



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.05.2023 Patentblatt 2023/20

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 1/10 (2006.01) B61L 1/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22203514.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 1/162; B61L 1/10; B61L 1/165; B61L 1/167

(22) Anmeldetag: **25.10.2022**

(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:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Siemens Mobility GmbH**
81739 München (DE)

(72) Erfinder: **Freise, Rainer**
38124 Braunschweig (DE)

(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(30) Priorität: **15.11.2021 DE 102021212809**

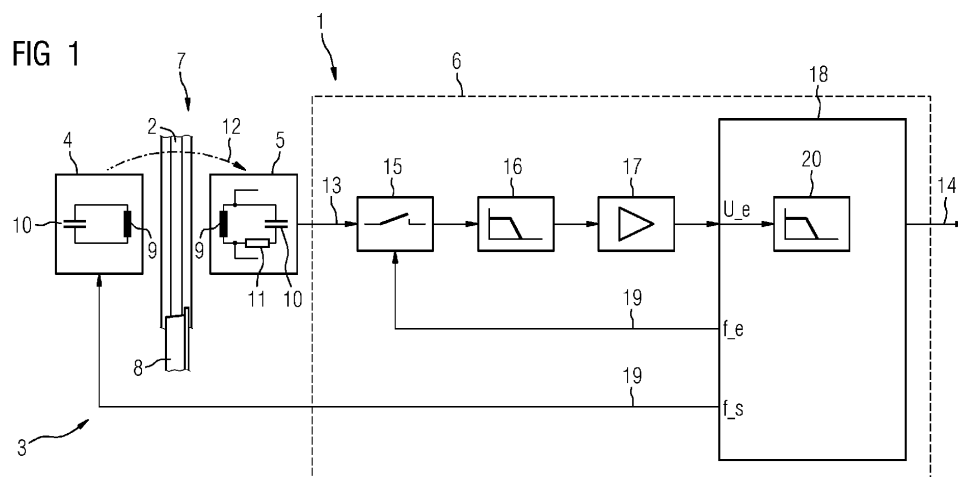
(54) **SENSOREINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM ERFASSEN EINER MAGNETFELDÄNDERUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Sensoreinrichtung (1) zum Erfassen einer Magnetfeldänderung, die durch ein sich der Sensoreinrichtung (1) annäherndes Objekt, insbesondere durch ein Rad (8) eines Schienenfahrzeugs, verursacht wird, wobei die Sensoreinrichtung (1) wenigstens einen Sendeschwingkreis (4) zum Erzeugen eines Magnetfeldes (12), wenigstens einen Empfangsschwingkreis (5) zum Erzeugen wenigstens eines vom Magnetfeld (12) hervorgerufenen Messsignals (13) und wenigstens eine Verarbeitungseinrichtung (6) zum Verarbeiten des wenigstens einen Messsignals (13) umfasst.

Um eine gegen Störungen unempfindliche Sensoreinrichtung (1) bereitzustellen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Sensoreinrichtung (1) zwecks einer

Störkompensation ausgestaltet ist, den Sendeschwingkreis (4) in einem ersten Zeitraum (T1) mit einer ersten Betriebsart und in einem zweiten Zeitraum (T2) mit einer von der ersten Betriebsart unterschiedlichen zweiten Betriebsart zu betreiben, und die Verarbeitungseinrichtung (6) so ausgestaltet ist, dass während des ersten Zeitraums (T1) anhand des Messsignals (13) wenigstens ein erster Messwert und während des zweiten Zeitraums (T2) wenigstens ein zweiter Messwert ermittelt werden und der erste und der zweite Messwert zum Erzeugen wenigstens eines kompensierten Messwerts verwendet werden.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Erfassen einer Magnetfeldänderung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sensoreinrichtung zum Erfassen einer Magnetfeldänderung, die durch ein sich der Sensoreinrichtung annäherndes Objekt, insbesondere durch ein Rad eines Schienenfahrzeugs, verursacht wird, wobei die Sensoreinrichtung wenigstens einen Sendeschwingkreis zum Erzeugen eines Magnetfeldes, wenigstens einen Empfangsschwingkreis zum Erzeugen wenigstens eines vom Magnetfeld hervorgerufenen Messsignals und wenigstens eine Verarbeitungseinrichtung zum Verarbeiten des wenigstens einen Messsignals umfasst.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zum Erfassen einer Magnetfeldänderung, die durch ein sich der Sensoreinrichtung annäherndes Objekt, insbesondere durch ein Rad eines Schienenfahrzeugs, verursacht wird, bei dem ein Magnetfeld von einem Sendeschwingkreis erzeugt wird und wenigstens ein vom Magnetfeld hervorgerufenes Messsignal in einem Empfangsschwingkreis erzeugt und in einer Verarbeitungseinrichtung verarbeitet wird.

[0003] Eingangs genannte Sensoreinrichtungen sind aus dem Stand der Technik bekannt und werden beispielsweise in eisenbahntechnischen Anlagen für Gleisfreimeldungen von Streckenabschnitten verwendet. Dabei wird es ausgenutzt, dass ein vorbeifahrendes Rad eines Schienenfahrzeugs das von der Sensoreinrichtung erzeugte Magnetfeld messbar verändert und so das Rad detektiert werden kann.

[0004] Derartige induktiv arbeitende Sensoreinrichtungen haben die Gemeinsamkeit, dass sie störfähig sind gegenüber induktiv eingekoppelten Störspannungen, die beispielsweise durch Schienenströme entstehen können. Hierbei kann beispielsweise der Rückleiterstrom einer Lokomotive oder eines Zugs durch die Schiene ein Störsignal in dem Empfangsschwingkreis der Sensoreinrichtung verursachen. Diese Art von Signalstörungen kann mit einer durch ein vorbeifahrendes Rad bedingten Magnetfeldänderung verwechselt werden und dadurch zu Problemen in der Gleisfreimeldung führen.

[0005] Diese Problematik ist seit längerem bekannt und es gibt unterschiedliche Lösungsversuche, um sie zu beseitigen.

[0006] Aus der DE 10 2017 220 281 A1, DE 199 155 97 A1, DE 10 2014 207 409 A1, DE 101 375 19 A1 und DE 10 2008 056 481 A1 sind Sensoreinrichtungen mit Lösungen zur Störkompensation bekannt. Allerdings sind diese Lösungen mit relativ hohem Hardware-Aufwand verbunden und haben dadurch beispielsweise Nachteile bei den Materialkosten, der Baugröße oder der Fehleranfälligkeit.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Sensoreinrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, die eine verbesserte Störfestigkeit aufweisen.

