

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 513 954 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **92250121.8**

51 Int. Cl.⁵: **B21B 21/00**

22 Anmeldetag: **13.05.92**

30 Priorität: **15.05.91 DE 4116307**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.11.92 Patentblatt 92/47

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE

71 Anmelder: **MANNESMANN Aktiengesellschaft
Mannesmannufer 2
W-4000 Düsseldorf 1(DE)**

72 Erfinder: **Gerretz, Josef
Lortzingstrasse 4
W-4060 Viersen 12(DE)
Erfinder: Baensch, Michael
Poethenburg 76
W-4050 Mönchengladbach(DE)
Erfinder: Rehag, Klaus
Mülforter Strasse 140
W-4050 Mönchengladbach(DE)**

74 Vertreter: **Meissner, Peter E., Dipl.-Ing. et al
Patentanwaltsbüro Meissner & Meissner,
Herbertstrasse 22
W-1000 Berlin 33(DE)**

54 **Verfahren zum Drehmomentenausgleich an einer Antriebseinrichtung eines
Pilgerschrittwalzwerkes.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Drehmomentenausgleich am Antrieb eines über einen Kurbelbetrieb Linear hin- und herbewegten Walzgerüsts eines Pilgerschrittwalzwerkes, insbesondere Kaltpilgerwalzwerkes. Um bisher bestehende Nachteile zu vermeiden und einen Drehmomentenausgleich zu schaffen, der den Generatorbetrieb des Motors der Antriebseinrichtung, also in Motordrehrichtung auf den Motor wirkende Drehmomente, sicher und mit geringem Bauaufwand vermeidet, wird vorgeschlagen, daß dem Antriebsmotor der aus den kinematischen Abmessungen, den bewegten Massen sowie den äußeren Lasten rechnerisch ermittelte Drehzahlverlauf des Kurbeltriebes als Soll-Drehzahlverlauf vorgegeben wird.

EP 0 513 954 A2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Drehmomentausgleich am Antrieb eines über einen Kurbeltrieb linear hin- und herbewegten Walzgerüsts eines Pilgerschrittwalzwerkes, insbesondere Kaltpilgerwalzwerk.

Die oszillierende Bewegung des Walzgerüsts eines Pilgerschrittwalzwerkes hat zur Folge, daß die kinetische Energie des Walzgerüsts über den Weg stark variiert. Ohne Gegenmaßnahmen würde der Kurbeltrieb zweimal je Periode den Motor überholen wollen, ihn also in den Generatorbetrieb bringen. Der sich daraus ergebende periodische Wechsel von Motor- und Generatorbetrieb wirkt sich verschleißfördernd auf den Motor aus und erhöht außerdem den Energieverbrauch des Walzwerkes. Die Energie, die der Motor dem Kurbeltrieb während des Generatorbetriebs entzieht, muß dem Kurbeltrieb während des darauffolgenden Motorbetriebes wieder zugeführt werden.

Weil aber die im Generatorbetrieb erzeugte elektrische Energie im Motorbetrieb nicht genutzt werden kann, hat dieser Energieanteil für den Betreiber des Walzwerkes den Charakter einer Scheinleistung, die die Betriebskosten unnötigerweise steigen läßt.

Um den periodischen Wechsel von Generator- und Motorbetrieb zu vermeiden, haben sich grundsätzlich zwei unterschiedliche Konstruktionen bewährt. So ist beispielsweise aus dem deutschen Patent 10 64 461 bekannt, den die Bewegung des Walzgerüsts erzeugenden Kurbeltrieb um einen ähnlichen Kurbeltrieb zu ergänzen, der um 90 Grad phasenverschoben betrieben wird. Auf diese Weise kann ein ständiger Austausch kinetischer Energie zwischen beiden Kurbeltrieben stattfinden. Dieses Verfahren bietet zwar den Vorteil, daß die Kurbeldrehzahlen und das Kurbelmoment, somit auch Motordrehzahl und Motormoment über einen Bewegungszyklus nahezu konstant sind, doch hat es den Nachteil, daß der maschinenbauliche Aufwand sehr groß ist. Dies gilt auch für den Raumbedarf, weil im allgemeinen tiefe Fundamente erforderlich sind. Schließlich werden nur schwer ausgleichbare Massenkräfte höherer Ordnung erzeugt.

