



(11)

EP 3 256 628 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.08.2019 Patentblatt 2019/32

(51) Int Cl.:
D03D 51/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16703979.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/052923

(22) Anmeldetag: **11.02.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/128517 (18.08.2016 Gazette 2016/33)

(54) **STARTVERFAHREN FÜR EINE WEBMASCHINE**

STARTING METHOD FOR A WEAVING MACHINE

PROCÉDÉ DE DÉMARRAGE POUR UN MÉTIER MÉCANIQUE

(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

(30) Priorität: **12.02.2015 DE 102015102029**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.12.2017 Patentblatt 2017/51

(73) Patentinhaber: **Lindauer Dornier Gesellschaft mit beschränkter Haftung**
88131 Lindau (DE)

(72) Erfinder: **LEHMANN, Michael**
88097 Eriskirch (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 3 542 650 DE-A1-102004 017 106
DE-U1- 20 021 049

EP 3 256 628 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum kontrollierten Hochfahren einer Web- und Fachbildemaschine, wobei die Webmaschine mittels eines Hauptantriebs angetrieben wird, während die Fachbildemaschine mittels eines elektromotorischen Nebenantriebs angetrieben wird.

Derartige Web- und Fachbildemaschinen sind bekannt. Bei diesen weist die Fachbildemaschine einen separaten Antrieb auf, deren zentrale Antriebswelle, von welcher die Bewegungen der Fachbildmittel abgeleitet sind, mit einem elektrischen Motor verbunden ist. Es handelt sich dabei um solche Fachbildemaschinen, bei denen die Fachbildmittel von der Bewegung der zentralen Antriebswelle entkoppelbar sind, sind z. B. Schafftmaschinen der Bauart 2881 der Firma Stäubli oder Jacquardmaschinen der Bauart LX von Stäubli bzw. SI der Firma Bonas.

[0002] Die Antriebswelle der Webmaschine, von der die weiteren Bewegungen (Webblatt, ggf. mechanische Schusseintrags Elemente) abgeleitet sind, ist ihrerseits mit wenigstens einem sie direkt antreibenden, ebenfalls in der Regel als Elektromotor ausgebildeten Aktor verbunden. Solche Direktantriebe sind in ihrem mechanischen Aufbau sehr einfach, nahezu wartungsfrei und sehr präzise regelbar.

[0003] Des Weiteren sind die Antriebe der Webmaschine und der Fachbildemaschine mittels eines gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreises, im Weiteren als Umrichterzwischenkreis bezeichnet verbunden, so dass sie untereinander einen Energiefluss ausbilden können.

[0004] Einer der Nachteile eines vorgenannten Direktantriebs für die Webmaschine liegt darin, dass die für den geforderten hochdynamischen Start der Webmaschine erforderliche große Spitzenleistung unmittelbar über den Aktor bereitgestellt werden muss. Diese Spitzenleistung ist im Wesentlichen unmittelbar durch das elektrische Versorgungsnetz zuzuführen. Derartige Leistungsspitzen können bereits im Fall eines stabilen Versorgungsnetzes und geeigneter Zuleitungsquerschnitte zu starken Spannungseinbrüchen führen, die sich in die Zwischenkreisspannung eines für den Direktantrieb eingesetzten Umrichters fortsetzen und dort ein störungsbedingtes Abbrechen des Webmaschinenstarts bewirken. Das Problem verschärft sich noch beträchtlich, wenn die Webmaschinen an schwachen Versorgungsnetzen betrieben werden. Dies ist mit der zunehmenden Verlagerung textiler Produktion in Entwicklungs- und Schwellenländer immer häufiger der Fall. Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse, wenn durch Nennspannungsniveau und/oder Art des elektrischen Versorgungsnetzes ein Vortrafo erforderlich wird, der durch seine zusätzliche Eigenimpedanz das Netz aus Sicht der zu startenden Webmaschine noch schwächer macht.

[0005] Ist der Webmaschinenstart auf die für den ersten Blattanschlag vorgesehene Drehzahl, im Folgenden

Arbeitsdrehzahl genannt, aus den vorgenannten Gründen nicht mehr möglich, so besteht eine bekannte Gegenmaßnahme darin, diese Drehzahl abzusenken. D. h. die Arbeitsdrehzahl für den ersten Blattanschlag liegt dann mehr oder minder deutlich unter der für den Artikel an sich vorgesehenen Betriebsdrehzahl. Dies kann aber zu Anlaufstellen (Startmarken) und einem nicht hinnehmbaren Qualitätsverlust in der Webware führen. Ein generelles Absenken der Betriebsdrehzahl ist ebenfalls keine akzeptable Lösung, da die Fertigstellung der Ware entsprechend länger dauern würde, was die Rentabilität der Weberei aufs Spiel setzt.

[0006] Die DE 200 21 049 U1 als nächstkommender Stand der Technik weist für getrennte Antriebe für Web- und Fachbildemaschine auf die Möglichkeit hin, den aus der DE 100 53 079 C1 bekannten vorgezogenen Start der Fachbildemaschine derart zu gestalten, dass diese den nachfolgenden Startvorgang der Webmaschine durch ihre kinetische Energie unterstützt. Dazu wird die Fachbildemaschine auf eine Drehzahl oberhalb der zum Ende des Webmaschinenstarts zu erreichenden Arbeitsdrehzahl beschleunigt. Während schließlich die Webmaschine startet, gibt die Fachbildemaschine durch Wiederabbremung zu deren Startunterstützung, d. h. während ihrer Startphase, kinetische Energie ab.

[0007] Die DE 200 21 049 U - insbesondere aufgrund ihrer Fokussierung auf eine Antriebslösung mit gemeinsamen motorischen Elementen für Web- und Fachbildemaschine - legt nahe, dass der Abbremsvorgang der Fachbildemaschine mit Beginn des Webmaschinenstarts einsetzt und während dieses Startvorgangs (praktisch) gleichmäßig erfolgt.

Es hat sich jedoch herausgestellt, dass eine solche Rückeinspeisung nicht optimal ist, da die Fachbildemaschine hierbei zu Beginn des Webmaschinenstarts mehr Energie zurückspeisen würde, als von der Webmaschine benötigt. Im gemeinsamen Umrichterzwischenkreis für die Antriebe von Web- und Fachbildemaschine würde dann das Spannungsniveau stark ansteigen und die Energie müsste im Bremswiderstand in Wärme umgesetzt werden und wäre für den Prozess verloren.

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, den Spitzenleistungsbedarf der Webmaschine durch bessere Ausnutzung der kinetischen Rückspeiseenergie der Fachbildemaschine zu reduzieren, wobei die Prozesssicherheit durch Einhaltung der Spannungsgrenzen im Umrichterzwischenkreis gewährleistet sein soll. Auch sollen keine Abschlüsse in der Startdynamik der Webmaschine in Kauf genommen werden müssen.

[0009] Die Aufgabe wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs.

Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren zum Hochfahren einerseits das Hochfahren der Fachbildemaschine auf eine vorbestimmte Überdrehzahl (im Folgenden Schritt 1 genannt) und andererseits die Einstellung der Drehzahlreduzierung der Fachbildemaschine derart, dass der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbilde-

maschine in einem späteren Abschnitt der Startphase negativer ist als in einem früheren Abschnitt (im Folgenden Schritt 2 genannt).

