



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.10.2023 Patentblatt 2023/40

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 27/53 ^(2022.01) **B61L 27/60** ^(2022.01)
B61L 5/06 ^(2006.01) **B61L 29/30** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22165868.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 27/53; B61L 27/60; B61L 5/06; B61L 29/30

(22) Anmeldetag: **31.03.2022**

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

(72) Erfinder:
• **Boschert, Stefan**
85579 Neubiberg (DE)
• **Schulze, Michael**
12557 Berlin (DE)

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

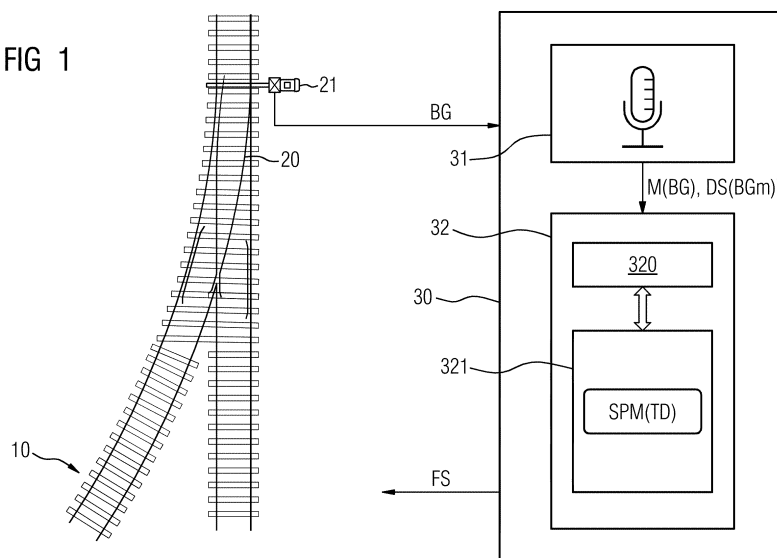
(71) Anmelder: **Siemens Mobility GmbH**
81739 München (DE)

(54) **ÜBERWACHUNGSEINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM PARAMETRIEREN EINER ÜBERWACHUNGSEINRICHTUNG**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Parametrieren einer Überwachungseinrichtung (30), die zum Überwachen eines elektromechanischen Antriebs (21, 21a) einer vorgegebenen Bauart geeignet ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass im Rahmen des Verfahrens mit Hilfe eines Simulationsmodells (SIM), mit dem sich der Antriebsbetrieb eines einen fiktiven Fehler aufweisenden Antriebs (21, 21a) der Bauart simulieren lässt, Betriebsgeräusche (BG) des den fiktiven Fehler aufweisenden Antriebs (21, 21a) unter Bildung eines simulierten Betriebsgeräuschdatensatzes (DS(BGs)) simuliert werden, mit dem simulierten Betriebsgeräuschdatensatz (DS(BGs)) Trainingsdaten (TD) zum Trainie-

ren einer trainierbaren Analyseeinrichtung (32, 32a), die auf künstlicher Intelligenz beruht und einen Bestandteil der Überwachungseinrichtung (30) bildet, erstellt werden und die trainierbare Analyseeinrichtung (32, 32a) mittels der Trainingsdaten (TD) derart trainiert wird, dass die Analyseeinrichtung (32, 32a) nach Abschluss des Trainings während des späteren Überwachungsbetriebs der Überwachungseinrichtung (30) ein tatsächliches Auftreten des simulierten Fehlers anhand der von dem Antrieb (21, 21a) während des Antriebsbetriebs erzeugten Betriebsgeräusche (BG) erkennt und ein den Fehler anzeigendes Fehlersignal (FS) erzeugt.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Parametrieren einer Überwachungseinrichtung, die zum Überwachen eines elektromechanischen Antriebs einer vorgegebenen Bauart geeignet ist.

[0002] Zur Überwachung elektromechanischer Antriebe sind verschiedene Verfahren und Einrichtungen bekannt. Beispielsweise kann die Temperatur eines Antriebs überwacht werden und bei Überschreiten einer vorgegebenen Maximaltemperatur ein Fehlersignal erzeugt und der Antrieb abgeschaltet werden.

[0003] Im Bereich der Materialwissenschaften sind zerstörungsfreie Untersuchungsverfahren zum Untersuchen und Testen von Materialien anhand von Schallwellen bekannt.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfach durchführbares Verfahren anzugeben, mit dem sich Überwachungseinrichtungen, die zur Überwachung elektromechanischer Antriebe geeignet sind, besonders einfach herstellen bzw. parametrieren lassen.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Unteransprüchen angegeben.

[0006] Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass im Rahmen des Verfahrens mit Hilfe eines Simulationsmodells, mit dem sich der Antriebsbetrieb eines einen fiktiven Fehler aufweisenden Antriebs der Bauart simulieren lässt, Betriebsgeräusche des den fiktiven Fehler aufweisenden Antriebs unter Bildung eines simulierten Betriebsgeräuschdatensatzes simuliert werden, mit dem simulierten Betriebsgeräuschdatensatz Trainingsdaten zum Trainieren einer trainierbaren Analyseeinrichtung, die auf künstlicher Intelligenz beruht und einen Bestandteil der Überwachungseinrichtung bildet, erstellt werden und die trainierbare Analyseeinrichtung mittels der Trainingsdaten derart trainiert wird, dass die Analyseeinrichtung nach Abschluss des Trainings während des späteren Überwachungsbetriebs der Überwachungseinrichtung ein tatsächliches Auftreten des simulierten Fehlers anhand der von dem Antrieb während des Antriebsbetriebs erzeugten Betriebsgeräusche erkennt und ein den Fehler anzeigendes Fehlersignal erzeugt.

[0007] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass die Trainingsdaten zum Trainieren der auf künstlicher Intelligenz beruhenden Analyseeinrichtung durch Simulation - also rechnergestützt - gebildet werden; es handelt sich also um virtuelle Trainingsdaten im Gegensatz zu Trainingsdaten, die auf real gemessenen Betriebsgeräuschen fehlerbehafteter Antriebe beruhen. Das erfindungsgemäße Training auf der Basis von virtuellen Trainingsdaten ist im Gegensatz zu einem Training mit Trainingsdaten, die auf real gemessenen Betriebsgeräuschen beruhen, deutlich aufwandsärmer, da das Beschaffen letztgenannter realer Trainingsdaten die Existenz eines entsprechend fehlerbehafteten Antriebs und die Vornahme

realer Messungen an diesem voraussetzt und ggf. zunächst fehlerbehaftete Antriebe hergestellt werden müssen, um diese realen Messungen zu ermöglichen.

[0008] Ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass sich die Menge an Trainingsdaten mit wenig Aufwand bzw. allein durch Bereitstellen von Rechenleistung auf ein quasi beliebiges Maß erhöhen lässt, sodass das Lernniveau der nach Abschluss des Trainings trainierten Analyseeinrichtung ebenfalls quasi beliebig hoch gewählt werden kann.

[0009] Noch ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass sich die Überwachungseinrichtung beispielsweise allein mittels einer Aufnahmeeinrichtung zum Messen von Betriebsgeräuschen und einer Analyseeinrichtung herstellen lässt. Eine solche Analyseeinrichtung lässt sich in einfacher Weise durch eine Recheneinrichtung und einen Speicher bilden, in dem die antrainierte künstliche Intelligenz abgespeichert wird.

[0010] Als vorteilhaft wird es angesehen, wenn für eine Mehrzahl an fiktiven Fehlern jeweils mittels eines fehlerindividuellen Simulationsmodells, mit dem sich der Antriebsbetrieb des den jeweiligen fiktiven Fehler aufweisenden Antriebs simulieren lässt, Betriebsgeräusche des Antriebs unter Bildung eines simulierten Betriebsgeräuschdatensatzes simuliert werden, mit den simulierten Betriebsgeräuschdatensätzen Trainingsdaten zum Trainieren der Analyseeinrichtung erstellt werden und die Analyseeinrichtung mittels der Trainingsdaten derart trainiert wird, dass die Analyseeinrichtung nach Abschluss des Trainings während des späteren Überwachungsbetriebs der Überwachungseinrichtung ein tatsächliches Auftreten jedes der simulierten Fehler anhand der von dem Antrieb erzeugten Betriebsgeräusche erkennt und ein den jeweiligen Fehler anzeigendes Fehlersignal erzeugt.

[0011] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Bildung der fehlerindividuellen Simulationsmodelle das Variieren zumindest eines in ein Mechaniksimulationsmodul integrierten Fehlerparameters durch Vorgabe unterschiedlicher Parameterwerte umfasst.

[0012] Bei der letztgenannten Variante werden vorzugsweise automatisiert fehlerindividuelle Simulationsmodelle, simulierte Betriebsgeräuschdatensätze und entsprechende Trainingsdaten für eine Vielzahl an fiktiven Fehlern erzeugt, indem die Parameterwerte für die Fehlerparameter des Mechaniksimulationsmoduls im Rahmen von Schleifendurchläufen variiert werden.

