

(19)



(11)

EP 2 485 227 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
16.08.2017 Patentblatt 2017/33

(51) Int Cl.:
H01F 41/06 ^(2016.01) **B65H 59/38** ^(2006.01)
B65H 54/10 ^(2006.01) **H01F 41/071** ^(2016.01)
H01F 41/094 ^(2016.01)

(21) Anmeldenummer: **11152993.9**

(22) Anmeldetag: **02.02.2011**

(54) **Verfahren zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers und nach dem Verfahren arbeitende Vorrichtung**

Method for controlling a process for coiling an eccentric coil body and device functioning according to the method

Procédé de commande d'un processus pour l'enroulement d'un corps de bobines acentrique et dispositif travaillant selon ce procédé

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.08.2012 Patentblatt 2012/32

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Bitterolf, David
91056 Erlangen (DE)**
• **Schäfers, Elmar
90763 Fürth (DE)**
• **Schäufele, Stephan
91052 Erlangen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 2 031 610 EP-A2- 0 926 090
DE-C1- 19 638 238**

EP 2 485 227 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 Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers. Im weiteren Betrifft die Erfindung auch eine nach dem Verfahren arbeitende Vorrichtung, also zum Beispiel eine Steuerungseinrichtung, die das Verfahren ausführt, oder eine Drahtwickelmaschine mit einer solchen Vorrichtung.

[0002] Ein Spulenkörper fungiert als Kern der zu erstellenden Wicklung. Die Wicklung ergibt sich in an sich bekannter Art und Weise aus einer Mehrzahl oder einer Vielzahl von Wicklungslagen eines elektrisch leitfähigen Drahtes. Bei Spulen, Relais, Magnetschaltern, Motorwicklungen und dergleichen handelt es sich bei dem Spulenkörper um ein Metallteil, z.B. ein quaderförmiges Metallteil.

[0003] Als azentrisch werden hier und im Folgenden solche Spulenkörper bezeichnet, bei dem verschiedene Punkte auf dessen Oberfläche unterschiedliche Abstände zu einem Mittelpunkt oder einer durch den Mittelpunkt verlaufenden Rotationsachse des Spulenkörpers haben. Ein Beispiel für einen azentrischen Spulenkörper ist ein quaderförmiger Spulenkörper, bei dem die äußeren Eckpunkte den größten Abstand zur Rotationsachse aufweisen und bei dem alle anderen Punkte einen geringeren Abstand aufweisen, bis hin zu einem minimalen Abstand an einem Punkt auf der Oberfläche des Quaders, der sich mit einer Normalen einer der Seitenflächen durch den Mittelpunkt ergibt. Ein azentrischer Spulenkörper ist also quasi das Gegenteil eines Rotationskörpers, z.B. ein Zylinder, bei dem auf dem Zylindermantel alle Punkte einen gleichen Abstand zumindest zu einer Mittel- oder Rotationsachse aufweisen.

[0004] Verfahren zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines Spulenkörpers und dafür vorgesehene Drahtwickelmaschinen sind grundsätzlich bekannt. Auch das Bewickeln azentrischer Spulenkörper ist an sich bekannt.

[0005] Eine wichtige Voraussetzung zum Erreichen eines qualitativ guten Wickelprozessablaufs ist die Konstanzhaltung einer beim Wickelprozess auf den Draht wirkenden Zugkraft. Bei azentrischen Spulenkörpern, also zum Beispiel bei Motorenwicklungen mit quaderförmigen Spulenkörpergeometrien, ergeben sich jedoch hohe Zugkraftsprünge und Zugkraftschwankungen während eines Wickelzyklus. Solche Zugkraftsprünge können zu einer Beschädigung des gewickelten Drahtes oder gar zu einem Abreißen des Drahtes führen. Auch wenn der Draht aufgrund von Zugkraftschwankungen eine unerwünschte Längendehnung erfährt und dies bei der gewickelten Spule zu einer Inhomogenität des erzeugten Magnetfelds führt, ist dies von Nachteil.

[0006] Die EP 2 031 610 A befasst sich ebenfalls mit dem Wickeln azentrischer Spulenkörper. Dort ist zur Vermeidung von Zugkraftsprüngen und -schwankungen zwischen einem Reservoir, aus dem der Draht abgezogen wird, und dem rotierenden Spulenkörper ein ebenfalls

rotierender Zuführkörper vorgesehen, der mit gleicher Geschwindigkeit synchron mit dem Spulenkörper rotiert und zudem eine mit dem Spulenkörper übereinstimmende Geometrie aufweist. Um dem beim Wickeln des Spulenkörpers zunehmendem Außenumfang Rechnung zu tragen ist der Zwischenkörper pyramidenstumpfförmig gestaltet und quer zur Wickelrichtung translatorisch beweglich. Mit zunehmendem Außenumfang des Spulenkörpers wird der Zwischenkörper schrittweise verschoben, so dass sukzessive auch dort zunehmende Außenumfangsflächen für die Zuführung des Drahts zum Spulenkörper zum Tragen kommen.

[0007] Eine Aufgabe der Erfindung besteht entsprechend darin, ein Verfahren zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers anzugeben, das die oben genannten Nachteile vermeidet oder zumindest deren Auswirkungen reduziert. Einem speziellen Aspekt der Erfindung liegt darüber hinaus die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers anzugeben, bei dem eine Reduktion einer Drehzahl des zu bewickelnden Spulenkörpers vermieden wird, um eine Ausstoßkapazität einer nach dem Verfahren arbeitenden Anlage nicht zu beeinträchtigen.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Dazu ist bei einem Verfahren zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers, bei dem der Spulenkörper mit einem Wickelantrieb in eine Drehbewegung versetzt wird, bei dem mit einer Drehbewegung des Spulenkörpers ein daran angebrachter Draht auf den Spulenkörper gewickelt und von einer Trommel, der ein Bremsantrieb zugeordnet ist, abgezogen wird, eine Ansteuerung, insbesondere eine geregelte Ansteuerung, des Wickelantriebs und/oder des Bremsantriebs auf Basis einer jeweiligen Rotationslage des Spulenkörpers vorgesehen.

[0009] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass bei azentrischen Spulenkörper aufgrund von deren Geometrie eine Abzugsgeschwindigkeit von der Trommel, auf welcher der Draht vorgehalten wird, mit dem die Bewicklung des Spulenkörpers erfolgt, nicht konstant ist und von einer Rotationslage des Spulenkörpers abhängt. Die Erfindung macht sich vergleichsweise einfache mathematische Verhältnisse für die Berechnung einer Änderung der Abzugsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Rotationslage des Spulenkörpers zunutze.

[0010] Der Vorteil der Erfindung besteht entsprechend darin, dass auf Basis einer Erfassung der Rotationslage des Spulenkörpers eine Ansteuerung entweder des Wickelantriebs oder des Bremsantriebs oder beider Antriebe, nämlich Wickelantrieb und Bremsantrieb, zum Erhalt einer konstanten oder zumindest im Wesentlichen gleichmäßigen Zugkraft auf den Draht möglich ist.

[0011] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Dabei verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die

Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmalskombinationen der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen. Da speziell die Gegenstände der Unteransprüche im Hinblick auf den Stand der Technik am Prioritätstag eigene und unabhängige Erfindungen bilden können, behält die Anmelderin sich vor, diese oder noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnung offenbarte Merkmalskombination zum Gegenstand unabhängiger Ansprüche oder Teilungserklärungen zu machen. Des Weiteren ist im Hinblick auf eine Auslegung der Ansprüche bei einer näheren Konkretisierung eines Merkmals in einem nachgeordneten Anspruch davon auszugehen, dass eine derartige Beschränkung in den jeweils vorangehenden Ansprüchen nicht vorhanden ist.

[0012] Für eine besondere Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass, obwohl eine Geschwindigkeit des Abzugs des Drahtes von der Trommel nicht konstant ist, die Ansteuerung der Antriebe eine konstante Drehzahl des Wickelantriebs bewirkt. Der Spulenkörper wird also mit konstanter Drehgeschwindigkeit rotiert und diese Geschwindigkeit ist bestimmend für die mögliche Anzahl der in einer Zeiteinheit bewickelten Spulenkörper. Eine konstante Drehzahl führt also zu einer vorhersehbaren Produktionsmenge. Zudem führt eine konstante Drehzahl des Wickelantriebs im Gegensatz zu einer in Abhängigkeit etwa von der Rotationslage des Spulenkörpers dynamisch unter den Wert der konstanten Drehzahl verringerten Drehzahl zu einer Erhöhung der Produktionsmenge.

