



(10) **DE 10 2013 200 578 A1** 2014.07.17

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 200 578.4**  
 (22) Anmeldetag: **16.01.2013**  
 (43) Offenlegungstag: **17.07.2014**

(51) Int Cl.: **H02P 23/04 (2006.01)**  
**B02C 25/00 (2006.01)**  
**G05B 5/01 (2006.01)**

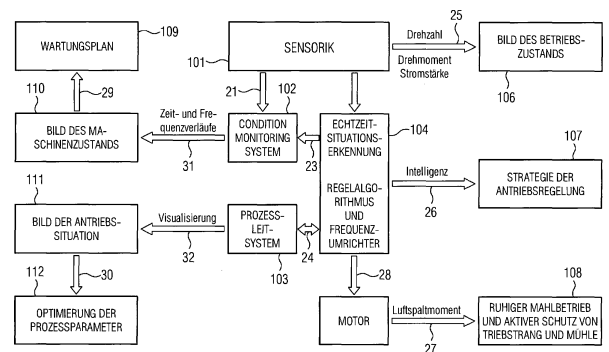
(71) Anmelder:  
**Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE**

(72) Erfinder:  
**Erfinder wird später genannt werden**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Antriebsregelung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Antriebsregelung einer Mühle mit einem um die Vertikale rotierbaren Mahlteller, wobei der Mahlteller durch einen Elektromotor und ein Getriebe umfassenden Antriebsstrang antreibbar ist, wobei durch Einbringen eines Dämpfungsmoments über den Luftspalt des Elektromotors Schwingungen der Mühle aktiv bedämpft werden.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zur Antriebsregelung und ein Regelungssystem.

**[0002]** Die Auslegung und die Anordnung der elektrischen und mechanischen Komponenten eines Triebstrangs gewinnt aufgrund der wachsenden Anforderungen hinsichtlich Verfügbarkeit und Effizienz und vor dem Hintergrund der Lebensdauerkosten (TCO = Total Cost of Ownership) zunehmend an Bedeutung. Genaue Kenntnisse über das Zusammenwirken von Arbeitsmaschine und Antriebsstrang ermöglichen dabei die optimale Auswahl und Abstimmung von Antriebskonzept und Komponenten.

**[0003]** Für Vertikalmühlen stellen derzeit Antriebssysteme mit einem Getriebe und einem Asynchronmotor, vorzugsweise einem Schleifringläufer, eine bevorzugte Lösung dar. Hierbei sind die Mühlengetriebe in der Praxis häufig als Varianten von Kegel-, -Stirrad-Planetengetrieben ausgeführt. Die Aufgabe des Getriebes ist neben der Drehzahl- und Drehmomentwandlung die Aufnahme der axialen Mahlkräfte und deren Weiterleitung in das Fundament.

**[0004]** Hervorgerufen durch den hochdynamischen Mahlprozess können sich in der Mühle extreme Schwingungszustände ausbilden, die oft ein Anhalten der Mühle unausweichlich machen oder zu Getriebeschäden führen können. Unter diesem Umstand leidet nicht nur die Verfügbarkeit der Mühle, sondern auch die Produktionsrate, die Produktqualität und die Palette der herstellbaren Produkte. Der Grund hierfür liegt in dem Erfordernis, die Prozessführung besonders defensiv zu gestalten, um die Mühlenschwingungen möglichst zu unterbinden.

**[0005]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Antriebsregelung sowie ein verbessertes Regelungssystem bereitzustellen.

**[0006]** Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den in Ansprüchen 1, 5, 10 und 14 angegebenen Merkmalen gelöst. Die Aufgabe wird außerdem durch einen Antriebsstrang mit den in Anspruch 4 angegebenen Merkmalen gelöst. Die Aufgabe wird außerdem durch ein Regelungssystem mit den in Anspruch 14 angegebenen Merkmalen gelöst.