[0008] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe für die ein-

gangs genannte Sensoreinrichtung dadurch gelöst, dass die Sensoreinrichtung zwecks einer Störkompensation oder Störfeldkompensation ausgestaltet ist, den Sendeschwingkreis in einem ersten Zeitraum mit einer ersten Betriebsart und in einem zweiten Zeitraum mit einer von der ersten Betriebsart unterschiedlichen zweiten Betriebsart zu betreiben, und die Verarbeitungseinrichtung so ausgestaltet ist, dass während des ersten Zeitraums anhand des Messsignals wenigstens ein erster Messwert und während des zweiten Zeitraums wenigstens ein zweiter Messwert ermittelt werden und der erste und der zweite Messwert zum Erzeugen wenigstens eines kompensierten Messwerts verwendet werden.

[0009] Für das eingangs genannte Verfahren löst die Erfindung die Aufgabe dadurch, dass der Sendeschwingkreis zwecks einer Störkompensation in einem ersten Zeitraum mit einer ersten Betriebsart und in einem zweiten Zeitraum mit einer von der ersten Betriebsart unterschiedlichen zweiten Betriebsart betrieben wird, und während des ersten Zeitraums anhand des Messsignals wenigstens ein erster Messwert und während des zweiten Zeitraums wenigstens ein zweiter Messwert ermittelt werden und der erste und der zweite Messwert zum Erzeugen wenigstens eines kompensierten Messwerts verwendet werden.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung hat den Vorteil, dass auf besonders einfache Weise und mit geringem zusätzlichen Hardwareaufwand der Einfluss einer Störgröße ermittelt und aus dem Messergebnis entfernt werden kann. Dabei wird während der ersten Betriebsart in üblicher Weise gemessen und anschließend während der zweiten Betriebsart mit dem zweiten Messwert der Einfluss einer möglichen Störgröße erfasst. Der ermittelte Einfluss der Störgröße kann anschließend berücksichtigt, also beispielsweise herausgerechnet werden, wenn der kompensierte Messwert bestimmt wird. Da der zweite Zeitraum, in dem mit der zweiten Betriebsart der Störeinfluss bestimmt wird, nur relativ kurz im Vergleich zur Einflussdauer eines vorbeifahrenden Rades ist, hat dies keinen negativen Einfluss auf die Qualität der Achszählung. Während des ersten Zeitraums wird der wenigstens eine erste Messwert erfasst und während des zweiten Zeitraums wird der wenigstens eine zweite Messwert erfasst. Der kompensierte Messwert, der von der ermittelten Störgröße bereinigt ist, kann beispielsweise einfach durch Subtraktion des zweiten Messwerts vom ersten Messwert bestimmt werden. Die Messwertermittlung wird von der Verarbeitungseinrichtung durchgeführt. Die Verarbeitungseinrichtung kann in einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung auch komplett computergestützt ausgebildet sein.

[0011] Die erfindungsgemäße Lösung kann durch vorteilhafte Ausgestaltung weiterentwickelt werden, die im Folgenden beschrieben sind.

[0012] So kann die Sensoreinrichtung so ausgestaltet sein, dass sich der erste und der zweite Zeitraum jeweils periodisch wiederholen. Dies hat den Vorteil, dass der Einfluss einer Störgröße ständig neu erfasst wird und

jeder Messwert im ersten Zeitraum hierdurch kompensiert werden kann.

[0013] Um eine hohe Abtastrate der Sensoreinrichtung zu gewährleisten, kann der zweite Zeitraum kürzer als 500 Millisekunden sein. Diese Angabe ist selbstverständlich nur als Obergrenze zu verstehen, kürzere Zeiträume sind selbstverständlich möglich.

[0014] Ferner können der erste Zeitraum und der zweite Zeitraum im Wesentlichen gleich lang sein. Dies hat den Vorteil, dass gleichlange Zeiträume sich besonders leicht umsetzen lassen.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die Sensoreinrichtung den Sendeschwingkreis in der ersten Betriebsart mit einer ersten Frequenz und in der zweiten Betriebsart mit einer von der ersten Frequenz unterschiedlichen zweiten Frequenz betreiben. Dies hat den Vorteil, dass so der Wechsel zwischen den beiden Betriebsarten am Sendeschwingkreis besonders leicht umsetzbar ist. Eine alternative Variante, bei der der Sendeschwingkreis in der zweiten Betriebsart gar nicht angeregt, sondern abgeschaltet wird, ist in der praktischen Umsetzung schwieriger, obwohl prinzipiell machbar.

[0016] Weiterhin kann die Verarbeitungseinrichtung ausgestaltet sein, den Einfluss des Sendeschwingkreises in der ersten oder zweiten Betriebsart auf den Empfangsschwingkreis zu kompensieren. So ist es möglich, dass in einer der beiden Betriebsarten der Einfluss der Störgröße erfasst werden kann, so dass daraus das kompensierte Messsignal erstellt werden kann. Insbesondere kann die Verarbeitungseinrichtung wenigstens einen Synchrongleichrichter aufweisen, dessen Gleichrichtfrequenz auf die erste oder zweite Betriebsart des Sendeschwingkreises abgestimmt ist. Dies hat den Vorteil, dass in der jeweiligen anderen Betriebsart die Gleichrichtfrequenz ungleich zur Frequenz des Sendeschwingkreises ist und dadurch in der nachfolgenden Signalverarbeitung leichter herausgefiltert werden kann. Hierfür kann die Verarbeitungseinrichtung wenigstens einen in der Signalverarbeitung hinter dem Synchrongleichrichter angeordneten Tiefpassfilter aufweisen, dessen Grenzfrequenz auf die erste oder zweite Betriebsart abgestimmt ist. Ein solcher Tiefpassfilter bietet den Vorteil, dass er auf einfache Weise mit dem Synchrongleichrichter abgestimmt werden kann und dadurch in der entsprechenden Betriebsart lediglich ein durch die Störgröße beeinflusstes Messsignal durchlässt, das dann erfasst werden kann.

[0017] Um die Abtastrate der erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung zu erhöhen, kann die Verarbeitungseinrichtung wenigstens zwei Verarbeitungskanäle aufweisen, die zum parallelen Verarbeiten des Messsignals auf unterschiedliche Arten ausgebildet sind, wobei der eine Verarbeitungskanal auf die eine Betriebsart und der andere Verarbeitungskanal auf die zweite Betriebsart abgestimmt ist. Die Sensoreinrichtung liefert hierdurch eine größere Anzahl von kompensierten Messwerten pro Zeit.

[0018] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Gleisfreimeldeeinrichtung einer eisenbahntechnischen Anlage

mit zumindest einer Sensoreinrichtung nach einer der zuvor genannten Ausführungsformen. Dabei kann die Sensoreinrichtung in an sich bekannter Weise an einer Schiene der eisenbahntechnischen Anlage angeordnet sein, um so ein vorbeifahrendes Rad eines Schienenfahrzeugs leicht detektieren zu können. Dabei können der Sendeschwingkreis und der Empfangsschwingkreis der erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung entweder gegenüberliegend auf unterschiedlichen Seiten der Schiene angeordnet sein oder alternativ auch auf der gleichen Seite der Schiene angeordnet sein.

