



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.11.2000 Patentblatt 2000/44

(51) Int. Cl.⁷: **D06F 37/20**

(21) Anmeldenummer: **00108260.1**

(22) Anmeldetag: **14.04.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Abel, Falko**
93047 Regensburg (DE)
• **Klein, Hans-Wilhelm**
97078 Würzburg (DE)
• **Münzner, Rainer**
08340 Schwarzenberg (DE)

(30) Priorität: **22.04.1999 DE 19918331**

(71) Anmelder:
BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH
81669 München (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Detektion von Unwuchten bei einem durch einen
bürstenlosen Elektromotor angetriebenen Rotor**

(57) Bei einem durch einen bürstenlosen Elektromotor angetriebenen Rotor, insbesondere einer Wäschtrommel (1) in einer Waschmaschine, in der eine Meßeinrichtung, insbesondere ein Drehgeber (6), die Drehzahl (n) und die Unwucht des Rotors erfaßt, wird nach Überschreiten einer Mindestdrehzahl des Rotors mindestens ein elektrischer Parameter des Elektromotors (4), insbesondere die Motorspannung (U), von seinem für den Betrieb vorgesehenes Maß auf ein für eine

Messung vorgesehenes Maß derart verändert, daß sich die Steigung (dn/dm) der Drehzahl (n)-Drehmoment (m)-Kennlinie dem Betrag nach erhöht. Dabei liegt auch während der Messung die Drehzahl (n) des Rotors oberhalb einer vorgegebenen Mindestdrehzahl. Anschließend werden die Unwuchten nach Größe oder nach Größe und Lage gemessen.

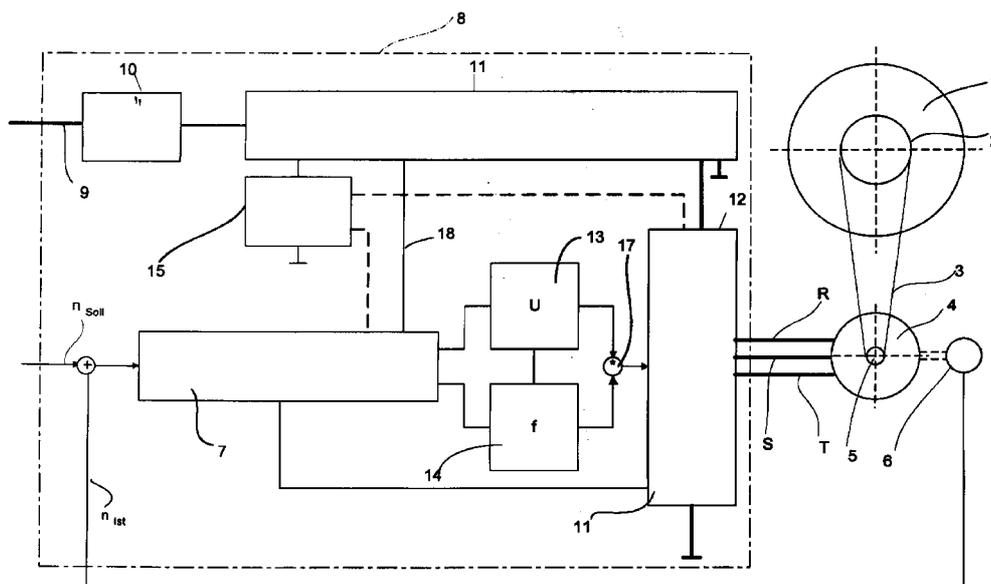


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Detektion von Unwuchten bei einem durch einen bürstenlosen Elektromotor angetriebenen Rotor, insbesondere bei einer Wäschetrommel in einer Waschmaschine, wobei eine Meßeinrichtung die Drehzahl und die Unwucht des Rotors nach Lage und Größe bestimmt.

[0002] Ebenso bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Detektion von Unwuchten.

[0003] Aus der EP 0 565 157 A1 ist ein Verfahren zur Detektion und Kompensation einer Unwucht bei einem durch einen Motor angetriebenen Rotor bekannt. Der Rotor ist beispielsweise eine Wäschetrommel in einer Waschmaschine. Es ist eine Einrichtung zur Messung der Unwucht nach Lage und Größe und eine Steuerelektronik zur Steuerung des Motors aufgrund der gemessenen Werte vorhanden, wobei das Drehmoment des Motors zunächst nach Beschleunigung des Rotors auf einen Mindestwert konstant gehalten wird, so daß beim Vorhandensein einer Unwucht eine Drehzahländerung erfolgt, die zur Ermittlung der Lage und Größe der Unwucht ausgewertet wird. Anschließend wird aufgrund der ermittelten Werte bei einer Erhöhung der Drehzahl eine Kompensation der Unwucht durch entsprechende Ansteuerung angestrebt.

