



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.11.2012 Patentblatt 2012/48

(51) Int Cl.:
B25B 21/00 (2006.01) B25B 23/147 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12165857.9**

(22) Anmeldetag: **27.04.2012**

(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: **23.05.2011 DE 102011102275**

(54) **Schrauber und Verfahren zum Steuern eines Schraubers**

(57) Es wird ein Schrauber mit einem Antrieb (12) angegeben, der einen Elektromotor (14) umfasst, der mit einer Antriebswelle (20) zum Antrieb (12) eines Werkzeugs (22) zum Anziehen einer Verschraubung mit einem vorbestimmten Anzugsmoment gekoppelt ist, mit einem Stromsensor (38) zur Erfassung eines Motorstroms (I_M), mit einer Steuereinrichtung (36) zur Steuerung des Antriebs (12), wobei zur Abbremsung des Antriebs bei Erreichen eines Bremskriteriums ausgebildet ist, wobei die Steuereinrichtung (36) für die Bestimmung des Abschaltkriteriums auf der Basis des vorbestimmten Anzugsmoments zur Berechnung eines Grenzwertes für

den Motorstrom ausgebildet ist, bei Überschreiten dessen der Antrieb (12) in einen Wartezustand versetzt wird, und wobei die Steuereinrichtung (36) für die Bestimmung des Bremskriteriums auf der Basis des vorbestimmten Anzugsmoments zur Berechnung einer Aktivierungszeit oder eines Drehwinkels, bei Überschreiten dessen der Bremsvorgang eingeleitet wird, zumindest in Abhängigkeit von der kinetischen Energie des Antriebs zum Zeitpunkt der Überschreitung des Grenzwertes für den Motorstrom ausgebildet ist, wobei der Elektromotor (14) während des Wartezustands bis zum Einleiten des Bremsvorgangs weiter bestromt wird, gar nicht oder nur teilweise bestromt wird (Fig. 1).

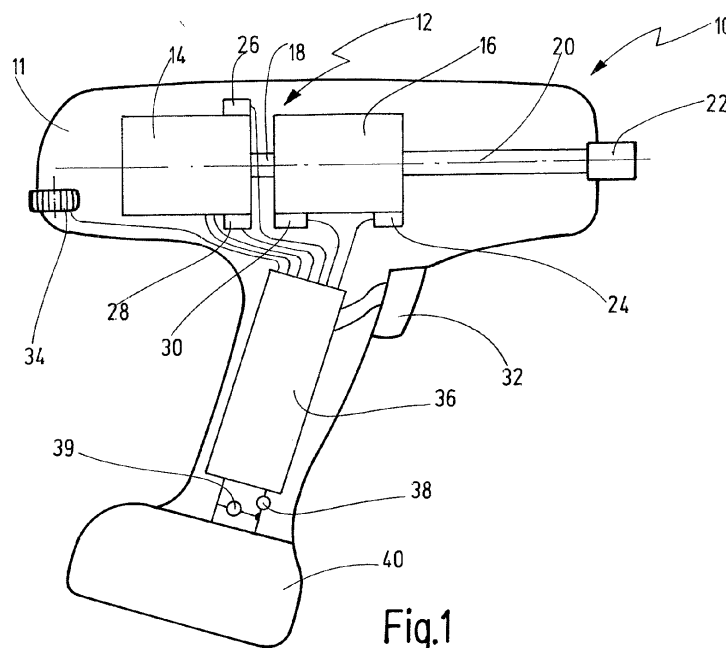


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schrauber mit einem Antrieb, der einen Elektromotor umfasst, der mit einer Antriebswelle zum Antrieb eines Werkzeugs zum Anziehen einer Verschraubung mit einem vorbestimmten Anzugsmoment gekoppelt ist, mit einem Stromsensor zur Erfassung eines Motorstroms, mit einer Steuereinrichtung zur Steuerung des Antriebs, die zur Abbremsung des Antriebs bei Erreichen eines Bremskriteriums ausgebildet ist.

[0002] Ein derartiger Schrauber ist aus der DE 10 2008 033 866 A1 bekannt.

[0003] Der bekannte Schrauber umfasst eine Begrenzungseinrichtung zur Begrenzung eines an dem Antriebsstrang abtriebsseitig bereitgestellten Abgabedrehmoments auf einen Drehmoment-Maximalwert. Die Steuerungseinrichtung steuert den Antriebsmotor an, überwacht den Antriebsstrang, schaltet diesen bei Erreichen eines Abschaltkriteriums ab und betätigt eine Bremsenrichtung zum aktiven Abbremsen des Antriebsmotors durch ein der jeweiligen Drehrichtung des Antriebsmotors gegensinniges Drehfeld. Dabei steuert die Begrenzungseinrichtung zur Begrenzung des abtriebsseitig bereitgestellten Abgabedrehmoments auf einen Drehmoment-Maximalwert die Bestromungseinrichtung über den Antriebsmotor zum Bremsbetrieb unter mindestens einer Bremsbedingung an, wobei ein Quotient des Abgabedrehmoments und einer in dem Antriebsstrang vorhandenen Rotationsenergie kleiner oder gleich einem Maximalwert ist. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass durch eine zu starke Abbremsung insbesondere bei kleinen Schrauben oder empfindlichen Werkstücken eine Beschädigung auftritt.

[0004] Der Nachteil dieser bekannten Anordnung besteht insbesondere darin, dass ständig sehr viele, das Anzugsdrehmoment beeinflussende Einzelparameter überwacht werden müssen und somit ein sehr hoher Rechenaufwand erforderlich ist, was sich entweder nachteilig auf die Genauigkeit oder die Verschraubungszeit auswirkt.

[0005] Aus der WO 2009/107563 A2 ist ein Schrauber mit einem bürstenlosen EC-Motor bekannt, bei dem der Motorstrom und die Anzahl der Umdrehungen der Motorwelle genutzt wird, um das Anzugsmoment einer Verschraubung zu schätzen. Der Antrieb wird angehalten, wenn das geschätzte Anzugsmoment einen bestimmten Schätzwert überschreitet.

[0006] Bei einem weiteren aus der DE 103 41 975 A1 bekannten Schrauber ist eine Drehmomentbegrenzungseinrichtung vorgesehen, wobei durch eine Steuerung der Motorstrom in Abhängigkeit von der Drehzahl auf einen Maximalwert begrenzt wird.

[0007] Der Nachteil dieser Schrauber besteht darin, dass das Anzugsmoment mit einer erheblichen Ungenauigkeit behaftet ist.

[0008] Bei vielen Schraubanwendungen im Handwerk und auch in der Industrie ist es wichtig, einen Schrauber

mit einer großen Wiederholgenauigkeit für ein bestimmtes Anzugsmoment für eine große Anzahl von Verschraubungen bereitzustellen. Beispielsweise ist es bei nach der Montage sichtbaren Holzverschraubungen wichtig, sowohl für das optische Aussehen, als auch für den mechanischen Halt, dass jeder Schraubenkopf immer gleich tief versenkt ist. Ähnliches gilt auch für Blechverschraubungen in leicht abgewandelter Form. Beispielsweise sollen Blechverschraubungen an einer Fassade mit gleichmäßig hohem Drehmoment angezogen werden. Wird die Schraube zu schwach angezogen, so dichtet der Schraubenkopf das entstandene Schraubloch nicht komplett ab und es kann Feuchtigkeit eindringen. Schaltet der Schrauber hingegen zu spät ab, so besteht die Möglichkeit, dass der Schraubenkopf abgerissen wird und eine aufwendige Nacharbeit erforderlich wird.

[0009] Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der Erfindung darin, einen Schrauber und ein Verfahren zum Steuern eines Schraubers mit einer hohen Wiederholgenauigkeit für ein vorbestimmtes Anzugsmoment für eine große Anzahl von Verschraubungen bereitzustellen. Hierbei soll ein möglichst effektives Arbeiten gewährleistet sein.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Schrauber gemäß der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die die Steuereinrichtung auf der Basis des vorbestimmten Anzugsmoments zur Berechnung eines Grenzwertes für den Motorstrom ausgebildet ist, bei Überschreiten dessen der Antrieb in einen Wartezustand versetzt wird, und dass die Steuereinrichtung bei Überschreitung des Grenzwertes für den Motorstrom für die Bestimmung des Bremskriteriums auf der Basis des vorbestimmten Anzugsmoments zur Berechnung einer Aktivierungszeit oder eines Drehwinkels, bei Überschreiten dessen der Bremsvorgang eingeleitet wird, zumindest in Abhängigkeit von der kinetischen Energie des Antriebs zum Zeitpunkt der Überschreitung des Grenzwertes für den Motorstrom ausgebildet ist, wobei der Elektromotor während des Wartezustands bis zum Einleiten des Bremsvorgangs weiter bestromt wird, gar nicht oder nur teilweise bestromt wird.

