



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
30.10.2024 Patentblatt 2024/44
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61G 3/20 (2006.01) B61G 7/14 (2006.01)
B61L 15/00 (2006.01)
- (21)

Anmeldenummer: 24164083.8
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61G 3/20; B61G 7/14; B61L 15/0081
- (22)

Anmeldetag: 18.03.2024

- (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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN
- (72)

Erfinder:
 - LIU, Cheng
81829 München (DE)
 - CABESTANY PONS, Josep
80802 München (DE)
 - MATHIEU, Michael
86938 Schondorf am Ammersee (DE)
 - FUDERER, Erich
82256 Fürstenfeldbruck (DE)
 - PEDURJAN, Leonid
38268 Lengede (DE)
- (30)

Priorität: 27.04.2023 DE 102023110921
- (71)

Anmelder: KNORR-BREMSE
Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
80809 München (DE)

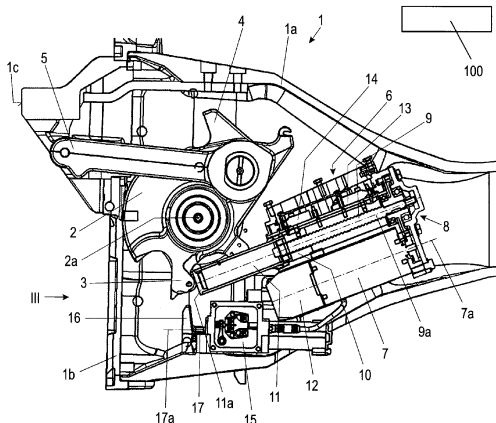
(54)

VERFAHREN ZUR ERKENNUNG EINER FEHLFUNKTION EINER DIGITALEN AUTOMATISCHEN KUPPLUNG EINES SCHIENENFAHRZEUGS UND DIGITALE AUTOMATISCHE KUPPLUNG

(57) Es wird ein Verfahren zur Erkennung einer Fehlfunktion einer digitalen automatischen Kupplung eines Schienenfahrzeugs durch Überwachung eines Motorstroms eines einen Aktuator (6) antreibenden Elektromotors (7) mittels mindestens eines Stromsensors (24) beschrieben, wobei die digitale automatische Kupplung eine Mittelpufferkupplung (1, 1') ist und eine Hakenscheibe (2) mit einem Antriebsabschnitt (3), den Aktuator (6) mit einem Betätigungselement (11), welches mit dem Antriebsabschnitt (3) der Hakenscheibe (2) in Zusammenwirkung steht, den den Aktuator (6) antreibenden Elektromotor (7) mit einer Motorbremse (12), Endschalter (13, 14, 15) und eine Steuereinrichtung (100) umfasst; wobei

der Stromsensor einen Stromfluß in einer Zuleitung des Elektromotors (7) überwacht, mit den Verfahrensschritten (VS1) Kontinuierliches Messen eines Stroms in wenigstens einer Zuleitung des Elektromotors (7) des Aktuators (6); (VS2) Erkennen einer Abweichung des Stromflusses in der Zuleitung des Elektromotors (7) durch Vergleich mit einer Sollkennlinie des Stromflusses in der Zuleitung des Elektromotors (7) bei einer vorbestimmten Aktuatoraktion; (VS3) Drosseln der Stromzufuhr oder Ausschalten des Elektromotors (7) des Aktuators (6) infolge einer erkannten Abweichung. Des Weiteren wird eine digitale automatische Kupplung eines Schienenfahrzeugs beschrieben.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer Fehlfunktion einer digitalen automatischen Kupplung eines Schienenfahrzeugs durch Überwachung eines Motorstroms eines einen Aktuator antreibenden Elektromotors mittels mindestens eines Stromsensors gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Die Erfindung betrifft weiter eine digitale automatische Kupplung eines Schienenfahrzeugs.

[0003] Um die Digitalisierung und Automatisierung im Schienenverkehr voranzutreiben, spielt die Digitale Automatische Kupplung (DAK) eine bedeutende Rolle. Im Weiteren wird für den Begriff Digitale Automatische Kupplung auch die gebräuchliche Abkürzung "DAK" verwendet.

[0004] Im Bereich der automatischen Kupplungen für Schienenfahrzeuge ist beispielsweise die Scharfenbergkupplung bekannt. Sie ist eine starre Mittelpufferkupplung.

[0005] Das Prinzip der Scharfenbergkupplung wird bei der DAK sowohl bei Passagierzügen eingesetzt als auch bei der DAK für Güterzüge präferiert. Der Kupplungsvorgang läuft rein mechanisch ab, die über eine Hakenscheibe und Federpakete in jedem Kupplungskopf realisiert werden.

[0006] Für den Entkupplungsvorgang jedoch werden jedoch Aktuatoren benötigt, die der Federkraft der Federpakete entgegenarbeiten, indem sie die Hakenscheibe in die Lösestellung zurückdrücken. In Passagierzügen werden hierzu in der Regel elektropneumatische Aktuatoren verwendet. Bei Güterzügen ist die Sachlage anders, weshalb eine elektromechanische Lösung präferiert wird.

[0007] Ein elektromechanischer Aktuator funktioniert mithilfe eines Elektromotors, der elektrische Energie in mechanische umwandelt. Wird der Aktuator angesteuert, kommt es im Elektromotor zu einer rotatorischen Bewegung des Rotors. Diese Drehbewegung wird weiter über eine Getriebestufe auf eine Gewindespindel übertragen. Die Gewindespindel ist in ihrer axialen Richtung ortsfest eingebaut.

[0008] Auf der Gewindespindel ist eine Spindelmutter aufgeschraubt, welche in einer Linearführung drehfest, aber linear beweglich ist.

[0009] Die Drehbewegung der Gewindespindel wird mittels der Spindelmutter in eine Linearbewegung umgewandelt, wobei die Linearbewegung auf ein mit der Spindelmutter verbundenes Führungsrohr übertragen wird, welches auf die Hakenscheibe eine entsprechende Kraft einleitet, um diese aus einer Kupplungsstellung in eine Entkupplungsstellung zu verschwenken.

[0010] Nach vollständigem Entkuppeln der beiden Züge/Wagons kann der elektromechanische Aktuator in seine Ausgangsstellung zurückgefahren werden.

[0011] Nichtsdestotrotz können hier mehrere mögliche Fehlerfälle auftreten, die u.a. durch Fehlbedienungen ausgelöst werden, aber auch aus dem Versagen mechanischer und elektrischer Komponenten resultieren könnten. Die Fehlerfälle können dabei zu Schäden in und am Aktuator und schlimmstenfalls sogar zu seiner Zerstörung führen.

[0012] Zur Erkennung eines solchen Fehlerfalls ist grundsätzlich der Einsatz verschiedener Sensoriken für den elektromechanischen Aktuator sinnvoll, um den aktuellen Zustand des Aktuators an die Aktuatorsteuerung und auch an das übergeordnete System zu melden.

[0013] So werden insbesondere Stromsensoren sehr häufig zur Zustandsbestimmung eines solchen Aktuators eingesetzt. Diese werden an den Zuleitungen zum Elektromotor eingebaut und messen die Phasenströme, die physikalisch direkt mit dem erzeugten Drehmoment des Motors zusammenhängt. Zudem dienen die Stromsensoren oft auch zum Erkennen von zu hohen Strömen, die die Wicklungen des Elektromotors gegebenenfalls dauerhaft beschädigen könnten.

[0014] Dementsprechend besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein geeignetes Verfahren zur Erkennung einer Fehlfunktion einer digitalen automatischen Kupplung eines Schienenfahrzeugs durch Überwachung eines Motorstroms eines einen Aktuator antreibenden Elektromotors mittels mindestens eines Stromsensors bereitzustellen, wobei die oben genannten Nachteile behoben oder zumindest in bedeutender Weise reduziert werden und eine praktikable, zuverlässige und auch kostengünstige Lösung bieten.

[0015] Eine weitere Aufgabe besteht darin, eine digitale automatische Kupplung eines Schienenfahrzeugs mit einer einfachen und kostengünstigen Fehlfunktionserkennung bereitzustellen.

[0016] Die vorliegende Erfindung beruht auf der Verwendung eines Stromsensors in einem elektromechanischen Aktuator in einer Digitalen Automatischen Kupplung.

[0017] Die erste Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erkennung einer Fehlfunktion einer digitalen automatischen Kupplung eines Schienenfahrzeugs durch Überwachung eines Motorstroms eines einen Aktuator antreibenden Elektromotors mittels mindestens eines Stromsensors, wobei die digitale automatische Kupplung eine Mittelpufferkupplung ist und eine Hakenscheibe mit einem Antriebsabschnitt, den Aktuator mit einem Betätigungselement, welches mit dem Antriebsabschnitt der Hakenscheibe in Zusammenwirkung steht, den den Aktuator antreibenden Elektromotor mit einer Motorbremse, Endschalter und eine Steuereinrichtung umfasst, wobei der Stromsensor einen Stromfluß in einer Zuleitung des Elektromotors überwacht, umfasst die Verfahrensschritte (VS1) Kontinuierliches Messen eines Stroms in wenigstens einer Zuleitung des Elektromotors des Aktuators; (VS2) Erkennen einer Abweichung des Stromflusses in der

Zuleitung des Elektromotors durch Vergleich mit einer Sollkennlinie des Stromflusses in der Zuleitung des Elektromotors bei einer vorbestimmten Aktuatoraktion; und (VS3) Drosseln der Stromzufuhr oder Ausschalten des Elektromotors des Aktuators infolge einer erkannten Abweichung.

[0019] Der Stromsensor und seine Verwendung stellt eine wichtige Komponente für die Ansteuerung des Aktuators dar, da bis auf drei Endlagenschalter ansonsten keine weiteren Sensoriken ihre Anwendungen finden.

[0020] Damit wird die Komplexität und somit auch die Ausfallwahrscheinlichkeit des Systems gesenkt, da weniger Komponenten zum Einsatz kommen.

[0021] Zudem ist durch die Nutzung des wenigstens einen Stromsensors für das Fehlererkennungsverfahren auch äußerst kostengünstig, da, wie oben erwähnt, keine weiteren Sensoriken eingesetzt werden müssen.

[0022] Vorteilhafte Ausführungsvarianten sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0023] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der die Sollkennlinie der vorbestimmten Aktuatoraktion einen ansteigenden Stromverlauf nach einer Zeitdauer beschreibt, wird in Verfahrensschritt (VS2) erkannt, dass der gemessene Stromverlauf kein Ansteigen nach der bestimmten Zeitdauer zeigt.

[0024] Eine solche Abweichung des gemessenen Stromverlaufs von der Sollkennlinie tritt beispielsweise bei der Erkennung eines bereits entkuppelten Zustands der DAK auf und ermöglicht so durch Drosseln der Stromzufuhr oder Ausschalten des Elektromotors des Aktuators eine Beschädigung des Aktuators zu verhindern.

