

(51) Int. Cl.: **G01M 15/04** (2006.01)
G09B 9/042 (2006.01)

(73) Patentinhaber:
TECTOS GMBH
8054 Graz (AT)

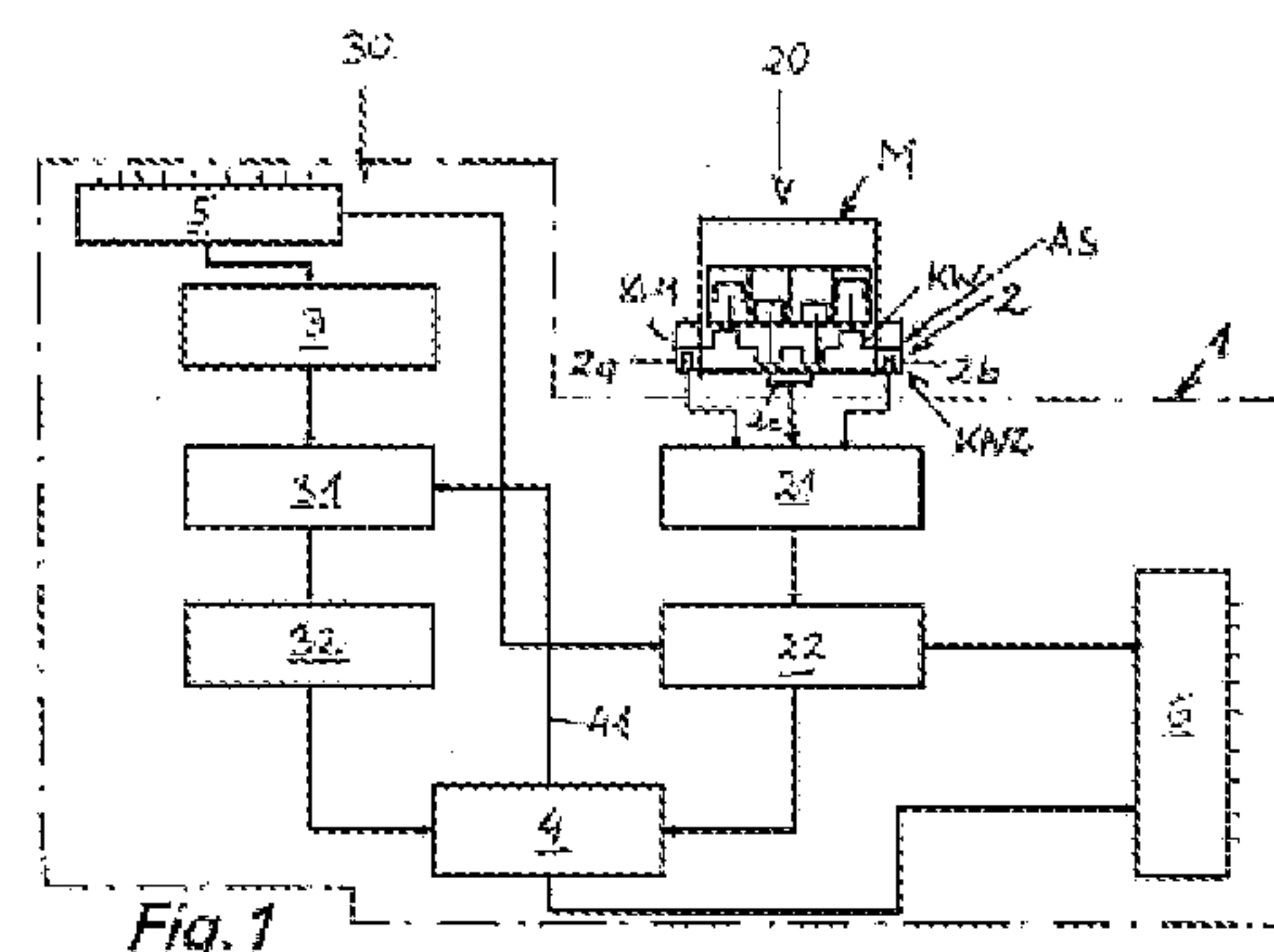
(72) Erfinder:
Höfler Dieter Dipl.Ing. Dr.
8020 Graz (AT)
Senn Florian Dipl.Ing. (FH)
8047 Graz (AT)
Maxl Stefan BSc MSc
8700 Leoben (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Echtzeit-Analyse innermotorischer Prozesse in einem zumindest eine Antriebsmaschine (M) ausweisenden Antriebsstrang. Dabei werden folgende Schritte durchgeführt:

- a) Bereitstellen einer Messvorrichtung (2) mit zumindest einem Messaufnehmer (2a, 2b, 2c) zum Messen zumindest einer charakteristischen Größe des Antriebsstrangverhaltens,
- b) Bereitstellen und/oder Erstellen eines Echtzeit-Modells (3) zur Simulation des Antriebsstrang in Bezug auf zumindest eine definierte charakteristische Größe,
- c) Ermitteln und/oder Bereitstellen zumindest ein Betriebs- oder Steuerparameter der Antriebsmaschine (M),
- d) Messen zumindest einer charakteristischen Größe des Antriebstrangverhaltens in zumindest einem Betriebspunkt mit der Messvorrichtung (2),
- e) Durchführen einer modellbasierten Simulation des Antriebsstrangverhaltens in Bezug auf die charakteristische Größe auf der Basis des zumindest einen Betriebsparameters der Antriebsmaschine (M), wobei die modellbasierte Simulation zeitgleich mit der Messung der zumindest einen charakteristischen Größe durchgeführt wird,

- f) Vergleichen der mit der Messvorrichtung (2) gemessenen Ergebnisse mit den zeitgleich ermittelten Ergebnissen der Echtzeit-Simulation (3) und
- g) Ändern zumindest eines Modellparameters des Echtzeit-Modells (2), wenn eine Abweichung zwischen den Ergebnissen der Messung und den Ergebnissen der Simulation festgestellt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Echtzeit-Analyse innermotorischer Prozesse in einem Antriebsstrang. Weiters betrifft die Erfindung eine Analyseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Für den Entwicklungs- oder Produktionsprozess sind Analysen innermotorischer Prozesse notwendig, um die Funktionen der Antriebsmaschinen in Antriebssträngen genau prüfen zu können. Allerdings sind innermotorische Prozesse bei Antriebsmaschinen in Antriebssträngen - sowohl bei Brennkraftmaschinen, als auch bei elektrischen Motoren als Antriebsmaschinen - schwierig direkt zu messen. Eine Applikation entsprechender Sensorik ist sehr aufwendig und zum Teil sogar unmöglich. Beispielsweise werden Zylinderdrücke in einer Brennkraftmaschine üblicherweise mit Hilfe von Piezosensoren direkt gemessen. Dies ist allerdings sehr zeit- und kostenaufwendig.

[0003] Es ist bekannt, mathematische Modelle einzusetzen, um bestimmte Eigenschaften des Antriebsstranges zu untersuchen. Je nach Verwendungszweck werden mechanische, thermische, tribologische oder Schwingungsmodelle eingesetzt, wobei die Modelle zeitaufwendig im Realbetrieb adaptiert werden müssen, um die Genauigkeit der Modellergebnisse zu erhöhen.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, innermotorische Prozesse in einem Antriebsstrang möglichst genau und rasch zu analysieren.

[0005] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass folgende Schritte durchgeführt werden:

- a) Bereitstellen einer Messvorrichtung mit zumindest einem Messaufnehmer - vorzugsweise mit zumindest zwei Messaufnehmern - zum Messen zumindest einer charakteristischen Größe des Antriebsstrangverhaltens,
- b) Bereitstellen und/oder Erstellen eines Echtzeit-Modells zur Simulation des Antriebsstrang in Bezug auf zumindest eine definierte charakteristische Größe,
- c) Ermitteln und/oder Bereitstellen zumindest ein Betriebs- oder Steuerparameter der Antriebsmaschine, vorzugsweise Drehzahl, Last und/oder Temperatur,
- d) Messen zumindest einer charakteristischen Größe des Antriebsstrangverhaltens in zumindest einem Betriebspunkt mit der Messvorrichtung,
- e) Durchführen einer modellbasierten Simulation des Antriebsstrangverhaltens in Bezug auf die charakteristische Größe auf der Basis des zumindest einen Betriebsparameters der Antriebsmaschine unter Verwendung des Echtzeit-Modells, wobei die modellbasierte Simulation zeitgleich mit der Messung der zumindest einen charakteristischen Größe durchgeführt wird,
- f) Vergleichen der mit der Messvorrichtung gemessenen Ergebnisse mit den zeitgleich ermittelten Ergebnissen der Echtzeit-Simulation und
- g) Durchführen einer Änderung zumindest eines Modellparameters des Echtzeit-Modells, wenn eine Abweichung zwischen den Ergebnissen der Messung und den Ergebnissen der Simulation festgestellt wird, welche größer ist als ein definierter Grenzwert.