[0011] Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe der Erfindung durch ein Verfahren zum Steuern eines Schraubers gelöst, um eine Verschraubung mit einem vorbestimmten Anzugsmoment mittels eines von einem Antrieb antreibbaren Werkzeugs anzuziehen, mit den folgenden Schritten:

- Erfassen eines vorbestimmten Anzugsmoments;
- auf der Basis des vorbestimmten Anzugsmoments Berechnen eines Grenzwertes für den Motorstrom, bei Überschreiten dessen der Antrieb in einen Wartezustand überführt wird;
- Anziehen der Verschraubung durch Antreiben des Werkzeugs;

- Überwachen des Motorstroms und Überführen des Antriebs in den Wartezustand bei Überschreiten des Grenzwertes für den Motorstrom;
- Bestimmen einer kinetischen Energie des Antriebs zum Zeitpunkt des Überschreitens des Grenzwertes für den Motorstrom;
- Bestimmen eines Bremskriteriums zur Einleitung einer Bremsung des Antriebs zumindest auf der Basis der kinetischen Energie des Antrieb zum Zeitpunkt des Überschreitens des Grenzwertes für den Motorstrom;
- Einleiten eines Bremsvorgangs bei Erreichen des Bremskriteriums;
- wobei der Antriebsmotor während des Wartezustands bis zum Einleiten des Bremsvorgangs weiter bestromt wird, gar nicht oder nur teilweise bestromt wird.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung wird auf diese Weise gelöst.

[0013] Erfindungsgemäß wird zunächst in einer ersten Phase des Schraubvorgangs der Antrieb ohne Begrenzung zunächst so angesteuert, bis das zuvor bestimmte Kriterium für den Wartezustand bei Überschreiten eines Grenzwertes für den Motorstrom erreicht wird. Wird der Grenzwert des Motorstroms überschritten, so wird zu diesem Zeitpunkt ferner die kinetische Energie des Antriebs erfasst und für die Bestimmung des Bremskriteriums zur Abbremsung genutzt. Während des Wartezustands bis zum Einleiten des Bremsvorgangs wird der Motor entweder weiter bestromt oder aber nicht oder nur teilweise bestromt.

[0014] Auf diese Weise ergibt sich eine sehr hohe Wiederholgenauigkeit für ein vorbestimmtes Anzugsmoment zu einer Vielzahl von Verschraubungen.

[0015] Das Drehmoment, mit welchem eine Verschraubung nach dem Ende des Schraubvorgangs angezogen ist, wird durch drei Komponenten bewirkt: Eine erste Komponente ist das durch Bestromung des Elektromotors erzeugte Drehmoment bis zum Erreichen des Wartezustands des Antriebs. Dies stellt die größte Komponente des Anzugsmomentes dar. Ein zweiter Anteil des Anzugsmomentes beruht auf dem übertragenen Drehmoment vom Zeitpunkt des Überschreitens des Grenzwertes bis zum Einsetzen des Bremsvorgangs. Wird der Motor während dieser Zeit weiter bestromt, was erfindungsgemäß bevorzugt ist, so wird dieser Anteil ebenfalls vom Motorstrom erzeugt. Der dritte Teil des Anzugsmomentes wird durch die kinetische Energie des Antriebs während des Bremsvorgangs erzeugt. Je mehr Energie aus dem Antrieb durch den Bremsvorgang entnommen wird, desto geringer ist der Drehmomentanteil am Anzugsmoment während des Bremsvorgangs. Dies hat den Vorteil, dass der Zeitraum zwischen der Über-

schreitung des Grenzwertes für den Motorstrom und dem Stillstand des Schraubers gering ist. Somit kann der Abschaltzeitpunkt des Antriebs später angesetzt werden, wodurch die Wiederholgenauigkeit steigt.

5 **[0016]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die Steuereinrichtung zur Berechnung eines Mittelwertes, insbesondere eines gleitenden Mittelwertes, des Motorstroms ausgebildet, der für die Berechnung des Grenzwertes für den Motorstrom verwendet wird.

10 **[0017]** Auf diese Weise können Schwankungen des Motorstroms durch die Kommutierung des Elektromotors und Asymmetrien ausgeglichen werden und in einem Mittelwert des Motorstroms berücksichtigt werden. Hierdurch wird die Genauigkeit verbessert.

15 **[0018]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird der Grenzwert für den Motorstrom aus einem direkt proportionalen Zusammenhang zwischen dem Drehmoment und dem Motorstrom abgeleitet. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der Elektromotor ein elektronisch kommutierter Elektromotor ist, insbesondere ein permanentmagnetischer Synchronmotor (PMSM) oder BLDC-Motor. Bei diesen Motoren ist das abgegebene Drehmoment direkt proportional zum Motorstrom. Auf diese Weise kann das vorbestimmte Anzugsmoment auf besonders einfache Weise aus einer Messung des Motorstroms abgeleitet werden.

25 **[0019]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist zumindest ein Sensor zur Erfassung zumindest eines Parameters vorgesehen, der aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus einer Temperatur eines Getriebes, mit dem der Elektromotor gekoppelt ist, einer Temperatur des Elektromotors, einer Drehzahl des Elektromotors, einem Übersetzungsverhältnis des Getriebes und einer Versorgungsspannung des Schraubers besteht.

30 **[0020]** Da die kinetische Energie des Antriebs zum Zeitpunkt der Überschreitung des Grenzwertes für den Motorstrom von einer Reihe von Parametern abhängig ist, ist es sinnvoll, diese Parameter mittels Sensoren zu überwachen und bei der Bestimmung des Bremskriteriums zu berücksichtigen.

35 **[0021]** Vorzugsweise wird hierbei die kinetische Energie des Antriebs zum Zeitpunkt der Überschreitung des Grenzwertes für den Motorstrom auf der Basis von Parametern geschätzt, die zumindest die Drehzahl des Antriebs, und das Trägheitsmoment des Antriebs, d.h., der rotierenden Teile des Antriebs, umfassen.

40 **[0022]** Soweit der Antrieb einen Elektromotor und ein damit gekoppeltes Getriebe umfasst, so wird hierbei als Parameter die Drehzahl des Elektromotors und das Übersetzungsverhältnis des Getriebes bzw. des Antriebs berücksichtigt.

45 **[0023]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung umfassen die Parameter zumindest einen weiteren Parameter, der aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus einer Versorgungsspannung des Schraubers, einer Temperatur des Elektromotors und einer Temperatur eines mit dem Elektromotor gekoppelten Getriebes gebildet ist.

[0024] Auf diese Weise kann die Wiederholgenauigkeit des Anzugsmomentes weiter gesteigert werden, da die aktuelle Motordrehzahl von der Versorgungsspannung, d.h. der Akkuspannung, sofern ein Akkumulator zur Stromversorgung verwendet wird, sowie von der Temperatur von Motor und Getriebe abhängig ist. Gleichfalls wird die Drehzahl von der Stellung des Gasgeberschalters beeinflusst.

[0025] Durch die Berücksichtigung dieser Einflüsse wird die Wiederholgenauigkeit bei der Einhaltung des vorbestimmten Anzugsmomentes verbessert.

[0026] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Steuereinrichtung zur Speicherung eines funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Bremskriterium und den Parametern, die zur Bestimmung des Bremskriteriums verwendet werden, und zur Bestimmung des Bremskriteriums unter Berücksichtigung des funktionalen Zusammenhangs ausgebildet.

[0027] Die Parameter, die in die Bestimmung des Bremskriteriums, insbesondere auf der Basis der kinetischen Energie des Antriebs zum Zeitpunkt der Überschreitung des Grenzwertes für den Motorstrom, einfließen, werden vorzugsweise empirisch ermittelt und der funktionale Zusammenhang in einem Speicher abgelegt. Die Steuereinrichtung kann diese Parameter dann bei der Bestimmung des Bremskriteriums berücksichtigen. Vorzugsweise werden hierzu die in der Regel analog ermittelten Parameterwerte über A/D-Wandler in Digitalwerte umgesetzt und können dann einfach additiv oder subtraktiv bei der Bestimmung des Bremskriteriums berücksichtigt werden.

[0028] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das vorbestimmte Anzugsmoment einstellbar, vorzugsweise mit Hilfe eines geeigneten Stellgliedes, etwa mit Hilfe eines Potentiometers.

[0029] Weiter bevorzugt weist hierbei das Potentiometer bei niedrigeren Anzugsmomenten eine höhere Auflösung als bei höheren Anzugsmomenten auf.

[0030] Dies kann entweder durch ein Potentiometer mit einer entsprechenden Kennlinie, etwa in einer logarithmischen oder exponentialen Kennlinie oder aber softwaremäßig über die Steuereinrichtung realisiert werden. Gleichfalls kann ein eingelesener Wert mit einer Proportionalitätskonstante multipliziert werden, um einen linearen Verlauf eines am Werkzeug bereitgestellten Drehmomentes über den Einstellweg des Potentiometers zu erhalten.

[0031] Eine feinfühligere Einstellung des Anzugsmomentes bei niedrigen Anzugsmomenten ist vorteilhaft, da die Anzugsmomente für Verschraubungen insbesondere bei niedrigeren Werten in der Regel genauer eingehalten werden müssen, während bei hohen Anzugsmomenten eine gewisse Abweichung weniger bedeutsam ist.

[0032] Zur Bremsung des Elektromotors kann gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung ein Kurzschließen des Elektromotors für einen ersten Zeitabschnitt erfolgen. Dies ist die herkömmliche Kurzschlussbremsung

bei Elektromotoren.

[0033] Gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung ist die Steuereinrichtung jedoch zusätzlich für die Bremsung des Elektromotors zum Bestromen des Elektromotors für einen zweiten Zeitabschnitt entgegen seinem ursprünglichen Drehsinn ausgebildet.

[0034] Durch die Kombination einer Bremsung des Elektromotors durch Kurzschließen für einen ersten Zeitabschnitt und durch Bestromen des Elektromotors für einen zweiten Zeitabschnitt entgegen seinem ursprünglichen Drehsinn lässt sich eine deutlich schnellere Bremsung (sogenannte Hybrid-Bremsung) erreichen.