[0013] Wenn für eine Mehrzahl von Rotationslagen des Spulenkörpers und korrespondierende Rotationslagen der Trommel ein Bewegungs- oder Geschwindigkeitsprofil der Trommel ermittelt und als Basis für die Ansteuerung des Bremsantriebs verwendet wird, kann der Wickelantrieb für eine Rotation mit konstanter Drehzahl angesteuert werden und eine Dynamik des Drahtabzugs, also die mit der Rotationslage des Spulenkörpers variierende Abzugsgeschwindigkeit, wird durch eine geeignete Ansteuerung des Bremsantriebs kompensiert. Zudem ist für das Geschwindigkeitsprofil der Trommel dessen einmalige Ermittlung oder Berechnung ausreichend. Sobald das Geschwindigkeitsprofil, das im Wesentlichen nur von der Geometrie des Spulenkörpers abhängt, feststeht, kann es für den laufenden Wickelvorgang oder für weitere Wickelvorgänge mit Spulenkörpern gleicher Geometrie verwendet werden. Das Bewegungs- oder Geschwindigkeitsprofil umfasst für eine Mehrzahl von Rotationslagen des Spulenkörpers und korrespondierende Rotationslagen der Trommel jeweils Lage-, Bewegungs- oder Geschwindigkeitssollwerte zur Ansteuerung des Bremsantriebs. Alle denkbaren Profile, also insbesondere Lage-, Bewegungs-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsprofile, werden hier und im Folgenden ohne Verzicht auf eine weitergehende Bedeutung als Geschwindigkeitsprofil bezeichnet, was sich auch daraus rechtfertigt, dass aus einem Geschwindigkeitsprofil ein

Beschleunigungsprofil durch Differentiation und aus einem Geschwindigkeitsprofil ein Lageprofil durch Integration erhältlich ist. Hinsichtlich der Mehrzahl von Rotationslagen, für die das Geschwindigkeitsprofil ermittelt wird, kommen zum Beispiel neunzig, einhundert, einhunderundachtzig, dreihundertundsechzig, siebenhunderundzwanzig, eintausend usw. Rotationslagen in Betracht, die gleichmäßig auf eine Vollumdrehung verteilt sind. Bei einer vergleichsweise einfachen Situation mit dreihundertundsechzig betrachteten Werten bezieht sich jede Rotationslage auf eine dem jeweiligen Wert entsprechende Winkelstellung des Spulenkörpers und das Geschwindigkeitsprofil für die Trommel umfasst entsprechend für jeden ganzzahligen Winkelwert im Gradmaß einen Lage- oder Geschwindigkeitssollwert oder dergleichen.

[0014] Für die Berechnung des Geschwindigkeitsprofils der Trommel kommt in Betracht, diesem einerseits die jeweilige Rotationslage des Spulenkörpers und andererseits einen sich daraus ergebenden Abstand eines momentanen Tragpunkts oder Anlagepunkts des Drahtes am Spulenkörper von einer Drehachse des Spulenkörpers zu Grunde zu legen. Dies bildet die tatsächlichen Verhältnisse mit großer Genauigkeit ab. Zumindest ist die Genauigkeit größer als dies mit einer Approximation der Geometrie des Spulenkörpers möglich wäre. Im Betrieb ergeben sich maximale Abzugsgeschwindigkeiten dann, wenn der Abstand zwischen Tragepunkt und Rotationsachse am größten ist.

[0015] Wenn das Geschwindigkeitsprofil der Trommel einem Regelkreis zur Ansteuerung des Bremsantriebs als Eingangsgröße oder als Sollwert zugeführt wird, können, anders als zum Beispiel bei einer direkten Ansteuerung des Bremsantriebs mit dem jeweiligen Geschwindigkeitswert des Geschwindigkeitsprofils, mit der Regelungsfunktionalität des Regelkreises etwaige Abweichungen von dem als Sollwert zugeführten jeweiligen Geschwindigkeitswert ausgeglichen werden.

[0016] Wenn der Regelkreis zur Ansteuerung des Bremsantriebs einen Regler umfasst, der zum Erhalt einer durch den Bremsantrieb aufgebrachten konstanten Zugkraft auf den Draht wirksam ist, berücksichtigt der Regelkreis nicht nur die Geschwindigkeitssollwerte aus dem Geschwindigkeitsprofil, sondern wirkt auch im Hinblick auf eine Stabilisierung einer vorgegebenen oder vorgebbaren Zugkraft. Dazu ist eine Momentenrückführung vom Bremsantrieb vorgesehen, wobei eine Differenz aus einem zurückgeführten Moment und einem als vorgegebene Zugkraft zugeführten Kraftsollwert dem Regler als Eingangssignal zugeführt wird. Im Betrieb bedämpft der vom Regelkreis umfasste Regler zum Erhalt einer konstanten Zugkraft zudem die jeweils ausgegebene Stellgröße.

[0017] Zur Realisierung des Regelkreises zur Ansteuerung des Bremsantriebs kommen ein PI-Regler, grundsätzlich aber auch jeder andere Standardregler oder Kombinationen daraus, und ein Stromregler und als Regler zum Erhalt einer konstanten Zugkraft auf den Draht

ein PI-Regler im Rückführzweig in Betracht. Wenn der Regler zum Erhalt einer konstanten Zugkraft im Rückführzweig des Regelkreises angeordnet ist, kann der Ausgang dieses Reglers eine einer Sollwertvorgabe anhand des Geschwindigkeitsprofils nachgeschaltete Drehzahlvorgabe beeinflussen.

[0018] Zur Realisierung der Ansteuerung zum Erhalt einer konstanten Drehzahl des Wickelantriebs kommt ein Regelkreis mit einem PI-Regler und einem Stromregler in Betracht. Auch hier kann anstelle des PI-Reglers grundsätzlich auch jeder andere Standardregler oder Kombinationen daraus zur Anwendung kommen. Mit der Verwendung einer durch einen Regelkreis realisierten Regelung, können, anders als zum Beispiel bei einer direkten Ansteuerung des Wickelantriebs mit der jeweiligen Solldrehzahl, etwaige Abweichungen von der Solldrehzahl ausgeglichen werden.

[0019] Wenn die Regelung des Wickelantriebs und die Regelung des Bremsantriebs als Lageregelung ausgeführt sind, kann mit jeder Rotationslage des Spulenkörpers ein zugehöriger Geschwindigkeits- oder Drehzahl-sollwert des Wickelantriebs und des Bremsantriebs assoziiert werden.

[0020] Bei einer alternativen Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine sich aus der nicht konstanten Geschwindigkeit des Drahtabzugs von der Trommel ergebende Dynamik durch die Ansteuerung der Antriebe, insbesondere die geregelte Ansteuerung, einerseits auf den Wickelantrieb und andererseits den Bremsantrieb verteilt wird. Anders als bei der oben beschriebenen Variante, bei der die Ansteuerung der Antriebe eine konstante Drehzahl des Wickelantriebs bewirkt, sind jetzt beide Antriebe in die Kompensation der Dynamik des Drahtabzugs involviert. Eine Möglichkeit einer solchen Aufteilung auf beide Antriebe besteht in der Modellierung des Spulenkörpers durch abgerundete Geometrien. Dabei werden Raumpunkte auf der Oberfläche des Spulenkörpers ausgehend von der Rotationsachse durch eine Abstandsfunktion beschrieben. Diese ist wie jede andere Funktion durch Fourierzerlegung in Terme erste erster, zweiter und höherer Ordnung zerlegbar. Terme höherer Ordnung, also hochfrequente Anteile der Modellierung, werden dabei einem Sollwert für den Bremsantrieb zugeschlagen, während Terme unterhalb einer vorgegebenen oder vorgebbaren Ordnung zur Berechnung eines Bewegungsprofils für den Wickelantrieb verwendbar sind, aus dem sich jeweils Drehzahlsollwerte für den Wickelantrieb ergeben. Mit diesem Bewegungsprofil und dessen Drehzahlsollwerten ergibt sich pro Zeiteinheit ein konstanter Drahtabzug.

[0021] Die oben genannte Aufgabe wird auch mit einer Steuerungseinrichtung zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers gelöst, die nach dem Verfahren wie hier und im Folgenden beschrieben arbeitet und dazu Mittel zur Durchführung des Verfahrens umfasst. Die Erfindung ist dabei bevorzugt in Software implementiert. Die Erfindung ist damit einerseits auch ein Computerprogramm mit durch einen Com-

puter ausführbaren Programmcodeanweisungen und andererseits ein Speichermedium mit einem derartigen Computerprogramm sowie schließlich auch eine Steuerungseinrichtung oder ein Antriebssystem oder eine Drahtwickelmaschine mit einer solchen Steuerungseinrichtung/einem solchen Antriebssystem, in deren bzw. dessen Speicher als Mittel zur Durchführung des Verfahrens und seiner Ausgestaltungen ein solches Computerprogramm geladen oder ladbar ist.

