

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 338 544 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.08.2003 Patentblatt 2003/35

(51) Int Cl.7: **B65H 54/52**

(21) Anmeldenummer: **03003311.2**

(22) Anmeldetag: **13.02.2003**

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

(72) Erfinder:
• **Bamberg, Jörg
37269 Eschwege (DE)**
• **Rom, Jürgen
99974 Mühlhausen (DE)**

(30) Priorität: **21.02.2002 DE 10207900**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Rehberg + Hüppe
Postfach 31 62
37021 Göttingen (DE)**

(71) Anmelder: **GEORG SAHM GMBH & CO. KG
D-37269 Eschwege (DE)**

(54) **Spulmaschine und Verfahren zum aufwickeln eines kontinuierlich zulaufenden Fadens auf eine Spule**

(57) Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Aufwickeln eines kontinuierlich zulaufenden Fadens auf eine Spule einer Spulmaschine aufgezeigt, bei dem ein Drehteller, auf dem zwei antreibbare Spulspindeln drehbar gelagert sind, gegenüber einer Kontaktwalze kontinuierlich mit sich in der Regel ändernden Winkelgeschwindigkeiten unabhängig von einer Bewegung der Kontaktwalze gedreht wird. Der Faden wird mit einer Verlegeeinrichtung über die Kontaktwalze auf die Spule aufgewickelt. Der Abstand zwischen der Achse der Kontaktwalze und der Achse der in Betrieb befindlichen Spulspindel wird im Sinne einer Vergrößerung entsprechend dem wachsenden Durchmesser der Spule ohne Unterbrechung des Antriebes des Drehtellers verändert. Der jeweils aktuelle Durchmesser D_S der Spule wird aus der ermittelten Drehzahl n_S der Spulspindel und aus der ermittelten Drehzahl n_K der Kontaktwalze

oder der ermittelten Zuliefargeschwindigkeit des Fadens berechnet. An festgelegten Stützpunkten über die Spulreise wird der jeweils aktuelle Istdrehwinkel α_{ist} des Motors des Drehtellers ermittelt und unter Anwendung einer Formel betreffend die geometrischen Beziehungen der Spulmaschine oder durch Vergleich mit einer hinterlegten Wertetabelle der jeweils aktuelle Soll Drehwinkel α_{soll} des Motors des Drehtellers, der zu dem jeweils aktuellen Durchmesser D_S der Spule gehört, ermittelt. An den festgelegten Stützpunkten wird eine jeweils aktuelle Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ zwischen dem jeweils aktuellen Soll Drehwinkel α_{soll} und dem jeweils aktuellen Istdrehwinkel α_{ist} des Motors des Drehtellers gebildet. Der Motor des Drehtellers wird an den festgelegten Stützpunkten mit den den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signalen als Stellgrößen angesteuert.

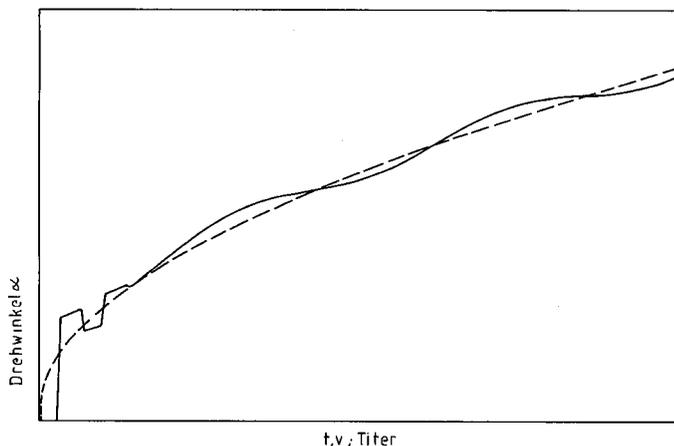


Fig. 4

EP 1 338 544 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Spulmaschine und ein Verfahren zum Aufwickeln eines kontinuierlich zulaufenden Fadens auf einer Spule, mit den in den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 7 angegebenen Merkmalen.

[0002] Eine Spulmaschine dieser Art (DE 195 38 480 C2) dient zum Aufwickeln eines kontinuierlich mit konstanter Zulaufgeschwindigkeit der Spulmaschine zulaufenden Fadens auf eine Spule. Die Spulmaschine weist einen während der Spulreise ohne Unterbrechung, also ohne wiederholtes Stillsetzen und Wiedereinschalten des Motors, über einen Motor angetriebenen Drehteller auf, der zuweilen auch als Trommel bezeichnet wird. Auf dem Drehteller sind mindestens eine, in der Regel aber mindestens zwei antreibbare Spulspindeln drehbar gelagert, die mit einem eigenen Drehantrieb ausgestattet sind. Auf der jeweils in Betrieb befindlichen Spulspindel wird auf einer Hülse aus dem zugeführten Faden eine Spule aufgewickelt. Die Spulmaschine weist eine Verlegeeinrichtung auf, mit der der Faden über die Länge der Spule verteilt wird. Es ist eine am Umfang der sich in Betrieb befindlichen Spulspindel bildenden Spule anliegenden Kontaktwalze vorgesehen, über die der Faden dem Umfang der Spule zugeleitet wird. Eine Einrichtung zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Fadens oder ein Sensor zur Ermittlung der Drehzahl n_K der Kontaktwalze dienen letztendlich der rechnerischen Ermittlung des jeweils aktuellen Durchmessers D_S der Spule über die Spulreise. In Verbindung damit ist eine Einrichtung zur Ermittlung der jeweils aktuellen Drehzahl n_S der in Betrieb befindlichen Spulspindel vorgesehen. Eine Recheneinheit dient zur Ermittlung des jeweils aktuellen Solldrehwinkels α_{Soll} des Motors des Drehtellers unter Anwendung einer Formel betreffend die geometrischen Beziehungen der Spulmaschine oder durch Vergleich mit einer hinterlegten Wertetabelle und zur Berechnung des jeweiligen aktuellen Durchmessers D_S der sich auf der in Betrieb befindlichen Spulspindel bildenden Spule. Es ist eine Regeleinrichtung für die kontinuierliche Drehung des Drehtellers während der Spulreise vorgesehen. Mit dieser Regeleinrichtung wird die Drehung des Drehtellers in einem quasi-konstanten Bewegungsablauf geregelt, d. h. der den Drehantrieb des Drehtellers bewirkende Motor wird zu keinem Zeitpunkt während der Spulreise stillgesetzt. Der Drehteller wird vielmehr kontinuierlich, also ohne Unterbrechung, angetrieben, wobei eine Folge von Winkelgeschwindigkeiten unmittelbar hintereinander Anwendung findet. Während der kontinuierlichen Drehbewegung des Drehtellers löst eine Winkelgeschwindigkeit die andere Winkelgeschwindigkeit ab. Damit wird der Drehteller kontinuierlich mit sich von Rechenzyklus zu Rechenzyklus ändernden Winkelgeschwindigkeiten unabhängig von einer Hubbewegung der Kontaktwalze gedreht, wobei die jeweils aktuelle Winkelgeschwindigkeit aus dem aktuellen Spulendurchmesser und dem Ist-Wert einer Winkelerfassungseinheit des Drehtellers errechnet wird. Der Verlauf der sich ändernden Winkelgeschwindigkeiten hat insgesamt einen hyperbolischen Charakter. Damit ist die Regeleinrichtung nicht mehr von einer Bewegung der Kontaktwalze abhängig, d. h. die Kontaktwalze kann völlig frei gestaltet und angeordnet werden.

[0003] Beispielsweise ist es möglich, über die Kontaktwalze eine Anpresskraft auf den Umfang der sich bildenden Spule auszuüben, die nach von der Regelung unabhängigen Kriterien gestaltet ist, und beispielsweise einen stetigen Verlauf aufweist. Hier ist beispielsweise auch eine stetige Abnahme der Anpresskraft ohne Schwankungen möglich, was sich günstig auf den Spulenaufbau auswirkt.

[0004] Aus der EP 0 770 030 B1 ist eine Spulmaschine zum Aufwickeln eines kontinuierlich zulaufenden Fadens auf eine Spule bekannt. Es handelt sich jedoch um ein diskontinuierliches Verfahren, bei dem der Motor, der den Drehteller mit den zwei Spulspindeln antreibt, jeweils abwechselnd in Gang gesetzt und wieder stillgesetzt wird. Die Spulmaschine weist neben dem angetriebenen Drehteller mit den beiden ebenfalls angetriebenen Spulspindeln eine Verlegeeinrichtung und auch eine der jeweils im Betrieb befindlichen Spulspindeln vorgeschaltete Kontaktwalze auf, die in ständigem Kontakt mit der Spule gehalten wird. Es ist ein Sensor zum Messen der Drehgeschwindigkeit der Spule vorgesehen. Ein Rechner dient zum Berechnen des momentanen Durchmessers D_S der Spule aus dem vom Sensor übermittelten Signal und zum Ermitteln der zu dem Durchmesser D_S gehörenden Winkelstellung α_{Soll} des Drehtellers nach einer hinterlegten Tabelle oder durch Anwendung einer entsprechenden Berechnungsformel. Es wird ein vom Rechner gebildetes, der Sollwinkelstellung α_{Soll} entsprechendes Signal in das Steuergerät für den Drehantrieb des Motors des Drehtellers übertragen und genutzt. Als Stellgröße wird der Solldrehwinkel α_{Soll} benutzt, der zu dem jeweils aktuellen Spulendurchmesser D_S gehört. Das Steuergerät erteilt dem Motor für den Drehantrieb des Drehtellers die Anweisung, sich so zu drehen, bis der Solldrehwinkel α_{Soll} erreicht ist. Für die Erfüllung der Aufgabe eines stetigen und/oder steuerbaren Anpressdruckverlaufs ist die Verwendung der Sollwinkelstellung α_{Soll} als Stellgröße für den Antrieb des Drehtellers ungeeignet. Dies ergibt sich anhand der Fig. 11 und 12 der EP 0 770 030 B1. Dort ist erkennbar, dass zunächst der Motor für den Drehteller solange ausgeschaltet bleibt, bis der Spulendurchmesser um einen solchen Betrag gewachsen ist, dass überhaupt ein Solldrehwinkel ermittelt werden kann. Dieser Solldrehwinkel α_{Soll} wird dann in Form eines Signals als Stellgröße genutzt, welches mit Hilfe eines Steuergeräts auf den Motor zur Einwirkung gebracht wird. Dabei wird dann der Motor erstmals eingeschaltet, so dass sich der Drehteller dreht, bis dieser Solldrehwinkel erreicht ist. In der Zwischenzeit ist aber infolge des kontinuierlichen Aufwickelns des Fadens die Spule schon weiter gewachsen, so dass der erreichte Istdrehwinkel bereits nicht mehr dem eigentlich erforderlichen Solldrehwinkel entspricht. Hieraus folgt, dass der Istdrehwinkel des Drehtellers zeitlich immer hinter dem realen Spulenaufbau zurückliegt. Fig. 12 lässt erkennen, dass der Verlauf des Istdrehwinkels treppenförmig ist. Folglich hat auch der An-