[0019] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens können der Sendeschwingkreis in der ersten Betriebsart mit einer ersten Frequenz und in einer zweiten Betriebsart mit einer von der ersten Frequenz unterschiedlichen zweiten Frequenz betrieben werden. Dies hat den oben bereits beschriebenen Vorteil, dass der Sendeschwingkreis im Betrieb dadurch besonders gut zwischen den beiden Betriebsarten hin und her geschaltet werden kann.

[0020] Ferner kann zwischen der ersten und der zweiten Betriebsart periodisch umgeschaltet werden, insbesondere mit einer Frequenz von größer als 100 Hz. Dies hat den Vorteil, dass die Abtastrate ausreichend hoch ist, um ein sicheres Detektieren eines Rades auch bei hohen Geschwindigkeiten der Schienenfahrzeuge zu gewährleisten und trotzdem kurzzeitig auftretende Störgrößen zu erfassen.

[0021] Im Folgenden wird die Erfindung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen und den darin gezeigten beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung erläutert.

[0022] Es zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer ersten beispielhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung;
- Figur 2 eine schematische Darstellung eines zeitlichen Ablaufs der Sensoreinrichtung aus Figur 1;
- Figur 3 eine schematische Darstellung einer weiteren beispielhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung;
- Figur 4 eine schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Sensoreinrichtung aus Figur 3;
- Figur 5 eine schematische Darstellung einer weiteren beispielhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung;
- Figur 6 eine schematische Darstellung eines zeitlichen Ablaufs der Sensoreinrichtung aus Figur 5.

[0023] Zunächst wird die erfindungsgemäße Sensor-

einrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren anhand der beispielhaften Ausführungsform der Figuren 1 und 2 erläutert.

[0024] Figur 1 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung 1, die an einer Schiene 2 einer eisenbahntechnischen Anlage 3 angeordnet ist.

[0025] Die Sensoreinrichtung 1 umfasst einen Sendeschwingkreis 4, einen Empfangsschwingkreis 5 und eine Verarbeitungseinrichtung 6. Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung 1 ist Teil einer Gleisfreimeldeeinrichtung 7 und detektiert ein auf der Schiene 2 entlangfahrendes Rad 8 eines Schienenfahrzeugs anhand einer durch das Rad 8 verursachten Magnetfeldänderung.

[0026] In an sich bekannter Weise weisen der Sendeschwingkreis 4 und der Empfangsschwingkreis 5 jeweils eine Spule 9 und einen Kondensator 10 auf, wobei der Empfangsschwingkreis 5 zusätzlich noch einen Widerstand 11 umfasst. Im Betrieb erzeugt der Sendeschwingkreis 4 ein Magnetfeld 12, das den Empfangsschwingkreis 5 so beeinflusst, dass in ihm ein Messsignal 13, insbesondere eine Wechselspannung hervorgerufen wird. Das Messsignal 13 wird in der Verarbeitungseinrichtung 6 zu einem Ausgangssignal 14 verarbeitet, das beispielsweise an die Gleisfreimeldeeinrichtung 7 oder ein Stellwerk der eisenbahntechnischen Anlage ausgegeben wird. Anhand des Ausgangssignals 14 kann entweder direkt das detektierte Rad 8 oder die Magnetfeldänderung durch das Rad 8 erkannt werden.

[0027] Die Verarbeitungseinrichtung 6 weist bei der beispielhaften Ausführungsform in Figur 1 in der Signalverarbeitung hintereinander angeordnet einen Synchrongleichrichter 15, einen ersten Tiefpassfilter 16, eine Verstärkungseinrichtung 17 zur Pegelanpassung und einen Mikroprozessor 18 zur computerbasierten weiteren Signalverarbeitung auf.

[0028] Im Betrieb wird der Sendeschwingkreis 4 in einem ersten Zeitraum T1 mit einer ersten Betriebsart betrieben. In dieser ersten Betriebsart wird der Sendeschwingkreis 4 mit einer ersten Frequenz F1 angeregt. Diese erste Frequenz F1 wird bei der beispielhaften Ausführungsform in Figur 1 von dem Mikroprozessor 18 der Verarbeitungseinrichtung 6 über eine Steuerleitung 19 vorgegeben. Alternativ kann die Steuerfrequenz F1 auch fest am Sendeschwingkreis 4 eingestellt oder von anderer Stelle vorgegeben werden.

[0029] Der zeitliche Ablauf bei der Sensoreinrichtung 1 ist in Figur 2 dargestellt.

[0030] Nach dem ersten Zeitraum T1 wird der Sendeschwingkreis 4 der beispielhaften Ausführungsform der Figuren 1 und 2 im zweiten Zeitraum T2 abgeschaltet, d. h. dass der Sendeschwingkreis 4 im Wesentlichen kein Magnetfeld 12 während des zweiten Zeitraums T2 erzeugt. Anschließend folgt ein weiterer Zeitraum T1, in dem der Sendeschwingkreis 4 erneut mit der Frequenz f1 betrieben wird. Wie in Figur 2 dargestellt, sind der erste Zeitraum T1 und der zweite Zeitraum T2 im Wesentlichen gleich lang und wechseln sich im Betrieb periodisch ab.

Der Ablauf wie in Figur 2 dargestellt wird vom Mikroprozessor 18 über die Steuerleitung 19 vorgegeben.

[0031] Innerhalb des ersten Zeitraums T1 wird im Empfangsschwingkreis 5 ein durch den Sendeschwingkreis 4 verursachtes Messsignal 13 erzeugt und in der Verarbeitungseinrichtung 6 verarbeitet.

[0032] In der folgenden Signalverarbeitung in der Verarbeitungseinrichtung 6 wird das Messsignal 13 zunächst von dem Synchrongleichrichter 15 gleichgerichtet. Der Synchrongleichrichter 15 arbeitet unabhängig von den Zeiträumen T1 und T2 mit gleicher Frequenz f_e im Wesentlichen phasenstarr. Die Frequenz f_e ist gleich der Frequenz f1. In dem ersten Zeitraum T1, in dem der Sendeschwingkreis 4 das magnetische Wechselfeld erzeugt, ist eine vorgegebene oder ermittelte Phasenlage zwischen der ersten Frequenz f1 und der Frequenz f_e des Synchrongleichrichters 15 fest eingestellt. Die Phasenlage ist so angepasst, dass das Messsignal 13 mit einer für die Signalverarbeitung 6 geeigneten Amplitude gleichgerichtet wird.

[0033] Das gleichgerichtete Signal wird anschließend vom Tiefpassfilter 16 so gefiltert, dass erste Störungen oberhalb einer Grenzfrequenz herausgefiltert werden. Hierbei handelt es sich noch nicht unbedingt um Störungen, die z.B. durch Schienenströme auf einer Arbeitsfrequenz des Sendeschwingkreises 4 verursacht werden.

[0034] In der anschließenden Verstärkungseinrichtung 17 wird der Pegel angepasst, um die Weiterverarbeitung in dem Mikroprozessor 18 zu vereinfachen.