[0022] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Einander entsprechende Gegenstände oder Elemente sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0023] Das oder jedes Ausführungsbeispiel ist nicht als Einschränkung der Erfindung zu verstehen. Vielmehr sind im Rahmen der vorliegenden Offenbarung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten und Kombinationen, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den im allgemeinen oder speziellen Beschreibungsteil beschriebenen sowie in den Ansprüchen und/oder der Zeichnung enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten für den Fachmann im Hinblick auf die Lösung der Aufgabe entnehmbar sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

[0024] Es zeigen

- FIG 1 eine Prinzipdarstellung einer Drahtwickelmaschine,
- FIG 2 eine Prinzipdarstellung einer Wicklung eines azentrischen Spulenkörpers,
- FIG 3 grundlegende Zusammenhänge zur Entwicklung einer Abstandsfunktion als Basis für eine Ansteuerung der Antriebe der Drahtwickelmaschine in Abhängigkeit von einer Rotationslage eines azentrischen Spulenkörpers,
- FIG 4 Blockdiagramme für Strukturen eines Regelkreises zur Ansteuerung der Antriebe der Drahtwickelmaschine und
- FIG 5 Blockdiagramme für alternative Strukturen eines Regelkreises zur Ansteuerung der Antriebe der Drahtwickelmaschine.

[0025] FIG 1 zeigt eine schematisch stark vereinfachte Prinzipdarstellung einer insgesamt mit 10 bezeichneten Drahtwickelmaschine. Diese umfasst in an sich bekannter Art und Weise eine Steuerungseinrichtung 12 mit einer Verarbeitungseinheit nach Art eines Mikroprozessors 14 oder dergleichen. Die Verarbeitungseinheit ist im Betrieb der Drahtwickelmaschine 10 zur Ausführung eines in einem Speicher 16 als Computerprogramm mit Computerprogrammanweisungen vorgehaltenen Steuerungsprogramms 18 vorgesehen. Unter Kontrolle der Steuerungseinrichtung 12 erfolgt durch Ausführen des Steuerungsprogramms 18 eine Ansteuerung zumindest

eines Wickelantriebs 20 und eines Bremsantriebs 22. Der Wickelantrieb 20 und der Bremsantrieb 22 wirkt jeweils auf einen nachfolgenden Motor 24, 26 oder dergleichen. Hier und im Folgenden wird auch die Kombination aus Antrieb und nachfolgendem Motor zusammenfassend als Antrieb bezeichnet. Insofern bewirkt der Wickelantrieb 20 eine Rotation eines zu bewickelnden Spulenkörpers 28 und der Bremsantrieb 22 eine Rotation einer Trommel 30. Von der Trommel 30 wird im Betrieb ein Draht 32 abgezogen. Dieser wird zum Spulenkörper 28 geführt und dort mit der Rotation des Spulenkörpers 28 auf diesen aufgewickelt.

[0026] Bei einem azentrischen Spulenkörper 28, also zum Beispiel bei einem Spulenkörper mit der in FIG 1 dargestellten quaderförmigen Geometrie, führt die Drahtwickelmaschine 10 insgesamt oder die Steuerungseinrichtung 12 der Drahtwickelmaschine 10 einen Prozess zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers 28 aus. Dabei werden in an sich bekannter Art und Weise Daten oder Steuersignale zwischen den verschiedenen Einheiten der Drahtwickelmaschine 10 ausgetauscht. Zum Beispiel Daten von der Steuerungseinrichtung 12 an den jeweiligen Antrieb 20, 22 mit Aktivierungssignalen oder Bewegungsdaten, zum Beispiel Daten für eine Lage-, Geschwindigkeits- oder Drehzahlvorgabe. Zu Überwachungs- oder Regelungszwecken können die Antriebe 20, 22 Zustandsdaten an die Steuerungseinrichtung 12 liefern. Zum Beispiel Daten zum aktuellen Betriebszustand oder zur momentanen Lage, Geschwindigkeit oder Drehzahl. Entsprechende Daten können zusätzlich oder alternativ auch bei den jeweiligen Motoren 24, 26 oder dem Spulenkörper 28 oder der Trommel 30 abgenommen werden. Eine derartige Signal- oder Datenübermittlung ist an sich bekannt und im Weiteren wird darauf nicht näher eingegangen.

[0027] FIG 2 zeigt eine schematisch stark vereinfachte Prinzipdarstellung einer Wicklung eines azentrischen Spulenkörpers 28. Durch eine Rotation des Spulenkörpers 28 wird von der Trommel 30 Draht 32 abgezogen und auf den Spulenkörper 28 gewickelt. Bei der dargestellten Situation ist der Draht 32 über eine Umlenkrolle 34 geführt. Der Draht 32 liegt am Spulenkörper 28 jeweils an zumindest einem Punkt auf dessen Oberfläche an. Dieser Punkt wird im Folgenden als Tragpunkt 36 bezeichnet. Je nach Rotationslage des Spulenkörpers 28 liegt der Tragpunkt 36 auf einer der Kanten oder einer der Flächen des Spulenkörpers 28.

[0028] Die oben erwähnten, sich bei azentrischen Spulenkörpern 28, also zum Beispiel bei Motorenwicklungen mit quaderförmigen Spulenkörpergeometrien, ergeben den Zugkraftsprünge und Zugkraftschwankungen während eines Wickelzyklus sind im Wesentlichen durch den je nach Rotationslage des Spulenkörpers 28 variierenden Abstand zwischen Tragpunkt 36 und einer Rotationsachse (in FIG 2 im Schnittpunkt der gestrichelten Linien) des Spulenkörpers 28 bedingt. Der für die in FIG 2 gezeigte Situation momentane Abstand ist als r_W eingetragen. Grundsätzlich hängt die auf den Draht 32 wirken-

de Zugkraft auch vom im Wickelzyklus abnehmenden Radius der Drahtwicklungen auf der Trommel 30 ab (in FIG 2 als r_T eingezeichnet). Bei einer besonderen Ausführungsform der Drahtwickelmaschine 10 ist einer Trommel, auf der der Drahtvorrat aufgespult ist, eine weitere Trommel 30 nachgeordnet, auf der stets nur eine begrenzte Anzahl von Wicklungen, zum Beispiel zehn Wicklungen, geführt wird und wobei die jeweils abgespulte Wicklung aufgrund einer kegelstumpfförmigen Geometrie stets zum Ort des minimalen Durchmessers strebt, so dass der Abzugsdurchmesser r_T dieser Trommel 30 konstant ist. Als Trommel 30 wird hier und im Folgenden entweder eine solche Trommel mit konstantem Abzugsdurchmesser oder für Drahtwickelmaschinen 10, die keine solche Trommel aufweisen, die Trommel mit dem Drahtvorrat bezeichnet.

[0029] Die in FIG 1 gezeigte Drahtwickelmaschine 10 führt bei einer Rotation des in FIG 2 gezeigten Spulenkörpers 28 und der ebenfalls in FIG 2 gezeigten Trommel 30 ein Verfahren zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers 28 aus, bei dem der Spulenkörper 28 mit dem Wickelantrieb 20 (FIG 1) in eine Drehbewegung versetzt wird, bei dem mit einer Drehbewegung des Spulenkörpers 28 ein daran angebrachter Draht 32 auf den Spulenkörper 28 gewickelt und von der Trommel 30, welcher der Bremsantrieb 22 (FIG 1) zugeordnet ist, abgezogen wird. Die Steuerungseinrichtung 12 (FIG 1) der Drahtwickelmaschine 10 bewirkt dabei eine Ansteuerung, insbesondere eine geregelte Ansteuerung, des Wickelantriebs 20 (FIG 1) und/oder des Bremsantriebs 22 (FIG 1) auf Basis einer jeweiligen Rotationslage des Spulenkörpers 28. Eine Möglichkeit zur Implementierung einer solchen Ansteuerung und eines darauf basierenden Verfahrens wird nachfolgend beschrieben:

FIG 3 zeigt zunächst links unten eine exemplarische Geometrie eines azentrischen Spulenkörpers und die sich daraus ergebenden mathematischen Beziehungen. Im Weiteren zeigt FIG 3 links oben in Form eines Ausschnittes aus der Darstellung in FIG 2 die geometrische Bedeutung einer Abstandsfunktion - hier als $r(\theta_1)$ eingezeichnet - bei einer durch den Winkel θ_1 bezeichneten Rotationslage des Spulenkörpers 28. Die Abstandsfunktion $r(\theta_1)$ ist eine Beschreibung einer Änderung eines Abstands des Tragpunkts 36 von der Rotationsachse über verschiedene Rotationslagen θ_1 des Spulenkörpers 28 bei fortschreitender Rotation oder über der Zeit.

