

19



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU503757

12

BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU503757

51

Int. Cl.:
G01R 31/327

22

Date de dépôt: 29/03/2023

30

Priorité:

72

Inventeur(s):
WINKEL Fabian – Deutschland

43

Date de mise à disposition du public: 30/09/2024

74

Mandataire(s):
PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG –
32825 Blomberg (Deutschland)

47

Date de délivrance: 30/09/2024

73

Titulaire(s):
PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG – 32825
Blomberg (Deutschland)

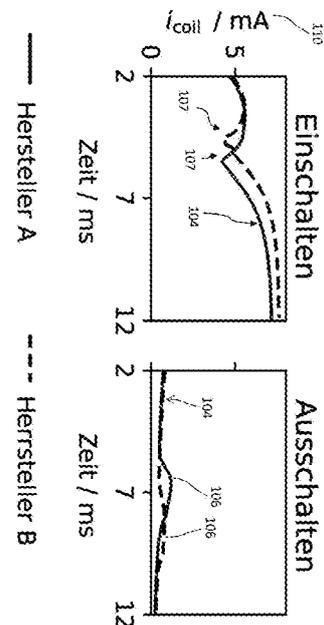
54

Verfahren, Vorrichtung und Computerprogramm zur Identifizierung und Ansteuerung elektromechanischer Bauteile.

57

Vorrichtung (100), Verfahren (200) und Computerprogrammprodukt zur Prüfung eines elektromechanischen Bauteils (150), umfassend: eine Steuerung (102) zur Ermittlung eines Stromverlaufs (104) des elektromechanischen Bauteils (150), wobei der Stromverlauf (104) ein zeitlich bestimmtes lokales Maximum (106) basierend auf einer Ankerrückbewegung (108) beim Ausschalten eines Spulenstroms (110) des elektromechanischen Bauteils (150) aufweist, wobei die Steuerung (102) zur Klassifizierung des ermittelten Stromverlaufs (104) anhand vorgegebener Stromverläufe ausgebildet ist, wobei die Klassifizierung ein Feststellen einer ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs (104) mit einem der vorgegebenen Stromverläufe unter Berücksichtigung der Ankerrückbewegung (108) umfasst.

Fig. 4



Verfahren, Vorrichtung und Computerprogramm zur Identifizierung und Ansteuerung elektromechanischer Bauteile

Die Erfindung betrifft eine Technik zum Identifizieren, Prüfen und Ansteuern von
5 elektromechanischen Bauteilen. Vorzugsweise betrifft die Erfindung kleinere Bauformen der elektromechanischen Bauteile, zum Beispiel in Form von Relais, bei denen häufig ein starker Verschleiß auftritt. Insbesondere verschleifen dabei stromführende Kontakte der elektromechanischen Bauteile.

Allgemein ist die Verwendung von elektromechanischen Bauteilen auch heutzutage weit
10 verbreitet. Insbesondere ist deren Einsatz bei hohen Strömen und/oder schwachen Signalquellen von Nutzen. Sie werden auch für hohe Dauerströme und in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt. Dabei weisen heutige Bauformen der elektromechanischen Bauteile kompakte Abmessungen auf, die zum Beispiel bei ihrer Ausführung als Relais ca. 13 mm × 30 mm × 25 mm betragen können. Dabei können die
15 Eigenschaften der elektromechanischen Bauteile auch standardisiert sein, sodass insbesondere bei verschleißintensiven Bauteilen verschiedene Hersteller zum Einsatz kommen können. Es können auch verschiedene Funktionstypen der elektromechanischen Bauteile auf gleiche Aufnahmesockel gesteckt werden. Dies reduziert vorteilhaft die Anzahl verschiedener Aufnahmesockel, erhöht aber im Gegenzug das Risiko einer falschen
20 Bestückung.

Für regelmäßig zu wechselnde Bauteile in elektrischen Anlagen oder Geräten sind allgemein Identifizierungseinrichtungen bekannt. Diese prüfen den Typ und häufig auch den Hersteller des neuen Bauteils. In Abhängigkeit des Prüfungsergebnisses kann die Anlage oder das Gerät auf die Identifizierung reagieren.

25 Die bekannten Lösungen nutzen Identifizierungselemente (Chip, optischer Code) zur Identifizierung der wechselnden Bauteile. Diese sind mit entsprechenden optischen, elektrischen oder anderen Einrichtungen auszulesen und auszuwerten. Die Identifizierungselemente in den zu wechselnden Bauteilen sowie die entsprechenden Einrichtungen in den zugehörigen Geräten und Anlagen beanspruchen Raum, verbrauchen
30 Strom und verursachen Kosten in Entwicklung und Produktion. Weiter sind solche Identifizierungselemente auf miniaturisierten elektromechanischen Bauteilen mangels Platzes und zur Vermeidung von Zusatzkosten unpraktisch und deshalb unüblich.

Es besteht daher ein Bedarf, die Identifizierung für regelmäßig zu wechselnde miniaturisierte Bauteile zu vereinfachen. Dabei ist auf separate Identifizierungselemente zu verzichten aus
35 oben genannten Gründen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine Technik anzugeben, welche eine Identifizierung von elektromechanischen Bauteilen unter Verzicht auf eigenständige Identifizierungselemente ermöglicht.

5 Die Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

10 Eine wesentliche Idee der Erfindung ist dabei eine Identifizierung eines elektromechanischen Bauteils (auch Aktor genannt), zum Beispiel in Form eines Relais, anhand elektrischer Kenngrößen und deren Verläufen. Diese werden durch eine geeignete Messtechnik ermittelt. Weiter werden die ermittelten Daten mit bekannten Daten verglichen, die jeweils verschiedenen Konstruktionen der elektromechanischen Komponenten zuzuordnen sind. Die verschiedenen Konstruktionen sind ihrerseits bestimmten Herstellern elektromechanischer Aktoren zuzuordnen. Ergänzend ist eine Typ-Identifizierung der Aktoren möglich, die zum Beispiel eine Identifizierung der Höhe der Versorgungsspannung einschließt. Die Anlage
15 oder das Geräte kann automatisch die Versorgungsspannung und weitere Parameter einstellen, zum Beispiel auch für eine vorausschauende Wartung. Schließlich ist eine Funktionskontrolle der Aktoren möglich. Auf separate Identifizierungsmittel wird dabei erfindungsgemäß verzichtet.

20 Ausführungsbeispiele der Erfindung, die wahlweise miteinander kombinierbar sind, sind im Folgenden unter teilweiser Bezugnahme auf die Figuren offenbart.

Ein erster Aspekt betrifft eine Vorrichtung zur Prüfung eines elektromechanischen Bauteils. Dieses umfasst eine Steuerung zur Ermittlung eines Stromverlaufs des elektromechanischen Bauteils, wobei der Stromverlauf ein zeitlich bestimmtes lokales Maximum basierend auf einer Ankerrückbewegung beim Ausschalten eines Spulenstroms des elektromechanischen
25 Bauteils aufweist. Weiter umfasst die Steuerung eine Klassifizierung des ermittelten Stromverlaufs anhand vorgegebener Stromverläufe. Die Klassifizierung umfasst ein Feststellen einer ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs mit einem der vorgegebenen Stromverläufe unter Berücksichtigung der Ankerrückbewegung.

30 Elektromechanische Bauteile dienen zur Erzeugung von mechanischen Vorgängen mithilfe elektrischer Energie. Zu den typischen elektromechanischen Bauteilen zählen Schalter und Relais, die unter anderem im Schaltschrankbau eingesetzt werden. Diese werden oft mit Niederspannung betrieben, die 60 Volt nicht überschreitet. Typische Spannungen können auch 12V und 24V umfassen. Ein Relais als eine Ausführungsform des elektromechanischen Bauteils ist ein durch elektrischen Strom betriebener, fernbetätigter Schalter mit in der Regel

zwei Schaltstellungen. Das Relais wird über einen Steuerstromkreis aktiviert und kann weitere Stromkreise schalten.

Das Klassifizieren kann eine Auswahl unter mehreren Gruppen, Mengen oder Kategorien umfassen, welche zusammen eine Klassifikation bilden. In diesem Fall kann die

5 Klassifizierung der elektromechanischen Bauteile verschiedene Typen umfassen, die zum Beispiel nach verschiedenen elektrischen Funktionen, nach Strom- und/oder Spannungsstärken, Lebensdauer etc. unterteilt sein können. Innerhalb einer Gruppe, Menge oder Kategorie können weitere Unterteilungen vorkommen, zum Beispiel nach verschiedenen Herstellern des gleichen Typs des elektromechanischen Bauteils. Die

10 Klassifizierung wird ermöglicht durch die voneinander abweichenden mechanischen Ausgestaltungen von elektromechanischen Bauteilen gleicher Typen durch verschiedene Hersteller. Verschiedene Typen von elektromechanischen Bauteilen haben ebenfalls charakteristische aber voneinander abweichende Merkmale pro Hersteller.

Ein Anker eines elektromechanischen Bauteils ist ein bewegliches, ferromagnetisches

15 Bauteil, der durch eine Feder in einer Ruhelage fixiert ist. Durch die Krafteinwirkung eines magnetischen Flusses bewegt sich der Anker in einer Ankerhinbewegung in eine Arbeitslage, in der er elektrische Kontakte schaltet. Nach Abschaltung des magnetischen Flusses kehrt der Anker in einer Ankerrückbewegung in seine Ruhelage zurück, was gleichzeitig die Schaltung der elektrischen Kontakte beendet. Der magnetische Fluss wird

20 durch eine Spule erzeugt. Die Strommessung erfolgt jeweils während der Ankerhinbewegung beziehungsweise während der Ankerrückbewegung.

Vorteilhaft kann so ohne Rückgriff auf Identifizierungselemente eine Bestimmung des elektromechanischen Bauteils erfolgen, die sowohl den Typ des Bauteils als auch optional den Hersteller des Typs des Bauteils umfassen kann.

25 In Ausführungsbeispielen kann das elektromechanische Bauteil als Relais ausgebildet sein. Optional kann das Relais für eine Verwendung in einem Relais-Sockel einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS, fachsprachlich: "Programmable Logic Controller" oder PLC) geeignet sein.

Durch die Verwendung eines PLC-Relais-Sockels ist vorteilhaft die äußere Relais-Bauform,

30 also Gehäusedimensionen und Ausgestaltung vorgegeben. Diverse Hersteller bieten passende Relais für einen solchen Sockel an. Die Bauform umfasst die Festlegung der Geometrie und der elektrischen Anschlüsse des Relais einschließlich deren Platzierung und Ausgestaltung. Eine leichte Austauschbarkeit ist durch Rückgriff auf verschiedene Hersteller sichergestellt.

Dabei kann die Vorrichtung eine speicherprogrammierbare Steuerung sein oder ein (anderes) Tragschienen-Modul.

In weiteren Ausführungsbeispielen kann zur Ermittlung des Stromverlaufs des elektromechanischen Bauteils zumindest ein Schaltzyklus ausgeführt werden. Optional kann
5 der Schaltzyklus eine Ankerhinbewegung beim Einschalten eines Spulenstroms des elektromechanischen Bauteils umfassen.

Die Ankerhinbewegung bewegt den Anker aus der federgestützten Ruhelage in die durch den magnetischen Fluss bewirkte Arbeitslage bei gleichzeitiger Schaltung der elektrischen Kontakte. Mit Abschalten des magnetischen Flusses kehrt der Anker in einer
10 Ankerrückbewegung in seine Ruhelage zurück. Entsprechend bilden Ankerhinbewegung und Ankerrückbewegung einen Schaltzyklus.

Vorteilhaft kann für eine verbesserte Erkennung von Typ und Hersteller auch ein Stromverlauf der Ankerhinbewegung ausgewertet werden.

In anderen Ausführungsbeispielen kann der Schaltzyklus beim Stromverlauf ein zeitlich
15 bestimmtes lokales Minimum basierend auf der Ankerhinbewegung des elektromechanischen Bauteils aufweisen.

Vorteilhaft ist ein Minimum im Stromverlauf einfach zu bestimmen. Gleichzeitig unterscheidet es sich deutlich vom Stromverlaufmaximum, was eine Verwechslungsgefahr zwischen beiden Messungen verringert. Dies wird durch die jeweilige zeitliche Bestimmung weiter
20 verbessert. Somit kann mit einer einfachen Messanordnung beide Ankerbewegungen identifiziert und deren Stromverlaufsausprägungen erfasst werden.