**[0007]** Das Verfahren zur Antriebsregelung einer Mühle mit einem um die Vertikale rotierbaren Mahlteller, wobei der Mahlteller durch einen einen Elektromotor und ein Getriebe umfassenden Antriebsstrang antreibbar ist, umfasst den Schritt, dass durch Einbringen eines zeitlich veränderlichen Moments mit schwingungsberuhigender Wirkung, das kann z.B. ein Dämpfungsmoment sein, über den Luftspalt des Elektromotors Schwingungen der Mühle aktiv bedämpft werden.

**[0008]** Der Antriebsstrang für eine Mühle mit einem um die Vertikale rotierbaren Mahlteller, umfassend einen Elektromotor und ein Getriebe, über welches der Mahlteller mittels des Elektromotors antreibbar ist, umfasst einen Frequenzumrichter zum Speisen des Elektromotors, mindestens einen Sensor zum Erfassen von Schwingungen der Mühle und/oder des Antriebsstrangs und eine Regelungseinheit. Die Regelungseinheit ist dazu angepasst, Steuerbefehle zum Erzeugen eines über den Luftspalt des Elektromotors wirkendes Dämpfungsmoments im Elektromotor auszugeben. Sensor zum Erfassen von Schwingungen der Mühle und/oder des Antriebsstrangs kann z.B ein Drehmomentsensor sein: Durch Messung des Drehmomentverlaufs über die Zeit kann auf Schwingungen im System geschlossen werden.

**[0009]** Das Verfahren zur Antriebsregelung einer Maschine mit einem Antrieb und einer angetriebenen Einheit stört eine regelmäßige Anregung eines schwingfähigen Systems, welches in der Maschine vorhanden ist, durch eine periodische Änderung der Drehzahl des Antriebs. Die periodische, vorzugsweise sinusförmige oder rampenförmige, Änderung kann eine Periode im Bereich von 1 bis 100 s, vorzugsweise von 10 s aufweisen, wobei um eine vorgegebene Drehzahl mit einer Amplitude im Bereich von 0 bis 20 %, vorzugsweise von 1–2 %, geschwankt wird.

**[0010]** Das Verfahren zur Antriebsregelung einer Schwerlastanordnung stabilisiert bei Feststellen oder Antizipieren eines unerwünschten Schwingungszustands durch eine Variation der Drehzahl die Schwingungen der Schwerlastanordnung. Ein unerwünschter Schwingungszustand kann durch eine Grenzamplitude oder einen Absolutwert definiert sein, bei deren Über- oder Unterschreiten das System in einen unerwünschten Schwingungszustand gerät. Eine solche Situation kann z.B. durch eine Mustererkennung antizipiert werden.

**[0011]** Die Ausgestaltung des Antriebs als intelligentes Gesamtsystem aus Motor, Getriebe, Frequenzumrichter, Sensorik und intelligenter Regelung eröffnet hier neue Möglichkeiten, auf das gesamte Maschinenverhalten Einfluss zu nehmen.

**[0012]** Eine Antriebsregelung hat im Wesentlichen vier Aufgaben: Um eine optimale Prozessführung gewährleisten zu können, ist es die erste, scheinbar triviale Aufgabe des Antriebs, die vorgegebene Drehzahl des Mahltellers zu liefern. Da das am Mahlteller abgeforderte Prozessmoment schwankt, ist eine Drehzahlregelung erforderlich.

**[0013]** Die auf die Antriebsmechanik wirkenden Lastschwankungen und Schwingungsanregungen sind geprägt durch Impulslasten beim Überrollen von grobem Mahlgut, stochastische Lasten des Mahlvorgangs, periodische Anregungen aus der Getriebe- und Mühlenkinematik und variierendem Anpressdruck der Mahlwalzen. Das Zusammenwirken dieser Belastungseinflüsse führt zu einem komplexen Lastspiel, das ohne Einbringen einer Dämpfungskomponente schnell Resonanzschwingungen anfangen kann. Die zweite Aufgabe der Regelung ist daher, die aktive Bedämpfung von Resonanzschwingungen durch Einbringen eines Dämpfungsmoments über den Luftspalt des Motors.