[0030] Schließlich zeigt FIG 3 auf der rechten Seite den Verlauf der Abstandsfunktion $r(\theta_1)$ für eine vollständige und eine anschließende halbe Umdrehung des Spulenkörpers 28, wobei einzelne signifikante Rotationslagen des Spulenkörpers 28 mit dem jeweiligen Tragpunkt 36 des Drahtes 32 quasi als Momentaufnahmen in FIG 3 rechts unten dargestellt sind. Die einzelnen Rotationslagen sind dort und auf der Abstandsfunktion mit (1), (2),

(3) und (4) bezeichnet.

[0031] FIG 4 zeigt im Wesentlichen eine Wiederholung der Darstellung aus FIG 2 und jeweils, graphisch dem Spulenkörper 28 und der Trommel 30 zugeordnet, einen Regelkreis zur Ansteuerung des Wickelantriebs 20 bzw. des Bremsantriebs 22. Zur Unterscheidung werden die beiden Regelkreise im Folgenden als Wickelregelkreis 38 und Bremsregelkreis 40 bezeichnet.

[0032] Bei der in FIG 4 dargestellten Ausführungsform ist der Wickelregelkreis 38 vorgesehen, um - obwohl eine Geschwindigkeit des Abzugs des Drahtes 32 von der Trommel 30 nicht konstant ist - durch eine geregelte Ansteuerung eine konstante Drehzahl des Wickelantriebs 20 zu bewirken. Dazu umfasst der Wickelregelkreis 38 in an sich bekannter Art und Weise einen im Folgenden zur Unterscheidung als Wickelregelkreisstromregler 42 bezeichneten Stromregler. Diesem ist ein ebenfalls zur Unterscheidung als Wickelregelkreis-PI-Regler 44 bezzeichneter PI-Regler vorgeschaltet. Dem Wickelregelkreis 38 werden an einem Wickelregelkreiseingang 46 kontinuierlich oder in äquidistanten Abschnitten, also diskret, Sollwerte für die Rotationslage des Spulenkörpers 28 vorgegeben (in der Darstellung als θ_1 eingezeichnet). Mit einem zur Unterscheidung als Wickelregelkreisproportionalglied 48 bezeichneten Proportionalglied wird daraus ein Drehzahlsollwert ermittelt. Dieser Wert fungiert als Eingangssignal für den Wickelregelkreis-PI-Regler 44 und das sich damit ergebende Ausgangssignal des Wickelregelkreisstromreglers 42 kann an den Wickelantrieb 20 zum Erhalt einer konstanten Drehzahl des durch den Wickelantrieb 20 (FIG 1) angesteuerten Motors 24 (FIG 1) und damit letztlich zum Erhalt einer konstanten Drehzahl des Spulenkörpers 28 ausgegeben werden. Eine Rückführung (nur teilweise gezeigt) der jeweils tatsächlichen Drehzahl des Spulenkörpers 28 schließt den Wickelregelkreis 38 und erlaubt eine Kompensation evtl. Abweichungen von der Drehzahlvorgabe am Ausgang des Wickelregelkreisproportionalglieds 48. Auf den Wickelregelkreiseingang 46 wird darüber hinaus ein jeweiliger Lageistwert zurückgeführt, um den vorgegebenen Lagesollwert zu erreichen.

[0033] Während dem Wickelregelkreis 38 zum Erhalt einer konstanten Drehzahl des Spulenkörpers 28 im Grunde zyklisch stetig ansteigende Winkelwerte übermittelt werden, aus denen sich dann die jeweilige Soll-drehzahl ergibt, ist der Bremsregelkreis 40 zur Kompensation der Dynamik des Drahtabzugs vorgesehen. Dafür wird zunächst für eine Mehrzahl von Rotationslagen des Spulenkörpers 28 und korrespondierende Rotationslagen der Trommel 30 ein Lage, Bewegungs- oder Geschwindigkeitsprofil der Trommel 30 ermittelt und als Basis für die Ansteuerung des Bremsantriebs 22 verwendet. Aus einem solchen Profil, im Folgenden zusammenfassen als Geschwindigkeitsprofil bezeichnet, ergibt sich jeweils eine gewünschte Rotationslage der Trommel 30.

[0034] Das Geschwindigkeitsprofil der Trommel 30 wird also für die gezeigte Ausführungsform für eine Mehrzahl von Rotationslagen des Spulenkörpers 28 aus der

jeweiligen Rotationslage (θ_1) und einem sich daraus ergebenden Abstand des jeweils momentanen Traggpunkts 36 des Drahtes 32 von der Drehachse des Spulenkörpers 28 ermittelt. Die Position des Traggpunkts 36 wird dabei durch die Abstandsfunktion $r(\theta_1)$ (FIG 3) beschrieben. Die Abstandsfunktion selbst ist auf den Abstand des jeweiligen Punktes auf der Oberfläche des Spulenkörpers von dessen zum Wickeln verwendeter Symmetrie- oder Drehachse normiert, so dass der jeweilige Wert der Abstandsfunktion den Abstand des Traggpunktes 36 von der Drehachse des Spulenkörpers 28 angibt.

[0035] Zur Ermittlung eines Drehzahlprofils und davon ausgehend des Geschwindigkeitsprofils kann auf Basis der folgenden mathematischen Zusammenhänge erfolgen, die im Grunde eine Transformation der in FIG 3 gezeigten Abstandsfunktion $r(\theta_1)$ darstellen, denn je größer der Wert der Abstandsfunktion, desto größer muss die Geschwindigkeit der Trommel 30 sein um trotz der größer werdenden Drahtauslenkung den Drahtabzug noch mit gleichbleibender Drahtspannung zu ermöglichen. Umgekehrt muss für kleinere Werte der Abstandsfunktion die Geschwindigkeit der Trommel 30 abnehmen um einerseits ein Abreißen der Drahtspannung zu vermeiden und andererseits eine weiterhin konstante Drahtspannung zu gewährleisten.

[0036] Zunächst kann vorausgesetzt werden, dass die Geschwindigkeit des Drahtes 32 im gesamten System zu jedem Zeitpunkt gleich ist:

$$\dot{\theta}_1 r(\theta_1) = r_T \dot{\theta}_2 = v_0$$

[0037] Sodann entspricht die von der Trommel 30 abgewickelte Länge des Drahtes 32 der auf den Spulenkörper 28 aufgewickelten Drahtlänge, wobei auf der linken Seite $r(u)$ die Abstandsfunktion ist und sich die abgewickelte Drahtlänge aus der Abzugsgeschwindigkeit des Drahtes 32 ergibt:

$$\int_0^{\theta_1} r(u) du = v_0 t$$

[0038] Eingesetzt ergibt sich

$$\int_0^{\theta_1} r(u) du = r_T \theta_2 + L_0$$

wobei L_0 eine freie Länge des Drahtes 32 zwischen der Trommel 30 und dem Spulenkörper 28 angibt.

[0039] Die Ableitungen von θ_1 und θ_2 über der Zeit sind das Drehzahlprofil des Spulenkörpers 28 bzw. der

Trommel 30. Daraus ergibt sich jeweils ein Geschwindigkeitsprofil und aus dem Geschwindigkeitsprofil für die Trommel 30 ergibt sich ein Rotationslagenprofil für die Trommel 30, derart, dass das Rotationslagenprofil die von der Trommel 30 sukzessive einzunehmenden Rotationslagen kodiert. Das Rotationslagenprofil oder ein jeweils aktueller Wert aus dem Rotationslagenprofil wird dem Bremsregelkreis 40 an dessen Bremsregelkreiseingang 50 zugeführt (in der Darstellung als θ_2 eingezeichnet). Der Bremsregelkreis 40 ist also der Regelkreis, dem das Geschwindigkeitsprofil der Trommel 30 zur Ansteuerung des Bremsantriebs 22 als Eingangsgröße zugeführt wird.