5 pressdruckverlauf der Kontaktwalze auf die sich bildende Spule einen treppenförmigen un stetigen Verlauf. Die Stei-
 gung der Geraden stellt die Winkelgeschwindigkeit Ω des Drehtellers dar. Es gibt nur eine Winkelgeschwindigkeit
 des Drehtellers. Der Motor kann entweder ausgeschaltet sein oder mit dieser einen vorgesehenen Winkelgeschwin-
 digkeit drehen. Die Steigung ist also konstant. Sie muss infolge der diskontinuierlichen Arbeitsweise so gewählt werden,
 10 dass immer Schaltvorgänge möglich bleiben, der Motor des Drehantriebs also abwechselnd ein- und ausgeschaltet
 werden kann. Eine kontinuierliche Drehung des Motors und damit des Drehtellers ist dort weder möglich noch sinnvoll.
 Würde man die diskontinuierliche Weiterdrehung des Drehtellers verlassen und den Drehteller kontinuierlich drehen
 lassen, wie dies die gattungsgemäße Spulmaschine nach der DE 195 38 480 C2 zeigt, so würde die Gerade vom
 15 ersten Einschaltpunkt des Motors nach Unendlich verlaufen. Spätestens ab dem Kreuzungspunkt zwischen der Ge-
 raden der realen Winkelstellung und der idealen Kurve eines idealen Verlaufs des Drehwinkels beispielsweise über
 der Zeit gemäß Fig. 11 würde sich der Drehteller schneller als der Spulenzuwachs drehen. Es würde sich dann ein
 immer größer werdender Luftspalt zwischen Spule und Kontaktwalze bilden. Um dies zu verhindern, könnte die Stei-
 gung der Geraden flacher gewählt werden, also die Geschwindigkeit, mit der der Drehteller abschnittsweise gedreht
 20 wird, verringert werden. Im ungünstigsten Fall erreicht der Motor nicht mehr die Soll Drehwinkel. Der Drehteller würde
 in seinen diskontinuierlichen Antriebsphasen stets langsamer Drehen als der Spulenzuwachs. Die Folge davon wäre,
 dass sich die Kontaktwalze immer stärker in die Spule eindrücken würde. Wenn dieser Fehler eingetreten ist, also eine
 zu geringe Drehgeschwindigkeit des Motors für den Drehantrieb gewählt wurde, kann dieser Fehler innerhalb der
 Spulreise nicht mehr korrigiert werden. Man müsste also grundsätzlich eine zu hohe Geschwindigkeit für die Drehpha-
 25 sen des Drehtellers wählen, gelangt aber dabei wiederum zu der Konsequenz, dass immer Ein- und Ausschaltvorgänge
 des Motors möglich bleiben müssen. Ändert man einen Parameter, der die Kurve des Durchmesserzuwachses der
 Spule mitbestimmt, z. B. die Fadenstärke oder die Spulgeschwindigkeit, so verschiebt sich die Kurve $D_S = f(t, v, \text{Titer})$
 nach oben oder unten. Die bekannte Spulmaschine ist in ihrem Regelverhalten für den Drehwinkel des Drehtellers
 von solchen Veränderungen abhängig, da die gewählte Stellgröße der Sollwinkelstellung α_{soll} direkt von dem realen
 30 zeitlichen Verlauf des Durchmesserzuwachses der Spule abhängt.

25 **[0005]** Eine Spulmaschine anderer Art, die auf einer Beweglichkeit der Kontaktwalze relativ zum Umfang der sich
 bildenden Spule aufbaut, ist aus der EP 0 374 536 B1 bekannt. Die dabei eingesetzte Kontaktwalze ist auf einer
 Schwinge schwenkbar oder in einer Geradföhrung geradlinig verschiebbar gelagert. Es ist ein Sensor vorgesehen,
 der die Bewegung der Kontaktwalze relativ zu der Oberfläche der sich auf der in Betrieb befindlichen Spulspindel
 bildenden Spule erfasst. Der Sensor gehört zu einer Steuereinrichtung und arbeitet als Zweipunkt-Steuerglied. Wird
 30 die Kontaktwalze von dem sich beim Spulvorgang vergrößernden Durchmesser der Spule bei stillstehender Achse
 des Drehtellers über das am Sensor eingestellte Maß bewegt, dann wird ein Steuerimpuls auf den Drehantrieb des
 Drehtellers gegeben und der Drehteller gedreht, so dass die Bewegungsrichtung der Kontaktwalze umgekehrt wird
 und diese den eingestellten Auslösepunkt an dem Steuerglied wieder unterschreitet. Dann wird der Antrieb des Dreh-
 tellers stillgesetzt. Der Drehteller wird also in kleinen Schritten mit jeweils konstanter Winkelgeschwindigkeit angetrie-
 35 ben. Obwohl die bewegte Kontaktwalze nur einen relativ geringen Weg zurücklegt, beispielsweise 2 mm, ist diese
 Bewegung dennoch notwendige Voraussetzung für die Steuerung des Drehantriebes des Drehtellers. Durch die Be-
 wegung der Kontaktwalze und die dadurch ausgelöste Steuerung des Drehtellers entstehen zwischen der Kontakt-
 walze und dem Umfang der Spule nicht nur unterschiedliche Anpresskräfte, sondern diese Anpresskräfte zeigen auch
 einen un stetigen Verlauf. Durch die Verschiebung der Berührungslinie zwischen Kontaktwalze und dem Umfang der
 40 sich bildenden Spule wird die Verlegegenauigkeit nachteilig beeinflusst. Weiterhin ist nachteilig, dass die Schaltheu-
 figkeit dieser Steuereinrichtung mit dem Sensor über der Spulreise abnimmt. Der Schaltweg des Sensors bleibt da-
 gegen konstant. Durch das Auswandern der Spule bei sich drehendem Drehteller und durch den zunehmend langsamer
 wachsenden Spulendurchmesser nimmt die Anzahl der Nachsteuerschritte pro Zeiteinheit ab, d. h. der Wechsel in der
 Anpresskraft über die Kontaktwalze verlangsamt sich. Weiterhin ist nachteilig, dass zur Steuerung eine separate auf-
 45 wendige Steuereinrichtung erforderlich ist.

50 **[0006]** Aus der DE 39 11 854 A1 ist eine Auflagedruck-Steuvorrichtung für eine Spulmaschine bekannt, bei der
 der jeweils aktuelle Spulendurchmesser D_S aus der Formel $n_S \times D_S = n_K \times D_K$ ermittelt wird, indem die Drehzahlen der
 Kontaktwalze n_K und der Spule n_S gemessen werden und der Durchmesser der Kontaktwalze D_K ohnehin bekannt ist.
 Der Auflagedruck der Kontaktwalze an der Spule wird in Abhängigkeit von dem jeweiligen aktuellen Spulendurchmes-
 ser gesteuert.

55 **[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Spulmaschine der eingangs beschriebenen Art bereitzustel-
 len, bei der der Verlauf des Istdrehwinkels α_{ist} des Drehtellers möglichst nahe an der Idealkurve des Drehwinkelverlauf
 liegt und die somit einen stetigen und/oder steuerbaren Anpressdruckverlauf der Kontaktwalze an der sich bildenden
 Spule ermöglicht.

55 **[0008]** Erfindungsgemäß wird dies bei einer Spulmaschine der eingangs beschriebenen Art dadurch erreicht, dass
 die Recheneinheit zur Berechnung einer jeweils aktuellen Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ zwischen dem jeweils aktuellen Soll-
 drehwinkel α_{soll} und dem jeweils aktuellen Istdrehwinkel α_{ist} des Motors des Drehtellers an festgelegten Stützpunkten
 über die Spulreise ausgebildet ist, und dass die Regeleinrichtung zur Ansteuerung des Motors des Drehtellers an den

festgelegten Stützpunkten mit den den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signalen als Stellgrößen ausgebildet ist.