[0025] Bei einer alternativen Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der die Sollkennlinie der vorbestimmten Aktuatoraktion einen gleichbleibenden Stromverlauf über eine Zeitdauer beschreibt, wird in Verfahrensschritt (VS2) erkannt, dass der gemessene Stromverlauf ein Ansteigen nach einer bestimmten Zeitdauer zeigt.

[0026] Eine solche Abweichung des gemessenen Stromverlaufs von der Sollkennlinie tritt beispielsweise bei der Erkennung eines Zurückschiebens der Hakenscheibe durch die Federpakete auf, wenn die Verriegelung der Hakenscheibe in der entkuppelten Stellung fehrgeschlagen ist.

[0027] Die Sollkennlinie beruht hier auf dem gleichmäßigen langsamen Zurückfahren des Betätigungselements, im eingangs genannten Beispiel des mit der Spindelmutter verbundenen und von der Hakenscheibe entkoppelten Führungsrohrs, in die Ausgangsstellung.

[0028] Durch die unerwartete Kraftausübung der Hakenscheibe auf das Betätigungselement wird ein sehr hoher Strom generiert, der von dem Stromsensor gemessen und umgehend an die Aktuatorsteuerung gemeldet wird, sodass der Elektromotor eine Kurzschlussstellung einnimmt, der wie eine elektrodynamische Bremse wirkt und den Rückstoß des Betätigungselements abmildert.

[0029] Folglich wird auch der Stromrückfluss begrenzt, um insbesondere Schäden an den Wicklungen des Elektromotors sowie an den Verkabelungen und den Steckverbindern zu verhindern.

[0030] Bei einer nochmals alternativen Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der die Sollkennlinie der vorbestimmten Aktuatoraktion einen ansteigenden Stromverlauf über eine Zeitdauer beschreibt, wird in Verfahrensschritt (VS2) erkannt, dass der gemessene Stromverlauf ein stärkeres Ansteigen nach der bestimmten Zeitdauer zeigt.

[0031] Dieser Fehlerfall betrifft insbesondere das Lösen der DAK unter Längskraft im Zug.

[0032] Hierbei entsteht das Problem, dass das Motormoment eventuell nicht ausreichend ist bzw. nicht über den benötigten Zeitraum anliegen darf, da der Elektromotor ansonsten heiß läuft. Ein Stromsensor erkennt hier einen unerwartet hohen Lastanstieg, sodass die Steuerung den Elektromotor zurückfährt, um den Vorgang unter diesen Voraussetzungen abubrechen.

[0033] Die erfindungsgemäße digitale automatische Kupplung eines Schienenfahrzeugs, weist ein Gehäuse und eine Hakenscheibe mit einem Antriebsabschnitt auf, einen Aktuator mit einem Betätigungselement, welches mit dem Antriebsabschnitt der Hakenscheibe in Zusammenwirkung steht, einen Elektromotor mit einer Motorbremse, Endschalter, eine Steuereinrichtung und eine durch mindestens einen Stromsensor mit einer Auswertung gebildete Überwachung des Motorstroms des Elektromotors, wobei der mindestens eine Stromsensor in einer Zuleitung des Elektromotors angeordnet ist, und wobei die Steuereinrichtung eine aus vier MOSFETs bestehende H-Brücke aufweist, wobei der Stromsensor zwischen einer Versorgungsspannungsquelle der Steuereinrichtung und der H-Brücke angeordnet ist.

[0034] Ein Vorteil einer solchen H-Brücke besteht im einfachen und kostengünstigen Aufbau der Fehlerüberwachung mit Standardkomponenten.

[0035] Wie bereits vorher erwähnt, überwacht der Stromsensor, der unter Umständen auch redundant ausgeführt werden kann, den elektrischen Strom in den Zuleitungen zum Motor, um Überstrom über eine längere Zeitdauer zu erkennen, damit das System entsprechend schnell reagieren kann. Beispielsweise kann hier die Stromzufuhr heruntergefahren oder auch abgeschaltet werden, um den nachfolgenden Motor vor Schäden zu schützen, die den Motor eventuell dauerhaft schädigen oder sogar zerstören würden.

[0036] Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Draufsicht und Teilschnittansicht eines inneren Aufbaus eines Ausführungs-

beispiels einer erfindungsgemäßen Mittelpufferkupplung in einer gelösten Stellung;

Figur 2 zwei erfindungsgemäße Mittelpufferkupplungen nach Figur 1 jeweils in gelöster Stellung;

5 Figur 3 eine vergrößerte schematische Ansicht des Bereiches III in Figur 1;

Figur 4 und 5 schematische Ablaufdiagramme in Blockdarstellung von erfindungsgemäßen Verfahren zum Ansteuern der erfindungsgemäßen Mittelpufferkupplung nach Figur 1,

10 Figur 6 eine schematische Darstellung einer H-Brücke zur Ansteuerung des Motors,

Figur 7 schematischer Aufbau der Ansteuerungselektronik mit einem Stromsensor,

Figur 8 schematischer Aufbau der Ansteuerungselektronik mit zwei Stromsensoren,

15 Figur 9a ein schematisches Stromverlaufdiagramm beim elektrischen Öffnen der Bremse ohne arretierten Anker,

Figur 9b ein schematisches Stromverlaufdiagramm beim elektrischen Schließen der Bremse ohne arretierten Anker,

20 Figur 10 eine der Figur 4 entsprechende Darstellung mit einem zusätzlichen Stromsensor an einer Zuleitung der Motorbremse,

25 Figur 11 eine der Figur 5 entsprechende Darstellung mit einem zusätzlichen Stromsensor an einer Zuleitung der Motorbremse, und

Figuren 12 und 13 der Figur 5 entsprechende Darstellungen mit redundantem Stromsensor an der Motorbremse.

30 **[0037]** In **Figur 1** ist eine schematische Draufsicht und Teilschnittansicht eines inneren Aufbaus eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Mittelpufferkupplung 1 in einer gelösten Stellung dargestellt.

[0038] **Figur 2** zeigt zwei erfindungsgemäße Mittelpufferkupplungen 1, 1' nach Figur 1 jeweils in gelöster Stellung, wobei die beiden Mittelpufferkupplungen 1, 1' entweder gerade von einander gelöst sind oder vor einem Einkuppelungs-

35 **[0039]** Es wird der grundsätzliche Aufbau der Mittelpufferkupplung 1 veranschaulicht sowie die wesentlichen Komponenten des Aktuatorsystems benannt.

[0040] Die Mittelpufferkupplung 1 umfasst ein Gehäuse 1a, eine Hakenscheibe 2 mit einem Antriebsabschnitt 3, einem Abtriebsabschnitt 4 und einer Schwenkachse 2a, eine Öse 5, einen Aktuator 6 mit einem Betätigungselement 11, wobei das Betätigungselement 11 ein Druckrohr ist und (hier über einen Druckkopf 11a) mit dem Antriebsabschnitt 3 der Hakenscheibe 2 in Zusammenwirkung steht, einen Elektromotor 7 und Endschalter 13, 14, 15.

40 **[0041]** In diesem Ausführungsbeispiel wird für den Elektromotor 7 ein Gleichstrommotor bzw. DC-Motor als Hauptantrieb zur Entkupplung bzw. zum Lösen der Mittelpufferkupplung 1 verwendet, da dieser vergleichsweise kostengünstig und auf einfache Art und Weise angesteuert und umgesteuert werden kann (beispielsweise durch Relais oder/und Leistungshalbleiter).

45 **[0042]** Der Elektromotor 7 ist mit einer Motorbremse 12 und einem Getriebe 8 gekoppelt.

[0043] Die Motorbremse 12 ermöglicht es dem Elektromotor 7, eine Position zu halten, wie beispielsweise in einer Pufferstellung. Die Pufferstellung ist in Figur 1 gezeigt, wobei die Mittelpufferkupplung 1 gelöst ist, d.h. sich in einer Lösestellung befindet.

[0044] Der Aktuator 6 weist das Getriebe 8 (hier als Stirnradgetriebe mit Übersetzung von ca. 1:2 mit einer Getriebe-
50 stufe) sowie einen Kugelgewindetrieb für eine Linearbewegung des Betätigungselementes 11 auf. Das Betätigungselement 11 wird hier auch als Druckrohr bezeichnet.

[0045] Der Kugelgewindetrieb mit einer Mittelachse 6 umfasst eine Gewindespindel 9 und eine Spindelmutter 10, die mit dem Betätigungselement 11 fest verbunden ist und verdrehfest in dem Aktuator 6 in nicht näher beschriebener Weise längsverschiebbar geführt ist.

55 **[0046]** Der Elektromotor 7 und die Motorbremse 12 weisen eine gemeinsame Motorachse 7a auf, welche hier parallel zu der Mittelachse 6 des Kugelgewindetriebs verläuft.

[0047] In dem Aktuator 6 sind zudem ein erster und ein zweiter mechanisch betätigbarer Endschalter 13 und 14 für Anfangs- und Endposition des Betätigungselementes 11 angeordnet. Diese beiden Endschalter 13 und 14 werden hier

durch die Spindelmutter 10 betätigt.

[0048] Ein dritter Endschalter 15 ist in dem Gehäuse 1a am Ende einer Öffnung 1b für den Gegenkupplungskopf einer mit dieser Mittelpufferkupplung 1 zu kuppelnden weiteren Mittelpufferkupplung 1' (siehe Figur 2) angeordnet.

[0049] Eine Ansicht dieses Bereiches III in Figur 1 mit Blick auf den dritten Endschalter 15 ist in **Figur 3** vergrößert dargestellt.

[0050] Der dritte Endschalter 15 weist einen Stößel 17 mit einer Stößelachse 17a auf. An dem freien Ende des Stößels 17 ist eine Stößelplatte 16 angebracht, welche im eingekuppelten Zustand der Mittelpufferkupplungen 1, 1' (Figur 2) mit einer Kontaktfläche 1c der anderen Mittelpufferkupplung 1' zusammenwirkt. Auf diese Weise wird ermittelt, ob die Mittelpufferkupplungen 1, 1' zusammengekuppelt sind oder nach dem Lösevorgang voneinander gelöst sind.

[0051] Die Mittelpufferkupplung 1, 1' ist mit einer Steuereinrichtung 100 verbunden, welche mittels elektrischer Leitungen mit dem Aktuator 6 verbunden ist, und die Steuerung des Aktuators 6 durchführt. Die Steuereinrichtung 100 ist zudem mit den Endschaltern 13, 14, 15 über elektrische Anschlussleitungen verbunden und berücksichtigt die Signale der Endschalter 13, 14, 15 zur Steuerung des Aktuators 6.

[0052] Außerdem umfasst die Steuereinrichtung 100 die elektrische Spannungsversorgung für den Aktuator 6 und die Endschalter 13, 14, 15 zur Verfügung.