[0010] Der oben genannte Schritt 1 besteht darin, dass die Überdrehzahl, auf welche die Fachbildemaschine gegenüber der Arbeitsdrehzahl bei erstem Blattanschlag beschleunigt wird, in ihrem Wert und/oder ihrer Obergrenze vorbestimmt, also genau definiert, wird. Besonders bevorzugt wird die Überdrehzahl automatisch wenigstens anhand von Maschinendaten, vorzugsweise aber auch anhand von Prozessdaten, berechnet. Hierauf wird weiter unten detaillierter eingegangen.

[0011] Schritt 2 sieht für einen Zeitbereich t_1 bis t_3 , der zeitlich den Startvorgang von t_2 bis t_3 der Webmaschine vorteilhafterweise vollständig einschließt oder auch mit diesem zusammenfallen kann, für die Drehzahl der Fachbildemaschine einen nicht-rampenförmigen Verlauf vor, also einen - beginnend mit der Überdrehzahl aus Schritt 1 - nicht-konstanten Gradienten. Der Gradientenverlauf ist derart, dass in einem späteren Zeitabschnitt des Startvorgangs der Energierückfluss größer ist als in einem früheren Zeitabschnitt. Dies bedeutet, dass das Abbremsen der Fachbildemaschine nicht vergleichmäßig (rampenartig) über den Webmaschinenstart erfolgt, sondern sich in einem späteren Abschnitt der Startphase und bevorzugt gegen Ende des Webmaschinenstarts verstärkt. Hierdurch wird dem tatsächlichen Energiebedarf der Webmaschine unter Berücksichtigung von Wärme- und sonstigen Verlusten Rechnung getragen.

[0012] Erfindungsgemäß erfolgt das Rückspeisen der Energie bzw. Leistung somit bedarfsadaptiert, d. h. in besonders starkem Maße dann, wenn auch der Bedarf seitens der startenden Webmaschine am stärksten ist.

[0013] Vorteilhafterweise ist im zeitlichen Mittel der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine zwischen dem Zeitpunkt t_2 und einem Zeitpunkt t' weniger negativ als im zeitlichen Mittel zwischen den Zeitpunkten t' und t_3 . Hierbei ist der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine zum Ende der Startphase negativer als in einem früheren Zeitraum der Startphase. Dies bedeutet, dass am Ende der Startphase mehr Energie von der Fachbildemaschine zur Webmaschine rückgespeist wird als am Anfang der Startphase.

[0014] Ein ähnlicher vorteilhafter Drehzahlverlauf sieht vor, dass im zeitlichen Mittel der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine zwischen dem Zeitpunkt t_2 und einem Zeitpunkt t' einen geringeren Absolutwert aufweist als im zeitlichen Mittel zwischen den Zeitpunkten t' und t_3 .

[0015] Besonders bevorzugt ist der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine zum Ende der Startphase am negativsten im gesamten Zeitraum der Startphase. Bei dieser Ausgestaltung ist die Energierückspeisung daher am Ende des Webmaschinenstarts, zum Zeitpunkt t_3 , am größten.

[0016] Wenn der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine ab dem Zeitpunkt t_1 oder t_2 , je nachdem welcher später liegt, eine streng monoton fallende

Funktion ist, steigt der Energiezufluss von der Fachbildemaschine zur Webmaschine stetig an, was den tatsächlichen Energiebedarf der Webmaschine relativ genau widerspiegelt.

[0017] In einer bevorzugten Ausführung wird auch der Drehzahlverlauf für die startende Webmaschine nicht rampenartig vorgegeben, sondern besitzt einen über den gesamten Startvorgang (zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3) oder zumindest zu dessen Ende hin abnehmenden Gradienten. Damit wird die Leistungsaufnahme vergleichmäßig, d. h. die Leistungsspitze zum Ende des Webmaschinenstarts ist weniger ausgeprägt, wodurch die energetische Starthilfe durch die Fachbildemaschine erleichtert wird. Es sei hierbei angemerkt, dass die Drehzahl der Webmaschine vorliegend als der Wert zu verstehen ist, der sich rechnerisch aus ihrer kinetischen Energie und dem energetisch mittleren Massenträgheitsmoment (welches nachfolgend definiert wird) ergibt.

[0018] Wie oben angeführt, wird die besagte Überdrehzahl der Fachbildemaschine vorzugsweise mittels einer Recheneinheit unter Verwendung von Maschinendaten berechnet. Gleichfalls ist es bevorzugt, wenn der Drehzahlverlauf der Fachbildemaschine für die gesamte Startphase der Webmaschine mittels einer Recheneinheit unter Verwendung von Maschinendaten berechnet wird, wobei sich der Drehzahlverlauf der Fachbildemaschine hierbei bevorzugt am rechnerisch erwarteten Leistungsbedarf der startenden Webmaschine orientiert.

[0019] Die besagten Maschinendaten sind vorzugsweise solche, die zum Teil oder alle aus der folgenden Gruppe herangezogen werden: die Massenträgheitsmomente der Fachbildemaschine und/oder der Webmaschine, die energetisch mittleren Massenträgheitsmomente der Fachbildemaschine und/oder der Webmaschine, netz- und einspeiserelevante Daten wie z. B. Kenndaten des gemeinsamen Umrichterzwischenkreises, technische Kenndaten der Antriebe der Fachbild- und der Webmaschine, die Spitzenleistung der Einspeisung, etc.

[0020] Nicht nur Maschinendaten, sondern auch Prozessdaten finden zur Genauigkeitserhöhung bevorzugt Verwendung bei der Berechnung der Überdrehzahl sowie des weiteren Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine. Diese, vorteilhafterweise zumindest teilweise verwendete, Prozessdaten basieren vorzugsweise auf berechneten oder abgeschätzten Webmaschinenverlusten und vorteilhafterweise auch auf Fachbildemaschinenverlusten. Vorzugsweise gehören zu diesen Prozessdaten auch solche, die auf der Dauer der besagten Startphase der Webmaschine basieren.

[0021] Die beiden Schritte 1 und 2 werden im Folgenden genauer erklärt.

[0022] Hinsichtlich des Schritts 1 wird die Überdrehzahl der Fachbildemaschine berechnet. Als Maschinendaten werden vorzugsweise wenigstens zumindest die energetisch mittleren Massenträgheitsmomente von Web- und Fachbildemaschine herangezogen. Das energetisch mittlere Massenträgheitsmoment ist dabei das

Massenträgheitsmoment einer gedachten Schwungmasse, welche, mit gleicher Betriebsdrehzahl wie die Arbeitsmaschine (Web- bzw. Fachbildemaschine) rotierend, die gleiche kinetische Energie wie die betreffende Arbeitsmaschine besitzt.

