

(19)



(11)

**EP 2 397 258 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**21.12.2011 Patentblatt 2011/51**

(51) Int Cl.:  
**B25B 23/14 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **11164030.6**

(22) Anmeldetag: **28.04.2011**

(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**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(71) Anmelder: **C. & E. Fein GmbH**  
**73529 Schwäbisch Gmünd-Bargau (DE)**

(72) Erfinder: **Kaufmann, Michael**  
**73479 Ellwangen (DE)**

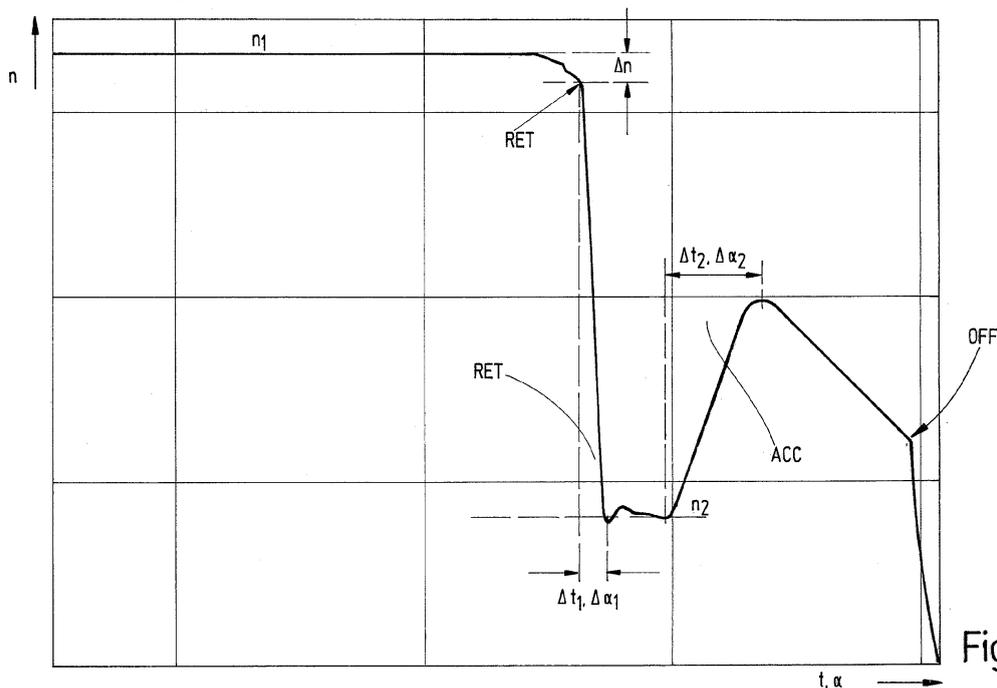
(74) Vertreter: **Witte, Weller & Partner**  
**Postfach 10 54 62**  
**70047 Stuttgart (DE)**

(30) Priorität: **18.06.2010 DE 102010024920**

(54) **Schrauber**

(57) Es wird ein Schrauber mit einem Antrieb zum Antrieb einer Werkzeugspindel angegeben, mit einer Steuerung zur Steuerung des Antriebs, mit einer Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Drehzahl oder des Drehmoments, und mit einer Überwachungseinrichtung zur Überwachung eines Abschaltkriteriums, die mit der Steuerung gekoppelt ist, um den Antrieb bei Erreichen des Abschaltkriteriums abzuschalten, wobei die Steuerung derart programmiert ist, dass (a) der Antrieb zunächst beschleunigt wird, bis die Drehzahl (n) eine bestimmte erste Drehzahl ( $n_1$ ) erreicht hat; (b) falls

die Drehzahl (n) anschließend mindestens um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementses abfällt oder das Drehmoment mindestens um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementses ansteigt, der Antrieb abgebremst wird, bis die Drehzahl (n) eine bestimmte zweite Drehzahl ( $n_2$ ) erreicht hat, die niedriger als die erste Drehzahl ( $n_1$ ) ist; (c) der Antrieb danach für eine bestimmte Zeit auf die zweite Drehzahl ( $n_2$ ) geregelt wird; und (d) der Antrieb nach dem Schritt (c) wieder beschleunigt wird, maximal bis die Drehzahl (n) die erste Drehzahl ( $n_1$ ) erreicht (Fig. 3).



**Fig.3**

**EP 2 397 258 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Schrauber mit einem Antrieb einer Werkzeugspindel, mit einer Steuerung zur Steuerung des Antriebs, und mit einer Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Drehzahl oder des Drehmoments, die mit der Steuerung gekoppelt ist, um den Antrieb bei Erreichen eines Abschaltkriteriums abzuschalten, wobei die Steuerung derart programmiert ist, dass

(a) der Antrieb zunächst beschleunigt wird, bis die Drehzahl eine bestimmte erste Drehzahl erreicht hat;

(b) die Drehzahl anschließend mindestens um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes abfällt oder das Drehmoment wenigstens um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes ansteigt, der Antrieb abgebremst wird, bis die Drehzahl eine bestimmte zweite Drehzahl erreicht hat, die niedriger als die erste Drehzahl ist.

**[0002]** Ein derartiger Schrauber ist aus der EP 1 785 231 A2 bekannt.

**[0003]** Der bekannte Schrauber weist eine Regeleinrichtung auf, mittels der die Drehzahl des Motors regelbar ist und die bei Erreichen eines Trigger-Parameters die Drehzahl herabsetzt. Dabei wird vorzugsweise als Trigger-Parameter eine Winkelgeschwindigkeitsveränderung pro Zeiteinheit verwendet. Wird festgestellt, dass sich die Winkelgeschwindigkeit verlangsamt, so wird die Drehzahl herabgesetzt, gegebenenfalls in mehreren Stufen, wodurch ein relativ genaues Anzugsmoment für die Verschraubung gewährleistet sein soll. Hierbei soll die Abweichung des Anzugsmoments zwischen einem harten und einem weichen Schraubfall gering sein. Unter einem sogenannten "weichen Schraubfall" versteht man eine Verschraubung, bei der das Drehmoment gegen Ende der Verschraubung stetig ansteigt, bis das maximale Anzugsmoment erreicht ist. Bei einem "harten Schraubfall" ist das Drehmoment dagegen anfangs relativ niedrig und steigt zum Ende des Verschraubungsvorgangs hin plötzlich schlagartig an.

**[0004]** Bei einer alternativen Ausführung des bekannten Schraubers wird die Drehzahl nach Erreichen des Trigger-Parameters bis auf null abgesenkt, der Motor für eine bestimmte Zeit mit umgekehrter Drehrichtung betrieben, anschließend die Drehrichtung nochmals umgekehrt und die Verschraubung mit einer niedrigeren Drehzahl als mit der Ausgangsdrehzahl angezogen.

**[0005]** Bei dem vorbekannten Schrauber wird zwar unabhängig von der Art des Schraubfalls ein relativ gleichmäßiges Anzugsmoment erreicht, jedoch ist die Gesamtzeit beim Anzug einer Verschraubung insbesondere im weichen Schraubfall relativ hoch, da zum Schluss immer mit einer niedrigeren Drehzahl gearbeitet wird, die teilweise noch weiter erniedrigt wird. Im Falle der Drehrich-

tungsumkehr wird die Gesamtzeit zum Anziehen der Verschraubung noch weiter erhöht.

**[0006]** Aus der DE 10 2008 033 866 A1 ist ein weiterer Schrauber bekannt, bei dem eine Begrenzungseinrichtung zur Begrenzung eines im Antriebsstrang abtriebsseitig bereitgestellten Abgabedrehmoments auf einen Drehmoment-Maximalwert vorgesehen ist, wobei die Begrenzungseinrichtung zum Ansteuern einer den Antriebsmotor bestromenden Bestromungseinrichtung in einen Bremsbetrieb ausgestaltet ist, indem die Bestromungseinrichtung ein den Antriebsmotor abbremsendes, zu einer jeweiligen Drehrichtung des Antriebsmotors gegensinniges Drehfeld erzeugt. Dabei wird im Antriebsstrang vorhandene Rotationsenergie berücksichtigt.