[0004] Der Mindestwert, auf den der Rotor zunächst beschleunigt wird, ist der Wert, bei dem sich eine rotoreigene Unwucht bemerkbar macht. Bei Trommelwaschmaschinen wird die Trommel zunächst auf einen Wert von etwa 70 U/min oder 80 U/min beschleunigt. Dies ist der Wert, bei dem sich in der Trommel befindliche Wäsche an den Innenwänden anlegt, so daß sich eine durch ungleichmäßige Verteilung der Wäsche bedingte Unwucht bemerkbar macht. Dabei muß der Motorantrieb derart angesteuert werden, daß sich ein konstantes Antriebsmoment ergibt. Durch die Ausgestaltung eines in der Elektronik abgelegten Motorzustandsmodells werden Steuergrößen erzeugt, die ein von der Drehzahl und von der Belastung durch allfällige Unwuchten unabhängiges Motordrehmoment erzeugen. Die Ermittlung der Werte für die Größe und die Lage der Unwucht erfolgt beispielsweise dadurch, daß eine von einem Drehgeber des Motors gelieferte Pulschette von der Elektronik mit Hilfe eines Pulszählers derart ausgewertet wird, daß im Steuerprogramm für den Motor sowohl die jeweilige Drehzahl der Motorwelle als auch die jeweilige Lage eines fiktiven Punktes auf der Motorwelle verfügbar ist und daß damit die Drehzahl des Rotors und die Lage und Größe einer möglichen Unwucht auf den Rotor erfaßbar sind. Dabei wird bei Drehung der Welle der Pulszähler durch jede Flanke in der Pulschette heraufgesetzt. Es wird jedoch nicht mitgeteilt, auf welche Weise eine genaue Messung der Unwucht erfolgt.

[0005] Aus der EP 0 539 617 A1 ist eine Unwuchtüberwachung für einen Waschautomaten bekannt, der

einen durch eine Drehzahlerfassungs-Vorrichtung in einer Regelvorrichtung überwachten, drehzahlgeregelten und aus einer Wechselstromquelle gespeisten Elektromotor, insbesondere einen Reihenschluß-Motor, aufrecht. Zur Unwuchtüberwachung ist ein Unwuchtsensor in Form eines bei Erreichen einer unzulässigen Unwucht öffnenden und damit die Verbindung zu der Regelvorrichtung unterbrechenden Mikroschalters in Reihe zu der Drehzahlfassungs-Vorrichtung geschaltet. Gemäß der EP 0275862A1 werden unwuchtbedingte Schwankungen der Stromaufnahme des Trommelantriebs-Motors erfaßt.

[0006] Die aus der EP 0 071 308 B1 bekannte Anordnung zur Steuerung der Trommeldrehzahl einer Waschmaschine nutzt unwuchtbedingte Schwankungen der Regelgeschwindigkeit der Waschtrommel und damit des Antriebs-Motors aus, um auf die Unwucht rückzuschließen. Es ist ein Reihenschluß-Motor oder Universal-Motor bekannt, an den ein Tacho-Generator angeschlossen ist. Bei Bestimmung der Drehzahl als Funktion des Drehmoments bei einem derartigen Motor ergibt sich eine hyperbelförmig abfallende Kennlinie, die verhältnismäßig steil ist. Hierbei ist prinzipbedingt mit einer relativ großen Schwankung der Winkelgeschwindigkeit für eine definierte Unwucht zu rechnen. Die Schwankungen der Winkelgeschwindigkeit werden bei einer bestimmten mittleren Drehzahl über eine Zeit von einigen Sekunden gemessen und gemittelt. Die so ermittelten mittleren Schwankungen der Winkelgeschwindigkeit werden über eine Tabelle mit als Referenz abgespeicherten Unwucht-Werten zugeordnet oder berechnet. Diese Unwucht-Werte werden entsprechend den von der mechanischen Stabilität der Waschmaschine zulässigen Werten ausgewertet. Als Ergebnis werden entsprechende Schritte zur Reduzierung der Unwucht durch Neuverteilen der Wäsche, Begrenzung der maximalen Schleuderdrehzahl oder zum Abbruch des Schleudervorgangs eingeleitet.

[0007] Es ist die Aufgabe der Erfindung, das eingangs genannte Verfahren zur Detektion einer Unwucht derart zu verbessern, daß auch bei einem bürstenlosen Motor eine präzise Ermittlung der Unwucht ermöglicht wird.

[0008] Diese Aufgabe wird gemäß Patentanspruch 1 dadurch gelöst, daß nach Überschreiten einer Mindestdrehzahl des Rotors ein elektrischer Parameter des Elektromotors von seinem für den Betrieb vorgesehenen Maß auf ein für eine Messung vorgesehenes Maß derart verändert wird, daß sich die Steigung der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie dem Betrag nach erhöht, wobei auch während der Messung die Drehzahl des Rotors oberhalb einer vorgegebenen Mindestdrehzahl liegt, und daß anschließend die Unwuchten nach Lage und Größe gemessen werden.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Als besonders vorteilhaft zeigt es sich, wenn als Parameter die Motorspannung ausgewählt wird und

während der Messung gesenkt wird.

[0011] In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens läßt sich die Motorspannung derart absenken, daß die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie oberhalb der Mindestdrehzahl, die für den Meßvorgang erforderlich ist, der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie eines Universalmotors, d. h. eines Serienschlußmotors, gleicher Leistung entspricht.

