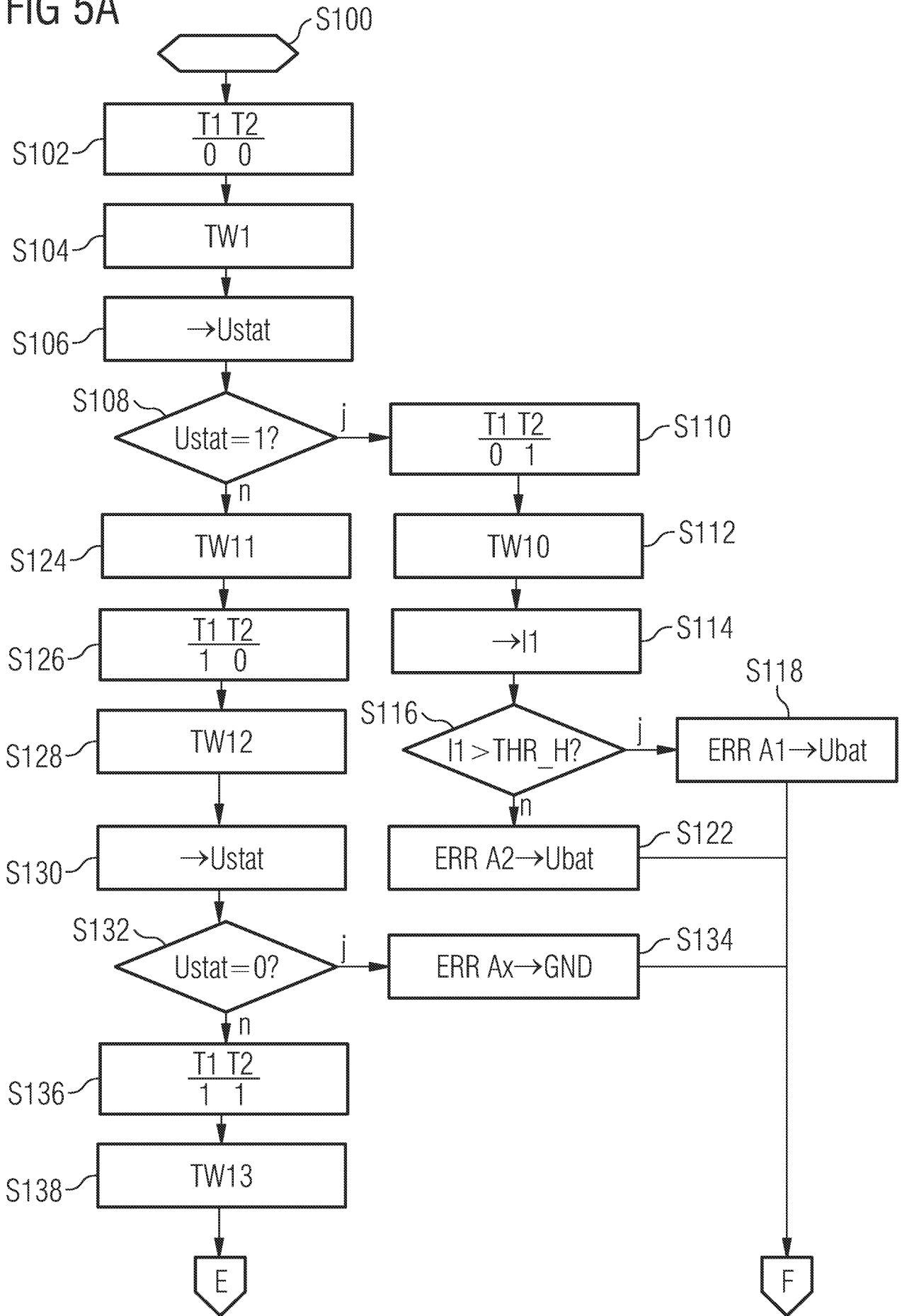


FIG 5B

