



EP 4 009 345 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.06.2022 Patentblatt 2022/23

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01H 47/02^(2006.01) **H01H 47/32**^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21210988.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01H 47/325; H01H 47/02; H01H 2047/025

(22) Anmeldetag: **29.11.2021**

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

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME

Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **01.12.2020 DE 102020131819**

(71) Anmelder: **PTC Rail Services GmbH
83607 Holzkirchen (DE)**

(72) Erfinder:

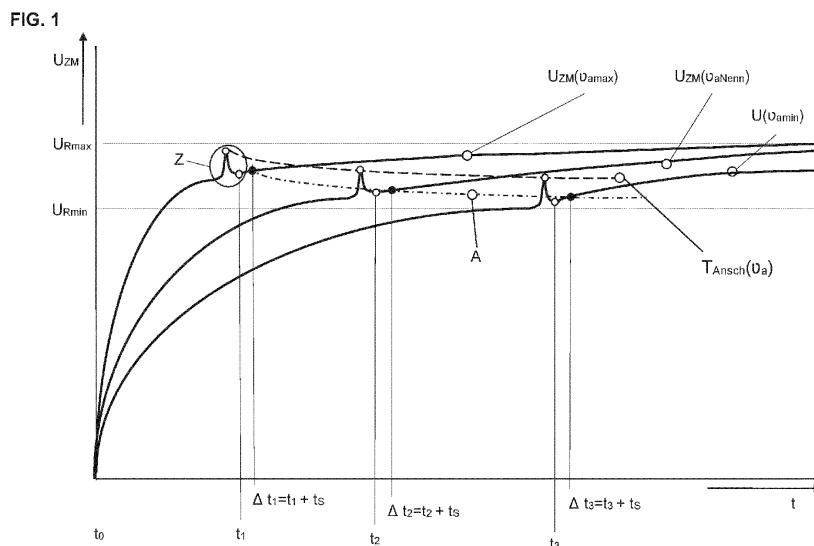
- **Laske, Olaf**
12559 Berlin (DE)
- **Thron, Burkhard**
15712 Zernsdorf (DE)

(74) Vertreter: **Maikowski & Ninnemann
Patentanwälte Partnerschaft mbB
Postfach 15 09 20
10671 Berlin (DE)**

(54) SCHALTUNGSANORDNUNG UND VERFAHREN ZUM ENERGIEOPTIMIERTEN BETRIEB ELEKTROMAGNETISCHER TRIEBSYSTEME

(57) Eine Schaltungsanordnung zum Betätigen eines elektromagnetischen Triebsystems zum Schalten eines mechanischen Systems umfasst eine Steuerspannungsquelle zur Erzeugung einer Steuerspannung, eine Ansteuerstufe zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebsystems zum Schalten des mechanischen Systems während eines Schaltvorgangs und einer Steuerschaltung zum Steuern der Ansteuerschaltung, wobei die Steuerschaltung ausgebildet ist, einen eine Temperatur des elektromagnetischen Triebsystems und/oder

eine Umgebungstemperatur anzeigen den ersten Kennwert und einen die Steuerspannung anzeigen zweiten Kennwert zu erfassen und zumindest einen Ansteuerparameter zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebsystems anhand des ersten Kennwerts und des zweiten Kennwerts zu setzen. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betätigen eines elektromagnetischen Triebsystems zum Schalten eines mechanischen Systems.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum Betätigen eines elektromagnetischen Triebystems zum Schalten eines mechanischen Systems nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zum Betätigen eines elektromagnetischen Triebystems zum Schalten eines mechanischen Systems mit einer Schaltungsanordnung.

[0002] Eine derartige Schaltungsanordnung umfasst eine Steuerspannungsquelle zur Erzeugung einer Steuerspannung, eine Ansteuerstufe zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebystems zum Schalten des mechanischen Systems während eines Schaltvorgangs und eine Steuerschaltung zum Steuern der Ansteuerschaltung.

[0003] Elektromagnetische Triebsysteme werden in der Elektrotechnik zur Kraftbeaufschlagung beweglicher mechanischer Bauteile eingesetzt. Elektromagnetische Triebsysteme sind beispielsweise Zug-, Hub- oder Schubmagnete, aber auch andere auf elektromagnetischer Basis arbeitende Bauteile. Anwendung finden elektromagnetische Triebsysteme beispielsweise in elektromechanischen Vorrichtungen wie Schützen, Schutzschaltern, Relais und Magnetventilen.

[0004] Ein elektromagnetisches Triebystem weist üblicherweise ein magnetisches System in Form einer Spule auf, die durch eine Steuerspannungsquelle erregt wird. Ein durch die Erregung der Spule induziertes Magnetfeld wirkt auf ein mechanisches System, z.B. einen Anker oder ein Hebelsystem, und beschleunigt dieses. Durch die Beschleunigung des mechanischen Systems wird die mechanische Wirkung des Triebystems erreicht. Die mechanische Wirkung kann beispielsweise in dem Schließen eines Schalters oder dem Schließen eines Ventils bestehen.

[0005] Kraftverlauf und Schließgeschwindigkeit des mechanischen Systems sind von der Höhe der angelegten Spannung, der Temperatur sowie von den konstruktiven Gegebenheiten des Triebystems abhängig. Eine direkte Beaufschlagung des Triebystems mit der zur Verfügung stehenden Steuerspannung hat somit in der Regel den Nachteil, dass die eingespeiste Steuerspannung nicht dem erforderlichen Kraftverlauf des mechanischen Systems angepasst ist.

[0006] Zur Anpassung der Steuerspannung an die erforderliche Weg-Zeit-Charakteristik des Kraftverlaufs werden üblicherweise Vorschaltgeräte eingesetzt, die die Energieversorgung des Triebystems so steuern, dass bei Betätigung des Triebystems die Weg-Zeit-Charakteristik des Kraftverlaufs den Erfordernissen des mechanischen Systems entspricht.

[0007] Ein Vorschaltgerät taktet das Triebystem direkt über einen oder mehrere elektronische Schalter. Nachteilig ist hierbei, dass die Steuerspannung so nur reduziert werden kann. Es gibt jedoch Einsatzfälle, beispielsweise Unterspannungssituationen, in denen eine Erhöhung der Steuerspannung erforderlich ist. Die direk-

te Taktung durch das Vorschaltgerät erzeugt ein Störspannungsspektrum, das sich negativ auf andere elektronische Bauteile auswirken kann. Die getaktete Betriebsweise führt zu einer Beaufschlagung mit steilen Spannungspulsen. Die Wicklungen elektromagnetischer Triebsysteme sind jedoch regelmäßig nur für den Gleichspannungsbetrieb oder einen niederfrequenten Wechselspannungsbetrieb ausgelegt, so dass es die getaktete Betriebsweise Schäden am Triebystem verursachen kann.

[0008] In der WO 2017/093552 ist beispielsweise eine Schaltungsanordnung zur Betätigung eines elektromagnetischen Triebystems und ein Verfahren zum Betrieb derselben offenbart, wobei das Triebystem mit Gleichspannung mit einem zeitlichen Speiseverlauf gespeist wird. Die Schaltungsanordnung weist eine getaktete transformatorische Wandlerstufe und eine Steuerschaltung auf, wobei die Steuerschaltung die für den spezifischen Betrieb des elektromagnetischen Triebystems erforderliche Speisecharakteristik im gesamten Eingangsspannungs- und Temperaturbereich ohne gepulste Beaufschlagung des Triebystems bereitstellt.

[0009] Nachteilig hierbei ist, dass der eingespeiste Steuerstrom auf einer Zeitsteuerung basiert.

[0010] Werden derartige Triebsysteme an elektrischen Spannungsquellen mit einem weiten Spannungsbereich betrieben, ergeben sich aus der zeitlichen Steuerung regelmäßig unnötige Wärmebelastungen der Triebsysteme. Dies führt zu einer thermisch bedingten Degradation der Isolierstoffe und somit zu einer reduzierten Lebensdauer des Triebsystems. Die Taktung der möglichen Einschaltungen wird darüber hinaus nachteilig begrenzt.

[0011] Besondere Anforderungen bestehen beispielsweise für elektromagnetische Triebsysteme, beispielsweise Zugmagnete, von Batterieschutzschaltern, insbesondere in Batteriemanagementsystemen von Schienenfahrzeugen wie sie in DE 10 2018 109 594 offenbart und die oftmals für den Kurzzeitbetrieb ausgelegt sind.

[0012] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung und ein Verfahren zum Betrieb elektromagnetischer Triebsysteme zur Verfügung zu stellen, die einen sicheren, mechanisch schonenden und energieoptimierten Betrieb des elektromagnetischen Triebystems im gesamten Eingangsspannungs- und Temperaturbereich ermöglichen, ohne dass eine wesentliche Störaussendung verursacht wird. Insbesondere soll die sichere Auslösung solcher Triebsysteme gewährleistet sein, die einen zeitlich stark ansteigenden Kraftverlauf aufweisen und für eine Tieftemperaturanwendung vorgesehen sind.

[0013] Diese Aufgabe wird durch einen Gegenstand mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0014] Demnach ist die Steuerschaltung ausgebildet, einen eine Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebsystems und/oder eine Umgebungstemperatur ϑ_a anzeigen den ersten Kennwert und einen die Steuerspannung U_B anzeigen den zweiten Kennwert zu erfassen und zumindest einen Ansteuerparameter zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebystems anhand des ersten Kennwerts und des zweiten Kennwerts zu setzen.

[0015] Die Ansteuerung erfolgt somit spezifisch in Abhängigkeit vom ersten und zweiten Kennwert. Der Ansteuerparameter wird in Abhängigkeit von dem eine Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebsystems und/oder eine Umgebungstemperatur ϑ_a anzeigen den ersten Kennwerts und dem die Steuerspannung U_B anzeigen den zweiten Kennwert bestimmt. Insbesondere wird der Absteuerparameter in Abhängigkeit von ersten und zweiten Kennwert so gewählt, dass eine sichere Auslösung, insbesondere ein sicherer Anzug, des elektromagnetischen Triebsystems gewährleistet ist.