[0023] Durch das Verhältnis dieser beiden energetisch mittleren Massenträgheitsmomente von Web- und Fachbildemaschine liegt in gleicher Größe auch das Verhältnis ihrer beiden kinetischen Energien ab Hochlaufende fest. Es wäre nun (rechnerisch) möglich, die Fachbildemaschine auf eine derart hohe Überdrehzahl zu beschleunigen, dass bei ihrem nachfolgenden Wieder-Abbremsen so viel Energie abgegeben wird, dass diese zum Start der Webmaschine ausreicht. Hierzu ein Rechenbeispiel für das verlustfreie System:

Für die Webmaschine gelte:

Energetisch mittleres Massenträgheitsmoment:
 $J_{WM} = 2 \text{ kgm}^2$

Arbeitsdrehzahl zum Hochlaufende: $\omega_{Arb} = 600 \text{ min}^{-1}$

Hieraus ergibt sich die kinetische Energie: $W_{kin,WM} = \frac{1}{2} J_{WM} \times \omega_{Arb}^2 = 3948 \text{ J}$

[0024] Für die Fachbildemaschine gelte:

Energetisch mittleres Massenträgheitsmoment:
 $J_{FBM} = 4 \text{ kgm}^2$

Arbeitsdrehzahl zum Hochlaufende: $\omega_{Arb} = 600 \text{ min}^{-1}$

[0025] Daraus folgende kinetische Energie: $W_{kin,FBM} = \frac{1}{2} J_{FBM} \times \omega_{Arb}^2 = 7.896 \text{ J}$

[0026] Um den Energiebedarf der Webmaschine vollständig abdecken zu können, müsste die Fachbildemaschine eine kinetische Energie von $(7896 + 3948) \text{ J} = 11844 \text{ J}$ zu Beginn des Webmaschinenstarts aufweisen, was einer Drehzahl von 735 min^{-1} entspräche. Eine solch große Dimensionierung des Fachbildeantriebs ist aber aus Kostensicht nicht wünschenswert, so dass der obige Ansatz, den Energiebedarf für den Webmaschinenstart komplett aus der Fachbildemaschine zu beziehen, nicht praktikabel ist. Das Rechenbeispiel zeigt jedoch, dass die energetisch mittleren Massenträgheitsmomente sinnvolle Größen für die Bestimmung des Drehzahlprofils bzw. der Bewegungsbahn der Fachbildemaschine während des Webmaschinenstarts sind.

[0027] Eine weitere wichtige Größe stellen die schon oben erwähnten Netz- und Einspeiseverhältnisse dar. Hierbei werden vorzugsweise insbesondere die Kenn-
 50 daten der Einspeisung für den gemeinsamen Umrichter-
 zwischenkreis von Web- und Fachbildemaschine be-
 rücksichtigt.

[0028] Ferner wird vorteilhafterweise die für die Dauer des Webmaschinenstarts anzusetzende Spitzenleistung der Einspeisung, z. B. die zweifache Nennleistung, be-
 55 rücksichtigt. Wichtig ist ebenso, ob ein Vortrafo, z. B. aufgrund von Sondernetzen, z. B. IT-Netze, in der We-

berei, eingesetzt wird. Hier spielen die Leistung und die Kurzschlussspannung bzw. die Innenimpedanz des Vortrafos eine wichtige Rolle.

Die im obigen Umfang angeführten Netz- und Einspeiseverhältnisse seien den Maschinendaten zugeordnet, ebenso wie die technischen Kenn-
 5 daten der Antriebe von Web- und Fachbildemaschine, z. B. Spitzenströme der Regler und/oder Spitzendrehmomente der Aktoren bzw. Motoren.

[0029] Hinsichtlich der Prozessdaten sind vor allem die zu erwartenden Verluste der Webmaschine während des Startvorgangs relevant. Diese lassen sich z. B. aus den Temperaturen des Getriebeöls abschätzen oder - wenn die Webmaschine vorab bereits gelaufen ist - aus deren
 10 gemitteltem Strombedarf unter Berücksichtigung von Standzeit bzw. wiederum der Öltemperatur und einer ggf. neuen Betriebsdrehzahl. Auch die Verluste der Fachbildemaschine inkl. Fachbildemittel (Schäfte, Platinen) werden bevorzugterweise hinzugezogen.

[0030] Aus dem Gesamtenergiebedarf der Webmaschine (Summe aus kinetischer Energie bei Arbeitsdrehzahl und Ausgleich der Verluste) beim Startvorgang und der Startdauer lassen sich die mittlere Leistung und die Spitzenleistung berechnen. Aus den Netz- und Einspeiseverhältnissen wiederum ist abschätzbar, ob und in welchem Maß für diese Leistung (vor allem die Spitzenleistung) die Starthilfe durch die Fachbildemaschine vonnöten bzw. einzusetzen ist.

[0031] Entsprechend diesem Maß wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform mittels des energetisch mittleren Massenträgheitsmoments der Fachbildemaschine deren Überdrehzahl zu Beginn des Webmaschinenstarts bestimmt, so dass bei Wieder-Abbremsung auf die Arbeitsdrehzahl die notwendige Energie bzw. Leistung bereitgestellt werden kann. Würde dies unter
 35 Annahme einer gleichmäßig rampenförmigen Wieder-Abbremsung der Fachbildemaschine über der Zeit geschehen, so erhält man auf diesem Weg den niedrigsten möglichen Wert, den die Überdrehzahl der Fachbildemaschine für die Energierückspeisung haben dürfte.

[0032] Mittels des oben aufgezeigten Weges ist somit allein durch Anwendung des Schritts 1 eine mathematisch eindeutige Vorgabe für das Drehzahlverhalten der Fachbildemaschine zum Zweck der Startunterstützung für die Webmaschine generierbar. Im Rahmen der Erfindung wurde jedoch erkannt, dass - wie bereits oben ausgeführt - ein gleichförmiges, d. h. rampenförmiges, Abbremsen der Fachbildemaschine während des Webmaschinenstarts nicht optimal ist. In diesem Fall würde nämlich die Fachbildemaschine zu Beginn des Webmaschinenstarts weitaus mehr Energie zurückspeisen, als von der Webmaschine benötigt wird. Dies kann sehr schnell, insbesondere bei passiven Netzeinspeisungen, zu einem störungsbedingten Startabbruch wegen unzulässig
 50 hoher Spannung im Umrichterzwischenkreis führen.

[0033] Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch Anwendung des Schritts 2 gelöst. Durch den während des Webmaschinenstarts in einem späteren Abschnitt

der Startphase negativeren Gradienten der Fachbildemaschinen-Drehzahl wird zunächst wenig oder keine Energie in den Umrichterzwischenkreis zurückgespeist, mit zunehmender Zeit und damit zunehmendem Leistungs- bzw. Energiebedarf der Webmaschine entsprechend mehr.

[0034] Vor Durchführung der oben genannten Schritte 1 und 2 wird bevorzugt seitens der besagten Recheneinheit anhand der Maschinen- und ggf. Prozessdaten ermittelt, ob eine energetische Startunterstützung durch die Fachbildemaschine überhaupt vonnöten ist. Wenn ja, wird der Bediener vorteilhafterweise entweder aufgefordert, diese Startunterstützung zu aktivieren bzw. zuzulassen, oder davon in Kenntnis gesetzt, dass sie automatisch aktiviert wurde. Im letzteren Fall ist es aber empfehlenswert, dem Bediener die Möglichkeit zu geben, die Starthilfe wieder zu deaktivieren.

[0035] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 ein Flussdiagramm zur Darstellung einer Berechnungsmethode der Rückspeisung für den Fall eines konstanten Energieübertragungsanteils;

Figur 2 ein schematisches Drehzahl-Zeit-Diagramm mit $t_1 < t_2$ zur Verdeutlichung der Erfindung,

Figur 3 ein schematisches Drehzahl-Zeit-Diagramm mit $t_1 < t_2$ ähnlich wie in Figur 2, allerdings mit einem lokalen Maximum der Drehzahl der Fachbildemaschine, und

Figur 4 ein schematisches Drehzahl-Zeit-Diagramm mit $t_1 > t_2$.