In Ausführungsbeispielen kann ein Typ des elektromechanischen Bauteils bestimmt werden basierend auf der ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs mit einem der vorgegebenen Stromverläufe. Die vorgegebenen Stromverläufe sind dabei den Gruppen
25 oder Kategorien der Klassifizierung zugeordnet. Optional kann bei einer ersten Nichtübereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs mit einem der vorgegebenen Stromverläufe eine erste Fehlermeldung generiert werden.

Die Feststellung der Übereinstimmung umfasst dabei die Überprüfung des zeitlich bestimmten Verlaufs. Dies umfasst den zeitlichen Vergleich von Beginn, Entwicklung und
30 Ende des entsprechenden Stromverlaufsabschnitts. Auch die absolute Stromhöhe wird miterfasst und mit den vorgegebenen Stromverläufen verglichen.

Eine Fehlermeldung kann ein elektrisches Signal umfassen, das an eine zentrale Recheneinheit übermittelt wird. Weiter kann sie auch optisch oder akustisch signalisiert werden.

Vorteilhaft kann so die Benutzung eines korrekten elektromechanischen Bauteils sichergestellt werden. Gleichzeitig kann seine Funktionstüchtigkeit bestätigt werden.

In weiteren Ausführungsbeispielen kann ein Hersteller des Typs des elektromechanischen Bauteils bestimmt werden basierend auf der ersten Übereinstimmung. Dies kann nach
5 Bestimmung des Typs des Bauteils in einer Unterkategorie erfolgen, sodass die Übereinstimmung der Stromverläufe in diesem Fall besonders aussagekräftig ist. Optional kann eine Meldung signalisiert werden, die den Hersteller und den Typ des elektromechanischen Bauteils umfasst.

Vorteilhaft kann so für weitere Arbeitsschritte ein Parameter gemeldet werden, der zum
10 Beispiel bei einer prädiktiven Wartung oder für eine spezifische Ansteuerung des elektromechanischen Bauteils Verwendung finden kann.

In anderen Ausführungsbeispielen kann eine Überprüfung des Typs und optional des Herstellers des elektromechanischen Bauteils durchgeführt werden basierend auf einer
15 zweiten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs mit einem der vorgegebenen Stromverläufe, der die erste Übereinstimmung aufweist. Dies kann auch den zeitlichen Verlauf des entsprechenden Stromverlaufs umfassen, der Rückschlüsse auf die anzulegende Versorgungsspannung zulässt. Optional kann bei Nichtübereinstimmung eine zweite Fehlermeldung generiert werden.

Die zweite Übereinstimmung kann eine Überprüfung des oben genannten Minimums des
20 Stromverlaufs umfassen, das für die Ankerhinbewegung charakteristisch ist.

Jede Übereinstimmung weist einen Sollwert und eine tolerierte Abweichung von dem Sollwert auf, im Folgenden Toleranz genannt. Solange sich die Abweichungen zwischen dem ermittelten Stromverlauf und dem vorgegebenen Stromverlauf innerhalb der Toleranz
25 bewegen, wird auf Übereinstimmung erkannt. Anderenfalls wird die erste bzw. zweite Fehlermeldung generiert, wobei auch weitere Fehlermeldungen möglich sind.

Vorteilhaft kann so eine verbesserte Aussage über ermittelte Typen oder Hersteller, aber auch bezüglich der korrekten Funktion des elektromechanischen Bauteils erreicht werden.

In Ausführungsbeispielen kann das Feststellen der ersten Übereinstimmung oder zweiten Übereinstimmung eine Feststellung der erforderlichen Versorgungsspannung des
30 elektromechanischen Bauteils umfassen. Dies kann auf der Messung des Stromverlaufs basieren, wobei eine Zuordnung der erforderlichen Versorgungsspannung auf Referenzwerten oder einem maschinellen Lernverfahren basieren kann. Optional kann die Vorrichtung die erforderliche Versorgungsspannung basierend auf der Feststellung automatisch einstellen.

Der zeitliche Verlauf des entsprechenden Stromverlaufs kann sich beim Anlegen der doppelten Versorgungsspannung an das elektromechanische Bauteil halbieren.

Entsprechend kann die Messung bei halbiertes Versorgungsspannung wiederholt werden zur Identifizierung der korrekten Versorgungsspannung. Im Falle einer halben

- 5 Versorgungsspannung kann eine Fehlfunktion des elektromechanischen Bauteils festgestellt werden. Hier kann eine Verdoppelung der Versorgungsspannung vorgenommen werden und die Messung wiederholt werden. So kann die korrekte Versorgungsspannung automatisch festgestellt und im Anschluss daran automatisch eingestellt werden.

- 10 Das maschinelle Lernverfahren, oder maschinelles Lernen, ist ein Oberbegriff für die „künstliche“ Generierung von Wissen aus Erfahrung: Ein künstliches System lernt aus Beispielen und kann diese nach Beendigung der Lernphase verallgemeinern. Dazu bauen Algorithmen beim maschinellen Lernen ein statistisches Modell auf, das auf Trainingsdaten beruht und welches gegen die Testdaten getestet wird.

- 15 Die erste Übereinstimmung kann zum Beispiel das zeitlich bestimmte lokale Maximum der Ankerrückbewegung und die zweite Übereinstimmung das zeitlich bestimmte lokale Minimum der Ankerhinbewegung umfassen.

Vorteilhaft kann so die Erfassung und Einstellung der Versorgungsspannung des elektromechanischen Bauteils automatisch erfolgen.

- 20 In weiteren Ausführungsbeispielen können beim maschinellen Lernverfahren Messreihen des ermittelten Stromverlaufs und des vorgegebenen Stromverlaufs direkt berücksichtigt werden. Alternativ oder ergänzend können Messreihen aus dem ermittelten Stromverlauf und den vorgegebenen Stromverläufen in Form von extrahierten Merkmalen als Eingangsdaten für das maschinelle Lernverfahren berücksichtigt werden. Alternativ oder ergänzend kann basierend auf den Referenzmessreihen eine euklidische Distanz zwischen dem ermittelten
- 25 Stromverlauf und dem vorgegebenen Stromverlauf berücksichtigt werden.

- Messreihen des ermittelten Stromverlaufs können als Wertereihen ausgebildet sein, die in vorgegebenen zeitlichen Abständen den jeweils aktuellen Stromverbrauch erfassen und dokumentieren. Übliche zeitliche Abstände können 1ms oder 0,1ms sein. Extrahierte Merkmale als Eingangsdaten können in Abhängigkeit der Temperatur gebildet werden,
- 30 insbesondere da die Temperatur wesentlichen Einfluss auf die Ankerbewegungen hat. Weiter kann die angelegte Spannung berücksichtigt werden.

- Die euklidische Distanz oder der euklidische Abstand ist der Abstandsbegriff der euklidischen Geometrie. Der euklidische Abstand zweier Punkte in der Ebene oder im Raum ist die zum Beispiel mit einem Lineal gemessene Länge einer Strecke, die diese zwei Punkte
- 35 verbindet.

Vorteilhaft kann so eine digitale Verarbeitung basierend auf den Messreihen erfolgen, deren Vergleichbarkeit durch die Berücksichtigung weiterer Einflussgrößen verbessert wird.

In anderen Ausführungsbeispielen kann in Abhängigkeit eines Maßes der ersten Übereinstimmung und alternativ oder ergänzend der zweiten Übereinstimmung des
5 ermittelten Stromverlaufs und einem der vorgegebenen Stromverläufe die Steuerung ein Aktivieren einer vorausschauenden Instandhaltung veranlassen. Alternativ oder ergänzend kann die Steuerung ein sanftes Schalten veranlassen. Weiter alternativ oder ergänzend kann die Steuerung einen Selbstheilungsprozess des elektromechanischen Bauteils veranlassen. Optional kann das Aktivieren der vorausschauenden Instandhaltung eine Parametrierung der
10 vorausschauenden Instandhaltung umfassen.

Das Maß der Übereinstimmung ist weiter oben auch als Toleranz bezeichnet und weist einen Sollwert und eine tolerierte Abweichung von dem Sollwert auf.

Das Aktivieren einer vorausschauenden Instandhaltung wird auch als prädiktive Instandhaltung bezeichnet. Ziel der prädiktiven Instandhaltung ist die Gewinnung von
15 Informationen über den Zustand eines elektromechanischen Schaltelements eines elektromechanischen Bauteils. Auf Basis dieser Informationen können Aktionen ausgeführt werden, zum Beispiel das Wechseln des elektromechanischen Bauteils. Dieses kann als Relais ausgebildet sein. Technisch könnte ein derartiges Verfahren mit maschinellen Lernverfahren umgesetzt werden: Zunächst wird ein Datensatz aufgezeichnet, der
20 Messgrößen zu einer Mehrzahl von Relais über deren Lebensdauer enthält und somit die Degradierung abbildet. Daraufhin wird ein maschinelles Lernverfahren, z.B. ein künstliches neuronales Netz, mit diesem Datensatz trainiert, wobei es eine Assoziation zwischen den Messdaten und dem Alter des jeweiligen Relais erlernt. Nach dem Training kann das maschinelle Lernverfahren in einem Produkt, zum Beispiel durch eine Cloud-Anbindung,
25 ausgeführt werden, sodass aus den Messgrößen Informationen zum Zustand des Schaltelements und somit des elektromechanischen Bauteils gewonnen werden können.

Ziel des sanften Schaltens ist die Erhöhung der Lebensdauer eines elektromechanischen Bauteils mit elektromechanischen Schaltelementen. Diverse Phänomene haben Einfluss auf die Degradierung von elektromechanischen Schaltelementen, eines davon ist das
30 sogenannte „Prellen“. Dabei schlagen Kontakte beim Schließen mehrfach aufeinander, wodurch Verschleiß hervorgerufen wird. Durch eine optimierte Ansteuerung des Schaltelements ist es möglich, das „Prellen“ zu reduzieren. Dafür wird die Versorgungsspannung des Schaltelements im Schaltvorgang kurzzeitig ab- oder zugeschaltet, sodass die Kontakte mit weniger Geschwindigkeit aufeinander treffen und
35 daher weniger „prellen“. Die Herausforderung bei diesem Verfahren liegt in der Wahl des

Zeitpunktes und der Dauer des Ab- oder Zuschaltens. Dafür ist ein Optimierungselement empfehlenswert, der Zeitpunkt und Dauer auf Basis des „Prellens“ anpasst.

Die Selbstheilung beschreibt eine zumindest teilweise Reparatur des elektromechanischen Bauteils. Ziel der Selbstheilung ist die Umkehr von Degradierungsprozessen, um die Lebensdauer von elektromechanischen Schaltelementen zu verlängern. Dies ist möglich, da ein Teil der Degradierungsprozesse reversibel ist. Ein Beispiel hierfür ist die Materialmigration, in Folge derer sich Materialansammlungen auf den Kontaktoberflächen ausbilden. Durch ein gezieltes Ansteuern des Schaltelements ist es möglich, eine Reibung zwischen den Kontakten hervorzurufen, welche wiederum ein Abreiben der Materialansammlungen mit sich bringt. Für das Ansteuern ist der Überhub eines Schaltelements von großer Bedeutung: Beim Einschalten berührt sich zunächst das Kontaktpaar, dann wird es gebogen (der Überhub entsteht) und schließlich trifft der Anker auf den Spulenkern. Das Reiben wird ausgelöst, indem die Versorgungsspannung so ein- und ausgeschaltet wird, dass der Überhub auf- und abgebaut wird. Die Kontakte berühren sich dementsprechend ständig, der Anker löst sich jedoch immer wieder vom Spulenkern.

Vorteilhaft können zielgerichtete Erhaltungs-, Reparatur- oder Wartungsmaßnahmen geplant oder durchgeführt werden zur Verbesserung einer zuverlässigen Betriebsdauer des elektromechanischen Bauteils.

In Ausführungsbeispielen kann die Ermittlung des Stromverlaufs des elektromechanischen Bauteils unter Berücksichtigung der vorherrschenden Temperatur erfolgen.