**[0007]** Durch diese Einrichtung soll insbesondere ein zu starker Anzug in einem harten Schraubfall vermieden werden können.

**[0008]** Die genannte Steuerung des Schraubers ist relativ kompliziert aufgebaut und stellt gleichwohl nicht für jeden Anwendungsfall sicher, dass das Anzugsmoment unabhängig von der Art des Schraubfalls präzise eingehalten wird und gleichzeitig die Verschraubung in möglichst kurzer Zeit abgeschlossen ist.

**[0009]** Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Schrauber anzugeben, bei dem unabhängig von der Art des Schraubfalls ein schnelles Anziehen einer Verschraubung mit einem möglichst präzisen Anzugsmoment gewährleistet ist. Ferner soll ein geeignetes Verfahren zum Steuern eines Schraubers angegeben werden, mit dem ein schnelles und präzises Anziehen einer Verschraubung unabhängig von der Art des Schraubfalls ermöglicht ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Schrauber gemäß der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass

(c) der Antrieb nach dem Schritt (b) für eine bestimmte Zeit auf die zweite Drehzahl geregelt wird und

(d) der Antrieb nach dem Schritt (c) wieder beschleunigt wird, maximal bis die Drehzahl die erste Drehzahl erreicht.

**[0010]** Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe der Erfindung ferner durch ein Verfahren zum Steuern eines Schraubers gelöst, mit einem Antrieb zum Antrieb einer Werkzeugspindel, und mit einer Steuerung zur Steuerung des Antriebs, mit einer Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Drehzahl oder des Drehmoments, und mit einer Abschalteinrichtung zur Abschaltung des Antriebs bei Erreichen eines Abschaltkriteriums, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

(a) Beschleunigen des Antriebs, bis die Drehzahl eine bestimmte erste Drehzahl erreicht hat;

(b) sofern die Drehzahl mindestens um einen be-

stimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes abfällt oder das Drehmoment mindestens um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes ansteigt, Abbremsen des Antriebs bis auf eine bestimmte zweite Drehzahl, die niedriger als die erste Drehzahl ist;

(c) Regeln des Antriebs für eine bestimmte Zeit auf die zweite Drehzahl;

(d) Beschleunigen des Antriebs, maximal bis auf die erste Drehzahl;

wobei während der vorgenannten Schritte ständig überwacht wird, ob die Abschalteinrichtung das Abschaltkriterium erreicht hat und der Antrieb dann abgeschaltet wird.

**[0011]** Die Aufgabe der Erfindung wird auf diese Weise gelöst.

**[0012]** Durch die ständige Überwachung der Drehzahl bzw. des Drehmoments, um einen Drehzahlabfall bzw. einen Drehmomentanstieg zu detektieren, wird ein rechtzeitiges Abbremsen des Antriebs gewährleistet, um ein übermäßiges Anziehen der Verschraubung selbst in einem harten Schraubfall bei einem schnellen Drehzahlabfall bzw. einem starken Drehmomentanstieg zu vermeiden. Andererseits wird dadurch, dass, nachdem der Antrieb nach Erkennung eines Drehzahlabfalls zunächst auf eine niedrigere Drehzahl abgebremst und darauf gehalten wird und anschließend wieder beschleunigt wird, auch im Falle eines weichen Schraubfalls oder eines kurzzeitigen Drehzahlabfalls z.B. infolge einer Verschmutzung des Gewindes ein schnelles Anziehen der Verschraubung ermöglicht. Gleichzeitig wird durch die ständige Überwachung des Abschaltkriteriums und ein sofortiges Abschalten des Antriebs bei Erreichen des Abschaltkriteriums ein präzises Anzugsmoment unabhängig von der Art des Schraubfalls gewährleistet.

**[0013]** Unter einem "Abbremsen" wird eine Verlangsamung der Drehzahl des Antriebs verstanden. Es kann sich hierbei um ein aktives Bremsen handeln, etwa durch eine selbsterregte oder fremderregte Kurzschlussbremsung, wie im Stand der Technik grundsätzlich bekannt ist. Alternativ kann das Abbremsen auch lediglich in der Wegnahme der Antriebsenergie bzw. in einer Verringerung des Phasenwinkels im Falle einer Pulsweitenmodulationssteuerung bestehen.

**[0014]** Vorzugsweise wird während des Beschleunigungsvorgangs gemäß Schritt (d) wiederum überwacht, ob die Drehzahl (n) während der Beschleunigung um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes abfällt oder das Drehmoment um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes ansteigt, und bei Erfüllung dieses Kriteriums der Antrieb abgebremst, bis die Drehzahl die zweite Drehzahl erreicht hat, die niedriger als die erste Drehzahl ist. Es wird also bereits während des Beschleunigungsvorgangs wieder überwacht, ob das Kriterium zum Ab-

bremsen des Antriebs erfüllt ist. So wird zum Beispiel für den Fall, dass die Drehzahl etwa durch einen Gewindefehler oder durch eine Verschmutzung fehlerhaft abgesenkt wurde, die Drehzahl auch weiterhin überwacht, um bei einem auftretenden Drehzahlabfall schnell reagieren zu können, so dass ein übermäßiges Anziehen der Verschraubung in jedem Falle verhindert wird.

**[0015]** In weiter vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird als Abschaltkriterium überwacht, ob das Anzugsmoment der Verschraubung einen bestimmten voreingestellten Wert erreicht.

**[0016]** Diese Überwachung des Abschaltkriteriums erfolgt parallel zu den übrigen beschriebenen Vorgängen. Beispielsweise wird das Erreichen des Abschaltkriteriums hierzu in gewissen Zeitabständen, z.B. alle 5 Millisekunden, abgefragt, so dass jederzeit bei Erreichen des Abschaltkriteriums eine sofortige Abschaltung des Antriebs gewährleistet ist, um so eine präzise Einhaltung eines vorbestimmten Anzugsmoments der Verschraubung zu gewährleisten.

**[0017]** In weiter vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung weist der Antrieb eine Trennkupplung auf, die bei Erreichen des voreingestellten Anzugsmomentes auslöst.

**[0018]** Auf diese Weise lässt sich ein bestimmtes Anzugsmoment auf besonders präzise Weise einhalten.

**[0019]** In vorteilhafter Weiterbildung dieser Ausführung wird der Antrieb bei Auslösen der Trennkupplung mit voller Leistung angesteuert.

**[0020]** Hierdurch wird ein präzises Auslösen der Trennkupplung unterstützt, da insbesondere dann, wenn bei einem akkubetriebenen Schrauber der Akku nahezu erschöpft ist, dennoch ein präzises Auslösen der mechanischen Trennkupplung gewährleistet wird, selbst wenn die Drehzahl gering ist.

**[0021]** Ferner weist der Antrieb vorzugsweise eine Abschalteinrichtung zur Abschaltung des Antriebs auf, die bei Erreichen eines voreingestellten Anzugsmomentes auslöst.

**[0022]** So wird ein Weiterlaufen des Antriebs nach Auslösen der Trennkupplung vermieden.

**[0023]** In weiter vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird der Antrieb mit einer gewissen Zeitverzögerung nach Auslösen der Trennkupplung abgeschaltet.

**[0024]** Hierdurch werden definierte Bedingungen für das nächste Starten des Schraubers, insbesondere für die Trennkupplung, gewährleistet.

**[0025]** Der erfindungsgemäße Schrauber weist eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Drehzahl oder des Drehmoments auf. Hierbei kann es sich z.B. um einen Drehzahlsensor zur Überwachung der Drehzahl des Antriebs oder der Werkzeugspindel handeln oder um einen Drehmomentsensor zur Überwachung des Drehmoments des Antriebs oder der Werkzeugspindel, z.B. in Form eines Dehnungsmessstreifens bzw. eines Torsionssensors,.

**[0026]** In weiter vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird im Schritt (b) die aktuelle Drehzahl mit meh-

renen Drehzahlwerten, die um verschiedene Zeitpunkte zurückliegen, verglichen, und der Antrieb abgebremst, wenn die aktuelle Drehzahl gegenüber dem Drehzahlwert an mindestens einem der zurückliegenden Punkte mindestens um eine jeweils bestimmte Drehzahldifferenz abgefallen ist.