[0035] Dieses Verfahren ist im Einzelnen in der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2010 032 335.7 offenbart, die nicht vorveröffentlicht ist, und die hier vollständig durch Bezugnahme eingeschlossen wird.

[0036] Bei einer schnelleren Abbremsung des Antriebs lässt sich ein kleineres vorbestimmtes Anzugsmoment erzielen. Ferner werden die Verschraubungen reproduzierbarer und genauer, da der während der Bremsphase übertragene Energieanteil geringer wird. Ein gewisser Nachteil besteht darin, dass im Falle der Verwendung eines Akkumulators bei einer aktiven Gegenbestromung Energie aus dem Akkumulator benötigt wird und die Anzahl der Verschraubungen pro Akkuladung somit sinkt.

[0037] Die Steuereinrichtung kann gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung eine Pulsweitenmodulationssteuerung zur Ansteuerung des Elektromotors aufweisen. Hierbei kann die Pulsweitenmodulationssteuerung insbesondere dazu benutzt werden, eine pulsweitenmodulierte Bestromung in Drehrichtung, einen pulsweitenmodulierten Kurzschluss oder eine pulsweitenmodulierte Bestromung entgegen der ursprünglichen Drehrichtung des Elektromotors zu bewirken.

[0038] Es lässt sich sowohl eine einfache Steuerung des durchschnittlichen Motorstroms während der Antriebsphase als auch eine Steuerung des Kurzschlussstroms während der Bremsphase oder der Gegenbestromung während der Bremsphase erzielen.

[0039] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist der Schrauber einen Akkumulator zur Energieversorgung auf. Vorzugsweise in Form eines Nickel-Cadmium-Akkumulators, eines Lithium-Ionen-Akkumulators, eines Lithium-Polymer-Akkumulators oder eines Nickel-Metallhydrid-Akkumulators.

[0040] Durch die Verwendung eines Akkumulators lässt sich die praktische Einsetzbarkeit des Schraubers erheblich verbessern, da Zuleitungen, die die Handhabung während des Betriebs beeinträchtigen können, entfallen. Der Ladezustand des Akkumulators wird vorzugsweise bei der Bestimmung des Bremskriteriums berücksichtigt.

[0041] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weist der Elektromotor einen permanent erregten Rotor auf, dem zumindest ein Positionsgeber, vorzugsweise ein Hall-Sensor, zur Erfassung der Position des Rotors zu-

geordnet ist.

[0042] Alternativ kann auch die Steuereinrichtung zur mittelbaren Erfassung der Position des Rotors über die Gegeninduktion einer Erregerwicklung des Elektromotors ausgebildet sein.

[0043] In beiden Fällen wird so eine Lageerfassung, eine Drehrichtungserfassung oder auch eine Geschwindigkeitserfassung ermöglicht. Auf diese Weise kann auf einen separaten Drehzahlsensor verzichtet werden.

[0044] Auch auf diese Weise wird die Aufgabe der Erfindung gelöst.

[0045] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Schraubers;

Fig. 2 eine vereinfachte schematische Darstellung einer mit dem Elektromotor gekoppelten Steuereinrichtung;

Fig. 3 ein Flussdiagramm für die Steuerung des Schraubers;

Fig. 4 den Zusammenhang zwischen der Versorgungsspannung und der Drehzahl des verwendeten BDLC-Motors;

Fig. 5 die Dauer eines Bremsvorgangs in Abhängigkeit von der Drehzahl des Elektromotors bei Einleitung der Bremsung;

Fig. 6 den Stromverlauf bei einem beispielhaften Schraubvorgang mit anschließendem Wartezustand bis zu einer anschließenden Bremsung über der Zeit mit einer langsamen Drehzahl;

Fig. 7 einen vergrößerten Ausschnitt aus der Darstellung gemäß Fig. 6 im Bereich des Wartezustands bis zum Bremsbeginn und anschließender Bremsung;

Fig. 8 den Verlauf des Motorstroms in Abhängigkeit von der Zeit bei einer weiteren Verschraubung mit einer hohen Drehzahl und

Fig. 9 einen Ausschnitt aus der Darstellung gemäß Fig. 8 im Bereich des Wartezustands bis zum Bremsbeginn und anschließender Bremsung;.

[0046] In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Schrauber vereinfacht dargestellt und insgesamt mit der Ziffer 10 bezeichnet.

[0047] Der Schrauber 10 weist ein Gehäuse 11 mit einem pistolenförmigen Handgriff auf. Im Gehäuse 11 ist

ein Antrieb 12 aufgemommen, der aus einem Elektromotor 14 und einem Getriebe 16 besteht, das vom Elektromotor 14 über dessen Motorwelle 18 angetrieben ist. Das Getriebe 16 treibt eine Antriebswelle 20 auf, an deren äußeren Ende eine Aufnahme für ein Werkzeug 22, z.B. ein Bit, vorgesehen ist.

[0048] Obwohl der Schrauber 10 grundsätzlich mittels einer Netzspannung betrieben werden könnte, weist dieser im vorliegenden Fall einen Akkumulator 40 als Energiequelle auf, der am unteren Ende eines pistolenförmigen Handgriffes auswechselbar aufgenommen ist. Bei dem Akkumulator 40 kann es sich beispielsweise um einen Lithium-Ionen-Akkumulator handeln. Der Schrauber 10 wird über eine zentrale Steuereinrichtung 36 gesteuert, die mit dem Elektromotor 14, dem Getriebe 16 und einem Gasgebeschalter 32 über geeignete Anschlussleitungen gekoppelt ist. Ferner ist die Steuereinrichtung 36 mit dem Akkumulator 40 unter Zwischenschaltung eines Stromsensors 38 und eines Spannungssensors 39 gekoppelt.

[0049] Zur Einstellung eines vorbestimmten Anzugsmomentes für eine Verschraubung ist im dem Werkzeug 22 abgewandten Bereich des Gehäuses 11 ein Stellelement 34 vorgesehen, bei dem es sich beispielsweise um ein Potentiometer handeln kann. Auch dieses ist in geeigneter Weise leitungsmäßig mit der Steuereinrichtung 36 verbunden. Ferner sind an dem Elektromotor 14 und dem Getriebe 16 Sensoren 24, 26, 28, 30 vorgesehen, die zur Erfassung der Getriebetemperatur, der Motortemperatur, der Drehzahl des Elektromotors 14 und zu einer Gangerkennung ausgebildet sind und mit der Steuereinrichtung 36 in geeigneter Weise leitungsmäßig verbunden sind.

[0050] Am Stellelement 34 kann ein Anzugsmoment zum Anziehen einer Verschraubung eingestellt werden. Hierzu weist das entsprechende Potentiometer vorzugsweise eine höhere Auflösung bei niedrigeren Anzugsmomenten und eine niedrigere Auflösung bei höheren Anzugsmomenten auf, so dass insbesondere bei geringen Anzugsmomenten eine feinfühligere Einstellung ermöglicht ist.

[0051] Fig. 2 zeigt schematisch eine vereinfachte Darstellung der Steuerung des Schraubers.

[0052] Der Elektromotor 14 ist im vorliegenden Fall als permanenterregter EC-Motor in Form eines BLDC-Motors ausgebildet. Er weist einen Rotor 42 mit zwei permanentmagnetischen Polen und drei Erregerwicklungen 60, 62, 64 auf, die im beschriebenen Fall in Form einer Sternschaltung angeordnet sind. Es versteht sich, dass alternativ auch eine Dreiecksschaltung verwendet werden könnte und dass sowohl die Anzahl der Erregerwicklungen als auch die Anzahl der Pole variiert werden könnte. Die Erregerwicklungen 60, 62, 64 werden über zugeordnete Treiberschaltungen 48, 50, 52 von der zentralen Steuereinrichtung 36 angesteuert.

[0053] Bei dem elektronisch kommutierbaren Elektromotor 14 ist es erforderlich, das Drehfeld über die Motorsteuerung zu bewirken. Eine derartige Ansteuerung

der Erregerwicklungen 60, 62, 64 ermöglicht u.a. den Verzicht auf Bürsten zur Kontaktierung, so dass der Elektromotor 14 insgesamt wartungsarm oder nahezu wartungsfrei gestaltet sein kann. Zur Erfassung der Lage des Rotors 42 kann ein Positionsgeber 58 vorgesehen sein, der mit der Steuereinrichtung 36 gekoppelt ist. Der Positionsgeber 58 kann etwa als Hall-Sensor ausgeführt sein. Der Positionsgeber 58 ist dazu ausgebildet, das Magnetfeld der Polpaare des Rotors 42 oder aber einer separat an der Motorwelle 18 vorgesehenen Sensorscheibe (nicht dargestellt) zur Lagebestimmung zu erfassen.

[0054] Die Treiber 48, 50, 52 dienen dazu, einzelne Erregerwicklungen 60, 62, 64 selektiv anzusteuern, etwa mit einem High-Signal, einem Low-Signal oder aber einem Null-Signal, um das Wechselfeld auszubilden. Das Signal kann grundsätzlich einen blockförmigen, einen sinusförmigen oder einen pulsweitenmodulierten Verlauf aufweisen. Bei den Treibern 48, 50, 52 kann es sich insbesondere um integrierte oder diskrete Leistungstransistoren handeln. Die Ausgänge der Treiber 48, 50, 52 sind mit den Erregerwicklungen 60, 62, 64 verbunden.