**[0014]** Neben den Triebstrangschwingungen kann auch ein instabiles oder von Welligkeit geprägtes Mahlbett starke Mühlenvibrationen verursachen. Ein intelligentes Ausregeln der dabei entstehenden Momentenschwankungen lässt nicht zwangsläufig auch deren Ursache wieder abklingen. In diesem Fall kann es erforderlich sein, den Antrieb zu stoppen. Das Anhalten des Antriebs aufgrund von Mühlenvibrationen wird in der gängigen Praxis durch Schwingungssensoren ausgelöst, die an der Mühle befestigt sind und ein Not-Aus bewirken. Erfahrungsgemäß sprechen die Schwingungssensoren gegenüber dem Anstieg der Momentenamplituden im Antrieb erst mit einem gewissen Zeitverzug an. Bis dahin können bereits schadhafte Lastmomente gewirkt und das Getriebe gefährdet haben. Die dritte Aufgabe der Regelung ist daher, sich aufbauende Überlasten frühzeitig zu erkennen, ihnen zunächst soweit wie möglich auszuweichen und im Notfall den Antrieb bedämpft zum Stillstand zu bringen. Eine Übersicht der von der neuen Antriebsregelung erkannten und behandelten Lastfälle gibt die folgende Tabelle.

Lastfall	Ursache
Ansteigende Torsionsschwingungen bis zur mechanischen Überlast	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Periodischer Energieeintrag (-&gt; Mechanik)</li> <li>• Starke, breitbandige Anregung (-&gt; Prozess)</li> </ul>
Plötzliche (statische) Überlast	Blockade im Mahlwerk, z.B. Blockieren einer Mahlwalze oder „Verkleben eines Brockens“
Starker Lastimpuls	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antriebsseitig: Elektrische Störungen, z.B. Netzunterbrechung</li> <li>• Abtriebsseitig: z.B. „dicke Brocken“ im Mahlgut</li> </ul>
Antrieb elektrisch überlastet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antriebsseitige Momentbegrenzung erreicht aufgrund zu starker Dynamik</li> <li>• Zu hohe mittlere Leistungsanforderung, z.B. durch zu viel Mahlgut</li> </ul>

**[0015]** Das Vermahlen von natürlichen Produkten macht es unvorhersehbar, wie der Mahlprozess einzustellen ist, um einen ruhigen Lauf der Mühle zu garantieren. Daher ist es stets eine Herausforderung für den Operator im Leitstand, die richtigen Prozessparameter zu finden. Letztendlich kann der Antrieb allein einen ungünstig eingestellten Prozess zwar beruhigen, aber nicht korrigieren. Dennoch können aus der Zustandserkennung synthetische Größen gewonnen werden, die eine Aussage über die Prozessstabilität erlauben. So ist es eine weitere Aufgabe des Regelalgorithmus, Kennwerte zu generieren, die dem Operator im Leitstand visualisiert eine Hilfe sind, den Prozess zu optimieren.

**[0016]** Dabei muss die Optimierung des Prozesses nicht zwangsläufig auf eine Beruhigung abzielen. Anhand der von der Regelung generierten Kennwerte kann die Mühle auch dicht an der Grenze zur Instabilität gefahren werden, um hinsichtlich anderer Kriterien zu optimieren. Diese anderen Kriterien sind beispielsweise spezifischer Energiebedarf, Durchsatz, Mahlwerkzeugverschleiß, Produktqualität und Zugabemenge von Mahlhilfen. In welche Richtung die Optimierung erfolgt kann der Betreiber selbst bestimmen und gewinnt daher mit dem neuen Antriebskonzept eine breite Palette an Möglichkeiten und eine sehr große Freiheit.

**[0017]** Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Dabei kann das erfindungsgemäße Verfahren auch entsprechend den abhängigen Vorrichtungsansprüchen weitergebildet sein, und umgekehrt.