[0036] Figur 1 zeigt eine Berechnungsmethode, die davon ausgeht, zu jedem Zeitpunkt des Webmaschinenstarts den Leistungsbedarf der Webmaschine anteilig zu unterstützen, wobei der Anteil, relativ gesehen, gleich bleibt (z. B. 40%). Der Webmaschinenstart soll so verlaufen, dass die aus der kinetischen Energie und dem energetisch mittleren Massenträgheitsmoment berechnete Drehzahl rampenförmig über der Zeit bis auf die Arbeitsdrehzahl ansteigt. Hierbei wird also der erwartete Leistungsbedarf der Webmaschine mit einem prozentual konstant bleibenden Anteil abgedeckt, was möglich ist, wenn der Zeitpunkt t_2 , d. h. der Startzeitpunkt der Webmaschine, nicht vor dem Zeitpunkt t_1 liegt, zu dem die Fachbildemaschine ihre vorbestimmte Überdrehzahl erreicht hat.

[0037] Im Berechnungsschritt 1A wird aus den Maschinen- und den Prozessdaten 1A' der zunächst maximale Leistungsbedarf der Webmaschine ermittelt. Als Maschinendaten werden in diesem Beispiel die Arbeitsdrehzahl und das energetisch mittlere Massenträgheitsmoment der Webmaschine herangezogen. Als Prozessdaten gehen die zu erwartenden Verluste bzw. Verlustmomente

der Webmaschine und die Startdauer, ausgedrückt als Zeit bzw. überstrichener Winkelbereich, ein.

[0038] Zweckmäßigerweise errechnet man zunächst die kinetische Energie der Webmaschine zum Ende des Startvorganges, also bei Arbeitsdrehzahl. Diese Energie ergibt, geteilt durch den überstrichenen Winkelbereich, das mechanisch wirksame Beschleunigungsmoment. Zu diesem wird das erwartete Verlustmoment bei Arbeitsdrehzahl addiert, welches hauptsächlich von der Öltemperatur in den Getrieben abhängig ist. Das so entstehende Summenmoment liefert, multipliziert mit der Arbeitsdrehzahl, die maximale Bedarfsleistung der Webmaschine.

[0039] Diese maximale Bedarfsleistung wird nun ihrerseits denjenigen Maschinendaten gegenüber gestellt, welche die Netz- bzw. Einspeiseverhältnisse charakterisieren; hierzu gehören die Kenndaten eines etwaigen Vortrafos (Nennleistung, Kurzschlussspannung bzw. Innenimpedanz) sowie die Kenndaten der Einspeiseeinheit für den Umrichter-Zwischenkreis (passive oder aktive Netzeinspeisung, ggf. Hochsetzsteller-Funktion, Spitzenleistung). Die Gegenüberstellung ist eine Abschätzung. Beispielsweise ist in Tabellen hinterlegt, bei welcher Spitzenleistung der betreffende Vortrafo bzw. die betreffende Einspeiseeinheit welchen Spannungseinbruch erwarten lässt. Ist der so zu erwartende Gesamt-Spannungseinbruch im Umrichterzwischenkreis dann so stark, dass entweder der Spannungsbedarf an den Motorenklemmen nicht mehr abgedeckt werden kann und/oder die Unterspannungsüberwachung des Umrichterzwischenkreises auslösen und einen Startabbruch verursachen würde, so muss entsprechend zusätzliche Energie bzw. Leistung seitens der Fachbildemaschine eingespeist werden. Dieser von der Fachbildemaschine zuzuschießende Leistungsanteil wird als Wert 1a' (Bedarf) vom Berechnungsschritt 1A ausgegeben.

[0040] Es ist zweckmäßig, wenn zeitgleich oder zeitnah parallel zum Berechnungsschritt 1A ein Berechnungsschritt 1B ausgeführt wird, in welchem das bekannte Spitzendrehmoment des Fachbildeantriebs mit dessen Arbeitsdrehzahl multipliziert wird. Man erhält die Spitzenleistung des Fachbildeantriebes. Ggf. wird zuvor vom Spitzendrehmoment noch ein Verlustmoment abgezogen. Die so berechnete Spitzenleistung des Fachbildeantriebs wird als Wert 1b' (Möglichkeit) vom Berechnungsschritt 1B ausgegeben.

[0041] Im Berechnungsschritt 2 werden zunächst 1a' (Bedarf) und 1b' (Möglichkeit) verglichen. Ist der Bedarf größer als die Möglichkeit, sind Probleme der vorgenannten Art beim Start auf die beabsichtigte Arbeitsdrehzahl nicht auszuschließen. Es wird im Schritt 2B daher eine Reaktion ausgelöst. Diese kann in einer Warnmeldung an den Bediener bestehen, ggf. verbunden mit der Aufforderung, eine niedrigere Arbeitsdrehzahl anzuwählen und die Maschine testweise zu starten, s. Pfad 2b'. So lassen sich die Abschätzungen aus Schritt 1A durch ein tatsächlich beobachtetes Verhalten des Umrichterzwi-

schenkreises korrigieren. Eine andere Möglichkeit besteht darin, unter einer entsprechenden Hinweismeldung an den Bediener, automatisch die Arbeitsdrehzahl zu verringern. Auch hier kann dann der betreffende Maschinenstart zur Verifizierung und ggf. Korrektur der Annahmen aus Schritt 1A dienen. Die reduzierte Arbeitsdrehzahl sollte hierbei so berechnet werden, dass für sie der Bedarf 1a' genauso hoch ist wie die Möglichkeit 1b'.

[0042] Der kleinere der beiden Werte 1a', 1b' - mathematisch ausgedrückt in $\min(1a', 1b')$ - wird als 2c' an einen Berechnungsschritt 3 übergeben. Indem man die Hälfte dieser Spitzenleistung mit der benötigten Zeit des Webmaschinenstarts multipliziert, erhält man die seitens der Fachbildemaschine zuzuschießende Energie, die sie also zum Zeitpunkt des Webmaschinenstarts t2 vorhalten muss. Aus dieser Zusatzenergie, der Arbeitsdrehzahl und dem energetisch mittleren Massenträgheitsmoment der Fachbildemaschine errechnet sich die Überdrehzahl $\omega_{\ddot{U},FBM}$, welche die Fachbildemaschine zum Zeitpunkt t2 - im Vergleich zur Arbeitsdrehzahl - haben muss. (s. zum Verständnis auch das weiter oben angeführte Rechenbeispiel für ein verlustfreies System).

[0043] Der Leistungsbedarf der Webmaschine beim Start entwickelt sich drehzahl- und zeitproportional, dementsprechend - gemäß obiger Vereinbarung für dieses Verfahren - auch die seitens der Fachbildemaschine zuzuschießende Leistung (bis schließlich hin zum Wert 2c'). Aus dieser Tatsache und dem bereits bekannten Wert für $\omega_{\ddot{U},FBM}(t2)$ lässt sich nunmehr für jeden beliebigen Zeitpunkt t bis zum Abschluss des Webmaschinenstarts zum Zeitpunkt t3 der Wert $\omega_{FBM}(t)$ für die Drehzahl der Fachbildemaschine berechnen. Durch Integration über die Zeit erhält man den Winkelverlauf $\varphi_{FBM}(t)$.