[0035] Im Mikroprozessor 18 ist ein zweiter Tiefpassfilter 20 ausgebildet. Dieser ist so ausgestaltet, dass er die Störsignale im Empfangssignal U_e unterdrückt, die sich durch die synchrone Gleichrichtung im Synchrongleichrichter 15 als Wechselspannungsanteile auf dem Nutzsignal darstellen. Die Grenzfrequenz des zweiten Tiefpassfilters 20 ist abhängig von der Frequenz des Nutzsignals und der Abtastrate der Sensoreinrichtung 1, die sich aus der Summe des ersten Zeitraums T1 und des zweiten Zeitraums T2 ergibt. Selbstverständlich kann der zweite Tiefpassfilter 20 alternativ auch außerhalb des Mikroprozessors 18 ausgebildet sein.

[0036] Wie schon erwähnt, ist im zweiten Zeitraum T2 der Sendeschwingkreis 4 abgeschaltet. Ein Messsignal 13 während dieses zweiten Zeitraums T2 aus dem Empfangsschwingkreis 5 wird daher nicht durch das Magnetfeld 12 erzeugt, sondern durch etwaige Störgrößen, deren Einfluss die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung 1 kompensiert.

[0037] Der Synchrongleichrichter 15 arbeitet im zweiten Zeitraum T2 in gleicher Weise wie im ersten Zeitraum T1. Daher werden Anteile der Störgröße, die im Messsignal 13 während des ersten Zeitraums T1 vorhanden waren, auch im zweiten Zeitraum T2 als Empfangssignal U_e in Form eines Analogsignals zum Mikroprozessor 18 geführt.

[0038] Wie in Figur 2 ersichtlich ist, werden zu einem Zeitpunkt 1_a innerhalb des ersten Zeitraums T1 und ebenfalls zu einem Zeitpunkt 1_b während des zweiten

Zeitraums T2 je ein Messwert als eine Analogspannung als das Empfangssignal U_e ermittelt. Daraus ermittelt der Mikroprozessor einen kompensierten Messwert, in dem der zweite Messwert zum Zeitpunkt 1_b vom ersten Messwert während des Zeitpunkts 1_a abgezogen wird. So kann als Ausgangssignal 14 der kompensierte Messwert bereitgestellt werden, der vom Einfluss der Störgrößen bereinigt ist.

[0039] Im weiteren Zeitverlauf wiederholen sich erneut die ersten und zweiten Zeiträume T1 und T2 und es werden weitere Messwerte genommen, die in Figur 2 mit 2_a, 2_b, 3_a, 3_b, 4_a, 4_b bezeichnet sind. Hieraus werden in gleicher Weise jeweils kompensierte Messwerte ermittelt, die von dem Einfluss einer Störgröße befreit sind und als Ausgangssignal 14 ausgegeben werden.

[0040] Im Folgenden wird die weitere beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung 1 mit Bezug auf die Figuren 3 und 4 erläutert. Der Einfachheit halber wird lediglich auf die Unterschiede zu der Ausführungsform der Figuren 1 und 2 eingegangen.

[0041] Bei der alternativen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung 1 in den Figuren 3 und 4 wird der Sendeschwingkreis 4 in der zweiten Betriebsart während des zweiten Zeitraums T2 nicht abgeschaltet, sondern mit einer zweiten Frequenz f2 betrieben, die von der ersten Frequenz f1 unterschiedlich ist. Dies hat den Vorteil, dass die Energie im Schwingkreis weitgehend erhalten bleiben kann. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass der Sendeschwingkreis 4 in der Praxis auf diese Weise einfacher zu betreiben ist, weil er nicht abgeschaltet werden muss. Dieses Abschalten während des zweiten Zeitraums T2 kann nämlich auch Nachteile haben.

[0042] Auch bei der Ausführungsform in den Figuren 3 und 4 wird während des zweiten Zeitraums T2 der Einfluss einer etwaigen Störgröße auf den Empfangsschwingkreis 5 ermittelt, damit dieser Anteil aus dem Messsignal während des ersten Zeitraums T1 herausgerechnet werden kann. Im zweiten Zeitraum T2 wird durch die veränderte Senderfrequenz f2 ein Empfangssignal U_e mit einer Frequenzdifferenz f1-f2 erzeugt.

[0043] Der zweite Tiefpassfilter 20 ist bei dieser Ausführungsform so ausgestaltet, dass er die Störsignale im Empfangssignal U_e , die sich durch eine Demodulation der Störgrößen und der Frequenz f2 auswirken, herausfiltert. Ansonsten wird der kompensierte Messwert in gleicher Weise wie bei der Ausführungsform in den Figuren 1 und 2 gebildet, indem der zweite Messwert während des zweiten Zeitraums T2 vom ersten Messwert während des ersten Zeitraums T1 abgezogen wird.

[0044] Im Folgenden wird die weitere beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung 1 mit Bezug auf die Figuren 5 und 6 beschrieben. Erneut wird der Einfachheit halber lediglich auf die Unterschiede zu der Ausführungsform in den Figuren 3 und 4 eingegangen.

[0045] Die Verarbeitungseinrichtung 6 weist bei der beispielhaften Ausführungsform in den Figuren 5 und 6 zwei Verarbeitungskanäle A, B auf, die zum parallelen Verarbeiten des Messsignals 13 ausgebildet sind. Die beiden Verarbeitungskanäle A, B sind gleich aufgebaut, werden aber unterschiedlich voneinander betrieben. Der erste Verarbeitungskanal A ist in gleicher Weise wie bei der Ausführungsform in den Figuren 3 und 4 ausgebildet. Hierbei wird der Synchrongleichrichter 15.1 mit einer Frequenz f_e1 betrieben, die der ersten Frequenz f1 entspricht.

[0046] Im zweiten Verarbeitungskanal B wird der Synchrongleichrichter 15.2 mit der Frequenz f_e2 betrieben, die der zweiten Frequenz f2 des Sendeschwingkreises 4 in der zweiten Betriebsart entspricht.

[0047] Durch die zwei Verarbeitungskanäle A, B, die in gleicher Weise aufgebaut sind, kann das Messsignal 13 parallel auf unterschiedliche Art und Weise verarbeitet werden. Die daraus resultierenden Spannungen U_{e1} und U_{e2} werden in Mikroprozessor 18 weiterverarbeitet.

[0048] Der Empfangsschwingkreis 5 ist so breitbandig ausgelegt, dass die beiden unterschiedlichen Sendefrequenzen f1 und f2 annähernd gleich hohe Spannungen in dem Empfangsschwingkreis 5 induzieren. Diese Breitbandigkeit wird durch den Widerstand 11, der eine Dämpfung bedingt, angedeutet. Wie bei der Ausführungsform in den Figuren 3 und 4 schaltet der Sendeschwingkreis 4 in den Zeiträumen T1 und T2 zwischen den Frequenzen f1 und f2 hin und her. Die Frequenzen f1 und f2 werden vom Mikroprozessor 18 über eine Steuerleitung 19 vorgegeben. Im Mikroprozessor 18 ist diese Frequenz mit f_s bezeichnet, die wie in Fig. 6 gezeigt zwischen f1 und f2 wechselt.

