(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 770 030 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.10.1998 Patentblatt 1998/42

(21) Anmeldenummer: **95925802.1**

(22) Anmeldetag: **03.07.1995**

(51) Int. Cl.^{6}: **B65H 54/52**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP95/02553

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 96/01222 (18.01.1996 Gazette 1996/04)

(54) VERFAHREN ZUM STEUERN DES DREHANTRIEBS EINER AUFSPULMASCHINE

METHOD OF CONTROLLING THE ROTARY DRIVE IN A WINDING MACHINE

PROCEDE DE COMMANDE DE L'ENTRAINEMENT ROTATIF D'UNE BOBINEUSE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE IT LI

(30) Priorität: **05.07.1994 DE 4423491**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.05.1997 Patentblatt 1997/18

(73) Patentinhaber:
NEUMAG - Neumünstersche Maschinen- und Anlagenbau GmbH
24536 Neumünster (DE)

(72) Erfinder: **KUDRUS, Heiner**
D-25355 Barmstedt (DE)

(74) Vertreter:
Frese-Göddeke, Beate, Dr. et al
Hüttenallee 237b
47800 Krefeld (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 374 536
EP-A- 0 460 546
EP-A- 0 470 273
EP-A- 0 606 900

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 770 030 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern des Drehantriebs eines wenigstens eine Spulspindel tragenden Drehtellers einer Aufspulmaschine für einen kontinuierlich anlaufenden Faden, die weiter mit einer Changiereinrichtung und einer dem Drehteller im Fadenlauf vorgeordneten Kontaktwalze versehen ist, bei dem die Kontaktwalze durch das Steuern des Drehantriebs des Drehtellers in ständigem Umfangskontakt mit der im Verlauf der Spulenreise im Durchmesser zunehmenden, von der bzw. einer der beiden Spulspindeln getragenen Spulenpackung gehalten wird.

Die EP 0 374 536 B1 beschreibt ein derartiges Verfahren zum Steuern des Drehantriebs einer Aufspulmaschine, bei dem der Hub der geringfügig beweglich gelagerten Kontaktwalze über einen Sensor abgefragt wird und der Drehantrieb derart gesteuert wird, daß ein Umfangskontakt zwischen Kontaktwalze und Spulenpackung gewährleistet ist.

Das aus der genannten Druckschrift bekannte Verfahren stellt sich als geschlossener Regelkreis dar. Ein solcher geschlossener Regelkreis neigt insbesondere unter dem Einfluß von Störgrößen zum Schwingen. Störgrößen sind z. B. Vibrationen der Spulspindel, unrunde Spulenpackungen und Spulenpackungen mit Spiegelsymptomen, Schwankungen der Anpreßkraft der Kontaktwalze u. a. Ein sicherer Betrieb und ein guter Spulenaufbau sind mit der Aufspulmaschine mit einem solchen Regelkreis nicht zu erreichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Steuern des Drehantriebs einer Aufspulmaschine zu schaffen, das zuverlässig und in einfacher Weise wirkt und nicht zum Schwingen neigt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch Berechnen des jeweiligen Durchmessers der Spulenpackung durch Bilden des Quotienten aus dem Produkt der Drehgeschwindigkeit (Drehzahl) der Kontaktwalze und dem Durchmesser der Kontaktwalze zu der Drehgeschwindigkeit (Drehzahl) der die Spulenpackung tragenden Spulspindel, Ermitteln der Winkelposition der die Spulenpackung tragenden Spulspindel auf deren Drehkreis, bei der der Umfang der Spulenpackung mit der Kontaktwalze im Umfangskontakt ist, aus dem errechneten jeweiligen Durchmesser der Spulenpackung, und Steuern des Drehantriebs des Drehtellers derart, daß die die Spulenpackung tragende Spulspindel auf ihrem Drehkreis die ermittelte Winkelposition einnimmt.

Obwohl die Drehgeschwindigkeit der Kontaktwalze zumeist konstant ist und bei dem Berechnen des jeweiligen Durchmessers der Spulenpackung daher als Konstante angenommen werden kann, zeichnet sich ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dadurch aus, daß die jeweilige Drehgeschwindigkeit der Kontaktwalze durch das Abfragen eines entsprechenden Sensors erfaßt wird.

Auch die Drehgeschwindigkeit der Spulenspindel wird vorzugsweise durch Abfragen eines diese erfassenden Sensors ermittelt, bei Verwendung eines Synchronmotors zum Antrieb der Spulspindel kann jedoch auch das den Synchronmotor ansteuernde Signal unmittelbar verwendet werden. Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel zeichnet sich dadurch aus, daß die jeweilige Winkelposition der die Spulenpackung tragenden Spulspindel auf deren Drehkreis, bei der der Umfang der Spulenpackung mit der Kontaktwalze in Umfangskontakt ist, aus einer Tabelle ausgelesen wird, in der die Winkel/Durchmesser-Beziehung eingespeichert ist. Alternativ kann jedoch auch eine exakte Berechnung anhand der geometrischen Beziehung ausgeführt werden.

Um einen dem jeweiligen Durchmesser der Spulenpackung entsprechend Variierten Anpreßdruck der Kontaktwalze gegen die Spulenpackung zu erreichen, wird weiter vorgeschlagen, daß die Kontaktwalze in einer belasteten Schwinge gehalten wird, wobei die auf die Schwinge wirkende, den Anpreßdruck der Kontaktwalze auf die Spulenpakkung bestimmende Last von der Winkelposition der Spulspindel und damit von dem jeweiligen Durchmesser der auf der Spulspindel aufsitzenden Spulenpackung abhängig ist. Dabei ist bevorzugt, daß die auf die Schwinge wirkende Kraft von deren Winkelposition abhängig ist und die Winkelposition der Spulenspindel dem jeweiligen Durchmesser der Spulenpackung entsprechend derart eingestellt wird, daß die Anpreßkraft der Kontaktwalze auf die Spulenpackung einen vorbestimmten Wert annimmt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Figuren erläutert. Dabei zeigt:

Figur 1	den schematischen Aufbau einer Aufspulmaschine,
Figur 2	eine schematische Darstellung des Verfahrens nach der Erfindung in seiner Grundform für eine andere Aufspulmaschine.
Figur 3a und Figur 3b	schematische Darstellungen der den Gegenstand der Ansprüche 5 und 6 bildenden Vorschläge.
Die Figuren 4 bis 10	zeigen symbolisch die Programmabläufe für verschiedene Ausführungsbeispiele.
Figur 11	zeigt die Winkelposition des Drehtellers als Funktion des Durchmessers der Spule für eine konkrete Aufspulmaschine.

Figur 12 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus Figur 11 sowie die tatsächlich durchlaufenen Zustände für einen konkreten Wickelvorgang.

Die in Figur 1 dargestellte Aufspulmaschine weist einen Drehteller 10 auf, der zwei Spulspindeln 14 trägt. Oberhalb des Drehtellers 10 ist eine im Fadenlauf vorgeordnete Kontaktwalze 12 um die eigene Achse drehbar befestigt. Die Kontaktwalze 12 steht im Umfangskontakt zu der sich auf der jeweils betriebenen Spulspindel 14 bildenden Spulenpakkung 16. Eine oberhalb der Kontaktwalze 12 an einem Tragarm 7 befestigte Changiereinrichtung 3 verlegt den Faden 5 senkrecht zur Umlaufbewegung der rotierenden Spulspindel 14. Ein Gehäuse 1 der Aufspulmaschine nimmt den Tragarm 7, die Kontaktwalze 12 und den Drehteller 10 auf. Bei den in den Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispielen der Erfindung ist die Kontaktwalze 12 ortsfest, also radial nicht beweglich.

Ein die Solldrehgeschwindigkeit der Kontaktwalze 12 vorgebender Sollwertgeber 21 steuert über einen Umrichter 23 einen die Kontaktwalze 12 antreibenden ersten Motor 25. Das Sollwertsignal des Sollwertgebers 21 wird weiter auf einen Rechner 27 gegeben, der als weiteres Eingangssignal über einen Sensor 29 ein der Ist-Drehgeschwindigkeit der Spulenspindel 14 entsprechendes Signal aufnimmt. Der Rechner 27 gibt ein Adress-Signal an eine Tabelle 31 aus, aus der der ausgelesene Wert in eine Steuerung 33 eingegeben wird, die den Motor 35 ansteuert, der den Drehteller 10 antreibt.

Um sicherzustellen, daß bei der ortsfesten Lagerung der Kontaktwalze 12 diese mit der im Verlauf der Spulenreise im Durchmesser zunehmenden Spulenpackung immer in Umfangskontakt ist, wird der Drehteller 10 gemäß Figur 1 im Uhrzeigersinn, gemäß Figur 2 gegen den Uhrzeigersinn, gedreht. Die Steuerung des Drehantriebs des Drehtellers 10 erfolgt zu diesem Zweck so, daß die Drehgeschwindigkeit nT der Kontaktwalze und die Drehgeschwindigkeit nS der Spulspindel 14 ständig ermittelt werden. Da wegen des Kontakts das Produkt aus dem Durchmesser DS und der Drehgeschwindigkeit der Spulspindel nS immer dem Produkt aus der Drehgeschwindigkeit der Kontaktwalze nT und dem Durchmesser der Kontaktwalze d gleich sein muß, gilt:

$$DS * nS = nT * d,$$

woraus sich nach Auflösung:

$$DS = (nT * d) / nS$$

ergibt.

Aus dem so ermittelten jeweiligen Durchmesser der Spulenpackung DS wird der Winkel α berechnet, bei dem ein Anliegen der Kontaktwalze 12 an den Umfang der Spulenpackung 16 gewährleistet ist. Dabei kann für das Ausführungsbeispiel nach Figur 1 diese Berechnung anhand der aus Figur 11 zu entnehmenden geometrischen Beziehung erfolgen, vorzugsweise erfolgt dies jedoch - wie in Figur 2 dargestellt - über die Tabelle 31, in der die jeweiligen Winkelpositionen der Spulspindel 14 in Abhängigkeit von dem jeweiligen Durchmesser der Spulenpackung 16 eingegeben sind.

Der Antrieb des Drehtellers 10 kann auch so angesteuert werden, daß dieser während der Spulenreise jeweils um einen festen Winkelbetrag weitergedreht wird. In diesem Fall erfolgt ein solches Weiterdrehen des Drehtellers 10 immer dann, wenn der jeweilige Durchmesser der Spulenpackung 16 um einen Betrag zugenommen hat, der ein solches Weiterdrehen des Drehtellers zum Erhalt des gewünschten Umfangskontaktes mit der Kontaktwalze erfordert.

Die Kontaktwalze 12 kann auch, wie in den Figuren 3a und 3b dargestellt, in einer belasteten Schwinge 18 gehalten werden, wobei die Last der Schwinge 18 den Anpreßdruck der Kontaktwalze auf die Spulenpackung 16 bestimmt. Bei einer derartigen Ausbildung kann die auf die Schwinge 18 wirkende Last - etwa durch die Vorsehung einer auf die Schwinge wirkenden Feder 20 oder durch die Verwendung eines pneumatisch betriebenen Zylinders - in Abhängigkeit von dem jeweiligen Durchmesser der auf der Spulspindel 14 aufsitzenden Spulenpackung 16 eingestellt werden.

Auch bei einem Ausführungsbeispiel einer beweglichen Lagerung der Kontaktwalze 12 in einer belasteten Schwinge 18 wird die Position der Kontaktwalze 12 nicht erfaßt und wird damit nicht für die Steuerung der Winkelposition α der die Spulenpackung 16 tragenden Spulspindel 14 verwendet.

Die Figuren 3a und 3b zeigen die durch die Verlagerung der Kontaktwalze 12 unterschiedlich stark gespannnte Feder 20. Deutlich sichtbar ist die im Verlauf der Spulenreise wandernde Berührungslinie zwischen der Kontaktwalze 12 und der Spulenpackung 16. Zur Einstellung einer vorbestimmten Anpreßkraft der Kontaktwalze 12 auf die Spulenpackung 16 wird die Winkelposition der Spulspindel 14 in Abhängigkeit vom jeweiligen Durchmesser der Spulenpakkung 16 derart eingestellt, daß die Kontaktwalze eine Position einnimmt, in der die Feder 20 über die Schwinge 18 eine entsprechende Kraft erzeugt.