[0013] Eine Erstellung jedes der fehlerindividuellen Simulationsmodelle umfasst vorzugsweise jeweils die Ermittlung zumindest einer Eigenfrequenz oder eines Eigenfrequenzspektrums des fehlerbehafteten Antriebs.

[0014] Das Ermitteln des Betriebsgeräuschdatensatzes umfasst vorzugsweise jeweils eine simulierte Schwingungsanregung der zumindest einen Eigenfrequenz oder des Eigenfrequenzspektrums und das Errechnen eines akustischen Antwortspektrums und/oder eines Antwortsignals im Zeitbereich auf die simulierte

Schwingungsanregung hin.

[0015] Zur Bildung der fehlerindividuellen Simulationsmodelle werden vorzugsweise für den jeweiligen fiktiven Fehler jeweils ein oder mehr Eigenfrequenzen des fehlerbehafteten Antriebs auf der Basis eines die Mechanik des Antriebs beschreibenden Mechaniksimulationsmoduls durch Simulation ermittelt.

[0016] Das jeweilige fehlerindividuelle Simulationsmodell wird vorzugsweise erstellt, indem der jeweilige fehlerbehaftete Antrieb durch Schwingungselemente unter Bildung eines Schwingergesamtsystems nachgebildet wird.

[0017] Die Schwingungselemente werden vorzugsweise jeweils durch eine Eigenschwingungsfrequenz, eine Schwingungsamplitude und eine Dämpfungsangabe charakterisiert.

[0018] Jede der Eigenfrequenzen des fehlerbehafteten Antriebs wird vorzugsweise jeweils durch zumindest ein Schwingungselement nachgebildet.

[0019] Der Betriebsgeräuschdatensatz wird für den jeweiligen Fehler vorzugsweise ermittelt, indem das Schwingergesamtsystem mittels einer simulierten Schwingungsanregung angeregt und das Antwortsignal im Zeitbereich als Betriebsgeräuschdatensatz oder Teil des Betriebsgeräuschdatensatzes angesehen wird.

[0020] Als simulierte Schwingungsanregung wird vorzugsweise ein Anregungsimpuls erzeugt und es wird vorzugsweise als Antwortspektrum eine Impulsantwort errechnet.

[0021] Die Analyseeinrichtung wird vorzugsweise zur Überwachung eines elektromechanischen Antriebs einer Eisenbahngleisanlage trainiert.

[0022] Vorteilhaft ist es, wenn die Analyseeinrichtung zur Überwachung eines Eisenbahnweichenantriebs einer Eisenbahngleisanlage für Weichenumstellvorgänge trainiert wird.

[0023] Auch ist es vorteilhaft, wenn die Analyseeinrichtung zur Überwachung eines Eisenbahnschranken-antriebs einer Eisenbahngleisanlage für Schrankenverstellungen trainiert wird.

[0024] Das oder die Mechaniksimulationsmodule und damit mittelbar das oder die Simulationsmodelle werden vorzugsweise auf der Basis einer Finite-Elemente-Methode, FEM, erstellt.

[0025] Als besonders vorteilhaft wird es angesehen, wenn Betriebsgeräusche eines realen fehlerfreien Antriebs der vorgegebenen Bauart während eines realen Antriebsbetriebs unter Bildung realer Betriebsgeräusche gemessen werden und unter Einbezug der gemessenen realen Betriebsgeräusche ein Basissimulationsmodul erstellt wird, mit dem sich der fehlerfreie Antriebsbetrieb des realen Antriebs simulieren lässt, und zwar derart, dass die Abweichung zwischen Betriebsgeräuschen, die mit dem Basissimulationsmodul simuliert werden, und den gemessenen realen Betriebsgeräuschen eine vorgegebene Schwelle unterschreitet.

[0026] Die Mechaniksimulationsmodule, mit denen sich der Antriebsbetrieb der fiktive Fehler aufweisenden

Antriebe simulieren lässt, werden vorzugsweise jeweils durch Modifikation des Basissimulationsmoduls gebildet.

[0027] Auch ist es von Vorteil, wenn mit den gemessenen realen Betriebsgeräuschen Trainingsdaten realer Art erstellt werden und die trainierbare Analyseeinrichtung mittels der Trainingsdaten realer Art derart trainiert wird, dass die Analyseeinrichtung nach Abschluss des Trainings während des späteren Überwachungsbetriebs der Überwachungseinrichtung einen fehlerfreien Normalbetrieb des Antriebs erkennt und ein diesen Normalbetrieb anzeigendes Normalbetriebssignal erzeugt.

[0028] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf eine Überwachungseinrichtung, die zum Überwachen eines elektromechanischen Antriebs einer vorgegebenen Bauart geeignet ist.

[0029] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Überwachungseinrichtung eine Aufnahmeeinrichtung zum Messen von Betriebsgeräuschen unter Bildung eines Betriebsgeräuschdatensatzes aufweist, die Überwachungseinrichtung eine trainierte Analyseeinrichtung aufweist, die auf künstlicher Intelligenz basiert und auf der Basis von Trainingsdaten, die mit einem für einen fiktiven Fehler simulierten Betriebsgeräuschdatensatz erstellt worden sind, trainiert worden ist, wobei die trainierte Analyseeinrichtung aufgrund des Trainings dazu ausgebildet ist, anhand während des Überwachungsbetriebs gemessener Betriebsgeräusche ein tatsächliches Auftreten des simulierten Fehlers zu erkennen und ein den Fehler anzeigendes Fehlersignal zu erzeugen.

[0030] Bezüglich der Vorteile der erfindungsgemäßen Überwachungseinrichtung und deren vorteilhafter Ausgestaltungen sei auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und dessen vorteilhafter Ausgestaltungen verwiesen.

[0031] Die Analyseeinrichtung umfasst vorzugsweise eine Recheneinrichtung und einen Speicher, in dem die antrainierte künstliche Intelligenz abgespeichert ist.

[0032] Die Überwachungseinrichtung bzw. deren Analyseeinrichtung wird vorzugsweise nach einem der oben beschriebenen Verfahren parametrisiert bzw. trainiert.

[0033] Die Erfindung bezieht sich außerdem auf eine Eisenbahngleisanlage. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass diese mit mindestens einer Überwachungseinrichtung, wie sie oben beschrieben ist, ausgestattet ist.

[0034] Die Eisenbahngleisanlage weist vorzugsweise einen Eisenbahnweichenantrieb auf und die Arbeitsweise des Eisenbahnweichenantriebs wird während Weichenumstellvorgängen vorzugsweise von der oder einer der Überwachungseinrichtungen überwacht.

[0035] Die Eisenbahngleisanlage weist vorzugsweise einen Eisenbahnschrankenantrieb auf und die Arbeitsweise des Eisenbahnschranken-antriebs wird vorzugsweise von der oder einer der Überwachungseinrichtungen während Schrankenverstellvorgängen überwacht.

[0036] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert; dabei zeigen bei-

spielhaft

- Figur 1 einen Abschnitt eines Ausführungsbeispiels für eine erfindungsgemäße Eisenbahngleisanlage, die mit einem Eisenbahnweichenantrieb und einem Ausführungsbeispiel für eine den Eisenbahnweichenantrieb überwachenden, erfindungsgemäßen Überwachungseinrichtung ausgestattet ist,
- Figur 2 die Bildung eines Mechaniksimulationsmoduls und eines Mechaniksimulationsmoduls mit fiktivem Fehler,
- Figur 3 Schritte zum Erzeugen von Trainingsdaten auf der Basis des Mechaniksimulationsmoduls mit fiktivem Fehler gemäß Figur 2,
- Figur 4 mit dem Mechaniksimulationsmodul gemäß Figur 2 simulierte Eigenfrequenzen über der Frequenz,
- Figur 5 den Zeitverlauf einer der Eigenfrequenzen nach einer virtuellen Anregung,
- Figur 6 den Zeitverlauf eines Antwortsignals eines virtuellen Schwingergesamtsystems nach einer virtuellen Anregung,
- Figur 7 einen Trainingsschritt zum Trainieren der Überwachungseinrichtung gemäß Figur 1 auf der Basis der Trainingsdaten gemäß Figur 3,
- Figur 8 Schritte zum Erzeugen von Trainingsdaten auf der Basis eines Mechaniksimulationsmoduls, das mittels eines Fehlerparameters eine automatisierte Erzeugung einer Vielzahl an Trainingsdatensätzen ermöglicht,
- Figur 9 Schritte zum Erzeugen von Trainingsdaten auf der Basis eines Mechaniksimulationsmoduls, das mittels zweier Fehlerparameter eine automatisierte Erzeugung einer Vielzahl an Trainingsdatensätzen ermöglicht,
- Figur 10 ein Ausführungsbeispiel für eine Trainiereinrichtung zum Trainieren der Überwachungseinrichtung gemäß Figur 1, und
- Figur 11 einen Abschnitt eines Ausführungsbeispiels für eine erfindungsgemäße Eisenbahngleisanlage, die mit einem Eisenbahnschrankenantrieb und einem Ausführungsbeispiel für eine den Eisenbahnschrankenantrieb überwachenden, erfindungsgemäßen Überwachungseinrichtung ausgestattet ist.