[0053] Eine weitere wichtige Komponente für die Ansteuerung des Aktuators 6 ist die Überwachung des Motorstroms des Elektromotors 7 des Aktuators 6.

[0054] In dem in **Figur 4** gezeigten Beispiel ist hierzu ein Stromsensor 24 in den Zuleitungen zum Elektromotor 7 eingefügt. Es sind auch andere Messanordnungen zur Messung des Motorstroms möglich.

[0055] Um beispielsweise Überstrom des Elektromotors 7 über eine längere Zeitdauer zu erkennen (v.a. den Entmagnetisierungsstrom des Elektromotors 7 als oberen Grenzwert), damit das System entsprechend schnell reagieren kann (z.B. Stromzufuhr ausschalten), wird eine Stromüberwachung verwendet, welche den vom Stromsensor 24 erfassten Motorstrom einem entsprechenden Motormoment zuordnet (Block 24a). Dieses aktuelle Motormoment wird dann in einem weiteren Block 24b überprüft, ob und wie schnell es ansteigt. Dazu werden die Umdrehungen des Elektromotors 7 und oder die Zeit in Millisekunden bis zum Erreichen eines Vergleichsmomentes ermittelt. Das Vergleichsmoment kann beispielsweise ein vorher festgelegter gespeicherter Tabellenwert zum Vergleich mit dem aktuellen Motormoment sein.

[0056] Zudem hat der Stromsensor 24 noch einige sicherheitstechnische Aufgaben. Eine mögliche Anwendung ist zum einen die Erkennung des bereits entkuppelten Zustands und zum anderen die Verhinderung von weiteren Beschädigungen des Aktuators 6.

[0057] Figur 4 zeigt den normalen Ablauf der Entkupplungsvorgangs: Der Elektromotor 7 fährt zunächst mit voller Drehzahl. Nach einer Zeitspanne wird ein Drehmoment durch die Ausübung der Kraft auf die Hakenscheibe 2 aufgebaut, sodass auch der Strom für den Elektromotor 7 entsprechend ansteigt.

[0058] Falls jedoch die Hakenscheibe 2 bereits verriegelt ist, d.h. keine Entkupplung nötig ist, jedoch fälschlicherweise dennoch ein Entkupplungsvorgang gestartet wird (z.B. durch den Bediener/Personal), würde der Aktuator 6 bei maximaler Drehzahl gegen die Hakenscheibe 2 stoßen, was hohe Kräfte und somit Schäden an der Mechanik (insbesondere der Gewindespindel 9) bedeuten.

[0059] Um dieser Fehlbedienung möglichst entgegenzuwirken und weitreichende Schäden zu vermeiden, wird der Stromsensor 24 dazu eingesetzt, den normalen Vorgang zu überwachen (ansteigender Stromverlauf nach einer Zeitdauer von ca. 2 - 10 ms).

[0060] Falls dieser nicht eintritt, wird die Drehzahl des Motors 7 so weit heruntergefahren, dass bei Kontakt mit der verankerten Hakenscheibe 2 keine Schäden am Aktuator 6 auftreten. Dieses Prinzip ist in Figur 5 veranschaulicht aufgeführt.

[0061] Ein weiteres Anwendungsszenario passiert, wenn die Federn die Hakenscheibe 2 und folglich die Gewindespindel 9 zurückschieben, ohne dass die Hakenscheibe 2 verriegelt wurde. Dieser Fall kann durch zwei mögliche Fehler ausgelöst werden:

Zum einen wird der Entkupplungsvorgang vorzeitig abgebrochen (beispielsweise durch eine externe Betätigung zum Zurückfahren in die Ausgangsstellung), ohne dass die beiden Güterwägen vollständig entkuppelt und auseinander gefahren sind.

[0062] Zum anderen kann die Klinkenstange, die die Hakenscheibe 2 nach dem Entkuppeln verriegeln sollte, defekt sein und die Verriegelung findet nicht wie gewünscht statt.

[0063] Falls ein solcher Fall oder ähnliches auftritt, dann wird ein sehr hoher Strom generiert, was zu Schäden am Aktuator, insbesondere der Antriebseinheit, führen wird. Ein Stromsensor würde diesen erhöhten Stromrückfluss messen und diesen umgehend an die Aktuatorsteuerung melden, sodass der Elektromotor 7 eine Kurzschlussstellung einnimmt, der wie eine elektrodynamische Bremse wirkt und den Rückstoß abmildert.

[0064] Folglich wird auch der Stromrückfluss begrenzt, um insbesondere Schäden an den Wicklungen des Elektromotor 7 sowie an den Verkabelungen und den Steckverbindern zu verhindern.

[0065] Zugleich kann auch die Motorbremse 12 so angesteuert werden, sodass sie einfällt und somit die Abbremsung

des Antriebs noch stärker erfolgt, um die dahinterliegende Mechanik zu schützen (v.a. kein harter Endanschlag der Gewindespindel 9).

[0066] Der Begriff "Einfallen" der Motorbremse ist wie folgt zu verstehen: Bei einer "normally-closed"-Motorbremse wird das Haltemoment durch die Motorbremse nach Wegfall der Stromversorgung aufgebaut. In diesem Fall wird die Motorbremse "abgeschaltet", also von der Stromversorgung getrennt. Bei einer "normally-open"-Motorbremse wird die Motorbremse mit Strom versorgt, um das Haltemoment aufzubauen. In diesem Fall wird die Motorbremse an die Stromversorgung angeschlossen, also eingeschaltet.

[0067] Ein weiterer Fehlerfall betrifft das Lösen der Kupplung unter Längskraft im Zug.

[0068] Hierbei entsteht das Problem, dass das Motormoment eventuell nicht ausreichend ist bzw. nicht über den benötigten Zeitraum anliegen darf, da der Elektromotor 7 ansonsten heiß läuft. Ein Stromsensor würde hier insofern helfen, um diesen Fall durch einen unerwartet hohen Lastanstieg zu erkennen, sodass die Steuerung den Elektromotor 7 zurückfährt, um den Vorgang unter diesen Voraussetzungen abubrechen.

[0069] Defekte, Ausfälle etc. von der Mechanik sowie von anderen Komponenten des Aktuators und des Kupplungskopfes können ebenfalls von dem Stromsensor im System erkannt werden, indem ein Lastanstieg proportional zum steigenden Motorstrom detektiert wird.

[0070] Zur Verdeutlichung werden im Folgenden zwei Beispielfälle genannt.

[0071] Im ersten Beispiel klemmt die Hakenscheibe 2, eine der mechanischen Hauptkomponenten im Kupplungskopf. Diese Klemmung kann unter Umständen durch Vereisung, aber auch durch einen Defekt der Verriegelungsmechanismus durch die Klinkenstange entstanden sein. Für den Aktuator 6 bedeutet das einen harten Anschlag an die Hakenscheibe 2 bzw. der Stützrolle während des Entkupplungsvorgangs sowie ansteigendes Motormoment, die eventuell nicht zu überwinden wäre.

[0072] Um ein Schaden des Antriebs vorzubeugen und ggf. zu verhindern, muss eine Überwachung des Motorstroms und demzufolge des Motormoments stattfinden.

[0073] Die Überwachung des Motorstroms bzw. des Motormoments erfolgt einerseits über eine zeitliche Latenz (steiger Lastanstieg erwartungsgemäß nach einer vorher definierten und ermittelten Zeit für den Leerhub), aber gleichzeitig über einen Grenzwert des Motorstroms, der bei Überschreitung für eine gewisse Zeit den Antrieb zunächst abschaltet und ihn danach wieder in die Ausgangsstellung zurückfährt.

[0074] Grundsätzlich lässt sich diese beschriebene Maßnahme des Aktuators in nahezu allen Situationen anwenden, bei dem die Mechanik oder andere Objekte bzw. Umwelteinflüsse den Aktuator 6 blockiert.

[0075] Das zweite Beispiel zeigt auf, falls die internen Komponenten des Aktuators 6 unerwartet Probleme bereiten.

[0076] Hier sind u.a. die Motorbremse 12 und der Spindeltrieb zu nennen, die den Elektromotor 7 beim Vor- und Zurückfahren behindern oder schlimmstenfalls blockieren würden.

[0077] Mithilfe des Stromsensors kann die Steuerung erkennen, dass auch in einer eigentlich nahezu lastfreien Strecke (z.B. Leerhub) ein deutliches Lastmoment auf dem Antrieb aufliegt, die im schlimmsten Fall vom verbauten Elektromotor 7 ohne dauerhafte Überlast nicht zu überwinden wäre.

[0078] Auf jeden Fall muss die Steuerung in diesem Fall das System bzw. den Bediener auf diesen Fehler und einen Wartungsfall hinweisen. Gleichzeitig muss den Aktuator 6 in seinen "sicheren Zustand" (d.h. Ausgangsstellung) zurückgebracht werden, wenn möglich auch mit kurzzeitiger Überlast des Elektromotor 7, um ihn danach abzuschalten und aus dem Normalbetrieb so weit wie möglich auszuschließen, bis die defekte Komponente ausgetauscht ist.

[0079] Je nach eingesetzter Technologie des Elektromotors 7 und der Phasenzuleitungen müssen unterschiedliche Anzahl von Stromsensoren zur Überwachung und Diagnose des Aktuators eingesetzt werden.

[0080] Bei einem dreiphasigen Elektromotor 7 finden folglich 3 Stromsensoren an jeder Phase ihre Anwendung, während bei einem bürstenlosen Motor (BLDC) nur 2 Phasen angesteuert und folglich mittels jeweils einem Stromsensor an jeder der beiden Zuleitungen überwacht werden muss.

[0081] Es wird ein bürstenbehafteter Gleichstrommotor (DC-Motor) als konkretes Ausführungsbeispiel weiterführend behandelt.

[0082] Zur Ansteuerung dieses Motors wird eine sogenannte H-Brücke verwendet, die aus 4 MOSFETs bestehen und sich in 2x HS ("high side", an der Versorgungsspannung/Vcc angeschlossen) und 2x LS ("low side", an Masse/GND angeschlossen) aufteilen.

[0083] Figur 6 zeigt den grundsätzlichen Aufbau, wobei die beiden MOSFETs Q1 und Q2 als HS bezeichnet werden und die Q3 und Q4 folglich als LS. Die Zuleitungen des DC-Motors (Vcc und GND bzw. + und -) werden in diesem Schaltbild an den beiden Knoten A und B angeschlossen.

[0084] In Vorwärtsrichtung (z.B. D1) werden die beiden MOSFETs Q1 und Q4 mittels eines PWM-Signals aktiv geschaltet (Q2 und Q3 werden nicht angesteuert), wodurch der Stromfluss in grüner Pfeilrichtung erfolgt und der Motor sich in dieser Drehrichtung bewegt. Für die inverse Drehrichtung D2 müssen Q2 und Q3 indes aktiviert werden, um den roten Stromflusspfad zu ermöglichen, während Q1 und Q4 ruhen.