[0016] Durch die individuelle, der vorliegenden Temperatur und Steuerspannung angepassten Wahl des Ansteuerparameters, wird ein energieoptimierter Betrieb des elektromagnetischen Triebsystems ermöglicht. Insbesondere für Triebsysteme, die auch bei tiefen Temperaturen zum Einsatz kommen und mit Steuerspannungsquellen mit einem weiten Spannungsbereich betrieben werden, lässt sich somit der Energiebedarf reduzieren und die mögliche Einschalthäufigkeit erhöhen. Unnötige Wärmebelastungen des Triebsystems werden durch die angepasste Einschaltzeit vermieden, wodurch sich die Lebensdauer des Triebsystems und seiner Komponenten erhöht.

[0017] Das elektromagnetische Triebsystem ist beispielsweise ein Elektromagnet mit einem Anker als mechanisches System. Das elektromagnetische Triebsystem ist insbesondere ein Zugmagnet. In einer Ausgestaltung ist das elektromagnetische Triebsystem, insbesondere der Zugmagnet, in einem Schutzschalter, beispielsweise einem Schutzschalter eines Batteriemanagementsystems, insbesondere eines Schienenfahrzeugs, angeordnet.

[0018] Die Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebsystems ist beispielsweise die Temperatur des magnetischen Systems des elektromagnetischen Triebsystems, insbesondere die in den Wicklungen einer Spule des magnetischen Systems vorliegende Temperatur.

[0019] Die Umgebungstemperatur ϑ_a ist beispielsweise die Temperatur in einer Umgebung des elektromagnetischen Triebsystems, insbesondere des magnetischen Systems des Triebsystems. Beispielsweise ist die Umgebungstemperatur ϑ_a die in einer dem elektromagnetischen Triebsystems, insbesondere dem magnetischen Systems des Triebsystems, vor- oder nachgeschalteten elektrischen Komponente auftretende Temperatur.

[0020] Die Steuerspannung U_B ist in einer Ausgestaltung die von einer Batterie, insbesondere einer Batterie

eines Schienenfahrzeugs, zur Verfügung gestellte Betriebsspannung.

[0021] Insbesondere weist die Steuerschaltung eine Spannungserfassungsschaltung zur Erfassung des die Steuerspannung U_B anzeigen den zweiten Kennwerts auf. Die Spannungserfassungsschaltung weist bevorzugt ein Eingangsfilter auf.

[0022] In einer Ausgestaltung ist die Ansteuerstufe ausgebildet, das Triebsystem durch Anlegen der Steuerspannung U_B zum Schalten des mechanischen Systems zu bestromen. Insbesondere erfolgt eine Beaufschlagung des magnetischen Systems der elektromagnetischen Triebsystems mit der Steuerspannung U_B . Die Ansteuerstufe ist beispielsweise mit der Steuerspannungsquelle zur Erzeugung der Steuerspannung U_B , insbesondere der Batterie eines Schienenfahrzeugs, verbunden.

[0023] Gemäß einer Ausgestaltung ist die Steuerschaltung ausgebildet, als Ansteuerparameter eine Einschaltzeit Δt_n zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebsystems zu setzen. Die Einschaltzeit Δt_n ist die Zeitspanne, während der die Beaufschlagung des elektromagnetischen Triebsystems, insbesondere des magnetischen Systems des Triebsystems, mit einer Spannung, insbesondere der Steuerspannung U_B , erfolgt.

[0024] Die Einschaltzeit Δt_n wird gemäß dieser Ausgestaltung in Abhängigkeit vom ersten und zweiten Kennwert, somit insbesondere in Abhängigkeit von der Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebsystems und/oder der Umgebungstemperatur ϑ_a und der Steuerspannung U_B gewählt. Während bei einer Zeitsteuerung für die Beaufschlagung des Triebsystems die maximale Zeitspanne gewählt werden muss, die notwendig ist, um eine sichere Auslösung, beispielsweise einen sicheren Anzug, des Triebsystems im gesamten Temperatur- und Steuerspannungsbereich zu gewährleisten, ermöglicht die Schaltungsanordnung gemäß einer Ausgestaltung eine Anpassung der Einschaltzeit Δt_n an den Energiebedarf des Triebsystems bei gegebener, erfasster Temperatur ϑ_c bzw. ϑ_a und Steuerspannung U_B . Die so bestimmte Einschaltzeit Δt_n ist immer kürzer oder gleich der maximalen Zeitspanne, die für eine Zeitsteuerung verwendet werden muss. Die Einschaltzeit Δt_n ist beispielsweise die minimale Zeitspanne, die notwendig ist, um eine sichere Auslösung, insbesondere einen sicheren Anzug, des Triebsystems zu gewährleisten. In einer Ausgestaltung umfasst die Einschaltzeit Δt_n ein Sicherheitsintervall t_s .

[0025] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Steuerschaltung eine Verknüpfungsschaltung auf, wobei die Verknüpfungsschaltung den Ansteuerparameter anhand eines Kennlinienfelds in Abhängigkeit von dem ersten Kennwert und dem zweiten Kennwert setzt. Insbesondere wird der Ansteuerparameter in Abhängigkeit vom ersten und zweiten Kennwert so gewählt, dass die sichere Auslösung, insbesondere der sichere Anzug, des elektromagnetischen Triebsystems gewährleis-

tet ist. Das Kennlinienfeld weist insbesondere eine Charakteristik auf, die den Zeitpunkt der Auslösung, insbesondere des sicheren Anzugs, des Triebystems kennzeichnet.

[0026] Das Kennlinienfeld beschreibt beispielsweise den zeitlichen Verlauf der Spannung U_{ZM} am elektromagnetischen Triebystem in Abhängigkeit von der Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebystems oder der Umgebungstemperatur ϑ_a einerseits und der Steuerspannung U_B andererseits. Als Kennlinienfeld kann auch der zeitliche Verlauf des Stroms I_{ZM} am elektromagnetischen Triebystem in Abhängigkeit von der Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebystems oder der Umgebungstemperatur ϑ_a einerseits und der Steuerspannung U_B andererseits verwendet werden.

[0027] Durch Beaufschlagung des elektromagnetischen Triebystems mit einer Steuerspannung entsteht am elektrischen Triebystem eine Spannung U_{ZM} und ein Strom I_{ZM} . Der zeitliche Verlauf der Spannung U_{ZM} am bzw. des Stroms I_{ZM} im elektromagnetischen Triebystem ist von der Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebystems bzw. der Umgebungstemperatur ϑ_a und der angelegten Steuerspannung U_B abhängig. Die Spannung U_{ZM} am bzw. der Strom I_{ZM} im elektromagnetischen Triebystem in Abhängigkeit von Zeit, Temperatur ϑ_c bzw. ϑ_a und Steuerspannung U_B definiert ein dreidimensionales Kennlinienfeld. Für eine bestimmte, erfasste Temperatur ϑ_c bzw. ϑ_a und eine bestimmte, erfasste Steuerspannung U_B ist die Spannung U_{ZM} am bzw. der Strom I_{ZM} im elektromagnetischen Triebystem eine Funktion der Zeit.

[0028] Das elektromagnetische Triebystem löst aus, wenn die Anzugskraft des elektromagnetischen Triebystems erreicht wird. Der der Anzugskraft entsprechende Wert der Spannung U_{ZM} am Triebystem bzw. der der Anzugskraft entsprechende Wert des Stroms I_{ZM} ist der Anzugswert. In einer Ausgestaltung ist die Einschaltdauer Δt_n der dem Anzugswert auf einer durch die erfasste Temperatur und die erfasste Steuerspannung definierten Kennlinie zugeordnete Zeitwert.

[0029] In einer Ausgestaltung der Erfindung gibt die Verknüpfungsschaltung ein Spannungsäquivalent der Einschaltzeit Δt_n aus. Gemäß einer Ausgestaltung weist die Steuerschaltung eine Sollwertaufbereitungsstufe zur Erzeugung einer angepassten Spannung U_{tSoll} zur Weiterleitung an die Ansteuerstufe auf, wobei der Sollwertaufbereitungsstufe das in der Verknüpfungsschaltung erzeugte Spannungsäquivalent zugeleitet wird.

[0030] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist eine Temperaturfassungsschaltung mit der Verknüpfungsschaltung verbunden und weist einen Temperatursensor zum Messen des einer Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebystems und/oder eine Umgebungstemperatur ϑ_a anzeigen den ersten Kennwerts auf. Der Temperatursensor ermöglicht die Bestimmung des die Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebystems und/oder eine Umgebungstemperatur ϑ_a kennzeichnen-

den ersten Kennwerts. Der Temperatursensor ist mit dem elektromagnetischen Triebystem verbunden und weist beispielsweise einen Heißleiter, insbesondere einen NTC-Widerstand (negative temperature coefficient thermistor, NTC), auf. Somit ist eine direkte Erfassung der die Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebystems und/oder eine Umgebungstemperatur ϑ_a anzeigen den ersten Kennwerts durch den Widerstand des Heißleiters, insbesondere des NTC-Widerstands, möglich.

[0031] Gemäß einer alternativen Ausgestaltung ist eine Temperaturfassungsschaltung in der Verknüpfungsschaltung angeordnet, wobei die Temperaturfassungsschaltung eine Schaltung zur Berechnung des einer Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebystems und/oder eine Umgebungstemperatur ϑ_a anzeigen den ersten Kennwerts anhand eines elektrischen Widerstands des elektromagnetischen Triebystems aufweist.

[0032] Somit kann auf einen Temperatursensor verzichtet werden. Dies minimiert etwaige Störsignale oder sonstige mit dem Temperatursensor verbundene Fehlerquellen sowie zeitliche Verzögerungen. Der die Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebystems und/oder eine Umgebungstemperatur ϑ_a anzeigen den ersten Kennwert wird durch die Verknüpfungsschaltung direkt bestimmt.

[0033] Beispielsweise erfolgt die Berechnung unter Berücksichtigung des spezifischen Widerstands des Materials des magnetischen Systems des Triebystems, insbesondere des Materials der Wicklungen des magnetischen Systems. Insbesondere erfolgt die Berechnung des ersten Kennwerts unter Berücksichtigung des spezifischen Widerstands von Kupfer.