[0040] Mit einem zur Unterscheidung vom Wickelregelkreisproportionalglied 48 als Bremsregelkreisproportionalglied 52 bezeichneten Proportionalglied wird daraus ein Drehzahlsollwert ermittelt. Dieser Wert fungiert als Eingangssignal für den Bremsregelkreis-PI-Regler 54 und das sich damit ergebende Ausgangssignal eines dem Bremsregelkreis-PI-Regler 54 nachgeschalteten Bremsregelkreisstromreglers 56 kann an den Bremsantrieb 22 (FIG 1) zum Erhalt des gewünschten Geschwindigkeitsprofils des durch den Bremsantrieb angesteuerten Motors 26 (FIG 1) und damit letztlich zum Erhalt des gewünschten Drehverhaltens der Trommel 30 zur Kompensation der Dynamik des Drahtabzugs ausgegeben werden. Eine Rückführung (nur teilweise gezeigt) der jeweils tatsächlichen Drehzahl der Trommel 30 schließt den Bremsregelkreis 40 und erlaubt eine Kompensation evtl. Abweichungen von der Vorgabe am Ausgang des Bremsregelkreisproportionalglieds 52. Auf den Bremsregelkreiseingang 50 wird darüber hinaus ein jeweiliger Lageistwert zurückgeführt, um den vorgegebenen Lage-sollwert zu erreichen. Im Ergebnis bewirkt der Bremsregelkreis dass die Drehbewegung der Trommel 30 dem ermittelten Geschwindigkeitsprofil folgt und damit den Erhalt einer konstanten Zugkraft auf den Draht 32.

[0041] Optional und in FIG 4 bereits eingezeichnet kann der Bremsregelkreis 40 in einem separaten Rückführzweig 58 noch einen zur Momentenrückführung wirk-samen und zur Unterscheidung als Zugkraftregler 60 bezeichneten PI-Regler umfassen. Dem Zugkraftregler 60 wird an dessen Eingang eine Differenz aus dem Ausgangssignal des Bremsregelkreisstromreglers 56 und einem Zugkraftsollwertsignal 62 zugeführt. Ein Ausgangssignal des Zugkraftreglers 60 wird auf die dem Bremsregelkreisproportionalglied 52 nachfolgende Summationsstelle geführt und beeinflusst damit das am Eingang des Bremsregelkreis-PI-Reglers 54 anliegende Signal. Damit wird nicht nur eine konstante Zugkraft sondern auch eine Zugkraft entsprechend einer Sollwertvorgabe erreicht.

[0042] Wenn hier von einer bestimmten Art eines Standardreglers gesprochen wird, zum Beispiel Bremsregelkreis-PI-Regler, ist damit impliziert, dass auch andere Standardreglerformen in Betracht kommen, zum Beispiel ein PID-Regler.

[0043] FIG 5 zeigt eine alternative Ausführungsform

der Ansteuerung der Antriebe 20, 22. Voraussetzung bleibt, dass eine Geschwindigkeit des Abzugs des Drahtes 32 von der Trommel 30 nicht konstant ist. Im Gegensatz zu der in FIG 4 gezeigten Ausführungsform, bei der die Drehzahl des Wickelantriebs 20 konstant gehalten wurde, bewirkt hier die geregelte Ansteuerung der Antriebe 20, 22 eine Aufteilung der Kompensation der Dynamik des Drahtabzugs auf den Bremsantrieb 22 und auf den Wickelantrieb 20. Hier sind also beide Antrieb 20, 22 in die Kompensation der Dynamik des Drahtabzugs involviert.

[0044] Diesem Ansatz liegt eine Fourierzerlegung der Abstandsfunktion (FIG 2) zugrunde. Allgemein lässt sich die Fourierzerlegte Abstandsfunktion als $r(\theta_1) = r_1(\theta_1) + r_2(\theta_1)$ schreiben, wobei $r_1(\theta_1)$ Termen niedriger Ordnung und $r_2(\theta_1)$ Terme höherer Ordnung sind. Rechts oben zeigt FIG 5 dazu zum Einen den Spulenkörper und daneben die Modellierung des Spulenkörpers 28 in Abhängigkeit von einer Anzahl der sich nach der Fourierzerlegung der Abstandsfunktion ergebenden Terme. Die Berücksichtigung nur eines Terms (Term erster Ordnung; erster Fourier-Anteil) führt zur Modellierung des Spulenkörpers 28 als Kreis. Die Berücksichtigung zweier Terme (Terme erster und zweiter Ordnung) führt zur Modellierung des Spulenkörpers 28 als Ellipse. Die Berücksichtigung dreier Terme (Terme erster, zweiter und dritter Ordnung) führt zur Modellierung des Spulenkörpers 28 durch eine elliptische Form, die sich mit ihrer kleineren Achse schon besser an die tatsächliche Breite des Spulenkörpers annähert und mit ihrer langen Achse nicht über die tatsächliche Länge des Spulenkörpers hinausgeht. Die Hinzunahme weiterer Terme führt sukzessive zu einer Verbesserung der Modellierung.

[0045] Nach dem alternativen Ansatz erfolgt eine Fourierzerlegung der Abstandsfunktion $r(\theta_1)$ in eine bestimmte Anzahl von Termen. Terme unterhalb einer vorgegebenen oder vorgebbaren Ordnung also zum Beispiel die Terme erster und zweiter Ordnung werden zur Berechnung eines Bewegungsprofils des Wickelantriebs 20 verwendet. Ein solches Bewegungsprofil führt dazu (vgl. Darstellung der Abstandsfunktion in FIG 2), dass die Drehzahl oder Geschwindigkeit des Wickelantriebs 20 reduziert wird, wenn der Wert der Abstandsfunktion $r(\theta_1)$, hier also die Summe der dazu ermittelten Terme $r_1(\theta_1)$, ansteigt, um einen gleichmäßigen Drahtabzug zu ermöglichen, ohne dabei die Drahtspannung zu erhöhen. Umgekehrt kann die Drehzahl oder Geschwindigkeit des Wickelantriebs 20 bis zu einer vorgegebenen Drehzahl erhöht werden, wenn der Wert der Abstandsfunktion zurückgeht. Die Summe der ermittelten Terme oberhalb der vorgegebenen oder vorgebbaren Ordnung wird demgegenüber auf einen Sollwert des Bremsantriebs 22 addiert. Ein solcher Sollwert des Bremsantriebs ergibt sich dabei zunächst anhand der geometrischen Verhältnisse von Spulenkörper 28 und Trommel 30, d.h. eine Trommel 30 mit einem deutlich größeren Radius als einer wirksamer Radius des Spulenkörpers 28 wird zunächst mit einer im Vergleich zur Drehzahl des Spulenkörpers 28 un-

tersetzten Drehzahl als Sollwert betrieben. Dieser Sollwert wird im Betrieb durch die Summe der ermittelten Terme oberhalb der vorgegebenen oder vorgebbaren Ordnung angepasst.

[0046] Hinsichtlich der Struktur der beiden Regelkreise, also Wickelregelkreis 38 und Bremsregelkreis 40, gibt es keine systematischen Unterschiede zu der anhand von FIG 4 beschriebenen Situation, so dass auf die dortigen Ausführungen verwiesen werden kann.

[0047] Dadurch, dass in beiden Fällen die Regelung des Wickelantriebs 20 durch den Wickelregelkreis 38 und die Regelung des Bremsantriebs 22 durch den Bremsregelkreis 40 jeweils als Lageregelung ausgeführt ist, ist einerseits (FIG 4) die Vorgabe einer konstanten Drehzahl für den Wickelantrieb 20 und die Vorgabe einer Drehzahl gemäß einem von der Abstandsfunktion abhängigen Geschwindigkeitsprofil für den Bremsantrieb 22 und andererseits (FIG 5) die Drehzahlvorgabe gemäß einem jeweils von der Abstandsfunktion abhängigen Geschwindigkeitsprofil ausreichend um die Dynamik des Drahtabzugs zu kompensieren und eine gleichmäßige Wicklung des Spulenkörpers 28 zu erreichen.

[0048] Das hier beschriebene Verfahren ist bevorzugt in Software implementiert und insoweit umfasst das Steuerungsprogramm 18 Programmcodieranweisungen zur Umsetzung des Verfahrens und/oder seiner Ausgestaltungen. Die Regelkreise, also Wickelregelkreis 38 und Bremsregelkreis 40, können ebenfalls als Bestandteil des Steuerungsprogramms 18 oder durch geeignete Parametrierung der jeweiligen Antriebe 20, 22 realisiert sein.