Durch den Verzicht auf eine Rückkopplung werden Regelschwingungen ausgeschlossen, der Effekt der Gewährleistung eines vorbestimmten konstanten oder aber - wie bei dem letzten Ausführungsbeispiel - von dem jeweiligen Durchmesser der Spulenpackung 16 abhängigen Anpreßdrucks zwischen Kontaktwalze 12 und Spulenpackung 16 ist

stets gewährleistet.

Figur 4 zeigt symbolisch die Steuerung eines Wickelvorganges. Der Motor 35, der den Drehteller 10 antreibt, ist in diesem Falle ein Schrittmotor. Er macht z. B. 1.000 Schritte pro Umdrehung. Er ist mit einem in der Zeichnung nicht dargestellten Getriebe versehen, welches die Bewegung des Motors 35 z. B. im Verhältnis i = 1:1000 untersetzt. Jeder Schaltschritt des Motors 35 bewirkt daher eine Verdrehung des Drehtellers 10 um 0,00036°.

Die Steuerung arbeitet taktweise. Die laufende Nummer des Taktes wird mit x bezeichnet. Das Steuergerät ist so programmiert, daß ein Schaltvorgang jeweils durchgeführt wird, wenn der Durchmesser DS der Spule 16 einen vorgegebenen Wert erreicht oder überschritten hat. Bei dem in Figur 4 betrachteten Beispiel nimmt der vorgegebene Durchmesser von Takt zu Takt um 0,1 mm zu. Dieses Inkrement wird in das Gerät eingegeben. Vor Beginn des Wickelvorganges werden auch die wesentlichen Abmessungen der Maschine und die Parameter des speziellen Wikkelvorganges eingegeben, nämlich der Durchmesser d der Kontaktwalze, der effektive Durchmesser A des Drehtellers (das ist der doppelte Abstand der Achse einer Spulspindel 14 von der Achse des Drehtellers 10), der Abstand p zwischen der Achse des Drehtellers und der Achse der Kontaktwalze, der Winkel α (x = 1) für den Beginn des Wickelvorganges, der Durchmesser D (x = 1) der Spulenhülse, das Untersetzungsverhältnis i des zwischen Motor 35 und Drehteller 10 eingeschalteten Getriebes und der Durchmesser Dmax der fertigen Spule.

Während des Wickelvorganges wird die Drehzahl nS der Spule 16 mit dem Sensor 29 gemessen. Ebenso wird die Drehzahl nT der Kontaktwalze 12 mit einem Sensor 36 gemessen. Aus den beiden Drehzahlen und dem Durchmesser d der Kontaktwalze 12 wird der momentane Durchmesser DS der Spule 16 berechnet.

Es wird nun angenommen, daß der Durchmesser DS nahezu den Durchmesser D (x) erreicht hat. Dabei ist D (x) der Durchmesser, der dem Takt mit der laufenden Nummer x zugeordnet ist. Der aus der gemessenen Drehzahl nS berechnete momentane Durchmesser DS wird mit dem vorgegebenen Durchmesser D (x) verglichen. Wenn D (x) noch nicht erreicht ist, wird der Zyklus wiederholt durchlaufen. Wenn der momentane Durchmesser DS gleich oder ein wenig größer ist als D (x), dann wird zunächst kontrolliert, ob der momentane Durchmesser DS schon den vorgegebenen Enddurchmesser Dmax der Spule 16 erreicht hat. Wenn dies zutrifft, wird der Wickelvorgang gestoppt, und der Antrieb des Drehtellers 10 wird ausgeschaltet. Wenn aber der momentane Durchmesser DS den Enddurchmesser Dmax noch nicht erreicht hat, wird die laufende Nummer x um 1 erhöht. Der zu dem momentanen Durchmesser DS gehörende Winkel α (x) wird mit Hilfe der in Figur 11 angegebenen Formel berechnet. Dann wird die Differenz $\Delta\alpha$ (x) zwischen dem Winkel α (x) und dem bereits vorher erreichten Winkel α (x - 1) ermittelt. Der Differenz-winkel $\Delta\alpha$ (x) wird mit der Untersetzung i multipliziert. Daraus ergibt sich der Winkel, um den sich der Motor 35 drehen muß. Der Differenzwinkel wird an die Steuereinheit 35a des Motors 35 übertragen, der die berechnete Änderung ausführt. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis der Enddurchmesser Dmax erreicht ist.

Der durch Figur 5 veranschaulichte Wickelvorgang ist gegenüber dem Vorgang gemäß Figur 4 durch zwei Unterschiede gekennzeichnet: Es wird vorausgesetzt, daß die Drehzahl nT der Kontaktwalze 12 konstant ist. Die konstante Drehzahl nT wird zusätzlich in das Gerät eingegeben. Ein Sensor für die Messung von nT ist nicht vorgesehen. Der zweite Unterschied besteht darin, daß eine Tabelle eingegeben wird, die jedem einzelnen Takt x individuell einen Durchmesser D (x) zuordnet. Die Differenzen zwischen den Durchmessern aufeinanderfolgender Takte können verschieden groß sein. Dies kann z. B. zweckmäßig sein, wenn zum Austauschen einer vollen Spule gegen eine leere Hülse ein vergrößertes Zeitintervall erforderlich ist.

Das Ausführungsbeispiel nach Figur 6 unterscheidet sich von dem in Figur 5 veranschaulichten Ausführungsbeispiel dadurch, daß zusätzlich zu den Durchmessern auch die entsprechenden Winkel α (x) in Form einer Tabelle eingegeben werden. Dies ist vorteilhaft, wenn eine Steuerung eingesetzt wird, die eine arithmetische Berechnung gemäß der in Figur 11 angegebenen Formel nicht durchführen kann.

Bei der Steuerung nach Figur 7 erhält das Steuergerät die Anweisung, die Winkelposition α von Schritt zu Schritt jeweils um einen konstanten Differenzwinkel zu verändern. Die zugehörigen Durchmesser werden mit der in Figur 11 angegebenen Formel berechnet und in Form einer Tabelle eingegeben.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 8 ist der Motor 35, der ohne zwischengeschaltetes Getriebe direkt mit der Welle des Drehtellers (10) gekoppelt ist, mit einem in der Zeichnung nicht gesondert dargestellten Inkrementalgeber ausgestattet. Dieser sendet bei jeder Umdrehung des Motors 35 eine bestimmte Anzahl I von Impulsen an eine zum Motor gehörende Steuereinheit (Beispiel: 10.000 Impulse pro Umdrehung).

Analog zu Figur 4 wird der Differenzwinkel $\Delta\alpha$ (x) berechnet. Diesem Winkel entspricht eine Impulszahl nI (x) = $\Delta\alpha$ (x) * I . Das Steuergerät des Motors 35 vergleicht die Anzahl der Impulse, die der Inkrementalgeber sendet, mit der vom Rechner ermittelten Impulszahl. Wenn diese erreicht ist, schaltet das Steuergerät den Motor 35 ab.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 9 erhält das Steuergerät analog zu Figur 7 die Anweisung, die Winkelposition α von Schritt zu Schritt jeweils um einen konstanten Differenzwinkel zu verändern. Die zugeordneten Durchmesser werden in Form einer Tabelle eingegeben. Abweichend von Figur 7, jedoch in Übereinstimmung mit Figur 8, ist der Motor 35 unmittelbar mit der Welle des Drehtellers 10 verbunden, so daS Motor 35 und Drehteller 10 ihre Winkelstellung stets in dem gleichen Maß ändern. Der Vergleich zwischen der vom Rechner ermittelten Impulszahl und der Anzahl der vom Inkrementalgeber abgegebenen Impulse findet im Rechner statt.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 10 ist der Motor 35 mit einem Absolutwertgeber ausgestattet. Jeder Winkelposition des Motors 35 und des unmittelbar mit ihm gekoppelten Drehtellers 10 ist ein absoluter Wert zugeordnet. Eine volle Drehung ist z. B. in 4.096 absolute Werte unterteilt. Der absolute Wert wird dem Rechner zugeleitet und dort mit dem analog zu Figur 3 ermittelten Winkel α (x) verglichen.

Die Figuren 11 und 12 beziehen sich auf ein konkretes Beispiel, und zwar auf das Aufwickeln einer bauschigen Teppichfaser mit einer Aufspulmaschine im wesentlichen gemäß Figur 1. Die Verfahrensparameter und die Abmessungen der Aufspulmaschine sind in Tabelle 1 angegeben. Sie entsprechen der üblichen Praxis.

Der Zustand des Systems in einem bestimmten Augenblick ist durch den momentanen Durchmesser DS der Spule 16 und durch den Winkel α charakterisiert, den der Drehteller 10 gerade einnimmt. Wenn dieser Zustand in Figur 11 einem Punkt entspricht, der genau auf der Kurve liegt, dann berührt die Kontaktwalze 12 ohne Druck die Oberfläche der Spule 16.

Wenn sich das System in einem Zustand befindet, der durch einen unter der Kurve liegenden Punkt charakterisiert ist, so ist der tatsächliche Winkel α kleiner als es die Funktion angibt. Das bedeutet, daß sich die Kontaktwalze in die Spule eindrückt. Die Eindrücktiefe hängt entsprechend der Elastizität der Spule 16 mit der Anpreßkraft zusammen, mit der die Kontaktwalze 12 an der Spule anliegt. Im Betrieb ist stets eine Anpreßkraft wirksam. Wichtig ist, sie unter Kontrolle zu halten. Das geschieht, in dem man die Eindrücktiefe unter Kontrolle hält.

Würde sich das System in einem Zustand befinden, der in Figur 11 über der Kurve liegt, so wäre der Winkel α größer als es die Formel angibt. Zwischen Spule 16 und Kontaktwalze 12 bestände ein Spalt.

Figur 12 zeigt einen kleinen Ausschnitt aus der Kurve der Figur 11 in tausendfacher Vergrößerung. Unter der Kurve ist in Figur 12 eine Zickzackkurve zu erkennen. Sie symbolisiert die Nachführung des Drehtellers gemäß der Erfindung. Das Zeitintervall, in dem die Zickzackkurve durchlaufen wird, liegt an einer beliebig ausgewählten Stelle im Verlauf der Spulenreise.

Zu Beginn des betrachteten Intervalls befindet sich das System in einem Zustand, der durch den Punkt O charakterisiert ist. Der Spulendurchmesser liegt knapp über 18 cm, und der Drehteller befindet sich in einer Stellung $\alpha 0$, daß heißt ein wenig über 28°. Der Motor des Drehtellers ist im Zustand O ausgeschaltet. Der Durchmesser der Spule, der sich kontinuierlich vergrößert, wird überwacht.

Nach kurzer Zeit erreicht das System einen Zustand, der in Figur 12 durch den Punkt P1 charakterisiert ist. Der zu diesem Punkt gehörende Durchmesser ist in einer Tabelle gespeichert. Sobald der Vergleich des momentan erreichten Durchmessers mit dem gespeicherten Durchmesser ergibt, daß die Spule den gespeicherten Durchmesser erreicht hat, wird hierzu der zugehörige Winkel $\alpha 1$ aus der Kurve abgelesen oder mit Hilfe der Formel berechnet. Hierzu benötigt eine übliche Mikroprozessorsteuerung z. B. 0,025 s. Inzwischen hat die Spule den Zustand Q1 erreicht, daß heißt der Durchmesser ist ein wenig gewachsen, aber der Winkel nach wie vor $\alpha 0$. Nun wird der Motor 35 des Drehtellers 10 eingeschaltet, und der Winkel wird auf den Wert $\alpha 1$ erhöht. Die Vergrößerung des Winkels α beträgt etwa 0,01°. Für die Winkelverstellung wird eine Zeitspanne von 0,075 s benötigt. Anschließend ist der Zustand R1 erreicht. Der Weg P1 Q1 R1 wird also in insgesamt 0,1 s zurückgelegt. Da sich in dieser Zeitspanne der Durchmesser der Spule 16 weiter vergrößert hat, liegt R1 wieder unter der Kurve. Bei abgeschaltetem Motor 35, das heißt bei unverändertem Winkel $\alpha 1$, wird nun weiter gewickelt bis zum Punkt P2, dessen Durchmesser ebenfalls gespeichert ist. Dann beginnt ein neuer Zyklus, usw.