[0034] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Temperaturfassungsschaltung einen Riemannintegrator zur Integration der Spannung U_{ZM} am elektromagnetischen Triebystem und des Stroms I_{ZM} im elektromagnetischen Triebystem auf. Der Riemannintegrator weist in einer Ausgestaltung einen Analogschalter in Zweifachausführung auf, dem der im elektromagnetischen Triebystem anliegende Strom und die am elektromagnetischen Triebystem anliegende Spannung zugeführt werden. Der Analogschalter ist mit einer monostabilen Kippstufe verbunden. Die monostabile Kippstufe gibt das Integrationsintervall vor. Weiterhin weist der Riemannintegrator beispielsweise einen als Divisor betriebenen Operationsverstärker und eine nachgeschaltete Multiplikatorstufe zur Bildung des Quotienten aus Spannung und Strom auf.

[0035] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Sollwertaufbereitungsstufe eine Abtast-Halte-Schaltung auf. Die Sollwertaufbereitung weist beispielsweise weiter einen Negator auf. Der Negator verbindet die monostabile Kippstufe des Riemannintegrators mit dem Steuereingang der Abtast-Halte-Schaltung. Der Abtast-Halte-Schaltung ist in einer Ausgestaltung ein Spannungsteiler nachgeschaltet. Der Spannungsteiler leitet ein Spannungsäquivalent der Einschaltzeit der An-

steuerstufe zu.

[0036] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist die Ansteuerstufe eine Pulsweitenmodulationsschaltung (PWM-Schaltung) mit einer monostabilen Kippstufe auf, wobei ein Steuereingang der monostabilen Kippstufe mit der Steuerschaltung verbunden ist und ein Ausgang der monostabilen Kippstufe mit der Pulsweitenmodulationschaltung verbunden ist. Die monostabile Kippstufe stellt somit eine Einschaltzeitbegrenzung dar. Die Pulsdauer der PWM-Schaltung wird mittels der monostabilen Kippstufe durch die von der Steuerschaltung ausgegebenen Spannung bestimmt und entspricht der Einschaltzeit Δt_n .

[0037] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Schaltungsanordnung eine Leistungsstufe auf und die Ansteuerstufe eine Treiberschaltung zur Ansteuerung der Leistungsstufe auf.

[0038] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung sind die Steuerschaltung und die Pulsweitenmodulationschaltung als Microcontrollerschaltung ausgeführt. Dies ermöglicht eine kompakte Umsetzung sowie einen schnellen und kompakten Einbau der Schaltungsanordnung mit geringem Verdrahtungsaufwand. Insbesondere sind die Schaltungsteile Spannungserfassungsschaltung, Riemannintegrator, Abtast-Halte-Schaltung und PWM-Schaltung mit monostabiler Kippstufe als Microcontrollerschaltung ausgeführt.

[0039] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung sind die Steuerschaltung, die Pulsweitenmodulationsschaltung und die Treiberschaltung zur Ansteuerung der Leistungsstufe in einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (application-specific integrated circuit, ASIC) oder in einem Hybridschaltkreis angeordnet. Insbesondere sind die Schaltungsteile Spannungserfassungsschaltung, Riemannintegrator, Abtast-Halte-Schaltung, PWM-Schaltung mit monostabiler Kippstufe und die Treiberschaltung der Leistungsstufe in einer ASIC oder in einem Hybridschaltkreis vereint.

[0040] Gemäß einer Ausgestaltung weist die Leistungsstufe einen Ausgangsgleichrichter, insbesondere mit Glättung, auf. Somit wird das elektromagnetische Triebesystem mit Gleichspannung beaufschlagt. Die Leistungsstufe weist in einer Ausgestaltung einen Leistungstransistor und einen Übertrager auf.

[0041] Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zum Betätigen eines elektromagnetischen Triebesystems zum Schalten eines mechanischen Systems mit einer Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

[0042] Bei einem solchen Verfahren zum Betätigen eines elektromagnetischen Triebesystems zum Schalten eines mechanischen Systems mit einer Schaltungsanordnung nach der vorangehend beschriebenen Art wird durch die Steuerschaltung eine Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebesystems und/oder eine Umgebungstemperatur ϑ_a anzeigen der erster Kennwert und eine Steuerspannung U_B anzeigen der zweiter Kennwert erfasst und durch die Steuerschaltung zumindest

ein Ansteuerparameter zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebesystems anhand des ersten Kennwerts und des zweiten Kennwert gesetzt.

[0043] Das erfindungsgemäße Verfahren setzt die Vorteile der Schaltungsanordnung auf Verfahrensebene um. Insbesondere wird ein Verfahren zur Verfügung gestellt, mit dem ein elektromagnetisches Triebesystem energieoptimiert betrieben wird.

[0044] Gemäß einer Ausgestaltung wird das Triebesystem durch Anlegen der Steuerspannung U_B zum Schalten des mechanischen Systems durch die Ansteuerstufe bestromt.

[0045] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung wird durch die Steuerschaltung als Ansteuerparameter eine Einschaltzeit Δt_n zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebesystems gesetzt.

[0046] Dabei wird die Einschaltzeit Δt_n insbesondere so gewählt, dass eine Auslösung des Triebesystems, insbesondere der Anzugswert, innerhalb der Einschaltzeit Δt_n erreicht wird. Der Anzugswert ist abhängig von der Temperatur des Triebesystems ϑ_c bzw. der Umgebungstemperatur ϑ_a und der Steuerspannung U_B . Die Einschaltzeit Δt_n wird bevorzugt minimal gewählt. Dies ermöglicht einen energieoptimierten Betrieb. Bevorzugt weist die Einschaltzeit Δt_n ein Sicherheitsintervall t_s auf. Das Sicherheitsintervall t_s stellt eine zuverlässige Auslösung des Triebesystems innerhalb der Mess- und Schaltungstoleranzen sicher.

[0047] Gemäß einer Ausgestaltung wird die Einschaltzeit Δt_n unter Berücksichtigung eines Endlagenkriteriums mittels des dreidimensionalen Kennlinienfeld der Spannung U_{ZM} am oder des Stroms I_{ZM} im elektromagnetischen Triebesystem als Funktion der Steuerspannung U_B , der Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebesystems oder der Umgebungstemperatur ϑ_a und der Zeit bestimmt.

[0048] Bevorzugt ist der Anzugswert durch ein Endlagenkriterium des zeitlichen Verlaufs der Spannung U_{ZM} am oder des Stroms I_{ZM} im Triebesystem bei einer bestimmten, erfassten Temperatur ϑ_c des Triebesystems bzw. einer bestimmten, erfassten Umgebungstemperatur ϑ_a des Triebesystems und einer bestimmten, erfassten Steuerspannung U_B definiert. Bevorzugt ist der Anzugswert durch eine Spannungsspitze des zeitlichen Verlaufs der Spannung U_{ZM} am Triebesystem definiert. Der Anzugswert kann auch durch einen Stromeinbruch des zeitlichen Verlaufs des Stroms I_{ZM} im Triebesystem definiert werden.

[0049] Der der Erfindung zugrunde liegende Gedanke soll nachfolgend anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein Kennlinienfeld der Spannung U_{ZM} am elektromagnetischen Triebesystem bei festgehaltener Steuerspannung U_B als Funktion der Zeit t für verschiedene Werte der Umgebungstemperatur ϑ_a ;

- Fig. 2 ein Kennlinienfeld der Spannung U_{ZM} am und des Stroms I_{ZM} im elektromagnetischen Trieb-
system bei festgehaltener Umgebungstemperatur
 ϑ_a als Funktion der Zeit t für verschiedene
Werte der Steuerspannung U_B ;
- Fig. 3 ein Prinzipschaltbild der Schaltungsanord-
nung gemäß einer Ausgestaltung der Erfin-
dung;
- Fig. 4 ein Prinzipschaltbild der Schaltungsanord-
nung gemäß einer weiteren Ausgestaltung der
Erfindung; und
- Fig. 5 eine schematische Darstellung der Bestim-
mung des Widerstands R_{ZM} des elektromagne-
tischen Triebystems.

[0050] Fig. 1 zeigt das Kennlinienfeld der Spannung U_{ZM} am elektromagnetischen Triebystem 41 bei fest-
gehaltener Steuerspannung U_B als Funktion der Zeit t . Die Spannung U_{ZM} des elektromagnetischen Triebsystems 41 hängt von der Steuerspannung U_B , der Tem-
peratur ϑ_c des elektromagnetischen Triebystems 41 bzw.
der Umgebungstemperatur ϑ_a des elektromagnetischen Triebystems 41 und der seit dem Einschaltmoment t_0 verstrichenen Zeitspanne ab. Im folgenden ist der Null-
punkt als Einschaltmoment gewählt: $t_0=0$. Dieses drei-
dimensionale Kennlinienfeld ist zur Veranschaulichung
als zweidimensionales Kennlinienfeld für eine festge-
haltene Steuerspannung U_B in Fig. 1 und als zweidimen-
sionales Kennlinienfeld für eine festgehaltene Umge-
bungstemperatur ϑ_a des elektromagnetischen Triebsys-
tems in Fig. 2 dargestellt.

[0051] Das elektromagnetische Triebystem 41 weist
ein Magnetsystem, insbesondere eine Spule mit Kern,
und ein mechanisches System 6, insbesondere einen
Anker, auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das
elektromagnetische Triebystem 41 ein Zugmagnet 41.
Der Zugmagnet 41 wird mit einer Steuerspannung U_B
beaufschlagt. Dabei ist t_0 der Zeitpunkt des Einschaltens
der Steuerspannung U_B . Die Beaufschlagung mit der
Steuerspannung U_B führt zu einem Anstieg der Span-
nung U_{ZM} am Zugmagneten 41. Die magnetische Kraft
auf den Anker nimmt zu. Beim Endanschlag des Ankers
des Zugmagneten 41 kommt es zu einer Spannungsspitze Z .

[0052] Im vorliegenden Diagramm ist der Verlauf der
Spannung U_{ZM} am Zugmagneten 41 für drei verschie-
dene Umgebungstemperaturwerte gezeigt: die maxi-
male Umgebungstemperatur $\vartheta_{a\max}$, die Nenntemperatur
 ϑ_{aNenn} und die minimale Umgebungstemperatur $\vartheta_{a\min}$. Der
Endanschlag des Ankers muss über den gesamten
Funktionstemperaturbereich von $\vartheta_a=\vartheta_{a\min}$ bis $\vartheta_a=\vartheta_{a\max}$
gewährleistet sein.