[0049] Der Ablauf der beispielhaften Ausführungsform in den Figuren 5 und 6 ist wie folgt:

Der Sendeschwingkreis 4 arbeitet im ersten Zeitraum T1 mit der Frequenz f1. Der Synchrongleichrichter 15.1 im Kanal A ist auf diese Frequenz f1 mit einer geeigneten Phasenlage eingestellt. Eine geeignete Phasenlage ist beispielsweise, wenn der Synchrongleichrichter 15.1 eine solche Phasenlage hat, dass jeweils genau im Maximum bzw. Minimum des Wechselstroms gleichgerichtet wird. Während des folgenden zweiten Zeitraums T2 behält der Synchrongleichrichter 15.1 die Frequenz f1 und die Phasenlage bei. Danach folgt erneut der erste Zeitraum T1, in dem der Sendeschwingkreis 4 wieder mit der Frequenz f1 sendet, zu der auch die Frequenz des Synchrongleichrichters 15.1 wieder optimal ist. Gegebenenfalls wird die Phasenlage erneut eingestellt auf ein Optimum, wenn dies nötig ist. Dies kann gegebenenfalls vorteilhaft sein, in Abhängigkeit vom Umschaltverhalten des Sendeschwingkreises 4 zwischen den Frequenzen F1 und F2. Falls beispielsweise das Umschalten nur zwischen kompletten Halbwellen geschieht, muss die Phasenlage am Synchrongleichrichter 15.1 gegebenenfalls neu eingestellt werden bzw. nachgeführt werden.

[0050] Im Kanal A ergibt sich weiterhin in gleicher Wei-

se wie bei der Ausführungsform der Figuren 3 und 4 der kompensierte Messwert aus der Spannung U_{e1} zum Zeitpunkt t_{1a} im Zeitraum T1 minus der Spannung U_{e1} zum Zeitpunkt t_{1b} innerhalb des Zeitraums T2.

[0051] Derselbe Ablauf geschieht auch im parallelen Kanal B, der allerdings mit seinem Synchrongleichrichter 15.2 auf die zweite Sendefrequenz f_2 synchronisiert ist. Dadurch kann aus dem zweiten Kanal B im Zeitraum T2 das vom Sendeschwingkreis 4 erzeugte Messsignal ermittelt werden.

[0052] Der Mikroprozessor 18 umfasst bei der Ausführungsform in den Figuren 5 und 6 eine Umschalteneinrichtung 21, mit der zwischen den Kanälen A und B hin und her geschaltet werden kann. Im Betrieb schaltet die Umschalteneinrichtung 21 im Zeitraster T1 bzw. T2 zwischen den Kanälen A und B hin und her, um so eine kürzere Abtastrate im Vergleich zu der Ausführungsform der Figuren 3 und 4 realisieren zu können. Hinter der Umschalteneinrichtung 21 werden die Messsignale wieder einem zweiten Tiefpassfilter 20' zugeführt. Der zweite Tiefpassfilter 20' ist so ausgestaltet, dass er höherfrequente Stör-signalanteile herausfiltert, die über seiner Grenzfrequenz liegen. Diese Stör-signalanteile können sich durch die Demodulation der Störgrößen und der jeweils anderen Frequenz f_1 bzw. f_2 ergeben. Weiterhin ist die Grenzfrequenz des zweiten Tiefpassfilters 20' in Abhängigkeit von der Abtastrate $T_1=T_2$ und einer Frequenzdifferenz zwischen den Frequenzen f_1 und f_2 eingestellt.

[0053] Da bei der Ausführungsform der Figuren 5 und 6 das Messsignal 13 abwechselnd aus zwei unterschiedlichen Frequenzen erzeugt wird und diese auch beide durch die parallele Auswertung der Kanäle A und B ausgewertet werden, kann die Störempfindlichkeit der Sensoreinrichtung 1 erneut verbessert werden. Der Einfluss einer festen Störfrequenz kann reduziert werden. Gleichzeitig wird die Abtastrate gegenüber der Ausführungsform in den Figuren 3 und 4 verdoppelt, wenn man davon ausgeht, dass T_1 gleich lang mit T2 ist.

[0054] Die Grenzfrequenz vom zweiten Tiefpassfilter 20, 20' ist abhängig von der Differenz zwischen der ersten Frequenz f_1 und der zweiten Frequenz f_2 . Hiermit ist gemeint, dass die Grenzfrequenz vom zweiten Tiefpassfilter 20, 20' erfindungsgemäß so eingestellt ist, dass die mit der Differenz zur Gleichrichtfrequenz erzeugten Messsignalanteile herausgefiltert bzw. unterdrückt werden.

[0055] Durch die Ausgestaltung mit den zwei parallel arbeitenden Verarbeitungskanälen A und B wird trotz der Störkompensation kontinuierlich eine durch ein Rad verursachte Magnetfeldänderung erfasst, also auch im zweiten Zeitraum T2.

[0056] Die kompensierten Messsignale aus den unterschiedlichen Kanälen A und B werden wechselseitig weiterverarbeitet. Die Umschalteneinrichtung 21 dient nur als anschauliches Beispiel. Selbstverständlich können die Daten auch anders im Mikroprozessor 18 zusammengefügt werden.

[0057] Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung 1 in

den verschiedenen beschriebenen Ausführungsformen hat den Vorteil, dass von außen induzierte Störeinflüsse weitgehend ohne zusätzlichen Hardwareaufwand unterdrückt werden können.

Patentansprüche

1. Sensoreinrichtung (1) zum Erfassen einer Magnetfeldänderung, die durch ein sich der Sensoreinrichtung (1) annäherndes Objekt, insbesondere durch ein Rad (8) eines Schienenfahrzeugs, verursacht wird,

wobei die Sensoreinrichtung (1) wenigstens einen Sendeschwingkreis (4) zum Erzeugen eines Magnetfeldes (12), wenigstens einen Empfangsschwingkreis (5) zum Erzeugen wenigstens eines vom Magnetfeld (12) hervorgerufenen Messsignals (13) und wenigstens eine Verarbeitungseinrichtung (6) zum Verarbeiten des wenigstens einen Messsignals (13) umfasst,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Sensoreinrichtung (1) zwecks einer Störkompensation ausgestaltet ist, den Sendeschwingkreis (4) in einem ersten Zeitraum (T1) mit einer ersten Betriebsart und in einem zweiten Zeitraum (T2) mit einer von der ersten Betriebsart unterschiedlichen zweiten Betriebsart zu betreiben, und

die Verarbeitungseinrichtung (6) so ausgestaltet ist, dass während des ersten Zeitraums (T1) anhand des Messsignals (13) wenigstens ein erster Messwert und während des zweiten Zeitraums (T2) wenigstens ein zweiter Messwert ermittelt werden und der erste und der zweite Messwert zum Erzeugen wenigstens eines kompensierten Messwerts verwendet werden.