**[0027]** Auf diese Weise wird eine schnelle Detektion von harten Schraubfällen gewährleistet, da innerhalb einer kleinen Zeit ein großer Drehzahlabfall stattfindet. Bei einem weichen Schraubfall wird ein Drehzahlabfall erst nach einer längeren Zeit festgestellt, da hierbei der Drehzahlabfall im Vergleich zu einem harten Schraubfall nicht sehr groß ist. Ein Vorteil besteht jedoch darin, dass die Drehzahl immer rechtzeitig abgesenkt wird, bevor es zu einem Auslösen der Trennkupplung kommt. Dies ist, bezogen auf das Erreichen der Kopfaufgabe einer Schraube, bei einem harten Schraubfall sehr früh und bei einem weichen Schraubfall etwas später. Hierdurch wird die Verschraubungszeit minimiert und die Genauigkeit erhöht.

**[0028]** Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0029]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

- Fig. 1 eine stark vereinfachte, schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Schraubers;
- Fig. 2a) ein Ablaufdiagramm für ein erfindungsgemäßes Schraubverfahren;
- Fig. 2b) ein Ablaufdiagramm für die Überwachung des Abschaltkriteriums, das ständig zusätzlich während des Ablaufdiagramms gemäß Fig. 5a) durchlaufen wird;
- Fig. 3 den Verlauf der Drehzahl  $n$  über der Zeit  $t$  bzw. dem Drehwinkel  $\alpha$  bei einem weichen Schraubfall;
- Fig. 4 den Verlauf der Drehzahl  $n$  über der Zeit  $t$  bzw. dem Drehwinkel  $\alpha$  im Falle eines harten Schraubfalls und
- Fig. 5 den Verlauf der Drehzahl  $n$  über der Zeit  $t$  bzw. dem Drehwinkel  $\alpha$  im Falle einer fehlerhaften Abbremsung infolge eines kurzzeitigen Drehmomentanstiegs z.B. durch einen Gewindefehler, mit anschließender Beschleunigung.

**[0030]** In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Schrauber schematisch dargestellt und insgesamt mit der Bezugsziffer 10 bezeichnet.

**[0031]** Der Schrauber 10 weist ein Gehäuse 12 auf, das pistolenförmig ausgebildet ist und an dessen unterem Ende ein Akkumulatorpaket 16 auswechselbar aufgenommen ist. Das Gehäuse 12 weist einen Handgriff 14 auf, an dem der Schrauber 10 gehalten werden und mittels einer Schalttaste 28 ein- und ausgeschaltet werden kann.

**[0032]** Im oberen Bereich des Gehäuses 12 sind nacheinander ein Motor 18, ein Getriebe 20 und eine Trennkupplung 22 aufgenommen, die gemeinsam den Antrieb 17 bilden. Die Ausgangsseite der Trennkupplung 22 ist mit einer Werkzeugspindel 24 verbunden, an der eine Werkzeugaufnahme 26 zur Aufnahme eines Werkzeuges, beispielsweise eines Bits, vorgesehen ist. Der Motor 18 treibt das Getriebe 20 an. Das Getriebe 20 ist schließlich über die Trennkupplung 22 mit der Werkzeugspindel 24 gekoppelt.

**[0033]** Der Schrauber 10 wird über eine zentrale Steuerung 30 gesteuert, die im Handgriff 14 aufgenommen ist und über geeignete Leitungen mit dem Akkumulatorpaket 16, der Schalttaste 28, dem Motor 18, dem Getriebe 20 und der Trennkupplung 22 verbunden ist.

**[0034]** Am Motor 18 ist ferner ein Drehzahlsensor 32 vorgesehen, der beispielsweise als Hall-Element ausgebildet ist und gleichfalls mit der Steuerung 30 über geeignete Leitungen gekoppelt ist.

**[0035]** Das Getriebe 20 kann, wie beispielsweise aus der EP 0 320 723 A2 bekannt, die hier vollständig durch Bezugnahme eingeschlossen wird, als Planetenradgetriebe ausgebildet sein und mit einer Drehmomentabschaltung versehen sein. Bei Erreichen eines bestimmten Drehmomentes wird ein mit dem Getriebe 20 gekoppelter Schalter 34 über eine Drehgabel betätigt und führt zur Abschaltung des Motors 18. Zur Erzeugung einer Rückstellkraft kann ein Torsionsfederstab vorgesehen sein. Sobald das Drehmoment einen voreingestellten Drehmomentwert übersteigt, wird die Rückstellkraft des Torsionsfederstabes überwunden und die Schaltgabel verdreht, was zur Betätigung des Schalters 34 führt.

**[0036]** Alternativ oder zusätzlich kann die Trennkupplung 22 vorgesehen sein, über die bei Erreichen eines vorbestimmten Drehmomentes die Verbindung zwischen der Werkzeugspindel 24 und dem Getriebe 20 durch Ausrücken der Trennkupplung 22 gelöst wird. Derartige Auslösekupplungen sind im Stand der Technik seit langem bekannt, wozu beispielhaft auf die EP 0 990 488 A2 verwiesen wird, die hier vollständig durch Bezugnahme eingeschlossen wird.

**[0037]** Alternativ zu einer Überwachung des Drehmomentes am Getriebe 20 mittels des drehmomentabhängig auslösbaren Schalters 34 kann die Trennkupplung 22 überwacht werden und eine Ausrückbewegung der Kupplungshälfte registriert werden, was wiederum etwa mechanisch zur Betätigung eines Schalters genutzt werden kann.

**[0038]** Die Drehzahl des Motors 18 ist über die Steuerung 30 digital oder analog geregelt.

**[0039]** Zur Drehzahlüberwachung ist der Drehzahlsensor 32 vorgesehen, der bei jeder Umdrehung der Motorwelle einen Impuls abgibt, der einem Zähler in der Steuerung 30 zugeführt wird. Bleibt die Anzahl der vom Sensor abgegebenen Impulse pro Zeiteinheit gleich, so ist die Drehzahl  $n$  des Motors 18 konstant. Nimmt die Anzahl der Impulse pro Zeiteinheit zu, so steigt die Drehzahl  $n$  an, nimmt sie jedoch pro Zeiteinheit ab, so fällt die Drehzahl  $n$  ab. Die Anzahl der Impulse pro Zeiteinheit wird als Ist-Größe oder Eingangsgröße von der Steuerung 30 verwendet. Der Schrauber 10 wird mit einer lastabhängigen Motorkennlinie betrieben.

**[0040]** Die erfindungsgemäße Steuerung des Schraubers 10 wird im Folgenden anhand der beiden Flussdiagramme gemäß Fig. 2a) und Fig. 2b) näher erläutert.

**[0041]** In Fig. 2a) ist ein Flussdiagramm 50 dargestellt, das einen Teil des Arbeitsablaufes der Steuerung 30 zeigt.

**[0042]** Zu bestimmten Zeiten wird die Drehzahl  $n$  gemessen bzw. berechnet und die Werte in einem Ringspeicher abgelegt. Beispielsweise kann eine Drehzahlmessung pro Millisekunde erfolgen.

**[0043]** Zusätzlich zum Durchlaufen des Ablaufdiagramms 50 gemäß Fig. 2a) wird ständig eine Überwachung eines Abschaltkriteriums ausgeführt, was im Zuge eines gesonderten Ablaufdiagramms 90 erfolgt, das in Fig. 2b) gesondert dargestellt ist, das jedoch in das Ablaufdiagramm gemäß Fig. 2a) integriert ist und das regelmäßig, z.B. alle 5 Millisekunden, abgefragt wird, um den Schrauber 10 abzuschalten, sobald das Abschaltkriterium erreicht ist.

**[0044]** Nach dem Start 51 eines Schraubvorgangs ("START") beginnt zunächst ein Beschleunigungsvorgang 52 ("ACC"). Es wird so lange beschleunigt, bis die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  erreicht wird. Der Beschleunigungsvorgang 52 ist so gestaltet, dass er möglichst angenehm für den Benutzer ist, das heißt es wird ein Sanftanlauf durchgeführt. Dadurch werden auch hohe Stromspitzen während des Anlaufs vermieden.