[0012] Gemäß der Erfindung ist es möglich, einen Universalmotor in einem Haushaltsgerät, beispielsweise in einer Waschmaschine, gegen einen bürstenlosen Motor, insbesondere einen Asynchronmotor, auszutauschen. Aufgrund der andersgearteten Drehzahl-Drehmoment-Kennlinien bürstenloser Antriebsmotoren läßt sich ein bei einem Universalmotor verwendetes Verfahren zur Messung zur Unwuchten nicht unmittelbar auf einen bürstenlosen Motor übertragen. Es sind daher verfahrenstechnische Schritte erforderlich, um beispielsweise eine Anpassung der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie eines Asynchronmotors an die eines Universalmotors zu erreichen. Nur so ist ein Ersatz des Antriebs mit einem drehzahlgeregelten Universalmotor in Verbindung mit einem Triac- oder Chopper-Steller durch einen Asynchronmotor möglich, der beispielsweise durch einen Wechselrichter mit einer Speisespannung versorgt wird. Dabei ist es erfindungsgemäß nicht erforderlich, daß die Programm-Steuerung, die auf die gemessenen Unwuchtwerte zu reagieren hat, Kenntnis von der Ausführung des Trommel-Antriebs, d. h. des eingesetzten Motors, hat. Die ermittelten Unwucht-Werte sind unabhängig vom Antriebs-System vergleichbar.

[0013] Erfindungsgemäß wird somit die bei einem festliegenden, elektrischen Parameter auftretende Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie derart verändert, daß Unwuchten ihrer Lage und Größe nach viel leichter erfaßt werden.

[0014] Nachstehend wird die Erfindung in einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung nun näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Prinzip-Schaltbild eines durch einen Umrichter geregelten Asynchronmotors zum Antrieb einer Wäschetrommel und

Fig. 2 ein Drehzahl-Drehmoment-Diagramm des Asynchronmotors gemäß Fig. 1.

[0015] Eine Wäschetrommel 1 (Fig. 1) ist ein auf einer Weile waagrecht gelagerter Rotor. Über eine auf der Welle befestigte Riemenscheibe 2 wird sie über einen Keilriemen 3 durch einen Asynchronmotor 4 angetrieben, dessen Antriebswelle ebenfalls eine Riemenscheibe aufweist, über die der Keilriemen 3 läuft. Ein mit der Motorwelle des Asynchronmotors 4 verbundener, beispielsweise auf der Motorwelle angebrachter Drehgeber 6 erzeugt vorzugsweise pulsförmige Signale, die einem Motorregler 7 als Ist-Werte n_{Ist} zugeführt werden.

[0016] Der Motorregler 7 ist Teil eines Umrichters 8. Der Motorregler 7 ist vorzugsweise Teil eines Mikrocontrollers, in dem ebenso die Funktionen des Motorreglers 7, nämlich die Erzeugung der mit den Bezugszeichen 13 und 14 versehene Erzeugung der Spannung und der Drehfeldfrequenz integriert sind. Der Mikrocontroller enthält zusätzlich den Summationspunkt 16 und den Multiplikationspunkt 17. Auf dem Mikrocontroller ist vorzugsweise auch das Regelungsschema abgespeichert. Der Mikrocontroller enthält vorzugsweise einen Speicher, beispielsweise ein ROM. Der Umrichter 8 umfaßt einen mit der Spannung 9 eines Wechselspannungsnetzes beaufschlagten Filter 10, der der Netzspannung überlagerte Oberwellen und hochfrequente elektromagnetische Störungen ausfiltert. Dem Filter 10 ist ein Zwischenkreis 11 nachgeordnet, in dem eine hier nicht dargestellte Gleichrichter-Brücke zur Gleichrichtung der Netzspannung 9 dient, wobei der Gleichrichter-Brücke vorzugsweise ein Glättungs-Kondensator nachgeschaltet ist. Die von dem Zwischenkreis 10 erzeugte Gleichspannung dient einerseits zur Spannungsversorgung eines mehrphasigen, elektronischen Kommutators, d. h. eines Wechselrichters 12, die aus der Gleichspannung drei zueinander phasenversetzte Wechselspannungen R, S, T für den Asynchronmotor 4 erzeugt. Der Wechselrichter 12 umfaßt hier ebenfalls nicht dargestellte steuerbare Leistungstransistoren, z.B. IGBT's. Wechselrichter in der vorstehend beschriebenen Art arbeiten überwiegend mit sinusbewerteter Pulsbreitenmodulation nach dem sogenannten Unterschwingungsverfahren, d.h. mittels der höherfrequenten Pulsbreitenmodulationsfrequenz wird eine niedrigere Wechselspannung bzw. 3 phasige Wechselspannung (Motorspannung) abgebildet.

[0017] Der Wechselrichter 12 wird über den Motorregler 7 geregelt, wobei die Regelung der Drehzahl des Asynchronmotors 4 über in dem Motorregler 7 gebildete Stellgrößen für die Motorspannung bzw. die Drehfeldfrequenz des Wechselrichters 12 erfolgt, denen in Fig. 1 zur Veranschaulichung die Bezugszeichen 13 und 14 zugeordnet sind. Zur Spannungsversorgung des Motorreglers 7 sowie des Wechselrichters 12 dient ein Netzteil 15, das seinerseits z. B. aus dem Zwischenkreis 11 mit Gleichspannung versorgt wird.