[0009] Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, anstelle der Verwendung eines dem Soll Drehwinkel α_{soll} entsprechenden Signals als Stellgröße eine Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ zwischen dem jeweils aktuellen Soll Drehwinkel α_{soll} und dem jeweils aktuellen Ist Drehwinkel α_{ist} zu nutzen. Diese unterschiedlichen jeweils aktuellen Winkeldifferenzen werden an festgelegten Stützpunkten über die Spulreise ermittelt und über die Regeleinrichtung zur fortlaufenden Ansteuerung des Motors des Drehtellers genutzt. Der Motor des Drehtellers übt über die Spulreise ohne Unterbrechung einen Antrieb auf den Drehteller aus und dreht infolge der Nutzung der jeweils aktuellen Winkeldifferenz den Drehteller in ununterbrochener Folge abwechselnd schneller bzw. langsamer, als es der Idealkurve des Drehwinkels α_{soll} entspricht. Zu Beginn einer Spulreise ist der Motor für den Drehteller einmalig ausgeschaltet, wobei der Umfang der Hülse auf der Spulspindel am Umfang der Kontaktwalze anliegt. Zu Beginn des Spulvorgangs wird der Faden auf der Hülse aufgewickelt, bis der Spulendurchmesser um einen solchen Betrag gewachsen ist, dass überhaupt ein Soll Drehwinkel ermittelt werden kann. Mit diesem Soll Drehwinkel wird dann eine Stellwinkeldifferenz gebildet und in ein übertragbares Signal umgewandelt, welches dem Steuergerät mitgeteilt wird. Sodann wird der Motor eingeschaltet und angewiesen, diese Stellwinkeldifferenz zu durchfahren, bevor der nächste Regelzyklus erfolgt. Da in der Zwischenzeit die Spule bereits wieder angewachsen ist, wird noch während der Motor die letzte Stellwinkeldifferenz durchfährt, bereits eine neue Stellwinkeldifferenz vorausberechnet, dem Steuergerät mitgeteilt usw. Dadurch eilt der Verlauf des tatsächlichen Ist Drehwinkels α_{ist} einmal der Idealkurve voraus, einmal liegt er geringfügig zurück. Im Mittelwert befindet sich der tatsächliche Drehwinkelverlauf somit immer auf der Idealkurve. Der Verlauf des Ist Drehwinkels ist sinusförmig mit einer abnehmenden Einschwingamplitude. Somit hat auch der Anpressdruck der Kontaktwalze an der Spule diesen gleichmäßigeren Verlauf. Durch die dazwischengeschalteten Berechnungen der Stellwinkeldifferenz wird die Steigung der Sinuskurve und somit die Winkelgeschwindigkeit des Drehtellers variabel und passt sich jeder möglichen Idealkurve an. Der Berechnung der Stellwinkeldifferenz liegt eine mathematische Iteration zugrunde. Dadurch wird eine kontinuierliche Drehung des Drehtellers ohne Unterbrechung möglich. Durch die wechselnden Steigungen ist es nicht möglich, dass sich der Ist Drehwinkel des Drehtellers unendlich weit von der Idealkurve entfernen kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass für den Fall, dass man zu Beginn der Spulreise einen völlig falschen Wert für die erste Geschwindigkeit des Motors gewählt hat, dieser Fehler selbstheilend ist. Lediglich die Zeitdauer der Einschwingung auf den Idealzustand dauert dann etwas länger. Ändert man einen Parameter, der die Kurve des Durchmesserzuwachses mitbestimmt, z. B. die Fadenstärke oder die Spulgeschwindigkeit, so verschiebt sich die Kurve $D_S = f(t, v, \text{Titer})$ nach oben oder unten. Die neue Spulmaschine ist in ihrem Regelverhalten für den Drehwinkel des Drehtellers von solchen Veränderungen unabhängig, da das gewählte Signal der Stellgröße der Winkeldifferenz $\Delta\alpha_{\text{stell}}$ nicht von dem realen zeitlichen Verlauf des Durchmesserzuwachses abhängt.

[0010] Es gibt also bei der neuen Spulmaschine eine Recheneinheit, je einen Sensor zur Ermittlung der Drehzahl der Kontaktwalze n_K und einen Sensor zur Ermittlung der Drehzahl der Spule n_S , weiterhin ein Regel- oder Steuergerät und einen Motor für den Drehteller, wobei der Motor gleichzeitig ein Istsignal für den tatsächlichen Drehwinkel α_{ist} des Drehtellers liefert. Unter Zuhilfenahme der Drehzahlen n_K und n_S wird in der Recheneinheit der aktuelle Spulendurchmesser D_S errechnet. Immer dann, wenn der Durchmesser der Spule um einen vorbestimmten Betrag, z. B. 0,1 mm, angewachsen ist, wird durch Anwendung der Formel aus dem Cosinussatz

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha,$$

oder durch Umstellung und Auflösung nach α :

$$\alpha = \arccos \left((b^2 + c^2 - a^2) / (2 \cdot b \cdot c) \right)$$

oder durch Vergleich mit einer fest hinterlegten Wertetabelle der Soll Drehwinkel α_{soll} des Drehtellers ermittelt, welcher zu dem aktuellen Spulendurchmesser D_S gehört.

[0011] Aus diesem Soll Drehwinkel α_{soll} und dem vom Motor gelieferten Ist Drehwinkel α_{ist} wird die Winkeldifferenz $\Delta\alpha = \alpha_{\text{soll}} - \alpha_{\text{ist}}$ errechnet. Da der Spulendurchmesser im Verlauf der Zeit immer langsamer anwächst, werden die zeitlichen Abstände zwischen zwei aufeinander folgenden Bildungen der Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ immer größer. Für die Erfüllung der Aufgabe eines stetigen und/oder steuerbaren Anpressdruckverlaufs ist daher die Verwendung der Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ als Stellgröße für den Antrieb des Drehtellers geeignet, etwa im Gegensatz zu der Verwendung der Winkelstellung α_{soll} als Stellgröße. Es wird also die Winkeldifferenz und nicht die Winkelstellung als Stellgröße benutzt. Die Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ wird an sogenannten Stützpunkten jeweils aktuell neu gebildet, nämlich immer dann, wenn der Durchmesserzuwachs z. B. 0,1 mm beträgt. Es wird dann überprüft, ob der Ist Drehwinkel α_{ist} noch dem Idealverlauf der Kurve $\alpha = f(t, v, \text{Titer})$ entspricht. In einem solchen Fall muss also die Bedingung Winkeldifferenz $\Delta\alpha = 0$ erfüllt sein.

[0012] Die neue Spulmaschine erzeugt in regelmäßig aufeinander folgenden Zeitabständen, z. B. alle 10 msec, als Stellgröße eine Winkeldifferenz, die nicht dem Solldrehwinkel entspricht und deshalb von dem zeitlichen Verlauf eines vorbestimmten Spulendurchmesserzuwachses, wie er sich z. B. aus einer festen Wertetabelle ergibt, losgelöst ist.

[0013] In die Steuerung der Spulmaschine ist eine Regeleinrichtung integriert, welche die Stellgrößenbildung folgendermaßen vornimmt:

[0014] Der Regeleinrichtung werden konstante Verstärkungsfaktoren, die der Regelstrecke der Spulmaschine entsprechen, eingegeben. Am Anfang und nur am Anfang der Spulreise ist der Antrieb des Drehtellers ausgeschaltet, bis der Durchmesser der Spule zum ersten Mal um z. B. 0,1 mm angewachsen ist. Zu diesem aktuellen Durchmesser der Spule wird der Solldrehwinkel α_{soll} ermittelt. Aus diesem Solldrehwinkel und dem kontinuierlich zurückgelieferten Ist-drehwinkel wird die Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ errechnet. Mit diesen Werten wird erstmalig eine Berechnung der Stellgröße nach folgender Formel durchgeführt:

$$\text{Stellgröße} = \Delta\alpha \cdot \text{Verstärkungsfaktoren.}$$

[0015] Diese Stellgröße ist eine Winkeldifferenz, welche aber nicht dem Solldrehwinkel α_{soll} entspricht und die deshalb zur besseren Unterscheidung als Stellwinkeldifferenz $\Delta\alpha_{\text{stell}}$ bezeichnet wird. Der Steuer- oder Regeleinrichtung wird diese Stellwinkeldifferenz $\Delta\alpha_{\text{stell}}$ übermittelt und sodann dem Motor die Anweisung erteilt, diese Stellwinkeldifferenz zu durchfahren.

[0016] Parallel dazu wurde eine Zeitmessung gestartet, welche ermittelt, wie viel Zeit die Spule für einen Durchmesserzuwachs von z. B. 0,1 mm benötigt.

$$\Delta T = T_{(DS + 0,1 \text{ mm})} - T_{(DS)}$$

[0017] Damit kann errechnet werden, mit welcher Winkelgeschwindigkeit $\Omega = \Delta\alpha : \Delta T$ sich der Drehteller hätte drehen müssen, um den Solldrehwinkel α_{soll} zu erreichen. In allen folgenden Regelzyklen wird diese Zeitdifferenz berücksichtigt.

[0018] Bereits während der Drehung des Drehtellers über den Motor in Richtung auf das Erreichen bzw. Beseitigen dieser Stellwinkeldifferenz $\Delta\alpha_{\text{stell}}$ wird eine neue Stellgröße für den nächsten Regelzyklus folgendermaßen berechnet:

$$\text{Stellgröße}_{(\text{neu})} =$$

$$\text{Stellgröße}_{(\text{alt})} + (\Delta\alpha \cdot \text{Verstärkungsfaktoren} \cdot \Delta T)$$

[0019] Diese neue Stellgröße wird wiederum der Steuer- oder Regeleinrichtung übermittelt und löst somit die Stellgröße aus dem vorangehenden Regelzyklus ab, und zwar ohne dass der Motor für den Drehantrieb abgeschaltet oder gar stillgesetzt wird.

[0020] Dieser Vorgang wird in zeitlich konstanten Abständen, z. B. alle 10 msec, wiederholt, wobei immer dann, wenn der Durchmesser der Spule z. B. um weitere 0,1 mm angewachsen ist, der Solldrehwinkel $\alpha_{\text{soll}(\text{alt})}$ durch einen neuen Solldrehwinkel $\alpha_{\text{soll}(\text{neu})}$ und die Zeitdifferenz $\Delta T_{(\text{alt})}$ durch eine neugemessene Zeitdifferenz $\Delta T_{(\text{neu})}$ abgelöst wird.

[0021] Es ergibt sich damit eine ununterbrochene Drehung des Drehtellers über die Spulreise entsprechend der Folge der Stellgrößen, deren wesentlicher Einflussfaktor die beschriebene Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ ist.

[0022] Aus diesen Ausführungen ist erkennbar, dass die Recheneinheit zur Generierung der Folge von Stellgrößen als Signale, die den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechen, multipliziert mit Verstärkungsfaktoren, ausgebildet ist. Die Recheneinheit ist auch zur Ermittlung jeweils aktueller Zeitdifferenzen ΔT zwischen den festgelegten Stützpunkten zeitlich parallel zu der Bildung der den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signalen ausgebildet.