2. Sensoreinrichtung (1) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Sensoreinrichtung (1) so ausgestaltet ist, dass sich der erste und der zweite Zeitraum (T1, T2) jeweils periodisch wiederholen.

3. Sensoreinrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

der zweite Zeitraum (T2) kürzer als 500 ms ist.

4. Sensoreinrichtung (1) nach einem der oben genannten Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der erste Zeitraum (T1) und der zweite Zeitraum (T2) im Wesentlichen gleich lang sind.

5. Sensoreinrichtung (1) nach einem der oben genannten Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Sensoreinrichtung (1) den Sendeschwingkreis (4) in der ersten Betriebsart mit einer ersten Frequenz (f_1) und in der zweiten Betriebsart mit einer von der ersten Frequenz (f_1) unterschiedlichen zweiten Frequenz (f_2) betreibt. 5
6. Sensoreinrichtung (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verarbeitungseinrichtung (6) ausgestaltet ist, den Einfluss des Sendeschwingkreises (4) in der ersten oder der zweiten Betriebsart auf den Empfangsschwingkreis (5) zu kompensieren. 10
7. Sensoreinrichtung (1) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verarbeitungseinrichtung (6) wenigstens einen Synchrongleichrichter (15, 15.1, 15.2) aufweist, dessen Gleichrichtfrequenz (f_e , f_{e1} , f_{e2}) auf die erste oder zweite Betriebsart des Sendeschwingkreises (4) abgestimmt ist. 20
8. Sensoreinrichtung (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verarbeitungseinrichtung (6) wenigstens einen in der Signalverarbeitung hinter dem Synchrongleichrichter (15, 15.1, 15.2) angeordneten Tiefpassfilter (16, 16.1, 16.2) aufweist, dessen Grenzfrequenz auf die erste oder zweite Betriebsart abgestimmt ist. 25 30
9. Sensoreinrichtung (1) nach einem der oben genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verarbeitungseinrichtung (6) wenigstens zwei Verarbeitungskanäle (A, B) aufweist, die zum parallelen Verarbeiten des Messsignals (13) ausgebildet sind, wobei der eine Verarbeitungs kanal (A, B) auf die erste Betriebsart und der andere Verarbeitungs kanal (A, B) auf die zweite Betriebsart abgestimmt ist. 35 40
10. Gleisfreimeldeeinrichtung (7) einer eisenbahntechnischen Anlage (3) mit zumindest einer Sensoreinrichtung (1) nach einem der oben genannten Ansprüche. 45
11. Verfahren zum Erfassen einer Magnetfeldänderung, die durch ein sich der Sensoreinrichtung (1) annäherndes Objekt, insbesondere durch ein Rad (8) eines Schienenfahrzeugs, verursacht wird, bei dem ein Magnetfeld (12) von einem Sendeschwingkreis (4) erzeugt wird und wenigstens ein vom Magnetfeld (12) hervorgerufenen Messsignal (13) in einem Empfangsschwingkreis (5) erzeugt und in einer Verarbeitungseinrichtung (6) verarbeitet wird, 50 55
- dadurch gekennzeichnet, dass** der Sendeschwingkreis (4) zwecks einer Stör-
- kompensation in einem ersten Zeitraum (T1) mit einer ersten Betriebsart und in einem zweiten Zeitraum (T2) mit einer von der ersten Betriebsart unterschiedlichen zweiten Betriebsart betrieben wird, und während des ersten Zeitraums (T1) anhand des Messsignals (13) wenigstens ein erster Messwert und während des zweiten Zeitraums wenigstens ein zweiter Messwert ermittelt werden und der erste und der zweite Messwert zum Erzeugen wenigstens eines kompensierten Messwerts verwendet werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sendeschwingkreis (4) in der ersten Betriebsart mit einer ersten Frequenz (f_1) und in der zweiten Betriebsart mit einer von der ersten Frequenz (f_1) unterschiedlichen zweiten Frequenz (f_2) betrieben wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der ersten und der zweiten Betriebsart periodisch umgeschaltet wird, insbesondere mit einer Frequenz von größer 100 Hz.

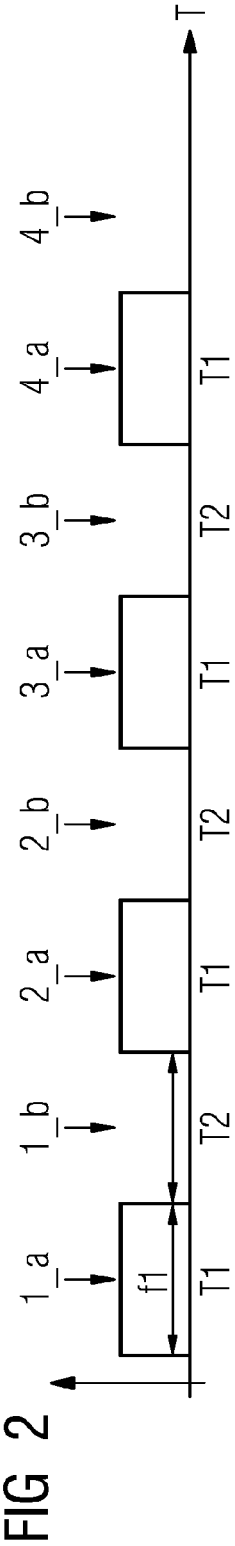
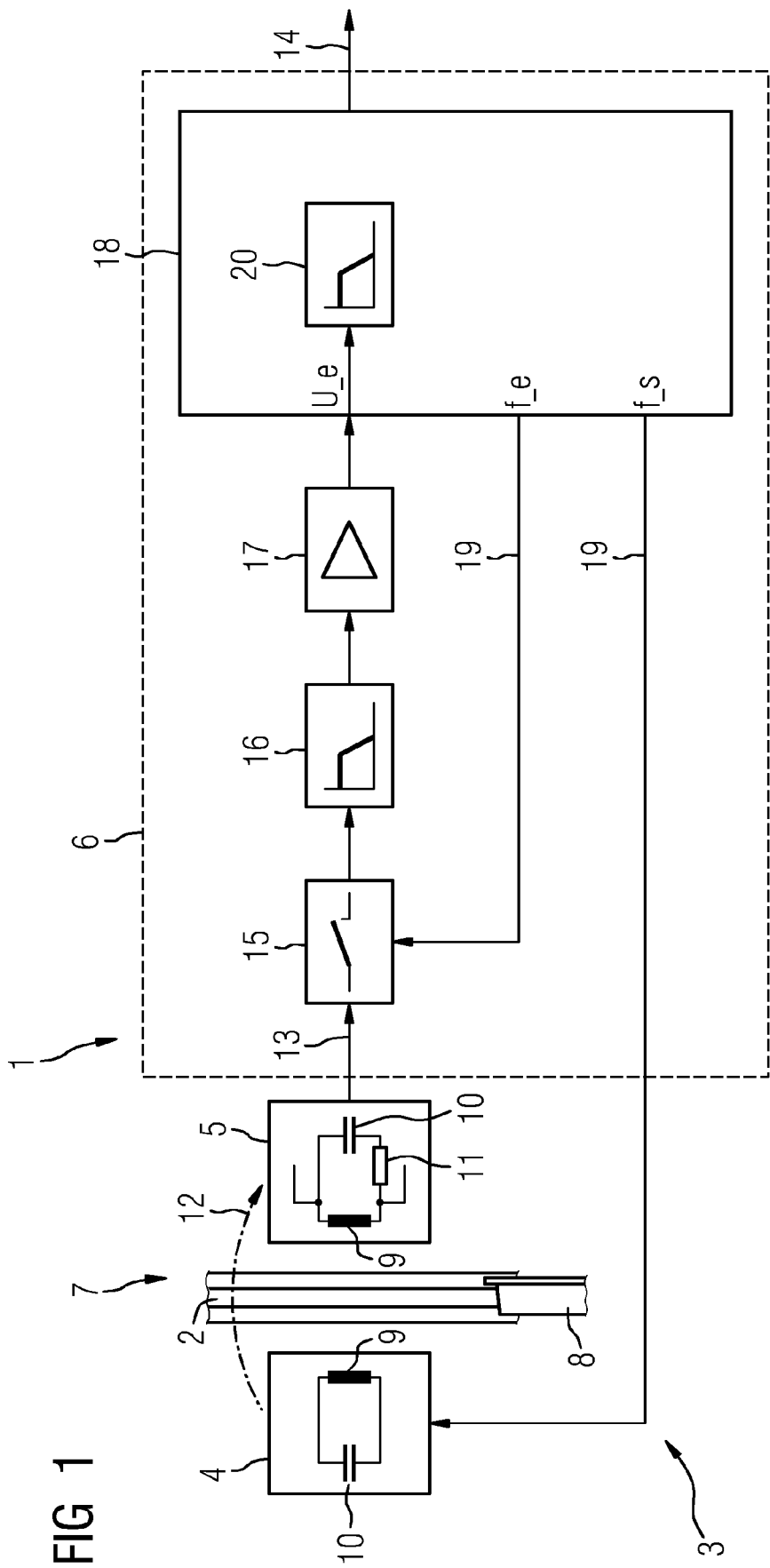