Wie bereits erwähnt, besteht eine erhebliche Temperaturabhängigkeit in Bezug auf den Stromverlauf bei den Ankerbewegungen. Entsprechend verbessert die Berücksichtigung der Temperatur die Genauigkeit der Messung. Vorteilhaft können so die Toleranzen enger gefasst werden, da die Temperaturschwankungen nicht mehr berücksichtigt werden müssen.

Weiterhin kann eine Abhängigkeit des Stromverlaufs bezüglich der Einbaulage des Ankers bestehen. Entsprechend verbessert die Berücksichtigung der Einbaulage die Genauigkeit der Messung.

Vorteilhaft können so die Toleranzen enger gefasst werden, da die Einbaulage nicht mehr berücksichtigt werden muss.

30

In weiteren Ausführungsbeispielen kann das Feststellen der ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs und eines der vorgegebenen Stromverläufe unter Berücksichtigung des Verlaufs des Spulenstroms bei der Ankerrückbewegung erfolgen.

Dabei ist der Spulenstrom als der Strom aufzufassen, der durch eine Spule des elektromechanischen Bauteils fließt. Dies ist ein Gleichstrom, der den magnetischen Fluss in der Spule erzeugt, der wiederum den Anker anzieht. Die Prägung dieses Gleichstroms bei Ankerhinbewegung und Ankerrückbewegung dient der Bestimmung von Typ und gegebenenfalls Hersteller des elektromechanischen Bauteils.

Vorteilhaft kann so mit einer Messung bereits Typ und gegebenenfalls Hersteller des elektromechanischen Bauteils bestimmt werden.

Ein zweiter Aspekt betrifft ein Verfahren zur Prüfung eines elektromechanischen Bauteils gemäß der Vorrichtung des ersten Aspekts und optional nach einem oder mehreren der vorgenannten Ausführungsbeispiele des ersten Aspekts.

In Ausführungsbeispielen kann ein Typ-Vergleich des identifizierten elektromechanischen Bauteils mit einem der vorgesehenen Typen des elektromechanischen Bauteils erfolgen. Die Ausgabe eines Zustimmungssignals zum Betrieb des elektromechanischen Bauteils kann bei Übereinstimmung des Typs des identifizierten elektromechanischen Bauteils mit einem der vorgesehenen Typen des elektromechanischen Bauteils erfolgen. Anderenfalls kann die Ausgabe eines Fehlersignals in Bezug auf das elektromechanische Bauteil erfolgen. Optional kann bei Ausgabe des Fehlersignals eine Deaktivierung der vorausschauenden Instandhaltung und/oder des sanften Schaltens und/oder des Selbstheilungsprozesses des elektromechanischen Bauteils erfolgen.

Der Typ-Vergleich vergleicht das identifizierte elektromechanische Bauteil mit den erlaubten elektromechanischen Bauteile-Typen. Das Zustimmungssignal kann zur Aktivierung der vorausschauenden Instandhaltung und ergänzend oder alternativ des sanften Schaltens und ergänzend oder alternativ des Selbstheilungsprozesses des elektromechanischen Bauteils herangezogen werden.

Das Fehlersignal kann zur Deaktivierung des Betriebs einer Anlage herangezogen werden, in der das elektromechanische Bauteil integriert ist. Vorausschauende Instandhaltung, sanftes Schalten und Selbstheilungsprozess sind bereits oben näher erläutert.

Vorteilhaft ist die Ausführung des Verfahrens nicht an eine bestimmte Vorrichtung gekoppelt.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Computerprogrammprodukt, umfassend Programmcodeabschnitte zum Durchführen der Schritte nach dem zweiten Aspekt der Erfindung, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem oder mehreren Computergeräten ausgeführt wird. Optional kann das Computerprogrammprodukt auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsmedium gespeichert sein.

Vorteilhaft ist das Computerprogrammprodukt eine zweckmäßige Ausgestaltung des Verfahrens gemäß des zweiten Aspekts der Erfindung, die auf einem dafür geeigneten Computer ablaufen kann.

- 5 Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen, die wahlweise miteinander kombinierbar sind, näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild einer Vorrichtung eines ersten Aspekts,

- 10 Fig. 2 zeigt ein Prinzipschaltbild eines Verfahrens eines zweiten Aspekts,

Fig. 3 zeigt ein Prinzipschaltbild einer Vorrichtung in einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4 zeigt Stromverläufe beim Einschalten und beim Ausschalten eines elektromechanischen Bauteils,

Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Typen- Hersteller Matrix,

- 15 Fig. 6 zeigt eine Vorrichtung mit einem PLC-Relais-Sockel in einem ersten Ausführungsbeispiel in verschiedenen Ansichten,

Fig. 7 zeigt eine Vorrichtung mit einem PLC-Relais-Sockel in einem ersten Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Ansicht,

- 20 Fig. 8 zeigt eine Vorrichtung mit einem PLC-Relais-Sockel in einem zweiten Ausführungsbeispiel in verschiedenen Ansichten,

Fig. 9 zeigt eine Vorrichtung mit einem PLC-Relais-Sockel in einem zweiten Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Ansicht,

Fig. 10 zeigt ein elektromechanisches Bauteil in verschiedenen Ansichten, und

Fig. 11 zeigt ein elektromechanisches Bauteil in einer perspektivischen Ansicht.

25

- Fig. 1** zeigt ein Prinzipschaltbild einer Vorrichtung 100 eines ersten Aspekts. Die Vorrichtung 100 dient der Prüfung eines elektromechanischen Bauteils 150. Sie umfasst eine Steuerung 102 zur Ermittlung eines Stromverlaufs 104 (nicht gezeigt) des elektromechanischen Bauteils 150. Dabei weist der Stromverlauf 104 ein zeitlich bestimmtes lokales Maximum 106 (nicht gezeigt) basierend auf einer Ankerrückbewegung 108 (nicht
- 30

gezeigt) beim Ausschalten eines Spulenstroms 110 (nicht gezeigt) des elektromechanischen Bauteils 150 auf. Die Steuerung 102 ist zur Klassifizierung des ermittelten Stromverlaufs 104 anhand vorgegebener Stromverläufe 114, 116 ausgebildet. Die Klassifizierung umfasst ein Feststellen einer ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs 104 mit einem der vorgegebenen Stromverläufe unter Berücksichtigung der Ankerrückbewegung 108.

Weiter weist Vorrichtung 100 eine Einheit 101 zur Spannungsversorgung und Strommessung auf. Diese ist mit der Steuerung 102 elektrisch leitend verbunden. Eine weitere Verbindung besteht zu einer Schnittstelle (nicht gezeigt) für das elektromechanische Bauteil 150. Die Steuerung 102 umfasst noch eine Signalgebungs- und/oder Kommunikationsschnittstelle.

Fig. 2 zeigt ein Prinzipschaltbild eines Verfahrens 200 eines zweiten Aspekts. Das Verfahren 200 dient einer Prüfung eines elektromechanischen Bauteils 150. Es umfasst ein Ermitteln 202, mit einer Steuerung, eines Stromverlaufs 104 (nicht gezeigt) des elektromechanischen Bauteils 150. Der Stromverlauf 104 weist ein zeitlich bestimmtes lokales Maximum 106 (nicht gezeigt) basierend auf einer Ankerrückbewegung 108 beim Ausschalten eines Spulenstroms 110 (nicht gezeigt) des elektromechanischen Bauteils 150 auf. Das Verfahren umfasst weiter ein Klassifizieren 202, mit der Steuerung 102, des ermittelten Stromverlaufs 104 anhand einer Mehrzahl von vorgegebenen Stromverläufen 114/116, wobei das Klassifizieren 202 ein Feststellen einer ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs 104 mit einem der vorgegebenen Stromverläufe 114/116 unter Berücksichtigung der Ankerrückbewegung 108 umfasst (nicht gezeigt).

Das Verfahren 200 umfasst weiter einen Typ-Vergleich 202 des identifizierten elektromechanischen Bauteils 150 mit einem der vorgesehenen Typen 114 des elektromechanischen Bauteils. Ergänzend umfasst das Verfahren 200 eine Ausgabe eines Zustimmungssignals 206 zum Betrieb des elektromechanischen Bauteils 150 bei Übereinstimmung des Typs 114 des identifizierten elektromechanischen Bauteils 150 mit einem der vorgesehenen Typen 114 des elektromechanischen Bauteils 150. Anderenfalls umfasst das Verfahren 200 eine Ausgabe eines Fehlersignals 208 in Bezug auf das elektromechanische Bauteil 150. Optional erfolgt bei Ausgabe des Fehlersignals 208 eine Deaktivierung der vorausschauenden Instandhaltung und/oder des sanften Schaltens und/oder des Selbstheilungsprozesses des elektromechanischen Bauteils (nicht gezeigt). Das Ermitteln 202, Klassifizieren 202 und der Typ-Vergleich 202 des elektromechanischen Bauteils 150 kann auch als ‚I. Aktuator identifiziert?‘ benannt werden.

Bei erfolgreicher Aktuator Identifizierung 202 wird eine Funktionsüberprüfung (II. Aktuator korrekt?) 204 des elektromechanischen Bauteils 150, auch elektromechanischer Aktuator genannt, durchgeführt. Dies kann auch eine Überprüfung eines Einschaltens des Aktuators umfassen (nicht gezeigt). Bei korrektem Aktuator wird zum Vorgang 206 (III. Aktuator

betreiben) verzweigt. Im Fehlerfall wird zum Vorgang Fehler ausgeben und Funktion deaktivieren 208 verzweigt. Bei nicht erfolgreicher Identifizierung des Aktuators im Vorgang Aktuator identifizieren wird ebenfalls zum Fehler-Vorgang 208 (IV. Fehler ausgeben & Funktion deaktivieren) verzweigt und zumindest eine Funktion deaktiviert.

5 **Fig. 3** zeigt ein Prinzipschaltbild einer Vorrichtung 100 in einem ersten Ausführungsbeispiel. Dabei nimmt die Vorrichtung 100 das elektromechanische Bauteil 150 über eine als Buchsen ausgeführte Schnittstelle auf. Weiter umfasst die Vorrichtung 100 ein Bauteil zur Spannungsversorgung und Strommessung 101, das mit einer Steuerung 102 sowie mit einer Stromversorgung zur Erzeugung des Spulenstroms 110 des elektromechanischen Bauteils

10 150 gekoppelt ist. Über die Anschlüsse A1 und A2 und einen Gleichrichter wird das elektromechanische Bauteil 150 mit dem Spulenstrom 110 versorgt. Weiter weist die Schnittstelle des elektromechanischen Bauteils 150 Kontakte 11, 12, 14, 21, 22 und 24 auf, die ebenfalls über Buchsen geführt sind und eine elektrische Verbindung zu den schaltbaren Kontakten des elektromechanischen Bauteils 150 herstellen. Die Schnittstelle ist darüber

15 hinaus als PLC-Relais-Sockel 112 mit entsprechenden mechanischen Aufnahmen ausgebildet. Das elektromechanische Bauteil 150 steckt mit seinen Steckkontakten 152 in den korrespondierenden Buchsen der Vorrichtung 100. Das elektromechanische Bauteil 150 ist dabei als Relais ausgebildet. Optional kann das Relais 150 für eine Verwendung in einem PLC-Relais-Sockel 112 geeignet sein.

20

Fig. 4 zeigt Stromverläufe 104 beim Einschalten und beim Ausschalten eines elektromechanischen Bauteils 150 in der Vorrichtung 100. Zur Ermittlung des Stromverlaufs 104 des elektromechanischen Bauteils 150 wird zumindest ein Schaltzyklus ausgeführt. Optional umfasst der Schaltzyklus neben der Ankerrückbewegung 108 auch eine

25 Ankerhinbewegung beim Einschalten eines Spulenstroms 110 des elektromechanischen Bauteils 150. Dabei kann der Schaltzyklus beim Stromverlauf 104 ein zeitlich bestimmtes lokales Minimum 107 basierend auf der Ankerhinbewegung des elektromechanischen Bauteils 150 aufweisen. Die Ankerrückbewegung 108 weist ein zeitlich bestimmtes lokales Maximum 106 auf, wie bereits bei Fig. 1 ausgeführt ist. Verschiedene Typen 114 des

30 elektromechanischen Bauteils 150 weisen nun jeweils signifikante Abweichungen beim Einschalten des Spulenstroms 110 beziehungsweise beim Ausschalten des Spulenstroms 110 in Bezug auf die zeitliche Bestimmung des Maximums oder Minimums, in Bezug auf die Stromhöhe und gegebenenfalls auch in Bezug auf den Kurvenverlauf auf. Weiter weisen verschiedene Hersteller 116 (Hersteller A, Hersteller B) des gleichen Typs 114 auch jeweils

35 signifikante Abweichungen voneinander auf. Entsprechend ist sowohl eine Typ-

Unterscheidung als auch eine Herstellerunterscheidung anhand der Ausschaltströme, gegebenenfalls ergänzt um die Einschaltströme, möglich.