**[0018]** Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens zur Antriebsregelung einer Mühle beträgt die Regelkreislaufzeit für das gesamte Frequenzspektrum der auftretenden Störgrößen wenige Millisekunden. Wenige Millisekunden umfasst eine Zeitspanne von weniger als 50 msec, insbesondere von weniger als 15 msec. Der Frequenzbereich umfasst vorzugsweise einen Bereich von 0 bis 30 Hz.

**[0019]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele unter Zuhilfenahme der beiliegenden Zeichnung erläutert. Es zeigt

**[0020]** Fig. 1 ein Diagramm mit dem Informationsfluss gemäß dem neuen Antriebskonzept; und

**[0021]** Fig. 2 ein Diagramm mit einer Echtzeitanalyse des Drehmoments der Getriebeeingangswelle.

**[0022]** Fig. 1 zeigt ein Diagramm mit dem Informationsfluss gemäß dem neuen Antriebskonzept. Der Mahlvorgang in einer Vertikalmühle ist sowohl aus Sicht der Mühlenkonstruktion als auch aus Sicht des Antriebs ein hochdynamischer, stochastischer Vorgang. Die daraus resultierenden Schwingungen stellen höchste Ansprüche an die Maschine. Um die Verfügbarkeit der Mühle zu steigern und das Schadenrisiko des Getriebes zu senken, wurde ein intelligentes Antriebskonzept entwickelt (EASP = Electronic Application Stabilization Program). Es beinhaltet eine Regelung **104**, die in der Lage ist, in Echtzeit die Lastsituation zu erfassen, zu bewerten und sich aktiv darauf einzustellen. Die Basis hierfür ist das Gesamtbild der Maschinsituation, welches sich zusammensetzt aus dem Abbild des dynamischen Antriebsverhaltens, und weiteren Informationen über die aktuelle Prozessführung aus dem Prozessleitsystem **103**. Die kontinuierliche Interpretation der Zustandsgrößen gibt einerseits Aufschluss über die aktuellen Belastungen, lässt aber ebenfalls zu, Trends zu erkennen und Lastsituationen zu antizipieren. Dies bewerkstelligt u. a. ein Regelalgorithmus in einer zentralen Berechnungseinheit. Das Ergebnis ist ein hochdynamisch angepasstes Antriebsmoment, welches durch den Motor auf das System wirkt.

**[0023]** Interessante Zustandgrößen des Regelalgorithmus können herausgeführt werden. Dies ermöglicht eine Visualisierung **32** des Zustands im Prozessleitsystem **103** und eine Protokollierung und Auswertung im Condition Monitoring System **102**.

**[0024]** Betriebszustandsgrößen **25** wie Drehzahl eines Motors, Drehmoment einer Abtriebswelle und Stromstärke der dem Motor gelieferten elektrischen Energie werden durch Sensoren **101** an der Maschine erfasst. Dies ergibt ein Bild des Betriebszustands **106** der Maschine. Die Sensoren liefern Messwerte **22** an eine Echtzeit-Situationserkennungs-Einheit **104**, umfassend einen Regelalgorithmus und einen Frequenzumrichter. Die Echtzeit-Situationserkennungs-Einheit **104**, deren „Intelligenz“ **26** die Strategie der Antriebsregelung darstellt, steuert einen elektrischen Motor **105** über den Frequenzumrichter, der den Motor **105** speist. Über das Luftspaltpmoment **105** kann ein ruhiger Mahlbetrieb und ein aktiver Schutz von Antriebsstrang und Mühle erreicht werden.