**[0045]** Es wird nun in der Abfrage 54 überprüft, ob die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  erreicht ist (" $n = n_1$ ").

**[0046]** Ist dies nicht der Fall, so wird im anschließenden Schritt 56 der momentane Drehzahlwert  $n$  gespeichert ("STORE  $n$ ").

**[0047]** Im anschließenden Schritt 58 wird der aktuelle Drehzahlwert  $n(i)$  mit einem weiter zurückliegenden Drehzahlwert  $n(i-m)$  verglichen. Ist die aktuelle Drehzahl  $n(i)$  um einen gewissen Wert  $x_1$  kleiner als der Vergleichswert, so zeigt dies einen bestimmten Drehzahlabfall an, und der Schrauber 10 wird abgebremst (Schritt 66 "RET"). Ist dies nicht der Fall, so wird der Antrieb 17 weiter beschleunigt (Schritt 52). Wird bei der Abfrage 54 festgestellt, dass die Sollzahl erreicht ist (" $n = n_1$ "), so wird dieser Drehzahlwert gespeichert (Schritt 60 "STORE  $n$ ").

**[0048]** Im nachfolgenden Schritt 62 wird wieder abge-

fragt, ob die Drehzahl mindestens um den Betrag  $x_1$  gegenüber der vorherigen Drehzahl abgefallen ist. Ist dies nicht der Fall, so wird der Schrauber 10 weiter mit derselben Drehzahl  $n_1$  betrieben, das heißt es wird zurück zum Schritt 60 verzweigt. Wird dagegen bei der Abfrage 62 festgestellt, dass ein signifikanter Drehzahlabfall eingetreten ist ( $n(i) + x_1 < n(i-m)$ ), so erfolgt im Schritt 66 eine Abbremsung ("RET").

**[0049]** Um einen größeren Bereich an Schraubfallhärten abzudecken, wird bei den Abfragen 58, 62 und 74 die aktuelle Drehzahl  $n(i)$  nicht nur mit einer zurückliegenden Drehzahl  $n(i-m)$  verglichen. Vielmehr wird die aktuelle Drehzahl  $n(i)$  mit mehreren, unterschiedlich weit in der Vergangenheit liegenden, Drehzahlen verglichen. Zu jedem Vergleich gibt es einen spezifischen Wert  $x_1$ , um den die Drehzahl abgefallen sein muss, damit eine Abbremsung stattfindet. Somit werden harte Schraubfälle schnell detektiert, da hierbei innerhalb einer kurzen Zeit ein großer Drehzahlabfall stattfindet. Dagegen wird ein weicher Schraubfall erst nach einer längeren Zeit festgestellt, da hierbei der Drehzahlabfall im Vergleich zu einem weichen Schraubfall nicht sehr groß ist bzw. dieser erst nach einer längeren Zeit einen signifikanten Wert annimmt.

**[0050]** Ein Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass die Drehzahl immer rechtzeitig abgesenkt wird, bevor es zu einem Auslösen der Trenneinrichtung (mechanische Trennkupplung) kommt. Dies ist, bezogen auf das Erreichen der Kopfaufgabe einer Schraube, bei einer harten Verschraubung sehr früh und bei einer weichen Verschraubung etwas später. Hierdurch werden die Verschraubungszeit minimiert und die Genauigkeit erhöht.

**[0051]** Der erwähnte Bremsvorgang im Schritt 66 findet so lange statt, bis die Drehzahl auf einen Wert  $n_2$  abgefallen ist, der niedriger als die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  ist. Ist die Drehzahl  $n_2$  noch nicht erreicht, so wird weiter verzögert gemäß Schritt 66. Ist die Drehzahl  $n_2$  erreicht, so wird diese im Schritt 68 geregelt ("CONTROL  $n$ ").

**[0052]** Der erwähnte Bremsvorgang kann entweder durch "aktives Abbremsen" erfolgen oder aber durch einfache Reduzierung bzw. Wegnahme der Energiezufuhr.

**[0053]** Ist die Drehzahl  $n_2$  erreicht, so wird diese für eine bestimmte Zeit, zum Beispiel 30 ms - 100 ms, bevorzugt 60 Millisekunden, bzw. für einen bestimmten Drehwinkel  $\alpha$  gehalten, wie in der Abfrage 70 überprüft wird. Ist die Zeit  $t$  abgelaufen bzw. der Drehwinkel  $\alpha$  erreicht, so erfolgt im Schritt 72 wieder eine Beschleunigung ("ACC").

**[0054]** Die Beschleunigung erfolgt in diesem Fall bis der Wert  $n_1$  wieder erreicht ist, was in der Abfrage 76 überprüft wird. Ist die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  wieder erreicht, so geht es weiter mit dem Schritt 60. Ist die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  noch nicht erreicht, so wird im Abfrageschritt 78 überprüft, ob die aktuelle Drehzahl mindestens um einen bestimmten Betrag  $x_2$  von der Leerlaufdrehzahl  $n_1$  abweicht ( $n > n_1 - x_2$ ). Ist dies nicht der Fall, so wird weiter beschleunigt im Schritt 72. Hat die Drehzahl den gewünschten Betrag erreicht, so wird die aktuelle Dreh-

zahl im Schritt 80 gespeichert ("STORE n").

**[0055]** In der nachfolgenden Verzweigung 74 wird wiederum überprüft, ob das Bremskriterium erreicht ist ( $n(i) + x_1 < n(i-m)$ ). Ist dies der Fall, so wird die Bremsung gemäß Schritt 66 eingeleitet. Andernfalls wird im Schritt 72 weiter beschleunigt.

**[0056]** Dem zuvor beschriebenen Ablaufschema 50 ist das Ablaufdiagramm 90 gemäß Fig. 2b) überlagert, das regelmäßig, z.B. alle 1 bis 30 ms, bevorzugt alle 5 Millisekunden, abgefragt wird. Ausgehend von irgendeinem vorherigen Schritt 92 aus dem Ablaufdiagramm 50 wird in der Verzweigung 94 abgefragt, ob das Abschaltkriterium erreicht ist.

**[0057]** Im vorliegenden Fall wird als Abschaltkriterium überprüft, ob ein voreingestelltes Drehmoment erreicht ist. Dies kann etwa durch das Auslösen der Trennkupplung 22 mit einem entsprechenden Sensor überwacht werden. Wenn keine Trennkupplung 22 vorhanden ist, so könnte dies beispielsweise mittels eines Drehmomentsensors (z.B. Dehnungsmessstreifen) überprüft werden.

**[0058]** Ist das Abschaltkriterium nicht erreicht, so wird mit dem Ablaufplan 50 fortgefahren. Ist das Abschaltkriterium erreicht, so wird die Motorleistung im nachfolgenden Schritt 96 voll aufgesteuert ("PWM 100 %"), das heißt die Pulsweitenmodulation wird voll aufgesteuert. Dies ist in Verbindung mit einer Trennkupplung sinnvoll, da, insbesondere wenn der Akkumulator 16 nahezu erschöpft ist, eine mechanische Trennkupplung nicht richtig bzw. nicht sicher auslöst. Ein richtiges Auslösen ergibt sich durch Überspringen einer Nocke. Durch diese kurzzeitige volle Ansteuerung des Motors 18 wird so eine sichere Auslösung der Trennkupplung 22 gewährleistet. Nach einem Verzögerungsschritt 98, der zum Beispiel 10 ms - 300 ms, bevorzugt 50 ms dauert (bzw. einem Verdrehwinkel der Trennkupplung von 30 ° bis 120 °, bevorzugt 100 °), wird nachfolgend im Schritt 100 der Motor angehalten ("STOP Motor"). Damit ist der Zyklus bei 102 beendet ("STOP").

**[0059]** Durch den vorstehend beschriebenen Algorithmus sind ein schneller Anzug einer Verschraubung unabhängig von der Art des Schraubfalles und eine genaue Einhaltung des Anzugsmomentes gewährleistet.