[0049] Einzelne im Vordergrund stehende Aspekte der hier eingereichten Beschreibung lassen sich damit kurz wie folgt zusammenfassen: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers 28 und eine nach dem Verfahren arbeitende Vorrichtung, wobei der Spulenkörper 28 mit einem Wickelantrieb 20 in eine Drehbewegung versetzt wird, wobei mit einer Drehbewegung des Spulenkörpers 28 ein daran angebrachter Draht 32 auf den Spulenkörper 28 gewickelt und von einer Trommel 30, der ein Bremsantrieb 22 zugeordnet ist, abgezogen wird und wobei eine Ansteuerung des Wickelantriebs 20 und/oder des Bremsantriebs 22 auf Basis einer jeweiligen Rotationslage des Spulenkörpers 28 erfolgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Prozesses zum Wickeln eines azentrischen Spulenkörpers (28), bei dem der Spulenkörper (28) mit einem Wickelantrieb (20) in eine Drehbewegung versetzt wird, bei dem mit einer Drehbewegung des Spulenkörpers (28) ein daran angebrachter Draht (32) auf den Spulenkörper (28) gewickelt und von einer Trommel (30), der ein Bremsantrieb (22) zugeordnet ist, abgezogen wird, **gekennzeichnet durch** eine Ansteuerung des Wi-

ckelantriebs (20) und/oder des Bremsantriebs (22) auf Basis einer jeweiligen Rotationslage des Spulenkörpers (28).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Geschwindigkeit des Abzugs des Drahtes (32) von der Trommel (30) nicht konstant ist und wobei eine geregelte Ansteuerung der Antriebe (20, 22) eine konstante Drehzahl des Wickelantriebs (20) bewirkt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei für eine Mehrzahl von Rotationslagen des Spulenkörpers (28) und korrespondierende Rotationslagen der Trommel (30) ein Geschwindigkeitsprofil der Trommel (30) ermittelt und als Basis für die Ansteuerung des Bremsantriebs (22) verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Geschwindigkeitsprofil der Trommel (30) für eine Mehrzahl von Rotationslagen des Spulenkörpers (28) aus der jeweiligen Rotationslage und einem sich daraus ergebenden Abstand eines momentanen Tragpunkts (36) des Drahtes (30) von einer Drehachse des Spulenkörpers (28) ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Geschwindigkeitsprofil der Trommel (30) einem Regelkreis zur Ansteuerung des Bremsantriebs (22) als Eingangsgröße zugeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Regelkreis zur Ansteuerung des Bremsantriebs (22) einen Regler zum Erhalt einer konstanten Zugkraft auf den Draht (32) durch den Bremsantrieb (22) umfasst.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Regelkreis zur Ansteuerung des Bremsantriebs (22) einen PI-Regler (54) und einen Stromregler (56) und als Regler zum Erhalt einer konstanten Zugkraft auf den Draht (32) einen PI-Regler (60) im Rückführzweig umfasst.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei die Ansteuerung zum Erhalt einer konstanten Drehzahl des Wickelantriebs (20) durch einen Regelkreis mit einem PI-Regler (44) und einem Stromregler (42) bewirkt wird.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Regelung des Wickelantriebs (20) und die Regelung des Bremsantriebs (22) jeweils als Lageregelung ausgeführt ist.
10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Geschwindigkeit des Abzugs des Drahtes (32) von der Trommel (30) nicht konstant ist und wobei die Ansteuerung der Antriebe eine Kompensation einer Dynamik des Drahtabzugs auf den Wickelantrieb (20) und den

Bremsantrieb (22) verteilt.

11. Computerprogramm zur Ausführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10.
12. Datenträger mit einem Computerprogramm nach Anspruch 11.
13. Steuerungseinrichtung (12) mit Mitteln zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
14. Steuerungseinrichtung (12), auf der als Steuerungsprogramm (18) ein Computerprogramm nach Anspruch 11 als Mittel zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 geladen ist.
15. Drahtwickelmaschine (10) mit einer Steuerungseinrichtung (12) nach einem der Ansprüche 13 oder 14.

Claims

1. Method for controlling a process for winding an acentric coil former (28), wherein the coil former (28) is set into a rotary motion by means of a winder drive (20), wherein a rotary motion of the coil former (28) causes a wire (32) attached thereto to be wound onto the coil former (28) and unwound from a drum (30) which is associated with a brake drive (22), **characterised by** the winder drive (20) and/or the brake drive (22) being controlled on the basis of a respective rotational position of the coil former (28).
2. Method according to claim 1, wherein a speed at which the wire (32) is unwound from the drum (30) is not constant and wherein the feedback control of the drives (20, 22) produces a constant rotational speed of the winder drive (20).
3. Method according to claim 2, wherein a speed profile of the drum (30) is calculated for a plurality of rotational positions of the coil former (28) and corresponding rotational positions of the drum (30) and used as a basis for controlling the brake drive (22).
4. Method according to claim 3, wherein the speed profile of the drum (30) is calculated for a plurality of rotational positions of the coil former (28) from the respective rotational position and a distance resulting therefrom of a current bearing point (36) of the wire (30) from a rotational axis of the coil former (28).
5. Method according to claim 4, wherein the speed profile of the drum (30) is supplied as input variable to a closed-loop control circuit for the purpose of controlling the brake drive (22).
6. Method according to claim 5, wherein the closed-loop control circuit for controlling the brake drive (22) includes a controller for maintaining a constant tensile force on the wire (32) by means of the brake drive (22).
7. Method according to claim 6, wherein the closed-loop control circuit for controlling the brake drive (22) includes a PI controller (54) and a current controller (56) and, as a controller for maintaining a constant tensile force on the wire (32), a PI controller (60) in the feedback branch.
8. Method according to one of claims 2 to 7, wherein the control for maintaining a constant rotational speed of the winder drive (20) is effected by means of a closed-loop control circuit comprising a PI controller (44) and a current controller (42).
9. Method according to one of the preceding claims, wherein the control of the winder drive (20) and the control of the brake drive (22) are in each case implemented as a feedback position control.
10. Method according to claim 1, wherein a speed at which the wire (32) is unwound from the drum (30) is not constant and wherein the control of the drives distributes a compensation of a dynamic force of the wire unwinding process onto the winder drive (20) and the brake drive (22).
11. Computer program for executing a method according to one of claims 1 to 10.
12. Data medium containing a computer program according to claim 11.
13. Control device (12) comprising means for performing the method according to one of claims 1 to 10.
14. Control device (12) on which a computer program according to claim 11 has been loaded as control program (18) as means for performing the method according to one of claims 1 to 10.
15. Wire wrapping machine (10) having a control device (12) according to one of claims 13 or 14.

Revendications

1. Procédé de commande d'un processus pour le bobinage d'un corps de bobine acentrique (28), dans lequel le corps de bobine (28) est mis en mouvement de rotation par un entraînement de bobinage (20), dans lequel, avec un mouvement de rotation du corps de bobine (28), un fil (32) appliqué sur celui-ci est enroulé sur le corps de bobine (28) et dévidé

- d'un tambour (30) auquel est associé un entraînement de frein (22), **caractérisé par** une commande de l'entraînement de bobinage (20) et/ou de l'entraînement de frein (22) en fonction d'une position de rotation respective du corps de bobine (28). 5
2. Procédé selon la revendication 1, une vitesse de dévidage du fil (32) du tambour (30) n'étant pas constante et une commande régulée des entraînements (20, 22) induisant un régime constant de l'entraînement de bobinage (20). 10
 3. Procédé selon la revendication 2, un profil de vitesse du tambour (30) étant déterminé pour une pluralité de positions de rotation du corps de bobine (28) et des positions de rotation correspondantes du tambour (30) et servant de base pour la commande de l'entraînement de frein (22). 15
 4. Procédé selon la revendication 3, le profil de vitesse du tambour (30) étant déterminé pour une pluralité de positions de rotation du corps de bobine (28) à partir de la position de rotation respective et d'une distance en résultant entre un point de support (36) momentané du fil (30) et un axe de rotation du corps de bobine (28). 20 25
 5. Procédé selon la revendication 4, le profil de vitesse du tambour (30) étant fourni en tant que grandeur d'entrée à un circuit de régulation destiné à commander l'entraînement de frein (22). 30
 6. Procédé selon la revendication 5, le circuit de régulation destiné à commander l'entraînement de frein (22) comprenant un régulateur permettant de maintenir une force de traction constante sur le fil (32) grâce à l'entraînement de frein (22). 35
 7. Procédé selon la revendication 6, le circuit de régulation destiné à commander l'entraînement de frein (22) comprenant un régulateur PI (54) et un régulateur d'intensité de courant (56) et, en tant que régulateur permettant de maintenir une force de traction constante sur le fil (32), un régulateur PI (60) dans la branche de rétroaction. 40 45
 8. Procédé selon l'une des revendications 2 à 7, la commande permettant de maintenir un régime constant de l'entraînement de bobinage (20) étant assurée par un circuit de régulation comprenant un régulateur PI (44) et un régulateur d'intensité de courant (42). 50
 9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, la régulation de l'entraînement de bobinage (20) et la régulation de l'entraînement de frein (22) étant exécutées à chaque fois en tant que régulation de position. 55
 10. Procédé selon la revendication 1, une vitesse de dévidage du fil (32) du tambour (30) n'étant pas constante et la commande des entraînements répartissant une compensation d'une dynamique du dévidage du fil sur l'entraînement de bobinage (20) et l'entraînement de frein (22).
 11. Programme informatique pour l'exécution d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 10.
 12. Support de données avec un programme informatique selon la revendication 11.
 13. Dispositif de commande (12) comprenant des moyens pour l'exécution du procédé selon l'une des revendications 1 à 10.
 14. Dispositif de commande (12) sur lequel est chargé, en tant que programme de commande (18), un programme informatique selon la revendication 11 en tant que moyen pour l'exécution du procédé selon l'une des revendications 1 à 10.
 15. Bobineuse de fil (10) avec un dispositif de commande (12) selon l'une des revendications 13 ou 14.