Ein anderer Weg zur Lösung des Problems sieht den Drehmomentausgleich durch Zwischenschaltung ungleichmäßig übersetzender Getriebe vor. Wenn man einen Kurbeltrieb, der ein Walzgerüst bewegt, auf eine bestimmte Drehzahl beschleunigt, und ihn dann vom Antrieb abkoppelt, wird sich die Drehzahl der Kurbelwelle periodisch ändern. Im Fall von Reibungsfreiheit wird diese Aussage für beliebig lange Zeiträume gelten. Setzt man nun zwischen den Antrieb und die Kurbelwelle ein ungleichmäßig übersetztes Getriebe, das bei konstanter Antriebsdrehzahl auf der Abtriebsseite genau den Drehzahlverlauf aufweist, den der Kurbeltrieb im nichtangetriebenen Zustand hätte, kann der Kurbeltrieb ebenfalls mit konstanter Motordrehzahl und konstantem Motormoment angetrieben werden. Das Zwischengetriebe muß die konstante Drehzahl in eine veränderliche Drehzahl umwandeln, die dem freien Drehzahlverlauf des Kurbeltriebes entspricht. Da die Drehzahlschwankungen des Kurbeltriebs von der jeweiligen Drehzahl abhängig sind, muß das Zwischengetriebe in seinem Übertragungsverhalten veränderlich sein.

Ein Zwischengetriebe, das tatsächlich zum Drehmomentausgleich eingesetzt wird, ist das Kardangelenk, das durch Veränderung des Knickwinkels im Gelenk an die Drehzahlschwankungen angepaßt werden kann (Deutsches Patent 20 30 995).

Letztgenanntes Verfahren hat ebenfalls zum Nachteil, daß ein großer konstruktiver Aufwand erforderlich ist, um die Einstellung des Drehmomentausgleichs auf eine bestimmte Drehzahl zu ermöglichen. Beim Wechsel auf eine andere Betriebsdrehzahl kommt der Motor wieder in den Generatorbetrieb, wenn nicht automatisch der Drehmomentausgleich angepaßt wird. Zudem läßt sich der Einfluß der Last auf den Drehmomentausgleich nicht berücksichtigen.

Ausgehend von dem geschilderten Stand der Technik und den beschriebenen Nachteilen ist es Ziel der vorliegenden Erfindung, einen Drehmomentausgleich zu schaffen, der den Generatorbetrieb des Motors der Antriebseinrichtung, also in Motordrehrichtung auf den Motor wirkende Drehmomente, sicher und mit geringem Bauaufwand vermeidet.

Zur Lösung der Aufgabe wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß dem Antriebsmotor der aus den kinematischen Abmessungen, den bewegten Massen sowie den äußeren Lasten rechnerisch ermittelte Drehzahlverlauf des Kurbeltriebes als Soll-Drehzahlverlauf vorgegeben wird.

Günstige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung hat erkannt, daß ein optimaler Drehmomentausgleich zu verwirklichen ist, wenn die Soll-Drehzahl des Motors nicht kleiner wird, als die augenblickliche Ist-Drehzahl. Der Generatorbetrieb wird sicher vermieden, wenn die Soll-Drehzahl des Antriebsmotors stets der Drehzahl entspricht, auf die er gerade durch die Last beschleunigt oder verzögert wird. Um das sicherzustellen ist es notwendig, den sich einstellenden Drehzahlverlauf zu kennen. Dieser läßt sich genau vorausberechnen, wenn die kinematischen Abmessungen, die bewegten Massen und die äußeren Lasten bekannt sind. Der errechnete Drehzahlverlauf, den ein reibungsfreier Kurbeltrieb im mit konstantem Drehmoment angetriebenen Zustand aufweisen würde, wird dem Antriebsmotor als Soll-Drehzahlverlauf vorgegeben.

Die Erfindung bewirkt, daß Beschleunigungs- oder Bremsmomente nicht mehr vom Motor aufgebracht werden müssen. Im stationären Bereich arbeitet der Motor nur gegen die Reibungsverluste und die äußeren

Lasten an. Bei fehlender äußerer Last arbeitet der Motor dann sogar nur gegen die nahezu konstanten Reibungsverluste an, das Motormoment ist dann ungefähr konstant.