[0085] Um eine Kurzschlussstellung zu ermöglichen, werden beide LS-MOSFETs, d.h. Q3 und Q4, verwendet (siehe "Demagnetization" in den Figuren 7, 8 und 10 bis 13). Währenddessen sind Q1 und Q2 nicht in Verwendung.

[0086] Da der DC-Motor einen einphasigen Motor bildet, wird zunächst nur ein Stromsensor eingebaut, und zwar wie in Figur 6 gezeigt an der Zuleitung von Vcc und der H-Brücke. Auch der Einbau des Stromsensors zwischen der H-Brücke und einem gemeinsamen Massezulauf von Q3 und Q4 ist denkbar.

[0087] Der Vorteil dieses Aufbaus ist, dass sowohl unidirektionale Stromsensoren (z.B. TI LMP8640) als auch bidirektionale Stromsensoren (z.B. AD MAX40080) Ihre Verwendung finden können, da beide Stromflusspfade über diesen Stromsensor führen.

[0088] Auch können verschiedene physikalische Prinzipien der Strommesstechnik eingesetzt werden, wie beispielsweise Shunt-Widerstände, Hall-basierte und magnetoresistive Stromsensoren.

[0089] Um eine Redundanz in diesem Aufbau zu bewerkstelligen, müssen sowohl an der Zuleitung von Vcc und der H-Brücke als auch zwischen der H-Brücke und einem gemeinsamen Massezulauf von Q3 und Q4 jeweils ein Stromsensor platziert werden.

[0090] Figur 7 zeigt den schematischen Aufbau der Ansteuerungselektronik inkl. 1x Stromsensor/-messung an der Motorzuleitung nach Figur 6.

[0091] Figur 8 zeigt den bereits beschriebenen redundanten Aufbau mit 2x Stromsensoren/-messungen.

[0092] In beiden schematischen Figuren finden sich unter anderem weitere Komponenten für den Aufbau der Aktuatorsteuerung, wie der Mikroprozessor (uC), Isolatoren (sowohl DC-zu-DC als auch Analog-zu-Digital), DC-DC-Wandler, Leistungsschalter als auch die Motorbremsensteuerung.

[0093] Letztere besteht ebenfalls aus 2 MOSFETs (HS und LS) und wird mittels PWM angesteuert. Auch hier ist ein Stromsensor sinnvoll, um die Schaltzustände der Motorbremse 12 zu detektieren.

[0094] Je nach Auslegung der Motorbremse 12 entsteht beim Öffnen bzw. beim Schließen/Einfallen ein charakteristischer Stromverlauf in Form einer sehr kurzzeitigen Stromeinbruchs bzw. -erhöhung oder umgekehrt. Figuren 9a und 9b zeigen dieses Verhalten in der Strommessung anhand einer Ruhestrombremse ("normally-closed").

[0095] Figur 10 veranschaulicht die Platzierung eines Stromsensors bzw. einer Strommessung an der Zuleitung der Motorbremse 12, zusätzlich zum Stromsensor für den Elektromotor 7 aus Figur 7.

[0096] In analoger Weise zeigt Figur 11 den Stromsensor für die Motorbremse 12 zusätzlich zu den 2x Stromsensoren des Elektromotors 7 für den redundanten Aufbau, basierend auf Figur 8.

[0097] Entsprechend der Idee der redundanten Strommessung kann auch bei der Motorbremse 12 diese Idee mittels zwei Stromsensoren realisiert werden, wie es in den Figuren 12 und 13 dargestellt ist.

[0098] Dementsprechend ist auch mindestens ein zusätzlicher Stromsensor bei der Verwendung der Motorbremse 12 im elektromechanischen Aktuator 6 der DAK parallel zu mindestens einem Stromsensor für den Elektromotor 7 sinnvoll, um Überwachung und Fehlerdiagnosen zu ermöglichen und Beschädigungen im Vorfeld vorzubeugen bzw. zu verhindern, ohne dass eine teure und schwieriger zu integrierende Lösung/Sensorik herangezogen werden muss.

Bezugszeichenliste

[0099]

1, 1'	Mittelpufferkupplung
1a	Gehäuse
1b	Öffnung
1c	Kontaktabschnitt
2	Hakenscheibe
2a	Schwenkachse
3	Antriebsabschnitt
4	Abtriebsabschnitt
5	Öse
6	Aktuator
6a	Mittelachse
7	Elektromotor
7a	Motorachse
8	Getriebe
9	Gewindespindel
10	Spindelmutter
11	Betätigungselement
11a	Druckkopf
12	Motorbremse
13, 14, 15	Endschalter
16	Stößelplatte

17	Stößel
17a	Stößelachse
18, 18a	Schaltsignal
19, 19a, 19b	Versorgungsspannung
5 19c, 19d	Versorgungsspannung/PWM
20, 20a, 20b	Schaltelement
20c	Umpoler
21, 21a	Zeitverzögerung
23	Bremsschaltung
10 23a	Kurzschlusschaltung
24	Stromsensor
24a, 24b	Auswertung
100	Steuereinrichtung
15 VS1, VS2, VS3	Verfahrensschritt

Patentansprüche

- 20 1. Verfahren zur Erkennung einer Fehlfunktion einer digitalen automatischen Kupplung eines Schienenfahrzeugs durch Überwachung eines Motorstroms eines einen Aktuator (6) antreibenden Elektromotors (7) mittels mindestens eines Stromsensors (24), wobei die digitale automatische Kupplung eine Mittelpufferkupplung (1, 1') ist und eine Hakenscheibe (2) mit einem Antriebsabschnitt (3), den Aktuator (6) mit einem Betätigungselement (11), welches mit dem Antriebsabschnitt (3) der Hakenscheibe (2) in Zusammenwirkung steht, den den Aktuator (6) antreibenden Elektromotor (7) mit einer Motorbremse (12), Endschalter (13, 14, 15) und eine Steuereinrichtung (100) umfasst; wobei der Stromsensor einen Stromfluß in einer Zuleitung des Elektromotors (7) überwacht,
- 25 **gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte**
- (VS1) Kontinuierliches Messen eines Stroms in wenigstens einer Zuleitung des Elektromotors (7) des Aktuators (6);
- 30 (VS2) Erkennen einer Abweichung des Stromflusses in der Zuleitung des Elektromotors (7) durch Vergleich mit einer Sollkennlinie des Stromflusses in der Zuleitung des Elektromotors (7) bei einer vorbestimmten Aktuatoraktion;
- (VS3) Drosseln der Stromzufuhr oder Ausschalten des Elektromotors (7) des Aktuators (6) infolge einer er-
- 35 kannten Abweichung.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der vorbestimmten Aktuatoraktion die Sollkennlinie einen ansteigenden Stromverlauf nach einer Zeitdauer beschreibt und in Verfahrensschritt (VS2) erkannt wird, dass der gemessene Stromverlauf kein Ansteigen nach der bestimmten Zeitdauer zeigt.
- 40 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der vorbestimmten Aktuatoraktion die Sollkennlinie einen gleichbleibenden Stromverlauf über eine Zeitdauer beschreibt und in Verfahrensschritt (VS2) erkannt wird, dass der gemessene Stromverlauf ein Ansteigen nach einer bestimmten Zeitdauer zeigt.
- 45 4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der vorbestimmten Aktuatoraktion die Sollkennlinie einen ansteigenden Stromverlauf nach einer Zeitdauer beschreibt und in Verfahrensschritt (VS2) erkannt wird, dass der gemessene Stromverlauf ein stärkeres Ansteigen nach der bestimmten Zeitdauer zeigt.
- 50 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** den weiteren Verfahrensschritt (VS4) Zurückfahren des Aktuators (6) in seine Ausgangsstellung und anschließendes Ausschalten des Elektromotors (7).
- 55 6. Digitale automatische Kupplung eines Schienenfahrzeugs, wobei die digitale automatische Kupplung eine Mittelpufferkupplung (1, 1') mit einem Gehäuse (1a) ist und eine Hakenscheibe (2) mit einem Antriebsabschnitt (3), einen Aktuator (6) mit einem Betätigungselement (11), welches mit dem Antriebsabschnitt (3) der Hakenscheibe (2) in Zusammenwirkung steht, einen Elektromotor (7) mit einer Motorbremse (12), Endschalter (13, 14, 15), eine Steuereinrichtung (100) und eine durch mindestens einen Stromsensor (24) mit einer Auswertung (24a, 24b) gebildete Überwachung des Motorstroms des Elektromotors (7) umfasst,

dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Stromsensor (24) in einer Zuleitung des Elektromotors (7) angeordnet ist, wobei die Steuereinrichtung (100) eine aus vier MOSFETs bestehende H-Brücke aufweist, wobei der Stromsensor (24) zwischen einer Versorgungsspannungsquelle () der Steuereinrichtung und der H-Brücke angeordnet ist.

- 5
7. Digitale automatische Kupplung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (100) mehrere Versorgungsspannungsquellen (19, 19a, 19b, 19c, 19d) mit zugehöriger Stellelektronik und Stabilisierungsschaltungen sowie PWM-Schaltungseinheit(en), Schaltelemente (20a, 20b), mindestens einen Umpoler (20c), die Zeitverzögerungen (21, 21a), Logikelemente (22, 22a, 22b, 22c, 22d), mindestens eine Bremsschaltung (23) des Elektromotors (7), eine Kurzschlusschaltung (23a) des Elektromotors (7) sowie Auswertungsschaltungen (24a, 24b) und Vergleicher für den mindestens einen Stromsensor (24) aufweist.
- 10
8. Digitale automatische Kupplung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** beidseits zwischen einer der Versorgungsspannungsquellen () und der H-Brücke ein Stromsensor (24) angeordnet ist.
- 15
9. Digitale automatische Kupplung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektromotor (7) ein bürstenbehafteter Gleichstrommotor (DC-Motor) ist.
- 20
10. Digitale automatische Kupplung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektromotor (7) als mehrphasiger Motor ausgebildet ist, wobei an jeder Phase des Motors ein Stromsensor (24) angeordnet ist.