Weiter basiert die Typ-Bestimmung des elektromechanischen Bauteils 150 auf einer ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs 104 mit einem Stromverlauf aus einer Mehrzahl von vorgegebenen Stromverläufen (nicht gezeigt). Mit anderen Worten werden zur Typ-Bestimmung eine Mehrzahl von Typen 114 mit jeweils unterscheidbaren Charakteristiken vorgehalten, mit denen der ermittelte Stromverlauf 104 abgeglichen wird. Optional kann bei einer ersten Nichtübereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs 104 mit einem der vorgegebenen Stromverläufe eine erste Fehlermeldung (nicht gezeigt) generiert werden.

Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Typen 114 - Hersteller 116 Matrix. Der gemessene Stromverlauf 104 wird dabei mit den in einem Speicher hinterlegten Stromverbräuchen der verschiedenen zu identifizierenden Typen 114 verglichen. Ergänzend wird der gemessene Stromverlauf 104 mit den verschiedenen Herstellern 116 verglichen. So kann eine Bestimmung von Typ 114 und Hersteller 116 erfolgen.

Dabei kann ein Hersteller 116 des Typs 114 des elektromechanischen Bauteils 150 bestimmt werden, basierend auf der ersten Übereinstimmung, die beim Ausschalten des Spulenstroms und der zugehörigen Ankerrückbewegung auftritt. Optional kann eine Meldung erzeugt werden, die den Hersteller 116 und den Typ 114 des elektromechanischen Bauteils 150 signalisiert.

Darüber hinaus kann eine Überprüfung des Typs 114 und optional der Hersteller 116 des elektromechanischen Bauteils 150 durchgeführt werden basierend auf einer zweiten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs 104 mit einem der vorgegebenen Stromverläufe, der die zweite Übereinstimmung aufweist. Optional kann bei Nichtübereinstimmung eine zweite Fehlermeldung generiert werden.

Weiter kann das Feststellen der ersten Übereinstimmung oder der zweiten Übereinstimmung eine Feststellung der erforderlichen Versorgungsspannung des elektromechanischen Bauteils umfassen, basierend auf der Messung des Stromverlaufs (nicht gezeigt). Eine Zuordnung der erforderlichen Versorgungsspannung kann auf Referenzwerten oder einem maschinellen Lernverfahren basieren. Optional kann die Vorrichtung 100 auch die erforderliche Versorgungsspannung basierend auf der Feststellung automatisch einstellen (nicht gezeigt). Dies basiert auf dem zeitlichen Verlauf der Stromverläufe, wie weiter oben detaillierter ausgeführt ist.

Beim maschinellen Lernverfahren können Messreihen des ermittelten Stromverlaufs 104 und des vorgegebenen Stromverlaufs direkt berücksichtigt werden. Alternativ können Messreihen

aus extrahierten Merkmalen des ermittelten Stromverlaufs und des vorgegebenen Stromverlaufs als Eingangsdaten für das maschinelle Lernverfahren berücksichtigt werden. Ergänzend oder alternativ kann basierend auf den Referenzmessreihen eine euklidische Distanz zwischen dem ermittelten Stromverlauf 104 und dem vorgegebenen Stromverlauf berücksichtigt werden.

In Abhängigkeit eines Maßes der ersten Übereinstimmung und/oder der zweiten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs und einem der vorgegebenen Stromverläufe kann die Steuerung ein Aktivieren einer vorausschauenden Instandhaltung (fachsprachlich: prädiktive Wartung; vorausschauende Instandhaltung oder Predictive Maintenance genannt) und/oder eines sanften Schaltens und/oder eines Selbstheilungsprozesses des elektromechanischen Bauteils 150 veranlassen. Die diesbezüglichen Details sind in der Einleitung oben näher ausgeführt. Optional kann das Aktivieren der vorausschauenden Instandhaltung eine Parametrierung der vorausschauenden Instandhaltung umfassen, die zum Beispiel verschiedene Wartungsstufen berücksichtigen kann.

Das Ermitteln des Stromverlaufs des elektromechanischen Bauteils 150 kann unter Berücksichtigung der vorherrschenden Temperatur erfolgen (nicht gezeigt).

Das Ermitteln des Stromverlaufs des elektromechanischen Bauteils 150 kann unter Berücksichtigung der Einbaulage erfolgen (nicht gezeigt).

Das Feststellen der ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs und eines der vorgegebenen Stromverläufe kann allein unter Berücksichtigung des Verlaufs des Spulenstroms 110 bei der Ankerrückbewegung 108 erfolgen. Es kann aber auch ergänzend den Stromverlauf der Ankerhinbewegung umfassen.

Das Feststellen der ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs und eines der vorgegebenen Stromverläufe kann unter Berücksichtigung des Verlaufs des Spulenstroms 110 bei der Ankerrückbewegung 108 erfolgen.

Fig. 6 zeigt die Vorrichtung 100 in einem ersten Ausführungsbeispiel in verschiedenen Ansichten. Dabei umfasst die Vorrichtung 100 den PLC-Relais-Sockel 112 mit dem eingesetzten elektromechanischen Bauteil 150. Weiter umfasst die Vorrichtung 100 die Steuerung 102 sowie diverse Anschlussklemmen zur elektrischen Verbindung an beiden Seiten. Diese sind als Einzelklemmen in zwei oder drei Reihen angeordnet, wie der linken beziehungsweise der rechten Seitenansicht zu entnehmen ist, wobei bei zwei Reihen Einzelklemmen noch eine Schlitzklemme vorhanden ist. Beispielfhaft sind Maße für eine Montage an einer Klemmleiste für Schaltschränke sowie bezüglich der Bauhöhe ergänzt.

Fig. 7 zeigt eine Vorrichtung 100 mit einem PLC-Relais-Sockel 112 in einem ersten Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Ansicht gemäß Figur 6.

Fig. 8 zeigt eine Vorrichtung 100 mit einem PLC-Relais-Sockel 112 in einem zweiten Ausführungsbeispiel in verschiedenen Ansichten. Dabei umfasst die Vorrichtung 100 den PLC-Relais-Sockel 112 ohne eingesetztem elektromechanischen Bauteil 150. Weiter umfasst die Vorrichtung 100 die Steuerung 102 sowie diverse Anschlussklemmen zur elektrischen Verbindung an beiden Seiten. Diese sind als Einzelklemmen in zwei oder drei Reihen angeordnet, wie der linken beziehungsweise der rechten Seitenansicht zu entnehmen ist, wobei bei zwei Reihen Einzelklemmen noch paarige Schlitzklemmen vorhanden sind. Beispielhaft sind auch hier Maße für eine Montage an einer Klemmleiste für Schaltschränke sowie bezüglich der Bauhöhe ergänzt.

Fig. 9 zeigt eine Vorrichtung 100 mit einem PLC-Relais-Sockel 112 in einem zweiten Ausführungsbeispiel in einer perspektivischen Ansicht gemäß Figur 8.

Fig. 10 zeigt ein elektromechanisches Bauteil 150 in seiner Vorderansicht, seiner Seitenansicht und seiner Draufsicht. Dabei sind die geometrischen Abmessungen und elektrischen und Verbindungen gemäß des PLC-Relais-Sockels 112 ausgeführt, sodass das elektromechanische Bauteil 150 problemlos verwendet werden kann. Zugehörige Maßangaben der Abmessungen und die Ausprägung des Steckergesichts mit Quer- und Längssteckern in Messerform sind ebenfalls in Fig. 9 enthalten.

Schließlich zeigt **Fig. 11** ein elektromechanisches Bauteil gemäß Figur 10 in einer perspektivischen Ansicht.

Mit anderen Worten kann die Erfindung wie folgt beschrieben werden. Mit dieser Beschreibung soll die Erkenntnis, dass elektromechanische Aktuatoren 150 (elektromechanische Bauteil 150) anhand des Spulenstroms 104 nach Herstellern 116 oder Typen 114 unterschieden werden können, geschützt werden. Der Stand der Technik schweigt zu einer derartigen Unterscheidung bei elektromechanischen Aktuatoren 150.

Lediglich funktional entfernte Systeme sind im Stand der Technik gezeigt: Bei Druckern bringen die Hersteller beispielsweise Speichermedien in die Druckerpatronen ein, um bauteilspezifische Informationen bereitzustellen. Über diese Informationen kann eine zusätzliche Funktion einen Drucker nur aktivieren, wenn die eingesetzte Druckerpatrone durch den Drucker identifiziert werden kann. Hier basiert die Identifizierung jedoch auf einem zusätzlichen Speichermedium, das in die Druckerpatronen eingebracht ist. Dieses Speichermedium ist im Kontext dieser Erfindung nicht notwendig.

Bei Kapsel-Heißgetränkemaschinen ist bekannt, dass über einen Strichcode an den Kapseln eine Information durch die Maschine eingelesen wird. Diese Information ist notwendig, um den Prozessablauf der Maschine auf den Inhalt der Kapseln abzustimmen. In diesem Fall wird die Identifizierung über einen Strichcode realisiert, der im Rahmen dieser Erfindung gerade nicht notwendig ist.

Die Unterscheidung von elektromechanischen Aktuatoren 150 geht über die zuvor beschriebenen Verfahren hinaus: Es ist keine Änderung oder Ergänzung der Bauteile 150 notwendig, da die Charakteristiken aufgrund des funktionsgezogenen mechanischen Aufbaus zur Identifikation genutzt werden können.

10 Im Gegensatz dazu zeigt der Stand der Technik lediglich Lehren, die ein zusätzliches Identifikationselement bei wechselbaren Bauteilen umfassen, zum Beispiel in Form eines Speichermediums oder Strichcodes oder anderer optischer oder elektrischer Erkennungsverfahren.

Die Erfindung zielt darauf ab, eine Vorrichtung 100 (in dem wechselbare elektromechanische Aktuatoren 150 – d.h. elektromechanische Bauteile – verwendet werden) bereitzustellen, die diese Aktuatoren 150 identifiziert. Eine mögliche Vorrichtung stellt ein PLC-Relais-Sockel dar, der im Schaltschrankbau vielfach Anwendung findet und genutzt wird, um Relais in Schaltschränken einzusetzen. Bei derartigen Vorrichtungen sind häufig Wechsel der Aktuatoren 150 notwendig, weshalb die Anschlüsse standardisiert sind und mehrere Hersteller 116 Produkte eines Typs 114 fertigen.

Der Wechsel des elektromechanischen Aktuators 150 bringt in der Praxis einige Probleme mit sich. Zunächst ist es möglich, dass der Anwender aufgrund der Standardisierung beim Wechseln einen Aktuator 150 vertauscht, also einen falschen Aktuator 150 einsetzt. In diesem Fall kann die Vorrichtung 100 wahrscheinlich nicht mehr ordnungsgemäß genutzt werden und eine aufwendige Fehlersuche muss gestartet werden. Durch eine Identifizierung des Aktuators 150 könnte ein solcher Fehler vollautomatisch gemeldet werden.

Eine weitere Fehlerquelle sind Produktfälschungen oder das Verwenden von einem nicht geprüften Aktuator 150, bei dem nicht garantiert werden kann, dass die ursprüngliche Spezifikation des Herstellers 116 eingehalten werden kann. In diesem Fall könnte durch die Identifizierung des Aktuators 150 dem Anwender ein Hinweis auf eine mögliche Produktfälschung beziehungsweise auf den Einsatz eines nicht geprüften Aktuators 150 gegeben werden.