Das vorgeschlagene System wird mit einem schnellen Rechner betrieben, der in Abhängigkeit von der jeweiligen Kurbelposition die Kurbeldrehzahl vorausberechnet und dem Antriebssystem mitteilt. Derartige Systeme, die die notwendige Regelgeschwindigkeit und Regelgenauigkeit erfüllen, sind Stand der Technik.

Um die Drehzahl berechnen zu können, sind im Rechner

- a) das reduzierte Massenträgheitsmoment J_{red} des Kurbeltriebes,
- b) die potentielle Energie E_{pot} des Kurbeltriebes,
- c) die auf ein reduziertes Drehmoment M_L an der Kurbel umgerechnete Last

als Funktion des Kurbelwinkels ϕ gespeichert. Ausgehend von der Kurbelwinkelgeschwindigkeit ω_0 in der Position ϕ_0 der Kurbel werden für die übrigen Kurbelwinkel ϕ die Winkelgeschwindigkeiten der Kurbel mit folgender Formel ermittelt.

$$\omega(\varphi) = \sqrt{\frac{2}{J_{red}(\varphi)} [\Delta W(\varphi) + E_{pot}(\varphi_0) - E_{pot}(\varphi) + \frac{1}{2} J_{red}(\varphi_0) \omega_0^2]}$$

Der Arbeitsüberschuß $\Delta W(\phi)$ ergibt sich zu

$$\Delta W(\phi) = \int_{\phi_0}^{\phi} [M_{Mot,red} - M_L(\phi)] d\phi$$

wobei das als konstant angenommene reduzierte Motormoment

$$M_{Mot,red} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} M_L d\varphi$$

dem mechanischen System Kurbeltrieb während einer Periode so viel Energie zuführt, wie ihm durch die übrigen äußeren Lasten entzogen wird.

Dieses reduzierte Motormoment ist lediglich eine Rechengröße, es ist nicht zu verwechseln mit dem tatsächlichen Motormoment. Das tatsächliche Motormoment wird von dem "reduzierten Motormoment" zumindest um den Anteil zur Überwindung von Reibungsverlusten unterschiedlich sein.

Der Startwert ω_0 auf dessen Kenntnis die Vorausberechnung des Winkelgeschwindigkeitsverlaufs $\omega(\phi)$ basiert, muß iterativ bestimmt werden. Dazu wird ω_0 so lange verändert, bis die Bedingung

$$\bar{n} = \frac{1}{T} = \frac{1}{\int_0^T dt} = \frac{1}{\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{\omega(\varphi)}}$$

mit $\bar{n}$ als vorgegebenem Drehzahlmittelwert hinreichend genau erfüllt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Drehmomentausgleich am Antrieb eines über einen Kurbeltrieb linear hin- und herbewegten Walzgerüsts eines Pilgerschrittwalzwerkes, insbesondere Kaltpilgerwalzwerkes, dadurch gekennzeichnet, daß dem Antriebsmotor der aus den kinematischen Abmessungen, den bewegten Massen sowie den äußeren Lasten rechnerisch ermittelte Drehzahlverlauf des Kurbeltriebes als Soll-Drehzahlverlauf vorgegeben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Berechnung der Soll-Drehzahlwerte das reduzierte Massenträgheitsmoment des Kurbeltriebes,

die potentielle Energie des Kurbeltriebes und die auf ein reduziertes Drehmoment an der Kurbel umgerechnete Last als Funktion des Kurbelwinkels in einem schnellen Rechner abgelegt werden und ausgehend von der Kurbelwinkelgeschwindigkeit in einer bestimmten Position der Kurbel die Winkelgeschwindigkeiten für die übrigen Kurbelwinkel errechnet werden, wobei das Ergebnis zur Bildung des jeweiligen Drehzahlsollwertes verarbeitet dem Motor der Antriebseinrichtung mitgeteilt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Startwert der Kurbelwinkelgeschwindigkeit in der Ausgangsposition des Kurbelwinkels iterativ bestimmt wird.