[0055] In Fig. 2 sind ferner vereinfacht Kurzschlusschalter 54, 56 angedeutet, die dazu ausgebildet sind, die Erregerwicklungen 60, 62, 64 für den Fall einer Bremsung miteinander kurzzuschließen. Die Kurzschlusschalter 54, 56 sind dabei mit den Erregerwicklungen 60, 62 koppelbar, um diese kurzzuschließen. Die hier dargestellten Kurzschlusschalter 54, 56 sind beispielhaft dazu ausgebildet, die Erregerwicklung 60 mit der Erregerwicklung 62 kurzzuschließen. In ähnlicher Weise können weitere Kurzschlusschalter vorgesehen sein, etwa um die Erregerwicklung 60 mit der Erregerwicklung 64 oder die Erregerwicklung 62 mit der Erregerwicklung 64 kurzzuschließen.

[0056] Es versteht sich dabei, dass die Kurzschlusschalter 54, 56 lediglich veranschaulichend als separate Elemente dargestellt sind. Die Funktionalität der Kurzschlusschalter 54, 56 kann gleichfalls über die Steuereinrichtung 36 unter Nutzung der Treiber 48, 50, 52 bewerkstelligt werden.

[0057] In Fig. 2 ist schematisch ein Mikroprozessor 37 angedeutet, sowie ein Speicher 43, der als Programmspeicher dient und in dem außerdem parametrisierte Kennlinien gespeichert werden können. Ferner umfasst die Steuereinrichtung 36 einen Taktgeber 44 und eine Pulsweitenmodulationssteuerung (PWM) 46. Es versteht sich dabei, dass die genannten Bauteile ohne Weiteres gänzlich integriert oder als Teil der Steuereinrichtung 36 oder aber diskret ausgeführt sein können.

[0058] Erfindungsgemäß ist der Schrauber 10 dazu ausgebildet, Verschraubungen mit einer hohen Wiederholgenauigkeit mit einem vorbestimmten Anzugsmoment, das voreinstellbar ist, anzuziehen.

[0059] Dies wird im Folgenden anhand der Figuren 3 bis 9 näher erläutert.

[0060] Der erfindungsgemäß verwendete EC-Motor in Form eines BLDC-Motors weist eine direkte Proportio-

nalität zwischen dem Motorstrom I_M und dem erzeugten Drehmoment M auf: $M[\text{Nm}] = k_t \cdot I_M [\text{A}]$. Hierbei wird der Motorstrom I_M in Ampere am Fußpunkt der Schaltung gemessen (Busstrom), vgl. Stromsensor 38 in Fig. 1. k_t ist die Proportionalitätskonstante.

[0061] Bei dem verwendeten BLDC-Motor 14 ist die Drehzahl ferner proportional zur angelegten Spannung. Dieser Zusammenhang ist in Fig. 4 dargestellt, in der die Drehzahl n [1/min] über der Spannung U [V] aufgetragen ist. Dieser Zusammenhang kann als n [1/min] = $k_e \cdot U$ [V] dargestellt werden. k_e ist hierbei eine Proportionalitätskonstante. Diese beschreibt, wie hoch die induzierte Spannung U im Motor 14 bei einer bestimmten Drehzahl n ist. Um einen Stromplus zu ermöglichen und somit einen Drehmoment zu erzeugen, ist eine Differenz zwischen der äußeren Spannung (Akkuspannung) und der inneren, induzierten Spannung EMK nötig. Je größer die zur Verfügung stehende Spannung U ist, desto schneller dreht sich der Motor.

[0062] In Fig. 5 ist ferner der Zusammenhang zwischen der Bremszeit t [ms] und der Drehzahl n [1/min] dargestellt. Es zeigt sich, dass die Bremszeit bei der maximalen Drehzahl von etwa 24000 1/min etwa 25 ms beträgt, während diese bei einer Drehzahl von nur etwa 7000 1/min 5 ms beträgt. Aufgrund der verwendeten Hybridbremse gemäß der DE 10 2010 032 335.7, die hier vollständig durch Bezugnahme eingeschlossen wird, ergibt sich gemäß der Darstellung in Fig. 5 ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen Bremszeit und anfänglicher Umdrehungszahl des Elektromotors 14. Es versteht sich, dass sowohl Drehzahl als auch Bremszeit motorspezifisch sind und sich somit ändern können.

[0063] Das Grundprinzip des erfindungsgemäßen Schraubers besteht darin, zunächst in einer ersten Phase der Verschraubung den Antrieb 12 bzw. den Elektromotor 14 solange anzutreiben, bis der Motorstrom I_M den Grenzwert I_1 übersteigt. Danach beginnt ein Wartezustand bis zum Bremsbeginn. Zum Zeitpunkt der Überschreitung des Grenzwertes I_1 durch den Motorstrom I_M wird die in den rotierenden Teilen des Antriebs enthaltene kinetische Energie E_{kin} erfasst und zur Berechnung eines Zeitpunktes verwendet, zu dem die Bremsung des Motors einsetzt. Dies wird im Folgenden noch anhand von Fig. 3 näher erläutert. Während des Wartezustandes, d.h. vom Zeitpunkt der Überschreitung des Grenzwertes I_1 durch den Motorstrom I_M bis zur Einleitung der Bremsung wird der Motor bevorzugt weiter bestromt.

[0064] Das Anzugsmoment der Verschraubung setzt sich aus drei Teilen zusammen: Der erste (und größte) Teil des Anzugsmomentes wird in der Phase bis zum Beginn des Wartezustandes bei Überschreitung des Grenzwertes I_1 durch den Motorstrom I_M erzeugt. Das vom Motorstrom I_M erzeugte Drehmoment M ist hierbei direkt proportional zum Motorstrom I_M , wie zuvor erläutert. Ein zweiter Anteil des Anzugsmomentes wird während des Wartezustandes bis zum Einsatzzeitpunkt der Bremsung ebenfalls vom Motorstrom I_M erzeugt, da der Elektromotor 14 während dieser Phase bevorzugt weiter

bestromt wird. Der dritte Anteil des Anzugsmomentes entsteht durch die kinetische Energie des Antriebs 12 während der Bremsphase, bis die Drehzahl 0 erreicht ist. Je mehr Energie aus dem Antrieb mit Hilfe der Hybridbremse oder Kurzschlussbremse entnommen wird, desto geringer ist die Drehmomentabweichung nach dem Überschreiten der Schwelle I_1 .

[0065] Das nach Überschreitung des Grenzwertes I_1 durch den Motorstrom I_M zusätzlich aufgebrachte Anzugsmoment ist abhängig von verschiedenen Parametern. Hierzu gehören die Akkuspannung, die Motortemperatur, die Getriebetemperatur, die Stellung des Gasgebeschalters und der gewählte Getriebeingang.

[0066] Die Spannung des Akkumulators 40 nimmt ab, je weniger Restladung im Akkumulator 40 vorhanden ist. Bei einem vollgeladenen Akkumulator ist die Drehzahl n des Elektromotors 14 größer als bei einem fast leeren Akkumulator 40.

[0067] Durch eine Änderung der Wicklungstemperatur des Elektromotors 14 verändert sich dessen Stromaufnahme und somit auch das bei einem bestimmten Strom I_M abgegebene Drehmoment. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Drehzahl n .

[0068] Steigt die Getriebetemperatur an, so nimmt die Viskosität ab, und der Wirkungsgrad des Getriebes 16 erhöht sich, da die Reibung geringer wird.

[0069] Der Benutzer des Schraubers 10 kann ferner mit Hilfe des Gasgebeschalters 32 die Drehzahl n des Schraubers 10 beeinflussen.

[0070] Da der Schrauber 10 sowohl ein Ein- als auch ein Mehrganggetriebe enthalten kann, sollte ferner der eingestellte Gang detektiert werden. Da sowohl das abgegebene Drehmoment M als auch die Abtriebsdrehzahl davon abhängen, können Parameter innerhalb der Steuereinrichtung 36 bzw. des Mikroprozessors 37 angepasst werden, um ein bestmögliches Schraubergebnis zu erhalten.

[0071] Zur Berücksichtigung und Kompensation dieser Parameter sind die Signale der Sensoren 24, 26, 28, 30 für die Getriebetemperatur, die Motortemperatur, die Drehzahl und die Gangerkennung sowie des Spannungssensors 39 für die Überwachung der Akkumulatorspannung der Steuereinrichtung 36 zugeführt. Die durch diese Parameter bedingten Abweichungen werden empirisch ermittelt und im Speicher 43 abgelegt, so dass die Steuereinrichtung 36 eine entsprechende Kompensation vornehmen kann.

[0072] Der Ablauf einer Verschraubung ist im Ablaufdiagramm 70 gemäß Fig. 3 dargestellt und wird im Folgenden erläutert:

[0073] Nach dem Start 72 wird zunächst ein mit Hilfe des Stellelementes 34 eingestelltes Abschaltmoment eingelesen, vgl. Schritt 74. Im nächsten Schritt 76 wird aus dem eingelesenen Abschaltmoment aus dem bekannten direkt proportionalen Zusammenhang zwischen Drehmoment M und Motorstrom I_M ein Grenzwert I_1 für den Motorstrom berechnet, bei dem eine Abschaltung des Antriebs 12 erfolgt. In erster Näherung

wird hierzu das eingestellte Abschaltmoment M durch die Proportionalitätskonstante k_t dividiert, um den Motorstrom zu bestimmen. Ein gewisser Wert ΔI_M wird hiervon subtrahiert, um eine Kompensation für die nach der Überschreitung des Grenzwertes I_1 für den Motorstrom I_M noch erzeugten Drehmomentanteile zu erlauben. Beispielsweise werden 10 % vom errechneten Motorstrom abgezogen, um den Grenzwert I_1 zu bestimmen. Anschließend wird gemäß Ziffer 78 der Schraubvorgang gestartet. Während des Schraubvorgangs wird ständig der Motorstrom I_M mit Hilfe des Stromsensors 38 gemessen, wobei eine Mittelwertbildung erfolgt.