Fig. 1

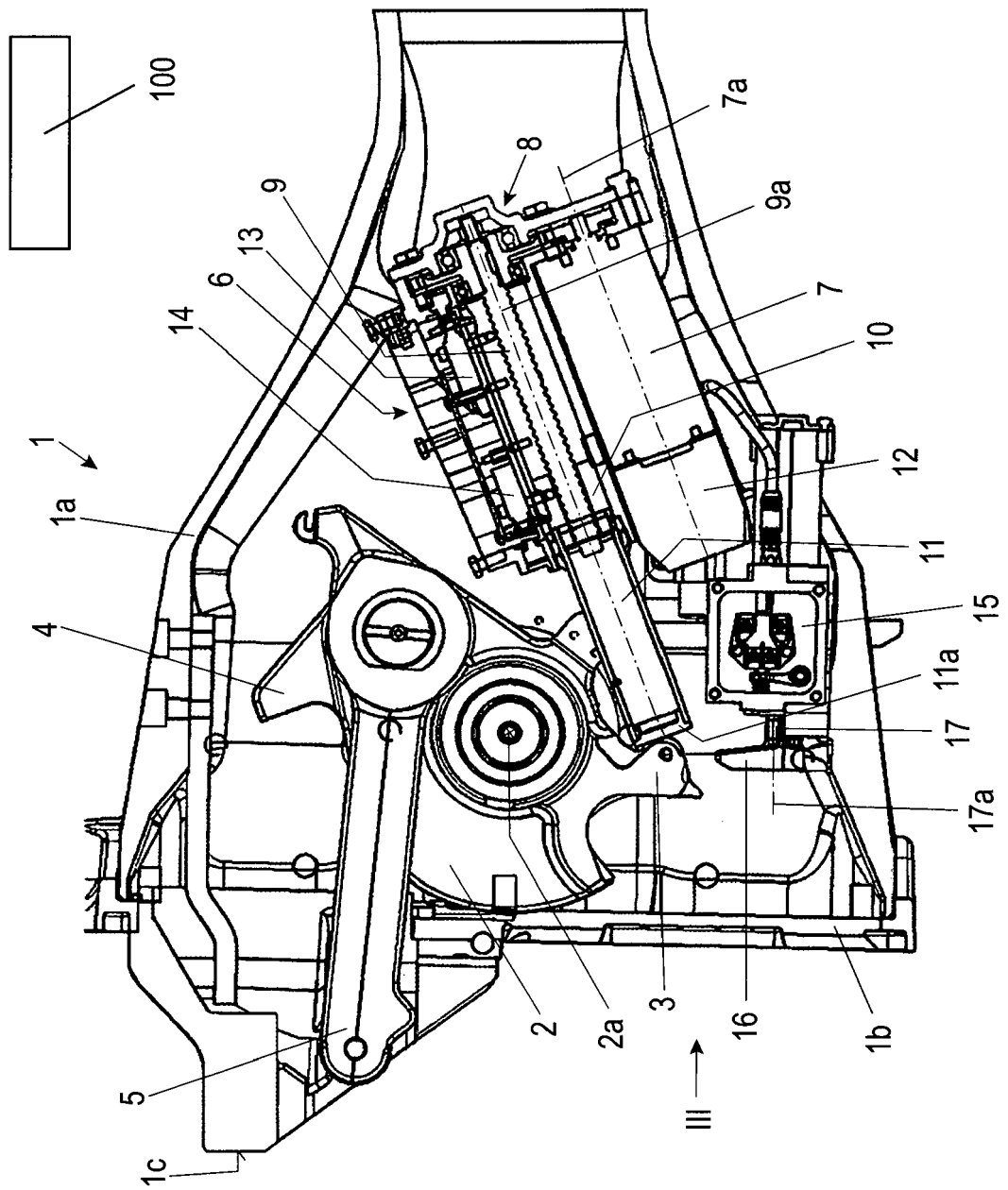


Fig. 2

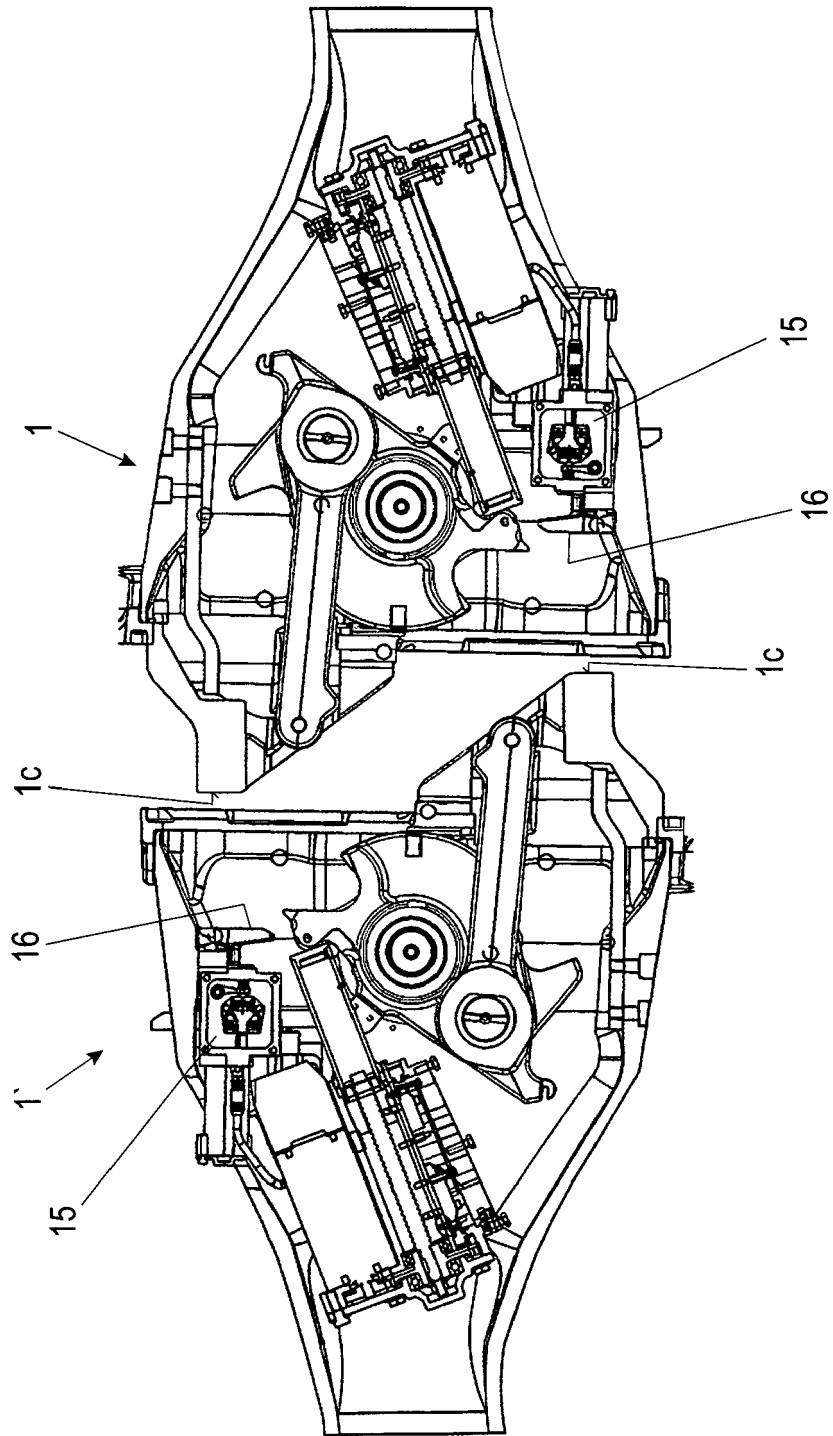


Fig. 3

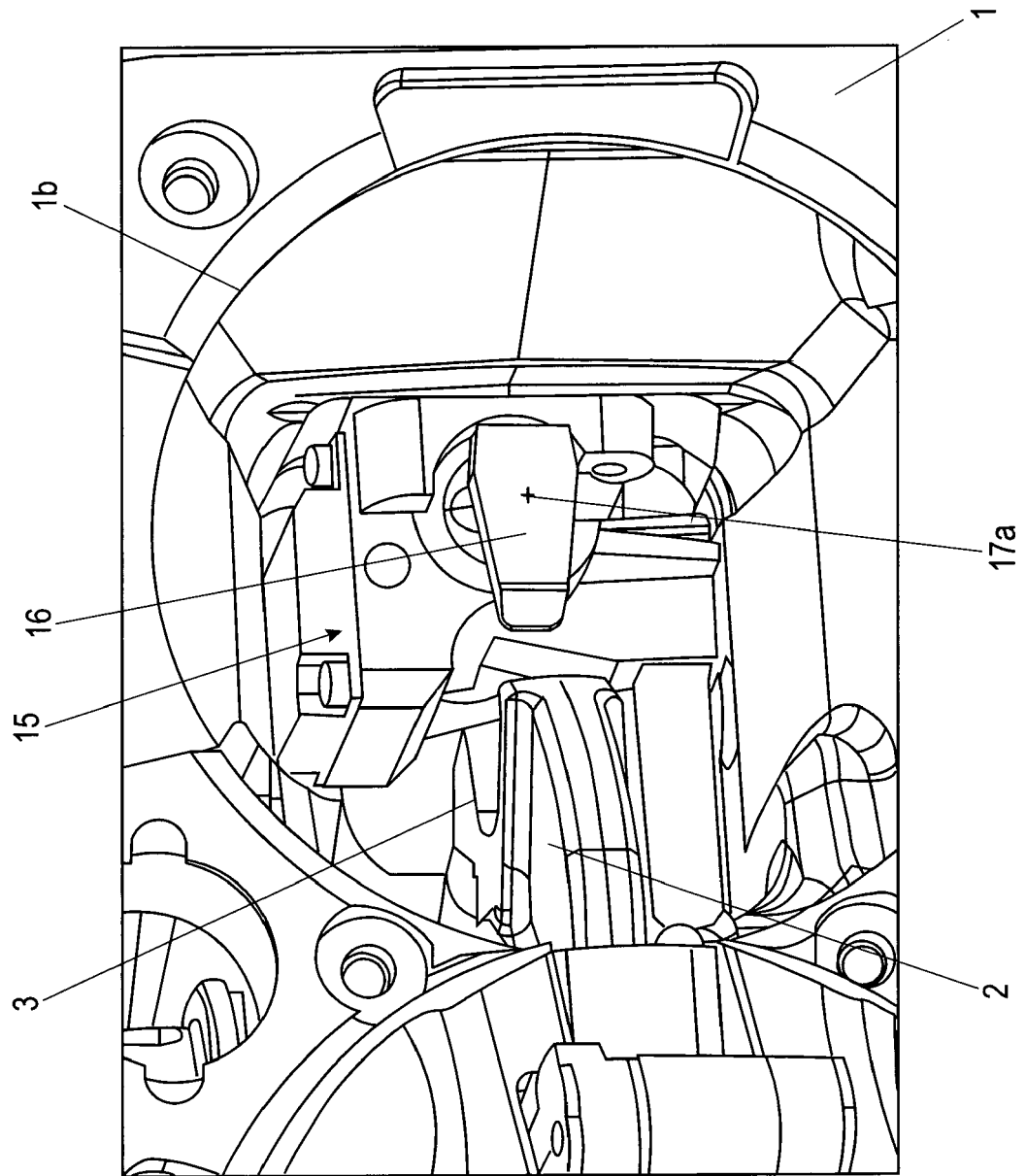


Fig. 4

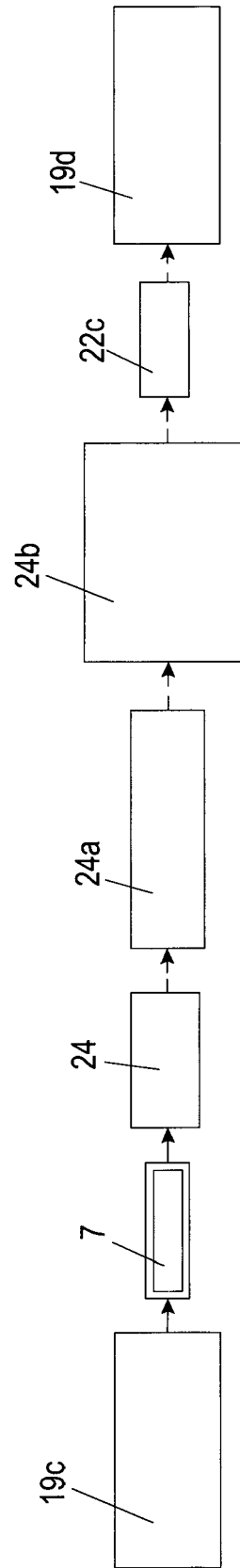


Fig. 5

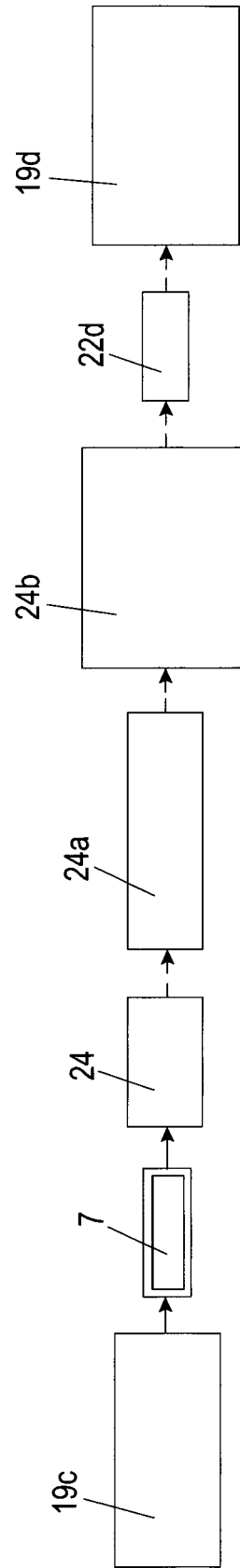


Fig. 6

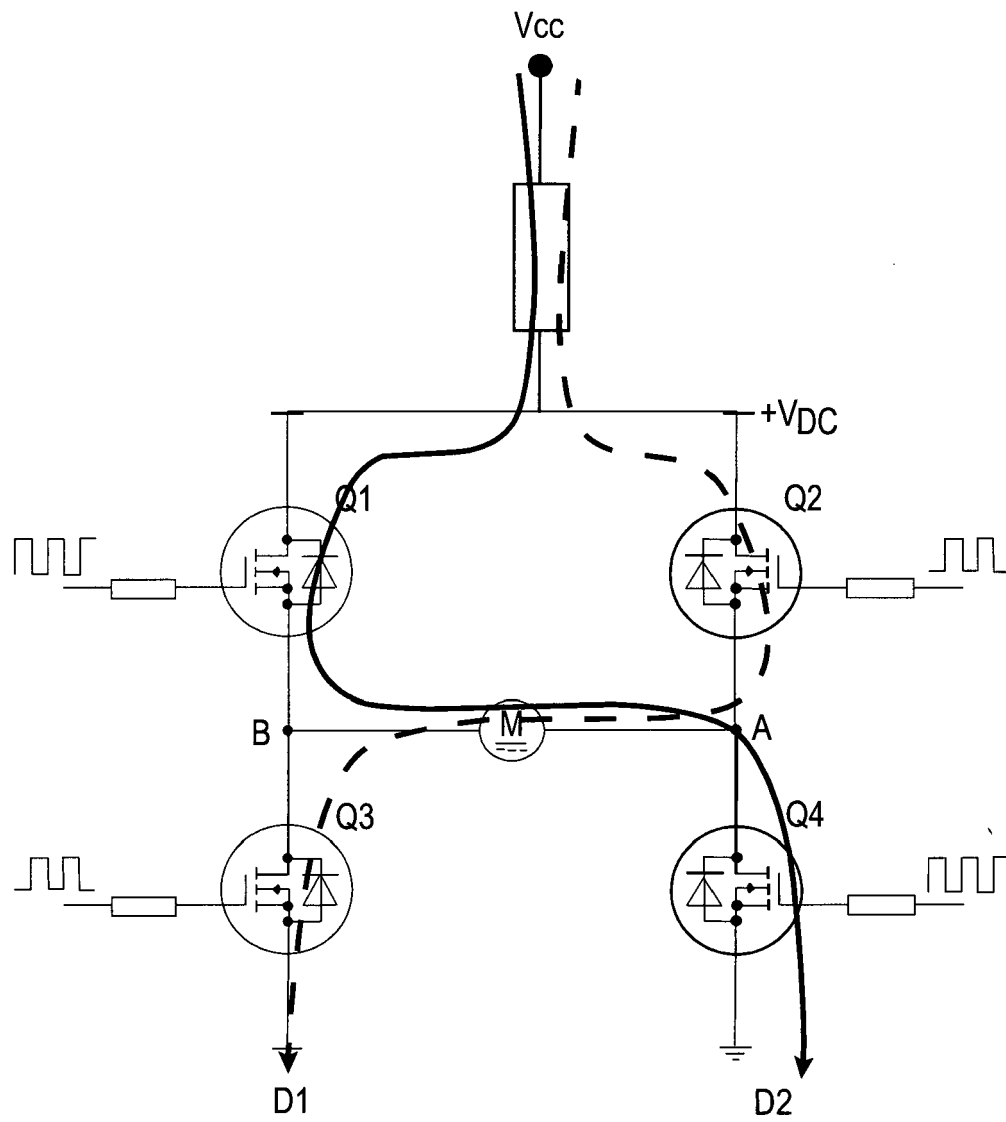


Fig. 7

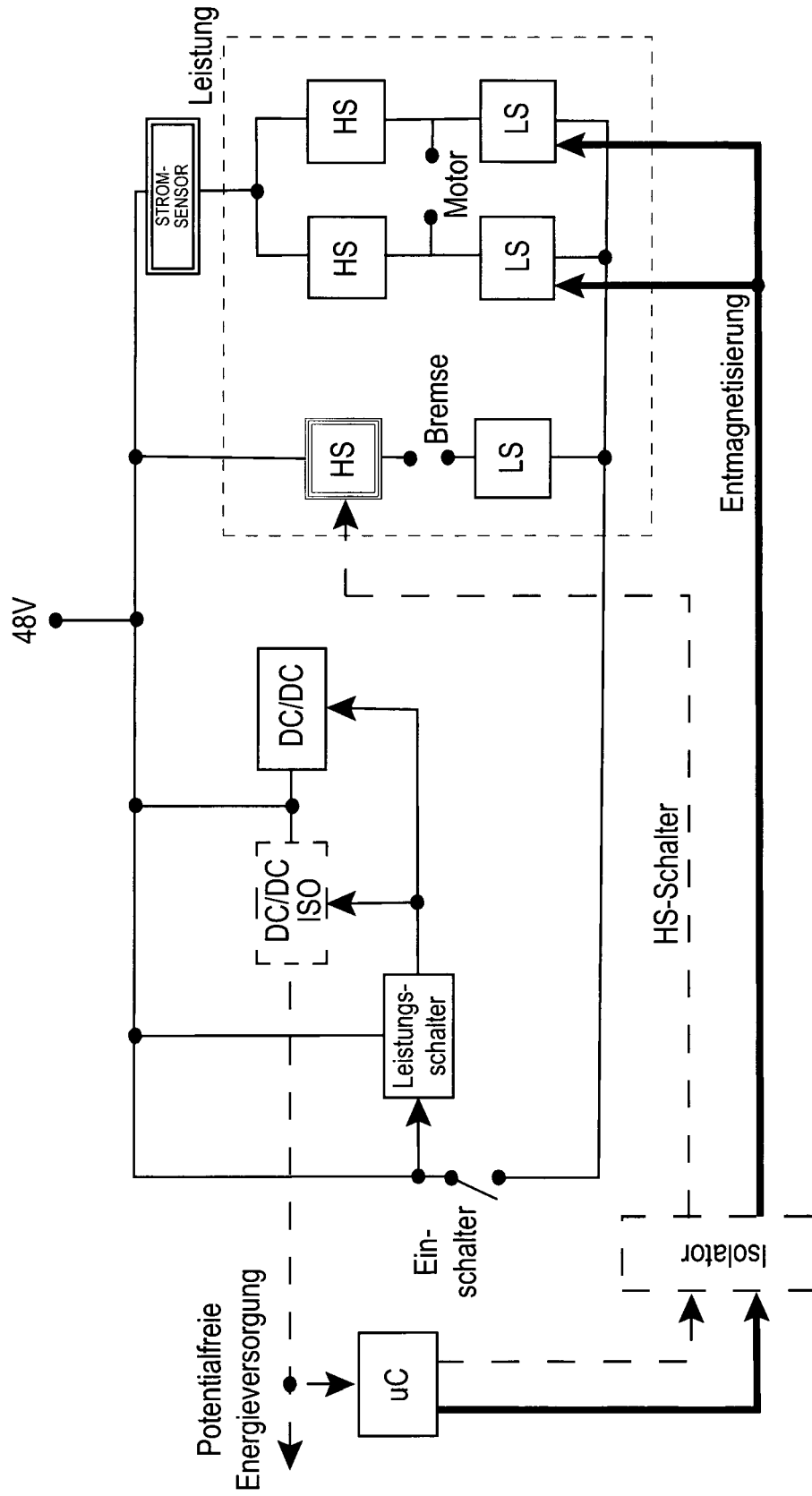


Fig. 8

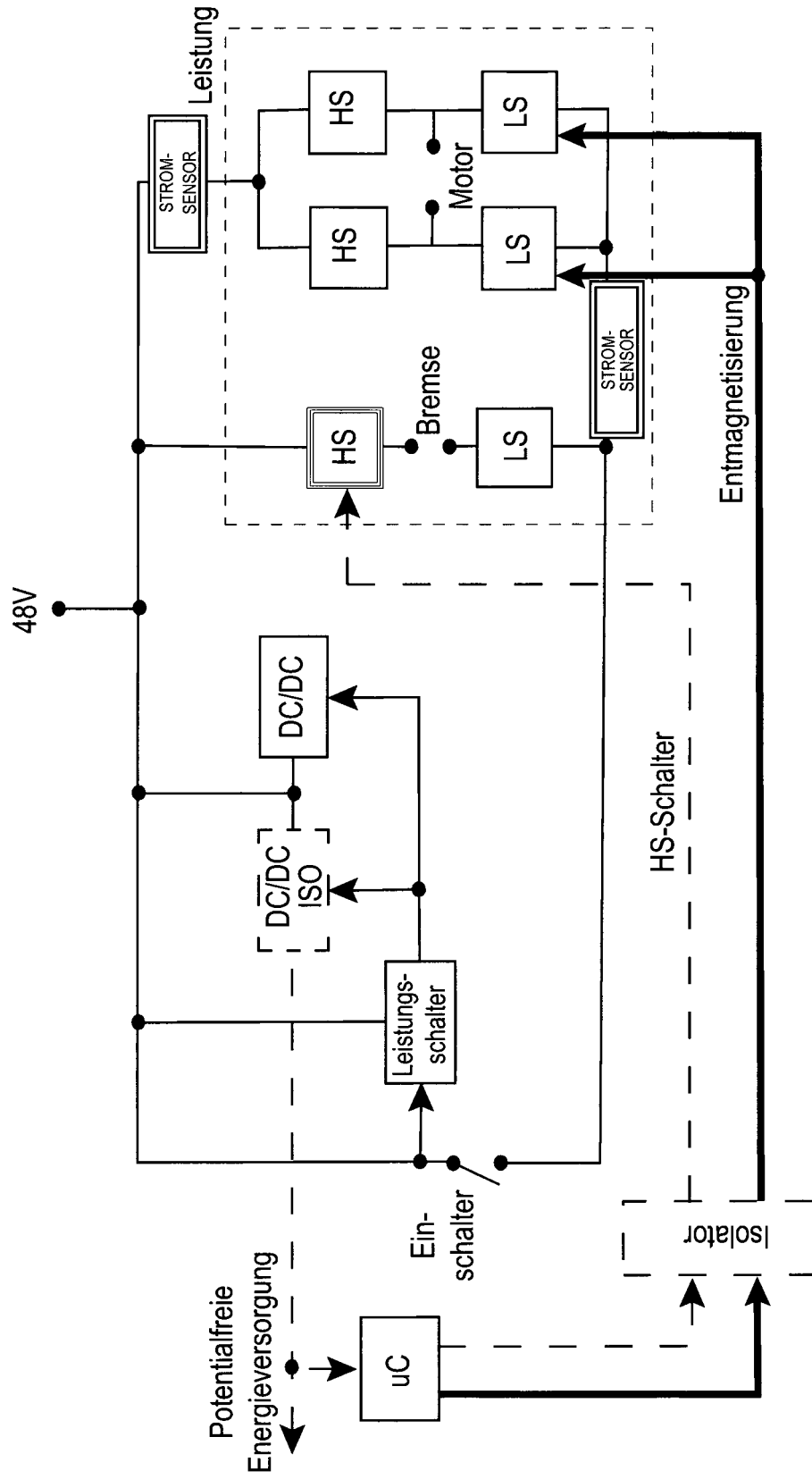


Fig. 9A

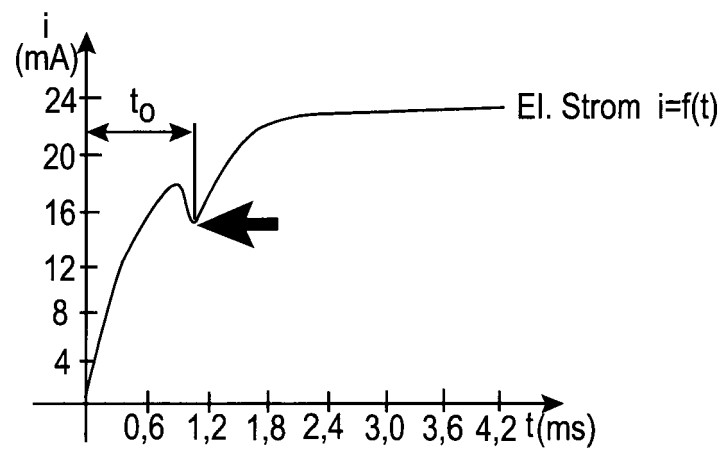


Fig. 9B

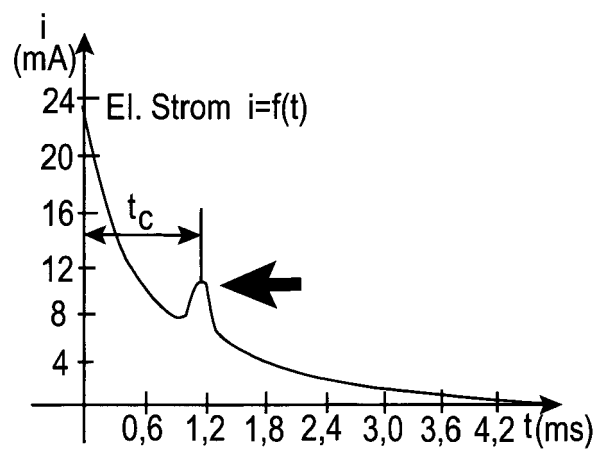