Abhängig davon, wie der Antriebsregler die Vorgabe benötigt, werden z.B. für äquidistante Zeitpunkte im Bereich [t2 ... t3] Wertepaare (Stützstellen) mit dem zugehörigen Ordinatenwert von $\omega_{FBM}(t)$ bzw. $\varphi_{FBM}(t)$ gebildet, aus welchen eine Software-Routine (ggf. im Antriebsregler selbst) einen mathematischen Ausdruck entsprechend einer elektronischen Kurvenscheibe generiert. Die Weitergabe der für die Berechnung notwendigen Daten von der Webmaschine sind in der Figur 1 mit 1a" bezeichnet.

[0044] Eine andere vorteilhafte Berechnungsmethode ist die Verwendung von Polynomen, deren Koeffizienten so bestimmt werden, dass dadurch der Drehzahl- bzw. Winkelverlauf der Fachbildemaschine für den Bereich des Webmaschinenstarts in gewünschter Weise vordefiniert wird.

[0045] In der Figur 2 sind drei beispielhafte Verläufe der Drehzahlen der Fachbildemaschine (FBM) und der Webmaschine (WM) als Funktion der Zeit entsprechend der Erfindung dargestellt. Zum Zeitpunkt t0 wird die Fachbildemaschine gestartet und bis zum Zeitpunkt t1 auf die vorbestimmte, insbesondere berechnete Überdrehzahl $\omega_{\ddot{U},FBM}$ gefahren (s. oben). Zum Zeitpunkt t2 wird die Webmaschine gestartet und in einer Startphase, die vom Zeitpunkt t2 bis zu einem Zeitpunkt t3 reicht, auf eine Arbeitsdrehzahl ω_{arb} hochgefahren. Während dieser

Startphase wird Energie von der Fachbildemaschine zur Webmaschine definiert zurückgespeist, wobei oben eine diesbezüglich mögliche Berechnungsmethode vorgestellt wurde.

[0046] Erfindungswesentlich ist, dass der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine in einem späteren Abschnitt der Startphase der Webmaschine (die zwischen den Zeitpunkten t2 und t3 liegt) negativer ist als in einem früheren Abschnitt. Hierbei grenzt nicht zwangsläufig der spätere Abschnitt an den Zeitpunkt t3 und/oder der frühere Abschnitt an den Zeitpunkt t2 (oder t1, wenn t1 später liegt als t2, s. Figur 4); vielmehr können auch Gradientenverläufe innerhalb des Zeitraums zwischen den Zeitpunkten t2 (oder t1, wenn t1 später liegt als t2) und t3 miteinander verglichen werden.

[0047] Der Figur 2 ist zu entnehmen, dass in diesem Ausführungsbeispiel der mit durchgezogener Linie dargestellte Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine (hier als FBM' bezeichnet) zum Ende der Startphase sogar am negativsten in Bezug auf den gesamten Zeitraum der Startphase ist, d. h. dass die Kurve im Zeitpunkt t3 die größte negative Steigung im Bereich zwischen t2 und t3 aufweist. Vorzugsweise ist der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine zwischen dem Zeitpunkt t2 und einem in der Figur 2 beispielhaft markierten Zeitpunkt t' weniger negativ als im zeitlichen Mittel zwischen den Zeitpunkten t' und t3.

[0048] Es ist auch möglich, dass der Drehzahlverlauf der Fachbildemaschine zwischen den Zeitpunkten t2 und t3 in einem frühen Stadium der Startphase sogar kurzfristig einen positiven Gradienten, d. h. eine positive Steigung, besitzt, bevor der Gradient dann wieder negativ wird.

[0049] Der mit durchgezogener Linie dargestellte Drehzahlverlauf der Webmaschine (hier als WM' bezeichnet) ist in der Figur 2 linear rampenförmig ansteigend dargestellt, wie dies bei der obigen Berechnungsmethode angenommen wurde. Gestrichelt ist ein alternativer Drehzahlverlauf für die Webmaschine (hier als WM" bezeichnet) wiedergegeben, bei dem die Drehzahl während des Hochfahrens zwischen den Zeitpunkten t2 und t3 einen abnehmenden positiven Gradienten aufweist. Bei einem solchen Verlauf ist die Leistungsaufnahme gleichmäßiger als bei einem linearen Hochfahren, da die Leistungsspitze zum Ende des Webmaschinenstarts weniger ausgeprägt ist. Ein beispielhafter entsprechender Drehzahlverlauf der Fachbildemaschine (hier als FBM" bezeichnet) ist ebenfalls gestrichelt dargestellt. Derer flacherer Verlauf im Vergleich zum Drehzahlverlauf FBM', insbesondere zum Ende der Startphase der Webmaschine hin, d. h. am Zeitpunkt t3, entspricht dem dort flacheren Verlauf WM" der Webmaschine, da die Energierückspeisung zum Ende der Startphase der Webmaschine geringer ist als für den zuvor diskutierten Fall des rampenförmigen Anstiegs der Drehzahl WM' der Webmaschine.

[0050] Weiterhin ist eine dritte Variante in Figur 2 mit strichpunktuierten Linien eingezeichnet. Der Drehzahlver-

lauf der Webmaschine (hier als WM" bezeichnet) weist eine S-Form auf, welche sich auch im Drehzahlverlauf der Fachbildemaschine (hier als FBM") bezeichnet, wiederfindet. Die Energierückspeisung von der Fachbildemaschine an die Webmaschine ist - nach jeweils flacheren Drehzahlverläufen im Anschluss an den Zeitpunkt t2 - während des stärksten Anstiegs der Drehzahl der Webmaschine besonders groß. Zum Ende der Startphase der Webmaschine flachen beiden Drehzahlverläufe, FBM" und WM", wieder ab.

[0051] In der Figur 3 ist der oben geschilderte Fall eines lokalen Maximums der Drehzahl der Fachbildemaschine dargestellt. Es muss jeweils geprüft werden, ob dies oberhalb der zulässigen Maximaldrehzahl der Fachbildemaschine liegt.

[0052] In der Figur 4 ist der Fall wiedergegeben, dass der Zeitpunkt t1 später liegt als der Zeitpunkt t2. Da - wie eingangs beschrieben - aus Bedarfsicht die Webmaschine am Anfang der Startphase nicht von einer Unterstützung seitens der Fachbildemaschine profitiert, kann die Webmaschine schon gestartet werden (zum Zeitpunkt t2), bevor die Fachbildemaschine ihre berechnete Überdrehzahl zum Zeitpunkt t1 erreicht. Wichtig ist, dass sie anschließend bereit ist, Energie an die Webmaschine im Zeitintervall von t1 bis t3 zu übertragen.

[0053] Die Ansteuerung des Hauptantriebs der Webmaschine und des elektronischen Nebenantriebs der Fachbildemaschine wird von einer Steuerung übernommen, die Stand der Technik ist und deswegen hier nicht näher beschrieben wird. Die oben genannten Berechnungen werden mit einer Recheneinheit durchgeführt, die mit der besagten Steuerung verbunden ist.