[0053] Der zeitliche Verlauf der Spannung U_{ZM} weist
im Zeitpunkt des Anschlags T_{Anschl} ein Maximum auf.
Die Anschlagszeit T_{Anschl} ist bei festgehaltener Steuer-

spannung U_B eine Funktion der Umgebungstemperatur
 ϑ_a . Je niedriger die Umgebungstemperatur ϑ_a , desto grö-
ßer die Anschlagszeit T_{Anschl} : es wird mehr Zeit benötigt,
um dem Zugmagneten 41 die zur Auslösung notwendige
Energie zuzuführen. Ursache hierfür sind die veränder-
ten magnetischen Eigenschaften des Zugmagneten 41
und die erhöhte Gleitreibung des Ankers des Zugmag-
neten 41 bei geringerer Temperatur ϑ_a .

[0054] Das Ende des Anschlagvorgangs t_n ist mit dem
Abfallen der Flanke der Spannungsspitze Z erreicht. Da-
bei bezeichnet t_1 das Ende des Anschlagvorgangs bei
maximaler Umgebungstemperatur $\vartheta_{a\max}$, t_2 das Ende
des Anschlagvorgangs bei Nenntemperatur ϑ_{aNenn} und
 t_3 das Ende des Anschlagvorgangs bei minimaler Um-
gebungstemperatur $\vartheta_{a\min}$. Dabei ist das Zeitintervall von
Einschaltmoment t_0 bis Ende des Anschlagvorgangs t_1
kleiner als das Zeitintervall von Einschaltmoment t_0 bis
Ende des Anschlagvorgangs t_2 , das wiederum kleiner
als das Zeitintervall von Einschaltmoment t_0 bis Ende
des Anschlagvorgangs t_3 ist. Je niedriger die Umge-
bungstemperatur ϑ_a desto größer die Zeitspanne t_n bis
zum Ende des Anschlagvorgangs.

[0055] Das Ende des Anschlagvorgangs und das da-
mit einhergehende Abfallen der Flanke der Spannungs-
spitze Z stellen ein Endlagenkriterium für das Erreichen
der Endlage des Zugmagneten 41 dar. Die Einschaltdu-
er Δt_n wird durch das Endlagenkriterium bestimmt. Be-
vorzugt wird eine Sicherheitsintervall t_s zum Zeitpunkt t_n
des Endes des Anschlagvorgangs addiert. Das resultie-
rende Zeitintervall t_n+t_s ist die Einschaltduer $\Delta t_n=t_n+t_s$.
Die Einschaltduer Δt ist die Zeitspanne, die der Zugmag-
net 41 mit der Steuerspannung U_B bei der Umge-
bungstemperatur ϑ_a beaufschlagt werden muss, damit das Er-
reichen der Endlage sichergestellt ist.

[0056] Wäre die Umgebungstemperatur ϑ_a nicht be-
kannt, müsste die Beaufschlagung mit der Steuerspan-
nung U_B mindestens für die Zeitspanne t_3+t_s erfolgen, um
das Erreichen der Endlage über den gesamten Tem-
peraturbereich zwischen minimaler und maximaler Umge-
bungstemperatur $\vartheta_{a\min}$ bis $\vartheta_{a\max}$ zu gewährleisten.
Durch die Bestimmung der Einschaltduer Δt_n in Abhän-
gigkeit sowohl von der Steuerspannung U_B als auch der
Umgebungstemperatur ϑ_a wird die Beaufschlagungszeit
verringert.

[0057] Dies ermöglicht einen energieoptimierten Be-
trieb des Triebystems 41 auch für Tieftemperaturan-
wendungen, wie beispielsweise Batterieschutzschalter
von Schienenfahrzeugen, deren erforderlicher Funkti-
onstemperaturbereich zwischen -60°C und 85°C liegt.

[0058] Fig. 2 zeigt das Kennlinienfeld der Spannung
 U_{ZM} und des Stroms I_{ZM} des elektromagnetischen Trieb-
systems 41 bei festgehaltener Umgebungstemperatur ϑ_a
als Funktion der Zeit t in Abhängigkeit von der Steuer-
spannung U_B .

[0059] Der zeitliche Verlauf der Spannung U_{ZM} am
Triebystem 41 ist für drei verschiedene
Steuerspannungen U_B dargestellt: die maxi-
male Steuerspannung $U_{B\max}$, die Nennspannung U_{BNenn} und

die minimale Steuerspannung $U_{B\min}$. Das sichere Erreichen der Endlage muss über den gesamten Steuerspannungsbereich von $U_B=U_{B\min}$ bis $U_B=U_{B\max}$ gewährleistet sein.

[0060] Je größer die Steuerspannung U_B , desto schneller wird die Endlage erreicht. Die Endlage ist durch eine Spannungsspitze Z gekennzeichnet. Die Einschaltzeitdauer Δt_n ergibt sich aus der Zeit t_n , zu der die Flanke der Spannungsspitze Z abgefallen ist, zuzüglich eines Sicherheitsintervalls t_s .

[0061] Wäre der Wert der Steuerspannung U_B nicht bekannt, müsste als Zeitdauer der Beaufschlagung des Zugmagneten 41 die längste Zeitdauer gewählt werden, d.h. die Zeitdauer t_3+t_s , die für eine Beaufschlagung mit der minimalen Steuerspannung $U_{B\min}$ zum Erreichen der Endlage notwendig ist.

[0062] Die Bestimmung der Einschaltzeitdauer Δt_n in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur ϑ_a und der Steuerspannung U_B ermöglicht eine Verringerung der Dauer der Beaufschlagung des Triebsystems 41. Dies ermöglicht einen energieoptimierten Betrieb des Triebsystems 41, insbesondere für Steuerspannungsquellen mit einem weiten Spannungsbereich, wie beispielsweise für Batterieschutzschalter von Schienenfahrzeugen, bei denen der sichere Anzug in einem weiten Spannungsbereich von 65V bis 150V gewährleistet sein muss, wobei die Nennsteuerspannung der Batterie 110V beträgt.

[0063] In **Fig. 3** ist ein Prinzipschaltbild einer Schaltungsanordnung zum Betrieb eines elektromagnetischen Triebsystems 41 gemäß einer Ausgestaltung der Erfahrung dargestellt.

[0064] Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das elektromagnetische Triebsystem 41 ein Zugmagnet eines Batterieschutzschalters, bevorzugt eines Batteriemanagementsystems in einem Schienenfahrzeug, beispielsweise ein Batterieschutzschalter des Typs BMR-437-01-V-S0-07-110-200A.

[0065] Das elektromagnetische Triebsystem 41 weist ein thermisch abhängiges Anzugverhalten auf. Das Anzugverhalten ist in **Fig. 1** und **Fig. 2** qualitativ dargestellt. Das Anzugverhalten ist von der Umgebungstemperatur ϑ_a des elektromagnetischen Triebsystems 41, der Steuerspannung U_B und der Beaufschlagungsdauer abhängig. Anstelle der Umgebungstemperatur ϑ_a des elektromagnetischen Triebsystems 41 kann auch die Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebsystems 41 als Referenzwert verwendet werden.

[0066] Für einen Batterieschutzschalter, insbesondere eines Batteriemanagementsystems eines Schienenfahrzeugs, muss der sichere Anzug des elektromagnetischen Triebsystems 41, insbesondere des Zugmagneten, in einem weiten Spannungsbereich U_B von $U_{B\min}=65V$ bis $U_{B\max}=150V$ sichergestellt sein. Die Nennbatteriespannung U_{BNenn} beträgt im dargestellten Ausführungsbeispiel $U_{BNenn}=110V$. Der erforderliche Funktionstemperaturbereich beträgt -60°C bis 85°C. Das heißt, der sichere Anzug muss im gesamten Intervall von $\vartheta_{amin}=-60^\circ C$ bis $\vartheta_{amax}=85^\circ C$

gewährleistet sein.

[0067] Ein einfaches elektromagnetisches Triebssystem 41 ohne Vorschaltgerät kann einen sicheren Anzug in einem solch weiten Steuerspannungsbereich U_B nicht gewährleisten. Auch ist der sichere Anzug bei tiefen Temperaturen ϑ_a ohne Vorschaltgerät nicht gewährleistet. Bei tiefen Temperaturen ϑ_a verändert sich das Magnetsystem des elektromagnetischen Triebsystems 41, so dass längere Beaufschlagungszeiten notwendig werden, um den sicheren Anzug zu gewährleisten. Beispielsweise verändern sich die magnetischen Eigenschaften und die Gleiteigenschaften des Ankers. Dem Magnetsystem muss bei tieferen Temperaturen ϑ_a mehr Energie zugeführt werden, um den Anzug auszulösen.

[0068] Zur Gewährleistung des sicheren Anzugs auch bei tiefen Temperaturen ϑ_a und bei einem weiten Steuerspannungsbereich U_B ist eine Schaltungsanordnung vorgesehen. Diese Schaltungsanordnung stellt sicher, dass sowohl bei tiefen Temperaturen ϑ_a , **Fig. 1**, als auch bei niedriger Steuerspannung U_B , **Fig. 2**, der Anzug gewährleistet ist, d.h. genügend Zeit zur Verfügung steht, um die notwendige Energie zuzuführen.

[0069] Die Schaltungsanordnung weist deshalb eine Steuerschaltung 1 auf, die der Ansteuerstufe 2 zumindest einen Ansteuerparameter zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebsystems 41 anhand des ersten Kennwerts und des zweiten Kennwerts setzt. Der erste Kennwert zeigt eine Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebsystems 41 und/oder eine Umgebungstemperatur ϑ_a an. Der zweite Kennwert zeigt die Steuerspannung U_B an. Insbesondere umfasst der zumindest eine Ansteuerparameter die Einschaltzeitdauer Δt_n . Die Steuerschaltung 1 und die Ansteuerstufe 2 werden mittels einer Stromversorgung 5 mit einer Steuerstromversorgungsspannung U_s , vorliegend mit $U_s=15VDC$, gespeist. Die Stromversorgung 5 ist durch einen schnellen Aufbau der Steuerstromversorgungsspannung U_s gekennzeichnet.