[0037] In den Figuren werden der Übersicht halber für identische oder vergleichbare Komponenten dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0038] Die Figur 1 zeigt einen Abschnitt einer Eisenbahngleisanlage 10, der mit einer Eisenbahnweiche 20 ausgestattet ist. Ein Eisenbahnweichenantrieb 21 der Eisenbahnweiche 20 wird mittels einer Überwachungseinrichtung 30 auf das Auftreten eventueller Fehler überwacht.

[0039] Die Überwachungseinrichtung 30 weist eine Aufnahmeeinrichtung 31 auf, die die real auftretenden Betriebsgeräusche BG des Eisenbahnweichenantriebs 21 während der Weichenumstellvorgänge erfasst und entsprechende akustische Betriebsgeräuschmesswerte M(BG) erzeugt. Mit den Betriebsgeräuschmesswerten M(BG) kann sie darüber hinaus für jeden Weichenumlauf einen Betriebsgeräuschdatensatz DS(BGm) bilden. Die Betriebsgeräuschmesswerte M(BG) bzw. die Betriebsgeräuschdatensätze DS(BGm) können aufgrund ihres Bezugs zur realen Welt auch als reale Betriebsgeräuschmesswerte und reale Betriebsgeräuschdatensätze bezeichnet werden. Die Aufnahmeeinrichtung 31 umfasst vorzugsweise ein oder mehr Mikrofone.

[0040] Darüber hinaus ist die Überwachungseinrichtung 30 mit einer Analyseeinrichtung 32 ausgestattet, die auf der Basis von Trainingsdaten TD trainiert worden ist und auf künstlicher Intelligenz beruht. Die künstliche Intelligenz der Analyseeinrichtung 32 kann beispielsweise auf einem neuronalen Netz basieren.

[0041] Die Analyseeinrichtung 32 ist aufgrund des Trainings dazu geeignet bzw. dazu ausgebildet, anhand der von der Aufnahmeeinrichtung 31 gemessenen realen Betriebsgeräusche ein tatsächliches Auftreten eines oder mehrerer Fehler, für die Trainingsdaten TD erstellt worden sind und die Analyseeinrichtung 32 trainiert worden ist, zu erkennen. Wird einer der Fehler erkannt, tritt also ein antrainierter Fehler real auf, so wird für diesen Fehler ein entsprechendes Fehlersignal FS erzeugt.

[0042] Die trainierte Analyseeinrichtung 32 wird bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 durch eine Recheneinrichtung 320 und einen Speicher 321 gebildet, in dem ein Softwareprogrammmodul SPM abgespeichert ist

[0043] Das Softwareprogrammmodul SPM ist durch vorheriges Training derart parametrisiert bzw. angelernet worden, dass es anhand der von der Aufnahmeeinrichtung 31 erfassten Betriebsgeräusche BG das Auftreten eines oder mehrerer antrainierter Fehler feststellen kann. Das Softwareprogrammmodul SPM beinhaltet vorzugsweise das bereits erwähnte trainierte neuronale Netz, das die Basis für die künstliche Intelligenz bildet.

[0044] Um die Analyseeinrichtung 32 derart zu trainieren bzw. zu parametrieren, dass die Recheneinrichtung 320 bei Ausführung des Softwareprogrammmoduls SPM in der Lage ist, Fehler zu erkennen, kann beispielsweise wie folgt vorgegangen werden:

In einem Modellierungsschritt 100 (vgl. Figur 2) wird ein Mechaniksimulationsmodul M21 gebildet, das die me-

chanischen Eigenschaften des Eisenbahnweichenantriebs 21 beschreibt und eine Computersimulation des Betriebs des Eisenbahnweichenantriebs 21 erlaubt. Das Mechaniksimulationsmodul M21 wird vorzugsweise auf der Basis einer Finite-Elemente-Methode FEM erstellt.

[0045] In das Mechaniksimulationsmodul M21 wird im Rahmen eines Fehlerzufügungsschritts 220 ein fiktiver Fehler integriert, der einem später im realen Betrieb zu erkennenden Fehler des Eisenbahnweichenantriebs 21 entspricht. Durch den Fehlerzufügungsschritt 220 wird ein fiktives Mechaniksimulationsmodul M21f gebildet.

[0046] Der fiktive Fehler kann beispielsweise darin bestehen, das bei einem Zahnrad des Eisenbahnweichenantriebs 21 ein Zahn fehlt bzw. dieser für die Simulation virtuell entfernt wird oder ein Teil des Eisenbahnweichenantriebs 21 einen Riss aufweist bzw. ein solcher für die Simulation virtuell hinzugefügt wird.

[0047] Mit dem fiktiven Mechaniksimulationsmodul M21f werden im Rahmen eines Modalanalyseschritts 300 (siehe Figur 3) die mechanischen Eigenfrequenzen f_E des mit dem fiktiven Fehler versehenen Eisenbahnweichenantriebs 21 simuliert.

[0048] Die Figur 4 zeigt beispielhaft die im Rahmen des Modalanalyseschritts 300 ermittelten Eigenfrequenzen f_E in Form der Amplitude A über der Frequenz f.

[0049] Die Figur 5 zeigt beispielhaft für eine der Eigenfrequenzen f_E den zeitlichen Verlauf nach einer Anregung über der Zeit t; der zeitliche Abfall der Amplitude A lässt sich durch eine Dämpfungsangabe α charakterisieren.

[0050] Wieder Bezug nehmend auf Figur 3 wird in einem Syntheseschritt 310 jeder der errechneten Eigenfrequenzen f_E jeweils ein virtuelles Schwingungselement SE zugeordnet, dessen Schwingungsverhalten durch die jeweilige Eigenfrequenz f_E , eine Schwingungsamplitude A und eine Dämpfungsangabe α definiert wird.

[0051] Die Schwingungselemente SE bilden ein virtuelles Schwingungsgesamtsystem SGS, das das mechanische Verhalten des Eisenbahnweichenantriebs 21 hinsichtlich seiner Geräuschemission während des Betriebs, also während der Umstellvorgänge, beschreibt. Das virtuelle Schwingungsgesamtsystem SGS bildet somit ein Simulationsmodell SIM, mit dem sich der Antriebsbetrieb des den fiktiven Fehler aufweisenden Eisenbahnweichenantriebs 21 simulieren lässt, und zwar mit Blick auf die beim Betrieb entstehenden Betriebsgeräusche.

[0052] In das Schwingungsgesamtsystem SGS wird im Rahmen eines simulierten Anregungsschritts 320 ein Anregimpuls I eingespeist, wodurch die einzelnen Schwingungselemente SE des Schwingungsgesamtsystems SGS in Schwingung versetzt werden. Durch die simulierte Anregung des Schwingungsgesamtsystems SGS lässt sich ein akustisches Antwortsignal AS(t) errechnen, das die akustische Antwort auf den simulierten Anregimpuls I im Zeitbereich bzw. über der Zeit t beschreibt. Die Figur 6 zeigt beispielhaft ein typisches akustisches Antwortsignal AS(t).

[0053] Der Anregimpuls I bildet anschaulich die me-

chanische Anregung nach, die das Anschalten eines Elektromotors des Eisenbahnweichenantriebs 21 auf den Elektromotor selbst sowie die übrigen Komponenten des Eisenbahnweichenantriebs 21 bewirken würde. Das akustische Antwortsignal AS(t) beschreibt somit die (simulierten) Betriebsgeräusche BGs des Eisenbahnweichenantriebs 21 bei dessen simuliertem Betrieb im fehlerbehafteten Zustand.

[0054] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 wird in einem Weiterverarbeitungsschritt 330 das akustische Antwortsignal AS(t) noch weiter bearbeitet, beispielsweise normiert, um einen Betriebsgeräuschdatensatz DS(BGs) zu erstellen. Da der Betriebsgeräuschdatensatz DS(BGs) auf dem akustischen Antwortsignal AS(t) und damit auf simulierten Betriebsgeräuschen BGs beruht, kann man diesen auch als simulierten Betriebsgeräuschdatensatz bezeichnen.