[0018] Die Wäschetrommel 1 wird zur Einleitung des Schleudervorgangs zunächst über eine Verteilrampe auf eine Drehzahl beschleunigt, bei der die Wäsche aufgrund der Fliehkräfte auf der inneren Mantelfläche der Wäschetrommel 1 anliegt. Die Meßdrehzahl liegt zur Vermeidung mechanischer Resonanzen oberhalb von 70 U/min, vorzugsweise zwischen 80 und 100 U/min der Wäschetrommel 1. Die Form der Verteilrampe wird durch den durch den Wechselrichter 12 drehzahlgeregelten Betrieb des Asynchronmotors 4 bestimmt. Dabei kann das Drehzahlverhalten des Asynchronmotors 4 durch den Wechselrichter 12 nach dem folgendem Verfahren beeinflusst werden:

[0019] In einem hier nicht dargestellten Speicher ist

eine Spannungs-Frequenz-Kennlinie für den Asynchronmotor 4 abgelegt, die dem Wechselrichter 12 als Führungsgröße zugeführt wird, so daß der Wechselrichter 12 daraus die Motorspannung U, bestehend aus den drei zueinander phasenversetzten Teilspannungen R, S, T, und die Motordrehzahl gewinnt.

[0020] Alternativ wird, wie in Fig. 1 dargestellt, die Ist-Drehzahl n_{Ist} des Asynchronmotors 4 an einem Summationspunkt 16 mit der Soll-Drehzahl n_{Soll} verglichen. Die daraus gewonnene Regeldifferenz wird dem Motorregler 7 zugeführt, der daraus Signalgrößen für das Spannungsstellglied 13 und das Drehzahlstellglied 14 gewinnt. Anstelle der Rückführung der Ist-Drehzahl n_{Ist} des Asynchronmotors 4 oder zusätzlich zu dieser Rückführung können auch der Motorstrom oder die in den Motorwicklungen abfallende Motorspannung gemessen werden und mit entsprechenden Soll-Werten für den Strom oder die Spannung verglichen werden und einem entsprechenden Regelkreis als Führungsgrößen zugeführt werden. Insbesondere kann eine Schlupf-Regelung, eine flußorientierte Stromregelung, eine am Drehfeldvektor orientierte orientierte Regelung unter Verwendung von mathematischen Motor-Modellen oder dergleichen für den Asynchronmotor 4 vorgesehen werden. In allen Fällen werden die Spannung und die Drehzahl oder die Drehfeldfrequenz für den Asynchronmotor 4 als Stellgrößen gebildet.

[0021] Die Zuordnung zwischen Motorspannung und Drehfeldfrequenz ist entweder bei einer Steuerung anhand von in einem Speicher abgelegten Kennlinien fest vorgegeben, oder sie wird durch einen Regelalgorithmus bestimmt wie in dem in Fig. 1 dargestellten Regelkreis. Durch die übliche Auslegung des Motorbetriebs auf eine optimale Motorausnutzung und einen guten Wirkungsgrad bei gleichzeitig guter Dynamik werden die Anforderungen an die Aufgabe der Unwucht-Erfassung nicht erfüllt. Daher wird bei Erreichen der Drehzahl von mehr als 70 U/min die Regelung der Drehzahl für das Drehzahl-Stellglied 14 oder seine Steuerung abgeschaltet, und der feste Wert, der der Meßdrehzahl der Drehzahl-Frequenz des Asynchronmotors 4 entspricht, wird beibehalten.

[0022] Der Wert für die Motorspannung U wird nach dem folgenden Kriterium abgesenkt. Im Drehzahlbereich der Unwucht-Messung nach dem Anlegen der Wäsche an der Mantelinnenfläche der Wäschetrommel 1 sinkt das durch das Gewicht von Wäsche und Wasser verursachte Lastmoment auf etwa ein Zehntel des im normalen Waschbetriebs erforderlichen Momentenbedarfs. Deshalb kann die dem Elektromotor zugeführte elektrische Leistung und entsprechend das daraus erzeugte Drehmoment des Motors erheblich verringert werden. Hierfür gilt für das maximal erreichbare Drehmoment m_k folgender Zusammenhang:

$$m_k = c_1 * U^2 * f_U^2 \quad (1)$$

[0023] Bei einem Asynchronmotor ist das maximal erreichbare Drehmoment, das sogenannte Kippmoment m_k , vom Quadrat der Motorspannung U, vom Quadrat der Ummagnetisierungsfrequenz sowie von einer motorspezifischen Konstanten c_1 abhängig. Dem im Verlauf der Drehmoment(m)-Drehzahl(n)-Kennlinie auftretenden Kippmoment m_k ist der Kippschlupf s_k als die relative Differenz zwischen Ständer- und Läuferdrehfrequenz zugeordnet. Der Kippschlupf s_k ist eine zweite motorspezifische Größe. Die Abhängigkeit der Größen c_1 und s_k von der Ummagnetisierungsfrequenz von Wicklung und Ständer-Läufer-Eisenkreis, der Erwärmung der Wicklung und von Nichtlinearitäten der Magnetisierungskurve bleibt hier unberücksichtigt. Im Arbeitsbereich des Motors ergibt sich eine ebenfalls vom Quadrat der Motorspannung abhängige Steigung der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie bei konstanter Drehfeldfrequenz (Ständerdrehfrequenz). Zur mathematischen Veranschaulichung dieser Abhängigkeit lassen sich für den hier interessierenden Bereich folgende stark vereinfachte Näherungsgleichungen aufstellen: Dabei besteht der folgende Zusammenhang zwischen der Ummagnetisierungsfrequenz f_u und der Drehfeldfrequenz f mit der Polpaarzahl p des Asynchronmotors 4:

$$f = \frac{f_u}{p} \quad (2)$$

sowie zwischen dem relativen Drehmoment m_d / m_k sowie dem Betriebsschlupf s und dem Kippschlupf s_k :

$$\frac{m_d}{m_k} = \frac{2}{s/s_k + s_k/s} \quad (3)$$

[0024] Mit der Überlegung, daß der Betriebsschlupf s klein gegenüber dem Kippschlupf s_k ist, kann der Term s/s_k vernachlässigt werden, und der Schlupf s ergibt sich näherungsweise zu:

$$s \approx \frac{m_d}{m_k} * \frac{s_k}{2} \quad (4)$$

[0025] Der Einfluß der Motorspannung U folgt damit aus (1) und (4) zu:

$$s \approx \frac{m_d * f_U^2}{c_1 * U^2} * \frac{s_k}{2} \quad (5)$$

[0026] Mit der Zusammenfassung der motorspezifischen Größen c_1 und $s_k/2$ zu einem Faktor c läßt sich (4) vereinfachen zu:

$$s \approx c * \frac{m_d * f_U^2}{U^2} \quad (6)$$

[0027] Weiterhin ergibt sich die Winkelgeschwindigkeit ω an der Motorwelle mit der Ummagnetisierungsfrequenz f_U , der Polpaarzahl p des Asynchronmotors 4 und dem Schlupf s zu:

$$\omega = \frac{f_U * 2 * \pi}{p} * (1-s) \quad (7)$$

[0028] Wenn (5) in (6) eingesetzt wird, gilt bei konstanter Ummagnetisierungsfrequenz f_U :

$$\omega \approx \frac{f_U * 2 * \pi}{p} * \left(1 - c * \frac{m_d * f_U^2}{U^2}\right) \quad (8)$$

[0029] Aus Gleichung (8) läßt sich erkennen, daß bei gleichem Lastmoment m_d durch Reduzierung der Motorspannung U die Winkelgeschwindigkeit ω des Rotors und damit der angetriebenen Waschtrommel 1 ebenfalls abnimmt. Daraus folgt, daß z.B. unwuchtbedingte Lastschwankungen durch Reduzierung der Motorspannung U größere Variationen dieser Winkelgeschwindigkeit ω zur Folge haben.

[0030] Entsprechend der Gleichung (8) sind die Zusammenhänge in Fig. 2 als Kurven dargestellt. Hierbei sind die Verhältnisse der Winkelgeschwindigkeitsdifferenzen $\Delta\omega$ für zwei Motorspannungen U_1 , U_2 in Abhängigkeit von Drehmomentdifferenzen Δm im Betrieb ohne Drehzahlregelung aufgezeigt, wobei für den Zusammenhang zwischen der Winkelgeschwindigkeit ω und der Drehzahl pro Minute n gilt:

$$n = \frac{60}{2 * \pi} * \omega \quad (9)$$

[0031] Dabei zeigt sich, daß bei derselben Drehmomentdifferenz Δm die Differenz der Winkelgeschwindigkeiten $\Delta\omega_2$ bei der Spannung U_2 viel größer ist als die Differenz der Winkelgeschwindigkeiten $\Delta\omega_1$ bei der Spannung U_1 .

[0032] Die Grenze der Spannungsabsenkung ergibt sich durch das maximal im Meßpunkt auftretende Moment, d.h. das Kippmoment m_k , muß stets um einen Sicherheitsfaktor für die Überlastbarkeit größer sein als das Lastmoment m_d . Ein Hochlauf mit der abgesenkten Spannung ist in der Regel nicht möglich.

[0033] Weiterhin ist aus (7) und aus Fig. 2 zu erken-

nen, daß durch Absenkung der Motorspannung U von der Spannung U_1 auf die Spannung U_2 die mittlere Drehzahl oder Winkelgeschwindigkeit ω abnimmt. Um eine bestimmte Winkelgeschwindigkeit ω während der Unwuchtmessung zu erreichen, muß, bevor die Regelung abgeschaltet und die Motorspannung U abgesenkt wird, vorher eine entsprechend höhere Winkelgeschwindigkeit ω erreicht worden sein.

[0034] Durch die Vorgabe der Motorspannung zur Anpassung der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie des Motors läßt sich die Auflösung der Unwuchterfassung im Vergleich zum Meßfehler erheblich verbessern. Wie aus Fig. 2 ersichtlich, führen nämlich die gleichen Drehmomentenschwankungen oder -veränderungen bei der niedrigeren Spannung U_2 zu einer Änderung der Winkelgeschwindigkeit $\Delta\omega_2$, die viel größer ist als die Änderung der Winkelgeschwindigkeit $\Delta\omega_1$ bei der Spannung U_1 ; d. h. Unwuchten, die derartige Drehmomentenschwankungen verursachen, lassen sich bei der niedrigeren Spannung U_2 viel besser, d. h. mit viel höherer Auflösung, messen als bei der Spannung U_1 .