[0070] Die Schaltungsanordnung weist eine Temperaturfassungsschaltung zur Erfassung des die Temperatur ϑ_c des elektromagnetischen Triebsystems 41 und/oder die Umgebungstemperatur ϑ_a anzeigen den ersten Kennwerts auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Temperaturfassungsschaltung einen Temperatursensor 42, bevorzugt einen Heissleiter oder NTC-Widerstand. Der Temperatursensor 42 ist mit dem elektromagnetischen Triebsystem 41, insbesondere der Spule des Zugmagneten 41, thermisch gekoppelt.

[0071] Des weiteren weist die Steuerschaltung 1 eine Spannungserfassungsschaltung 11 zur Erfassung des die Steuerspannung U_B anzeigen den zweiten Kennwerts auf. Die Spannungserfassungsschaltung 11 erfasst beispielsweise die eingehende Steuerspannung U_B über ein Eingangsfilter.

[0072] Die Schaltungsanordnung weist ferner eine Verknüpfungsschaltung 12 zur Verknüpfung des ersten Kennwertes und des zweiten Kennwertes auf, wobei die Verknüpfungsschaltung 12 den Ansteuerparameter, insbesondere die Einschaltzeitdauer Δt_n , anhand eines Kenn-

linienfelds in Abhängigkeit von dem ersten Kennwert und dem zweiten Kennwert setzt. Die Verknüpfungsschaltung 12 weist einen ersten und einen zweiten Eingang auf, wobei der erste Eingang mit einem Ausgang der Spannungserfassungsschaltung 11 verbunden ist und wobei der zweite Eingang mit einem Ausgang der Temperaturfassungsschaltung, insbesondere dem Temperatursensor 42, verbunden ist.

[0073] Die Verknüpfungsschaltung 12 bestimmt die Einschaltzeitdauer Δt_n unter Berücksichtigung des Kennlinienfelds des zeitlichen Verlaufs der Spannung U_{ZM} am elektromagnetischen Triebssystem 41 in Abhängigkeit von der Temperatur 9_c des elektromagnetischen Triebssystems oder der Umgebungstemperatur 9_a einerseits und der Steuerspannung U_B andererseits. Die Verknüpfungsschaltung 12 weist einen Ausgang zur Ausgabe eines Spannungsäquivalents der so bestimmten Einschaltzeitdauer Δt_n auf.

[0074] Die Steuerschaltung 1 weist außerdem eine Sollwertaufbereitung 13 zur Erzeugung einer angepassten Spannung U_{tsoll} auf. Ein Eingang der Sollwertaufbereitung 13 ist mit der Verknüpfungsschaltung 12 verbunden. Die Sollwertaufbereitung 13 erzeugt die angepasste Spannung U_{tsoll} aus dem von der Verknüpfungsschaltung 12 empfangenen Spannungsäquivalent der Einschaltzeitdauer Δt_n .

[0075] Die Steuerschaltung 1 ist mit der Ansteuerstufe 2 verbunden und stellt dieser den Ansteuerparameter, d.h. insbesondere die unter Berücksichtigung des die Temperatur 9_a des elektromagnetischen Triebssystems 41 und/oder die Umgebungstemperatur 9_c anzeigen ersten Kennwerts und des die Steuerspannung U_B anzeigen zweiten Kennwerts bestimmte Einschaltzeitdauer Δt_n , bereit.

[0076] Die Steuerschaltung 1 leitet der Ansteuerstufe 2 die in der Sollwertaufbereitung 13 erzeugte angepasste Spannung U_{tsoll} zu.

[0077] Dargestellt ist eine Ansteuerstufe 2 mit PWM-Schaltung 21 und einer Treiberschaltung 22 für eine nachgeschaltete Leistungsstufe 3. Die PWM-Schaltung 21 weist eine monostabile Kippstufe 211 auf, mittels derer die in der Sollwertaufbereitung 13 erzeugte angepasste Spannung U_{tsoll} in ein Einschaltintervall t_{soi} der PWM-Schaltung 21 umgewandelt wird. Die Impulse der PWM-Schaltung werden über die Treiberschaltung 22 der Leistungsstufe 3 zugeleitet, so dass das elektromagnetische Triebssystem 41 beaufschlagt wird.

[0078] Die Leistungsstufe 3 weist einen Ausgangsgleichrichter 33 mit Glättung auf, so dass die Beaufschlagung des elektromagnetischen Triebssystems 41 mit Gleichspannung erfolgt. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Leistungsstufe 3 einen Leistungstransistor 31 und einen Übertrager 32 auf.

[0079] Durch die Speisung des elektromagnetischen Triebssystems 41 mit einer Gleichspannung wird die Stör-aussendung, insbesondere bei längeren Verbindungsleitungen zwischen der Schaltungsanordnung und dem elektromagnetischen Triebssystem 41, verringert.

[0080] Die Schaltungsanordnung ist ferner mit einer Stromregelung ausgestattet. Über den Shuntwiderstand R_{sh} wird der Hauptstrom im Leistungskreis 3 erfasst und der Spannungserfassungsschaltung 11 zugeführt.

[0081] Somit wird eine Schaltungsanordnung zum Betrieb eines elektromagnetischen Triebssystems 41, insbesondere eines Zugmagneten 41 eines Batterieschutzschalters, zur Verfügung gestellt, die einen energieoptimalen Betrieb ermöglicht.

[0082] In Fig. 4 ist ein Prinzipschaltbild einer Schaltungsanordnung zum Betrieb eines elektromagnetischen Triebssystems 41, insbesondere eines Zugmagneten 41 eines Batterieschutzschalters, gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung dargestellt.

[0083] Gemäß der dargestellten Ausgestaltung ist eine Temperaturfassungsschaltung in der Verknüpfungsschaltung 12 angeordnet, insbesondere erfolgen Verknüpfung und Temperaturfassung in einer Schaltung. Die Temperaturfassungsschaltung bestimmt den die

Temperatur 9_c des elektromagnetischen Triebssystems 41 und/oder die Umgebungstemperatur 9_a des elektromagnetischen Triebssystems 41 anzeigen ersten Kennwert mittels eines analogen Berechnungsverfahrens und verknüpft diesen mit dem mittels der Spannungserfassungsschaltung 11 erfassten die Steuerspannung U_B anzeigen zweiten Kennwert.

[0084] In der dargestellten Ausführungsform werden die Spannung U_{ZM} am elektromagnetischen Triebssystem 41 und der Strom I_{ZM} im elektromagnetischen Triebssystem 41 über die Erfassungsschaltung 11 erfasst. Die Erfassungsschaltung 11 weist ein Eingangsfilter für U_B und die am Shuntwiderstand R_{sh} abfallende Spannung U_{Rsh} auf. Bevorzugt ist das Eingangsfilter auf 500Hz eingestellt. Die Erfassungsschaltung 11 weist eine Einheit 111 zur Potentialtrennung, insbesondere einen Optokoppler z.B. des Typs CNY17-4, auf, dem die Spannung U_{ZM} zugeführt wird. Die Filterung von U_{ZM} und I_{ZM} bzw. URSH erfolgt beispielsweise mit einem Filter des Typs LMC 6482.

[0085] Die Ausgangssignale der Erfassungsschaltung 11, insbesondere des Eingangsfilters, werden der Verknüpfungsschaltung 12 zugeführt. Die Verknüpfungsschaltung 12 weist in der dargestellten Ausführungsform einen Riemannintegrator auf. Im Riemannintegrator werden die Spannung U_{ZM} am Zugmagneten 41 und der Strom I_{ZM} im Zugmagneten 41 für ein Integrationsintervall t_R gemessen und eine äquivalente Spannung durch Quotientenbildung aus U_{ZM} und I_{ZM} bzw. U_{Rsh} gebildet.

[0086] Das Integrationsintervall t_R wird durch einen Analogschalter 121 in Zweifachausführung, der durch eine monostabile Kippstufe 122 angesteuert wird, definiert. In der dargestellten Ausführungsform ist der Analogschalter 121 beispielsweise vom Typ MAX 320 MJA und die monostabile Kippstufe vom Typ NE 555 FE. Das Stromsignal I_{ZM} bzw. U_{Rsh} wird über einen Widerstand R_1 , beispielsweise $R_1=10\text{k}\Omega$, einem Operationsverstärker 123 für die Division zugeführt. Der Operationsverstärker 123 ist beispielsweise vom Typ AD 711. In der Multiplikator-