[0055] Durch ein Labeln des simulierten Betriebsgeräuschdatensatzes DS(BGs) im Rahmen eines Labelsschrittes 340, bei dem dem Betriebsgeräuschdatensatz DS(BGs) eine Fehleridentifikationsangabe hinzugefügt wird, lassen sich Trainingsdaten TD erstellen, die zum Trainieren und Parametrieren der Analyseeinrichtung 32 gemäß Figur 1 bzw. deren Softwareprogrammmodul SPM herangezogen werden können. Der Labelschritt 340 wird beispielsweise mit Blick auf den Einsatz der Trainingsdaten TD für ein Support-Vector-Machine-Verfahren durchgeführt.

[0056] Die Figur 7 zeigt beispielhaft das Trainieren der Analyseeinrichtung 32 auf der Basis der in Figur 3 gezeigten Trainingsdaten TD, um die trainierte Analyseeinrichtung 32 gemäß Figur 1 zu bilden. Das Training kann beispielsweise auf der Basis eines Support-Vector-Machine-Verfahrens 700 durchgeführt werden.

[0057] Die Figur 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel für Verfahrensschritte, mit denen sich automatisiert simulierte Betriebsgeräuschdatensätze DS(BGs) und entsprechende Trainingsdaten TD für eine Vielzahl an fiktiven Fehlern erzeugen lassen, die derselben Fehlerart zugehörig sind und sich lediglich durch einen oder mehrere Parameter unterscheiden.

[0058] Ist der fiktive Fehler beispielsweise ein Riss in einem Bauteil des Eisenbahnweichenantriebs 21, so kann die Risstiefe als Fehlerparameter Prt in ein Mechaniksimulationsmodul M21f(Prt) integriert werden. Diese Integration des Fehlerparameters Prt ermöglicht es, die Schritte 300 bis 330 im Rahmen eines oder mehrerer Schleifendurchläufe automatisiert zu wiederholen:

Sind beispielsweise die Schritte 300 bis 330 für eine erste Risstiefe T1, also für $Prt=T1$, durchgeführt worden sind und ist der simulierte Betriebsgeräuschdatensatz DS(BGs($Prt=T1$)) für diese Risstiefe T1 erzeugt worden, so können die Schritte 300 bis 330 in einem nachfolgenden Schleifendurchlauf für eine andere Risstiefe T2 wiederholt werden und es kann für diese andere Risstiefe T2 ein neuer simulierter Betriebsgeräuschdatensatz DS(BGs($Prt=T2$)) erzeugt werden. In dieser Weise können quasi beliebig viele Betriebsgeräuschdatensätze

DS(BGs) für eine Vielzahl von fiktiven Fehlern erzeugt werden.

[0059] Auch ist es möglich, zwei oder mehr Parameter in mehreren verschachtelten Schleifen zu berücksichtigen, wie beispielhaft die Figur 9 zeigt. Ist der fiktive Fehler ein Riss, so können beispielsweise sowohl die Risstiefe als Parameter Prt als auch die Rissbreite als Parameter Prb in ein Mechaniksimulationsmodul M21f(Prt, Prb) integriert werden.

[0060] Sind beispielsweise die Schritte 300 bis 330 für eine erste Risstiefe T1, also für Prt=T1, und eine erste Rissbreite B1, also für Prb=B1, durchgeführt worden und ist der simulierte Betriebsgeräuschdatensatz DS(BGs(Prt=T1, Prb=B1)) für diese Risstiefe T1 und diese Rissbreite B1 erzeugt worden, so können die Schritte 300 bis 330 in einem nachfolgenden Schleifendurchlauf für eine andere Risstiefe T2 und dieselbe Rissbreite B1 oder eine andere Rissbreite B2 wiederholt werden und es kann für jede gewünschte Kombination von Risstiefe und Rissbreite jeweils automatisiert ein neuer simulierter Betriebsgeräuschdatensatz DS(BGs(Prt, Prb)) erzeugt werden.

[0061] Die in den Figuren 3 und 7 bis 9 gezeigten Verfahrensschritte 300 bis 340 und 700 werden vorzugsweise von einer Trainiereinrichtung 100 ausgeführt, wie sie beispielhaft in der Figur 10 gezeigt ist.

[0062] Die Trainiereinrichtung 100 wird bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 10 durch eine Recheneinrichtung 110 und einen Speicher 120 gebildet. In dem Speicher 120 sind ein Modalanalysesoftwaremodul M300 zur Durchführung des Modalanalyseschritts 300, ein Synthesesoftwaremodul M310 zur Durchführung des Syntheseschritts 310, ein Anregungssoftwaremodul M320 zur Durchführung des Anregungsschritts 320, ein Weiterverarbeitungssoftwaremodul M330 zur Durchführung des Weiterverarbeitungsschritts 330, ein Labelsoftwaremodul M340 zur Durchführung des Labelschritts 340 und ein Support-Vector-Machine-Softwaremodul M700 zur Durchführung des Support-Vector-Machine-Verfahrens 700 abgespeichert. Führt die Recheneinrichtung 110 die genannten Module M300, M310, M320, M330, M340 und/oder M700 aus, so arbeitet sie die entsprechenden Verfahrensschritte 300-340 bzw. 700 ab, wie sie oben beschrieben wurden.

[0063] Die Figur 11 zeigt einen anderen Abschnitt der Eisenbahngleisanlage 10, der mit einer Eisenbahnschranke 20a ausgestattet ist. Die Eisenbahnschranke 20a weist einen Eisenbahnschranken Antrieb 21a auf, der mittels einer Überwachungseinrichtung 30a auf das Auftreten eventueller Fehler überwacht wird.

[0064] Die Überwachungseinrichtung 30a weist eine Aufnahmeeinrichtung 31a auf, die die real auftretenden Betriebsgeräusche BG des Eisenbahnschranken Antriebs 21a während der Verstellvorgänge erfasst und entsprechende akustische Betriebsgeräuschmesswerte M(BG) erzeugt. Mit den Betriebsgeräuschmesswerten M(BG) kann sie darüber hinaus Betriebsgeräuschdatensätze DS(BGm) bilden.

[0065] Darüber hinaus ist die Überwachungseinrichtung mit einer Analyseeinrichtung 32a ausgestattet. Die Analyseeinrichtung 32a wird bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 durch eine Recheneinrichtung 320a und einen Speicher 321a gebildet, in dem ein Softwareprogrammmodul SPMa abgespeichert ist. Die Analyseeinrichtung 32a kann hardwareseitig mit der Analyseeinrichtung 32 gemäß Figur 1 identisch sein; unterschiedlich sind lediglich die Softwareprogrammmodule SPM und SPMa.

[0066] Das Softwareprogrammmodul SPMa ist durch vorheriges Training derart parametrisiert bzw. angelernt worden, dass es anhand der von der Aufnahmeeinrichtung 31a erfassten Betriebsgeräusche BG das Auftreten eines oder mehrerer Fehler des Eisenbahnschranken Antriebs 21a erkennen kann. Das Softwareprogrammmodul SPMa beinhaltet vorzugsweise ein hierauf trainiertes neuronales Netz und bildet künstliche Intelligenz zum Erkennen solcher Fehler.

[0067] Zum Training der Analyseeinrichtung 32a werden vorzugsweise dieselben Verfahrensschritte durchgeführt, wie sie oben im Zusammenhang mit den Figuren 1 bis 10 beispielhaft für die Eisenbahnweiche 21 erläutert worden sind. Zum Training kann die Trainiereinrichtung 100 gemäß Figur 10 eingesetzt werden, also dieselbe Hardware wie für das Training der Analyseeinrichtung 32 gemäß Figur 1.

[0068] Die Analyseeinrichtungen 32 und 32a können lokal in, an oder in der Nähe des von ihnen zu überwachenden elektromechanischen Antriebs 21 bzw. 21a angeordnet sein; die Überwachungseinrichtungen 30 und 30a können also als Feldgeräte lokal im Bereich der zu überwachenden elektromechanischen Antriebe angeordnet sein.

[0069] Alternativ können die Analyseeinrichtungen 32 und 32a auch in entfernt angeordneten Rechnern oder Cloudrechnern integriert oder durch diese gebildet sein, also räumlich getrennt von den Aufnahmeeinrichtungen 31 und 31a und den zu überwachenden Antrieben; die Überwachungseinrichtungen 30 und 30a können also alternativ auch durch räumlich verteilte Systeme gebildet sein.

[0070] Abschließend sei erwähnt, dass die Merkmale aller oben beschriebenen Ausführungsbeispiele untereinander in beliebiger Weise kombiniert werden können, um weitere andere Ausführungsbeispiele der Erfindung zu bilden.