**[0060]** Im dargestellten Ausführungsbeispiel liegt das Drehzahlniveau für die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  bei etwa 800 bis 1500 1/min, vorzugsweise bei etwa 1000 1/min, während die abgesenkte zweite Drehzahl  $n_2$  im Bereich von 200 bis 400 1/min, vorzugsweise bei etwa 300 1/min liegt, jeweils gemessen an der Trennkupplung 22 bzw. der Werkzeugspindel 24.

**[0061]** Im Folgenden werden einige Anwendungsfälle anhand der Fig. 3 bis 5 näher erläutert.

**[0062]** Fig. 3 zeigt den Anwendungsfall eines weichen Verschraubungsvorgangs. Die Werkzeugspindel 24 wird zunächst mit der Drehzahl  $n_1$  angetrieben (vgl. Schritt 60). Anschließend wird ein Drehzahlabfall  $\Delta n$  festgestellt. Sobald dieser im Schritt 62 den vorbestimmten Wert  $x_1$  überschreitet, beginnt der Bremsvorgang, was mit dem

Pfeil "RET" angedeutet ist. Der Bremsvorgang RET wird so lange fortgesetzt, bis die Drehzahl  $n_2$  erreicht wird. Diese wird im Schritt 68 für eine bestimmte Zeitdauer  $t$  bzw. einen bestimmten Drehwinkel  $\alpha$  geregelt. Nach Ablauf dieser Zeit erfolgt wieder eine Beschleunigung im Schritt 72, und zwar maximal bis auf die Drehzahl  $n_1$ . Ist die Drehzahl  $n$  jedoch nach wie vor kleiner als die Drehzahl  $n_1$  abzüglich einer bestimmten Differenz  $x_2$ , so wird gemäß Abfrage 78 im Schritt 72 weiter beschleunigt. Im dargestellten weichen Schraubfall steigt die Drehzahl so während des Endanzuges der Verschraubung nach und nach an, bis infolge des ansteigenden Anzugsmomentes wieder ein natürlicher Abfall der Drehzahl eintritt. Beim Punkt "OFF" ist das Abschaltkriterium gemäß Verzweigung 94 erreicht. Das heißt die Trennkupplung löst aus, und die Ablauffolge gemäß der Schritte 96, 98, 100, 102 wird durchlaufen, bis der Motor 18 abgeschaltet und der Schraubvorgang beendet ist.

**[0063]** In Fig. 4 ist ein harter Schraubfall dargestellt.

**[0064]** Nach dem Start 51 wird zunächst gemäß Schritt 52 bis auf die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  beschleunigt und der Drehzahlwert dann gemäß Schritt 60 gespeichert. Wird bei der anschließenden Abfrage im Schritt 62 festgestellt, dass die Drehzahl innerhalb einer bestimmten Zeit um einen bestimmten Betrag abfällt, wie durch  $\Delta n$  in Fig. 4 angedeutet bzw.  $n(i) + x_1 < n(i-m)$  in Fig. 2, so wird die Bremsung gemäß Schritt 66 eingeleitet, wie in Fig. 4 durch den Pfeil "RET" angedeutet ist. Der Bremsvorgang wird weitergeführt, bis schließlich die Drehzahl  $n_2$  erreicht wird bzw. unterschritten wird und gemäß Schritt 68 geregelt wird. Anschließend erfolgt gemäß Schritt 70 nach Ablauf der vorbestimmten Zeit wieder eine beginnende Beschleunigung, bis schließlich das Abschaltkriterium gemäß Schritt 94 erreicht wird und in dem mit dem Pfeil "OFF" in Fig. 4 bezeichneten Punkt die Abschaltung über die Schritte 96, 98, 100, 102 gemäß Fig. 2b) eingeleitet wird.

**[0065]** In Fig. 5 ist schließlich ein weiterer Fall des Algorithmus dargestellt, bei dem während des Anzugs zunächst ein Drehzahlabfall festgestellt wird, der zu einer Bremsung führt, anschließend jedoch wieder auf die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  beschleunigt wird. Es könnte sich hierbei beispielsweise um ein fehlerhaftes Gewinde handeln, so dass während des Anzugsvorgangs kurzzeitig ein erhöhtes Drehmoment und damit ein Drehzahlabfall eintritt, der jedoch nach kurzer Zeit wieder überwunden wird.

**[0066]** Nach dem Start 51 und der Beschleunigung 52 wird zunächst die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  eingehalten (Schritt 54). Beim nachfolgenden Abfrageschritt 62 wird ein Drehzahlabfall  $\Delta n$  festgestellt, der zu einem bestimmten Zeitpunkt den Wert  $x_1$  überschreitet, was die Bremsung gemäß Schritt 66 auslöst, wie durch den Pfeil "RET" in Fig. 5 angedeutet ist. Die Bremsung wird fortgesetzt, bis schließlich die Drehzahl  $n_2$  erreicht bzw. unterschritten wird und gemäß Schritt 68 geregelt wird, bis eine vorbestimmte Zeit  $t$  bzw. ein vorbestimmter Drehwinkel  $\alpha$  überschritten ist. Danach erfolgt wieder eine Beschleu-

nigung "ACC" gemäß Schritt 72, bis schließlich die Leerlaufdrehzahl  $n_1$  wieder erreicht ist und sich daran ein harter oder weicher Schraubfall anschließt.

**[0067]** Im Gegensatz zu dem vorbekannten Schrauber gemäß der EP 1 785 231 A2 wird während des gesamten Regelvorgangs die Drehzahl nicht bis auf Null abgesenkt oder sogar ein kurzzeitiger Antrieb im entgegengesetzten Drehsinn durchgeführt, bevor wieder eine Beschleunigung erfolgt. Vielmehr wird erfindungsgemäß die Drehzahl im Falle der Abbremsung nur bis auf einen vorbestimmten positiven Drehzahlwert  $n_2$  abgesenkt, bevor entweder wieder eine Beschleunigung oder eine Abschaltung folgt.

### Patentansprüche

1. Schrauber mit einem Antrieb (17) zum Antrieb einer Werkzeugspindel (24), mit einer Steuerung (30) zur Steuerung des Antriebs (17), mit einer Überwachungseinrichtung (32) zur Überwachung der Drehzahl oder des Drehmoments, und mit einer Überwachungseinrichtung (34) zur Überwachung eines Abschaltkriteriums, die mit der Steuerung (30) gekoppelt ist, um den Antrieb bei Erreichen des Abschaltkriteriums abzuschalten, wobei die Steuerung (30) derart ausgebildet ist, dass

(a) der Antrieb (17) zunächst beschleunigt wird, bis die Drehzahl (n) eine bestimmte erste Drehzahl ( $n_1$ ) erreicht hat;

(b) falls die Drehzahl (n) anschließend mindestens um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes abfällt oder das Drehmoment mindestens um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes ansteigt, der Antrieb (17) abgebremst wird, bis die Drehzahl (n) eine bestimmte zweite Drehzahl ( $n_2$ ) erreicht hat, die niedriger als die erste Drehzahl ( $n_1$ ) ist;

#### dadurch gekennzeichnet, dass

(c) der Antrieb (17) danach für eine bestimmte Zeit auf die zweite Drehzahl ( $n_2$ ) geregelt wird;

(d) der Antrieb (17) nach dem Schritt (c) wieder beschleunigt wird, maximal bis die Drehzahl (n) die erste Drehzahl ( $n_1$ ) erreicht.

2. Schrauber nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Schrittes (d) überwacht wird, ob die Drehzahl (n) während der Beschleunigung um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes abfällt oder das Drehmoment um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes ansteigt, und bei Erfüllung dieses Kriteriums der Antrieb abgebremst wird, bis die Drehzahl die zweite Drehzahl

( $n_2$ ) erreicht hat, die niedriger als die erste Drehzahl ( $n_1$ ) ist.

3. Schrauber nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Abschaltkriterium überwacht wird, ob das Anzugsmoment der Verschraubung einen bestimmten voreingestellten Wert erreicht.