[0023] Damit ergibt sich in vorteilhafter Weise die Möglichkeit, dass die Kontaktwalze relativ zur Achse des Drehtellers ortsfest gelagert ist. Für die Steuerung ist weder eine örtliche Bewegung der Kontaktwalze erforderlich, noch wird hieraus ein Signal abgeleitet.

[0024] Es ist aber auch möglich, dass die Kontaktwalze relativ zu der Achse des Drehtellers und damit zu der jeweiligen Spulspindel ausweichbar gelagert ist und dass eine Einrichtung zur Steuerung einer konstanten oder gesteuert veränderlichen Anpresskraft der Kontaktwalze auf die in Betrieb befindliche Spulspindel vorgesehen ist. Damit ist jegliche Freiheit für den Verlauf der Anpresskraft der Kontaktwalze auf die Spule über die Spulreise gegeben.

[0025] Die Recheneinheit kann zur Generierung einer Folge von Stellgrößen entsprechend den Stützpunkten mit

einem Wiederholtakt von etwa 10 msec ausgebildet sein. Solche Zeitintervalle sind ohne weiteres beherrschbar, so dass sich ein recht guter Verlauf des Istdrehwinkels entsprechend dem Idealdrehwinkel ergibt.

[0026] Das Verfahren zum Aufwickeln eines kontinuierlich zulaufenden Fadens auf eine Spule einer Spulmaschine kennzeichnet sich erfindungsgemäß dadurch, dass an festgelegten Stützpunkten über die Spulreise der jeweils aktuelle Istdrehwinkel α_{ist} des Motors des Drehtellers ermittelt und unter Anwendung einer Formel betreffend die geometrischen Beziehungen der Spulmaschine oder durch Vergleich mit einer hinterlegten Wertetabelle der jeweils aktuelle Soll-drehwinkel α_{soll} des Motors des Drehtellers, der zu dem jeweils aktuellen Durchmesser D_S der Spule gehört, ermittelt wird, an den festgelegten Stützpunkten eine jeweils aktuelle Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ zwischen dem jeweils aktuellen Soll-drehwinkel α_{soll} und dem jeweils aktuellen Istdrehwinkel α_{ist} des Motors des Drehtellers gebildet wird, und der Motor des Drehtellers an den festgelegten Stützpunkten mit den den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signalen als Stellgrößen angesteuert wird.

[0027] In verfahrensmäßiger Hinsicht geht die Erfindung von der Vorstellung aus, das abwechselnde Drehen und Stillsetzen des Drehtellers, wie es im Stand der Technik auch bekannt ist, zu vermeiden und mit einem ununterbrochenen kontinuierlichen Drehvorgang des Drehtellers zu arbeiten. Dabei kommen sich ändernde aktuelle Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ zwischen dem jeweils aktuellen Soll-drehwinkel α_{soll} und dem jeweils aktuellen Istdrehwinkel α_{ist} des Motors des Drehtellers nacheinander zur Anwendung, d. h. aus einer Winkeldifferenz heraus wird der Drehantrieb des Drehtellers mit einer zweiten anderen Winkeldifferenz an- bzw. umgesteuert, so dass auf jeden Fall der Drehteller eine ununterbrochene Bewegung ausführt. Im allgemeinen nehmen die benutzten aktuellen Winkeldifferenzen im Laufe einer Spulreise schnell ab.

[0028] Als Stellgrößen sollten die den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signale, multipliziert mit Verstärkungsfaktoren, eingesetzt werden. Damit erfolgt eine Anpassung an die geometrischen Bedingungen der Spulmaschine.

[0029] Zeitlich parallel zu der Bildung der den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signalen werden jeweils aktuelle Zeitdifferenzen ΔT zwischen den festgelegten Stützpunkten ermittelt, die in der Folge der Stellgrößen berücksichtigt werden.

[0030] Es können vorteilhaft Rechenzyklen Verwendung finden, die in über die Spulreise konstanten Zeitabständen, beispielsweise insbesondere in 10 msec, wiederholt werden. Die Wiederholung der Rechenzyklen in solch kurzen zeitlichen Abständen ist durchaus möglich. Es ist aber nicht schädlich, wenn die Anzahl der Rechenzyklen verkleinert und die zeitlichen Abstände vergrößert werden, da der Antrieb des Drehtellers ohnehin eine Vielzahl mechanischer Elemente enthält, die sich als vergleichsweise träge erweisen. Es ist auch möglich, unterschiedliche Anzahlen von Rechenzyklen einerseits und Regelzyklen andererseits anzuwenden, Mittelwerte zu bilden oder dergleichen. Im allgemeinen ist dies jedoch nicht erforderlich.

[0031] Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen weiter beschrieben und verdeutlicht. Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm des Durchmesserzuwachses der Spule in Abhängigkeit der Zeit, Geschwindigkeit und Fadenstärke sowie den Verlauf des Drehwinkels α im idealen Fall,

Fig. 2 die schematische Verdeutlichung der wesentlichen Elemente der Spulmaschine mit ihren geometrischen Kenndaten,

Fig. 3 ein Diagramm des Verlaufs des Drehwinkels α in Abhängigkeit der Zeit, Geschwindigkeit und Fadenstärke nach dem Stand der Technik und relativ zur Ideallinie, in 100-facher Vergrößerung,

Fig. 4 ein Diagramm des Verlaufs des Drehwinkels α in Abhängigkeit der Zeit, Geschwindigkeit und Fadenstärke nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und relativ zur Ideallinie, in 100-facher Vergrößerung,

Fig. 5 den Verlauf der Winkelgeschwindigkeit Omega, des Drehwinkels α und des Anpressdruckes über eine Spulreise, also dem Durchmesser der Spule nach dem Stand der Technik, und

Fig. 6 den Verlauf der Winkelgeschwindigkeit Omega, des Drehwinkels α und des Anpressdruckes über eine Spulreise, also dem Durchmesser der Spule bei der erfindungsgemäßen Spulmaschine.

[0032] In Fig. 1 ist der Verlauf des Durchmessers der Spule dargestellt. Der kontinuierlich zugelieferte Faden wird auf eine Hülse aufgewickelt, die einen entsprechenden Außendurchmesser besitzt, auf dem die Spulenbildung des Fadens durch Aufwickeln erfolgt. In Abhängigkeit der Zeit t , der Geschwindigkeit v und der Fadenstärke (Titer) wird sich der Durchmesser entsprechend der in durchgezogener Linienführung dargestellten Kurve vergrößern. Hierzu gehört ein Verlauf des Drehwinkels α , der in gestrichelter Linienführung verdeutlicht ist. Diese gestrichelte Kurve stellt die Ideallinie dar, also den ideal anzustrebenden Verlauf der Veränderung des Drehwinkels des Drehtellers über die

EP 1 338 544 A2

Zeit, Geschwindigkeit und Fadenstärke. Diese Grundlagen der Spultechnik sind dem Fachmann bekannt.

[0033] In Fig. 2 sind die wesentlichen Elemente einer Spulmaschine angedeutet sowie deren geometrische Größen verdeutlicht. Die Spulmaschine besitzt einen Drehteller 1, auf dessen effektiven Durchmesser EDD zwei Spulspindeln 2, 3 drehbar gelagert sind.

5 **[0034]** Dem Drehteller 1 ist ein nicht dargestellter Motor zugeordnet, mit dessen Hilfe der Drehteller 1 in Drehbewegung versetzt wird. Jede Spulspindel 2, 3 verfügt über einen weiteren Antrieb oder ist mit einem solchen Antrieb kuppelbar, über den die jeweilige Spulspindel 2 oder 3 über die Spulreise angetrieben wird. Die Spulmaschine weist eine Kontaktwalze 4 auf, die einen konstanten Kontaktwalzendurchmesser D_K besitzt. Über diese Kontaktwalze 4 wird der nicht dargestellte Faden auf einer Leerhülse der in Arbeit befindlichen Spulspindel 2 aufgewickelt. Dabei bildet sich
10 auf der Leerhülse der Spulspindel 2 eine Spule 5, deren Durchmesser sich über die Spulreise fortlaufend vergrößert. Es ist ein aktueller Spulendurchmesser D_S in gestrichelter Linienführung angedeutet. Der Mittelpunkt dieser Spule 5 bzw. die Achse der Spulspindel 2 verlagert sich während der Spulreise auf dem effektiven Durchmesser des Drehtellers 1, indem die Spulspindel 2 der z. B. ortsfest drehbar gelagerten Kontaktwalze 4 ausweicht. Das Ausweichen geschieht so, dass der Kontakt zwischen dem Umfang der Spule und dem Umfang der Kontaktwalze immer erhalten bleibt.
15 Während dieses Ausweichvorgangs wird die in Betriebsstellung befindliche Spulspindel 2 mit der sich bildenden Spule 5 durch Drehung des Drehtellers um den Drehwinkel α verdreht. Auch dieser grundsätzliche Aufbau einer Spulmaschine ist im Stand der Technik bekannt, beispielsweise aus der DE 195 38 470 C2 oder auch der EP 0 770 030 B1

[0035] Der jeweils aktuelle Spulendurchmesser D_S der sich auf der Spulspindel 2 bildenden Spule 5 lässt sich wie folgt herleiten:

20 **[0036]** Um überhaupt einen Faden aufspulen zu können, ist es unabdingbare Voraussetzung, zu wissen, mit welcher Geschwindigkeit der Faden der Spule bzw. der Spulmaschine zugeführt wird. Diese Geschwindigkeit ist während der Spulenbildung (Spulreise) konstant. Es gilt daher:

25
$$V_{\text{Faden}} = \text{bekannt}$$

und gleichzeitig:

30
$$V_{\text{Faden}} = \text{const.} \quad \text{(Gleichung 1)}$$

[0037] Sowohl die Kontaktwalze als auch die Spule sind zylindrische Körper, die einer gleichförmigen Kreisbewegung unterliegen. Für die gleichförmige Kreisbewegung gilt die Grundgleichung:

35
$$V = \pi \cdot 2r \cdot n$$

oder in anderer Schreibweise:

40
$$V = \pi \cdot D \cdot n$$

[0038] Hierin sind:

45 V = Umfangsgeschwindigkeit des Körpers
 π = mathematische Konstante (3, 14 ...)
 r = Radius des Körpers
 n = Drehzahl des Körpers
50 D = Durchmesser des Körpers

[0039] Übertragen auf die Spulenbildung lauten die Grundgleichungen für die Geschwindigkeiten:

55
$$V_K = \pi \cdot D_K \cdot n_K \quad \text{(Gleichung 2)}$$

$$V_S = \pi \cdot D_S \cdot n_S \quad \text{(Gleichung 3)}$$

EP 1 338 544 A2

[0040] Hierin bedeuten die Indizes: K = Kontaktwalze; S = Spule.