[0054] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Abwandlungen im Rahmen der Patentansprüche sind ebenso möglich wie eine Kombination der Merkmale, auch wenn diese in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellt und beschrieben sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum kontrollierten Hochfahren einer Webmaschine und einer Fachbildemaschine,
 - wobei die Webmaschine und die Fachbildemaschine mit einer Steuerung verbunden sind,
 - wobei die Webmaschine mittels eines Hauptantriebs angetrieben wird,
 - wobei die Fachbildemaschine mittels eines elektromotorischen Nebenantriebs angetrieben wird,
 - wobei die Web- und die Fachbildemaschine mittels eines gemeinsamen Umrichterzwischenkreises zur Energieflussübertragung verbunden sind,
 - wobei die Fachbildemaschine zu einem Zeitpunkt t0 gestartet und bis zu einem Zeitpunkt t1

auf eine vorbestimmte Überdrehzahl gefahren wird, die oberhalb ihrer Arbeitsdrehzahl liegt, wobei der Zeitpunkt t1 vor einem Zeitpunkt t3 liegt,

- wobei die Webmaschine zu einem Zeitpunkt t2 gestartet wird und wobei die Startphase der Webmaschine in dem Zeitintervall vom Zeitpunkt t2 bis zum Zeitpunkt t3 liegt, und

- wobei eine Leistungsübertragung in Form einer Rückspeisung mittels des Umrichterzwischenkreises von der Fachbildemaschine zur Webmaschine in der besagten Startphase vorgenommen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine in einem späteren Abschnitt der Startphase negativer ist als in einem früheren Abschnitt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im zeitlichen Mittel der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine zwischen dem Zeitpunkt t2 und einem Zeitpunkt t' weniger negativ ist als im zeitlichen Mittel zwischen den Zeitpunkten t' und t3.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine zum Ende der Startphase am negativsten im gesamten Zeitraum der Startphase ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gradient des Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine ab dem späteren der beiden Zeitpunkte t1 oder t2 eine streng monoton fallende Funktion ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die besagte Überdrehzahl der Fachbildemaschine mittels einer Recheneinheit unter Verwendung von Maschinendaten berechnet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Berechnung der Überdrehzahl und des weiteren Drehzahlverlaufs der Fachbildemaschine zusätzlich Prozessdaten, zumindest solche basierend auf berechneten oder abgeschätzten Webmaschinenverlusten und vorteilhafterweise auch auf Fachbildemaschinenverlusten, bevorzugt auch basierend auf der Dauer der besagten Startphase der Webmaschine, in die besagten Rechnungen einfließen.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehzahlverlauf für die Webmaschine in der besagten Startphase derart vorgegeben wird, dass er zumindest zu deren Ende

hin einen abnehmenden, d. h. weniger positiven, Gradienten aufweist.

Claims

1. Method for the controlled run-up of a weaving machine and a shedding machine,

wherein the weaving machine and the shedding machine are connected with a controller, wherein the weaving machine is driven by means of a main drive, wherein the shedding machine is driven by means of an electric motor auxiliary drive, wherein the weaving and the shedding machine are connected by means of a common converter intermediate circuit for the energy flow transmission,

wherein the shedding machine is started at a time point t0 and is run-up until a time point t1 to a predetermined overspeed that lies above its operating rotational speed, wherein the time point t1 lies before a time point t3,

wherein the weaving machine is started at a time point t2, and wherein the start phase of the weaving machine lies within the time interval from the time point t2 to the time point t3, and

wherein a power transmission by means of the converter intermediate circuit from the shedding machine to the weaving machine is carried out in the stated start phase,

characterized in that the gradient of the rotational speed curve of the shedding machine is more negative in a later section of the start phase than in an earlier section.

2. Method according to claim 1, **characterized in that**, in the time average, the gradient of the rotational speed curve of the shedding machine between the time point t2 and a time point t' is less negative than , in the time average, between the time points t' and t3.

3. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the gradient of the rotational speed curve of the shedding machine toward the end of the start phase is the most negative in the entire time span of the start phase.

4. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the gradient of the rotational speed curve of the shedding machine is a strictly monotonic declining function as of the later of the two time points t1 or t2.

5. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the stated overspeed of the shedding machine is calculated by means of a computing unit with the use of machine data.

6. Method according to claim 5, **characterized in that** for the calculation of the overspeed and of the further rotational speed curve of the shedding machine, additionally process data, at least such process data based on calculated or estimated weaving machine losses and advantageously also on shedding machine losses, preferably also based on the duration of the stated start phase of the weaving machine, are incorporated into the stated calculations.

7. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the rotational speed curve for the weaving machine in the stated start phase is predetermined in such a manner that at least toward its end it comprises a decreasing, i.e. less positive, gradient.

Revendications

1. Procédé pour l'accélération contrôlée d'une machine de tissage et une machine de formation de foule,

dans lequel la machine de tissage et la machine de formation de foule sont reliées avec une commande,

dans lequel la machine de tissage est entraînée à l'aide d'un entraînement principal,

dans lequel la machine de formation de foule est entraînée à l'aide d'un entraînement auxiliaire électromoteur,

dans lequel la machine de tissage et la machine de formation de foule sont reliées au moyen d'un circuit convertisseur intermédiaire commun pour la transmission du flux énergétique,

dans lequel la machine de formation de foule est démarrée à un instant t0 et amenée jusqu'à un instant t1 à une survitesse prédéterminée qui est supérieure à sa vitesse de travail, sachant que l'instant t1 est antérieur à un instant t3, dans lequel la machine de tissage est démarrée à un instant t2 et dans lequel la phase de démarrage de la machine de tissage se situe dans l'intervalle de temps allant de l'instant t2 à l'instant t3, et

dans lequel une transmission de puissance sous la forme d'un retour de tension en entrée au moyen du circuit convertisseur intermédiaire est effectuée dans ladite phase de démarrage de la machine de formation de foule vers la machine de tissage,

caractérisé en ce que le gradient de la courbe de vitesse de la machine de formation de foule est plus négatif dans une phase ultérieure de la phase de démarrage que dans une phase antérieure.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le gradient de la courbe de vitesse de la machine