4. Schrauber nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Antrieb (17) eine Trennkupplung (22) aufweist, die bei Erreichen des voreingestellten Anzugsmomentes ( $M_{OFF}$ ) auslöst.

5. Schrauber nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Auslösen der Trennkupplung (22) der Antrieb (17) mit voller Leistung angesteuert wird.

6. Schrauber nach Anspruch 3, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Antrieb (17) eine Abschaltvorrichtung (34) zur Abschaltung des Antriebs (17) aufweist, die bei Erreichen des voreingestellten Anzugsmomentes ( $M_{OFF}$ ) auslöst.

7. Schrauber nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Antrieb (17) mit einer gewissen Zeitverzögerung nach Auslösen der Trennkupplung (22) abgeschaltet wird.

8. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Drehzahlsensor (32) zur Überwachung der Drehzahl (n) des Antriebs (17) oder der Werkzeugspindel (24).

9. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Drehmomentensensor zur Überwachung des Drehmoments (M) des Antriebs (17) oder der Werkzeugspindel (24).

10. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt (b) die aktuelle Drehzahl (n) mit mehreren Drehzahlwerten, die um verschiedene Zeitpunkte zurückliegen, verglichen wird, und der Antrieb (17) abgebremst wird, wenn die aktuelle Drehzahl (n) gegenüber dem Drehzahlwert an mindestens einem der zurückliegenden Zeitpunkte mindestens um eine jeweils bestimmte Drehzahldifferenz abgefallen ist.

11. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt (b) das aktuelle Drehmoment (M) mit mehreren Drehmomentwerten, die um verschiedene Zeitpunkte zurückliegen, verglichen wird, und der Antrieb (17) abgebremst wird, wenn der aktuelle Drehmomentwert gegenüber dem Drehmomentwert an mindestens einem der zurückliegenden Zeitpunkte mindestens um

eine jeweils bestimmte Drehmomentdifferenz angestiegen ist.

12. Verfahren zum Steuern eines Schraubers (10), mit einem Antrieb (17) zum Antrieb einer Werkzeugspindel (24), und mit einer Steuerung (30) zur Steuerung des Antriebs (17), mit einer Überwachungseinrichtung (32) zur Überwachung der Drehzahl (n) oder des Drehmoments (M), und mit einer Abschalteinrichtung (22) zur Abschaltung des Antriebs (17) bei Erreichen eines Abschaltkriteriums, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- (a) Beschleunigen des Antriebs (17), bis die Drehzahl (n) eine bestimmte erste Drehzahl ( $n_1$ ) erreicht hat;
- (b) sofern die Drehzahl (n) mindestens um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes abfällt oder das Drehmoment (M) mindestens um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes ansteigt, Abbremsen des Antriebs (17) bis auf eine bestimmte zweite Drehzahl ( $n_2$ ), die niedriger als die erste Drehzahl ( $n_1$ ) ist;
- (c) Regeln des Antriebs (17) für eine bestimmte Zeit auf die zweite Drehzahl ( $n_2$ );
- (d) Beschleunigen des Antriebs (17), maximal bis auf die erste Drehzahl ( $n_1$ );

wobei während der vorgenannten Schritte ständig überwacht wird, ob die Abschalteinrichtung (22) das Abschaltkriterium erreicht hat und der Antrieb (17) dann abgeschaltet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem während des Schrittes (d) überwacht wird, ob die Drehzahl (n) während der Beschleunigung um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes abfällt oder das Drehmoment (M) um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitinkrementes ansteigt, und bei Erfüllung dieses Kriteriums der Antriebs (17) bis auf die bestimmte zweite Drehzahl ( $n_2$ ), die niedriger als die erste Drehzahl ( $n_1$ ) ist, abgebremst wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem im Schritt (b) die aktuelle Drehzahl ( $n_i$ ) mit mehreren Drehzahlwerten ( $n_{i-1}$ ,  $n_{i-2}$  ...), die um verschiedene Zeitpunkte zurückliegen, verglichen wird, und der Antrieb (17) abgebremst wird, wenn die aktuelle Drehzahl ( $n_i$ ) gegenüber dem Drehzahlwert ( $n_{i-1}$ ,  $n_{i-2}$  ...) an mindestens einem der zurückliegenden Zeitpunkte mindestens um eine jeweils bestimmte Drehzahldifferenz abgefallen ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem im Schritt (b) das aktuelle Drehmoment ( $M_i$ ) mit mehreren Drehmomentwerten (M), die um verschiedene Zeitpunkte

zurückliegen, verglichen wird, und der Antrieb (17) abgebremst wird, wenn der aktuelle Drehmomentwert gegenüber dem Drehmomentwert (M) an mindestens einem der zurückliegenden Zeitpunkte mindestens um eine jeweils bestimmte Drehmomentdifferenz angestiegen ist.