[0074] In der nachfolgenden Abfrage 82 wird überprüft, ob der gemittelte Motorstrom I_M den zuvor bestimmten Grenzwert I_1 überschreitet. Ist dies nicht der Fall, so wird der Elektromotor 14 weiter angetrieben. Sobald der Grenzwert I_1 überschritten wird, so wird im nachfolgenden Vorgang 84 die aktuelle Drehzahl n erfasst und die kinetische Energie gemäß Ziffer 86 berechnet. Die kinetische Energie E_{kin} des Antriebs 12 ergibt sich in erster Näherung aus der Formel $E_{kin} = 1/2 J n^2$, wobei J das Trägheitsmoment des Antriebs 12 und n die Drehzahl des Antriebs 12 ist. Die übrigen Einflussfaktoren, wie Akkuspannung, Motortemperatur, Getriebetemperatur, Stellung des Gasgebeschalters und eingestellte Getriebeübersetzung werden parametrisch berücksichtigt.

[0075] Nachfolgend wird gemäß Ziffer 88 der Einsatzzeitpunkt t_1 der Bremse berechnet und der Schraubvorgang zunächst gemäß Ziffer 90 fortgesetzt. Erreicht gemäß der nachfolgenden Abfrage 92 die Zeit t den Bremszeitpunkt $t > t_1$ so wird der Motor gemäß 94 abgebremst, bis dieser schließlich gemäß 96 zum Stillstand kommt.

[0076] Es versteht sich, dass an Stelle der Bestimmung eines Bremszeitpunktes alternativ auch der kumulierte Drehwinkel bestimmt werden könnte, bei Überschreitung die Bremsung eingeleitet wird. Zur Bestimmung des Drehwinkels könnte etwa der Positionsgeber 58 genutzt werden.

[0077] In den Figuren 6 und 7 ist beispielhaft ein Verschraubungsvorgang mit einer langsamen Drehzahl dargestellt. Fig. 6 zeigt beispielhaft den Verlauf des Motorstroms I_M in Abhängigkeit von der Zeit t . Der Schraubvorgang beginnt zunächst im Diagramm mit dem Leerlauf. Der Start ist nicht dargestellt. Der erste, sehr lange Anstieg markiert beispielsweise das Gewindefurchen einer selbstschneidenden Blechschraube. Daran anschließend gibt es ein kleines Plateau, in dem der Strom nur sehr gering ansteigt. Dieser Bereich erstreckt sich vom Ende des Gewindefurchens bis zur Kopfauflage. Die Kopfauflage ist durch einen sehr stark ansteigenden Strom gekennzeichnet. Überschreitet der Strom I_M die Schwelle I_1 , so wird die Zeit (oder alternativ der Drehwinkel) bis zum Beginn der Abbremsung berechnet. Da bei dieser Verschraubung die Spannung und somit auch die Drehzahl n sehr gering ist, ist die Zeit zwischen der Überschreitung der Schwelle I_1 und dem Beginn des Bremsvorgangs t_1 sehr lang, die eigentliche Bremszeit jedoch kurz. Der nachfolgende rapide Stromanstieg bei

95 während des Bremsvorgangs ist dadurch zu erklären, dass aktiv, d.h. mit Hilfe der Hybridbremse abgebremst wird. Würde dagegen während des Bremsvorgangs nur eine Kurzschlussbremse zum Einsatz kommen, so wäre der Strom ab dem Beginn des Bremsvorgangs 0.

[0078] In Fig. 7 ist ein Ausschnitt aus Fig. 6 vergrößert dargestellt.

[0079] Die Zeit zwischen dem Beginn des Wartezustands bei $I_M > I_1$ bis zum Bremsbeginn bei $t > t_1$ ist hieraus besser ersichtlich.

[0080] In den Figuren 8 und 9 ist der Verlauf einer Verschraubung mit einer hohen Drehzahl dargestellt. Der Verlauf entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 6 gezeigten Verlauf. Infolge der erhöhten Drehzahl ist der Zeitraum zwischen dem Überschreiten des Grenzwertes I_1 des Motorstroms I_M und im Beginn des Bremsvorgangs t_1 allerdings geringer als bei der Darstellung gemäß Fig. 6 bzw. 7. Verlängert ist dagegen die Zeit des aktiven Abbremsens. Die Zeit zwischen der Überschreitung des Grenzwertes für den Strom I_1 und dem Ende des Abbremsvorgangs ist jedoch gleich lang wie bei langsamer Drehzahl. Mit 95 ist der Bremsvorgang bezeichnet. Gemäß der verwendeten Hybridbremse ist der Bremsstrom hierbei auf einen Maximalwert begrenzt, wie durch den waagerechten Verlauf bis zum Ende des Bremsvorgangs ersichtlich ist.