Aus Figur 12 kann man ablesen, wie tief sich die Kontaktwalze 12 in die Spule 16 eindrückt. Die Zickzackkurve gibt die tatsächlich durchlaufenen Zustände wieder. Ihr waagerechter Abstand von der glatten Kurve ist ein Maß für die Eindrücktiefe der Kontaktwalze 12 in die Spule 16. Die Eindrücktiefe ergibt sich aus dem waagerechten Abstand durch Multiplikation mit A/2. Auf diese Weise liest man aus Figur 12 ab, daß die Eindrücktiefe mit geringer Amplitude um einen Mittelwert schwankt und in dem betrachteten Intervall stets unter 0,04 mm bleibt. Die hierzu korrespondierenden Änderungen der Anpreßkraft sind in vielen praktischen Fällen ohne Bedeutung. Das gilt insbesondere für die Teppichfaser, die gemäß dem betrachteten Beispiel aufgewickelt wird. Derartige Fasern sind sehr bauschig, und die aus den Fasern gewickelten Spulen sind relativ weich und können leicht eingedrückt werden.

In anderen Fällen, wenn z. B. mit niedrigeren Fadengeschwindigkeiten und/oder mit kleineren Titern gearbeitet wird, ist der Zuwachs des Durchmessers pro Schritt noch viel geringer. Dann können auch härtere Spulen nach dem Verfahren gemäß der Erfindung gewickelt werden. Es ist aber auch möglich, die Kontaktwalze 12 nachgiebig zu lagern. Dann kann sie der wachsenden Spule ausweichen. Wenn dann der Winkel α vergrößert wird, fällt sie in eine vorgegebene Grundstellung zurück.

Tabelle 1

Effektiver Durchmesser des Drehtellers	A = 36 cm
Durchmesser der Kontaktwalze	d = 7,2 cm

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Achsabstand Drehteller / Kontaktwalze	p = 25,2 cm
Fadengeschwindigkeit	v = 4000 m/min
Titer	T = 2000 dtex
Breite der Spule	B = 25 cm
Packungsdichte der Spule	ρ = 0,5 kg/dm^3

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern des Drehantriebs eines wenigstens eine Spulspindel tragenden Drehtellers (10) einer Aufspulmaschine für einen kontinuierlich anlaufenden Faden, die weiter mit einer Changiereinrichtung (3) und einer dem Drehteller (10) im Fadenlauf vorgeordneten Kontaktwalze (12) versehen ist, bei dem die Kontaktwalze (12) durch das Steuern des Drehantriebs des Drehtellers (10) in ständigem Umfangskontakt mit der im Verlauf der Spulenreise im Durchmesser Zunehmenden, von der Spulspindel bzw. einer der beiden Spulspindeln (14) getragenen Spulenpackung (16) gehalten wird,
gekennzeichnet durch

   Berechnen des jeweiligen Durchmessers (DS) der Spulenpackung (16) durch Bilden des Quotienten aus dem Produkt der Drehgeschwindigkeit (nT) der Kontaktwalze (12) und dem Durchmesser (d) der Kontaktwalze (12) zu der Drehgeschwindigkeit (nS) der die Spulenpackung (16) tragenden Spulspindel (14),

   Ermitteln der Winkelposition (α) der die Spulenpackung (16) tragenden Spulspindel (14) auf deren Drehkreis, bei der der Umfang der Spulenpackung (16) mit der Kontaktwalze (12) in Umfangskontakt ist, aus dem errechneten jeweiligen Durchmesser (DS) der Spulenpackung (16), und

   Steuern des Drehantriebs des Drehtellers (10) derart, daß die die Spulenpackung tragende Spulspindel (14) auf ihrem Drehkreis die ermittelte Winkelposition (α) einnimmt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehgeschwindigkeit (nT) der Kontaktwalze (12) durch Abfragen eines diese erfassenden Sensors (36) erfaßt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehgeschwindigkeit (nS) der Spulspindel (14) durch Abfragen eines diese erfassenden Sensors (29) erfaßt wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweilige Winkelposition (α) der die Spulenpackung (16) tragenden Spulenspindel (14) auf deren Drehkreis, bei der der Umfang der Spulenpackung (16) mit der Kontaktwalze (12) in Umfangskontakt ist, aus einer Tabelle ausgelesen wird, in der die Winkel/Durchmesser-Beziehung enthalten ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehantrieb des Drehtellers (10) schrittweise um feste Winkelbeträge erfolgt, wobei die Durchmesserwerte der Spulenpackung (16), bei denen ein solches Weiterdrehen des Drehtellers (10) erfolgt, in eine Tabelle eingespeichert sind.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktwalze (12) in einer belasteten Schwinge (18) gehalten wird, wobei die auf die Schwinge (18) wirkende, den Anpreßdruck der Kontaktwalze (12) auf die Spulenpackung (16) bestimmende Last von der Winkelposition (α) der Spulspindel (14) und damit von dem jeweiligen Durchmesser (DS) der auf der Spulspindel (14) aufsitzenden Spulenpackung (16) abhängig ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die auf die Schwinge (18) wirkende Kraft von deren Winkelposition (β) abhängig ist und die Winkelposition (α) der Spulenspindel (14) dem jeweiligen Durchmesser der Spulenpackung (16) entsprechend derart eingestellt wird, daß die Anpreßkraft der Kontaktwalze (12) auf die Spulenpackung (16) einen vorbestimmten Wert annimmt.

8. Aufspulmaschine für kontinuierlich anlaufende Fäden,

mit einer Changiervorrichtung (3),

mit einem Drehteller (10), auf dem mindestens eine Spulspindel (14) zur Aufnahme einer Spule (16) befestigt ist,

mit einem Motor (35) für den Drehteller (10),

mit einer Kontaktwalze (12),

und mit einem Steuergerät (33), welches den Motor (35) des Drehtellers (10) in der Weise steuert, daß die Kontaktwalze (12) in ständigem Kontakt mit der Spule (16) gehalten wird, deren Durchmesser im Verlauf einer Spulenreise zunimmt,
gekennzeichnet durch

einen Sensor (29) zum Messen der Drehgeschwindigkeit (nS) der Spule (16),

einen Rechner (27) zum Berechnen des momentanen Durchmessers (DS) der Spule (16) aus dem von dem Sensor (29) übermittelten Signal und zum Ermitteln der zu dem Durchmesser (DS) gehörenden Winkelstellung (α) des Drehtellers (11) nach einer vorgegebenen Tabelle oder Funktion entsprechend den Abmessungen d = Durchmesser der Kontaktwalze, p = Achsabstand Drehteller/Kontaktwalze, A = Effectiver Durchmesser des Drehtellers der Maschine

und dadurch, daß das vom Rechner (27) gebildete, der Winkelstellung (α) entsprechende Signal in das Steuergerät (31) übertragbar ist.

9. Aufspulmaschine nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch einen Sensor (36) zum Messen der Drehgeschwindigkeit (nT) der Kontaktwalze (12).

10. Aufspulmaschine nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktwalze (12) in einer Schwinge (18) gelagert ist.

11. Aufspulmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwinge (18) durch eine Feder (20) oder einen pneumatisch wirkenden Zylinder belastet ist.

12. Aufspulmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 11, gekennzeichnet durch einen taktweise arbeitenden Rechner und durch einen Schrittmotor, der in dem vom Rechner vorgegebenen Takt eingeschaltet und nach einer Anzahl von Schritten, die von dem Rechner ermittelt und in das Steuergerät übertragbar ist, abgeschaltet wird.

13. Aufspulmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 11, gekennzeichnet durch einen taktweise arbeitenden Rechner und einen Motor, der mit einem Inkrementalgeber ausgestattet ist, welcher pro Umdrehung eine vorgegebene Anzahl von Impulsen aussendet,
und dadurch, daß der Motor in dem vom Rechner vorgegebenen Takt eingeschaltet wird und daß er jeweils ausgeschaltet wird, wenn der Inkrementalgeber eine von dem Rechner ermittelte Anzahl von Impulsen abgegeben hat.

14. Aufspulmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 11, gekennzeichnet durch einen taktweise arbeitenden Rechner und einen Motor, der mit einem Absolutwertgeber für die erreichte Winkelposition (α) ausgestattet ist,
und dadurch, daß der Motor in dem vom Rechner vorgegebenen Takt eingeschaltet wird und daß er jeweils ausgeschaltet wird, wenn die erreichte Winkelposition mit der vom Rechner ermittelten Winkelposition übereinstimmt.

Claims

1. A method of controlling the rotatory drive of a turntable (10) - bearing at least one spool pin - of a spooling machine for a continuously approaching thread, which spooling machine is furthermore provided with a traversing apparatus (3) and a contact roller (12) which is arranged upstream of the turntable (10) in the path of the thread, in which method the contact roller (12) is kept in constant circumferential contact with the spool winding (16) - which is borne by the spool pin or one of the two spool pins (14) and which increases in diameter in the course of the spool travel - by controlling the rotatory drive of the turntable (10), characterised by

calculation of the current diameter (DS) of the spool winding (16) through forming the quotient from the product of the rotating speed (nT) of the contact roller (12) and the diameter (d) of the contact roller (12) with respect to the rotating speed (nS) of the spool pin (14) bearing the spool winding (16),

ascertainment - from the calculated current diameter (DS) of the spool winding (16) - of that turning-circle angular-position (α) of the spool pin (14) - bearing the spool winding (16) - in which the circumference of the spool winding (16) is in circumferential contact with the contact roller (12), and

control of the rotatory drive of the turntable (10) in such a manner that the spool pin (14) bearing the spool winding occupies the ascertained angular position (α) on its turning circle.

2. A method in accordance with Claim 1, characterised in that the rotating speed (nT) of the contact roller (12) is sensed through interrogation of a sensor (36) sensing it.

3. A method in accordance with Claim 1 or 2, characterised in that the rotational speed (nS) of the spool pin (14) is sensed through interrogation of a sensor (29) sensing it.

4. A method in accordance with any one of the preceding Claims, characterised in that the current turning-circle angular-position (α) of the spool pin (14) - bearing the spool winding (16) - in which the circumference of the spool winding (16) is in circumferential contact with the contact roller (12) is selected from a table containing the angle/diameter relationship.

5. A method in accordance with any one of Claims 1 to 4, characterised in that the turntable (10) is driven in rotation by fixed angular amounts in a stepwise manner, the diameter values of the spool winding (16) at which such further rotation of the turntable (10) takes place being stored in a table.

6. A method in accordance with any one of the preceding Claims, characterised in that the contact roller (12) is supported by a loaded rocker (18), the load acting upon the rocker (18) and determining the contact pressure of the contact roller (12) on the spool winding (16) being dependent on the angular position (α) of the spool pin (14) and thereby on the current diameter (DS) of the spool winding (16) located on the spool pin (14).

7. A method in accordance with Claim 6, characterised in that the force acting upon the rocker (18) is dependent on the angular position (α) thereof, and the angular position (α) of the spool pin (14) is adjusted according to the current diameter of the spool winding (16) in such a manner that the contact pressure of the contact roller (12) on the spool winding (16) assumes a predetermined value.

8. A spooling machine for continuously approaching threads,

having a traversing apparatus (3),
having a turntable (10) on which at least one spool pin (14) for receiving a spool (16) is secured,
having a motor (35) for the turntable (10),
having a contact roller (12),
and having a control unit (33) which controls the motor (35) of the turntable (10) in such a manner that the contact roller (12) is kept in constant contact with the spool (16) whose diameter increases in the course of spool travel,
characterised by
a sensor (29) for measuring the rotating speed (nS) of the spool (16),
a computer (27) for calculating the present diameter (DS) of the spool (16) from the signal transmitted by the sensor (29) and for ascertaining the angular position (α) - associated with the diameter (DS) - of the turntable (11) in accordance with a predetermined table or function according to the dimensions (d = diameter of the contact roller, p = centre-to-centre distance turntable/contact roller, A = actual diameter of the turntable) of the machine
and characterised in that the signal produced by the computer (27) and corresponding to the angular position (α) can be transmitted to the control unit (31).