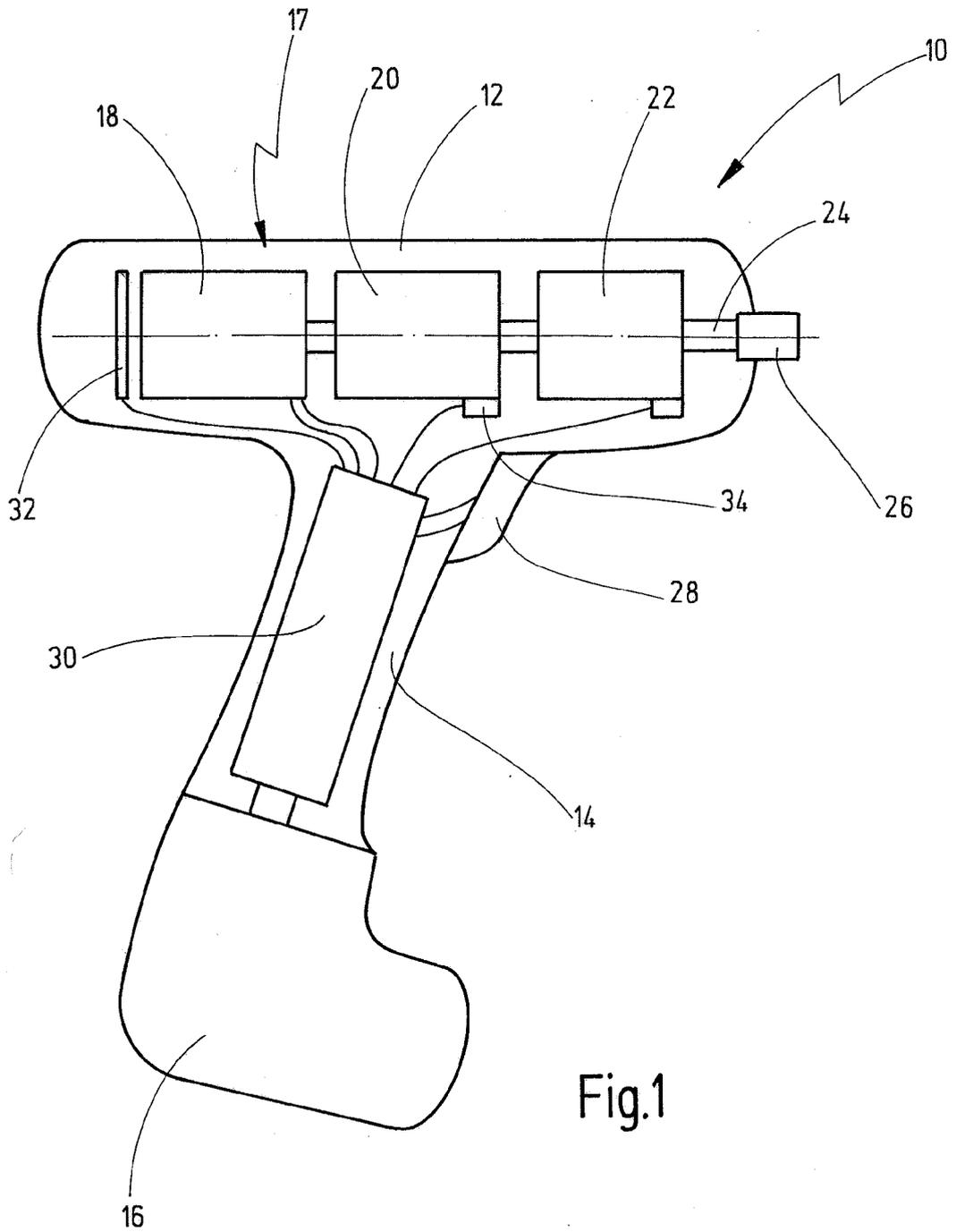
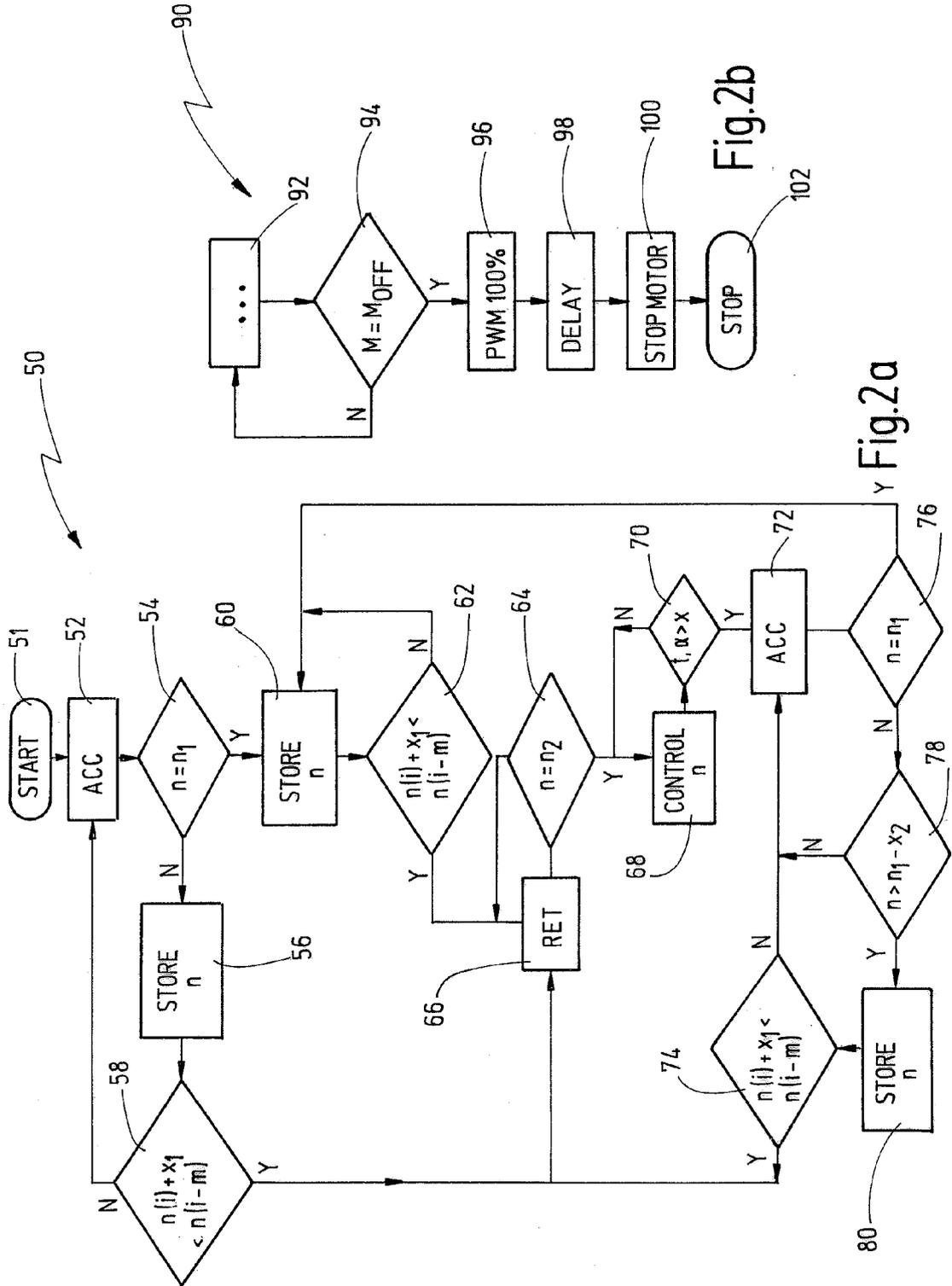