Patentansprüche

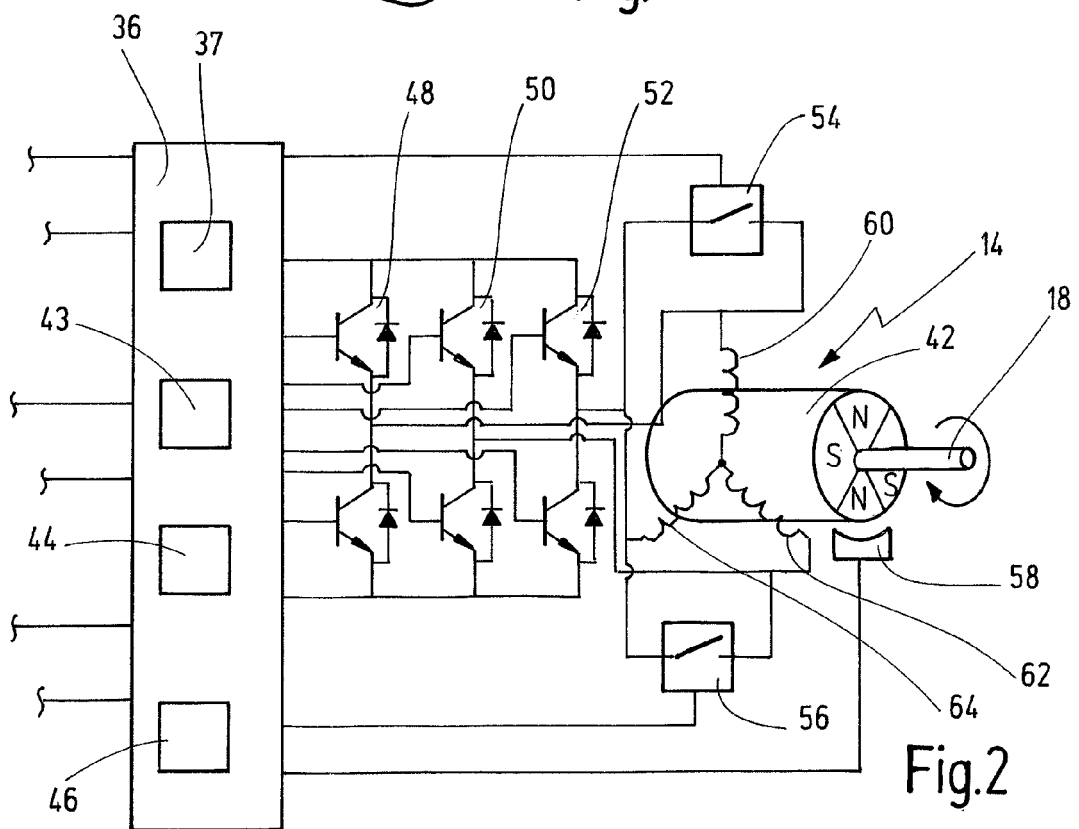
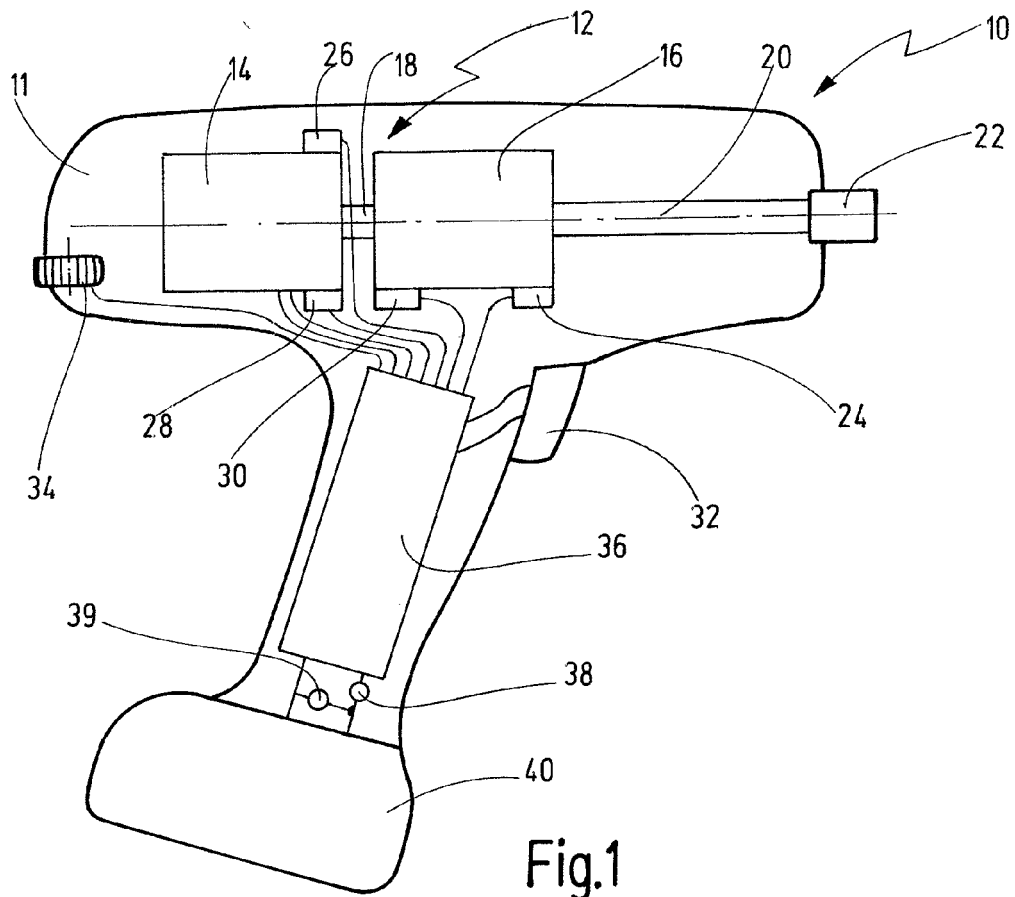
1. Schrauber mit einem Antrieb (12), der einen Elektromotor (14) umfasst, der mit einer Antriebswelle (20) zum Antrieb eines Werkzeugs (22) zum Anziehen einer Verschraubung mit einem vorbestimmten Anzugsmoment gekoppelt ist, mit einem Stromsensor (38) zur Erfassung eines Motorstroms (I_M), mit einer Steuereinrichtung (36) zur Steuerung des Antriebs (12), wobei die Steuereinrichtung (36) zur Abbremsung des Antriebs (12) bei Erreichen eines Bremskriteriums ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (36) auf der Basis des vorbestimmten Anzugsmoments zur Berechnung eines Grenzwertes (I_1) für den Motorstrom (I_M) ausgebildet ist, bei Überschreiten dessen der Antrieb (12) in einen Wartezustand versetzt wird, dass die Steuereinrichtung (36) bei Überschreitung des Grenzwertes (I_1) für den Motorstrom (I_M) für die Bestimmung des Bremskriteriums auf der Basis des vorbestimmten Anzugsmoments zur Berechnung einer Aktivierungszeit (t_1) oder eines Drehwinkels (n_1), bei Überschreiten dessen der Bremsvorgang eingeleitet wird, zumindest in Abhängigkeit von der kinetischen Energie (E_{kin}) des Antriebs (12) zum Zeitpunkt der Überschreitung des Grenzwertes (I_1) für den Motorstrom (I_M) ausgebildet ist, und dass der Elektromotor (14) während des Wartezustands bis zum Einleiten des Bremsvorgangs weiter bestromt wird, gar nicht oder nur teilweise bestromt wird.
2. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (36) zur Berechnung eines Mittelwerts des Motorstroms (I_M) ausgebildet ist, der für die Berechnung des Grenzwertes (I_1) für den Motorstrom (I_M) verwendet wird.
3. Schrauber nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grenzwert (I_1) für den Motorstrom (I_M) aus einem direkt proportionalen Zusammenhang ($M = k_t \bullet I_M$) zwischen dem Drehmoment (M) und dem Motorstrom (I_M) abgeleitet wird.
4. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektromotor (14) ein elektronisch kommutierter Elektromotor ist, vorzugsweise ein permanenterregter Synchronmotor, weiter bevorzugt ein BLDC-Motor ist.
5. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Sensor (24, 26, 28, 30, 38, 39) zur Erfassung zumindest eines Parameters vorgesehen ist, der aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus einer Temperatur eines Getriebes (16), mit dem der Elektromotor (14) gekoppelt ist, einer Temperatur des Elektromotors (14), einer Drehzahl des Elektromotors (14), einem Übersetzungsverhältnis des Getriebes (16) und einer Versorgungsspannung des Schraubers (10) besteht.
6. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung zur Bestimmung der kinetischen Energie (E_{kin}) des Antriebs (12) zum Zeitpunkt der Überschreitung des Grenzwertes (I_1) für den Motorstrom auf der Basis von Parametern ausgebildet ist, die zumindest die Drehzahl (n) des Antriebs (12) und ein Trägheitsmoment (J) des Antriebs (12) umfassen.
7. Schrauber nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Parameter das Übersetzungsverhältnis des Antriebs (12) und die Drehzahl des Elektromotors (14) umfassen, und dass die Parameter vorzugsweise zumindest einen weiteren Parameter umfassen, der aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus einer Versorgungsspannung des Schraubers (10), einer Temperatur des Elektromotors (14) und einer Temperatur eines mit dem Elektromotor gekoppelten Getriebes (16) gebildet ist.
8. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (36) zur Speicherung eines funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Bremskriterium und den Parametern, die zur Bestimmung des Bremskriteriums verwendet werden, und zur Bestimmung

mung des Bremskriteriums unter Berücksichtigung des funktionalen Zusammenhangs ausgebildet ist.

9. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vorbestimmte Anzugsmoment einstellbar ist, vorzugsweise mit Hilfe eines Potentiometers (34), wobei das Potentiometer (34) vorzugsweise bei niedrigeren Anzugsmomenten eine höhere Auflösung als bei hohen Anzugsmomenten aufweist. 5
10. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (36) für die Bremsung des Elektromotors (14) zum Kurzschließen des Elektromotors (14) für einen ersten Zeitabschnitt (Δt_1) ausgebildet ist. 10
11. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (36) für die Bremsung des Elektromotors (14) zum Bestromen des Elektromotors (14) für einen zweiten Zeitabschnitt (Δt_2), entgegen seinem ursprünglichen Drehsinn ausgebildet ist. 20
12. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (36) eine Pulsweitenmodulationssteuerung (46) zur Ansteuerung des Elektromotors (14) aufweist. 25
13. Schrauber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektromotor (14) einen permanenterregten Rotor (42) aufweist, dem zumindest ein Positionsgeber (58), vorzugsweise ein Hall-Sensor, zur Erfassung der Position des Rotors (42) zugeordnet ist. 30
14. Schrauber nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung zur mittelbaren Erfassung der Position des Rotors (42) über die Gegeninduktion einer Erregerwicklung (60, 62, 64) des Elektromotors (14) ausgebildet ist. 35
15. Verfahren zum Steuern eines Schraubers (10), um eine Verschraubung mit einem vorbestimmten Anzugsmoment mittels eines von einem Antrieb (12) antreibbaren Werkzeugs (22) anzuziehen, mit den folgenden Schritten: 40
- Erfassen eines vorbestimmten Anzugsmoments; 45
- auf der Basis des vorbestimmten Anzugsmoments Berechnen eines Grenzwertes (I_1) für den Motorstrom (I_M), bei Überschreiten dessen der Antrieb (12) in einen Wartezustand überführt wird,; 50
- Anziehen der Verschraubung durch Antreiben 55

des Werkzeugs (22);

- Überwachen des Motorstroms (I_M) und Überführen des Antriebs (12) in den Wartezustand bei Überschreiten des Grenzwertes (I_1) für den Motorstrom (I_M);
- Bestimmen einer kinetischen Energie (E_{kin}) des Antriebs (12) zum Zeitpunkt des Überschreitens des Grenzwertes (I_1) für den Motorstrom (I_M);
- Bestimmen eines Bremskriteriums zur Einleitung einer Bremsung des Antriebs (12) zumindest auf der Basis der kinetischen Energie (E_{kin}) des Antriebs (12) des Überschreitens des Grenzwertes (I_1) für den Motorstrom (I_M) und
- Einleiten eines Bremsvorgangs bei Erreichen des Bremskriteriums;
- wobei der Antriebsmotor (14) während des Wartezustands bis zum Einleiten des Bremsvorgangs weiter bestromt wird, gar nicht oder nur teilweise bestromt wird.