[0006] In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass der Vergleich der gemessenen Ergebnisse und der Ergebnisse der Echtzeit-Simulation automatisch durch eine Abgleichvorrichtung durchgeführt wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Änderung der Randbedingungen des Echtzeit-Simulation bei Abweichung der Ergebnisse automatisch durch die Abgleichvorrichtung durchgeführt wird. Dies ermöglicht eine große Zeitersparnis bei der Analyse innermotorischer Prozesse.

[0007] In einer Vorbereitungsphase des Verfahrens wird das Echtzeitmodell erstellt oder durch eine Datenbank bereitgestellt.

[0008] Vorzugsweise wird vor Schritt e) in einem Testlauf des Antriebsstranges ein Basisabgleich des Echtzeit-Modells an den realen Antriebsstrang durchgeführt, um eine grobe Anpassung des

Echtzeit-Modells an den zu analysierenden Antriebsstrang zu erreichen.

[0009] Die Kernphase des Verfahrens schließt an die vorbereitenden Schritte und dem Basisabgleich an. Dabei werden parallel, also gleichzeitig, sowohl von der Messvorrichtung, als auch vom Echtzeit-Modell in zwei getrennten Pfaden - einem Messpfad und einem Simulationspfad - Messdaten und Simulationsdaten für die zumindest eine charakteristische Größe ermittelt. Auf dem Messpfad wird die zumindest eine charakteristische Größe mit entsprechenden Messaufnehmern der Messvorrichtung gemessen - die Messdaten werden der Messdatenerfassungsvorrichtung zugeführt. Vorzugsweise werden die Messdaten durch eine Auswertevorrichtung - beispielsweise einem Schwingungs- und Spektralanalysator - aufbereitet.

[0010] Auf dem Simulationspfad werden - basierend auf dem zumindest einen Betriebs- oder Steuerparameter der Antriebsmaschine - Simulationsdaten für die zumindest eine charakteristische Größe in einer Simulation mit dem Echtzeit-Modell des Antriebsstranges berechnet. Vorzugsweise werden die berechneten Simulationsdaten in der Simulation entsprechend den Messwerten aufbereitet - beispielsweise einer Schwingungs- und Spektralanalyse unterzogen.

[0011] Für den folgenden Vergleich können günstigerweise die aufbereiteten Messdaten und Simulationsdaten - also die Messergebnisse und Simulationsergebnisse - verwendet werden.

[0012] Eine Abgleichvorrichtung der Analyseeinrichtung vergleicht die Simulationsergebnisse mit den Messergebnissen. Mittels Algorithmen und/oder künstlicher Intelligenz (KI) werden die entsprechenden Einflussgrößen (Modellparameter) des Echtzeit-Modells solange angepasst, bis die Simulationsergebnisse mit den Messergebnissen übereinstimmen.

[0013] Eine Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass das Echtzeit-Modell ein Echtzeit-Schwingungsmodell ist. Dabei kann vorgesehen sein, dass als zumindest eine charakteristische Messgröße die Drehschwingungen der Antriebswelle - vorzugsweise an zwei axial voneinander distanzierten Stellen einer Antriebswelle des Antriebsstranges - gemessen werden.

[0014] Durch die Kombination von Schwingungsmesstechnik und Echtzeit-Schwingungssimulation kann eine hinreichend genaue Aussage über die Prozessverläufe im Antriebsstrang getätigt werden.

[0015] Das Verfahren wird mit einer Analyseeinrichtung durchgeführt, welche erfindungsgemäß eine Messvorrichtung mit zumindest einem Messaufnehmer, eine Messdatenerfassungsvorrichtung zur Erfassung der Messdaten der Messvorrichtung, ein Echtzeit-Modell zur Simulation des Antriebsstranges und eine Abgleichvorrichtung aufweist. Vorzugsweise ist das Echtzeit-Modell als Echtzeit-Schwingungsmodell ausgebildet.

[0016] Zumindest ein Messaufnehmer, vorzugsweise zumindest zwei Messaufnehmer, können vorteilhafter Weise als Drehschwingungsaufnehmer ausgebildet sein. Weiters kann auch zumindest ein Messaufnehmer als Beschleunigungsaufnehmer ausgebildet sein.