stufe 124 wird das Produkt aus Spannungssignal U_{ZM} und inversem Strom $1/I_{ZM}$, d.h. der Quotient aus Spannung U_{ZM} und Strom I_{ZM} gebildet.	1	Steuerschaltung
[0086] Das Integrationsintervall t_R ist dabei sehr viel kleiner gewählt als die minimale Einschaltzeit $\Delta t_{min} = t_{min} + t_s$. Hierdurch wird sichergestellt, dass die minimale Einschaltzeit $\Delta t_{min} = t_{min} + t_s$ durch die Erzeugung des Spannungsäquivalents bzw. der angepassten Spannung U_{tsoll} zur Ansteuerung der Ansteuerstufe 2, insbesondere der PWM-Schaltung 21, nicht beeinflusst wird.	11	Spannungserfassungsschaltung zur Erfassung des die Steuerspannung U_B anzeigen den zweiten Kennwerts
[0087] Der Quotient wird der Sollwertaufbereitung 13 zugeleitet. Die Sollwertaufbereitung 13 weist einen Abtast-Halte-Schaltkreis 132 auf. Der Abtast-Halte-Schaltkreis 132 wird über die monostabile Kippstufe 122 als Zeitgeber geschaltet. Dazu wird das Ausgangssignal der monostabilen Kippstufe 122 einem Negator 131 zugeleitet, der mit dem Steuereingang des Abtast-Halte-Schaltkreises 132 verbunden ist. Das Ausgangssignal des Abtast-Halte-Schaltkreises 132 wird durch einen Spannungsteiler mit Widerständen R_3, R_4 mit dem In2 verknüpft.	5	Potentialtrennung mit Optokoppler
[0088] Für kleine t_R , d.h. kurz nach dem Einschaltmoment $t=0$, steigen sowohl Spannung U_{ZM} als auch Strom I_{ZM} am Zugmagneten 41 exponentiell an, siehe Fig. 5. Aufgrund des exponentiellen Charakters der Spannungs- bzw. Stromkennlinie U_{ZM}, I_{ZM} im Kleinsignalbereich kann das Riemannintegral mit dem Logarithmus von 2, $\ln 2 \approx 0,693$, verknüpft werden. Die Spule des Zugmagneten 41 ist aus einer Kupferleitung gewickelt. Der Widerstand des Zugmagneten R_{ZM} lässt sich somit unter Berücksichtigung des spezifischen Widerstands von Kupfer, gegeben für die entsprechende Temperatur, bestimmen zu: $R_{ZM} = [U_{ZM}/I_{ZM}] \cdot \ln 2$.	11	Eingangsfilter
[0089] Die Ausgangsspannung des Abtast-Halte-Schaltkreises 132 liegt, je nach errechnetem Wert, zwischen 0 und 10VDC, so dass durch das Spannungsteilverhältnis R_3/R_4 die ausgegebene angepasste Spannung U_{tsoll} quasi normiert hergeleitet wird.	12	Verknüpfungsschaltung zur Verknüpfung Steuerspannung U_B und Temperatur ϑ_a, ϑ_c
[0090] Die so erzeugte angepasste Spannung U_{tsoll} gelangt auf den Eingang 211 zur Zeitsteuerung der PWM-Schaltung 21. Mit der Vorsteuerung durch U_B , welche über den Eingang 212 an die PWM-Schaltung 21 gelangt, bestimmt die angepasste Spannung U_{tsoll} die Einschaltzeit Δt_n entsprechend der in Fig. 1 bzw. Fig. 2 dargestellten Kennlinienfelder.	121	Analogschalter in Zweifachausführung
[0091] Die Impulse der PWM-Schaltung 21 werden über die Treiberschaltung 22 der Leistungsstufe 3 zugeleitet, so dass der Zugmagnet 41 beaufschlagt wird.	122	monostabile Kippstufe (Monoflop)
[0092] Die Steuerschaltung 1 sowie die Ansteuerstufe 2 werden durch die Stromversorgung 5 mit 15VDC gespeist. Die Stromversorgung 5 ist durch einen schnellen Aufbau der Versorgungsspannung U_s im Einschaltmoment $t=0$ gekennzeichnet.	123	Operationsverstärkerstufe für Division
BEZUGSZEICHENLISTE	124	Multiplikatorstufe
[0093]	13	Sollwertaufbereitung
	131	Negator
	132	Abtast-und-Halte-Schaltkreis
	2	Ansteuerstufe
	21	Pulsweitenmodulations-Schaltung mit monostabiler Kippstufe
	211	Eingang für Einschaltzeit Δt
	212	Eingang für Vorsteuerung durch Steuerspannung U_B
	213	Eingang für Stromregelung
	22	Treiberschaltung für Leistungsstufe
	3	Leistungsstufe
	25	Leistungstransistor
	31	Übertrager T1
	32	Ausgangsgleichrichtung mit Glättung
	33	elektromagnetisches Triebssystem
	41	Temperatursensor
	42	Steuerstromversorgung
	30	mechanisches System
	5	Steuerstromversorgungsspannung
	6	Steuerspannung, Batteriespannung
	Us	Spannung am elektromagnetischen Triebssystem
	U _B	I _{ZM} Strom im elektromagnetischen Triebssystem
	U _{ZM}	R _{sh} Shuntwiderstand ($0,1\Omega$), induktivitätsarm
		R ₁ Widerstand ($10k\Omega$)
		R ₂ Widerstand ($10k\Omega$)
	40	R ₃ Widerstand ($3,61k\Omega$)
		R ₄ Widerstand ($6,39k\Omega$)
		MB Minuspotential des Hauptstroms
		t Zeit
		to Einschaltzeitpunkt
	45	t _R Integrationsintervall
		t _n Zeitpunkt des Erreichens der Endlage
		ts Sicherheitsintervall
		Δt _n Einschaltzeit
	A	Endlage in Abhängigkeit von der Temperatur ϑ_a bei festgehaltener Steuerspannung U_B
	B	Endlage in Abhängigkeit von der Steuerspannung U_B bei festgehaltener Temperatur ϑ_a
	Z	Spannungsspitze im Anschlagszeitpunkt/Zeitpunkt des Erreichens der Endlage
	55	9 _a Umgebungstemperatur, insbesondere des elektromagnetischen Triebssystems
		9 _c Temperatur des elektromagnetischen Triebssystems

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Betätigen eines elektromagnetischen Triebystems (41) zum Schalten eines mechanischen Systems (6), mit einer Steuerspannungsquelle zur Erzeugung einer Steuerspannung (U_B), einer Ansteuerstufe (2) zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebystems (41) zum Schalten des mechanischen Systems (6) während eines Schaltvorgangs und einer Steuerschaltung (1) zum Steuern der Ansteuerschaltung (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerschaltung (1) ausgebildet ist, einen eine Temperatur (9_c) des elektromagnetischen Triebystems (41) und/oder eine Umgebungstemperatur (9_a) anzeigen den ersten Kennwert und einen die Steuerspannung (U_B) anzeigen zweiten Kennwert zu erfassen und zumindest einen Ansteuerparameter zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebystems (41) anhand des ersten Kennwerts und des zweiten Kennwerts zu setzen.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansteuerstufe (2) ausgebildet ist, das Triebystem (41) durch Anlegen der Steuerspannung (U_B) zum Schalten des mechanischen Systems (6) zu bestromen.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerschaltung (1) ausgebildet ist, als Ansteuerparameter eine Einschaltdauer (Δt_n) zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebystems (41) zu setzen.
4. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerschaltung (1) eine Verknüpfungsschaltung (12) aufweist, wobei die Verknüpfungsschaltung (12) den Ansteuerparameter anhand eines Kennlinienfelds in Abhängigkeit von dem ersten Kennwert und dem zweiten Kennwert setzt.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verknüpfungsschaltung (12) ein Spannungsäquivalent der Einschaltdauer (Δt_n) ausgibt.
6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerschaltung (1) eine Sollwertaufbereitungsstufe (13) zur Erzeugung einer angepassten Spannung (U_{tSoll}) zur Weiterleitung an die Ansteuerstufe (2) aufweist, wobei der Sollwertaufbereitungsstufe (13) das in der Verknüpfungsschaltung (12) erzeugte Spannungsäquivalent zugeleitet wird.
7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Temperaturerfassungsschaltung mit der Verknüpfungsschaltung (12) verbunden ist und einen Temperatursensor (42) zum Messen der eine Temperatur (9_c) des elektromagnetischen Triebystems (41) und/oder eine Umgebungstemperatur (9_a) anzeigen den ersten Kennwerts aufweist.
8. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Temperaturerfassungsschaltung in der Verknüpfungsschaltung (12) angeordnet ist, wobei die Temperaturerfassungsschaltung eine Schaltung zur Berechnung zur Berechnung der eine Temperatur 9_c des elektromagnetischen Triebystems (41) und/oder eine Umgebungstemperatur 9_a anzeigen den ersten Kennwerts anhand eines elektrischen Widerstands (R_{ZM}) des elektromagnetischen Triebystems (41) aufweist.
9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperaturerfassungsschaltung einen Riemannintegrator zur Integration der Spannung (U_{ZM}) am elektromagnetischen Triebystem (41) und des Stroms (I_{ZM}) im elektromagnetischen Triebystem (41) aufweist.
10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sollwertaufbereitungsstufe (13) eine Abtast-Halte-Schaltung (132) aufweist.
11. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansteuerstufe (2) eine Pulsweltenmodulationsschaltung (21) mit einer monostabilen Kippstufe aufweist, wobei ein Steuereingang (211) der monostabilen Kippstufe mit der Steuerschaltung (1) verbunden ist und ein Ausgang der monostabilen Kippstufe mit der Pulsweltenmodulationsschaltung verbunden ist.
12. Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaltungsanordnung eine Leistungsstufe (3) aufweist und die Ansteuerstufe (2) eine Treiberschaltung (22) zur Ansteuerung der Leistungsstufe (3) aufweist.
13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerschaltung (1) und die Pulsweltenmodulationsschaltung (21) als Microcontrollerschaltung ausgeführt sind.
14. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11 oder 12,

dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerschaltung (1), die Pulsweitenmodulationsschaltung (21) und die Treiberschaltung (22) zur Ansteuerung der Leistungsstufe (3) in einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (application-specific integrated circuit, ASIC) oder in einem Hybridschaltkreis angeordnet sind. 5

15. Verfahren zum Betätigen eines elektromagnetischen Triebsystems (41) zum Schalten eines mechanischen Systems (6) mit einer Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,

dadurch gekennzeichnet, dass
durch die Steuerschaltung ein eine Temperatur (ϑ_c) des elektromagnetischen Triebsystems (41) 10
und/oder eine Umgebungstemperatur (ϑ_a) anzeigen- 15
der erster Kennwert und ein die Steuerspannung (U_B) anzeigen- 20
der zweiter Kennwert erfasst werden und durch die Steuerschaltung zumindest ein Ansteuerparameter zur Ansteuerung des elektromagnetischen Triebsystems (41) anhand des ersten Kennwerts und des zweiten Kennwert gesetzt wird.