9. A spooling machine in accordance with Claim 8, characterised by a sensor (36) for measuring the rotating speed (nT) of the contact roller (12).

10. A spooling machine in accordance with Claim 8 or 9, characterised in that the contact roller (12) is mounted on a rocker (18).

11. A spooling machine in accordance with Claim 10, characterised in that the rocker (18) is loaded by a spring (20) or a pneumatically-acting cylinder.

12. A spooling machine in accordance with any one of Claims 8 to 11, characterised by a computer which operates in cycles and by a stepping motor which is switched on in the cycle predetermined by the computer and is switched off after a number of steps which is ascertained by the computer and can be transmitted to the control unit.

13. A spooling machine in accordance with any one of Claims 8 to 11, characterised by a computer which operates in cycles and a motor which is equipped with an incremental sender emitting a pre-determined number of pulses per revolution, and characterised in that the motor is switched on in the cycle predetermined by the computer, and in that in each case it is switched off when the incremental sender has emitted a number of pulses ascertained by the computer.

14. A spooling machine in accordance with any one of Claims 8 to 11, characterised by a computer which operates in cycles and a motor which is equipped with an absolute-value sender for the angular position (α) reached, and characterised in that the motor is switched on in the cycle predetermined by the computer, and in that in each case it is switched off when the angular position reached corresponds to the angular position ascertained by the computer.

Revendications

1. Procédé pour la commande de l'entraînement tournant d'un plateau tournant (10), portant au moins une broche de bobinage pour un fil qui circule en continu, d'un bobinoir qui est équipé de plus d'un dispositif de va-et-vient (3) et d'un cylindre de contact (12) agencé en amont du plateau tournant (10) dans le parcours du fil, dans lequel le cylindre de contact (12) est tenu, par la commande de l'entraînement tournant du plateau tournant (10), en contact périphérique permanent avec l'enveloppe de bobine (16) qui s'accroît en diamètre au cours du trajet de la bobine et qui est portée par la broche de bobinage ou respectivement par une des deux broches de bobinage (14),
   caractérisé par

   un calcul du diamètre respectif (DS) de l'enveloppe de bobine (16) en formant le quotient du produit de la vitesse de rotation (nT) du cylindre de contact (12) et du diamètre (d) du cylindre de contact (12) par la vitesse de rotation (nS) de la broche de bobinage (14) qui porte l'enveloppe de bobine (16),
   une détermination, sur son cercle de rotation, de la position angulaire (α), de la broche de bobinage (14) portant l'enveloppe de bobine (16), pour laquelle la périphérie de l'enveloppe de bobine (16) est en contact périphérique avec le cylindre de contact (12), à partir du diamètre respectif calculé (DS) de l'enveloppe de bobine (16), et
   une commande de l'entraînement tournant du plateau tournant (10) de façon à ce que la broche de bobinage (14) qui porte l'enveloppe de bobine occupe sur son cercle de rotation la position angulaire (α) déterminée.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse de rotation (nT) du cylindre de contact (12) est saisie par interrogation d'un capteur (36) qui la saisit.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la vitesse de rotation (nS) de la broche de bobinage (14) est saisie par une interrogation d'un capteur (29) qui la saisit.

4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la position angulaire (α) respective, sur son cercle de rotation, de la broche de bobinage (14) qui porte l'enveloppe de bobine (16), pour laquelle la périphérie de l'enveloppe de bobine (16) est en contact périphérique avec le cylindre de contact (12), est relevée à partir d'une table dans laquelle est contenue la relation angle/diamètre.

5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'entraînement tournant du plateau tournant (10) est effectué pas-à-pas avec des valeurs angulaires fixes, les valeurs de diamètre de l'enveloppe de bobine (16) pour lesquelles une telle rotation supplémentaire du plateau tournant (10) est effectuée étant mémorisées dans une table.

6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le cylindre de contact (12) est tenu dans un levier chargé (18), la charge agissant sur le levier (18), déterminant le pressage du cylindre de contact (12) sur l'enveloppe de bobine (16) dépendant de la position angulaire (α) de la broche de bobinage (14) et ainsi du diamètre (DS) respectif de l'enveloppe de bobine (16) placée sur la broche de bobinage (14).

7. Procédé suivant la revendication 6, caractérisé en ce que la force agissant sur le levier (18) dépend de sa position angulaire (β) et en ce que la position angulaire (α) de la broche de bobinage (14) est réglée conformément au diamètre respectif de l'enveloppe de bobine (16) de façon à ce que la force de pressage du cylindre de contact (12) sur l'enveloppe de bobine (16) prenne une valeur prédéterminée.

8. Bobinoir pour des fils circulant de façon continue, comportant

un dispositif de va-et-vient (3),
un plateau tournant (10) sur lequel est fixée au moins une broche de bobinage (14) pour recevoir une bobine (16),
un moteur (35) pour le plateau tournant (10),
un cylindre de contact (12),
et un dispositif de commande (33) qui commande le moteur (35) du plateau tournant (10) de manière à ce que le cylindre de contact (12) soit tenu en contact constant avec la bobine (16) dont le diamètre s'accroît au coût d'un trajet de la bobine,
caractérisé
par un capteur (29) pour la mesure de la vitesse de rotation (nS) de la bobine (16), et
par un ordinateur (27) pour le calcul du diamètre momentané (DS) de la bobine (16), à partir du signal transmis par le capteur (29), et pour la détermination de la position angulaire (α), du plateau tournant (11), correspondant au diamètre (DS), selon une table prédéterminée ou une fonction correspondant aux dimensions (d = diamètre du cylindre de contact, p = distance axiale plateau tournant/cylindre de contact, A = diamètre effectif plateau tournant) de la machine,
et en ce que le signal formé par l'ordinateur (27) et correspondant à la position angulaire (α) peut être transféré dans le dispositif de commande (31).

9. Bobinoir suivant la revendication 8, caractérisé par un capteur (36) pour la mesure de la vitesse de rotation (nT) du cylindre de contact (12).

10. Bobinoir suivant la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que le cylindre de contact (12) est monté dans un lever (18).

11. Bobinoir suivant la revendication 10, caractérisé en ce que le levier (12) est chargé par un ressort (20) ou par un cylindre agissant pneumatiquement.

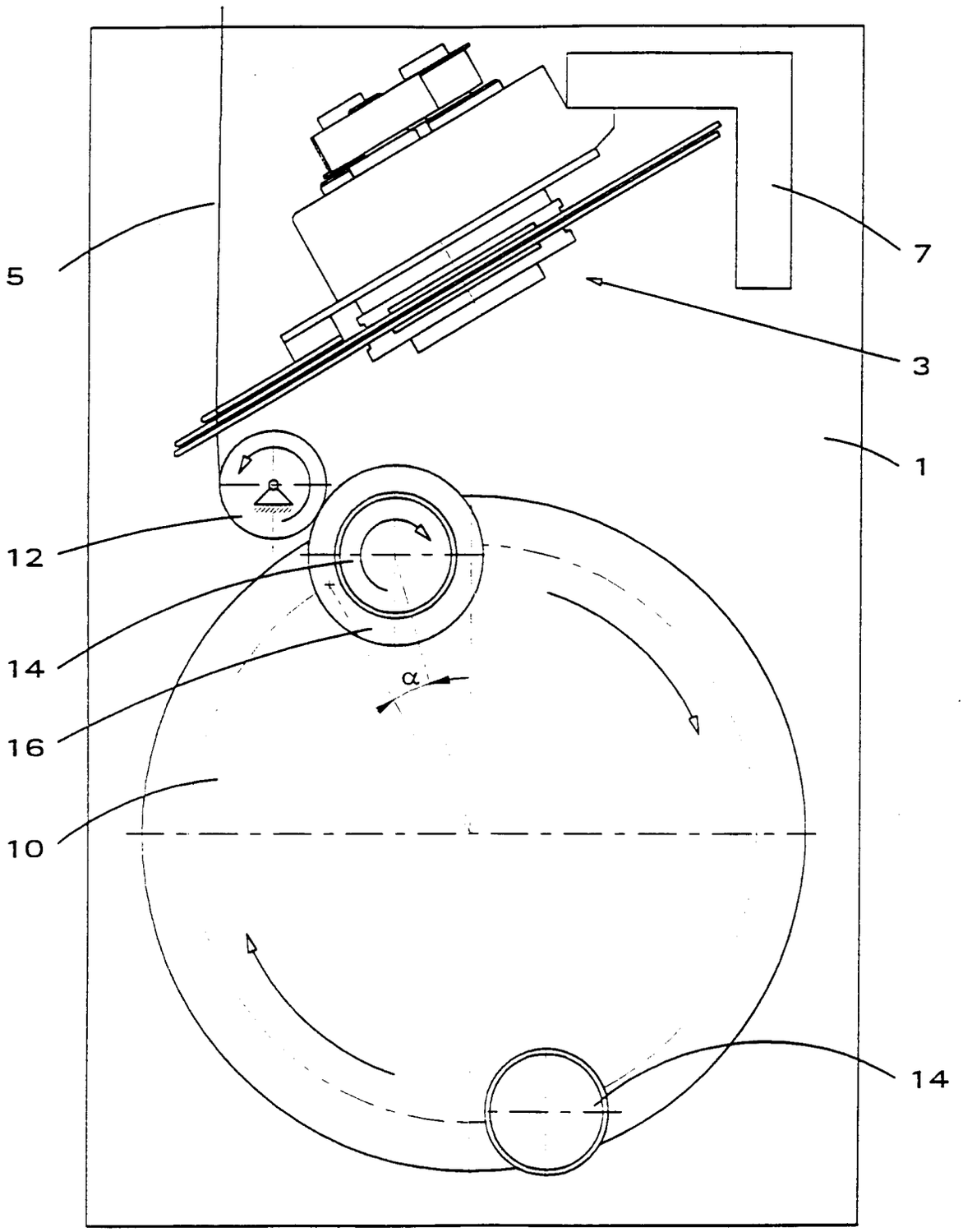
12. Bobinoir suivant l'une des revendications 8 à 11, caractérisé par un ordinateur fonctionnant sur base de périodes et par un moteur pas-à-pas qui est enclenché dans une période prédéterminée par l'ordinateur et qui est arrêté après un nombre de pas qui est déterminé par l'ordinateur et qui peut être transféré dans le dispositif de commande.