**[0025]** Andererseits liefern die Sensoren Messwerte **21** an ein Condition Monitoring System **102**, das durch die ermittelten Zeit- und Frequenzverläufe **31** ein Bild des Maschinenzustands **110** wiedergibt. Auf Basis **29** des Maschinenzustands **110** kann ein Wartungsplan **109** erstellt werden. Die Echtzeit-Situationserkennungs-Einheit **104** tauscht auch Daten **24** mit dem Prozessleitsystem **103** aus. Die dort vorgenommene Visualisierung **32** ergibt ein Bild der Antriebssituation **111**, und somit

**[0026]** Die Realisierung der neuen Antriebsregelung erfolgte an einem Vertikalmühlenantrieb EMPP (= Elektromotor-Mühle Planetenstufe Planetenstufe). Das EMPP 493 ist ein Vertikalmühlenantrieb der 4MW-Klasse, bestehend aus zwei Planetengetriebestufen, direkt angetrieben von einem bürstenlosen, permanent erregten Synchronmotor. Das EMPP ist beispielweise beschrieben in der europäischen Patentschrift EP 2 295 147 B1. Die elektrische Speisung übernimmt ein Siemens Sinamics S120 Niederspannungs-Frequenzumrichter. Dieser Umrichter besitzt eine leistungsstarke, programmierbare Recheneinheit, sodass der Regelalgorithmus an dieser Stelle implementiert werden konnte.

**[0027]** Nach einer umfassenden Reihe von Voruntersuchungen zu Machbarkeit und Effektivität wurde das intelligente Antriebskonzept fester Bestandteil des neuartigen Vertikalmühlenantriebs EMPP. Grundlagenüberlegungen, simulative Studien und praktische Voruntersuchungen definierten die technischen Voraussetzungen

für alle betroffenen Komponenten. Dies betrifft gleichermaßen das mechanische Gesamtsystem im Hinblick auf seine dynamischen Eigenschaften, das elektromechanische Verhalten des Motors, das thermische Verhalten von Motor und Frequenzumrichter, die Qualität und Konzeption der verwendeten Sensorik, die Arbeitsgeschwindigkeit der Situationserkennung, sowie die Stabilität und Zuverlässigkeit der Regelkreise.

**[0028]** Insbesondere die Abschätzung und Einhaltung der zulässigen Gesamtlaufzeit der offenen Regelkreise, von der Erfassung der Sensorwerte bis zum tatsächlichen Wirken des daraus abgeleiteten Luftspaltemoments, stellten sich als besonders anspruchsvoll heraus. Um die erforderliche Effektivität zu erzielen, ist es notwendig die Regelkreislaufzeit für das gesamte Frequenzspektrum der auftretenden Störgrößen auf wenige Millisekunden zu beschränken, was in der Größenordnung dieses Schwerlastantriebs seinesgleichen sucht.

**[0029]** Eine weitere, besondere Herausforderung bestand in der Harmonisierung aller interagierenden Komponenten. Nur durch eine gesamtheitliche, interdisziplinäre Betrachtungsweise der Hardwarekette und der behandelten Informationsstruktur war es möglich, die Schnittstellen perfekt aufeinander abzustimmen. Zu überwindende Hürden bestehen dabei beispielsweise aus phasenkritischer Filterung, numerischer Quantisierung, zeitdiskreter Stückelung, asynchroner Taktung und Differentiation verrauschter Signale über sehr kleine Zeitintervalle. Die Zeitintervalle beziehen sich vorzugsweise auf die Taktraten der verwendeten digital arbeitenden Komponenten, d.h. kleiner als 10 ms.

**[0030]** Exemplarisch für die Arbeitsweise des Regelalgorithmus zeigt **Fig. 2**, wie die aktuelle Drehmomentdynamik bestimmt wird. Durch eine Kombinationsschaltung von PT1- und MIN-/MAX-Funktionsbausteinen werden hier das mittlere Moment **202** sowie die obere **203** und untere **204** Hüllkurve des Drehmoments **201** gebildet. Die Differenz aus den Hüllkurven **203**, **204** entspricht der aktuellen Dynamik. Diese dient dann als eine Entscheidungsgrundlage für die weitere Entwicklung des Motormoments.