[0041] Eine Relativbewegung zwischen dem Faden und der Kontaktwalzenoberfläche bzw. der Spulenoberfläche hätte einen Schlupf und damit verbundene Reibung zur Folge, welche Fadenbeschädigungen oder sogar Fadenbrüche verursachen würde. Es ist daher unbedingt erforderlich, dass die Umfangsgeschwindigkeiten sowohl der Kontaktwalze als auch der Spule exakt der Zuliefergeschwindigkeit des Fadens entsprechen. Also gilt:

$$V_K = V_{\text{Faden}} = \text{const.}$$

oder durch Einsetzen von Gleichung 2:

$$\pi \cdot D_K \cdot n_K = V_{\text{Faden}} = \text{const.} \quad (\text{Gleichung 4})$$

und gleichzeitig:

$$V_S = V_{\text{Faden}} = \text{const.}$$

oder durch Einsetzen von Gleichung 3:

$$\pi \cdot D_S \cdot n_S = V_{\text{Faden}} = \text{const.} \quad (\text{Gleichung 5})$$

[0042] Es gibt nun zwei Wege, um zu D_S zu gelangen.

1. Weg durch Umstellen von Gleichung 5 nach D_S :

[0043]

$$D_S = V_{\text{Faden}} / (\pi \cdot n_S) \quad (\text{Gleichung 6})$$

[0044] Wie bereits oben erwähnt, ist V_{Faden} bekannt und π ebenfalls eine bekannte Konstante. Man muss also nur noch die Drehzahl n_S mittels eines geeigneten Sensors ermitteln und V_{Faden} in die Steuerung eingeben, um dann D_S nach Gleichung 6 zu errechnen.

2. Weg durch Gleichsetzen von Gleichung 4 und Gleichung 5:

[0045]

$$\pi \cdot D_K \cdot n_K = \pi \cdot D_S \cdot n_S$$

und Umstellung nach D_S :

$$D_S = D_K \cdot (n_K / n_S) \quad (\text{Gleichung 7})$$

[0046] Der Durchmesser der Kontaktwalze D_K ist eine durch die Maschinengeometrie bekannte konstante Größe.

[0047] Man muss also nur noch die Drehzahlen n_K und n_S mittels geeigneter Sensoren ermitteln und D_K in die Steuerung eingeben, um dann D_S nach Gleichung 7 zu errechnen.

[0048] Damit ist die Ermittlung des jeweils aktuellen Spulendurchmessers D_S auf einfache Weise möglich, wenn man zu dem konstanten Kontaktwalzendurchmesser noch die unbekanntenen Drehzahlen der Spule 5 und der Kontaktwalze 4 ermittelt und die oben angegebene Formel anwendet.

[0049] Die Ermittlung des Drehwinkels α für den Drehteller 1 gestaltet sich unter Bezugnahme auf Fig. 2 wie folgt:

[0050] In der beiliegenden Darstellung gemäß Fig. 2 sind alle Größen enthalten, die bei der folgenden Herleitung

von Bedeutung sind.

[0051] Der Drehteller trägt zwei Spulspindeln, auf denen jeweils abwechselnd Spulen gewickelt werden. Diese Spindeln haben einen konstanten Abstand von Mittelpunkt zu Mittelpunkt, der bei der Maschinenkonstruktion als geometrische Größe festgelegt wurde und somit bekannt ist. Verbindet man die Mittelpunkte der Spindeln mit einer Geraden, die durch den Mittelpunkt des Drehtellers verläuft, so kann man den Abstand auch als effektiven Durchmesser des Drehtellers bezeichnen.

[0052] Der Durchmesser der Kontaktwalze ist ebenfalls eine konstante geometrische Größe, die bei der Maschinenkonstruktion festgelegt wurde und somit bekannt.

[0053] Der Durchmesser der Spule ist eine variable Größe, die, beginnend ab dem Außendurchmesser der Leerhülle, kontinuierlich anwächst, wobei der Außendurchmesser der Leerhülle bekannt ist. Die Ermittlung des jeweils aktuellen Spulendurchmessers wurde bereits erläutert. Man kann also für die weiteren Überlegungen auch diese Größe als bekannt voraussetzen.

[0054] Zur Lösung der Aufgabe, den Drehwinkelzuwachs exakt dem Durchmesserzuwachs der Spule anzupassen, ist es unbedingt erforderlich, den jeweiligen Drehwinkel genau zu ermitteln. Man muss sich also zunächst fragen, ob genügend bekannte Informationen vorhanden sind, um daraus eine bekannte Größe abzuleiten.

[0055] Der gesuchte Winkel wird aufgespannt zwischen zwei Schenkeln, die vom Mittelpunkt des Drehtellers zum Mittelpunkt der Kontaktwalze bzw. vom Mittelpunkt des Drehtellers zum Mittelpunkt der Spule verlaufen. Verbindet man die jeweiligen Endpunkte dieser Schenkel miteinander, so gelangt man zu einem schiefwinkligen Dreieck mit den Seitenlängen a, b und c.

[0056] Dabei entspricht die Seitenlänge a dem halben Kontaktwalzendurchmesser plus dem halben Spulendurchmesser

$$a = D_K/2 + D_S/2$$

[0057] Die Seitenlänge b ergibt sich aus dem halben effektiven Durchmesser des Drehtellers plus dem halben Außendurchmesser der Leerhülle plus dem halben Kontaktwalzendurchmesser

$$b = EDD/2 + ADL/2 + D_K/2$$

[0058] Die Seitenlänge c entspricht genau dem halben effektiven Durchmesser des Drehtellers

$$c = EDD/2$$

[0059] Die Antwort auf o.g. Frage findet sich in jedem Mathematikbuch in den Kapiteln zur Geometrie ebener Flächen. Der dort nachzulesende Cosinussatz gilt für jedes schiefwinklige Dreieck und beschreibt, dass bei drei bekannten Seitenlängen oder zwei bekannten Seitenlängen und dem eingeschlossenen Winkel jede übrige unbekannte Dreiecksgröße, also jede fehlende Seite oder jeder fehlende Winkel, berechnet werden kann.

[0060] Mit den Bezeichnungen der Fig. 2 lautet der Cosinussatz:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$$

woraus durch Umstellung nach α die Formel entsteht:

$$\alpha = \arccos \left((b^2 + c^2 - a^2) / (2 \cdot b \cdot c) \right)$$

[0061] Damit ist die Ermittlung des aktuellen Drehwinkels auf einfache Weise möglich, wenn man eine bekannte geometrische Grundgleichung auf die gegebenen Verhältnisse in einer Spulmaschine projiziert und sich die Kenntnis der jeweiligen Seitenlängen verschafft.

[0062] Der wesentliche Unterschied der vorliegenden Erfindung soll nachfolgend nochmals durch den Vergleich der Fig. 3 und 4 verdeutlicht werden. Fig. 3 zeigt ebenso wie Fig. 4 in gestrichelter Linienführung den Idealverlauf des Drehwinkels α über der Zeit t, der Geschwindigkeit v und der Fadenstärke (Titer). Fig. 3 verdeutlicht in durchgezogener Linienführung die diskontinuierliche Arbeitsweise gemäß EP 0 770 030 B1 unter Benutzung eines Soll Drehwinkels α_{soll} als Stellgröße für den Antrieb des Drehtellers. Fig. 4 verdeutlicht die kontinuierliche Arbeitsweise, also das ununter-

brochene Drehen des Drehtellers über die Spulreise unter Nutzung der Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ als Stellgröße. Die Fig. 3 und 4 sind in jeweils 100-facher Vergrößerung dargestellt und zeigen somit den besonders interessanten Verlauf ganz zu Beginn einer Spulreise.

[0063] Fig. 3 entspricht Fig. 12 der EP 0 770 030 B1. Zunächst ist der Motor für den Drehantrieb des Drehtellers ausgeschaltet, bis der Spulendurchmesser D_S um einen solchen Betrag angewachsen ist, dass überhaupt ein Soll-drehwinkel ermittelt werden kann. Dieser Solldrehwinkel α_{soll} wird dann in ein übertragbares Signal umgewandelt, welches dem Steuergerät mitgeteilt wird. Sodann wird der Motor für den Drehantrieb des Drehtellers eingeschaltet, bis der Solldrehwinkel α_{soll} erreicht ist. Dann wird der Motor ausgeschaltet und der Drehteller stillgesetzt. Währenddessen ist aber der Spulendurchmesser schon weiter gewachsen, so dass der erreichte Istdrehwinkel α_{ist} bereits nicht mehr dem eigentlich erforderlichen Solldrehwinkel entspricht. Nachteilig hieran ist, dass der Istdrehwinkel des Drehtellers zeitlich immer hinter dem realen Spulenaufbau zurückliegt. Der Verlauf des Istdrehwinkels ist treppenförmig (vgl. auch Fig. 5). Damit hat auch der Anpressdruck einen treppenförmigen unstetigen Verlauf. Es ergeben sich weitere schon beschriebene Nachteile.