[0071] Auch können alle Merkmale von Unteransprüchen jeweils für sich mit jedem der nebengeordneten Ansprüche kombiniert werden, und zwar jeweils für sich allein oder in beliebiger Kombination mit einem oder anderen Unteransprüchen, um weitere andere Ausführungsbeispiele zu erhalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Parametrisieren einer Überwachungs-

einrichtung (30), die zum Überwachen eines elektromechanischen Antriebs (21, 21a) einer vorgegebenen Bauart geeignet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen des Verfahrens

- mit Hilfe eines Simulationsmodells (SIM), mit dem sich der Antriebsbetrieb eines einen fiktiven Fehler aufweisenden Antriebs (21, 21a) der Bauart simulieren lässt, Betriebsgeräusche (BG) des den fiktiven Fehler aufweisenden Antriebs (21, 21a) unter Bildung eines simulierten Betriebsgeräuschdatensatzes (DS(BGs)) simuliert werden,
- mit dem simulierten Betriebsgeräuschdatensatz (DS(BGs)) Trainingsdaten (TD) zum Trainieren einer trainierbaren Analyseeinrichtung (32, 32a), die auf künstlicher Intelligenz beruht und einen Bestandteil der Überwachungseinrichtung (30) bildet, erstellt werden und
- die trainierbare Analyseeinrichtung (32, 32a) mittels der Trainingsdaten (TD) derart trainiert wird, dass die Analyseeinrichtung (32, 32a) nach Abschluss des Trainings während des späteren Überwachungsbetriebs der Überwachungseinrichtung (30) ein tatsächliches Auftreten des simulierten Fehlers anhand der von dem Antrieb (21, 21a) während des Antriebsbetriebs erzeugten Betriebsgeräusche (BG) erkennt und ein den Fehler anzeigendes Fehlersignal (FS) erzeugt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- für eine Mehrzahl an fiktiven Fehlern jeweils mittels eines fehlerindividuellen Simulationsmodells (SIM), mit dem sich der Antriebsbetrieb des den jeweiligen fiktiven Fehler aufweisenden Antriebs (21, 21a) simulieren lässt, Betriebsgeräusche (BG) des Antriebs (21, 21a) unter Bildung eines simulierten Betriebsgeräuschdatensatzes (DS(BGs)) simuliert werden,
- mit den simulierten Betriebsgeräuschdatensätzen (DS(BGs)) Trainingsdaten (TD) zum Trainieren der Analyseeinrichtung (32, 32a) erstellt werden und
- die Analyseeinrichtung (32, 32a) mittels der Trainingsdaten (TD) derart trainiert wird, dass die Analyseeinrichtung (32, 32a) nach Abschluss des Trainings während des späteren Überwachungsbetriebs der Überwachungseinrichtung (30) ein tatsächliches Auftreten jedes der simulierten Fehler anhand der von dem Antrieb (21, 21a) erzeugten Betriebsgeräusche (BG) erkennt und ein den jeweiligen Fehler anzeigendes Fehlersignal (FS) erzeugt.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Bildung der fehlerindividuellen Simulationsmodelle (SIM) das Variieren zumindest eines in ein Mechaniksimulationsmodul (M21f) integrierten Fehlerparameters (Prt, Prb) durch Vorgabe unterschiedlicher Parameterwerte umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass automatisiert fehlerindividuelle Simulationsmodelle (SIM), simulierte Betriebsgeräuschdatensätze und entsprechende Trainingsdaten (TD) für eine Vielzahl an fiktiven Fehlern erzeugt werden, indem die Parameterwerte für die Fehlerparameter (Prt, Prb) des Mechaniksimulationsmoduls (M21f) im Rahmen von Schleifendurchläufen variiert werden.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- eine Erstellung jedes der fehlerindividuellen Simulationsmodelle (SIM) jeweils die Ermittlung zumindest einer Eigenfrequenz (fE) oder eines Eigenfrequenzspektrums des fehlerbehafteten Antriebs (21, 21a) umfasst und
- das Ermitteln des Betriebsgeräuschdatensatzes (DS(BGs)) jeweils eine simulierte Schwingungsanregung der zumindest einen Eigenfrequenz (fE) oder des Eigenfrequenzspektrums und das Errechnen eines akustischen Antwortspektrums und/oder eines Antwortsignals (AS) im Zeitbereich auf die simulierte Schwingungsanregung hin umfasst.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- zur Bildung der fehlerindividuellen Simulationsmodelle (SIM) für den jeweiligen fiktiven Fehler jeweils ein oder mehr Eigenfrequenzen (fE) des fehlerbehafteten Antriebs (21, 21a) auf der Basis eines die Mechanik des Antriebs (21, 21a) beschreibenden Mechaniksimulationsmoduls (M21f) durch Simulation ermittelt werden, und
- das jeweilige fehlerindividuelle Simulationsmodell (SIM) erstellt wird, indem der jeweilige fehlerbehaftete Antrieb (21, 21a) durch Schwingungselemente (SE) unter Bildung eines Schwingungsgesamtsystems (SGS) nachgebildet wird,
- wobei die Schwingungselemente (SE) jeweils durch eine Eigenschwingungsfrequenz (fE), eine Schwingungsamplitude (A) und eine Dämpf-

- fungsangabe (α) charakterisiert werden, und
 - wobei jede der Eigenfrequenzen (f_E) des fehlerbehafteten Antriebs (21, 21a) jeweils durch zumindest ein Schwingungselement (SE) nachgebildet wird, und
 - der Betriebsgeräuschdatensatz (DS(BGs)) für den jeweiligen Fehler ermittelt wird, indem das Schwingungsgesamtsystem (SGS) mittels einer simulierten Schwingungsanregung (I) angeregt und das Antwortsignal (AS) im Zeitbereich als Betriebsgeräuschdatensatz (DS(BGs)) oder Teil des Betriebsgeräuschdatensatzes (DS(BGs)) angesehen wird.
7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 5 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als simulierte Schwingungsanregung ein Anregungsimpuls erzeugt und als Antwortspektrum eine Impulsantwort errechnet wird.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Analyseeinrichtung (32, 32a) zur Überwachung eines elektromechanischen Antriebs (21, 21a) einer Eisenbahngleisanlage (10) trainiert wird.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Analyseeinrichtung (32, 32a) zur Überwachung eines Eisenbahnweichenantriebs (21) einer Eisenbahngleisanlage (10) für Weichenumstellvorgänge trainiert wird.
10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Analyseeinrichtung (32, 32a) zur Überwachung eines Eisenbahnschrankenantriebs (21a) einer Eisenbahnschranke (20a) einer Eisenbahngleisanlage (10) für Schrankenverstellungen trainiert wird.
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das oder die Simulationsmodelle (SIM) auf der Basis einer Finite-Elemente-Methode, FEM, erstellt werden.
12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - Betriebsgeräusche (BG) eines realen fehlerfreien Antriebs (21, 21a) der vorgegebenen Bauart während eines realen Antriebsbetriebs unter Bildung realer Betriebsgeräusche (BG)
- gemessen werden und
 - unter Einbezug der gemessenen realen Betriebsgeräusche (BG) ein Mechaniksimulationsmodul (M21) erstellt wird, mit dem sich der fehlerfreie Antriebsbetrieb des realen Antriebs (21, 21a) simulieren lässt, und zwar derart, dass die Abweichung zwischen Betriebsgeräuschen, die mit dem Mechaniksimulationsmodul (M21) simuliert werden, und den gemessenen realen Betriebsgeräuschen eine vorgegebene Schwelle unterschreitet.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - mit den gemessenen realen Betriebsgeräuschen Trainingsdaten (TD) realer Art erstellt werden und
 - die trainierbare Analyseeinrichtung (32, 32a) mittels der Trainingsdaten (TD) realer Art derart trainiert wird, dass die Analyseeinrichtung (32, 32a) nach Abschluss des Trainings während des späteren Überwachungsbetriebs der Überwachungseinrichtung (30) einen fehlerfreien Normalbetrieb des Antriebs (21, 21a) erkennt und ein diesen Normalbetrieb anzeigendes Normalbetriebssignal erzeugt.
14. Überwachungseinrichtung (30), die zum Überwachen eines elektromechanischen Antriebs (21, 21a) einer vorgegebenen Bauart geeignet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - die Überwachungseinrichtung (30) eine Aufnahmeeinrichtung (31) zum Messen von Betriebsgeräuschen unter Bildung eines Betriebsgeräuschdatensatzes (DS(BG)) aufweist,
 - die Überwachungseinrichtung (30) eine trainierte Analyseeinrichtung (32, 32a) aufweist, die auf künstlicher Intelligenz basiert und auf der Basis von Trainingsdaten (TD), die mit einem für einen fiktiven Fehler simulierten Betriebsgeräuschdatensatz (DS(BGs)) erstellt worden sind, trainiert worden ist,
 - wobei die trainierte Analyseeinrichtung (32, 32a) aufgrund des Trainings dazu ausgebildet ist, anhand während des Überwachungsbetriebs gemessener Betriebsgeräusche (BG) ein tatsächliches Auftreten des simulierten Fehlers zu erkennen und ein den Fehler anzeigendes Fehlersignal (FS) zu erzeugen.
15. Eisenbahngleisanlage (10) **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - die Eisenbahngleisanlage (10) mit mindestens einer Überwachungseinrichtung (30) nach Anspruch 14 oder einer Überwachungseinrichtung

(30), die im Rahmen eines Verfahrens gemäß einem der voranstehenden Ansprüche 1 bis 13 parametrierbar sind, ausgestattet ist, - wobei die Eisenbahngleisanlage (10) einen Eisenbahnweichenantrieb aufweist und die Arbeitsweise des Eisenbahnweichenantriebs (21) während Weichenumstellvorgängen von der oder einer der Überwachungseinrichtungen (30) überwacht wird, und/oder die Eisenbahngleisanlage (10) einen Eisenbahnschrankenantrieb (21a) aufweist und die Arbeitsweise des Eisenbahnschrankenantriebs (21a) von der oder einer der Überwachungseinrichtungen (30) während Schrankenverstellvorgängen überwacht wird.