[0017] Eine Ausführungsvariante der Erfindung sieht weiters vor, dass die Analyseeinrichtung eine Schnittstelle zu einem CAN-Bus, beispielsweise des Fahrzeuges oder eines Prüfstandes aufweist. Eine Schnittstelle zum CAN-Bus ist vorteilhaft, um die aktuellen Anforderungen an die Maschine bzw. das Fahrzeug als Randbedingung der Analysen und Berechnungen verwenden zu können.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Analyseeinrichtung als tragbare Einheit ausgebildet ist. Dies ermöglicht einen mobilen Einsatz der Analyseeinrichtung und einen raschen Aufbau am zu untersuchenden Antriebsstrang.

[0019] Das Echtzeit-Modell kann entweder durch eine interne oder externe Datenbank bereitgestellt oder beispielsweise mit einem Tool erstellt werden, welches in die Analyseeinrichtung integriert sein kann.

[0020] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand der Fig. näher erläutert. Darin zeigen:

[0021] Fig. 1 das erfindungsgemäße Verfahren in einem Blockschaubild und

[0022] Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0023] Fig. 1 zeigt schematisch das erfindungsgemäße Verfahren zur Echtzeit-Analyse innermotorischer Prozesse in einem eine Antriebsmaschine M aufweisenden Antriebsstranges AS, beispielsweise eines Kraftfahrzeuges. Das Verfahren wird mit einer erfindungsgemäßen Analyseeinrichtung 1 durchgeführt, welches eine Messvorrichtung 2 mit zumindest einem Messaufnehmer 2a, 2b, 2c, eine Messdatenerfassungsvorrichtung 21 zur Erfassung der Messdaten der Messvorrichtung 2, ein Echtzeit-Modell 3 zur Simulation des Antriebsstrangverhaltens und eine Abgleichvorrichtung 4 aufweist. Die Messaufnehmer 2a, 2b können beispielsweise als Drehschwingungsaufnehmer zur Erfassung von Drehschwingungen der Antriebswelle (Kurbelwelle) KW der als Brennkraftmaschine ausgebildeten Antriebsmaschine M ausgebildet sein. Der Messaufnehmer 2c kann beispielsweise ein Beschleunigungsaufnehmer zur Erfassung von translatorischen Schwingungen sein.

[0024] Die Analyseeinrichtung 1 weist zumindest eine Eingangsschnittstelle 5 zum Anschluss an einen CAN-Bus eines Fahrzeuges oder eines Prüfstandes und zumindest eine Ausgangsschnittstelle 6 zur weiteren Verwendung oder Bearbeitung der Daten, insbesondere zur Visualisierung, Editierung, Automatisierung und Speicherung. In einem Ausführungsbeispiel weist die Analyseeinrichtung 1 zumindest zwei Messaufnehmer 2a, 2b zum Messen von Drehschwingungen auf. Idealerweise werden als Messaufnehmer 2a, 2b, 2c eine entsprechend große Anzahl an Drehschwingungssensoren und translatorischen Sensoren verwendet.

[0025] In zwei getrennten Pfaden - einem Messpfad 20 und einem Simulationspfad 30- werden parallel, also gleichzeitig, sowohl von der Messvorrichtung Messwerte, als auch vom Echtzeit-Modell 3 Simulationsdaten für die zumindest eine charakteristische Größe ermittelt.

[0026] Auf dem Messpfad 20 wird die zumindest eine charakteristische Größe mit entsprechenden Messaufnehmern 2a, 2b, 2c der Messvorrichtung 2 gemessen. Die Messdaten werden der Auswertevorrichtung 22 zugeführt und aufbereitet. Die Ergebnisse der Messung werden mit Hilfe von entsprechenden Auswertealgorithmen in der Auswertevorrichtung 22 - beispielsweise einem Schwingungs- und Spektralanalysator - in spektrale Bestandteile zerlegt. Dazu werden beispielsweise Methoden aus der Akustik verwendet, um den maximalen Informationsgrad zu erhalten.

[0027] Zeitgleich dazu wird unter Verwendung des Echtzeit-Modell 3 des Simulationspfades 30 das Schwingungsverhalten des Antriebsstranges AS simuliert und im Schritt 31 eine Echtzeitsimulation des Antriebsstranges durchgeführt. Die Simulationsdaten werden analog zum Messpfad 20 in Schritt 32 aufbereitet und beispielsweise eine Schwingungs- und Spektralanalyse durchgeführt.