[0035] Als alternative Möglichkeit kann anstelle der beschriebenen Verringerung der Motorspannung U die Drehfeldfrequenz erhöht werden. Hierbei wird die Motorspannung U ab Erreichen des Anlegens der Wäsche an der Mantelfläche der Wäschtrommel 1 konstant gehalten und die Drehfeldfrequenz so erhöht, bis die Meßdrehzahl erreicht wird. Die Erklärung dieser Möglichkeit folgt aus der Tatsache, daß sich bei konstanter Motorspannung U mit Zunahme der Ummagnetisierungs- bzw. Drehfeldfrequenz die induktiven Blindwiderstände des Motors 4 ebenfalls erhöhen und somit den Motorstrom und damit das Motorkippmoment verringern. Das Motorkippmoment ist hierbei umgekehrt proportional zum Quadrat der Ummagnetisierungsfrequenz.

[0036] Diese Möglichkeiten können nun ausgenutzt werden, um den Antrieb im Meßbereich der Unwucht so anzupassen, daß vergleichbare Verhältnisse bezüglich der Kennlinie des Universalmotors eingestellt werden können.

[0037] Um die Reproduzierbarkeit zu erhöhen, kann die einzustellende Motorspannung U abhängig von der momentan an dem Wechselrichter 12 anliegenden Netzspannung und von der Wicklungstemperatur gemacht werden kann.

[0038] Die Wicklungstemperatur des Asynchronmotors 4 wird beispielsweise durch einen Temperatursensor erfaßt, der sie in ein elektrisches Signal umformt und über eine Signalleitung dem Motorregler 7 zuführt. In dem Regler 7 ist beispielsweise eine Tabelle mit Temperaturwerten abgelegt, aus der durch Vergleich mit der durch den Sensor gemessenen Temperatur die Motorspannung im Unwuchtmeßbereich entsprechend korrigiert werden kann. Wenn das Lastmoment nach Überschreiten der Anlegedrehzahl gesunken ist, reduziert der Regler 7 die Spannung über die Spannungstellgröße 13. Ein vergleichbarer Effekt wird durch

Vergrößern der Frequenzstellgröße 14 erreicht.

[0039] Die von dem Drehgeber 6 erzeugten Signale sind vorzugsweise pulsformig und werden in einem in dem Regler 7 enthaltenen Zähler gezählt, wobei die von dem Drehgeber 6 gelieferte Pulsreihe derart ausgewertet wird, daß sowohl die jeweilige Drehzahl der Motorwelle als auch die jeweilige Lage eines fiktiven Punktes auf der Motorwelle verfügbar ist und damit die Drehzahl des Rotors, d. h. der Wäschetrommel 1, verfügbar ist. Somit lassen sich durch den Regler 7 auch die Lage und Größe einer möglichen Unwucht auf dem Rotor erfassen.

[0040] Es kann vorgesehen werden, daß der Motorregler 7 den von ihm zu regelnden Parameter, insbesondere die Motorspannung U oder den Motorstrom I entweder bereits vor der Messung absenkt bzw. erhöht oder erst während der Messung. Anstelle eines einzigen Parameters wie der Motorspannung kann auch eine Mehrzahl von Parametern, insbesondere die Motorspannung U in Verbindung mit der Wicklungstemperatur des Motors, 4 berücksichtigt werden. Dabei werden Differenzen zwischen der maximalen und minimalen Winkelgeschwindigkeit der Wäschetrommel 1 zur Bemessung der Größe der Unwucht herangezogen. Außerdem wird die Lage der Unwucht mit Hilfe des Drehzahlverlaufs detektiert und durch den Drehgeber 6 stets so nachgeführt, daß die Lage der Unwucht jederzeit in dem Motorregler 7 verfügbar ist. Um die Lage der Unwucht nachzubestimmen, wird die Änderung des Zählerstandes über einen bestimmten Zeitabschnitt untersucht. Die Änderung des Zählerstandes je Zeitabschnitt, dividiert durch die Anzahl der möglichen Pulse je Rotordrehung, entspricht der Änderung der Lage eines fiktiven Punktes auf dem Rotor, woraus sich, wenn diese von dem mittleren Wert abweicht, eine Unwucht ergibt. Hierzu ist bei einem indirekten Antrieb, bei dem der Motor, wie in Fig. 1 dargestellt, die Wäschetrommel 1 über einen Antriebsriemen 3 antreibt, das mechanische Übersetzungsverhältnis zu berücksichtigen.

[0041] Die Erfassung der Lage der Unwucht ist bei Antriebssystemen erforderlich, die einen aktiven Unwuchtausgleich ermöglichen. Hierbei wird z.B. durch eine der Unwucht entgegenwirkende Modulation der Winkelgeschwindigkeit der Trommel die Auswirkungen der Unwucht verringert.