20

25

30

35

40

45

50

55

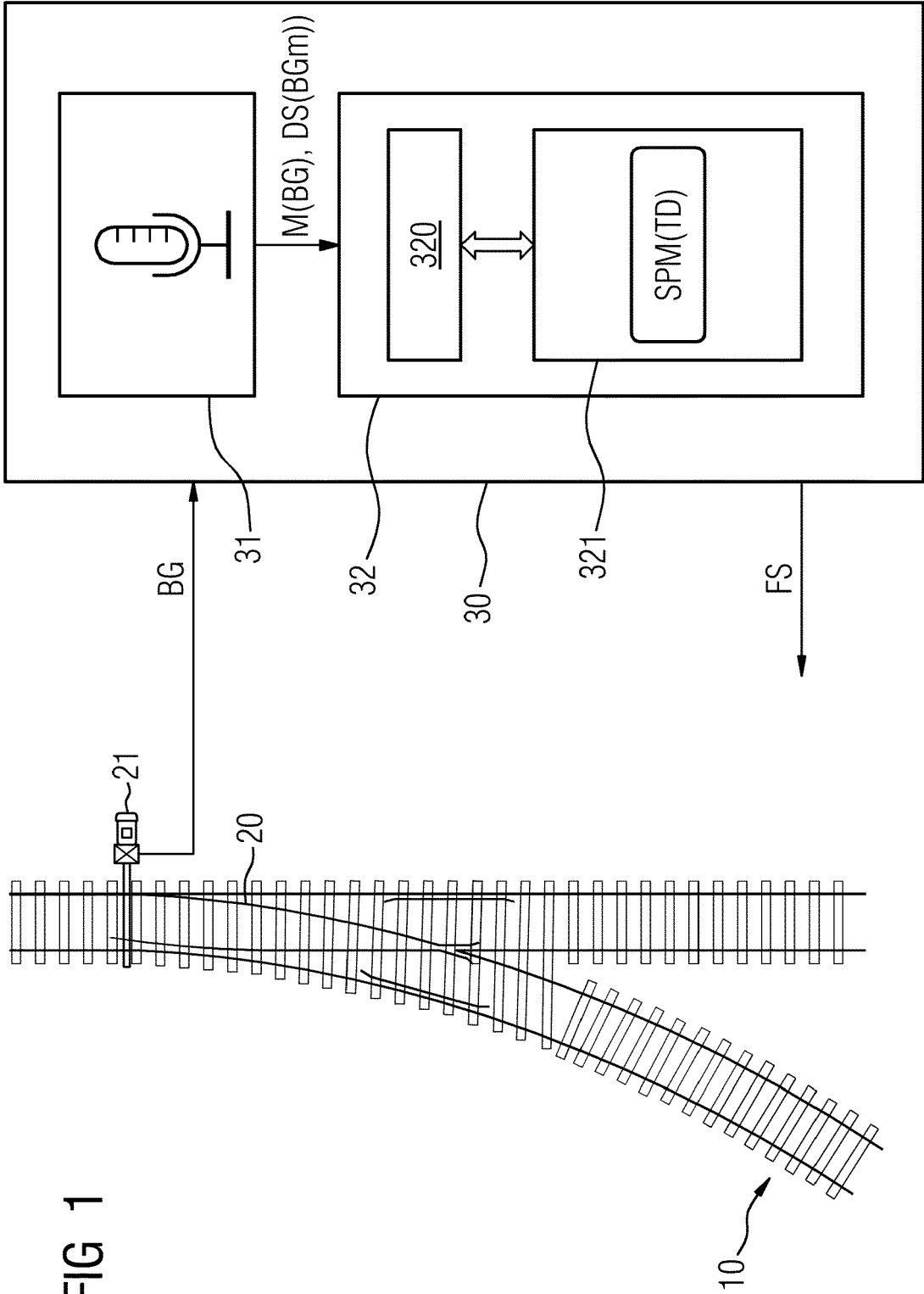


FIG 2

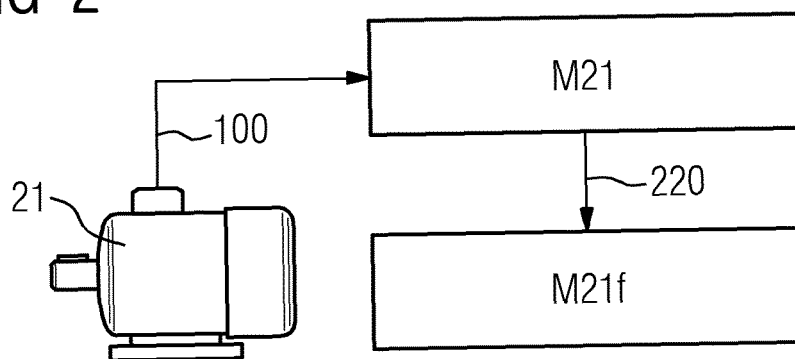


FIG 3

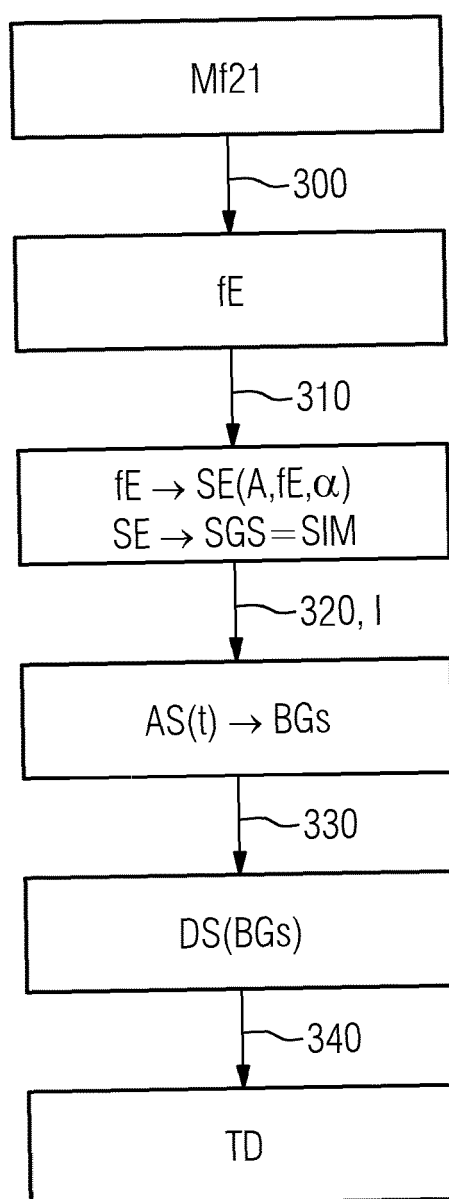


FIG 4

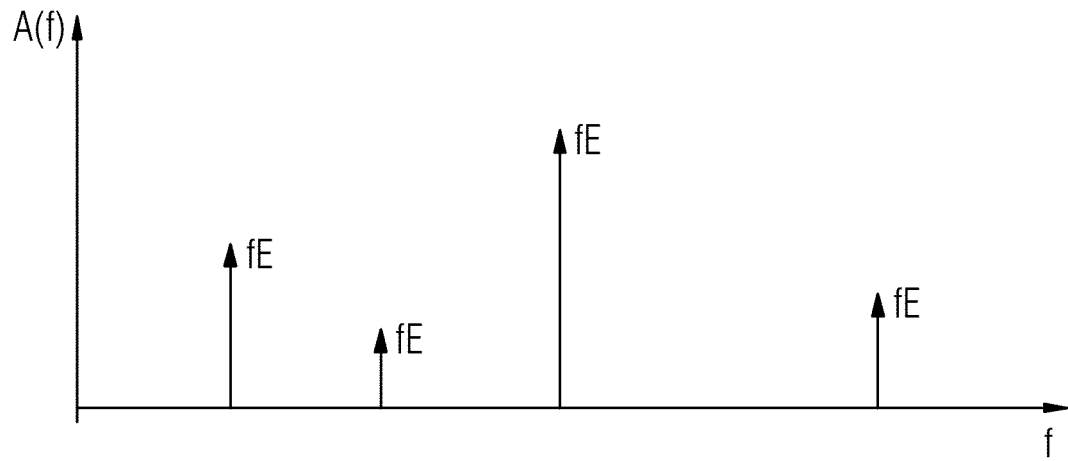


FIG 5

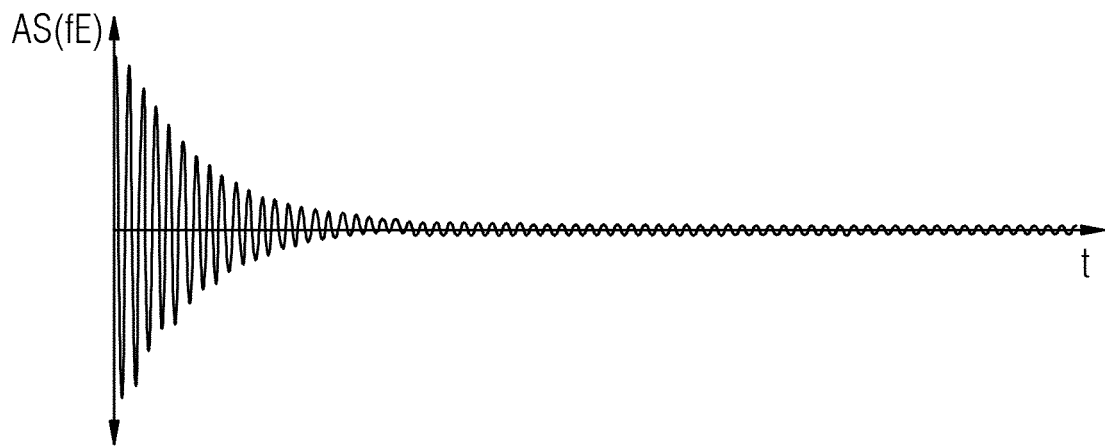


FIG 6

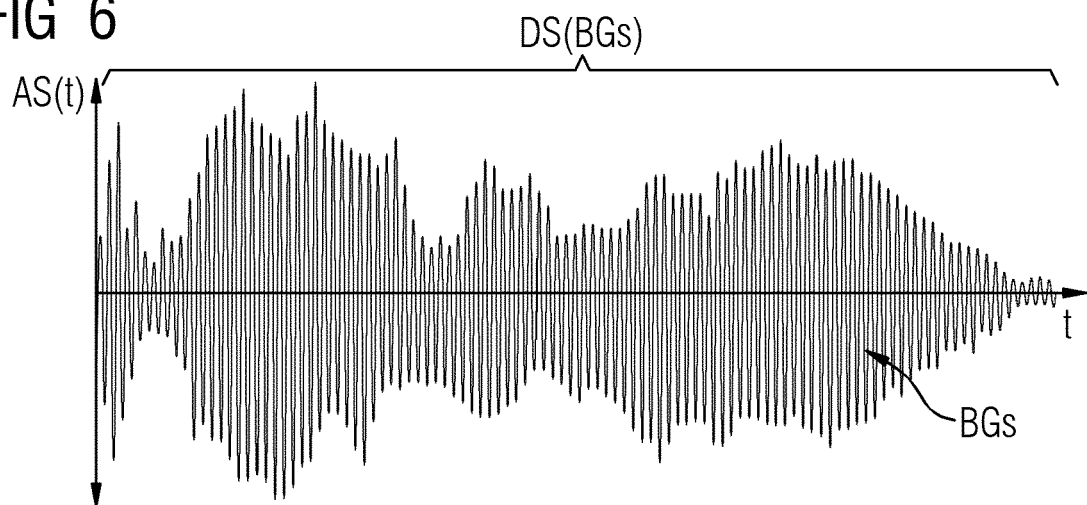


FIG 7

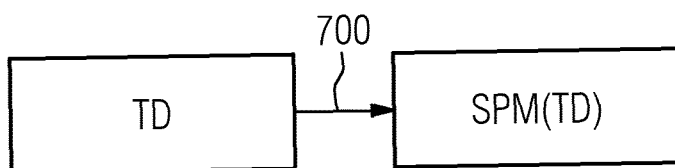


FIG 8

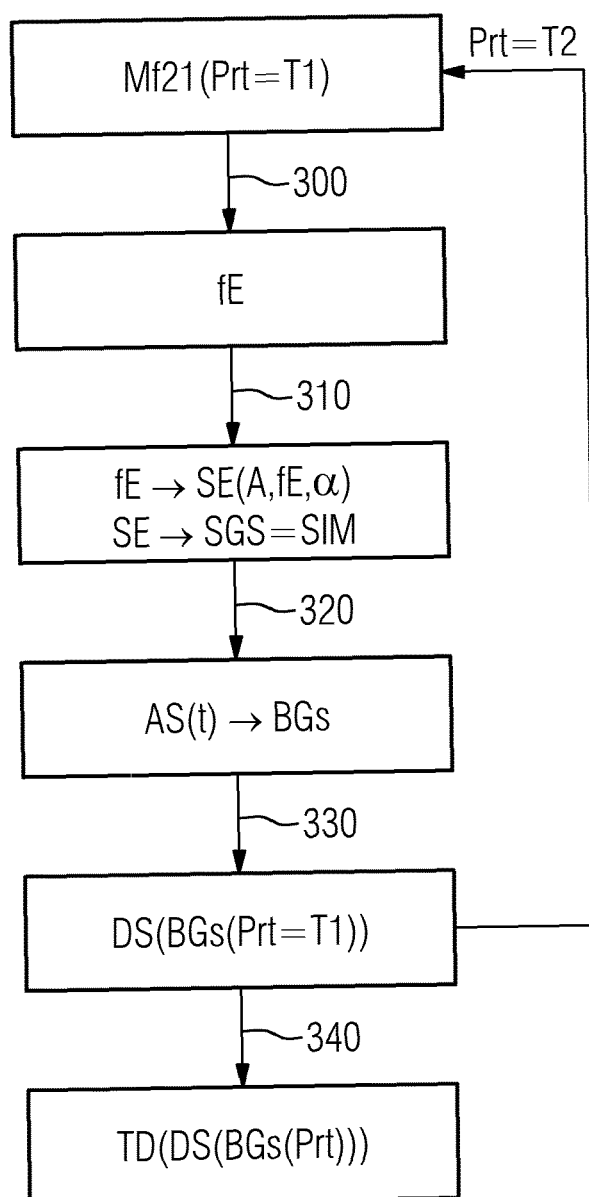


FIG 9

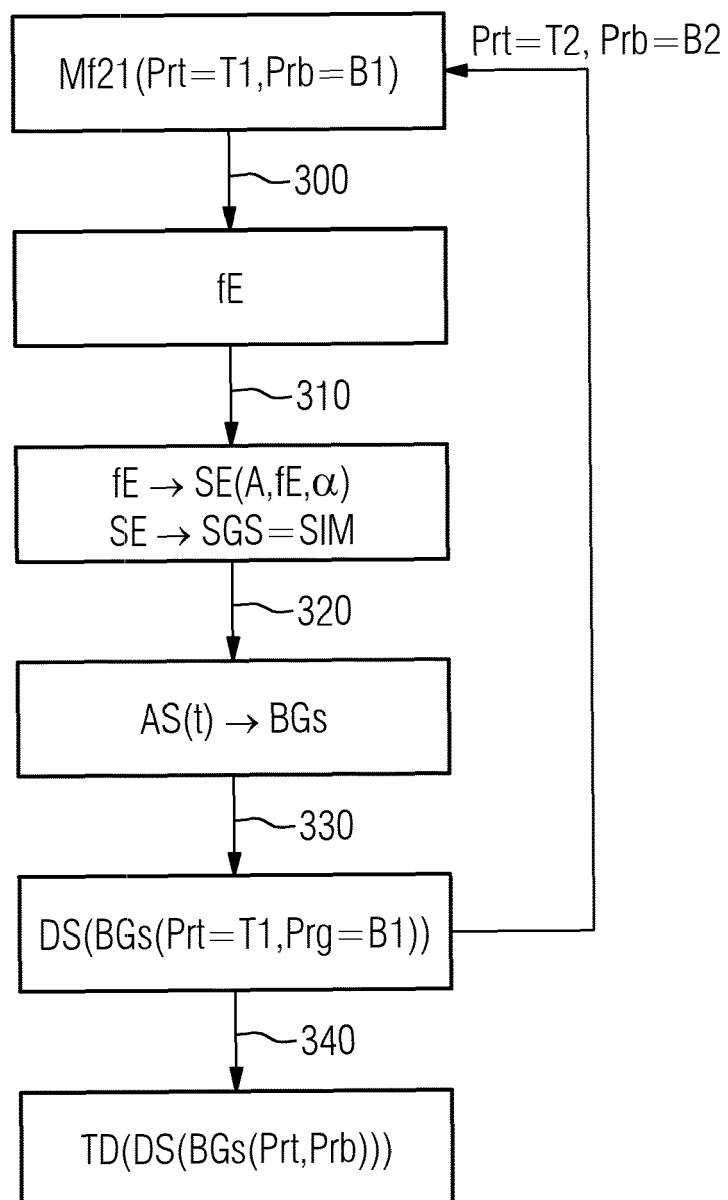
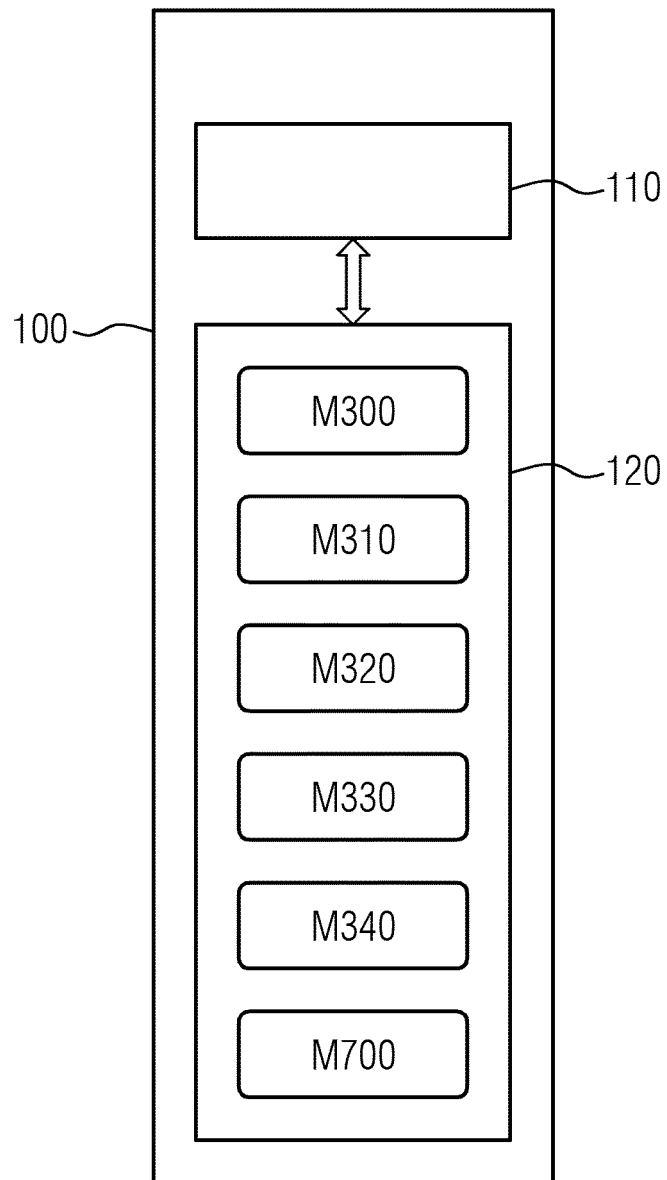
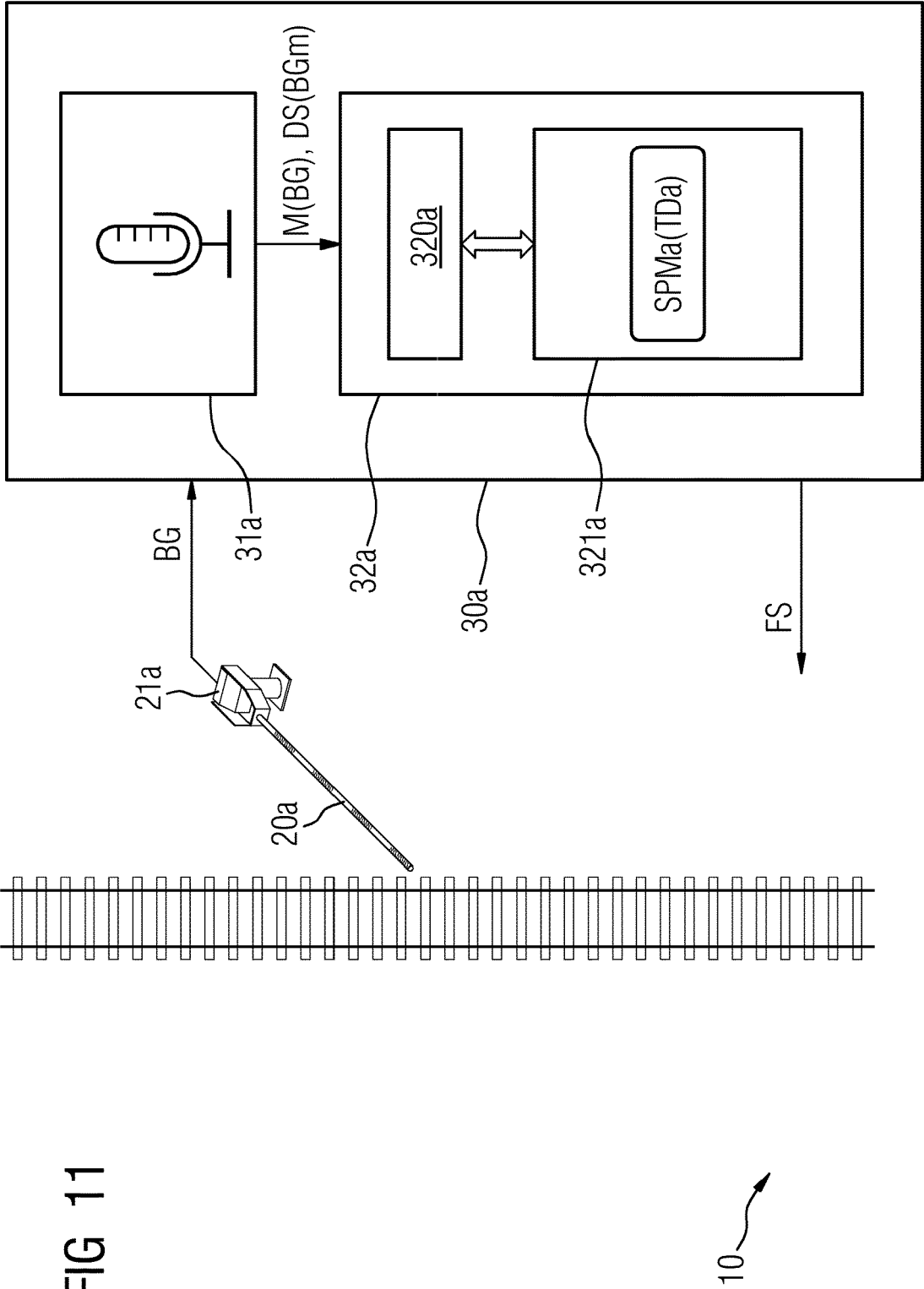


FIG 10







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 5868