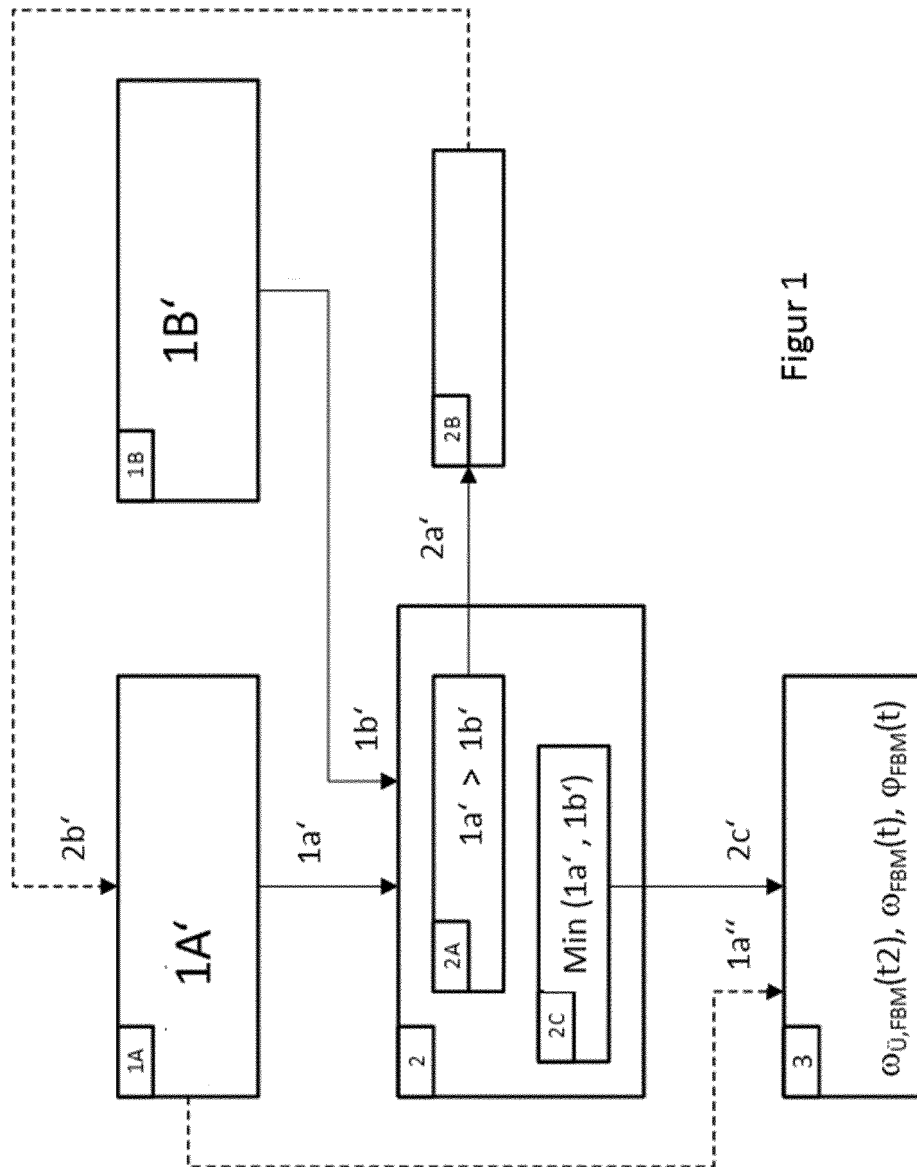
de formation de foule, en moyenne temporelle, est moins négatif entre l'instant t_2 et un instant t' que, en moyenne temporelle, entre les instants t' et t_3 .

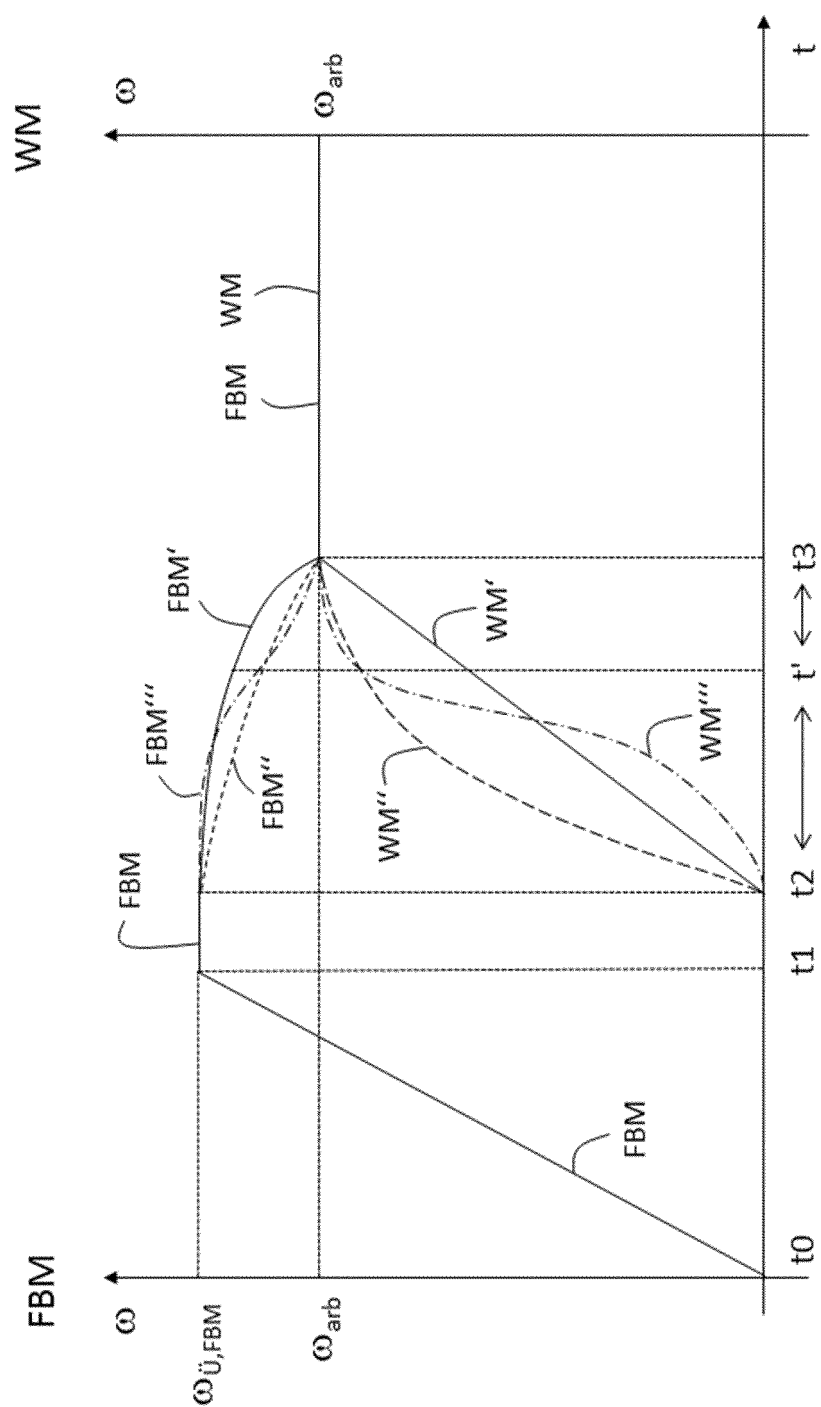
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le gradient de la courbe de vitesse de la machine de formation de foule, à la fin de la phase de démarrage, est le plus négatif sur toute la durée de la phase de démarrage. 5
4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le gradient de la courbe de vitesse de la machine de formation de foule est une fonction strictement décroissante monotone à partir du dernier des deux instants t_1 ou t_2 . 10
15
5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ladite survitesse de la machine de formation de foule est calculée au moyen d'un dispositif logique-arithmétique par utilisation de données machine. 20
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** pour calculer la survitesse et la courbe de vitesse ultérieure de la machine de formation de foule, en outre des données de processus, au moins celles basées sur des pertes calculées ou estimées de la machine de tissage et, de préférence, également, de la machine de formation de foule, de préférence basées également sur la durée de ladite phase de démarrage de la machine de tissage, entrent également dans lesdits calculs. 25
30
7. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la courbe de vitesse pour la machine de tissage dans ladite phase de démarrage est allouée de manière à présenter un gradient décroissant, c'est-à-dire moins positif, au moins vers la fin de celle-ci. 35
40