**[0031]** Das EMPP wurde in die reguläre Produktion eines Zementwerks eingebunden. Die Inbetriebnahme war aufgrund des hohen Neuerungsgrades äußerst anspruchsvoll und musste entlang einer gut geplanten Strategie erfolgen. Insbesondere musste berücksichtigt werden, dass Parameter die aus Simulationen abgeleitet werden, stets eine gewisse Unsicherheit bergen können. Um daraus kein Risiko entstehen zu lassen, musste anfänglich ein konservativer Satz von Regelparametern eingestellt werden, von dem aus dann eine Optimierung in Richtung der Zielwerte erfolgte.

**[0032]** Durch die Optimierung der Dämpfungsparameter in der Inbetriebnahmephase, über einen Zeitbereich von mehreren Tagen, ergab sich eine deutliche Reduzierung der Drehmomentdynamik im Getriebe.

**[0033]** Um den Effekt der Regelung etwas genauer zu analysieren, wurde zwischen der konventionellen und der neuen Regelung in einem Versuch hin und her geschaltet. Bei konventionellem Parametersatz wird die Drehzahl von den Lastschwankungen und Triebstrangschwingungen deutlich gestört. Im Drehmoment zeigt sich eine sehr starke Dynamik; eine Frequenzanalyse (FFT) zeigte, dass hier maßgeblich die erste Eigenfrequenz des Triebstrangs aufschwingt. Bei aktivierter Bedämpfung wird die Drehzahl absolut exakt gehalten, die maximale Schwankungsbreite des Drehmoments ist deutlich geringer. In der FFT wurde sichtbar, dass hier die Eigenfrequenz des Triebstrangs nicht mehr aufschwingt. Das Getriebe wird durch die aktive Bedämpfung entlastet und die Drehzahl stabilisiert.

**[0034]** Die Gründe für die Beruhigung sind die aktive Bedämpfung der Triebstrangschwingungen in Kombination mit der äußerst exakten Drehzahlregelung. Durch die wesentlich bessere Drehzahlhaltigkeit erfährt auch der Mühlenaufbau ein gemindertenes Anregungsniveau. Darüber hinaus werden Schwingungen der Mühle, die über den Mahlteller in den Triebstrang einkoppeln, wechselwirkend mitbedämpft. Der Einfluss des Triebstrangverhaltens auf die Mühle und somit auch auf den Prozess ist signifikant.

**[0035]** Ein nicht optimal eingestellter Prozess führt mit einem konventionellen Antrieb häufig zu sehr starken Vibrationen (sog. „Rumpelbetrieb“), sodass die Mühle gestoppt werden muss. Zwischen den Anfahrversuchen sind dann Wartezeiten von mindestens 30 Minuten einzuhalten, da der verwendete Flüssigkeitsanlasser nach einem Start abkühlen muss. Wird nicht sofort wieder ein stabiler Satz von Prozessparametern gefunden, sind Mehrfachstopps keine Seltenheit und es entsteht eine empfindliche Einschränkung der Verfügbarkeit.

**[0036]** Hier bietet die neue Antriebsregelung in Kombination mit dem EMPP zwei große Vorteile: Zum einen gibt es keine Wartezeiten, da der drehzahlvariable Antrieb keinen Anlasser hat. Nach einem Stopp der Mühle kann unmittelbar wieder angefahren werden. Und zum anderen wird ein unruhiger Prozess von der Mühle mit dem EMPP wesentlich toleranter aufrecht erhalten. Kommt es dennoch zum Rumpelbetrieb, so aktiviert die

Situationserkennung unverzüglich eine Stabilisierungsstrategie. Dabei wird durch eine sehr schnelle und gezielte Variation der Antriebsdrehzahl versucht die Mühle zu stabilisieren, sodass ein Anhalten nicht erforderlich wird. Auch mit dem EMPP kommt es zum Rumpelbetrieb, der aber durch eine Verringerung der Drehzahl häufig ohne anzuhalten wieder beruhigt werden kann (sog. „Stabilisierungsfahrten“). Die Stabilisierungsfahrten erfolgen vollautomatisch und sind innerhalb weniger Sekunden bereits wieder beendet, noch ehe der Leitstand auf eine Meldung reagieren könnte, oder ein Schwingungsspeak detektiert wird.