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	LEE JONGUK ET AL: "Fault Detection and Diagnosis of Railway Point Machines by Sound Analysis", SENSORS, [Online] Bd. 16, Nr. 4, 16. April 2016 (2016-04-16) , Seite 549, XP055961629, DOI: 10.3390/s16040549 Gefunden im Internet: URL:https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4851063/pdf/sensors-16-00549.pdf> [gefunden am 2022-09-16]	1-4, 8-11, 14, 15	INV. B61L27/53 B61L27/60 ADD. B61L5/06 B61L29/30
A	* Absätze 1., 2.; Abbildung 1 * * Absatz 3.; Abbildungen 7,8,10-12 * -----	5-7, 12, 13	
A	SUN YONGKUI ET AL: "Condition Monitoring for Railway Point Machines Based on Sound Analysis and Support Vector Machine", CHINESE JOURNAL OF ELECTRONICS, TECHNOLOGY EXCHANGE LTD., HONG KONG, HK, Bd. 29, Nr. 4, 1. Juli 2020 (2020-07-01), Seiten 786-792, XP006092477, ISSN: 1022-4653, DOI: 10.1049/CJE.2020.06.007 * Absätze I., III.; Abbildung 3 * -----	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B61L
A	ATAMURADOV VEPA ET AL: "Railway Point Machine Prognostics Based on Feature Fusion and Health State Assessment", IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, IEEE, USA, Bd. 68, Nr. 8, 1. August 2019 (2019-08-01) , Seiten 2691-2704, XP011734504, ISSN: 0018-9456, DOI: 10.1109/TIM.2018.2869193 [gefunden am 2019-07-11] * das ganze Dokument * -----	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. September 2022	Prüfer Martínez Martínez, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			