Fig.1



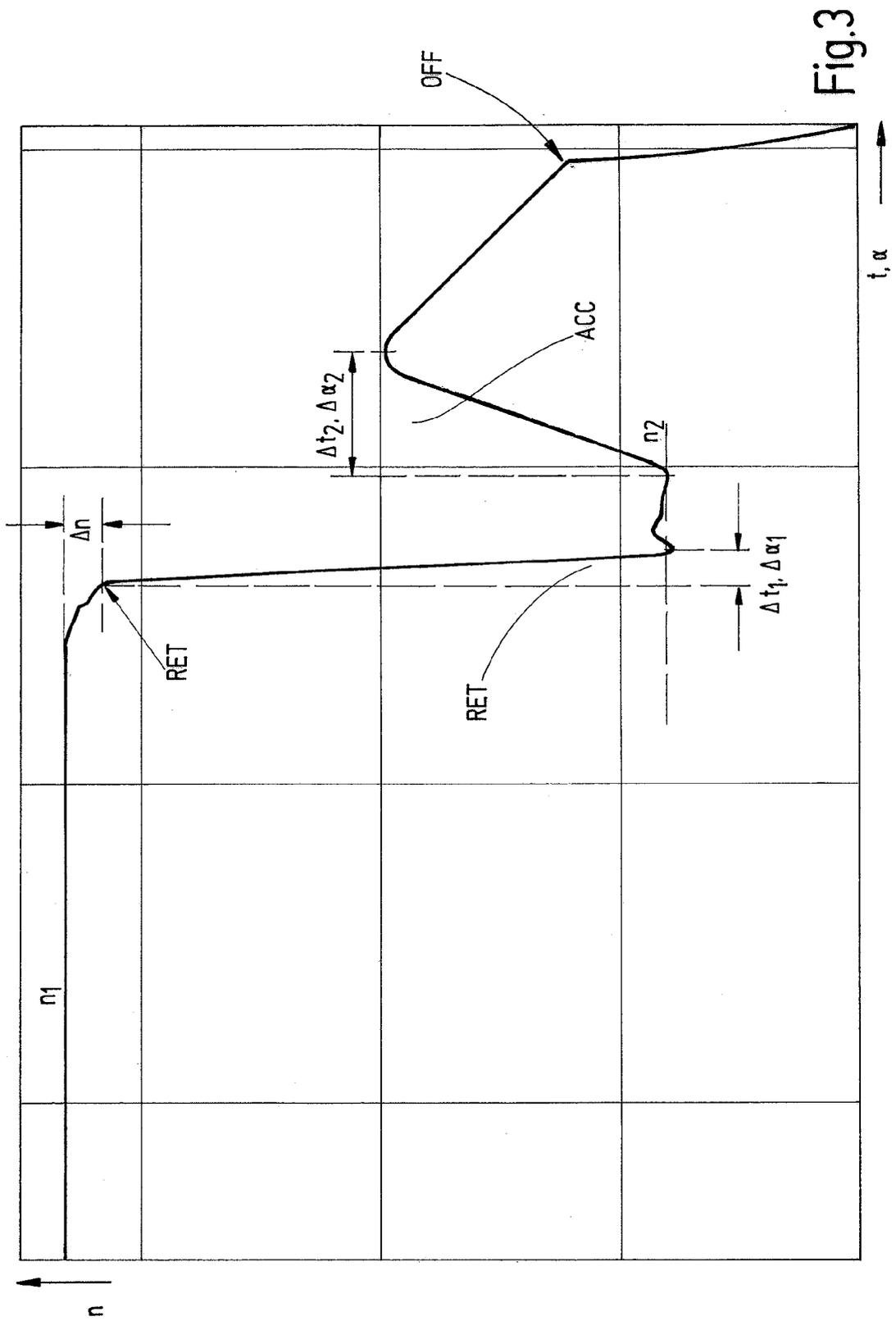


Fig.3

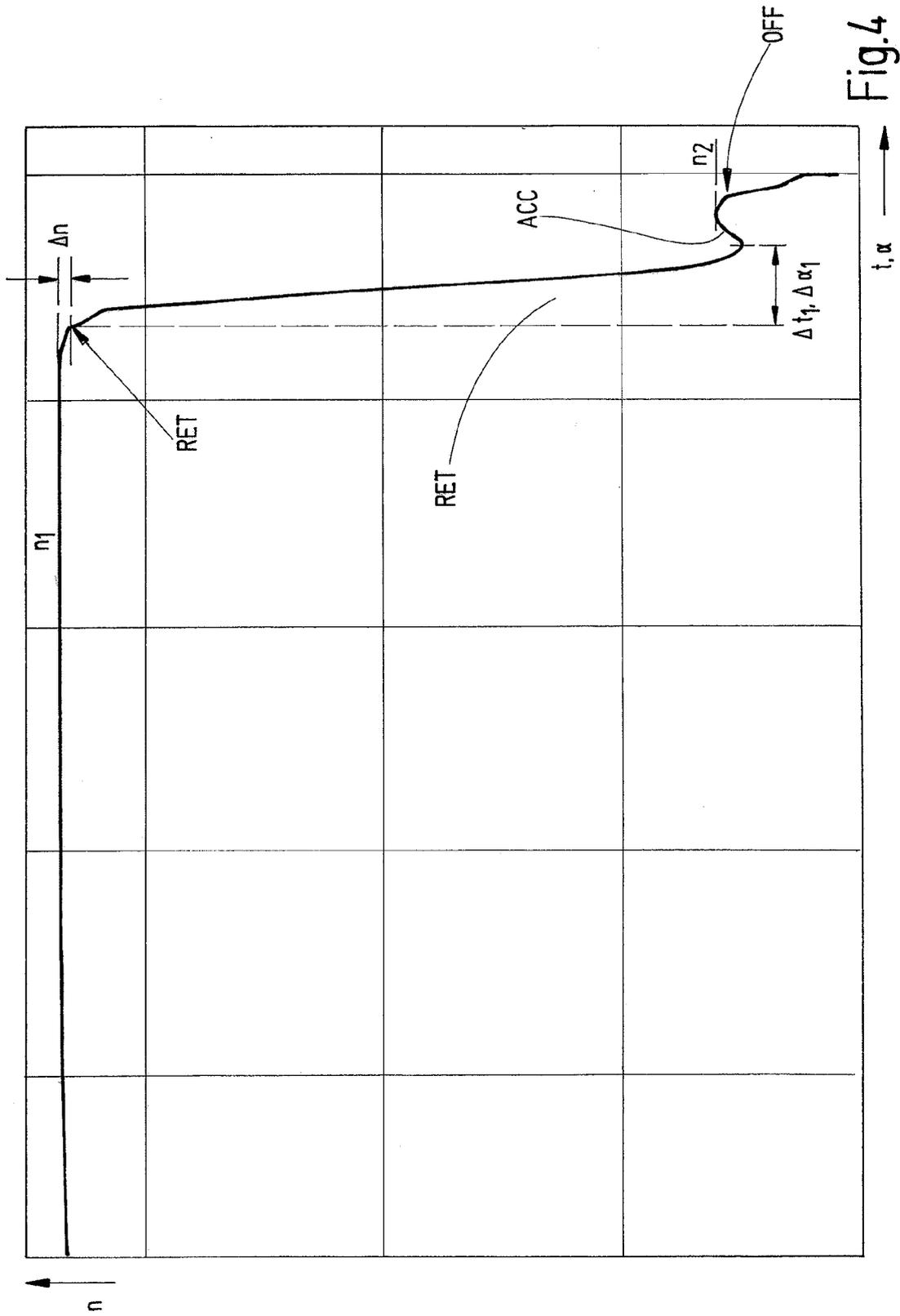


Fig.4

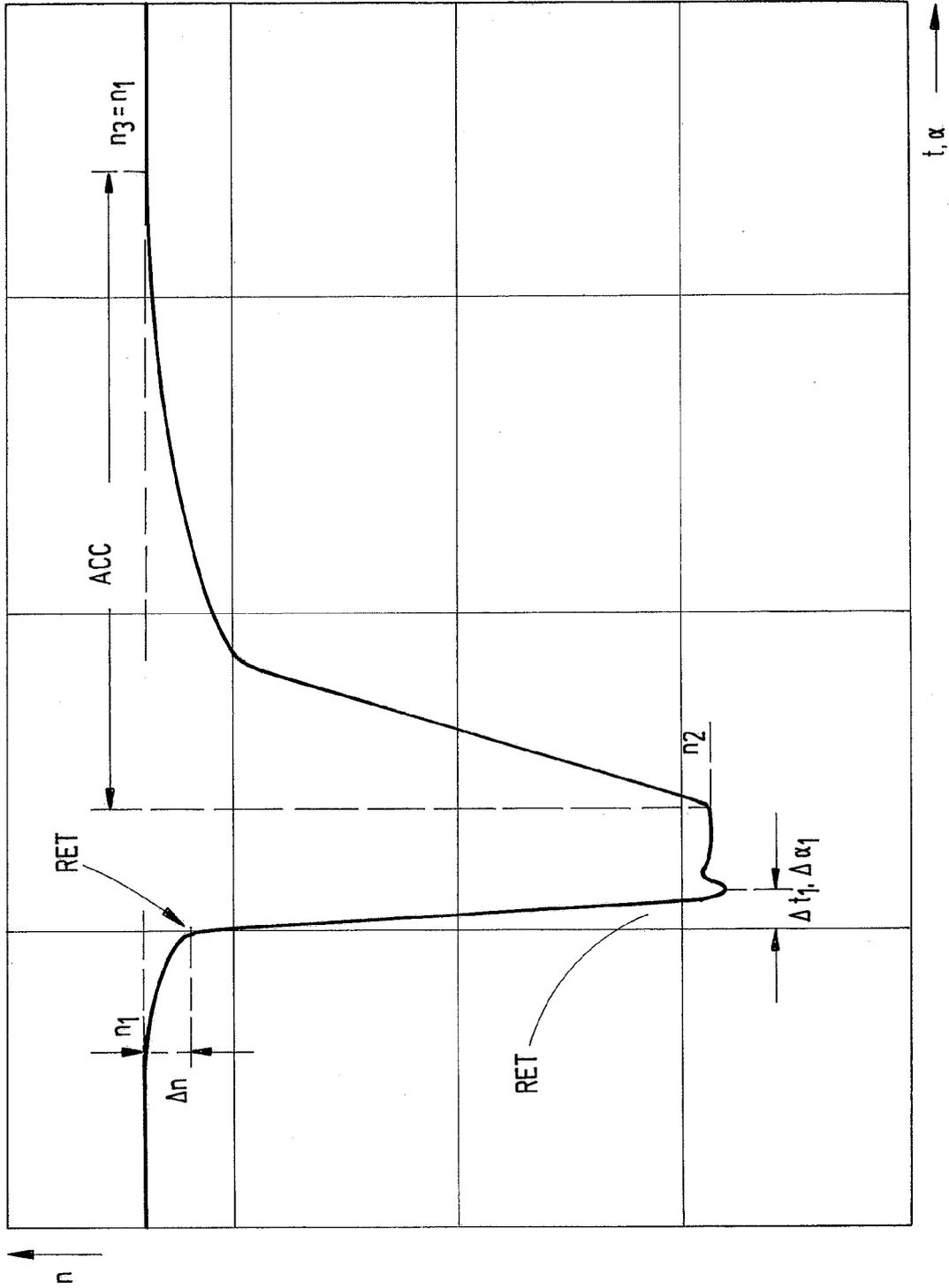


Fig.5

**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 1785231 A2 [0002] [0067]
- DE 102008033866 A1 [0006]
- EP 0320723 A2 [0035]
- EP 0990488 A2 [0036]