[0064] Fig. 4 verdeutlicht das erfindungsgemäße Verfahren und die Arbeitsweise der neuen Spulmaschine. Zunächst ist auch dort der Motor für den Drehantrieb des Drehtellers ausgeschaltet, wie dies bei jeder Spulmaschine zu Beginn einer Spulreise der Fall ist. Mit Einsetzen des Aufspulvorgangs wächst der Spulendurchmesser um einen solchen Betrag, dass überhaupt ein Solldrehwinkel ermittelt werden kann. Aus dem Solldrehwinkel α_{soll} und dem jeweils aktuellen tatsächlichen Istdrehwinkel α_{ist} wird eine Stellwinkeldifferenz gebildet und in ein übertragbares Signal umgewandelt, welches als Stellgröße dem Steuergerät des Motors für den Drehantrieb des Drehtellers mitgeteilt wird. Die Benutzung dieser Stellwinkeldifferenz hat auch den Vorteil, dass das Vorzeichen dieser Stellwinkeldifferenz $\Delta\alpha$ von + nach - und umgekehrt wechselt, was bildlich in Fig. 4 darin zum Ausdruck kommt, dass die tatsächliche Verlaufskurve des Drehwinkels α_{ist} zeitweise oberhalb und zeitweise unterhalb der gestrichelten Ideallinie liegt. Zu Beginn der Spulreise wird also der Motor für den Drehteller eingeschaltet und angewiesen, diese erste Stellwinkeldifferenz zu durchfahren, bevor der nächste Regelzyklus erfolgt. Da in der Zwischenzeit die Spule bereits weiter angewachsen ist, wird, noch während der Motor die letzte Stellwinkeldifferenz durchfährt, bereits eine neue Stellwinkeldifferenz vorausberechnet, dem Steuergerät mitgeteilt usw. Daraus ergeben sich die vorteilhaften Konsequenzen, die bereits oben beschrieben wurden.

[0065] Die Fig. 5 und 6 verdeutlichen wiederum im Vergleich den Stand der Technik gemäß EP 0 770 030 B1 (Fig. 5) mit dem neuen Verfahren (Fig. 6). Während im Stand der Technik die Winkelgeschwindigkeit des Drehtellers je nach dem Einschalten und Ausschalten des Motors zwischen einem konstanten Wert und dem Wert 0 verändert wird, zeigt Fig. 6, dass der Drehteller mit einer Winkelgeschwindigkeit Ω über die Zeit bzw. den sich bildenden Durchmesser der Spule kontinuierlich gedreht wird, wobei sich die Winkelgeschwindigkeit Ω zwar gemäß dem Erfordernis verändert, aber während der Spulreise niemals den Wert 0 erreicht.

[0066] Hinsichtlich des Verlaufs des Drehwinkels α zeigt der Stand der Technik in Fig. 5 eine Treppenkurve zusammengesetzt aus geraden horizontalen Teilstücken, bei deren Durchlauf der Drehteller stillsteht und einer dazwischengeschalteten Folge von Drehungen mit jeweils gleicher Winkelgeschwindigkeit für die Zeitintervalle, in denen der Drehantrieb des Drehtellers eingeschaltet ist. Es ergeben sich ungleiche Regelzyklen, da diese vom realen Durchmesserzuwachs der Spule abhängig sind.

[0067] Bei der neuen Spulmaschine zeigt der Verlauf des Drehwinkels einen sehr viel gleichmäßigeren Verlauf. Es ergeben sich gleiche Regelzyklen, da diese vom realen Durchmesserzuwachs der Spule unabhängig sind.

[0068] Diese Unterschiede wirken sich auch auf den Verlauf des Anpressdruckes aus, der vergleichsweise sehr viel stetiger und/oder in seinem Verlauf auch steuerbar ist bzw. sein kann.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0069]

- 1 - Drehteller
- 2 - Spulspindel
- 3 - Spulspindel
- 4 - Kontaktwalze
- 5 - Spule

Patentansprüche

1. Spulmaschine zum Aufwickeln eines kontinuierlich zulaufenden Fadens auf eine Spule (5), mit einem während der Spulreise ohne Unterbrechung über einen Motor angetriebenen Drehteller (1), auf dem

zwei antreibbare Spulspindeln (2, 3) drehbar gelagert sind,
mit einer Verlegeeinrichtung,
mit einer am Umfang der sich in Betrieb befindlichen Spulspindel (2 oder 3) bildenden Spule (5) anliegenden Kontaktwalze (4),

mit einer Einrichtung zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Fadens oder der Drehzahl n_K der Kontaktwalze,
mit einer Einrichtung zur Ermittlung der jeweils aktuellen Drehzahl n_S der in Betrieb befindlichen Spulspindel (2),
mit einer Recheneinheit zur Ermittlung des jeweils aktuellen Soll Drehwinkels α_{soll} des Motors des Drehtellers unter Anwendung einer Formel betreffend die geometrischen Beziehungen der Spulmaschine oder durch Vergleich mit einer hinterlegten Wertetabelle und zur Berechnung des jeweiligen aktuellen Durchmessers D_S der sich auf der in Betrieb befindlichen Spulspindel (2 oder 3) bildenden Spule (5),

und mit einer Regeleinrichtung für die kontinuierliche Drehung des Drehtellers während der Spulreise,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Recheneinheit zur Berechnung einer jeweils aktuellen Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ zwischen dem jeweils aktuellen Soll Drehwinkel α_{soll} und dem jeweils aktuellen Ist Drehwinkel α_{ist} des Motors des Drehtellers (1) an festgelegten Stützpunkten über die Spulreise ausgebildet ist,

und **dass** die Regeleinrichtung zur Ansteuerung des Motors des Drehtellers an den festgelegten Stützpunkten mit den den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signalen als Stellgrößen ausgebildet ist.

2. Spulmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Recheneinheit zur Generierung der Folge von Stellgrößen als Signale, die den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechen, multipliziert mit Verstärkungsfaktoren, ausgebildet ist.

3. Spulmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Recheneinheit zur Ermittlung jeweils aktueller Zeitdifferenzen ΔT zwischen den festgelegten Stützpunkten zeitlich parallel zu der Bildung der den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signalen ausgebildet ist.

4. Spulmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktwalze (4) relativ zu der Achse des Drehtellers (1) ortsfest gelagert ist.

5. Spulmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktwalze (4) relativ zu der Achse des Drehtellers (1) und damit zu der jeweiligen Spulspindel (2 oder 3) ausweichbar gelagert ist, und dass eine Einrichtung zur Steuerung einer konstanten oder gesteuert veränderlichen Anpresskraft der Kontaktwalze (4) auf die in Betrieb befindliche Spulspindel (2 oder 3) vorgesehen ist.

6. Spulmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Recheneinheit zur Generierung einer Folge von Stellgrößen entsprechend den Stützpunkten mit einem Wiederholtakt von etwa 10 msec ausgebildet ist.

7. Verfahren zum Aufwickeln eines kontinuierlich zulaufenden Fadens auf eine Spule (5) einer Spulmaschine, bei dem ein Drehteller (1), auf dem zwei antreibbare Spulspindeln (2, 3) drehbar gelagert sind, gegenüber einer Kontaktwalze (4) kontinuierlich mit sich in der Regel ändernden Winkelgeschwindigkeiten unabhängig von einer Bewegung der Kontaktwalze (4) gedreht wird und der Faden mit einer Verlegeeinrichtung über die Kontaktwalze (4) auf die Spule (5) aufgewickelt wird, wobei der Abstand zwischen der Achse der Kontaktwalze (4) und der Achse der in Betrieb befindlichen Spulspindel (2 oder 3) im Sinne einer Vergrößerung entsprechend dem wachsenden Durchmesser der Spule (5) ohne Unterbrechung des Antriebes des Drehtellers (1) verändert wird, und wobei der jeweils aktuelle Durchmesser D_S der Spule aus der ermittelten Drehzahl n_S der Spulspindel und aus der ermittelten Drehzahl n_K der Kontaktwalze oder der ermittelten Zuliefergeschwindigkeit des Fadens berechnet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** an festgelegten Stützpunkten über die Spulreise der jeweils aktuelle Ist Drehwinkel α_{ist} des Motors des Drehtellers (1) ermittelt und unter Anwendung einer Formel betreffend die geometrischen Beziehungen der Spulmaschine oder durch Vergleich mit einer hinterlegten Wertetabelle der jeweils aktuelle Soll Drehwinkel α_{soll} des Motors des Drehtellers, der zu dem jeweils aktuellen Durchmesser D_S der Spule gehört, ermittelt wird, an den festgelegten Stützpunkten eine jeweils aktuelle Winkeldifferenz $\Delta\alpha$ zwischen dem jeweils aktuellen Soll Drehwinkel α_{soll} und dem jeweils aktuellen Ist Drehwinkel α_{ist} des Motors des Drehtellers gebildet wird, und der Motor des Drehtellers (1) an den festgelegten Stützpunkten mit den den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signalen als Stellgrößen angesteuert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Stellgrößen die den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signale, multipliziert mit Verstärkungsfaktoren, eingesetzt werden.

EP 1 338 544 A2

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zeitlich parallel zu der Bildung der den jeweils aktuellen Winkeldifferenzen $\Delta\alpha$ entsprechenden Signalen jeweils aktuelle Zeitdifferenzen ΔT zwischen den festgelegten Stützpunkten ermittelt werden, die in der Folge der Stellgrößen berücksichtigt werden.