[0028] Die Ergebnisse der Messung und Simulation werden in einer Abgleichvorrichtung 4 verglichen. Sind die Ergebnisse hinreichend vergleichbar, so kann davon ausgegangen werden, dass die im Echtzeit-Modell 3 verwendeten Zustandsgrößen jenen der Messung entsprechen. Kommt es zu Abweichungen so müssen die Modellparameter des Echtzeit-Modells 3 in Schritt 41 so angepasst werden, dass eine entsprechende Korrelation eintritt. Dies ist der Fall, wenn eine Abweichung zwischen den Ergebnissen der Messung und den Ergebnissen der Simulation kleiner oder gleich einem definierten Grenzwert ist. Ist dieser Zustand erreicht, kann von einer entsprechenden ausreichenden Übereinstimmung ausgegangen werden. Diese Abgleichung wird durch die Abgleichvorrichtung 4 vollkommen automatisch innerhalb von Sekundenbruchteilen vorgenommen. Die Anpassung der Modellparameter erfolgt mittels KI-unterstützten Algorithmen vollautomatisch.

[0029] Diese Methode eignet sich besonders für die Analyse von Brennkraftmaschinen, da hier durch die Massen- und Gaskräfte der Brennkraftmaschine das System entsprechend genau bestimmt ist. Für elektrische Antriebsmotoren M gilt ähnliches, hier sind aber zusätzliche Informationen über die Regelung notwendig.

[0030] Die Analyse eines Antriebsstranges für ein Fahrzeuges mit einer Brennkraftmaschine als Antriebsmaschine M erfolgt zum Beispiel wie folgt:

I VORBEREITUNG

1.: Erstellung des Echtzeit-Modells 3 des Antriebsstrang AS mittels eines in die Analyseeinrichtung 1 integrierten Tools.

2.: Anbringen des Schwingungs-Messaufnehmer 2a am ersten Kurbelwellenende KW1 und am zweiten Kurbelwellenende KW2, beispielsweise am Schwungrad oder Starterkranz. Hier kann gegebenenfalls auch das motoreigene Signal verwendet werden.

3.: Verbindung des Analyseeinrichtung 1 mit dem CAN-Bus des Fahrzeuges oder Prüfstandes über die Eingangsschnittstelle 5.

II MESSDURCHFÜHRUNG

1.: Basisabgleich des Echtzeit-Modells 3

[0031] Der Basisabgleich des Echtzeit-Modells 3 erfolgt beispielsweise durch einen Ausrollversuch des Fahrzeuges. Alternativ dazu kann das Fahrzeug mit eingelegtem Gang und ohne Zündung, oder am Prüfstand der Antriebsstrang innerhalb einer Minute von Leerlauf bis zur maximalen Drehzahl geschleppt werden. Dadurch prägen sich die Eigenfrequenzen des Systems hinreichend genau aus und ermöglichen so die Abstimmung des Echtzeit-Modells 3.

2.: Start der Messung (siehe Fig. 2)

[0032] In dieser Phase werden für das erste Kurbelwellende KW1 und das zweite Kurbelwellende KW2 sowohl die Messdaten MD1, MD2 erfasst und ausgewertet, als auch die Echtzeit-Simulationen durchgeführt und Simulationsdaten SD1, SD2 berechnet.

[0033] In Fig. 2 sind die über die Messaufnehmer 2a, 2b gemessenen und über die Messerfassungsvorrichtung 21 erfassten Messdaten - beispielsweise ein zeitlicher Verlauf von Drehschwingungsamplituden - mit MD1, MD2, und die über die Auswerteeinheit 22 ausgewerteten Messdaten mit MA1, MA2 bezeichnet. Die Drehschwingungsamplituden resultieren aus den realen Zylinderdrücken p_1, p_2, p_3, p_4 in den einzelnen Zylindern Z1, Z2, Z3, Z4 der Brennkraftmaschine.

[0034] Als Randbedingungen der Simulation werden über die Eingangsschnittstelle 5 Daten über Betriebsparameter der Antriebsmaschine M aus dem CAN-Bus des Fahrzeuges oder Prüfstandes, wie beispielsweise Drehzahl, Last, Temperaturen, oder dergleichen, verwendet. In der Simulation müssen wichtige Größen, wie zum Beispiel der Druckverlauf $p_{1,t}, p_{2,t}, p_{3,t}, p_{4,t}$, in den einzelnen Zylinder Z1, Z2, Z3, Z4 so exakt stimmen, dass die Ergebnisse aus der Messung und der Simulation am ersten Kurbelwellende KW1 und am zweiten Kurbelwellenende KW2 der Antriebsmaschine M hinreichend genau übereinstimmen.