Schlussendlich ergeben sich durch die fortschreitende Digitalisierung neue Möglichkeiten, wie beispielsweise eine prädiktive Instandhaltung, die auch auf elektromechanische Aktuatoren 150 angewendet werden kann. Für eine derartige Funktionalität ist es wichtig,

den verwendeten Aktuator 150 zu kennen, damit eine zuverlässige Anwendung garantiert werden kann. Dementsprechend könnte durch Nicht-Identifizierung eine Deaktivierung von zusätzlichen Funktionen, zum Beispiel der prädiktiven Instandhaltung, vorgenommen werden.

- 5 Vorteilhaft kann durch die Merkmale der Erfindung insbesondere eine Identifikation von nicht zertifizierten Ersatzteilen, eine Identifikation von falschen Ersatzteilen und ergänzend oder alternativ ein Deaktivieren von bauteilabhängigen Funktionen erreicht werden.

Zur Lösung des Problems ergeben sich zwei Ansätze, bei denen der Aktuator 150 immer
10 zumindest einmal betrieben werden muss. Eine Erkennung vor Inbetriebnahme des Aktuators 150 ist mit den Verfahren nicht möglich.

In einem ersten Ausführungsbeispiel ist die Identifikation von Aktuatoren mit unterschiedlichen Versorgungsspannungsauslegungen (zum Beispiel 12V oder 24V) bereits über den Spulenstrom möglich, da aufgrund der verschiedenen Wicklungsanzahlen der Spulenwiderstand und damit auch die Ströme im eingeschalteten Zustand unterschiedlich
15 sind. Dazu muss die Spannung gemessen werden oder bekannt sein. Über das ohmsche Gesetz kann dann der Widerstand berechnet werden, der wiederum einer Versorgungsspannungsauslegung zugeordnet werden kann. Die Zuordnung kann über Referenzwerte oder ein maschinelles Lernverfahren erfolgen.

Die Temperatur hat einen wesentlichen Einfluss auf den Widerstand der Spule, weshalb
20 dieser Einfluss auf Basis einer Temperaturmessung kompensiert werden muss.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel ist die Identifizierung der elektromechanischen Aktuatoren auch auf Basis des Verlaufs des Spulenstroms beim Ein- und Ausschalten möglich.

In Fig. 4 sind Ausschnitte der Spulenstromverläufe beim Ein- und Ausschalten für zwei
25 unterschiedliche Hersteller 116 dargestellt. Beim Vergleich beider Verläufe sind Unterschiede in den Kurven 104 ersichtlich: Beim Einschalten tritt das lokale Minimum bei Hersteller A 116 später auf als bei Hersteller B 116 und beim Ausschalten tritt das lokale Maximum bei Hersteller A 116 früher auf als bei Hersteller B 116. Beide lokalen Extrema stehen im Zusammenhang mit der Ankerbewegung; Beim Einschalten wird der
30 Ankeraufschlag auf den Spulen Kern durch das Minimum angezeigt, beim Ausschalten ist der lokale Stromanstieg mit der Ankerrückbewegung zu begründen.

Die Verläufe der Spulenströme hängen demzufolge maßgeblich von der Geometrie des Aktuators 150 ab, welche für jeden Hersteller 116 charakteristisch ist. Somit kann aus den Formen der Stromverläufe 104 auf den Hersteller 116 geschlossen werden.

Dies ist mit maschinellen Lernverfahren, aber auch mit Metriken und Referenzwerten möglich.

Bei maschinellen Lernverfahren können die Messreihen direkt oder aber aus den Messreihen extrahierte Merkmale als Eingangsdaten verwendet werden, um eine
5 Klassifikation des Aktuators 150 durchzuführen. Auf diesem Weg kann durch ein maschinelles Lernverfahren die Unterscheidung von bekannten Herstellern 116 und Versorgungsspannungsauslegungen also das Feststellen der korrekten Versorgungsspannung – erlernt werden.

Mit einer simplen Metrik wie der euklidischen Distanz können die aufgezeichneten
10 Messreihen hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit zu den Referenzmessreihen 114, 116 bewertet werden. Da bei den Referenzmessreihen der Hersteller 116 und Versorgungsspannungsauslegungen bekannt sind, kann so eine Identifizierung stattfinden.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert. Dabei wird zunächst auf die notwendigen Komponenten des Hardwareaufbaus eingegangen und darauf aufbauend
15 ein möglicher Algorithmus erörtert.

In Fig. 1 sind die notwendigen Bauteilgruppen zur Realisierung der Erfindung dargestellt. Der elektromechanische Aktuator 150 wird über eine Versorgungsleitung an die Vorrichtung 100 angeschlossen. In der Vorrichtung 100 wird zumindest eine Baugruppe 102/101 benötigt, durch die zumindest ein externes Spannungsversorgungssignal weitergeleitet und durch die
20 gleichzeitig der Spulenstrom 104 gemessen werden kann. Die aufgezeichneten Messreihen werden dann in einer Steuerung 102 (nicht gezeigt) ausgewertet, welche durch einen Mikrocontroller umgesetzt werden kann. Die Steuerung 102 kann sowohl in der Vorrichtung 100 oder alternativ außerhalb der Vorrichtung 100 angeordnet sein.

Ein zur Auswertung geeigneter Algorithmus wird im Folgenden beschrieben. Die Ergebnisse
25 des Algorithmus werden dem Anwender zugänglich gemacht. Zu diesem Zweck wird eine Signalgebung, z.B. über eine optische Signalisierung oder eine Kommunikationsschnittstelle zu einer höheren Steuerungsebene, benötigt.

In Fig. 2 ist ein möglicher Aufbau eines Algorithmus zur Identifikation der Aktuatoren abgebildet. Dabei werden vier Funktionsblöcke unterschieden. Im Rahmen dieses
30 Ausführungsbeispiels wird ein maschinelles Lernverfahren in Form eines künstlichen neuronalen Netzes verwendet. Andere Verfahren oder ein Vergleich mittels Metriken sind ebenso denkbar.

In einem ersten Schritt 202 ("I. Aktuator identifiziert?") wird der Aktuator 150 (beispielsweise das elektromechanische Bauteil) identifiziert. In diesem Funktionsblock 202 findet eine

Klassifizierung des Aktuators 150 mittels künstlicher neuronaler Netze statt. Dieses muss dafür im Vorfeld mit einem Referenzdatensatz des Aktuators 150 trainiert worden sein. Bei erfolgreicher Identifikation kann in einem Funktionsblock 204 geprüft werden, ob der Aktuator 150 korrekt arbeitet ("II. Aktuator korrekt?"). Falls keine Identifizierung des Aktuators 150 möglich ist, kann dies ausgegeben werden und zusätzliche Funktionalitäten, wie beispielsweise prädiktive Instandhaltung, können gesperrt werden. Eine entsprechende Signalisierung kann durch Funktionsblock 208 ("IV. Fehler ausgeben & Funktion deaktivieren") veranlasst werden.

5
10 Wenn die Identifizierung im Funktionsblock 202 erfolgreich war, kann im Funktionsblock 204 ("II. Aktuator korrekt?") geprüft werden, ob der Aktuator korrekt arbeitet. Zum Beispiel kann geprüft werden, ob die geeignete Versorgungsspannung anliegt. Wenn nicht, wird ein Fehlersignal durch Funktionsblock 208 ("IV. Fehler ausgeben & Funktion deaktivieren") ausgegeben, woraufhin zusätzliche Funktionalitäten wie die prädiktive Instandhaltung gesperrt werden können.

15 Wenn die Identifikation erfolgreich war und der Aktuator korrekt arbeitet, kann dieser ohne Einschränkungen betrieben werden. Eine entsprechende Signalisierung wird durch Funktionsblock 206 (III. Aktuator betreiben) ausgelöst.

20 Im Fehlerfall kann über den Funktionsblock 208 (IV. Fehler ausgeben & Funktionen deaktivieren) über eine Kommunikationsschnittstelle ein Signal an eine übergeordnete Steuerung 102 gegeben werden oder durch eine Anzeige auf der Vorrichtung 100, zum Beispiel durch eine optische Signalisierung, ausgegeben werden.

Die Identifizierung benötigt in Ausführungsbeispielen mindestens einen Schaltzyklus des Aktuators 150. Zu Gunsten der Reliabilität der Prädiktion empfiehlt es sich jedoch, mehrere Schaltzyklen heranzuziehen.

25 Vorteilhaft kann so die Verfügbarkeit von Relais durch kognitive Systeme, d.h. Systeme mit neuronalen Netzen) erhöht werden.

Obwohl die Erfindung in Bezug auf exemplarische Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist für Fachkundige ersichtlich, dass verschiedene Änderungen vorgenommen werden können und Äquivalente als Ersatz verwendet werden können. Ferner können viele
30 Modifikationen vorgenommen werden, um eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Material an die Lehre der Erfindung anzupassen. Folglich ist die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfasst alle Ausführungsbeispiele, die in den Bereich der beigefügten Patentansprüche fallen.

Bezugszeichen

	100	Vorrichtung
	101	Spannungsversorgung und Strommessung
5	102	Steuerung
	104	Ermittelter Stromverlauf
	106	Zeitlich bestimmtes lokales Maximum
	107	Zeitlich bestimmtes lokales Minimum
	108	Ankerrückbewegung
10	110	Spulenstrom
	112	PLC-Relais-Sockel
	114	Typ des elektromechanischen Bauteil
	116	Hersteller des Typs des elektromechanischen Bauteils
	150	Elektromechanisches Bauteil
15	152	Steckkontakte des elektromechanischen Bauteils
	202	Ermitteln und Klassifizieren des Stromverlaufs
	204	Fehlerüberprüfung
	206	Zustimmungssignal-Bauteil
	208	Fehlermeldungssignal-Baustein

20

25

Ansprüche

1. Vorrichtung (100) zur Prüfung eines elektromechanischen Bauteils (150), umfassend:
eine Steuerung (102) zur Ermittlung eines Stromverlaufs (104) des
5 elektromechanischen Bauteils (150), wobei der Stromverlauf (104) ein zeitlich
bestimmtes lokales Maximum (106) basierend auf einer Ankerrückbewegung (108)
beim Ausschalten eines Spulenstroms (110) des elektromechanischen Bauteils (150)
aufweist,
wobei die Steuerung (102) zur Klassifizierung des ermittelten Stromverlaufs (104)
10 anhand vorgegebener Stromverläufe ausgebildet ist,
wobei die Klassifizierung ein Feststellen einer ersten Übereinstimmung des
ermittelten Stromverlaufs (104) mit einem der vorgegebenen Stromverläufe (114,
116) unter Berücksichtigung der Ankerrückbewegung (108) umfasst.
2. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei das elektromechanische Bauteil (150) als
15 Relais ausgebildet ist, optional wobei das Relais (150) für eine Verwendung in einem
Relais-Sockel (112) einer speicherprogrammierbaren Steuerung geeignet ist
und/oder die Vorrichtung eine speicherprogrammierbare Steuerung umfasst.
3. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei zur Ermittlung des Stromverlaufs
20 (104) des elektromechanischen Bauteils (150) zumindest ein Schaltzyklus ausgeführt
wird, optional wobei der Schaltzyklus eine Ankerhinbewegung beim Einschalten eines
Spulenstroms (110) des elektromechanischen Bauteils (150) umfasst.
4. Vorrichtung (100) nach Anspruch 3, wobei der Schaltzyklus beim Stromverlauf (104)
25 ein zeitlich bestimmtes lokales Minimum (107) basierend auf der Ankerhinbewegung
des elektromechanischen Bauteils (150) aufweist.
5. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein Typ (114) des
30 elektromechanischen Bauteils (150) bestimmt wird basierend auf der ersten
Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs (104) mit einem der vorgegebenen
Stromverläufe, optional
wobei bei einer ersten Nichtübereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs (104) mit
einem der vorgegebenen Stromverläufe eine erste Fehlermeldung (208) generiert
wird.

6. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein Hersteller (116) des Typs (114) des elektromechanischen Bauteils (150) bestimmt wird basierend auf der ersten Übereinstimmung, optional
- 5 wobei eine Meldung umfassend den Hersteller (116) und den Typ (114) des elektromechanischen Bauteils (150) signalisiert wird.
7. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Überprüfung des Typs (114) und optional des Herstellers (116) des elektromechanischen Bauteils (150) durchgeführt wird basierend auf einer zweiten Übereinstimmung des ermittelten
- 10 Stromverlaufs (104) mit einem der vorgegebenen Stromverläufe, der die erste Übereinstimmung aufweist, optional
- wobei bei Nichtübereinstimmung eine zweite Fehlermeldung (208) generiert wird.
8. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Feststellen der ersten Übereinstimmung oder zweiten Übereinstimmung eine Feststellung der erforderlichen Versorgungsspannung des elektromechanischen Bauteils umfasst basierend auf der Messung des Stromverlaufs,
- 15 wobei eine Zuordnung der erforderlichen Versorgungsspannung auf Referenzwerten oder einem maschinellen Lernverfahren basiert, optional,
- 20 wobei die Vorrichtung (100) die erforderliche Versorgungsspannung basierend auf der Feststellung automatisch einstellt.
9. Vorrichtung (100) nach Anspruch 8, wobei beim maschinellen Lernverfahren Messreihen des ermittelten Stromverlaufs (104) und des vorgegebenen
- 25 Stromverlaufs direkt berücksichtigt werden oder Messreihen von aus den ermittelten Stromverlauf und des vorgegebenen Stromverlaufs extrahierten Merkmalen als Eingangsdaten für das maschinelle Lernverfahren berücksichtigt werden, und/oder wobei basierend bei den Referenzmessreihen eine euklidische Distanz zwischen dem ermittelten Stromverlauf (104) und dem vorgegebenen Stromverlauf
- 30 berücksichtigt wird.
10. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei in Abhängigkeit eines Maßes der ersten Übereinstimmung und/oder der zweiten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs und einem der vorgegebenen Stromverläufe die Steuerung ein Aktivieren einer vorausschauenden Instandhaltung und/oder eines sanften
- 35

Schaltens und/oder eines Selbstheilungsprozesses des elektromechanischen Bauteils veranlasst wird, optional

wobei das Aktivieren der vorausschauenden Instandhaltung eine Parametrierung der vorausschauenden Instandhaltung umfasst.

- 5 11. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Ermitteln des Stromverlaufs des elektromechanischen Bauteils (150) unter Berücksichtigung der vorherrschenden Temperatur erfolgt.
- 10 12. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das Ermitteln des Stromverlaufs des elektromechanischen Bauteils (150) unter Berücksichtigung der vorherrschenden Einbaulage erfolgt.
- 15 13. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei das Feststellen der ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs und eines der vorgegebenen Stromverläufe unter Berücksichtigung des Verlaufs des Spulenstroms (110) bei der Ankerrückbewegung (108) erfolgt.
- 20 14. Verfahren (200) zur Prüfung eines elektromechanischen Bauteils (150), umfassend:
Ermitteln (202), mit einer Steuerung, eines Stromverlaufs (104) des elektromechanischen Bauteils (150), wobei der Stromverlauf (104) ein zeitlich bestimmtes lokales Maximum (106) basierend auf einer Ankerrückbewegung (108) beim Ausschalten eines Spulenstroms (110) des elektromechanischen Bauteils (150) aufweist,
- 25 Klassifizieren (202), mit der Steuerung (102), des ermittelten Stromverlaufs (104) anhand einer Mehrzahl von vorgegebenen Stromverläufen,
wobei das Klassifizieren (202) ein Feststellen einer ersten Übereinstimmung des ermittelten Stromverlaufs (104) mit einem der vorgegebenen Stromverläufe unter Berücksichtigung der Ankerrückbewegung (108) umfasst.
- 30 15. Verfahren (200) gemäß Anspruch 14, weiter umfassend die Schritte:
Typ-Vergleich (202) des identifizierten elektromechanischen Bauteils (150) mit einem der vorgesehenen Typen (114) des elektromechanischen Bauteils,

- 5 Ausgabe (206) eines Zustimmungssignals zum Betrieb des elektromechanischen Bauteils (150) bei Übereinstimmung des Typs (114) des identifizierten elektromechanischen Bauteils (150) mit einem der vorgesehenen Typen (114) des elektromechanischen Bauteils (150), und anderenfalls Ausgabe eines Fehlersignals (208) in Bezug auf das elektromechanische Bauteil (150), optional
- wobei bei Ausgabe des Fehlersignals (208) eine Deaktivierung der vorausschauenden Instandhaltung und/oder des sanften Schaltens und/oder des Selbstheilungsprozesses des elektromechanischen Bauteils (150) erfolgt.
- 10 16. Computerprogrammprodukt, umfassend Programmcodeabschnitte zum Durchführen der Schritte nach Anspruch 14 oder 15, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem oder mehreren Computergeräten ausgeführt wird, optional wenn das Computerprogrammprodukt auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsmedium gespeichert ist.