5 10. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in über die Spulreise konstanten Zeitabständen, insbesondere in etwa 10 msec, festgelegte Stützpunkte Anwendung finden.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

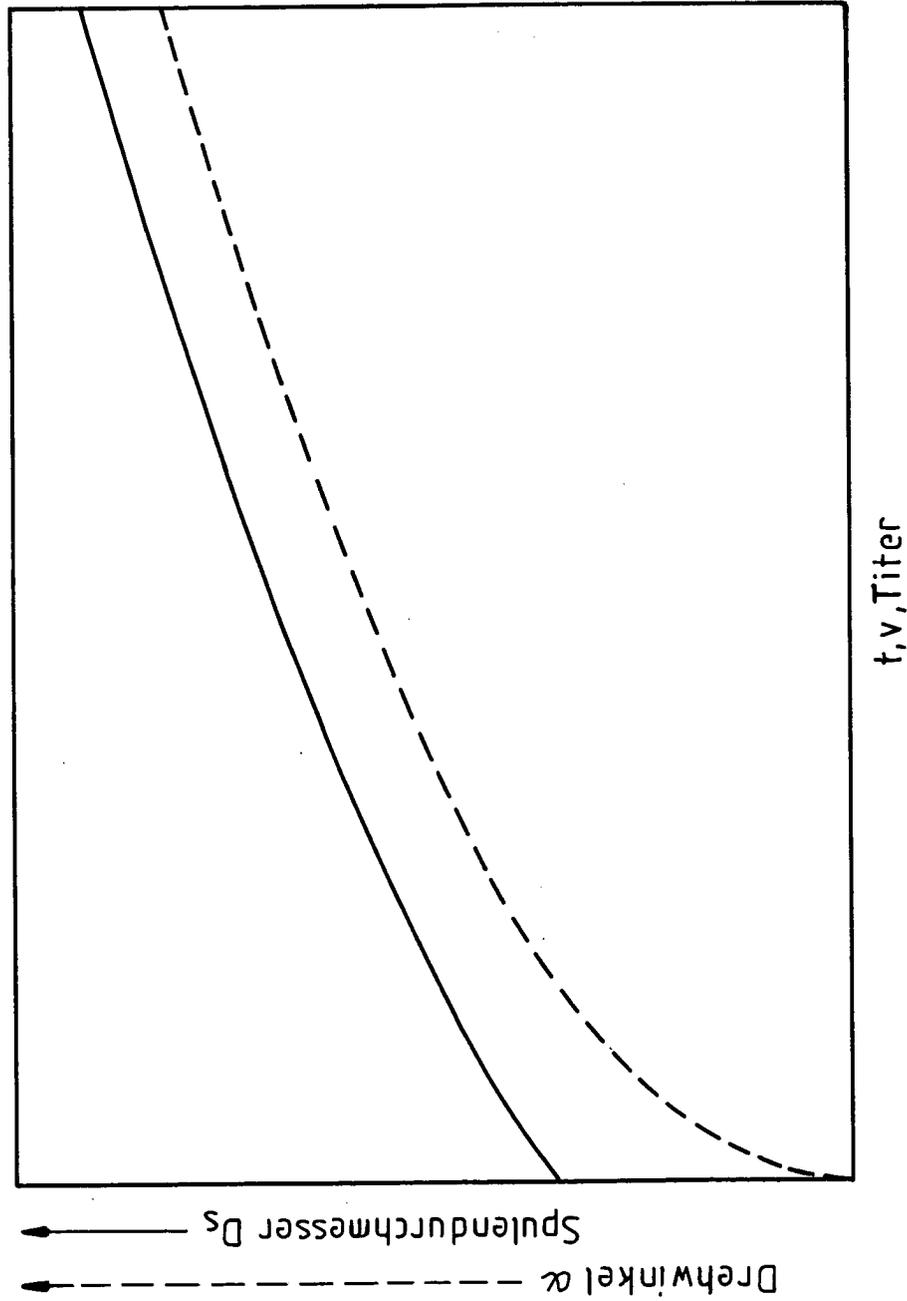