[0035] Stimmen die Messdaten MA1, MA2 bzw. aufbereiteten Messdaten MA1, MA2 nicht mit den Simulationsdaten SD1, SD2 überein, so wird durch die Abgleichvorrichtung 4 eine entsprechende Korrektur der Modellparameter vorgenommen und die Simulationsberechnung erneut durchgeführt. Gegebenenfalls werden diese Schritte wiederholt, bis die Ergebnisse der Simulation mit den Ergebnissen der Messung übereinstimmen.

3.: Abschluss und Auswertung (siehe Fig. 2)

[0036] Die Auswertung der Ergebnisse kann ebenfalls nahezu in Echtzeit erfolgen. Es kann davon ausgegangen werden, dass Änderungen im System verhältnismäßig langsam von statten gehen (Zeit 1 Zyklus).

[0037] Aus Sicherheitsgründen und zur Analyse von Schäden kann ein entsprechend langer, hochaufgelöster Ringspeicher zur Sicherung der Daten in der Analyseeinrichtung 1 verwendet werden. Die Analyseergebnisse selbst können über eine Ausgangsschnittstelle 6 beispielsweise auf einen externen Rechner oder ein Tablet übertragen werden.

[0038] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine rasche Bestimmung der Qualität von Prozessen, beispielsweise von Verbrennungsprozessen, am laufenden System. Besonders vor-

teilhaft kann das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Analyseeinrichtung 1 im Bereich der Entwicklung und der Produktion von Antriebssträngen, insbesondere im Bereich der Qualitätssicherung, eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Echtzeit-Analyse innermotorischer Prozesse in einem zumindest eine Antriebsmaschine (M) ausweisenden Antriebsstrang, **dadurch gekennzeichnet**, dass folgende Schritte durchgeführt werden:
 - a) Bereitstellen einer Messvorrichtung (2) mit zumindest einem Messaufnehmer (2a, 2b, 2c) - vorzugsweise mit zumindest zwei Messaufnehmern (2a, 2b, 2c) - zum Messen zumindest einer charakteristischen Größe des Antriebsstrangverhaltens,
 - b) Bereitstellen und/oder Erstellen eines Echtzeit-Modells (3) zur Simulation des Antriebsstrang in Bezug auf zumindest eine definierte charakteristische Größe,
 - c) Ermitteln und/oder Bereitstellen zumindest ein Betriebs- oder Steuerparameter der Antriebsmaschine (M), vorzugsweise Drehzahl, Last und/oder Temperatur,
 - d) Messen zumindest einer charakteristischen Größe des Antriebsstrangverhaltens in zumindest einem Betriebspunkt mit der Messvorrichtung (2),
 - e) Durchführen einer modellbasierten Simulation des Antriebsstrangverhaltens in Bezug auf die charakteristische Größe auf der Basis des zumindest einen Betriebsparameters der Antriebsmaschine (M) unter Verwendung des Echtzeit-Modells (3), wobei die modellbasierte Simulation zeitgleich mit der Messung der zumindest einen charakteristischen Größe durchgeführt wird,
 - f) Vergleichen der mit der Messvorrichtung (2) gemessenen Ergebnisse mit den zeitgleich ermittelten Ergebnissen der Echtzeit-Simulation (3) und
 - g) Ändern zumindest eines Modellparameters des Echtzeit-Modells (2), wenn eine Abweichung zwischen den Ergebnissen der Messung und den Ergebnissen der Simulation festgestellt wird, welche größer ist als ein definierter Grenzwert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vergleich der gemessenen Ergebnisse und der Ergebnisse der Echtzeit-Simulation automatisch durch eine Abgleichvorrichtung (4) durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Änderung der Modellparameter des Echtzeit-Modells (3) bei Abweichung der Ergebnisse automatisch durch die Abgleichvorrichtung (4) durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor Schritt e) in einem Testlauf des Antriebsstranges ein Basisabgleich des Echtzeit-Modells (3) an den realen Antriebsstrang durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Echtzeit-Modell (3) ein Echtzeit-Schwingungsmodell ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als zumindest eine charakteristische Messgröße die Drehschwingungen der Antriebswelle (KW) - vorzugsweise an zwei axial voneinander distanzierten Stellen der Antriebswelle (KW) des Antriebsstranges - gemessen werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in Schritt d) gemessenen Messdaten in einer Auswertevorrichtung (21) aufbereitet werden, wobei vorzugsweise eine Schwingungs- und/oder Spektralanalyse durchgeführt wird.
8. Analyseeinrichtung (1) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Analyseeinrichtung (1) eine Messvorrichtung (2) mit zumindest einem Messaufnehmer (2a, 2b, 2c), eine Messdatenerfassungsvorrichtung (3) zur Erfassung der Messdaten der Messvorrichtung (2), ein Echtzeit-Modell (4) zur Simulation des Antriebsstrangverhaltens und eine Abgleichvorrichtung (5) aufweist.