**[0037]** Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt, und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 2295147 B1 [0026]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Antriebsregelung einer Mühle mit einem um die Vertikale rotierbaren Mahlteller, wobei der Mahlteller durch einen einen Elektromotor und ein Getriebe umfassenden Antriebsstrang antreibbar ist, wobei durch Einbringen eines zeitlich veränderlichen Moments mit schwingungsberuhigender Wirkung über den Luftspalt des Elektromotors Schwingungen der Mühle aktiv bedämpft werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Elektromotor von einem Frequenzumrichter gespeist wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei Sensoren eine Drehzahl eines rotierenden Bauteils des Antriebsstrangs und/oder mindestens ein im oder auf das Getriebe wirkendes Antriebs- und/oder Stützmoment erfassen und ein Regelkreis aus den Sensormesswerten ein entsprechendes Dämpfungsmoment ableitet.
4. Antriebsstrang für eine Mühle mit einem um die Vertikale rotierbaren Mahlteller, umfassend einen Elektromotor und ein Getriebe, über welches der Mahlteller mittels des Elektromotors antreibbar ist, wobei der Antrieb einen Frequenzumrichter zum Speisen des Elektromotors, mindestens einen Sensor zum Erfassen von Schwingungen der Mühle und/oder des Antriebsstrangs und eine Regelungseinheit aufweist, wobei die Regelungseinheit dazu angepasst ist, Steuerbefehle zum Erzeugen eines über den Luftspalt des Elektromotors wirkendes Dämpfungsmoments im Elektromotor auszugeben.
5. Verfahren zur Antriebsregelung einer Maschine mit einem Antrieb und einer angetriebenen Einheit, wobei eine regelmäßige Anregung eines schwingfähigen Systems, welches in der Maschine vorhanden ist, durch eine periodische Änderung der Drehzahl des Antriebs gestört wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Antrieb einen Elektromotor umfasst.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Antrieb ein Getriebe umfasst.
8. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 5 bis 7 auf eine Schwerlastanordnung.
9. Anwendung nach Anspruch 8, wobei die Schwerlastanordnung eine Mühle, insbesondere eine Wälzmühle mit einem um die Vertikale rotierbaren Mahlteller ist.
10. Verfahren zur Antriebsregelung einer Schwerlastanordnung, wobei bei Feststellen oder Antizipieren eines unerwünschten Schwingungszustands durch eine Variation der Drehzahl die Schwingungen der Schwerlastanordnung stabilisiert werden.
11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Drehzahl verringert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei bei Überschreiten eines vorgegebenen Schwingungsschwellwertes die Drehzahl verringert wird.
13. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 12 auf eine Mühle, insbesondere eine Wälzmühle mit einem um die Vertikale rotierbaren Mahlteller.
14. Regelungssystem zur Regelung eines Antriebs, umfassend eine Sensorik zur Ermittlung von Betriebszustandsgrößen, insbesondere mindestens einer Größe aus Drehzahl, Drehmoment und Stromstärke, einer Echtzeit-Situationserkennungs-Einheit zur Erkennung einer Situation auf Basis von der Sensorik gelieferten Betriebszustandsgrößen, und einen Motor als zumindest einen Teil des Antriebs, der auf Basis der erkannten Situation durch eine Regeleinheit regelbar ist.
15. Regelungssystem nach Anspruch 14, wobei die Echtzeit-Situationserkennungs-Einheit einem Regelalgorithmus folgen kann, durch welchen ein Frequenzumrichter zur Speisung des Elektromotors regelbar ist.
16. Regelungssystem, wobei die Echtzeit-Situationserkennungs-Einheit mit einem Prozessleitsystem Informationen austauschen kann.
17. Maschine umfassend ein Regelungssystem nach einem der Ansprüche 14 bis 16.