[0042] Wenn eine Unwucht festgestellt worden ist, können entsprechende Maßnahmen getroffen werden, um sie zu reduzieren, beispielsweise durch Neuverteilen der Wäsche, durch Begrenzung der maximalen Schleuderdrehzahl oder durch den Abbruch des Schleudervorgangs. Alternativ zu dem Motorregler 7 kann eine Steuereinrichtung vorgesehen sein, die die entsprechenden Parameter wie die Drehzahl des Motors, der Motorstrom, die Motorspannung und/oder die Temperatur der Motorwicklungen zugeführt werden, so daß die Steuereinrichtung entsprechend den in einem Speicher abgelegten Kennlinien, die diese Parameter berücksich-

tigen, die Motorspannung entsprechend nachstellt. Es versteht sich, daß auch ein anderer Parameter als Stellgröße gewählt werden kann.

[0043] Zwischen dem Zwischenkreis 11 und dem Motorregler 7 ist eine elektrische Verbindung 18 vorhanden, über die der Motorregler die Spannung des Zwischenkreises 11 überwacht, so daß insbesondere beim Abbremsen des Asynchronmotors 4 und der damit einhergehenden Spannungsrückführung in den Zwischenkreis 11, diese eine bestimmte vorgegebene Höhe nicht überschreitet; andererseits kann, wenn die Spannung in dem Zwischenkreis 11 aufgrund der Netzversorgung eine von der Sollspannung abweichende Spannung aufweist, diese durch entsprechende Ansteuerung des Wechselrichters 12 durch den Motorregler 7 durch Veränderung der Pulsbreiten der Spannungen R, S, T ausgeglichen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion von Unwuchten bei einem durch einen bürstenlosen Elektromotor (4) angetriebenen Rotor, insbesondere einer Wäschetrommel in einer Waschmaschine, wobei eine Meßeinrichtung die Drehzahl (n) und die Unwucht des Rotors nach Größe oder nach Größe und Lage bestimmt, dadurch gekennzeichnet, daß nach Überschreiten einer Mindestdrehzahl des Rotors mindestens ein elektrischer Parameter des Elektromotors (4) von seinem für den Betrieb vorgesehenen Maß auf ein für eine Messung vorgesehenes Maß derart verändert wird, daß sich die Steigung (dn/dm) der Drehzahl (n)-Drehmoment (m)-Kennlinie dem Betrag nach erhöht, wobei auch während der Messung die Drehzahl (n) des Rotors oberhalb einer vorgegebenen Mindestdrehzahl (n_M) liegt, und daß anschließend die Unwuchten nach Lage und Größe gemessen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Parameter die Motorspannung (U) ausgewählt wird, die vor oder während der Messung abgesenkt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Parameter die Drehfeldfrequenz des Motors ausgewählt wird, die vor oder während der Messung erhöht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erhöhung der Genauigkeit des Meßverfahrens zusätzlich als weiterer Parameter die Spannung des Zwischenkreises (11) und/oder die Temperatur von Motorwicklungen des Elektromotors (4) ausgewählt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Parameter derart

- verändert wird, daß die Drehzahl (n)-Drehmoment (m)-Kennlinie oberhalb der Mindestdrehzahl (n_M) des Elektromotors, insbesondere des Asynchronmotors (4), der Drehzahl (n)-Drehmoment (m)-Kennlinie eines Universalmotors gleicher Leistung entspricht. 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Istdrehzahl (n_{Ist}) des Elektromotors (4) durch einen Drehgeber (6) als aktuelle Winkelgeschwindigkeit (ω) gemessen wird und einem Regelkreis (7, 13, 14, 12) zur Regelung der Motorspannung (U) zugeführt wird und daß der Regelkreis nach Überschreiten der Mindestdrehzahl (n_M) die Motorspannung (U) absenkt oder einen anderen Parameter des Elektromotors (4) derart verändert, daß sein abgebares Drehmoment sinkt. 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Motorstrom, insbesondere in Verbindung mit einer Messung der Istdrehzahl (n_{Ist}) des Elektromotors (4), gemessen wird und als Regelgröße dient. 15
8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlupf (s) des Elektromotors (4), der Motorstrom, insbesondere in Abhängigkeit vom magnetischen Fluß, oder das Drehfeld der Spannungen (R, S, T) oder der zugehörigen Ströme des Elektromotors (4), insbesondere anhand eines mathematischen Motormodells, geregelt wird. 20
9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Regler (7) in dem Regelkreis (7, 13, 14, 12) Signalgrößen zur Stellung der Motorspannung und/oder der Drehfeldfrequenz erzeugt, die ihrerseits Stellgrößen für einen Wechselrichter (12) des Elektromotors (4) sind. 25
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellsignal zur Stellung der Motorspannung und das Stellsignal für die Drehfeldfrequenz zur Erzeugung der Drehzahl einem Multiplikationspunkt (17) zugeführt und von diesem dem Wechselrichter (12) zugeführt werden. 30
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Istdrehzahl (n_{Ist}) des Elektromotors (4) durch einen Drehgeber (6) als aktuelle Winkelgeschwindigkeit (ω) gemessen wird und einer Steuereinrichtung zur Steuerung der Motorspannung (U) zugeführt wird, in der anhand von gespeicherten Kennlinien Stellgrößen für die Motorspannung und die Motordrehzahl zur Steuerung des Wechselrichters (12) erzeugt werden. 35
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb der Mindestdrehzahl (n_M) die Steuerung oder Regelung der Drehzahl des Elektromotors (4) abgestellt wird und die erreichte Drehzahl des Elektromotors (4) als Meßdrehzahl verwendet wird und daß dann die Steigung (dn/dm) der Drehmoment(m)-Drehzahl(n)-Kennlinie dem Betrag nach erhöht wird. 40
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Mindestdrehzahl (n_M) die Drehzahl (n) gewählt wird, bei der sich die Wäsche an der inneren Mantelfläche der Wäschetrommel (1) anlegt. 45
14. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (4) anhand der gemessenen Istdrehzahl (n_{Ist}) über einen Motorregler (7) durch eine Spannungsstellgröße und eine Drehzahlstellgröße regelbar oder über eine Steuerschaltung steuerbar ist. 50
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsstellgröße und die Drehzahlstellgröße über einen Wechselrichter (12) dem Elektromotor (4) zuführbar sind. 55
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß dem Wechselrichter (12) aus einem Zwischenkreis (11) gespeiste Spannungssignale zuführbar sind und daß diese in dem Wechselrichter (12) entsprechend den Werten der Spannungsstellgröße und der Drehzahlstellgröße veränderbar sind.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß dem Zwischenkreis (11) ein Filter (10) zur Ausfilterung hochfrequenter elektromagnetischer Störungen vorgeschaltet ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Motorregler (7) und der Wechselrichter (12) durch ein Netzteil (15) gemeinsam mit Spannung versorgbar sind.