13. Bobinoir suivant l'une des revendications 8 à 11, caractérisé

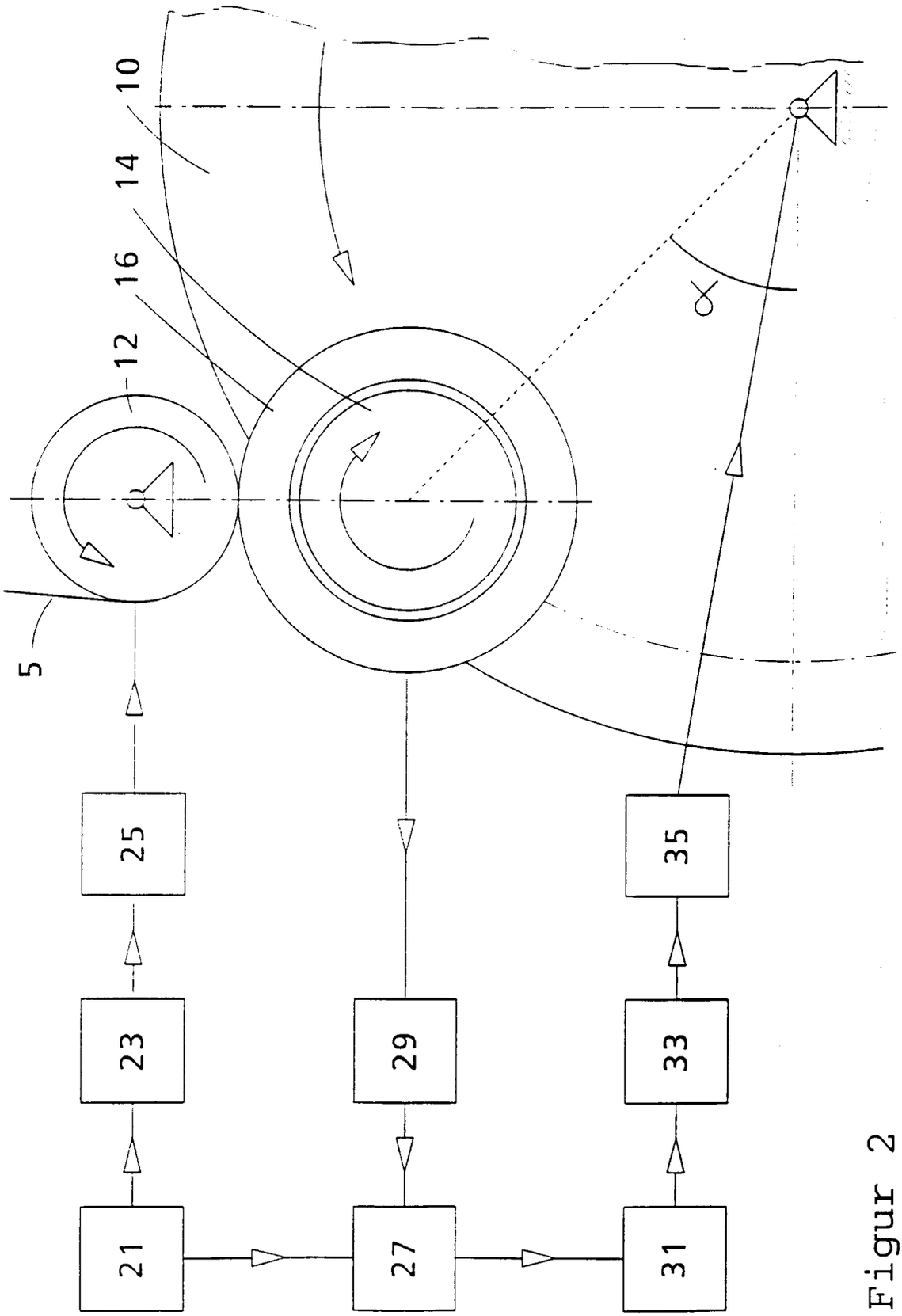
par un ordinateur fonctionnant sur base de périodes et par un moteur qui est équipé d'un moyen donnant des incréments et émettant un nombre prédéterminé d'impulsions par tour,
et en ce que le moteur est enclenché dans une période déterminée par l'ordinateur et en ce qu'il est arrêté chaque fois que le moyen donnant des incréments a fourni un nombre d'impulsions déterminé par l'ordinateur.

14. Bobinoir suivant l'une des revendications 8 à 11, caractérisé

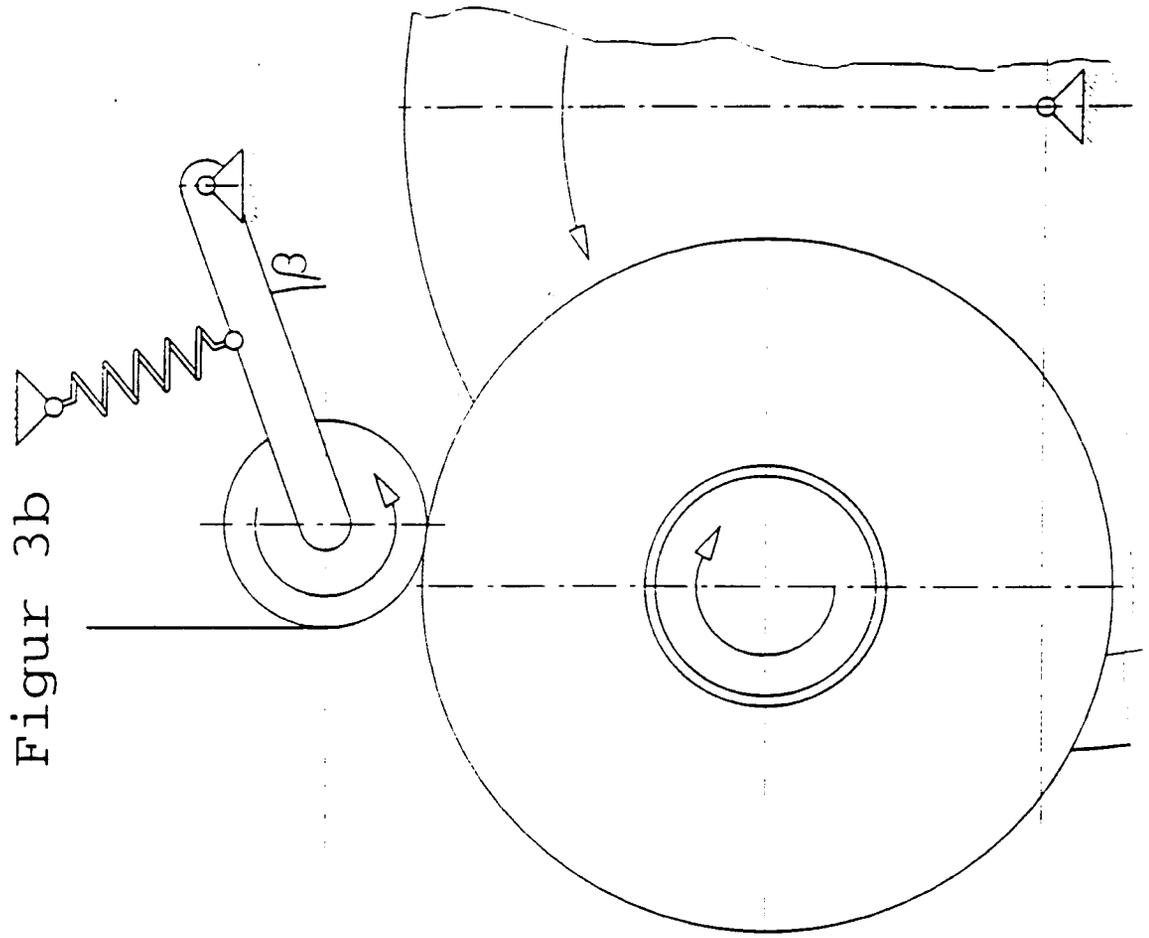
par un ordinateur fonctionnant sur base de périodes et par un moteur qui est équipé d'un moyen donnant une valeur absolue pour la position angulaire (α) atteinte,
et en ce que le moteur est enclenché dans une période prédéterminée par l'ordinateur et en ce qu'il est arrêté chaque fois que la position angulaire atteinte coïncide avec la position angulaire déterminée par l'ordinateur.