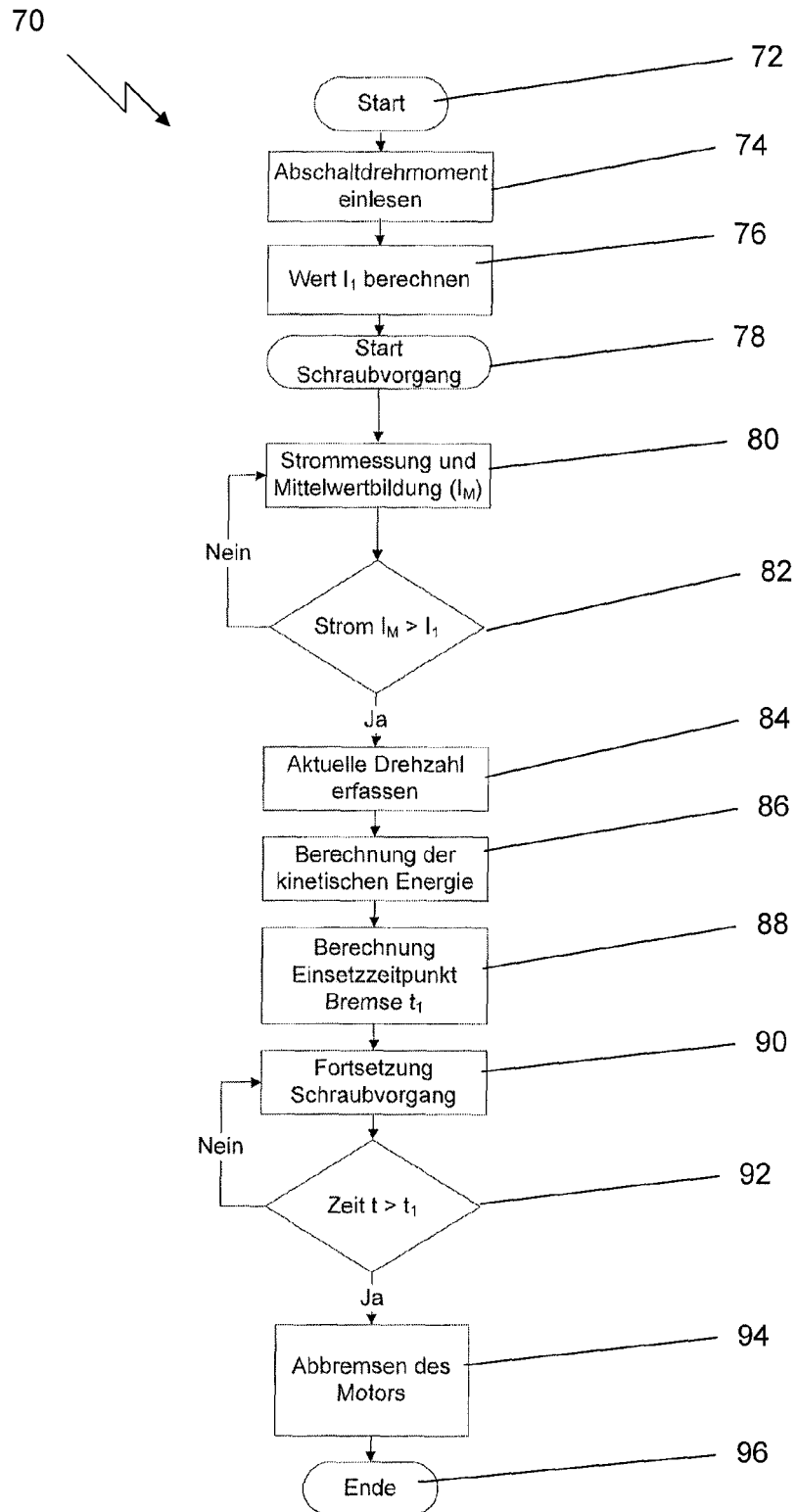
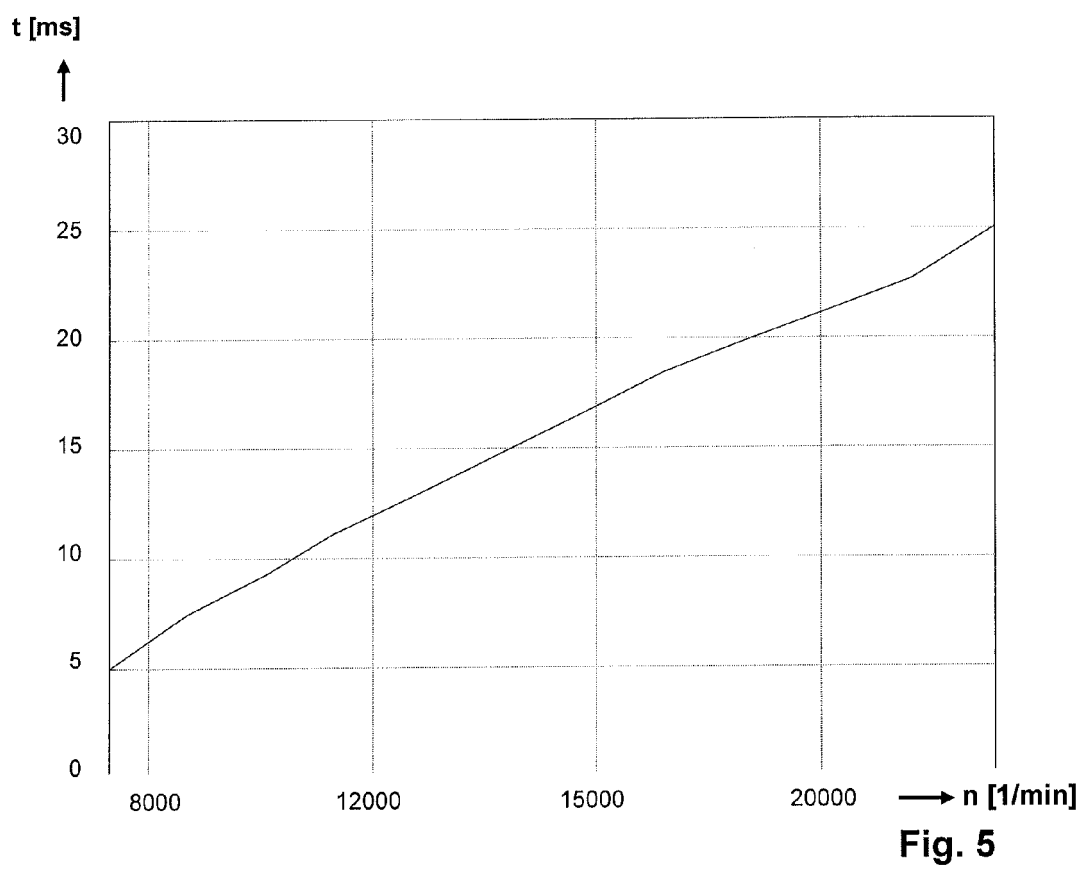
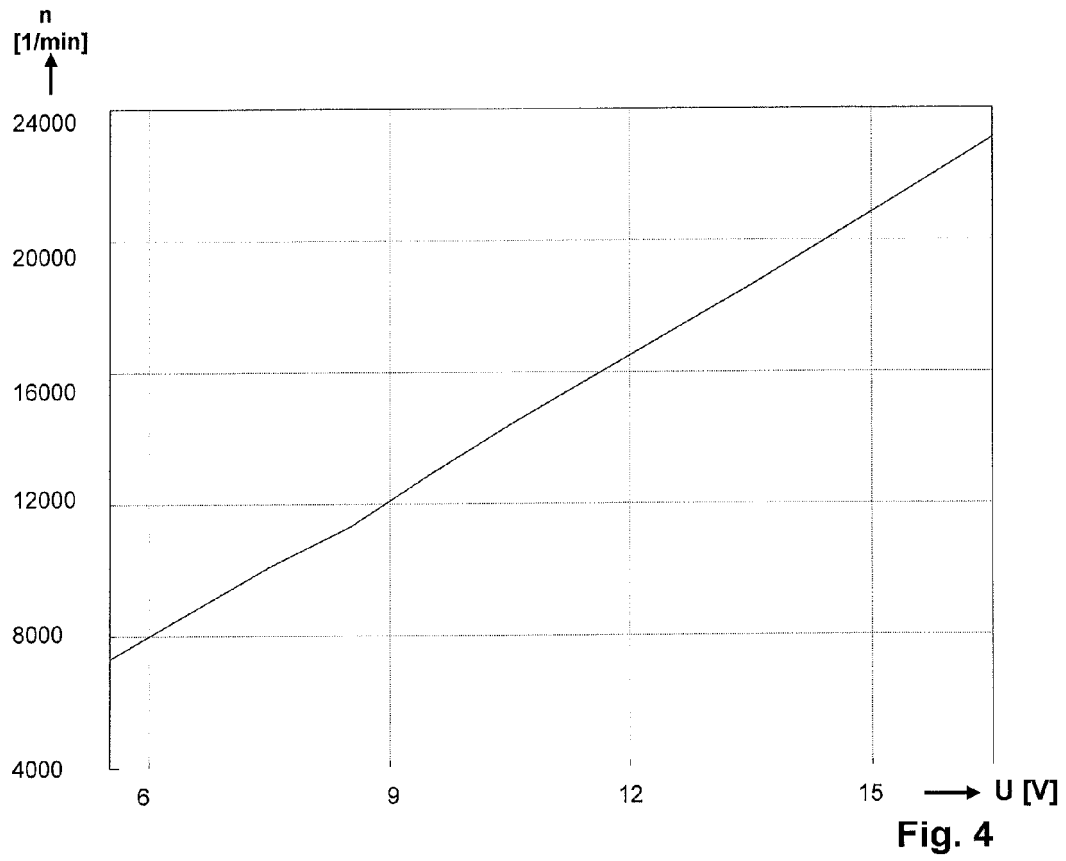