15

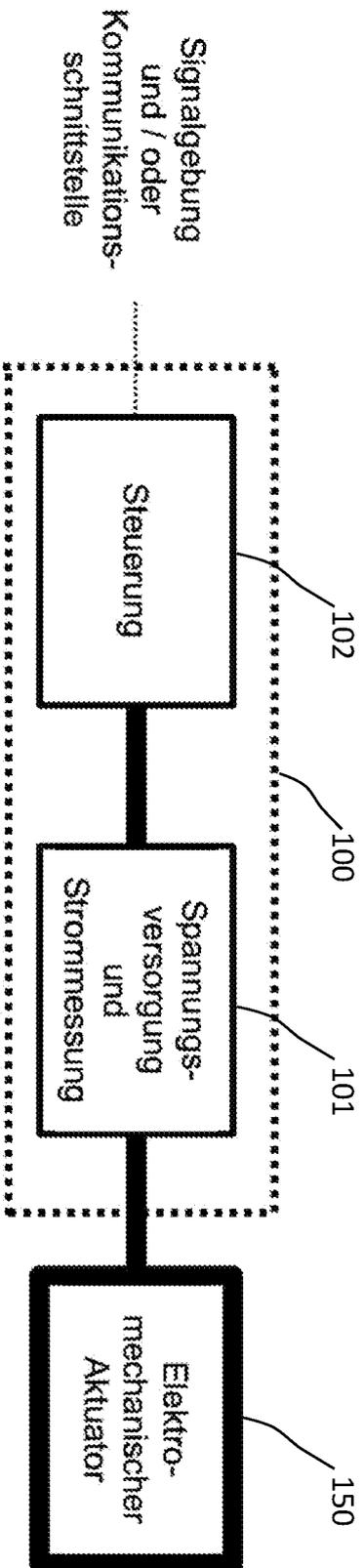


Fig. 1

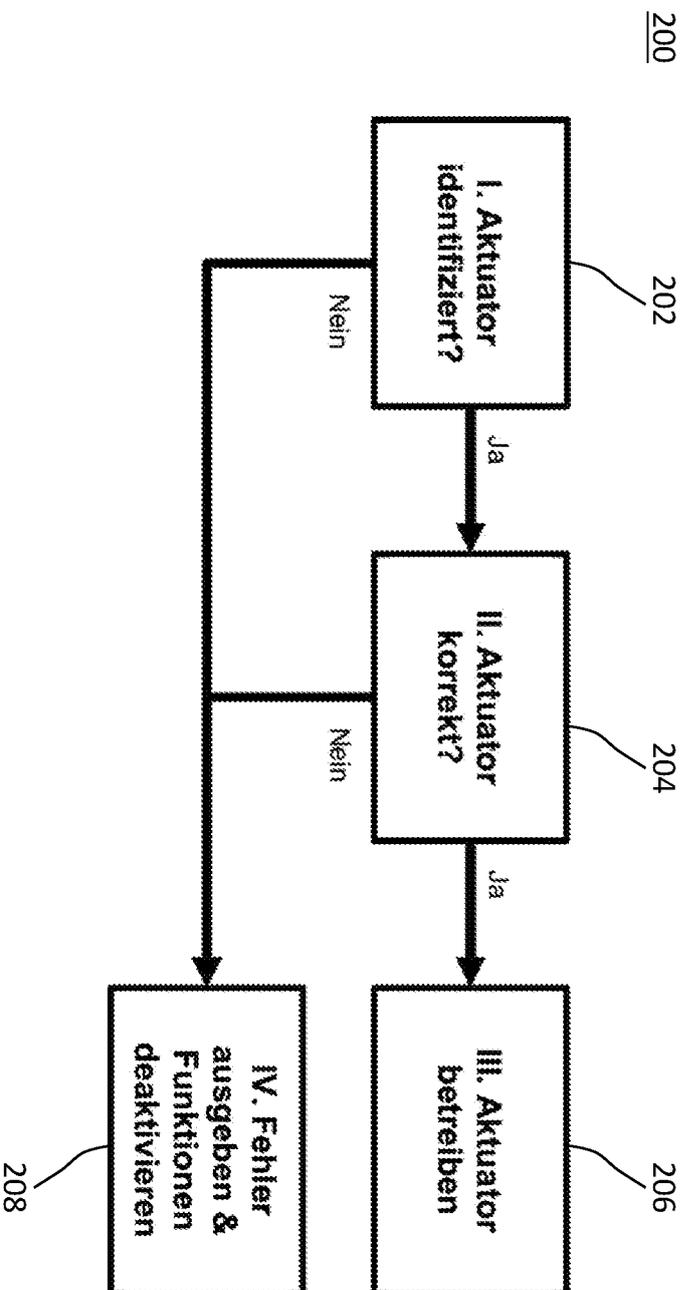


Fig. 2

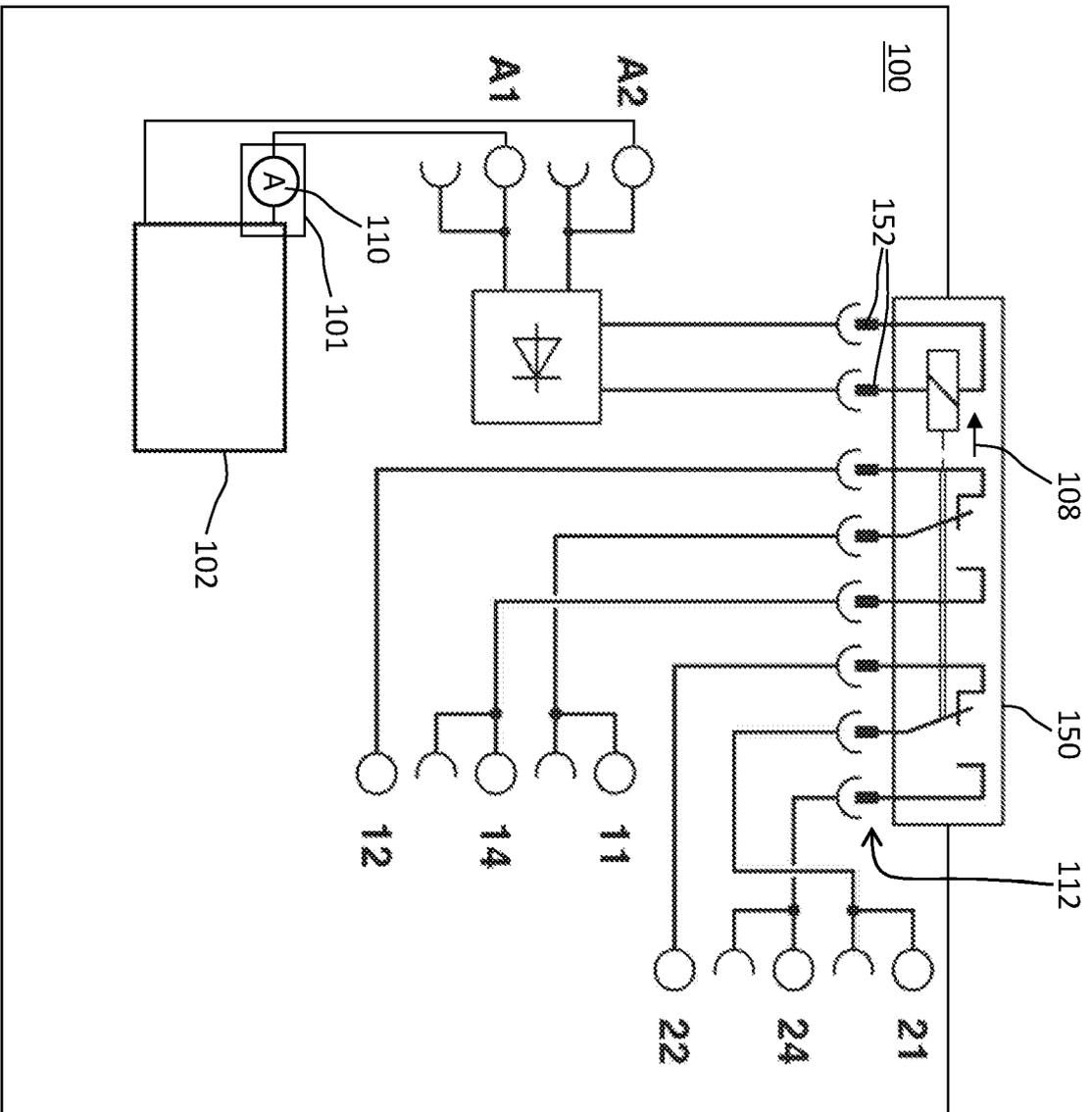


Fig. 3

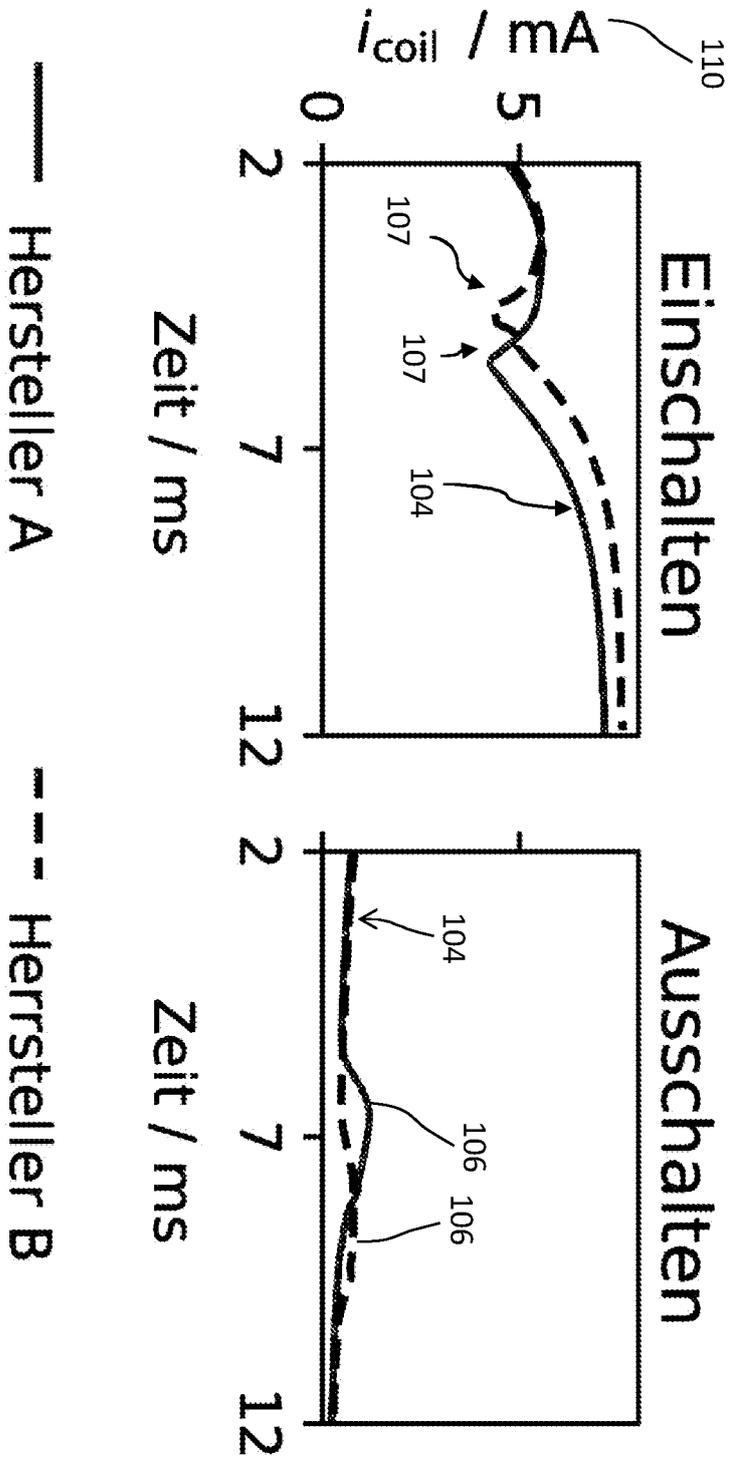


Fig. 4

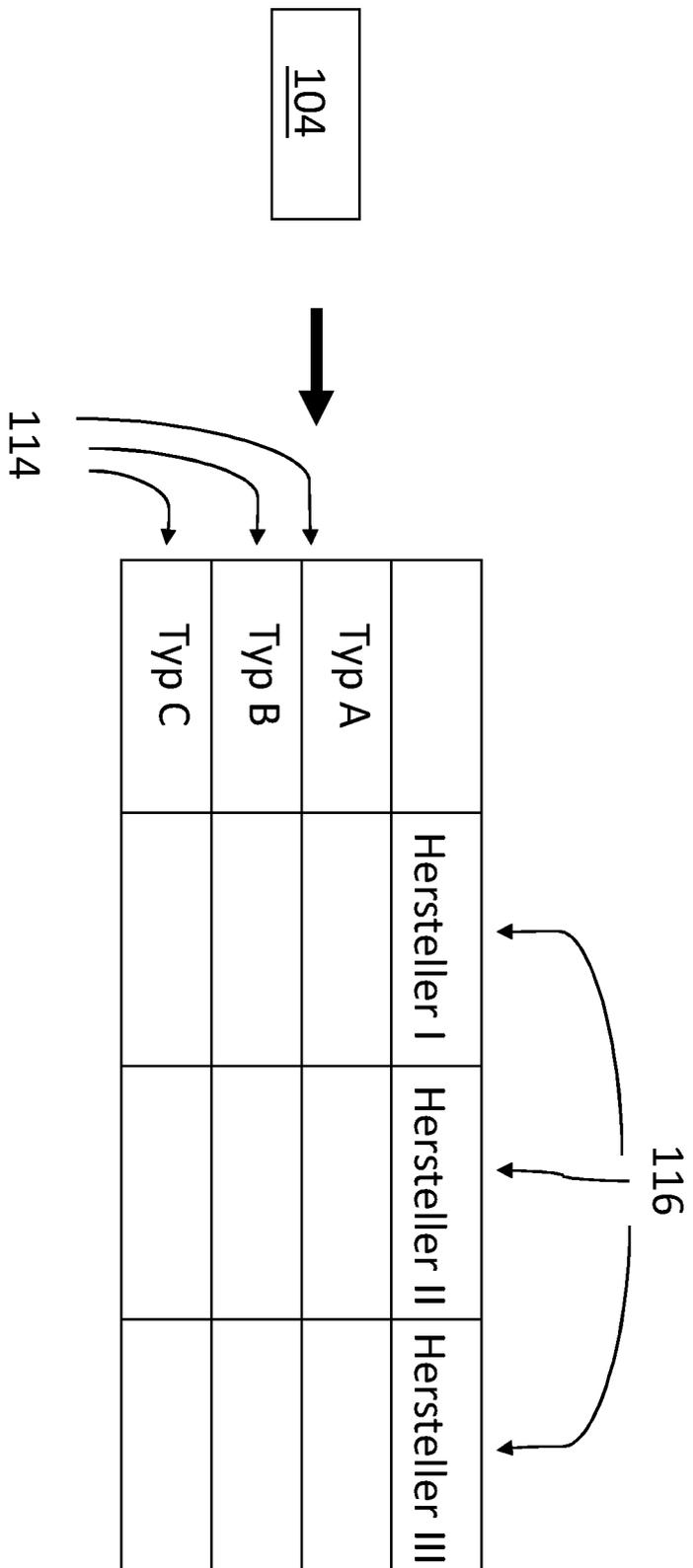


Fig. 5