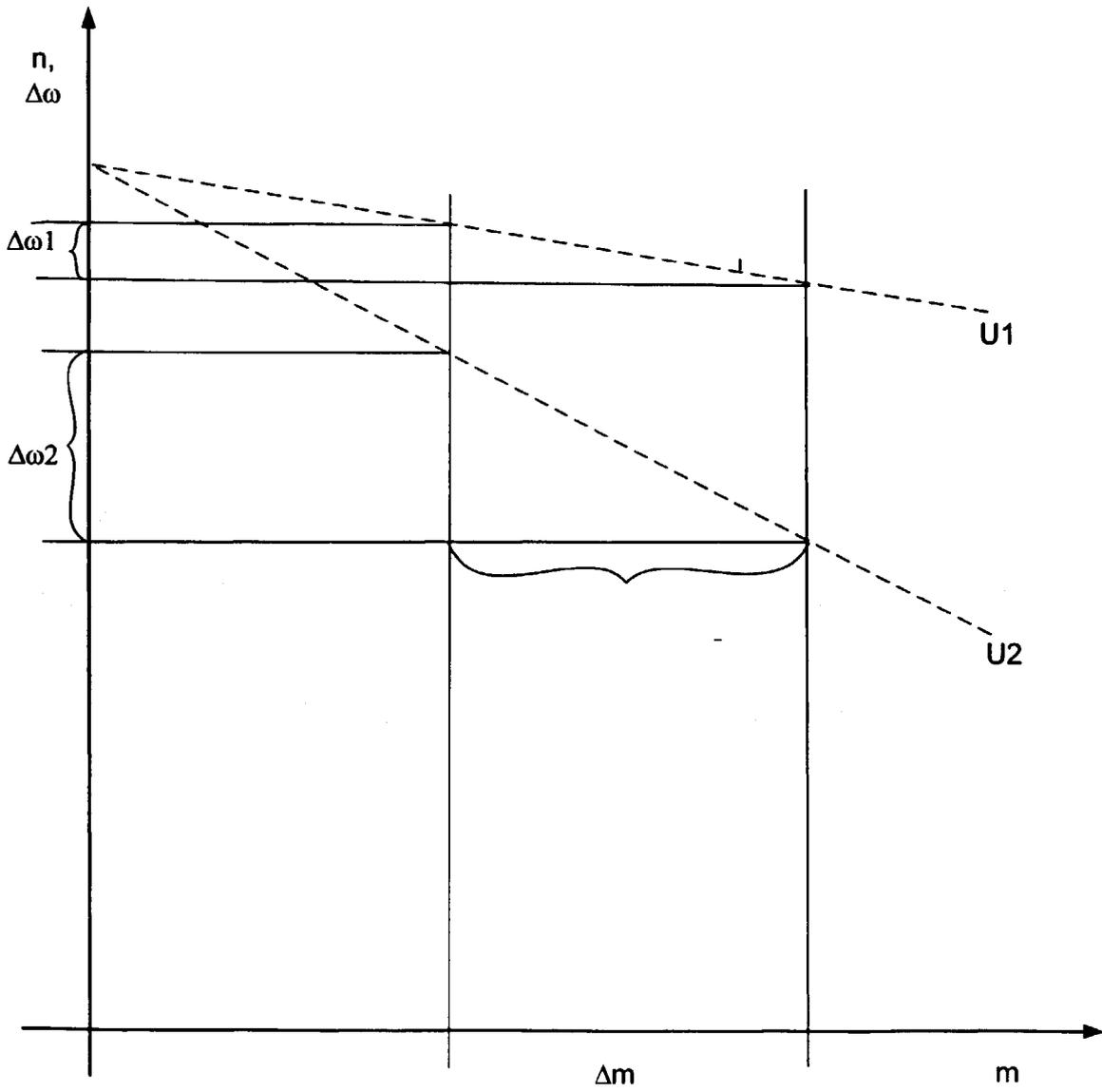


Fig. 2