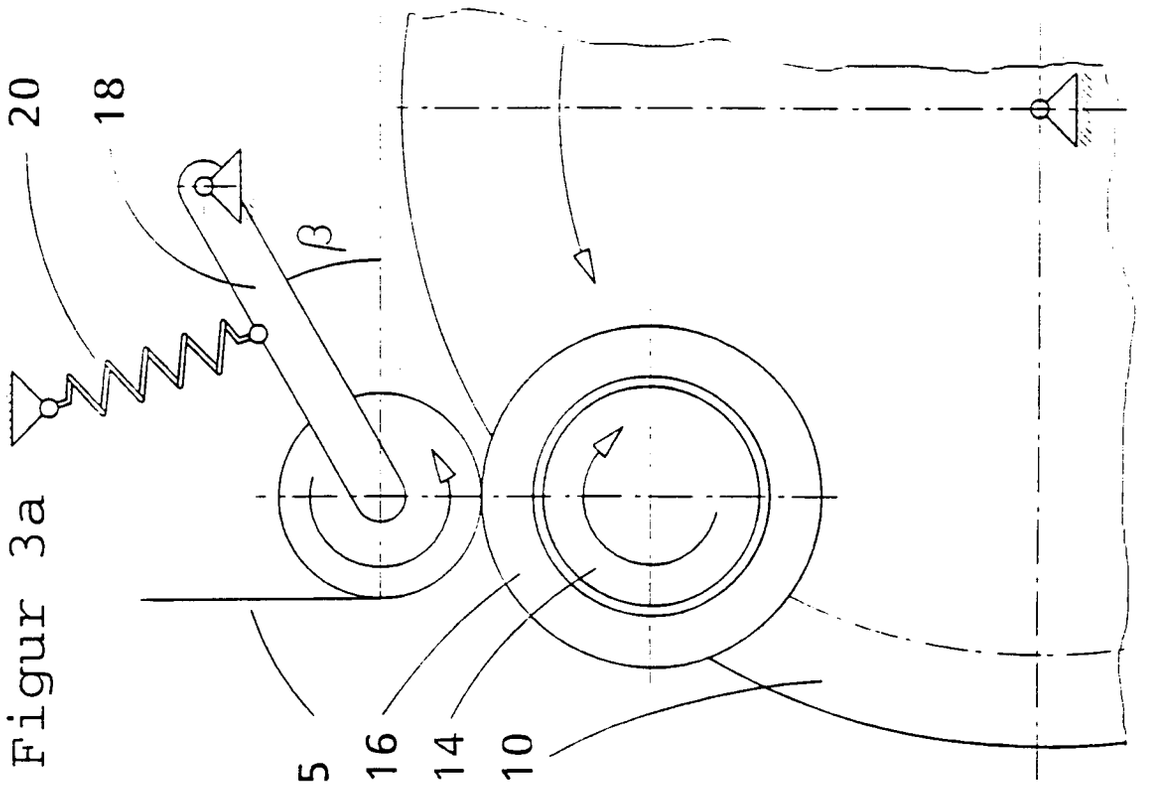
Figur 1



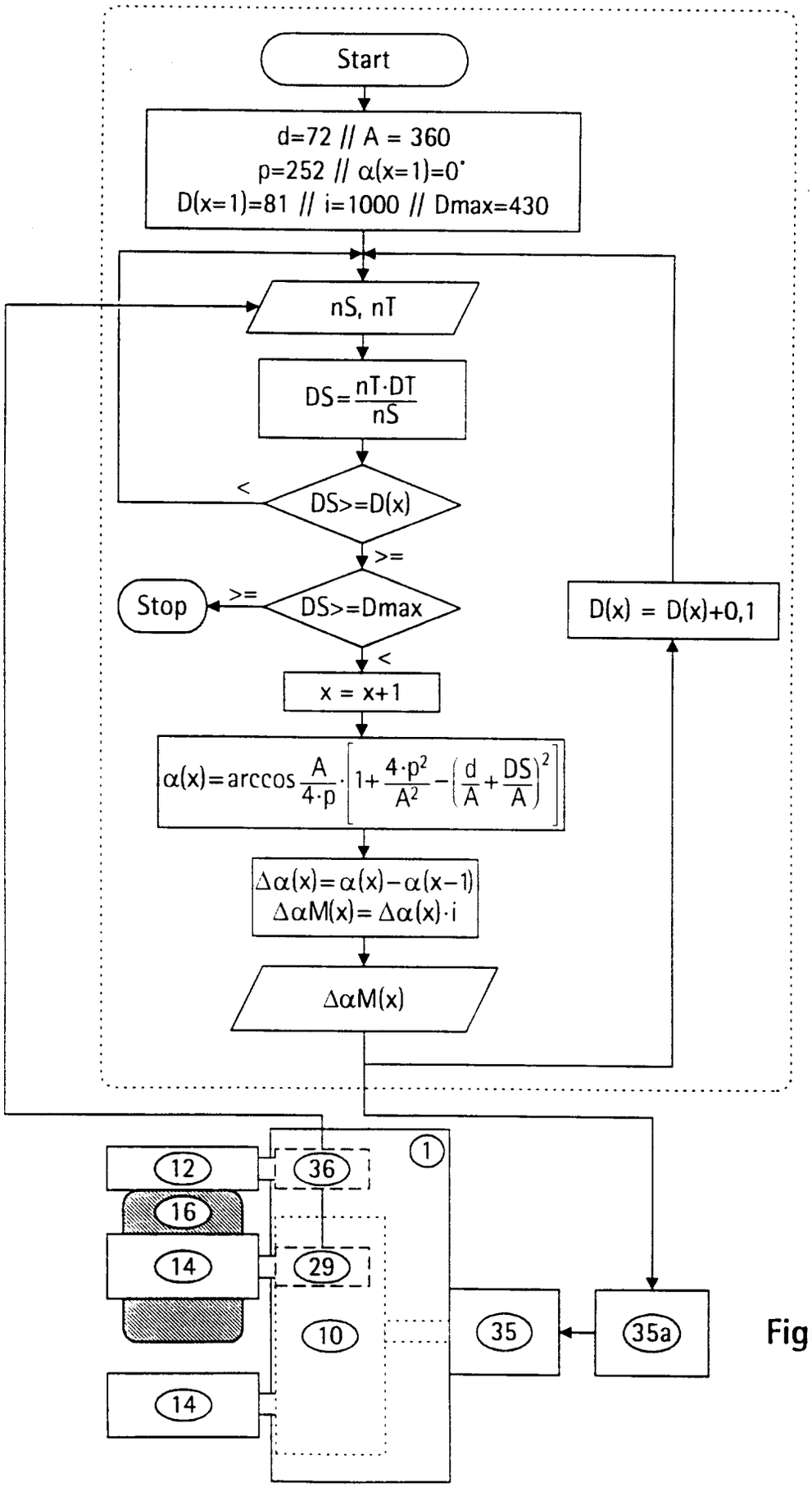
Figur 2



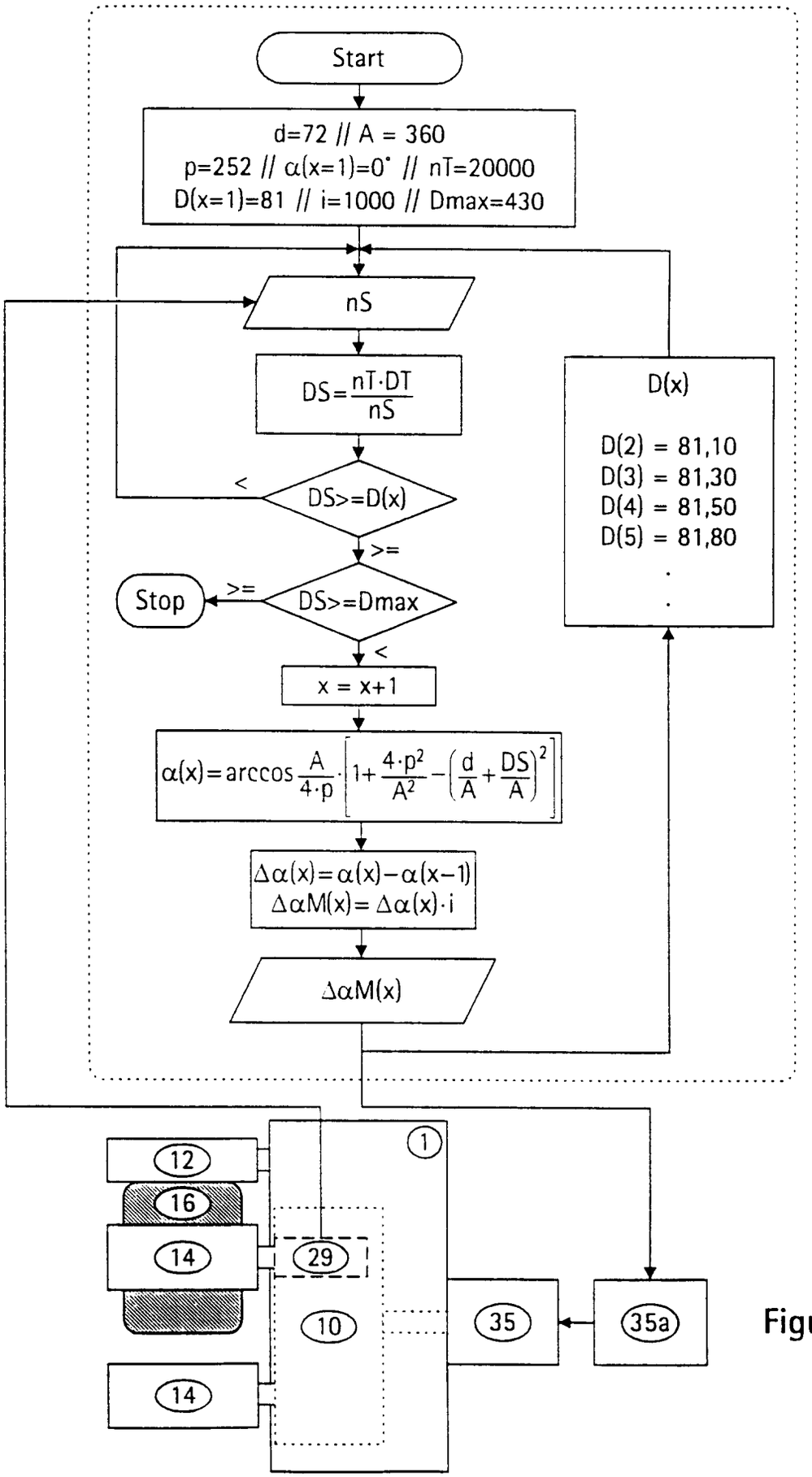
Figur 3b



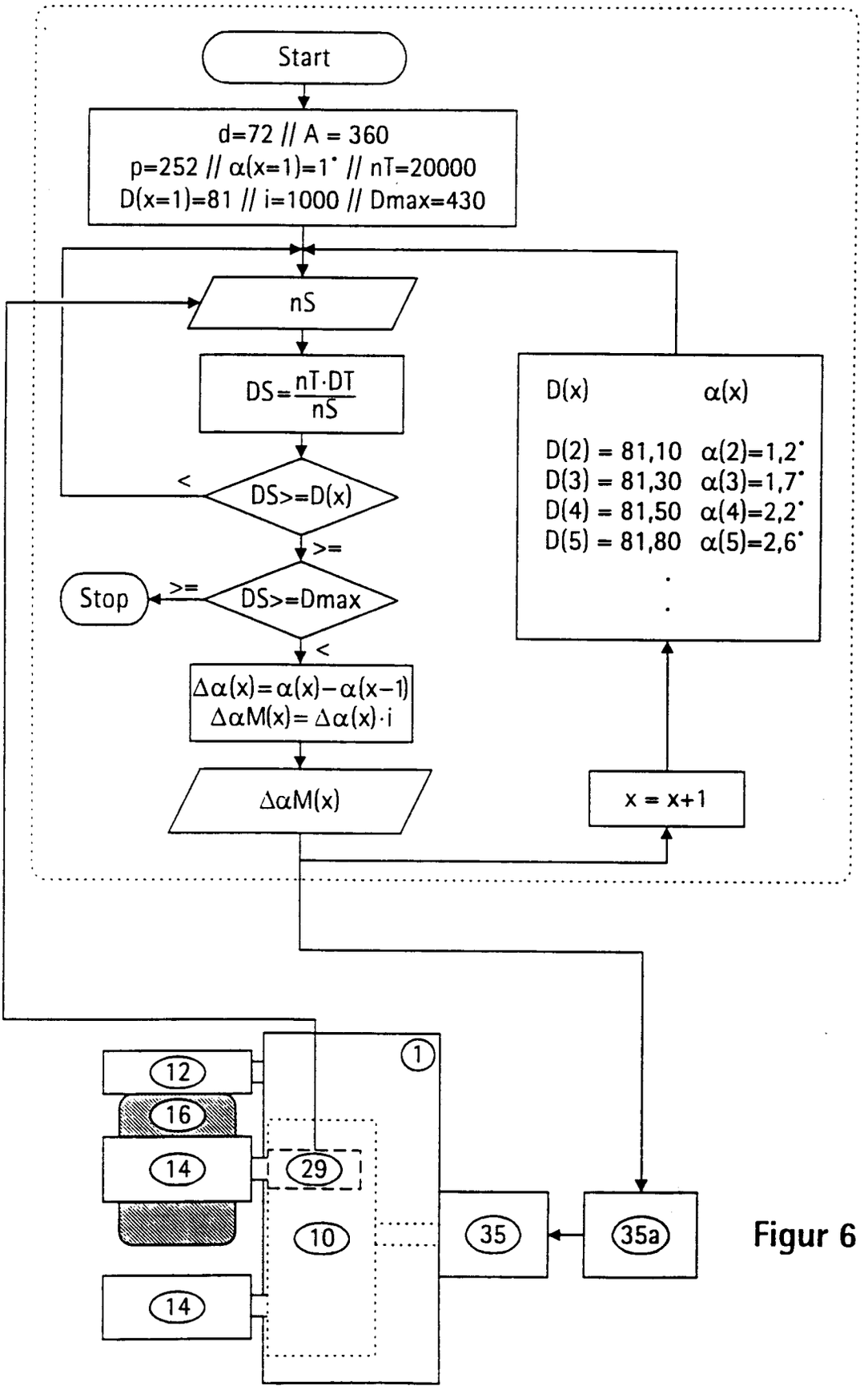
Figur 3a


Start
d=72 // A = 360
p=252 // α(x=1)=0°
D(x=1)=81 // i=1000 // Dmax=430
nS, nT
DS=nT·DT / nS
<
DS>=D(x)
>=
Stop
>=
DS>=Dmax
<
x = x+1
α(x)=arccos A/(4·p) · [1+4·p²/A²−(d/A+DS/A)²]
Δα(x)=α(x)−α(x−1)
ΔαM(x)=Δα(x)·i
ΔαM(x)
D(x) = D(x)+0,1
1
12
36
16
14
29
10
35
35a
14

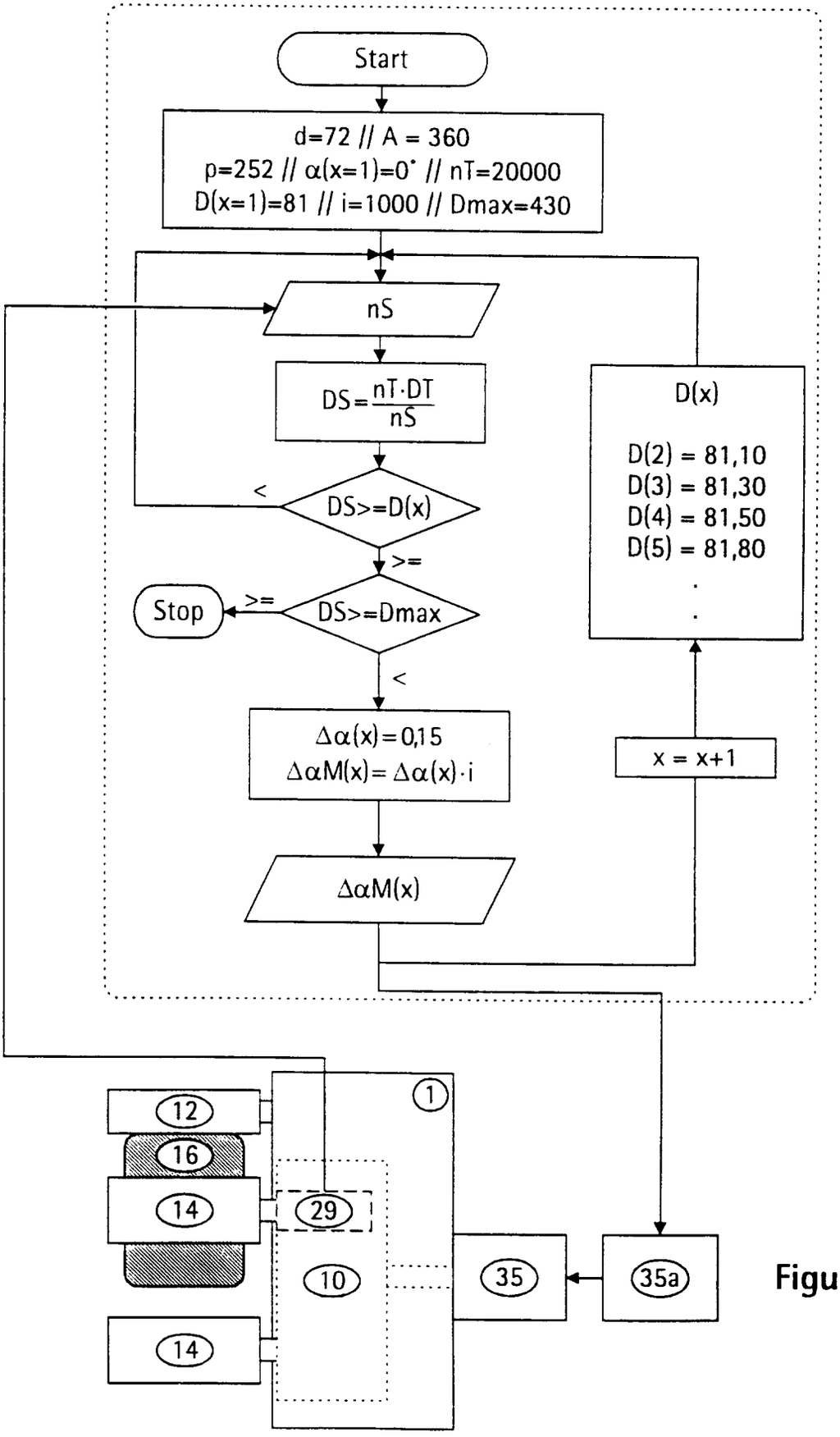
Figur 4


Start
d=72 // A = 360
p=252 // α(x=1)=0° // nT=20000
D(x=1)=81 // i=1000 // Dmax=430
nS
DS=nT·DT/nS
<
DS>=D(x)
>=
Stop
>=
DS>=Dmax
<
x = x+1
α(x)=arccos A/4·p · [1+4·p²/A² − (d/A + DS/A)²]
Δα(x)=α(x)−α(x−1)
ΔαM(x)=Δα(x)·i
ΔαM(x)
D(x)
D(2) = 81,10
D(3) = 81,30
D(4) = 81,50
D(5) = 81,80
1
12
16
14
29
10
14
35
35a