FIG 3

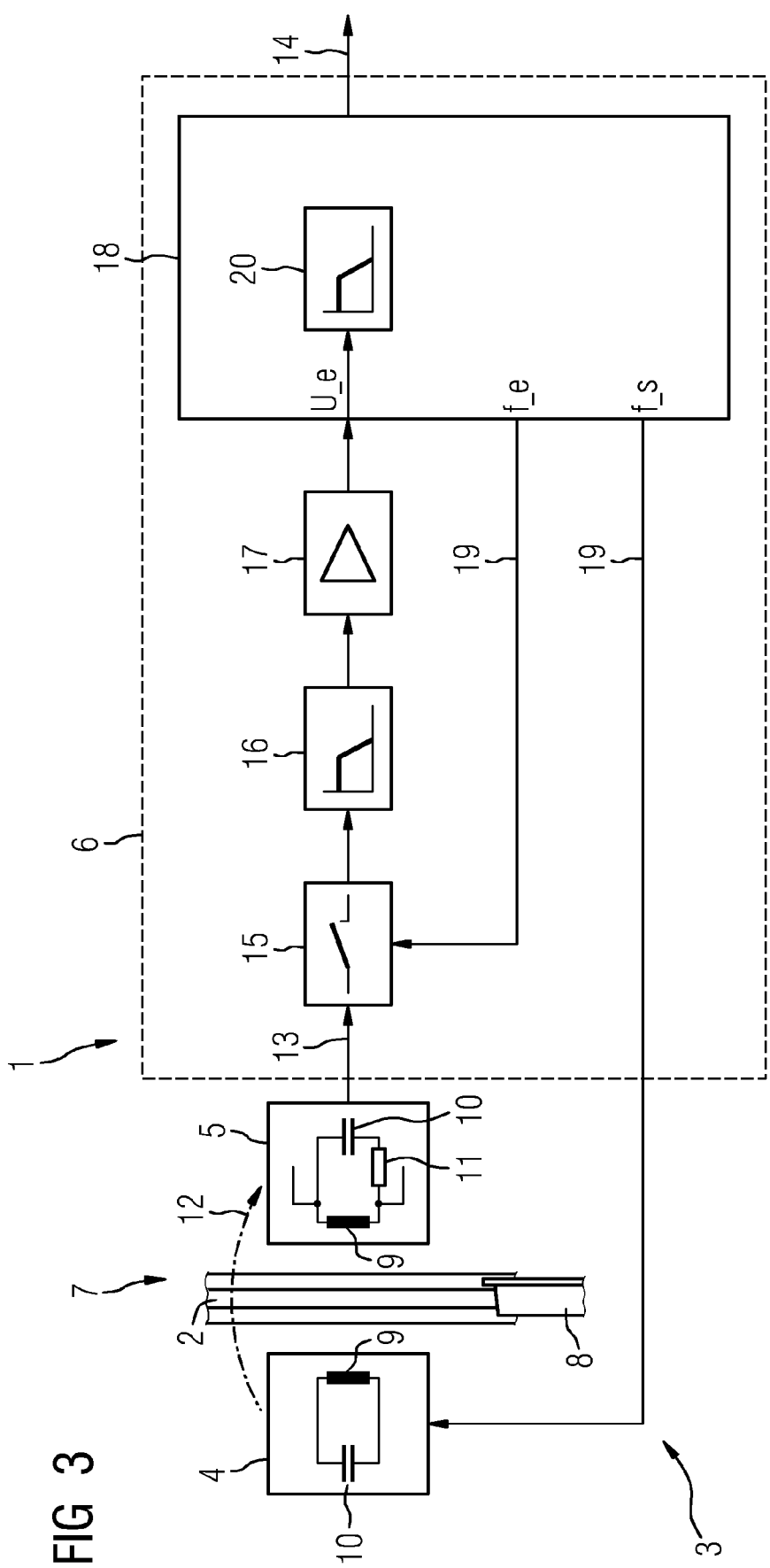


FIG 4

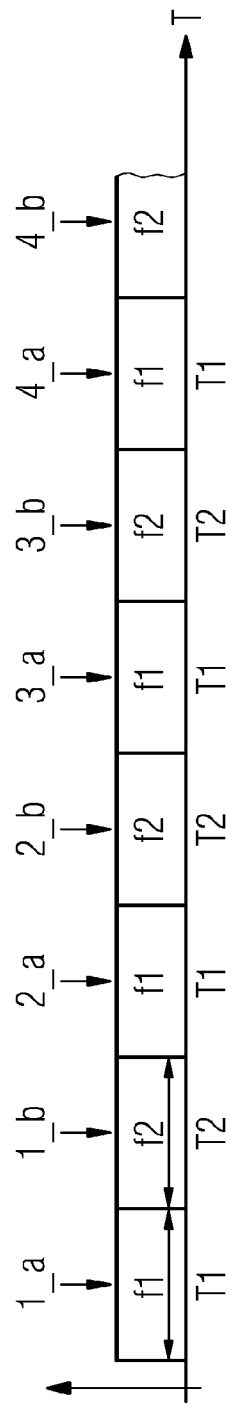


FIG 5

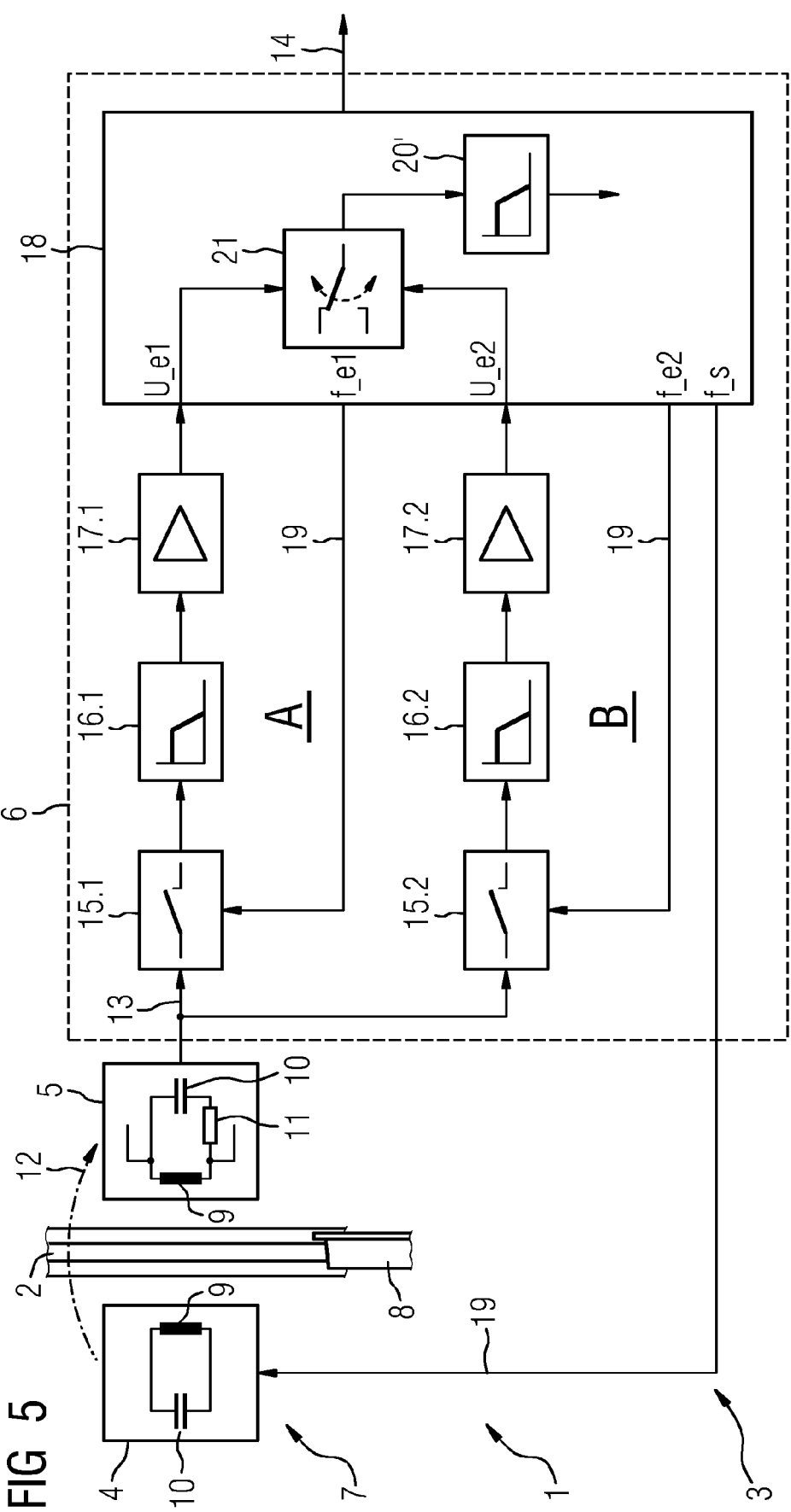
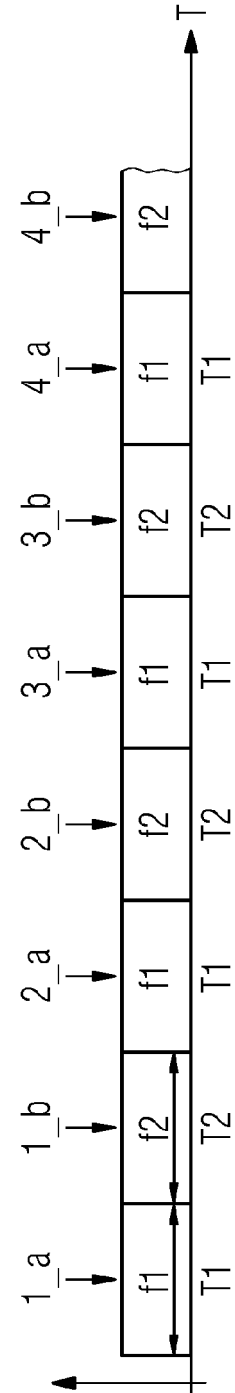


FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 20 3514

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)
X	DE 10 2007 023475 A1 (SIEMENS AG [DE]) 11. Dezember 2008 (2008-12-11)	1-12	INV. B61L1/10
A	* Absatz [0014] - Absatz [0021]; Abbildung 1 *	13	B61L1/16
	* Absatz [0002] - Absatz [0003] *		

X	JP 2007 022136 A (NIPPON SIGNAL CO LTD) 1. Februar 2007 (2007-02-01)	1-13	
	* Absatz [0010] *		
	* Absatz [0012] - Absatz [0035];		
	Abbildungen 1,3 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		15. März 2023	Pita Priegue, Miguel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
A : technologischer Hintergrund		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 22 20 3514

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.

15-03-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102007023475 A1	11-12-2008	AT 496812 T	15-02-2011
			DE 102007023475 A1	11-12-2008
			EP 2146886 A1	27-01-2010
			WO 2008138858 A1	20-11-2008
20	JP 2007022136 A	01-02-2007	JP 4854228 B2	18-01-2012
			JP 2007022136 A	01-02-2007
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102017220281 A1 [0006]
- DE 19915597 A1 [0006]
- DE 102014207409 A1 [0006]
- DE 10137519 A1 [0006]
- DE 102008056481 A1 [0006]