Fig. 1

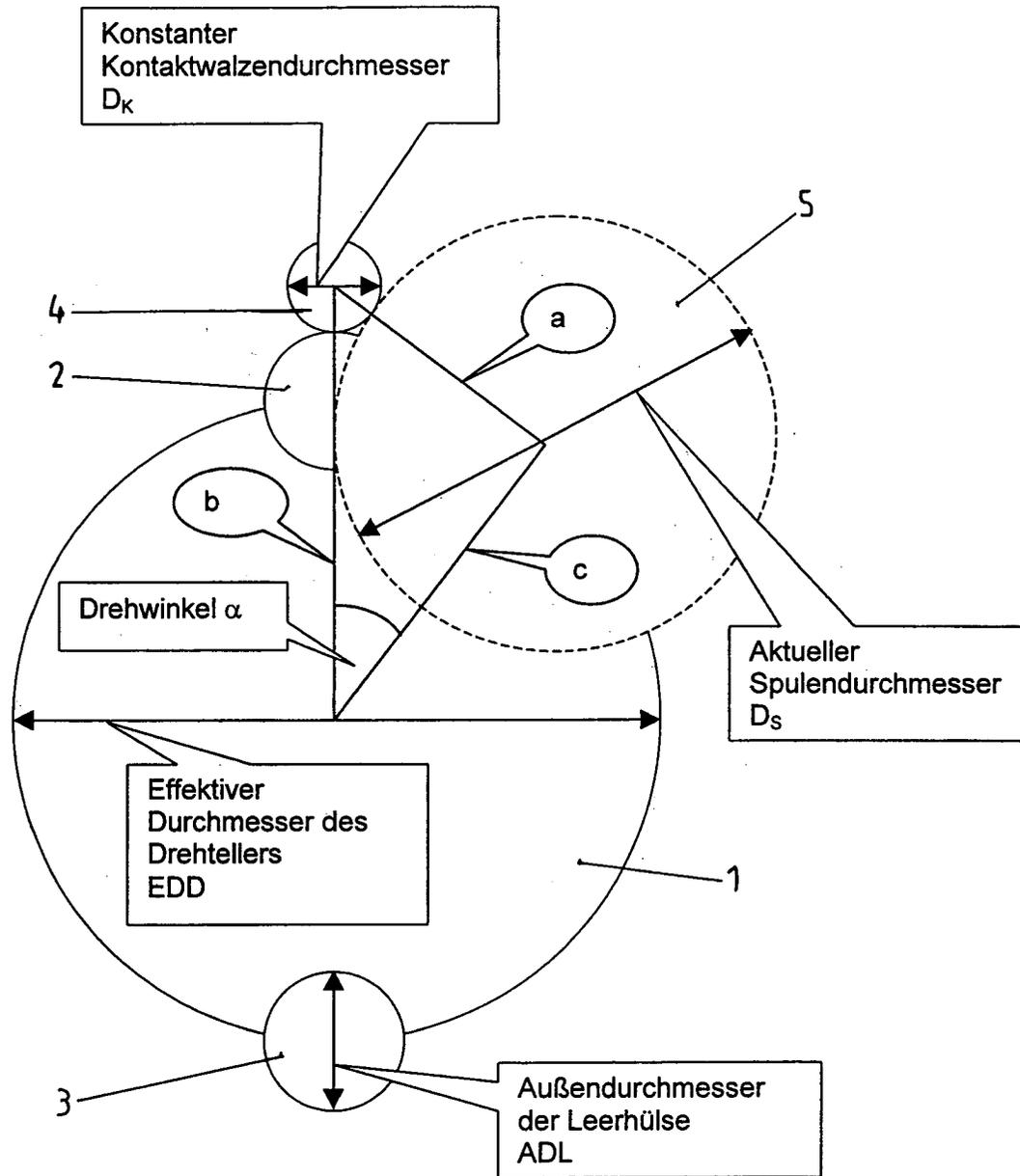


Fig. 2

Fig.3

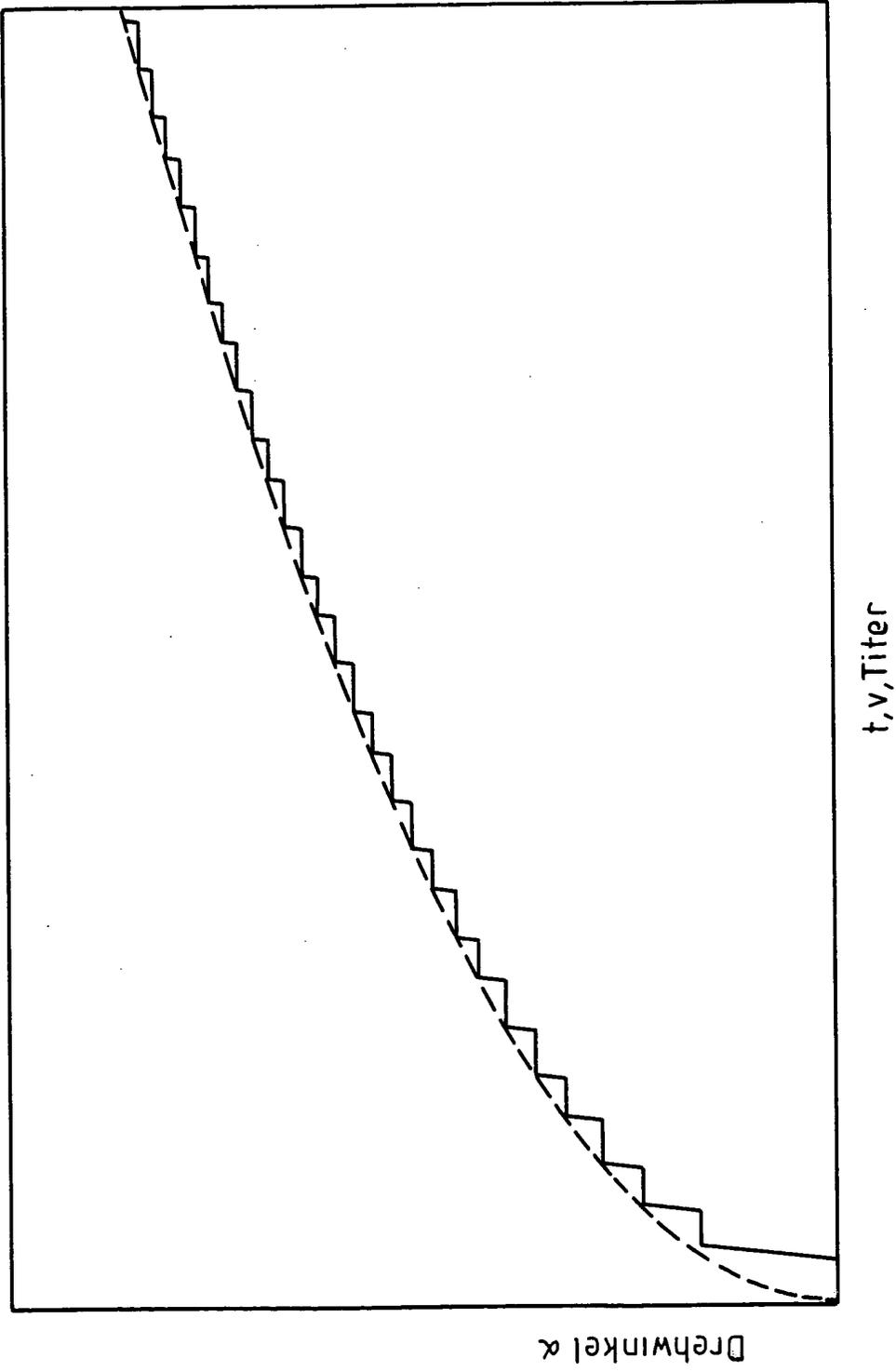
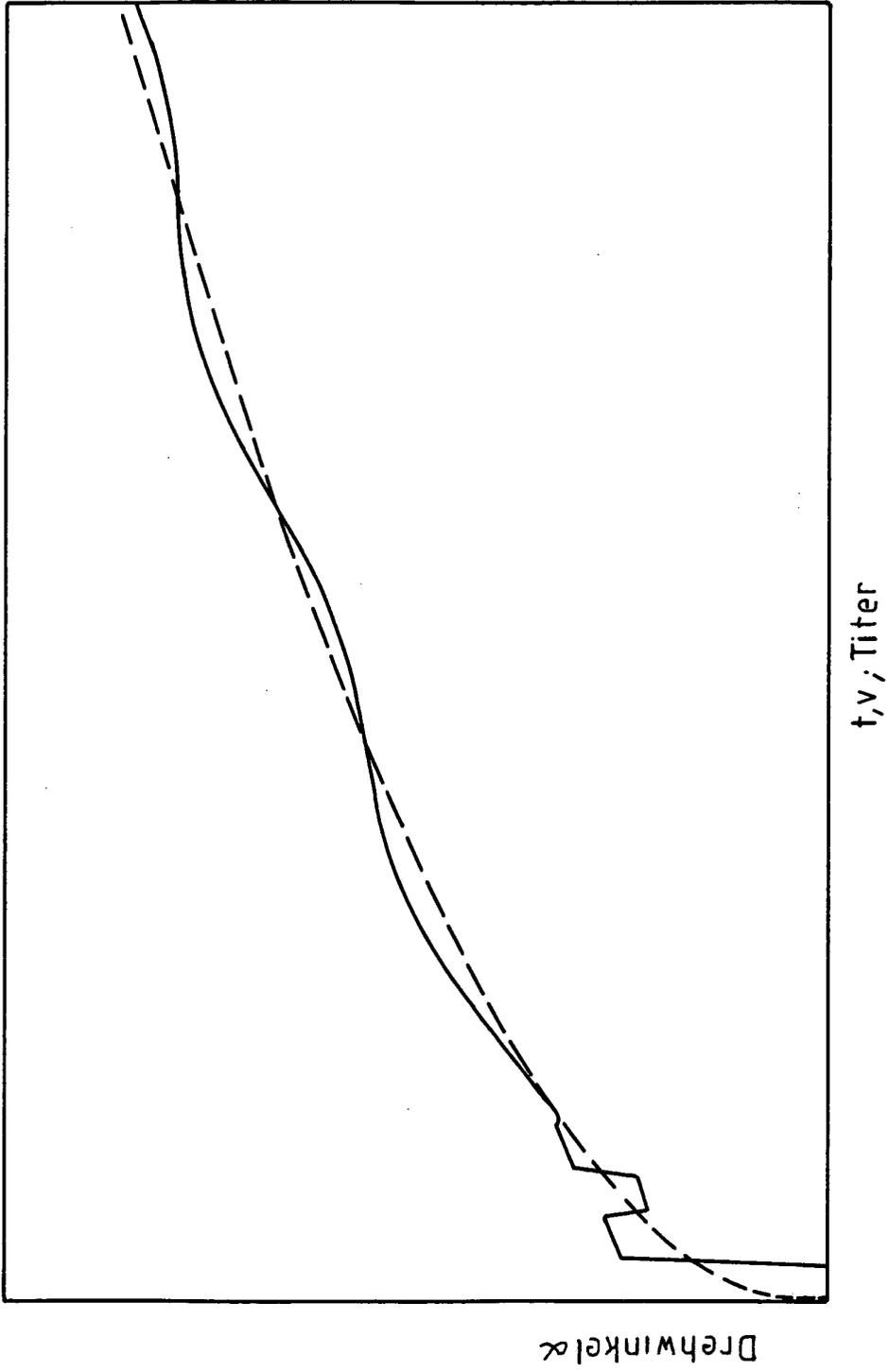


Fig. 4



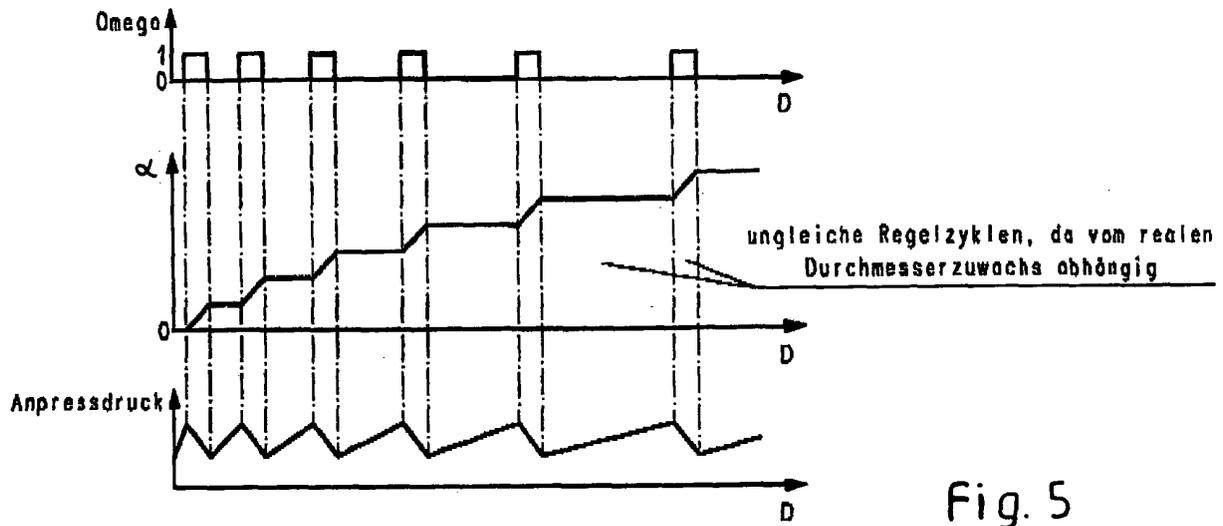


Fig. 5

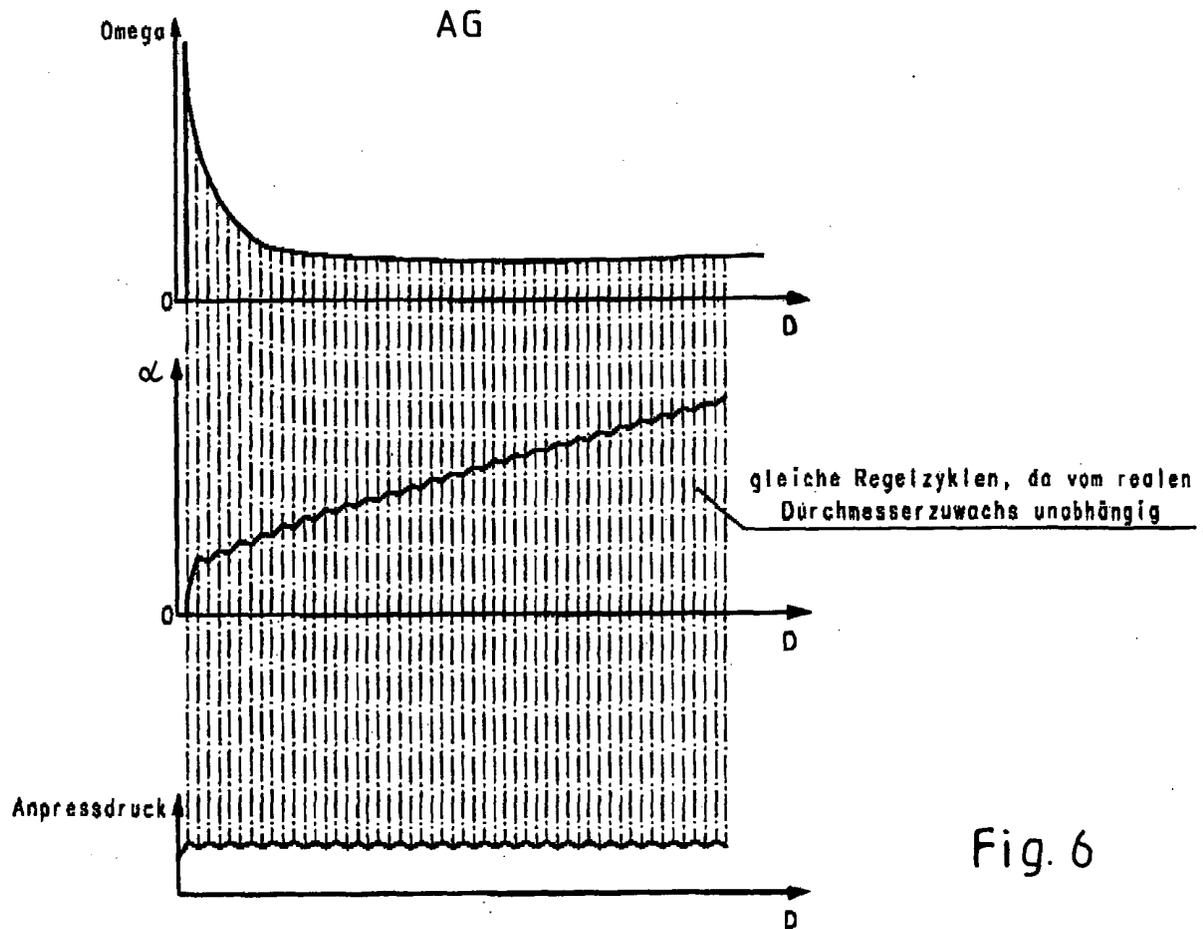


Fig. 6