18. Maschine nach Anspruch 17, wobei die Maschine eine Vertikalmühle ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

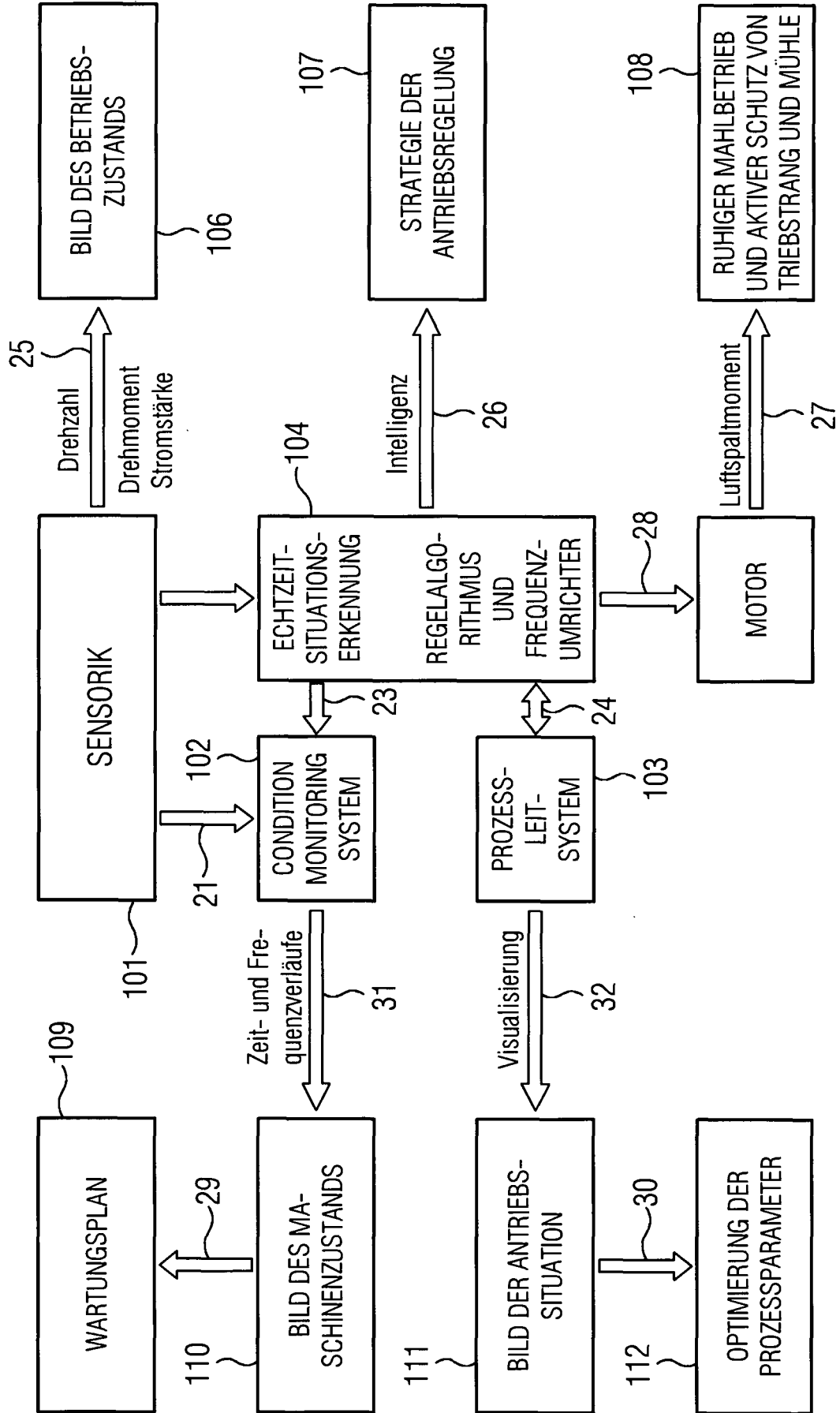


FIG 2