Fig. 3



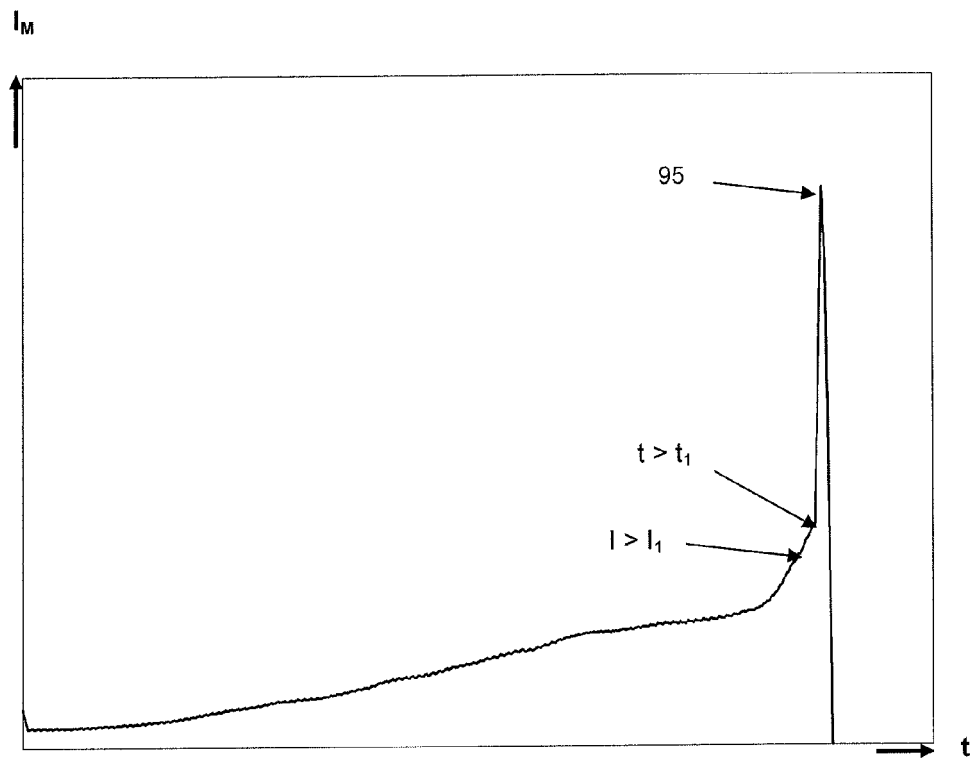


Fig. 6

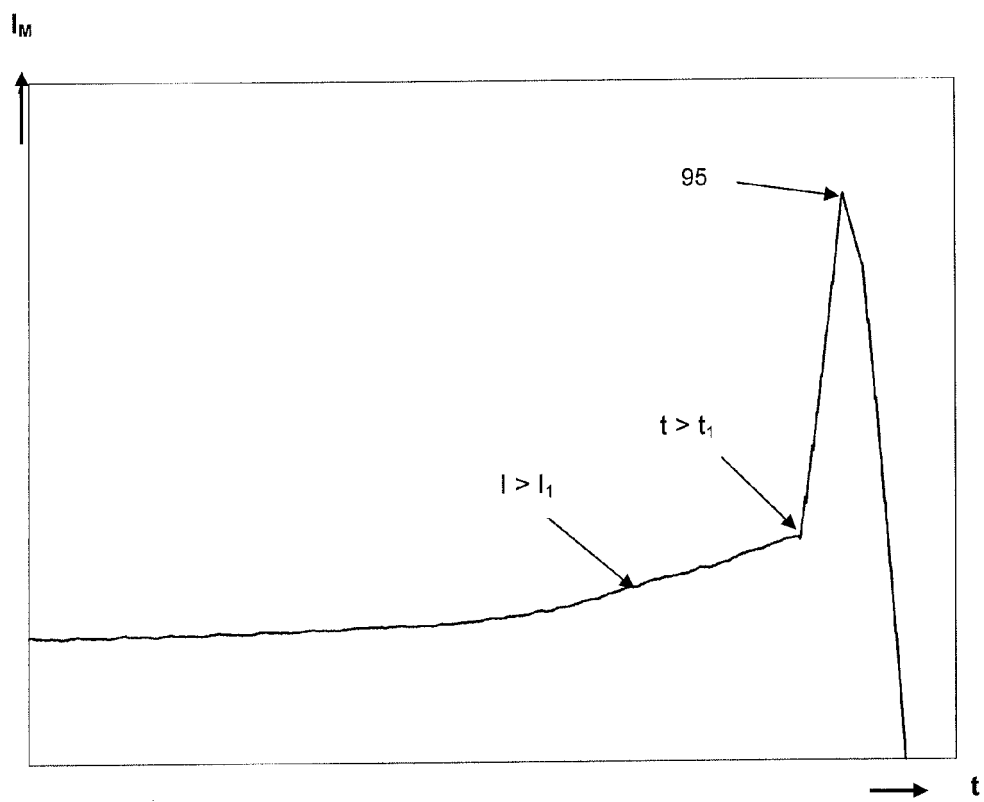


Fig. 7

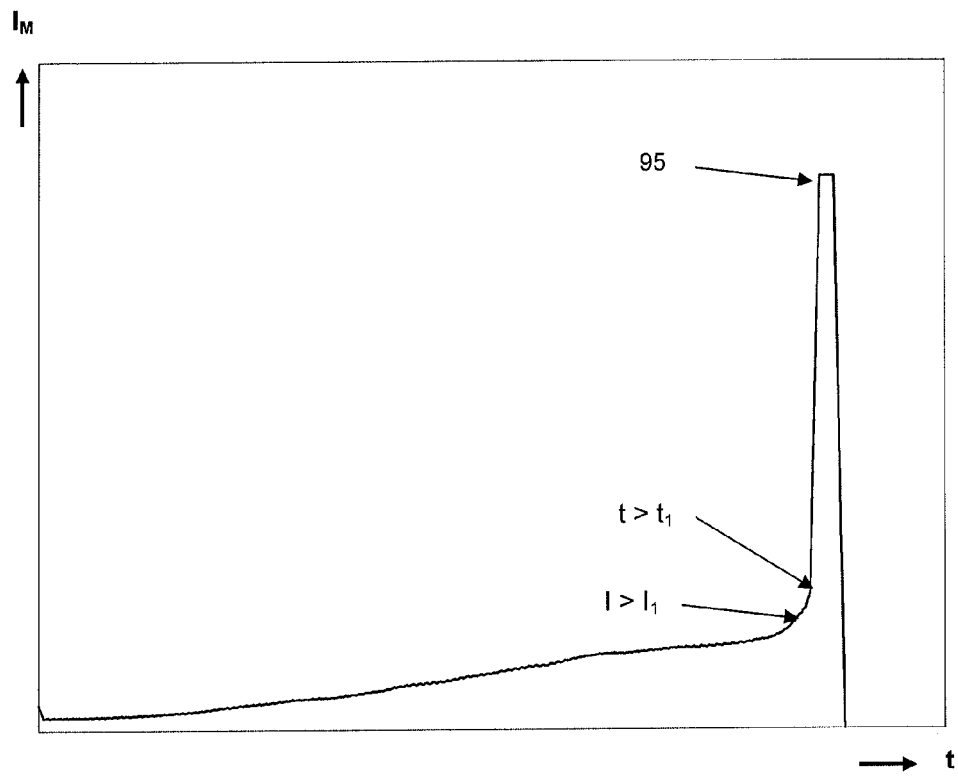


Fig. 8

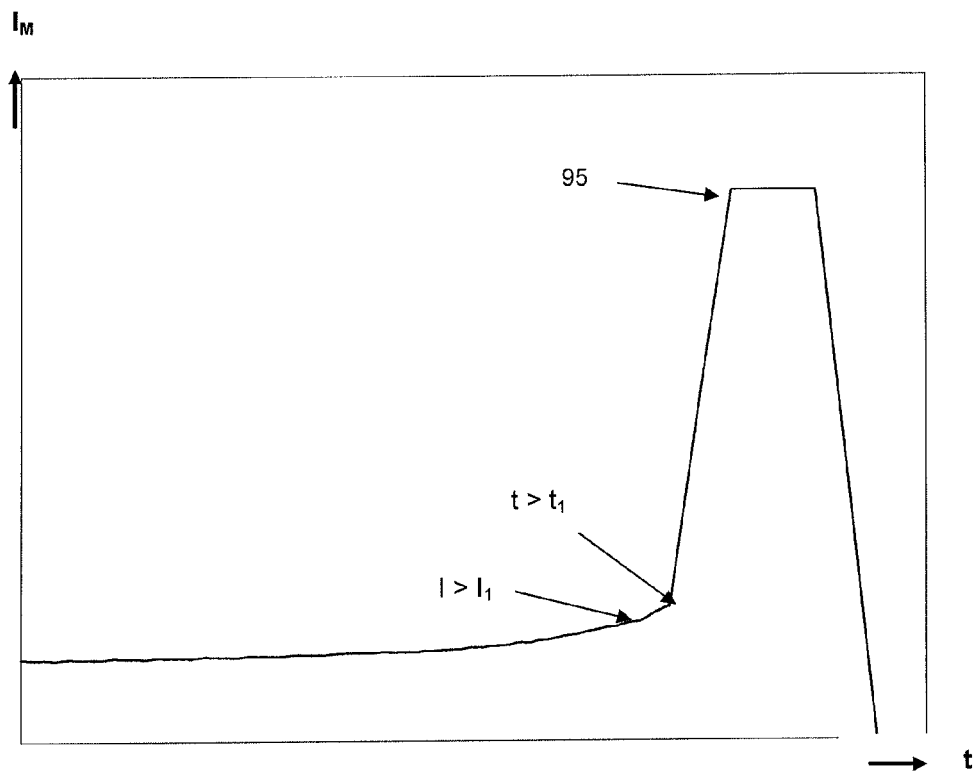


Fig. 9

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

- DE 102008033866 A1 [0002]
- WO 2009107563 A2 [0005]
- DE 10341975 A1 [0006]
- DE 102010032335 [0035] [0062]