25

30

35

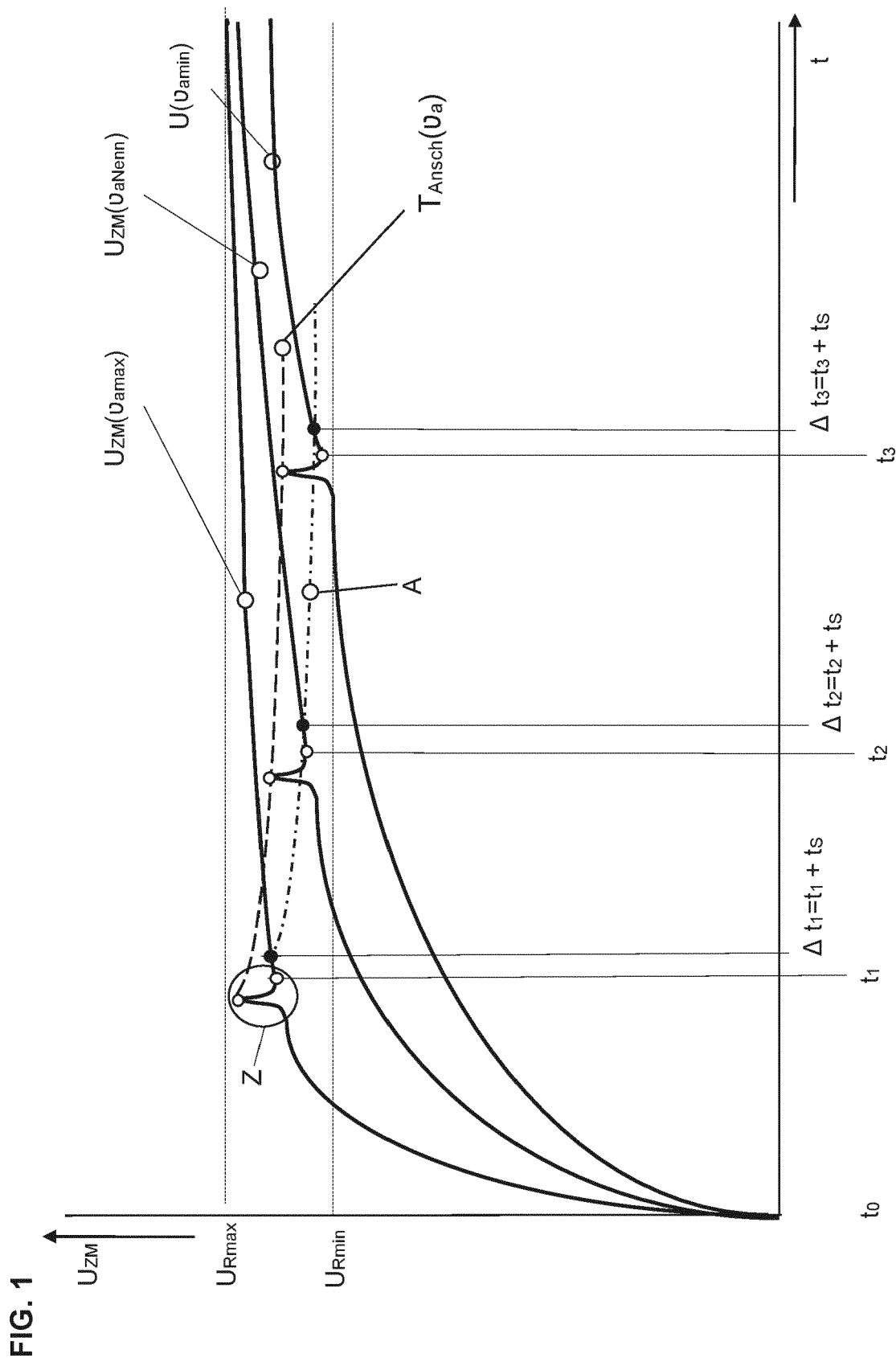
40

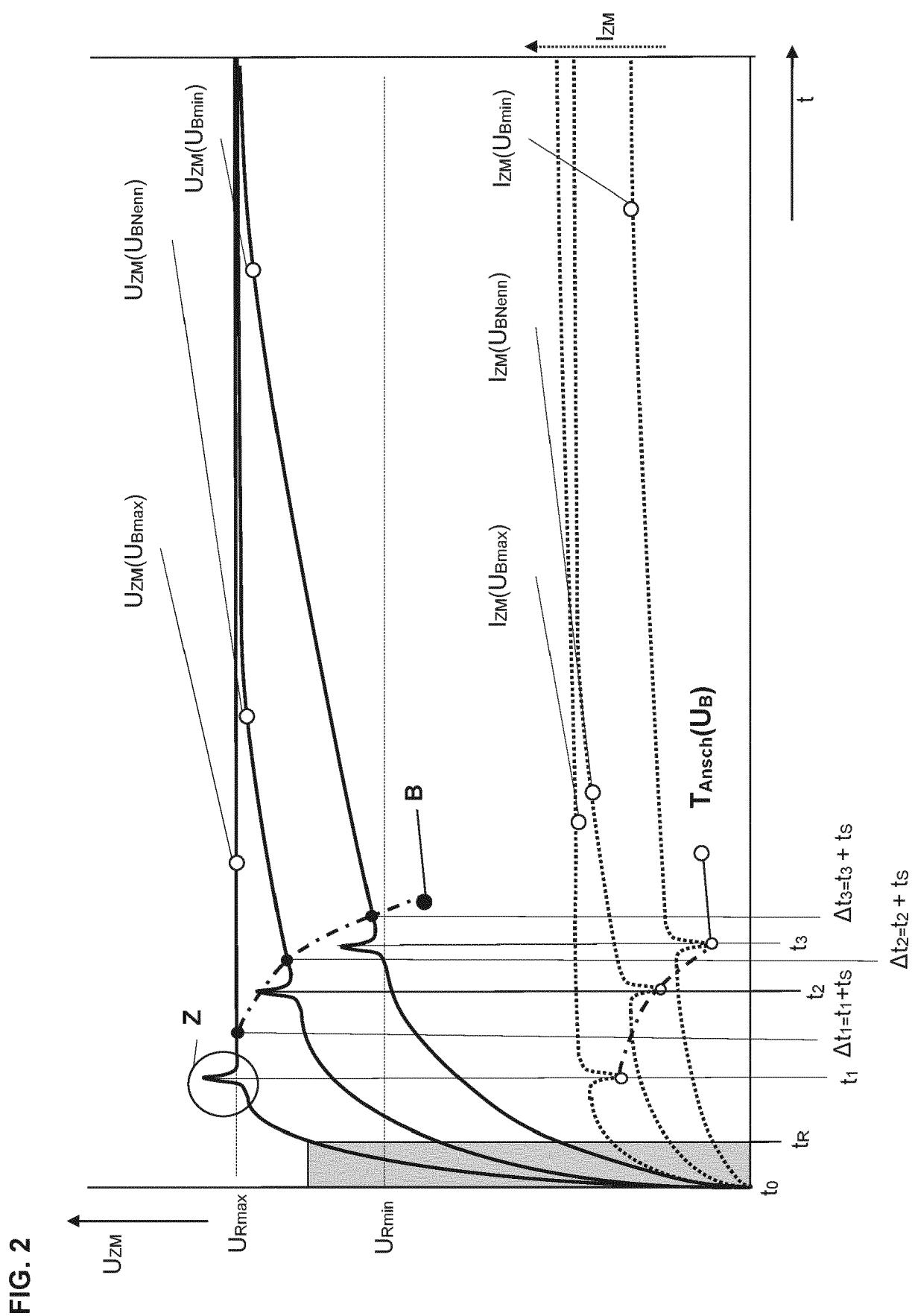
45

50

55

11





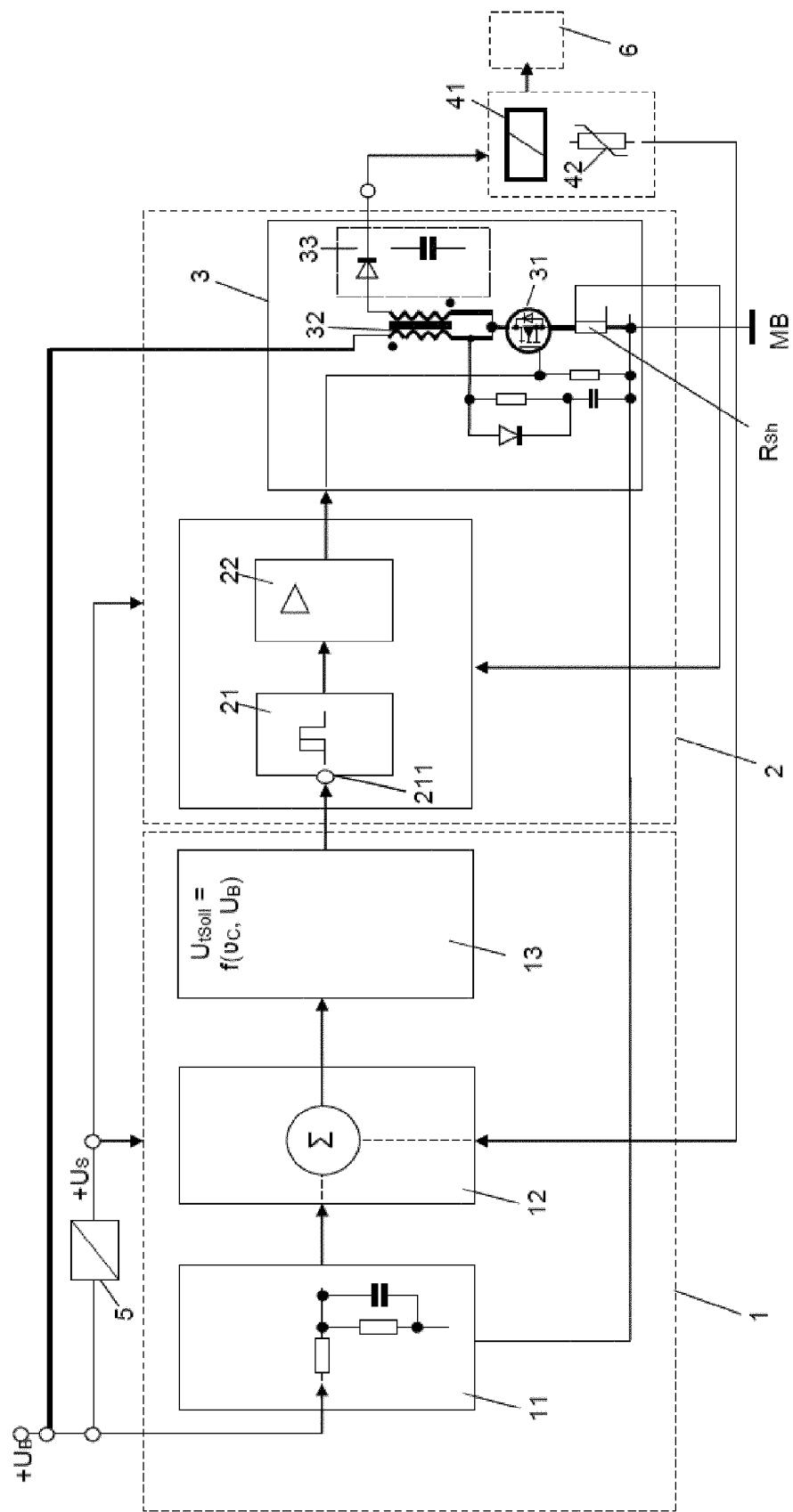


FIG. 3

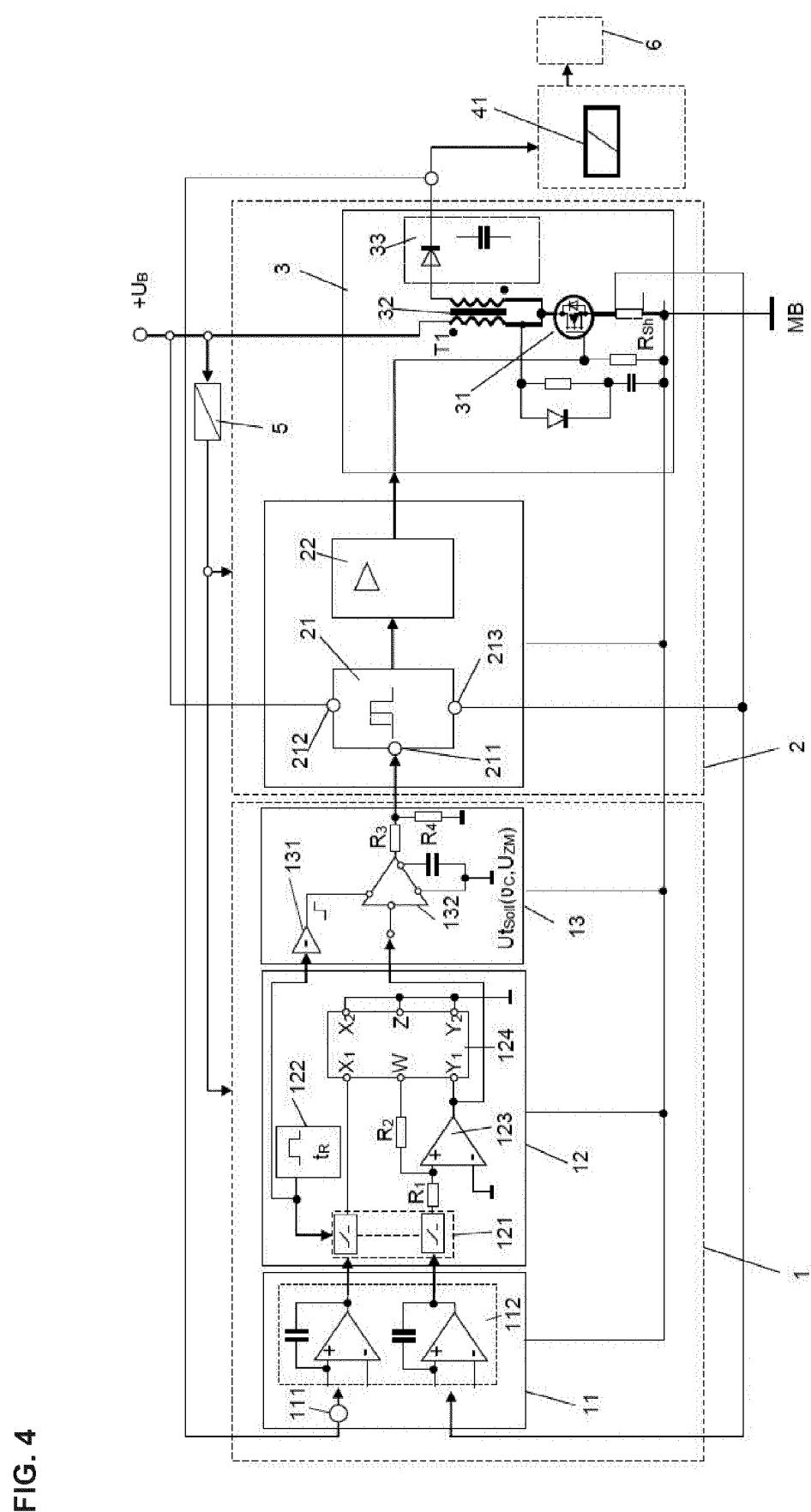
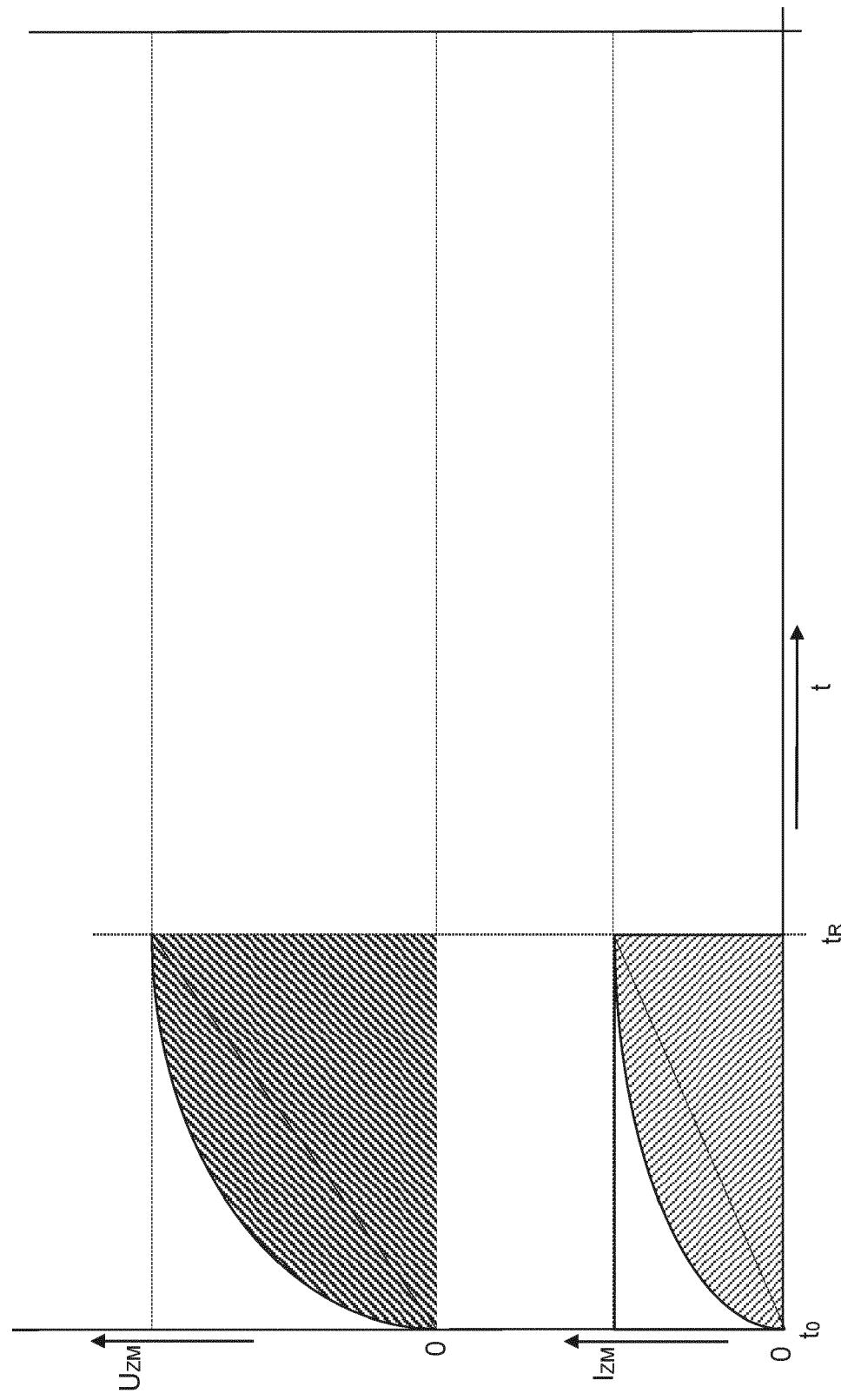


FIG. 4

FIG. 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 0988

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X EP 0 392 058 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Oktober 1990 (1990-10-17) Y * Zusammenfassung; Abbildung 2 * -----	1-13, 15 14	INV. H01H47/02 H01H47/32
15	Y EP 3 316 274 A1 (SAMSUNG SDI CO LTD [KR]) 2. Mai 2018 (2018-05-02) * Absatz [0024] *	14	
20	A US 2001/043450 A1 (SEALE JOSEPH B [US] ET AL) 22. November 2001 (2001-11-22) * Absatz [0026] *	9	
25			
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
			H01H
35			
40			
45			
50	2 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	EPO FORM 1503 03.82 (P04C03) Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 12. April 2022	Prüfer Simonini, Stefano
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 21 0988

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-04-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 0392058 A1	17-10-1990	EP	0392058 A1	17-10-1990
			JP	H02295016 A	05-12-1990
			PT	93734 A	20-11-1990
			US	5107391 A	21-04-1992
20	EP 3316274 A1	02-05-2018	CN	108022793 A	11-05-2018
			EP	3316274 A1	02-05-2018
			KR	20180046839 A	09-05-2018
			US	2018122603 A1	03-05-2018
25	US 2001043450 A1	22-11-2001	CA	2436155 A1	08-08-2002
			EP	1356486 A1	29-10-2003
			JP	2004525592 A	19-08-2004
			KR	20030084915 A	01-11-2003
			US	2001043450 A1	22-11-2001
			US	2006171091 A1	03-08-2006
			WO	02061780 A1	08-08-2002
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2017093552 A [0008]
- DE 102018109594 [0011]