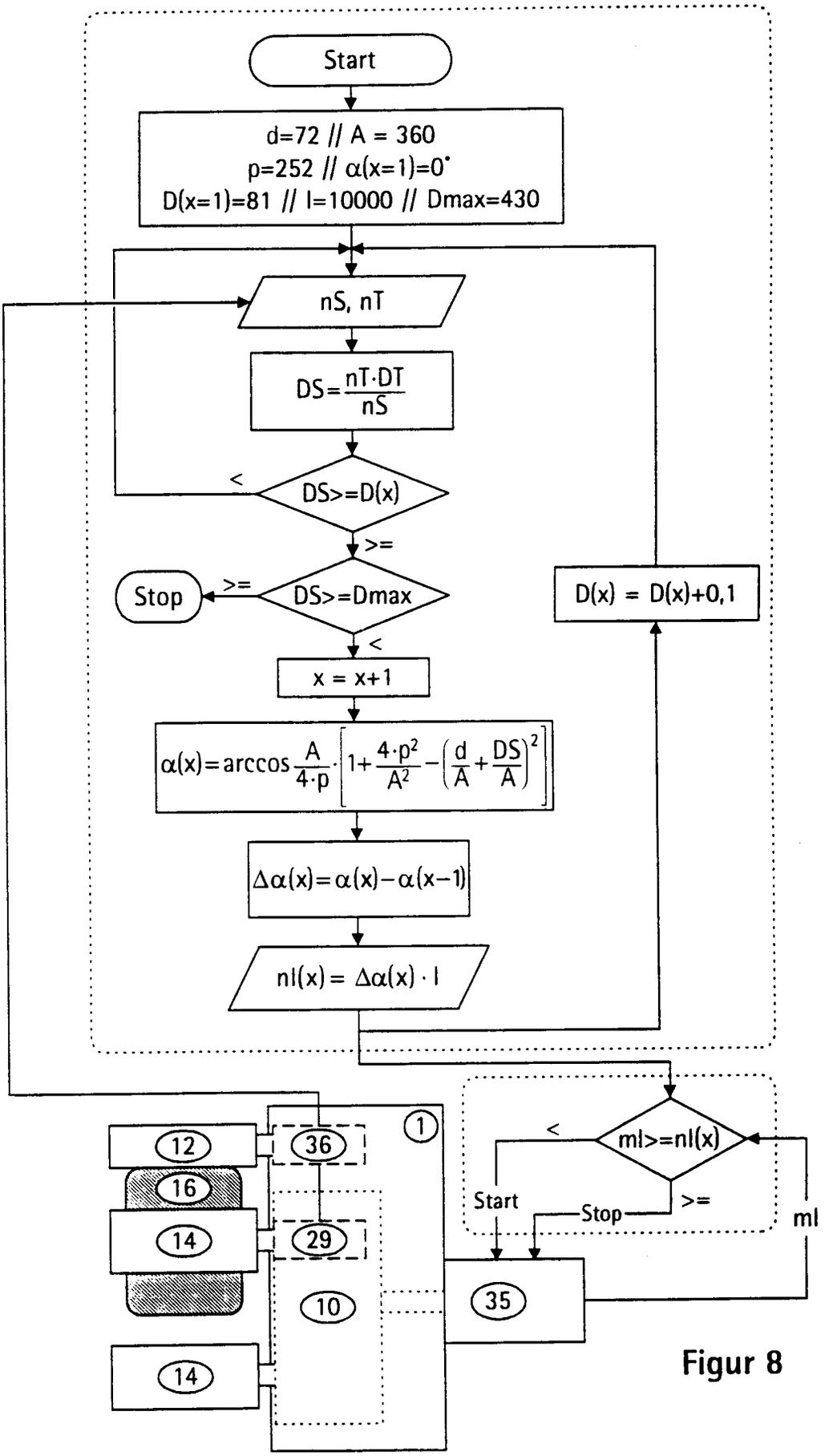
Figur 5


Start
d=72 // A = 360
p=252 // α(x=1)=1° // nT=20000
D(x=1)=81 // i=1000 // Dmax=430
nS
DS=nT·DT/nS
<
DS>=D(x)
>=
Stop
>=
DS>=Dmax
<
Δα(x)=α(x)−α(x−1)
ΔαM(x)=Δα(x)·i
ΔαM(x)
x = x+1
D(x) α(x)
D(2) = 81,10 α(2)=1,2°
D(3) = 81,30 α(3)=1,7°
D(4) = 81,50 α(4)=2,2°
D(5) = 81,80 α(5)=2,6°
1
12
16
14
29
10
14
35
35a

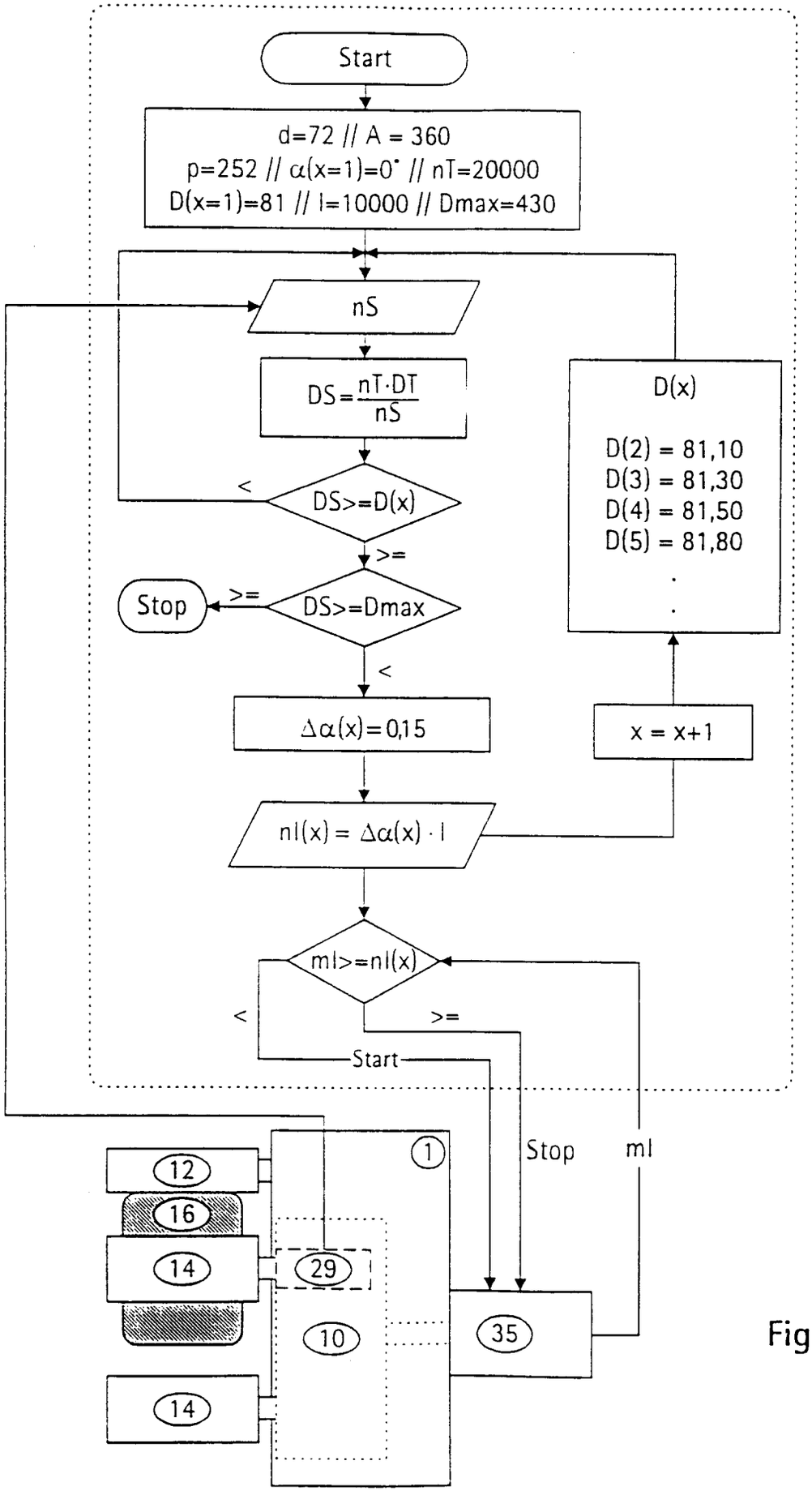
Figur 6


Start
d=72 // A = 360
p=252 // α(x=1)=0° // nT=20000
D(x=1)=81 // i=1000 // Dmax=430
nS
DS=nT·DT/nS
<
DS>=D(x)
>=
Stop
>=
DS>=Dmax
<
Δα(x)=0,15
ΔαM(x)=Δα(x)·i
ΔαM(x)
D(x)
D(2) = 81,10
D(3) = 81,30
D(4) = 81,50
D(5) = 81,80
x = x+1
1
12
16
14
29
10
35
35a
14