Fig. 10

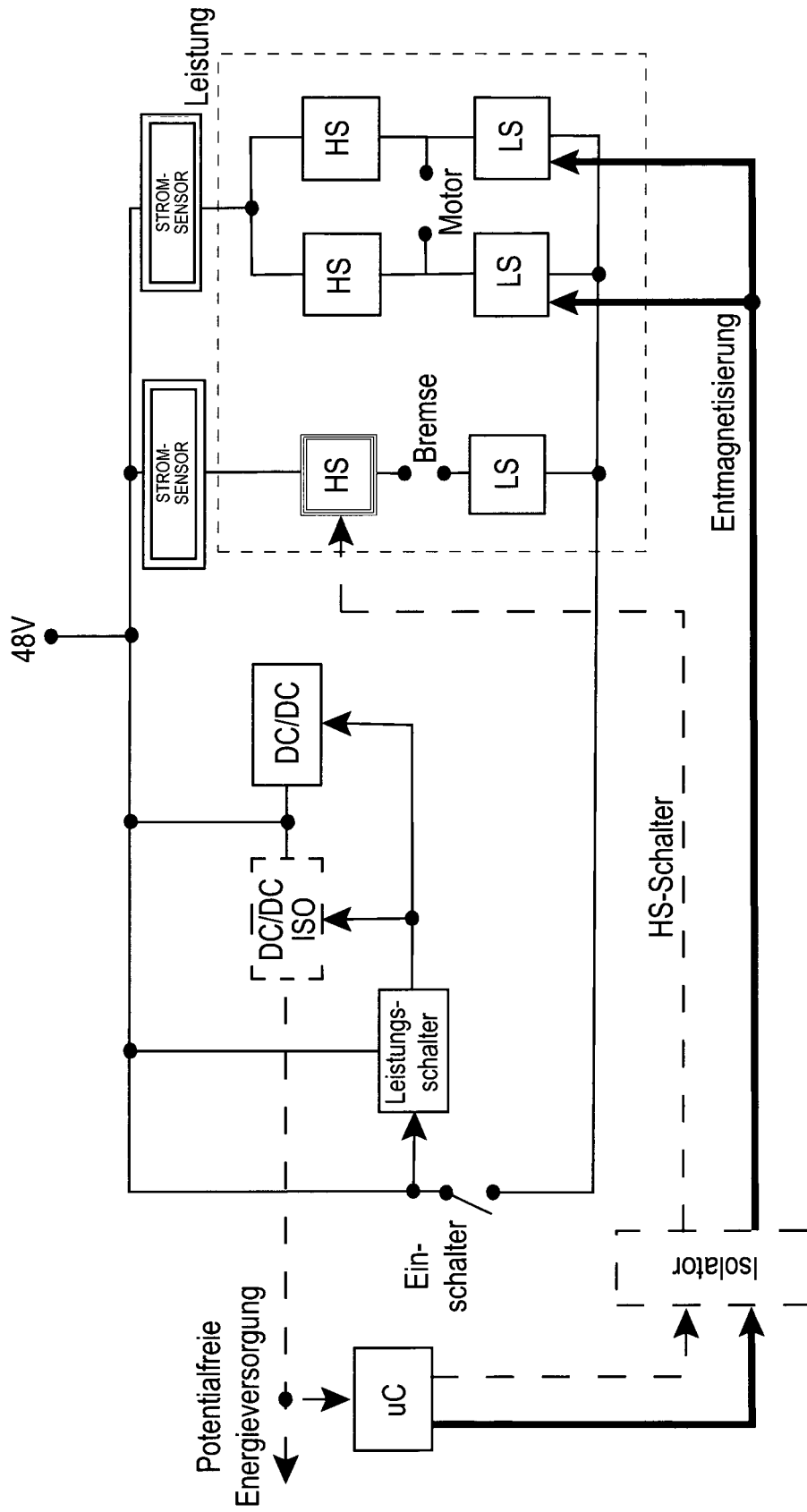


Fig. 11

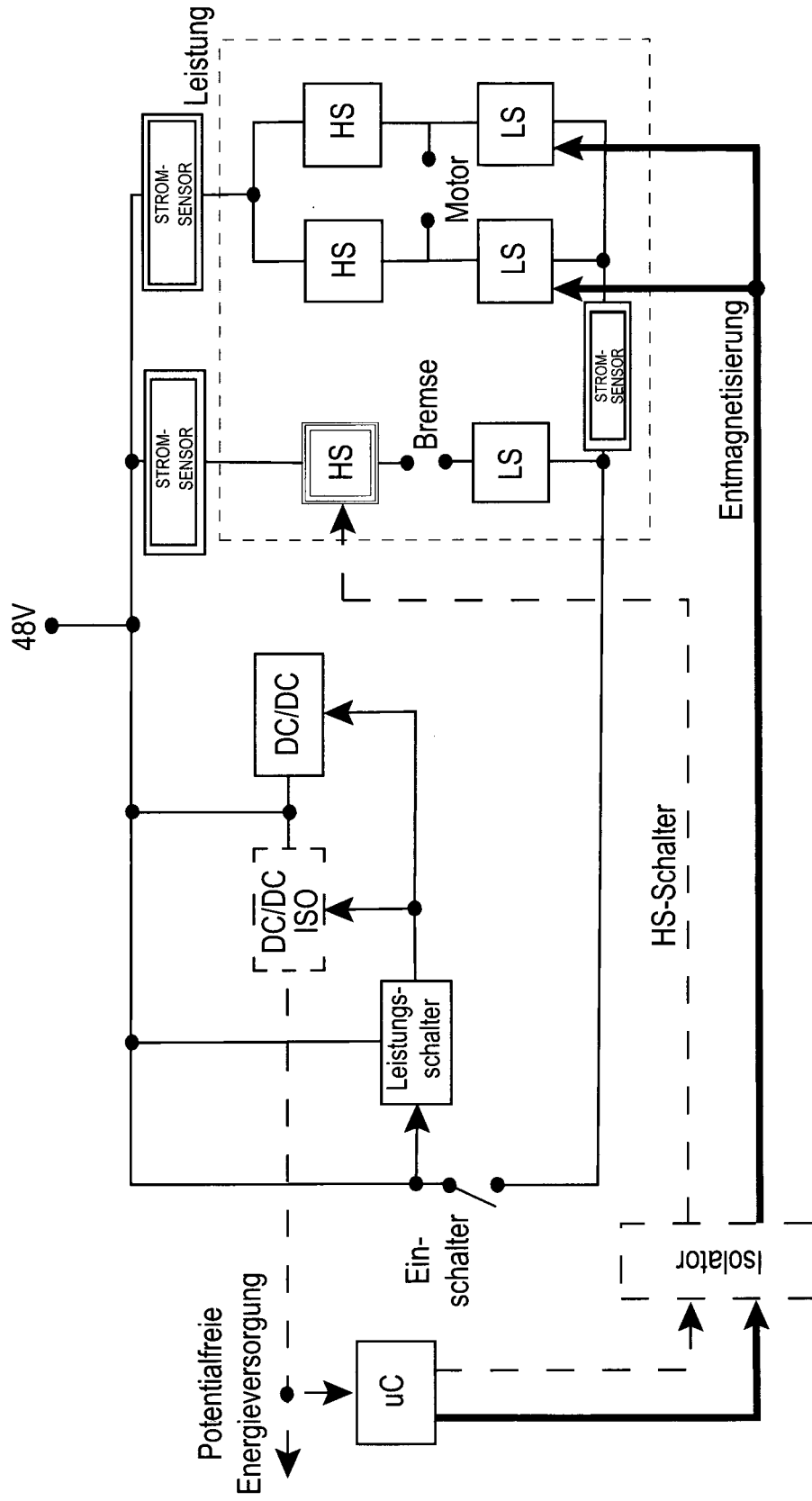


Fig. 12

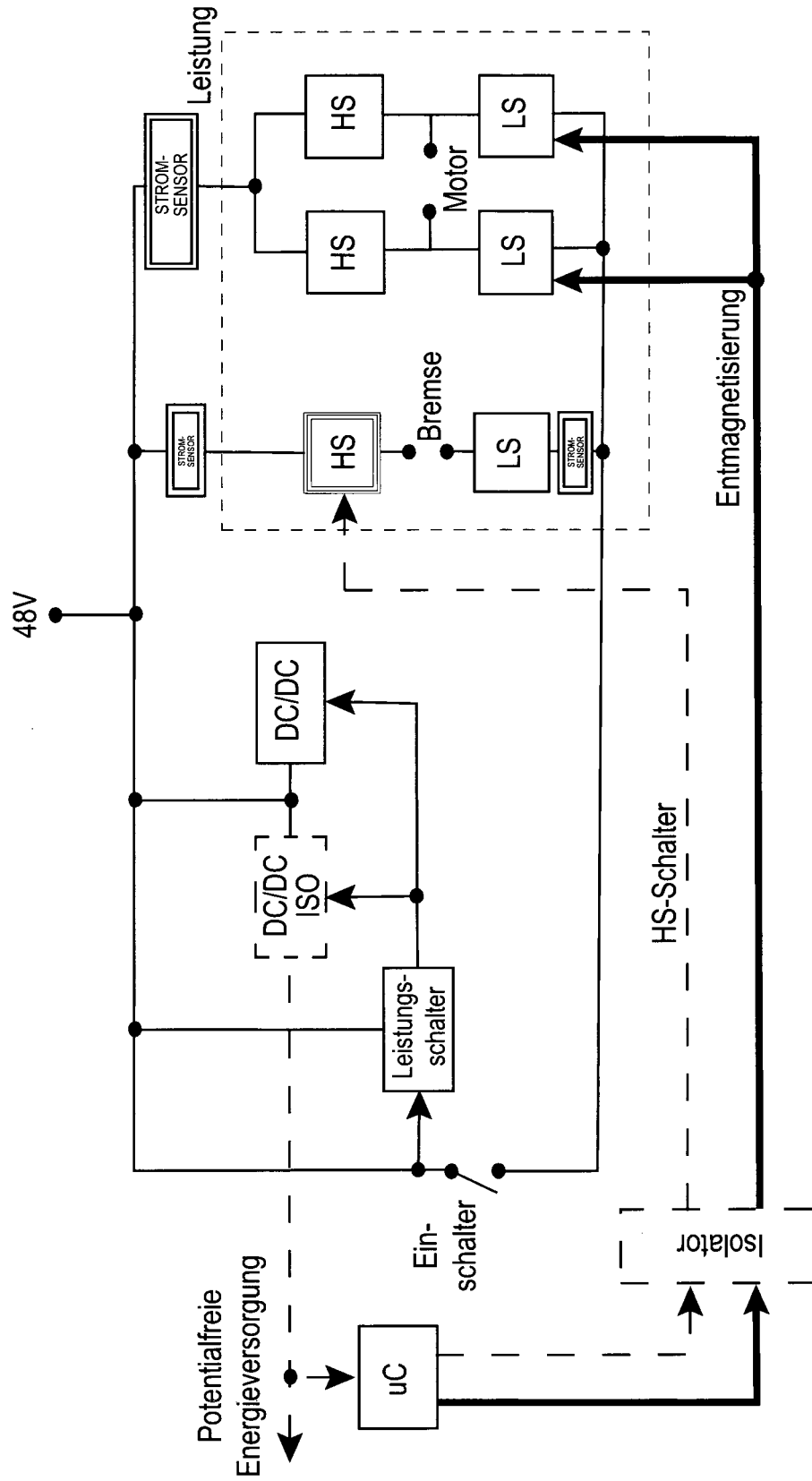
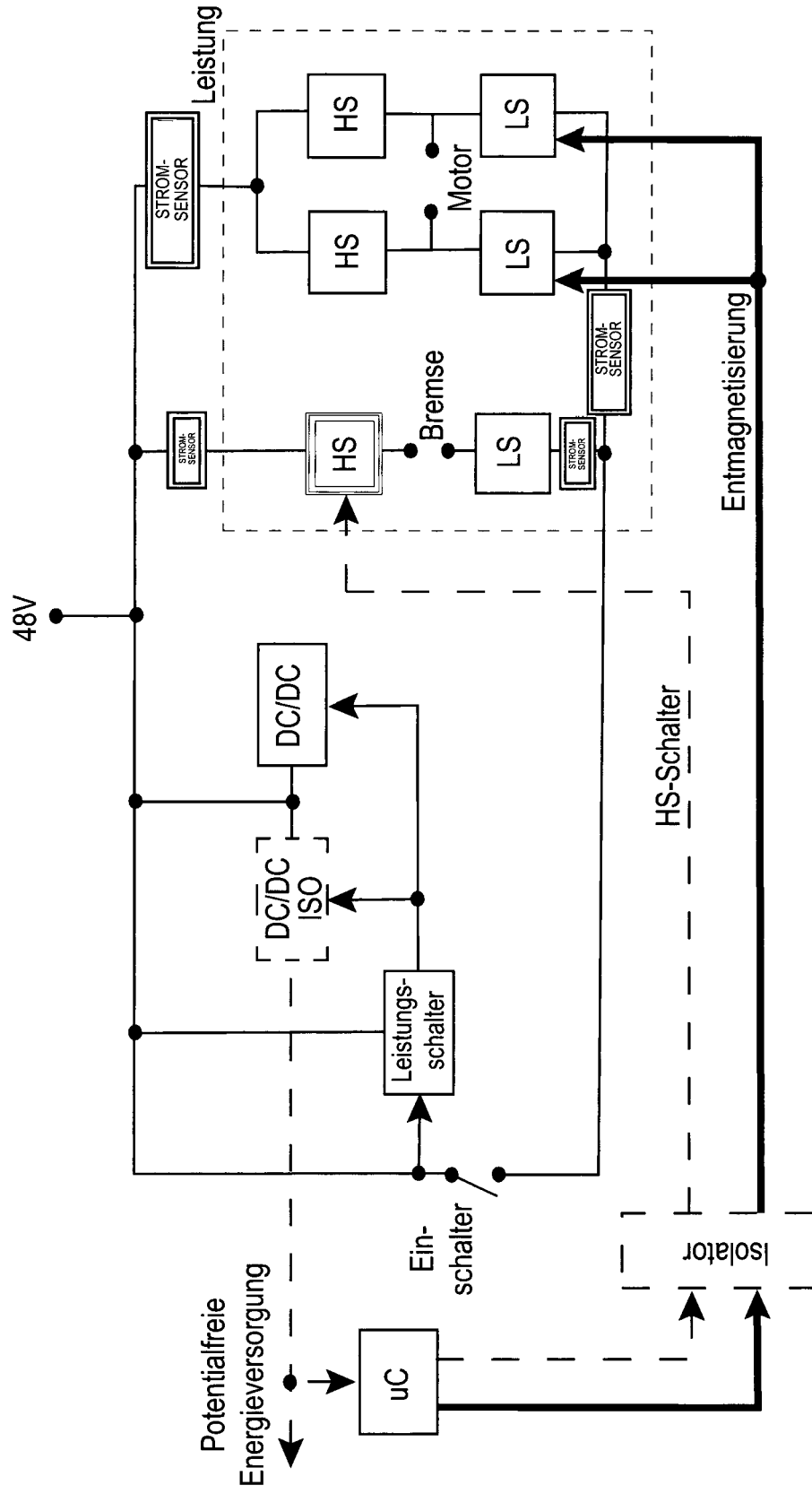


Fig. 13





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 16 4083

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
E	EP 4 339 057 A1 (KNORR BREMSE SYSTEME [DE]) 20. März 2024 (2024-03-20) * Seite 7, Spalte 11, Absatz 0072 - Spalte 12, Absatz 0075 * * Abbildungen 1-9 *	1	INV. B61G3/20 B61G7/14 B61L15/00
A	CN 208 530 582 U (BYD CO LTD) 22. Februar 2019 (2019-02-22) * Abbildungen 1-9 *	1-10	
A	DE 10 2013 206997 A1 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 6. November 2014 (2014-11-06) * Abbildungen 1-6 * * Seite 2, Absatz 0005 - Absatz 0006 *	1-5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61G B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. August 2024	Prüfer Crama, Yves
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 Anmeldedatum 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 24 16 4083

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

27-08-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 4339057	A1	20-03-2024	DE 102022123655 A1	21-03-2024
				EP 4339057 A1	20-03-2024
15	-----				
	CN 208530582	U	22-02-2019	KEINE	

	DE 102013206997	A1	06-11-2014	DE 102013206997 A1	06-11-2014
				EP 2792571 A2	22-10-2014
				ES 2745271 T3	28-02-2020
20				PL 2792571 T3	31-03-2020

25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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