FIG 1

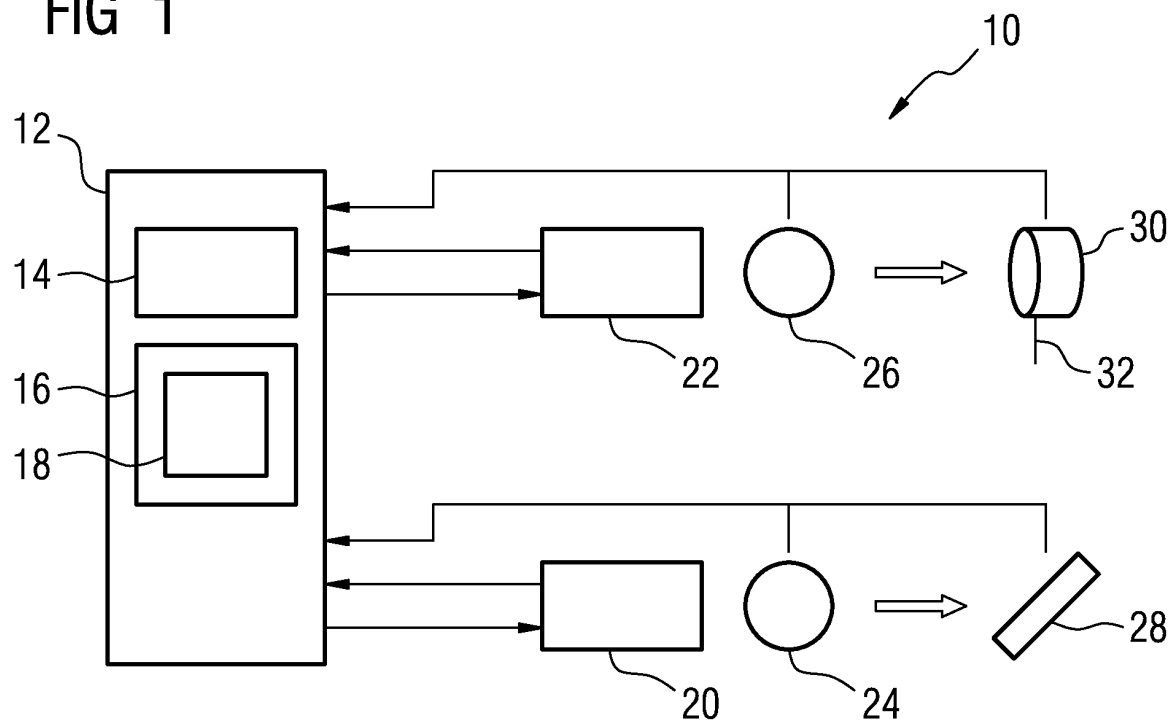
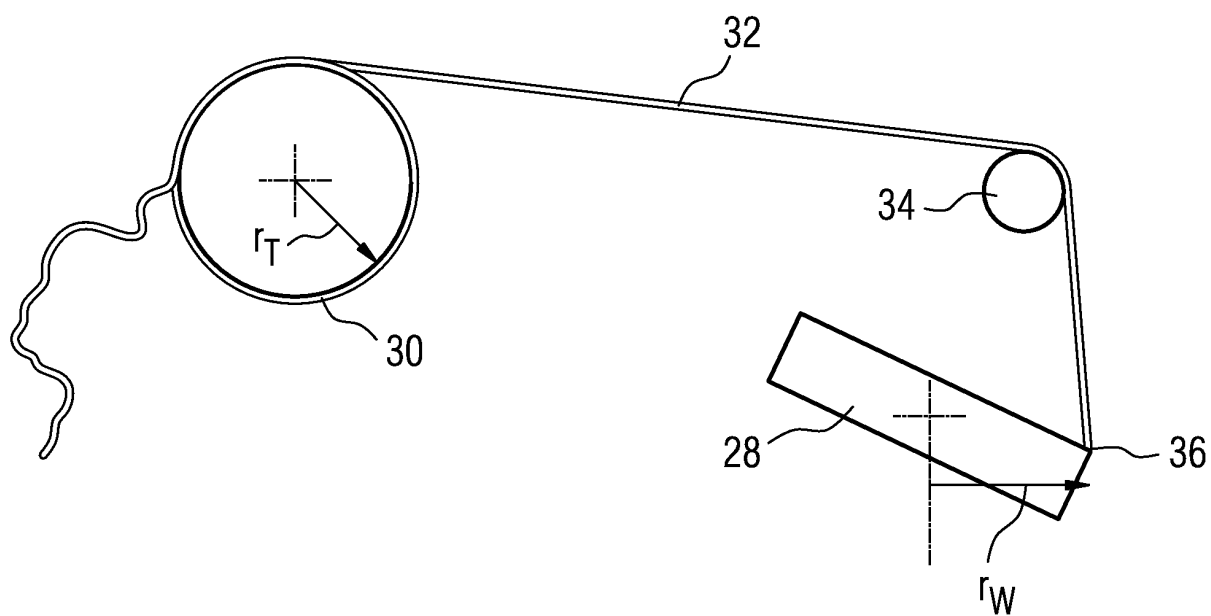