9. Analyseeinrichtung (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Analyseeinrichtung (1) eine Auswertevorrichtung (22) für die Messdaten aufweist.
10. Analyseeinrichtung (1) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Messaufnehmer (2a, 2b), vorzugsweise zumindest zwei Messaufnehmer (2a, 2b), als Drehschwingungsaufnehmer ausgebildet ist/sind.
11. Analyseeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Messaufnehmer (2c) - vorzugsweise zumindest zwei Messaufnehmer, als Beschleunigungsaufnehmer ausgebildet ist/sind.
12. Analyseeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Echtzeit-Modell (4) ein Echtzeit-Schwingungsmodell ist.
13. Analyseeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Analyseeinrichtung (1) zumindest eine Eingangsschnittstelle (6) zu einem CAN-Bus aufweist.
14. Analyseeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Analyseeinrichtung (1) eine Ausgangsschnittstelle (7) zur Visualisierung der Ergebnisse und/oder zur Datenspeicherung aufweist.
15. Analyseeinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Analyseeinrichtung (1) als tragbare Einheit ausgebildet ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

1 / 2

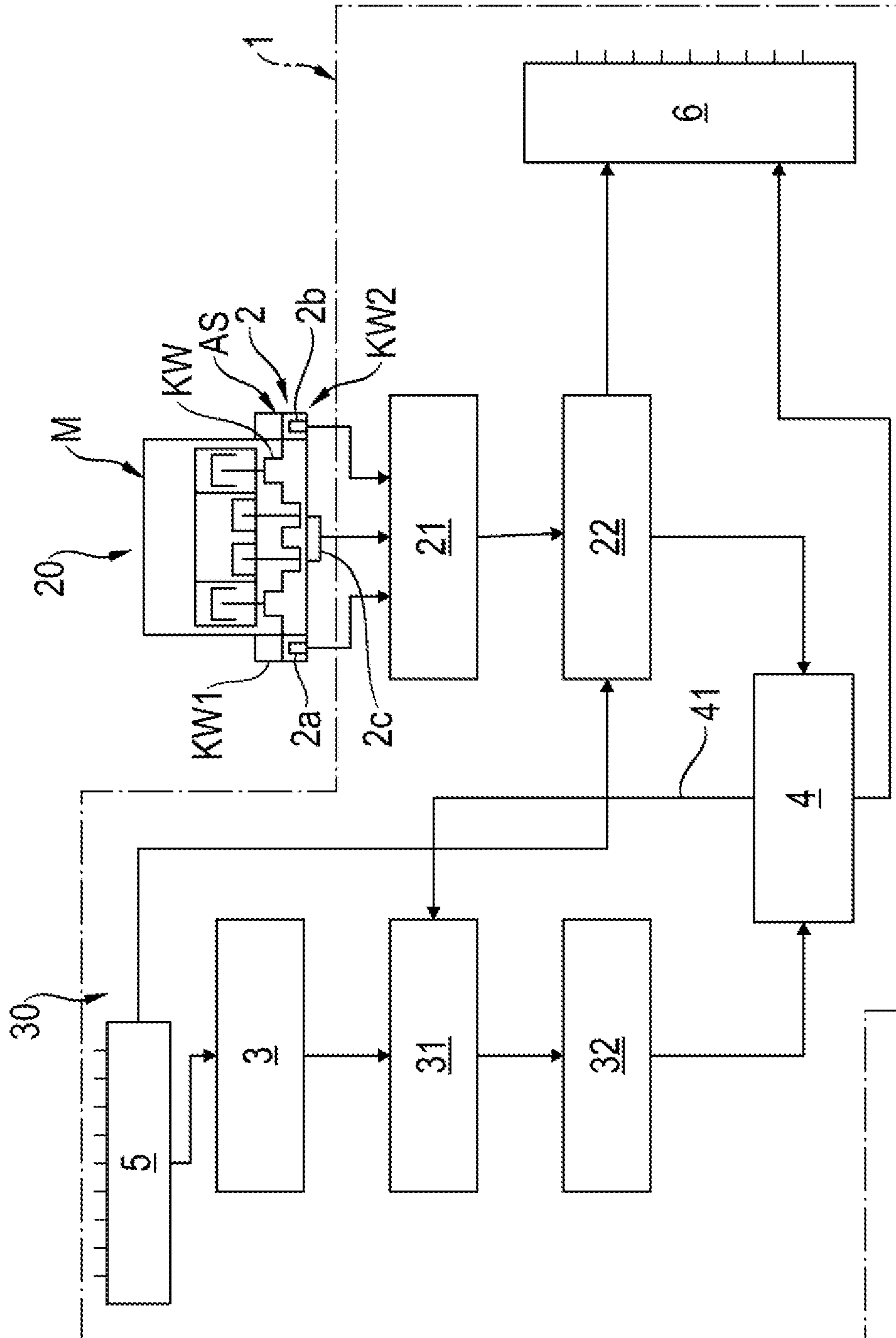


Fig. 1

2 / 2

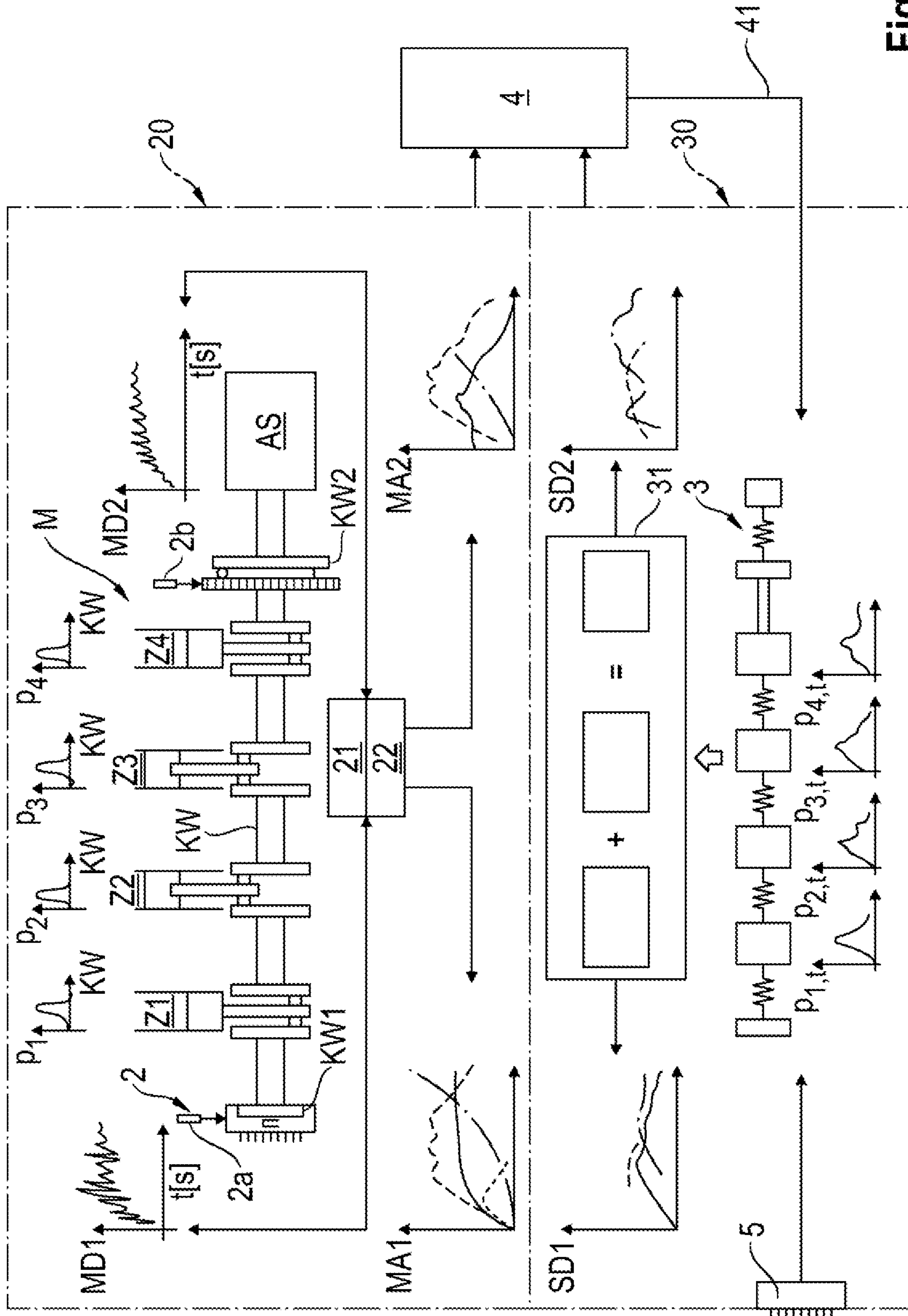


Fig. 2