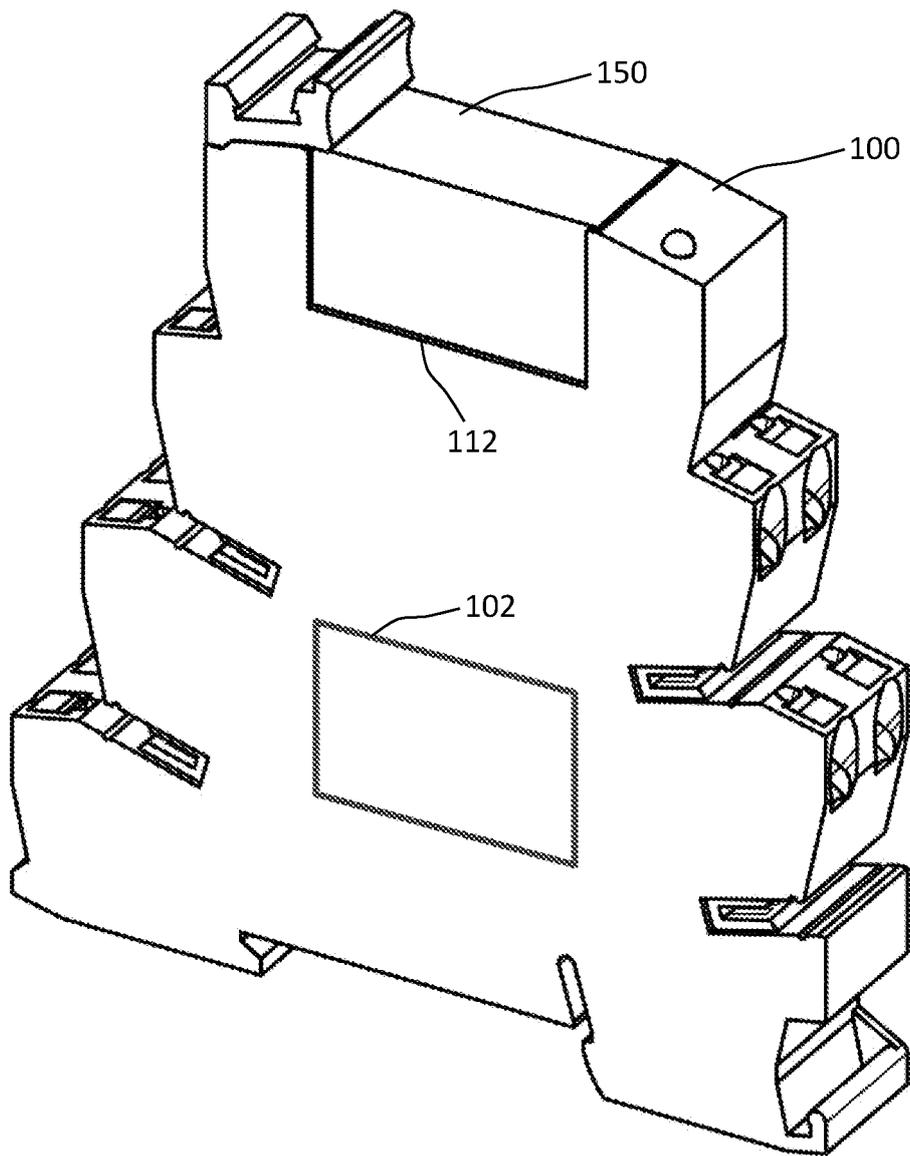


Fig. 7

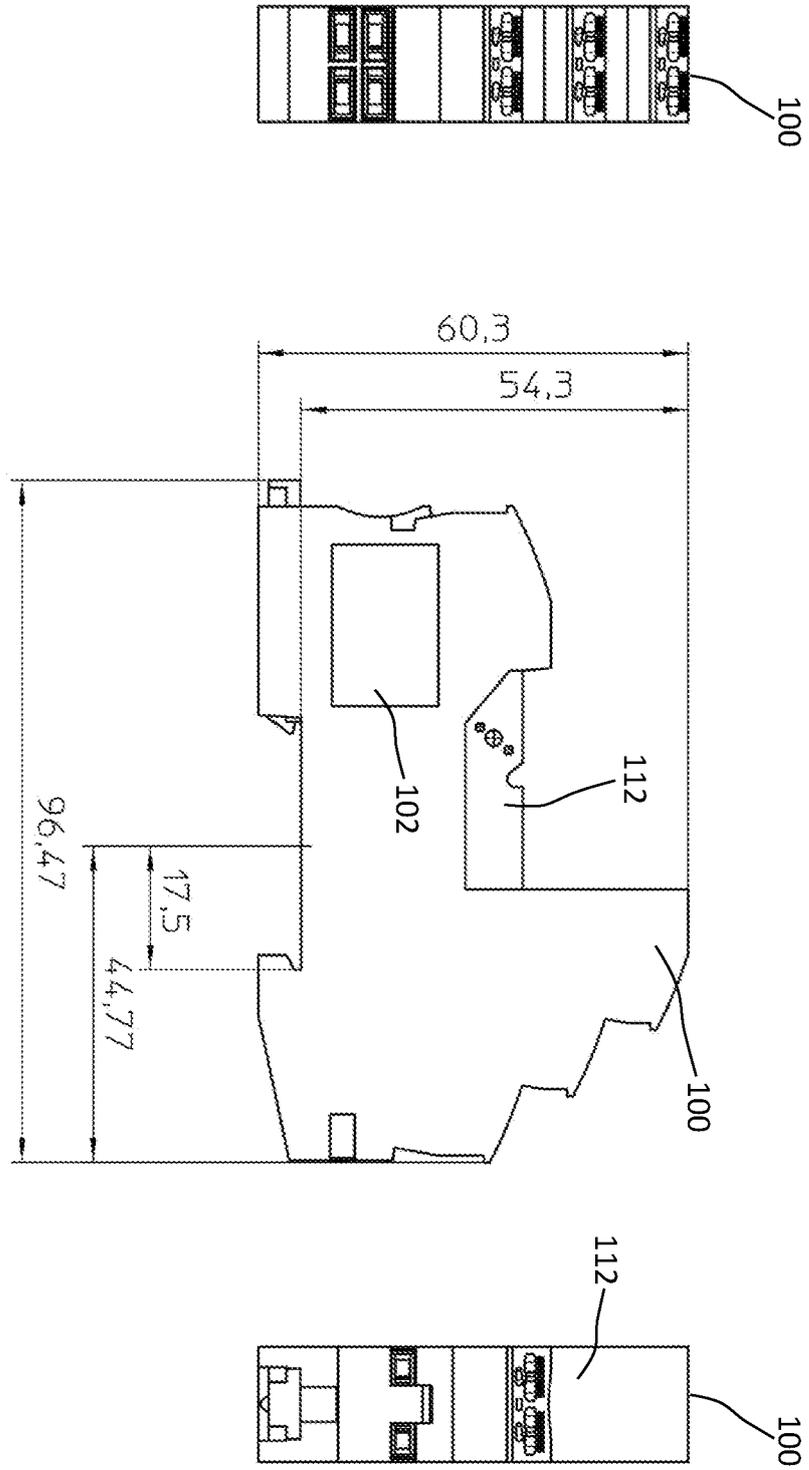


Fig. 8

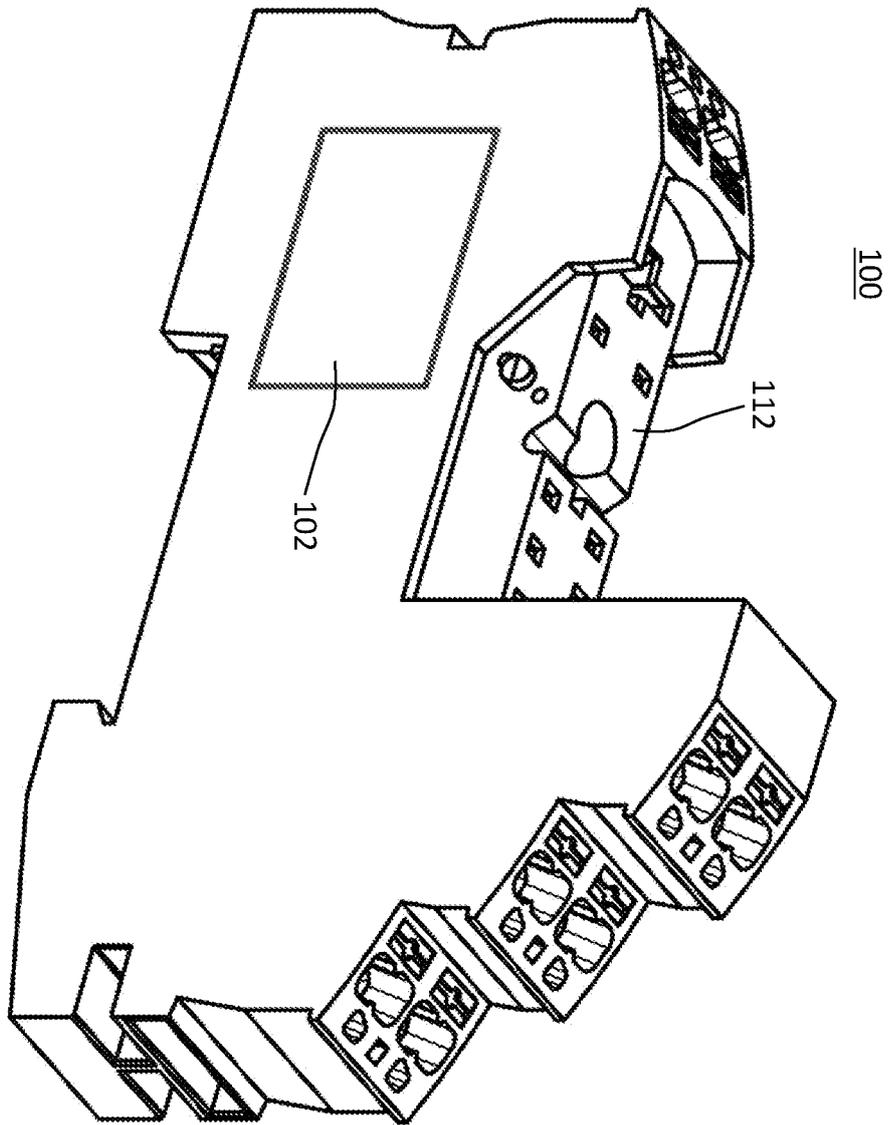


Fig. 9

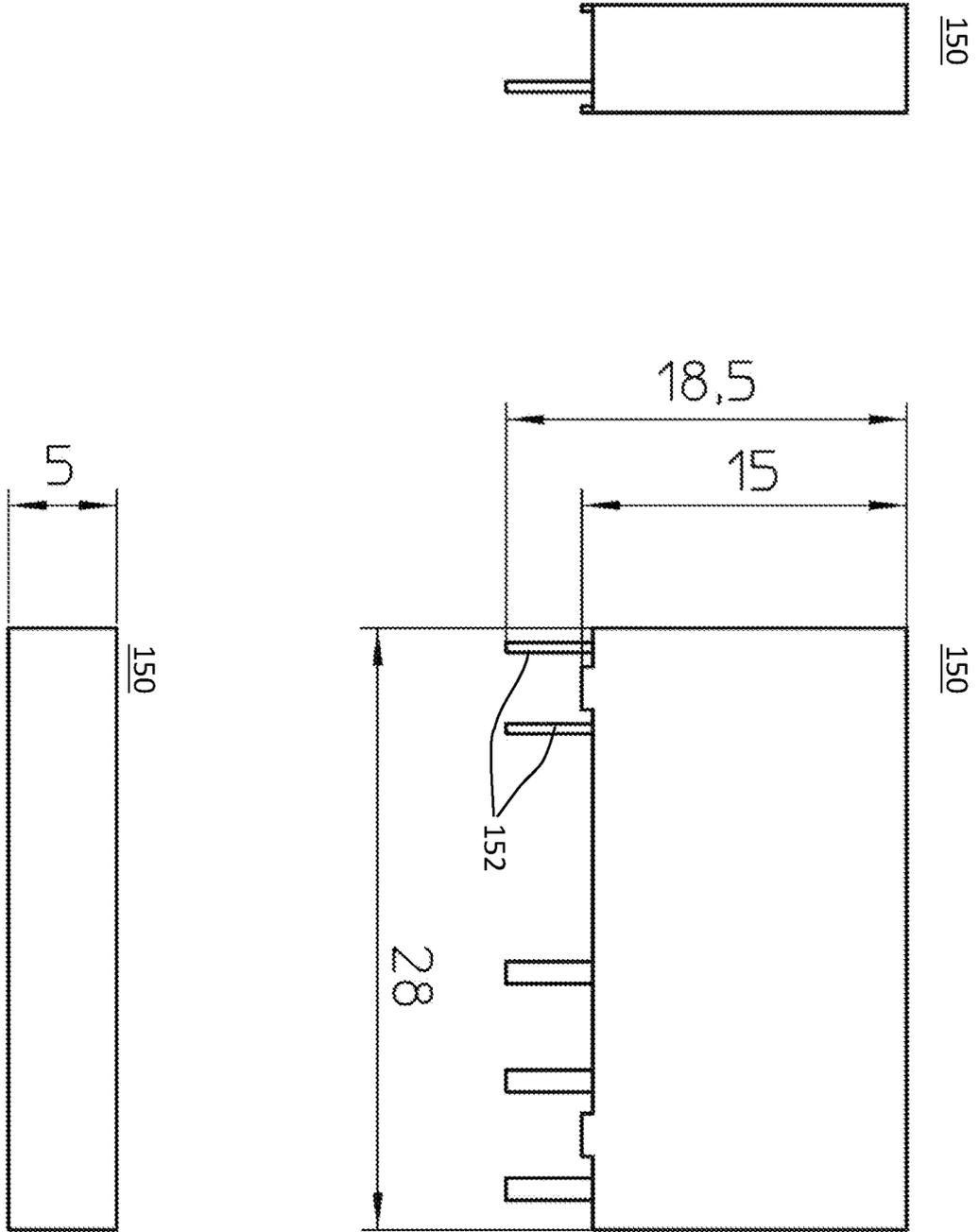


Fig. 10

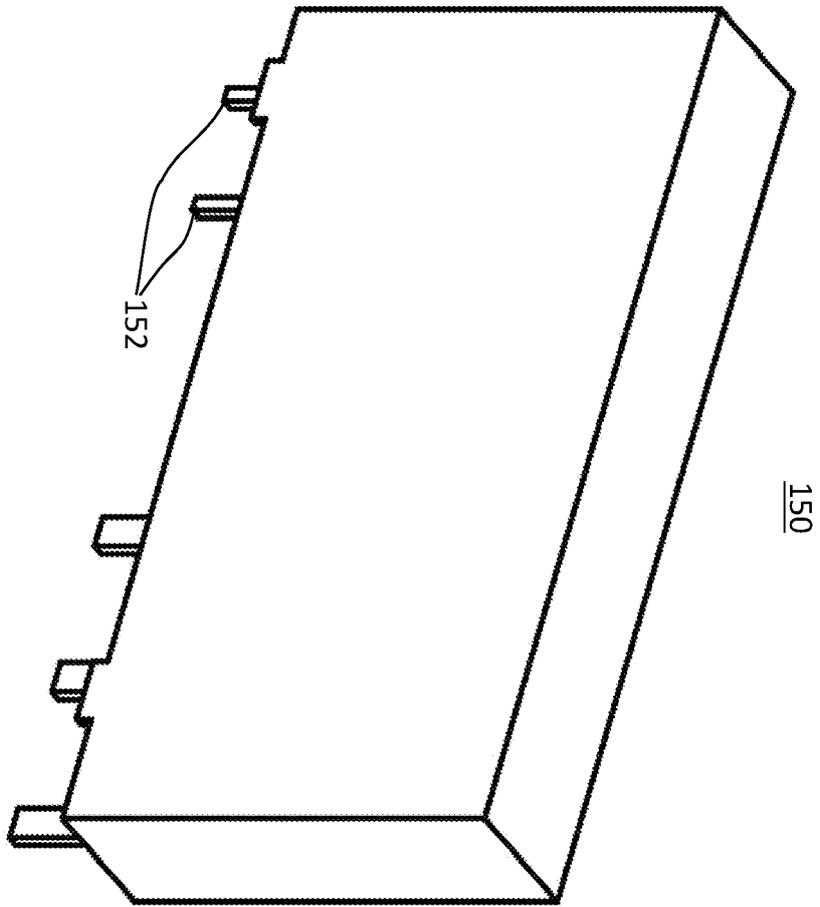


Fig. 11