FIG 2



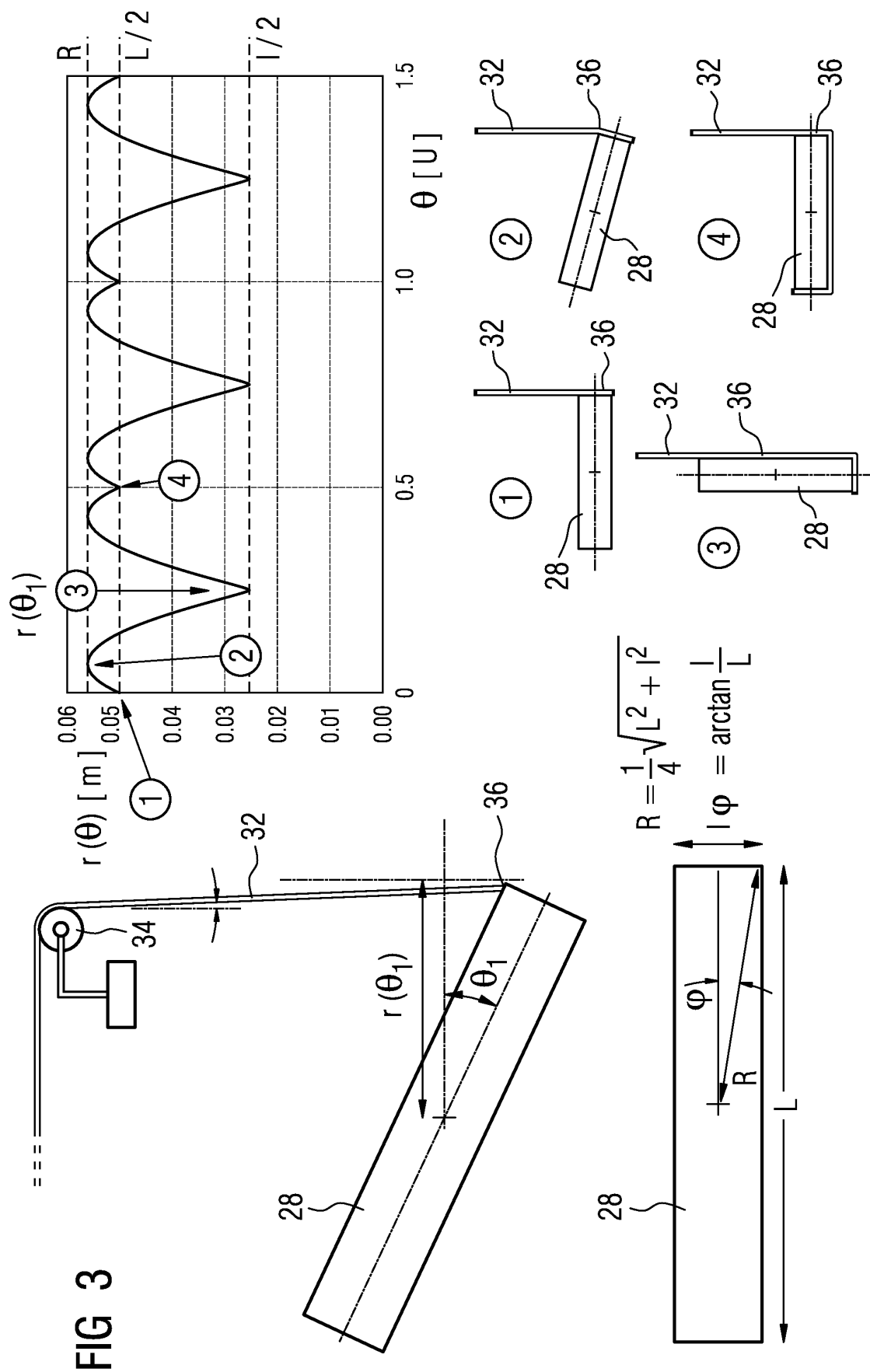
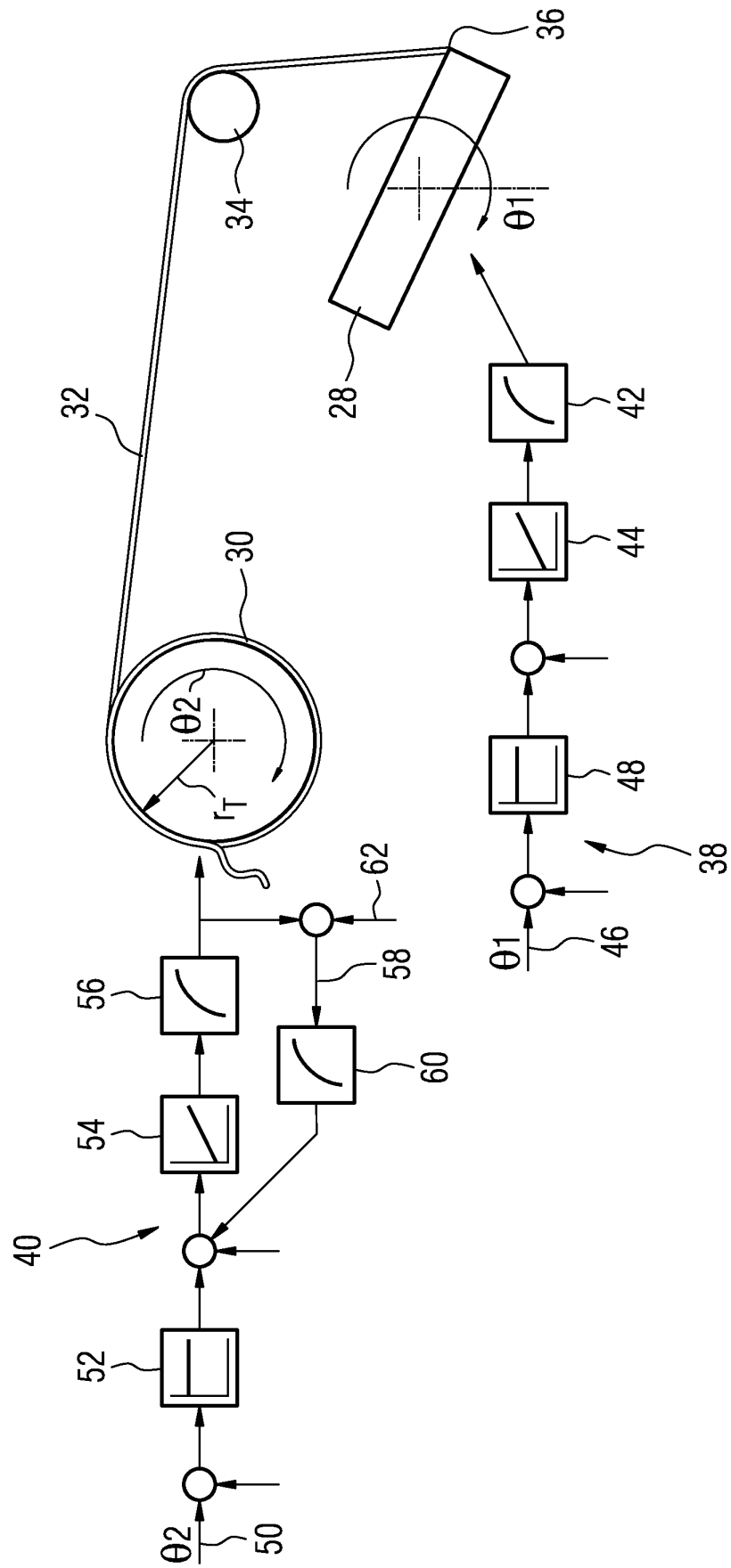
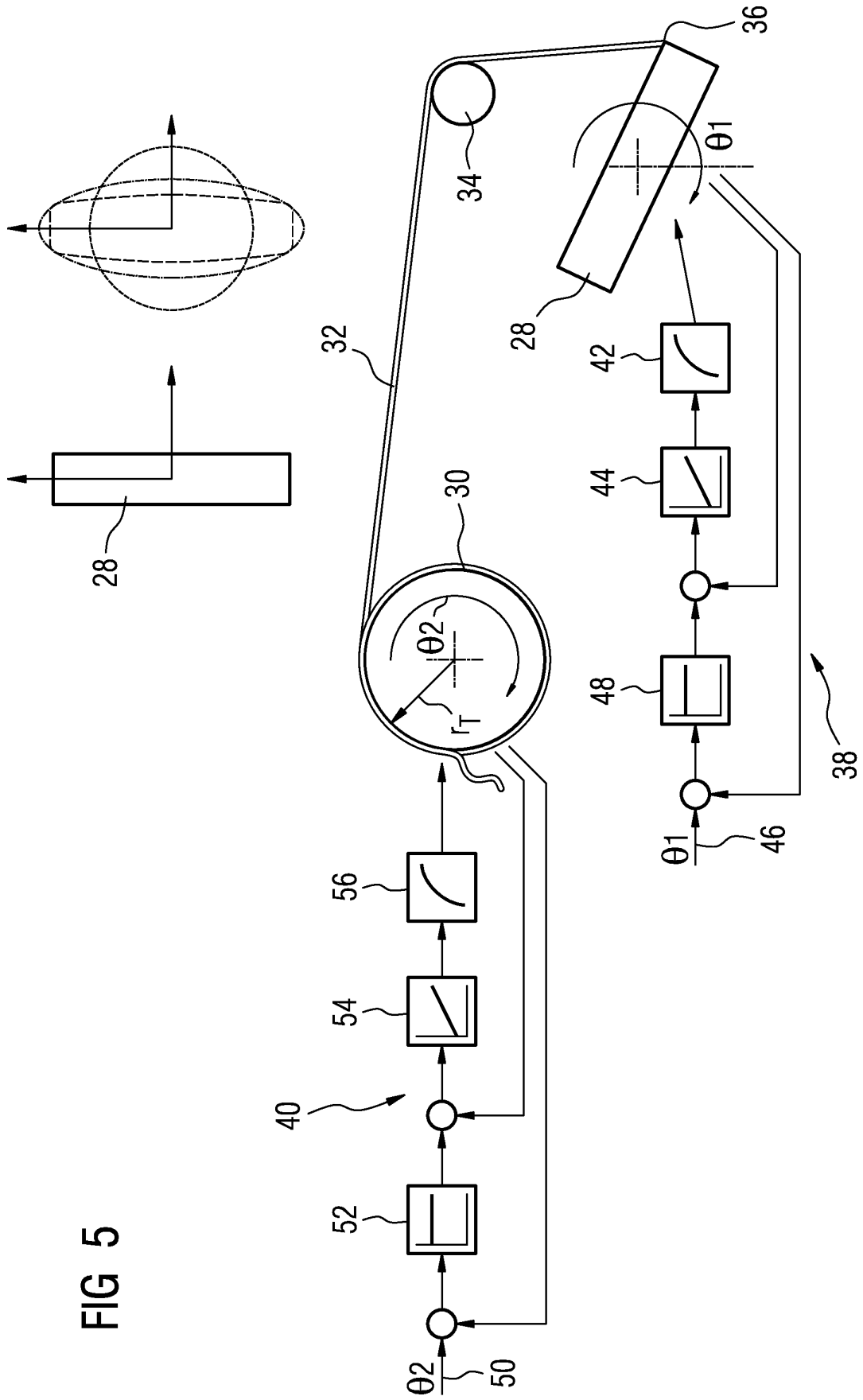


FIG 4





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

- EP 2031610 A [0006]