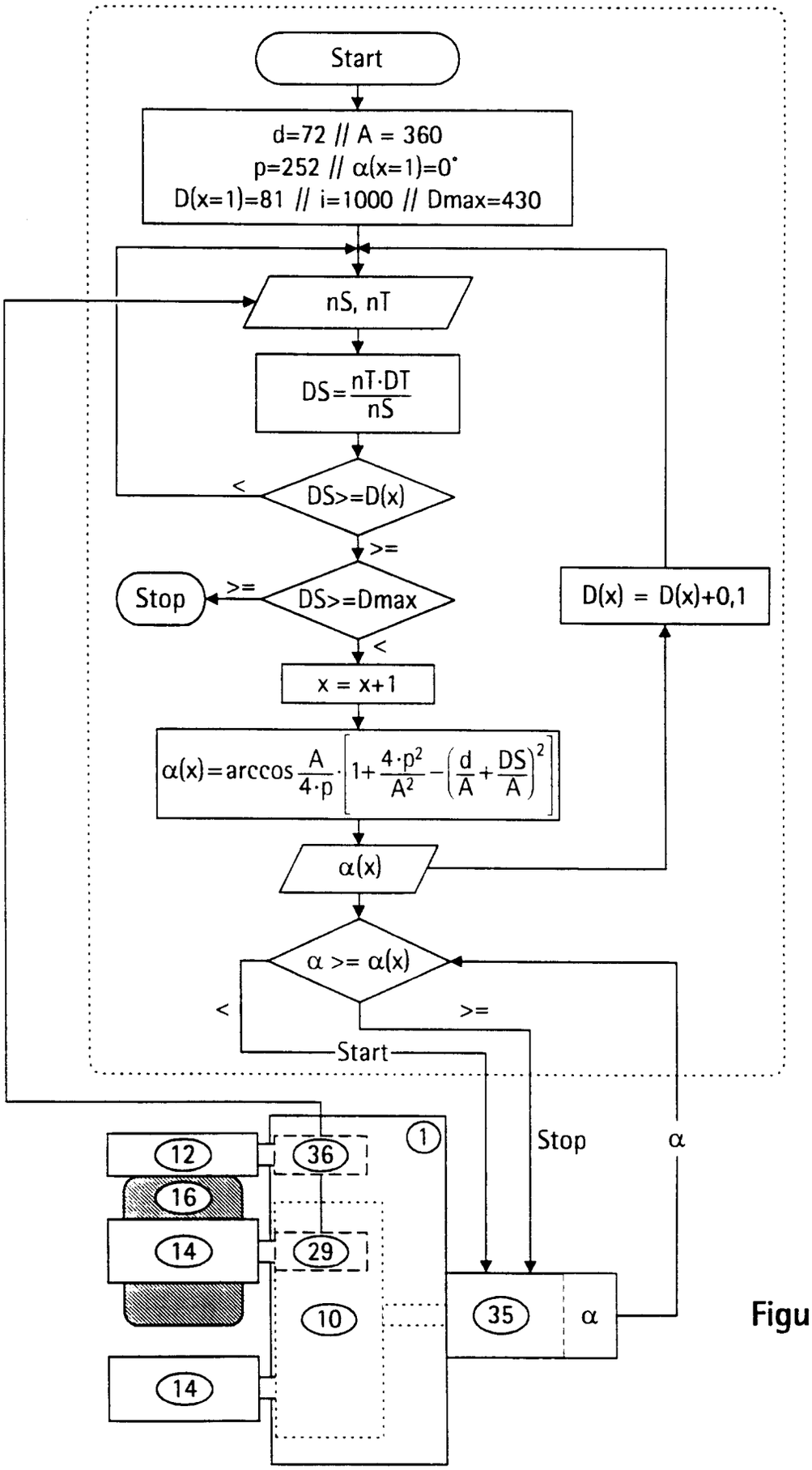
Figur 7


Start
d=72 // A = 360
p=252 // α(x=1)=0°
D(x=1)=81 // l=10000 // Dmax=430
nS, nT
DS=nT·DT / nS
DS>=D(x)
<
>=
Stop
>=
DS>=Dmax
<
D(x) = D(x)+0,1
x = x+1
α(x)=arccos A/(4·p) · [1+4·p²/A² − (d/A + DS/A)²]
Δα(x)=α(x)−α(x−1)
nl(x) = Δα(x) · l
1
12
36
16
14
29
10
14
35
<
ml>=nl(x)
Start
Stop
>=
ml

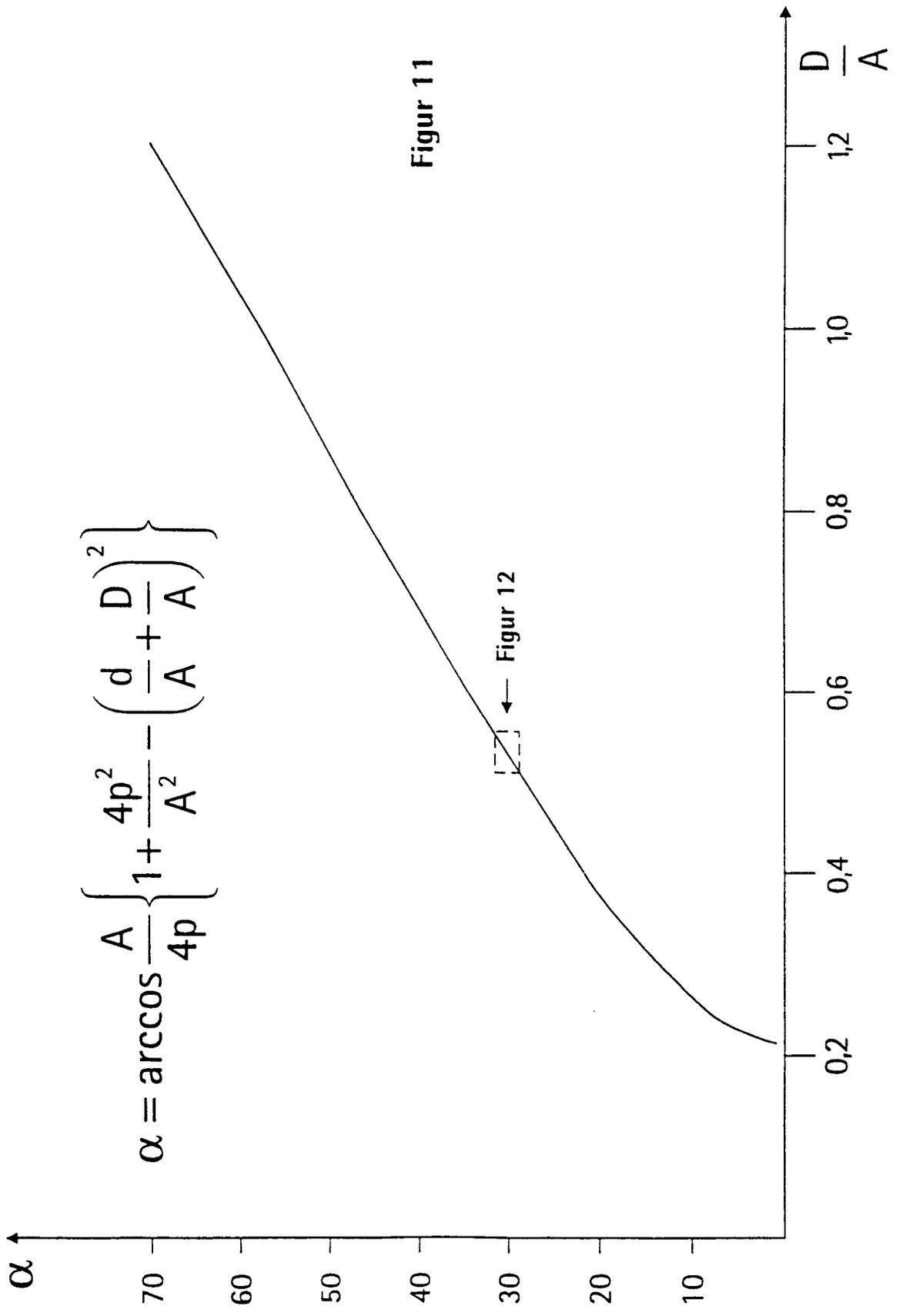
Figur 8


Start
d=72 // A = 360
p=252 // α(x=1)=0° // nT=20000
D(x=1)=81 // l=10000 // Dmax=430
nS
DS=nT·DT/nS
<
DS>=D(x)
>=
Stop
>=
DS>=Dmax
<
Δα(x)=0,15
nl(x) = Δα(x) · l
ml>=nl(x)
<
>=
Start
D(x)
D(2) = 81,10
D(3) = 81,30
D(4) = 81,50
D(5) = 81,80
x = x+1
Stop
ml
1
12
16
14
29
10
35
14

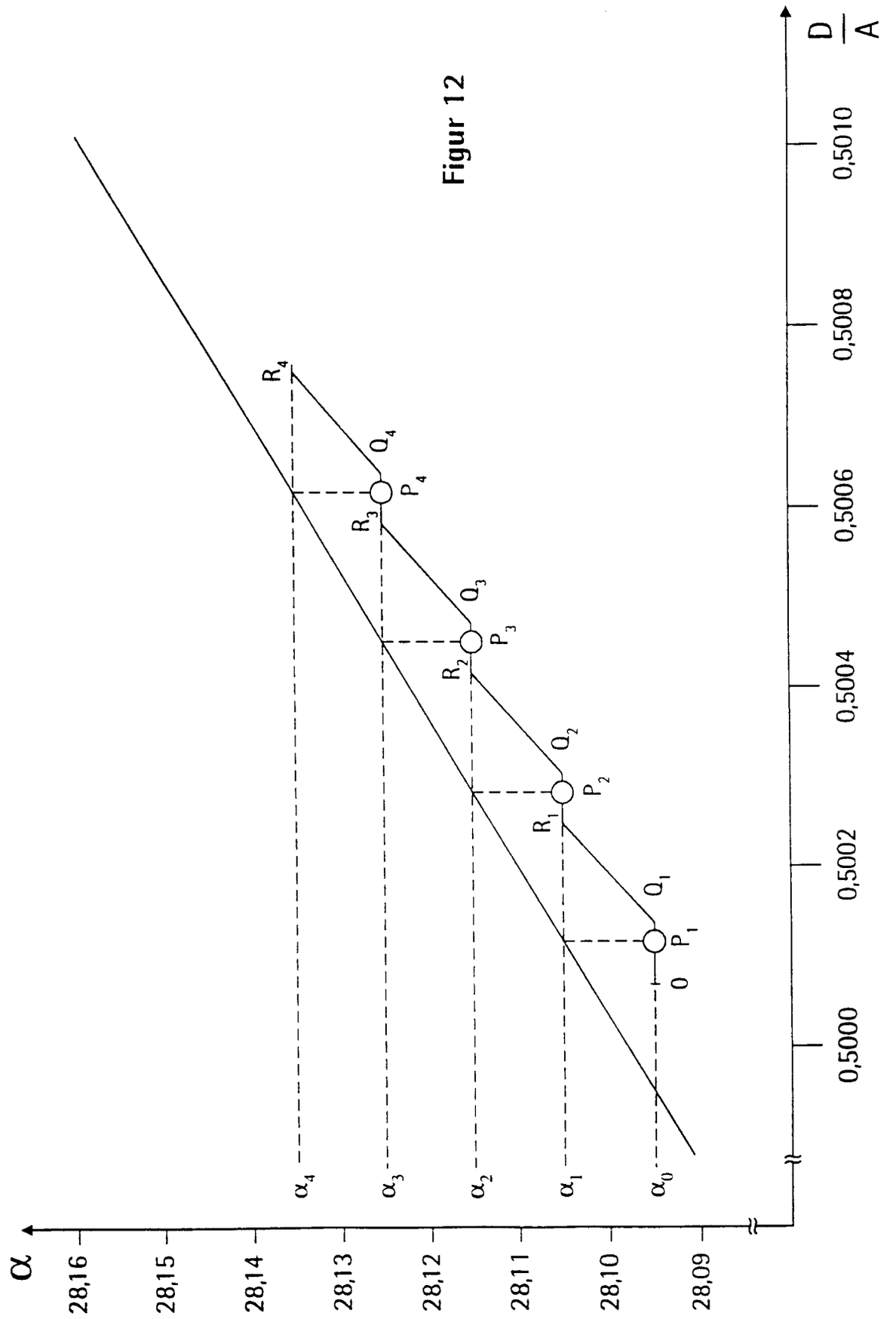
Figur 9


Start
d=72 // A = 360
p=252 // α(x=1)=0°
D(x=1)=81 // i=1000 // Dmax=430
nS, nT
DS=nT·DT/nS
DS>=D(x)
<
>=
Stop
>=
DS>=Dmax
D(x) = D(x)+0,1
<
x = x+1
α(x)=arccos A/(4·p) · [1+4·p²/A² − (d/A + DS/A)²]
α(x)
α >= α(x)
<
>=
Start
Stop
α
1
12
36
16
14
29
10
35
α
14

Figur 10


α
70
60
50
40
30
20
10
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
D/A
α = arccos A/4p {1 + 4p²/A² − (d/A + D/A)²}
Figur 12

Figur 11


α
28,16
28,15
28,14
28,13
28,12
28,11
28,10
28,09
D/A
0,5000
0,5002
0,5004
0,5006
0,5008
0,5010
0
P_1
P_2
P_3
P_4
Q_1
Q_2
Q_3
Q_4
R_1
R_2
R_3
R_4
α_0
α_1
α_2
α_3
α_4

Figur 12