45

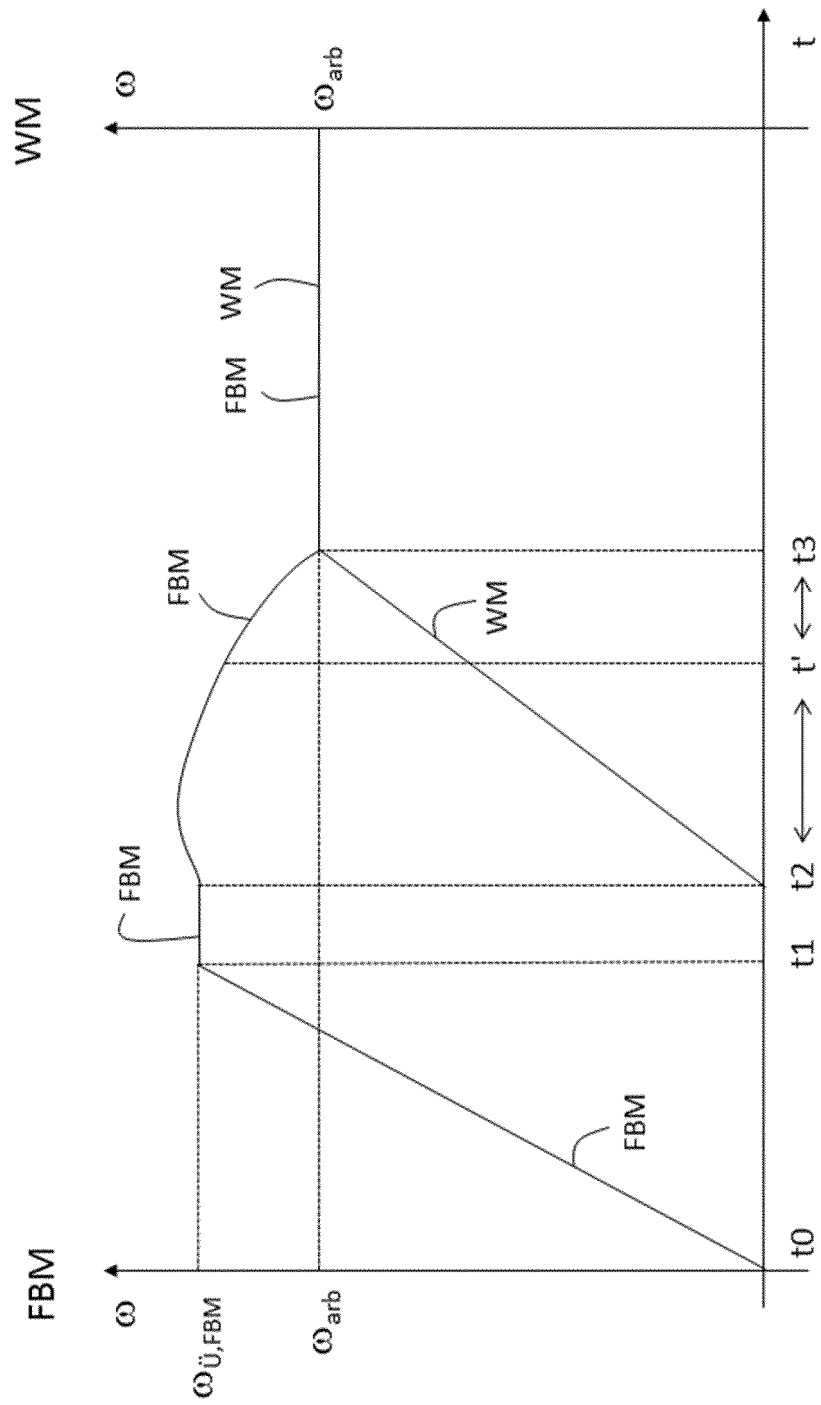
50

55

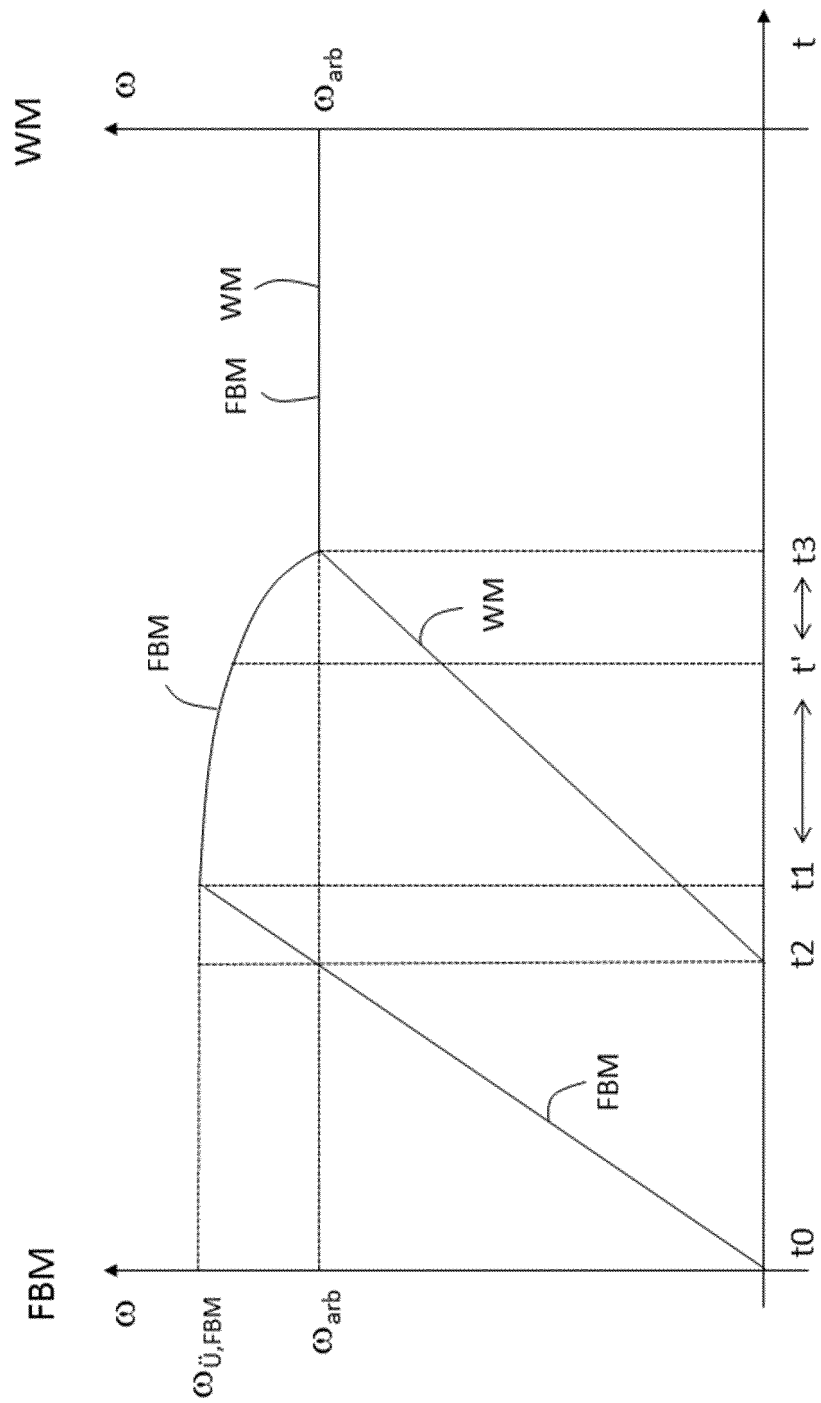




Figur 2



Figur 3



Figur 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 20021049 U1 [0006]
- DE 10053079 C1 [0006]
- DE 20021049 U [0007]