



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.08.2018 Patentblatt 2018/34

(51) Int Cl.:
B25F 5/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18154744.9**

(22) Anmeldetag: **01.02.2018**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Matheis, Frank**
73262 Reichenbach (DE)
• **Beck, Tobias**
72639 Neuffen (DE)

(74) Vertreter: **Markfort, Iris-Anne Lucie**
Lorenz & Kollegen
Patentanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB
Alte Ulmer Straße 2
89522 Heidenheim (DE)

(30) Priorität: **15.02.2017 DE 102017103005**

(71) Anmelder: **Metabowerke GmbH**
72622 Nürtingen (DE)

(54) **ÜBERLASTSCHUTZ EINER AKKUBETRIEBENEN ELEKTROWERKZEUGMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überlastschutz einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine (2), umfassend die folgenden Schritte:
a) Erfassen einer Versorgungsspannung (U) einer Akkuzellenanordnung (3), die zur Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine (2) mit der Elektrowerkzeugmaschine (2) verbunden ist;

b) Vergleichen der erfassten Versorgungsspannung (U) mit einem Referenzwert (U_{REF}), um einen belastungsinduzierten Spannungseinbruch (ΔU) zu erkennen;
c) Begrenzen der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine (2), wenn die erfasste Versorgungsspannung (U) kleiner ist als der Referenzwert (U_{REF}).

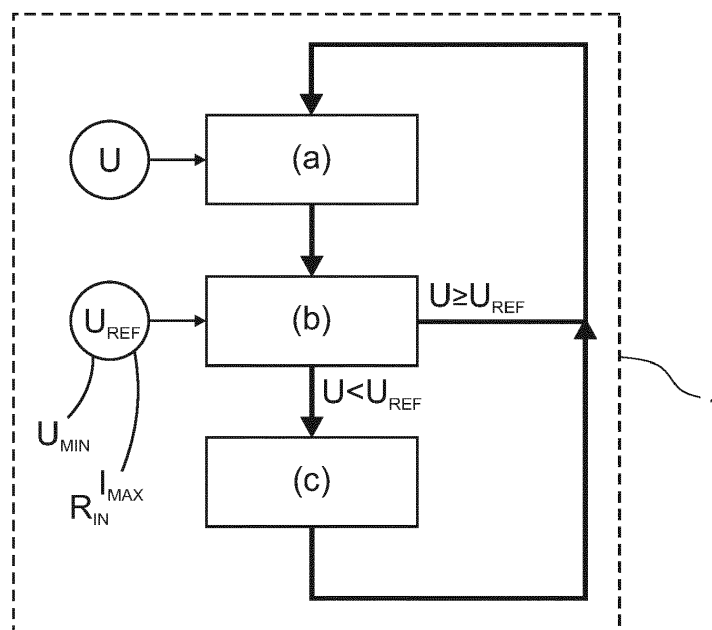


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überlastschutz einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine. Die Erfindung betrifft auch eine akkubetriebene Elektrowerkzeugmaschine mit einer Überlastschutzvorrichtung sowie ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln zur Durchführung eines Verfahrens zum Überlastschutz einer Elektrowerkzeugmaschine.

[0002] Als Elektrowerkzeugmaschinen werden nachfolgend sowohl handgeführte Elektrowerkzeugmaschinen, wie Bohrmaschinen, Winkelschleifer und dergleichen, als auch im Betrieb feststehende Maschinen, das heißt stationäre oder halbstationäre Geräte, wie beispielsweise Tischkreissägen oder dergleichen, verstanden.

[0003] Verfahren zur Detektion einer Überlastsituation bei einer Elektrowerkzeugmaschine sind aus dem Stand der Technik bereits bekannt. Dabei gilt es zu vermeiden, dass es aufgrund eines zu hohen Stromflusses zum Versagen von einer oder mehreren Komponenten der Elektrowerkzeugmaschine kommt, beispielsweise von Verbindungsleitungen, dem Elektromotor, Lötverbindungen, einem Akkupack oder gesteuerten Schaltern. Überlastsituationen können beispielsweise dann auftreten, wenn der Elektromotor der Elektrowerkzeugmaschine blockiert. In diesem Zustand können sehr hohe Ströme durch die Wicklungen des Elektromotors fließen; aus Sicht eines Akkupacks verhält sich ein solcher stillstehender Motor also ähnlich wie ein Kurzschluss. Die thermische Belastung für die Komponenten der Elektrowerkzeugmaschine kann dadurch schnell auf eine kritische Höhe ansteigen.

[0004] In der Praxis ist es üblich, zur Vermeidung einer Überlast den Versorgungsstrom der Elektrowerkzeugmaschine regelmäßig zu messen bzw. über einen gewissen Zeitraum zu mitteln, um die Überlastung durch einen zu hohen Strombedarf zu erfassen.

[0005] Beispielsweise betrifft die DE 10 2005 038 225 A1 ein Verfahren zur Detektion einer Überlastsituation einer Elektrowerkzeugmaschine mit einem Elektromotor, wobei ein Betriebsstrom des Elektromotors ermittelt wird, wobei eine Differenz zwischen dem Wert des Betriebsstroms und mindestens einem gespeicherten Stromwert bestimmt wird und aus der Differenz auf eine thermische Überlastung der Elektrowerkzeugmaschine geschlossen wird.

[0006] Allen derartigen Lösungen ist gemein, dass entweder die Nachteile einer unmittelbaren Reaktion des Überlastschutzes, zum Beispiel ein Ausschalten der Maschine bereits bei unschädlichen Stromspitzen, oder die Nachteile einer zu langsamen Reaktion des Überlastschutzes bei einer zu langen Mittelung des gemessenen Stroms in Kauf genommen werden müssen. Je nach Anwendungssituation oder Fehlerfall kann es demnach vorkommen, dass ein derartiger Überlastschutz entweder eine sehr hohe "Fehlalarmquote" aufweist oder durch zu späte Reaktion die Lebensdauer der Elektrowerkzeug-

maschine bzw. deren Komponenten, insbesondere durch wiederholte thermische Überlastung, reduziert.

[0007] Als Verbesserung bekannter Verfahren wird in der WO 2012/079936 A2 vorgeschlagen, dass ein thermisches Modell berücksichtigt wird, wobei im Betrieb der Elektrowerkzeugmaschine aus einem aktuellen Energiezufluss und einem aktuellen Energieabfluss ein aktueller thermischer Energieinhalt des Bauteils bestimmt wird, und die Elektrowerkzeugmaschine wenigstens in einem Betriebsbereich abhängig vom thermischen Energieinhalt betrieben wird. Dies führt schließlich dazu, dass eine verhältnismäßig kurze Stromspitze nicht automatisch zum Abschalten der Elektrowerkzeugmaschine führen kann.

[0008] Obwohl die Einbeziehung eines solchen thermischen Modells die Genauigkeit eines Überlastschutzes erhöhen kann, können auch hierdurch nicht für alle Betriebs- oder Fehlersituationen und für alle kritischen Bauteile geeignete thermische Modelle erstellt werden. Außerdem ist der Rechenaufwand zur Realisierung des Verfahrens verhältnismäßig hoch.

[0009] Ein weiteres Problem besteht darin, dass die derzeit bekannten Verfahren zum Überlastschutz nicht berücksichtigen können, ob die Elektrowerkzeugmaschine mit einem fehlerhaften Akkupack oder einem Akkupack mit veralteter Technik, beispielsweise mit einem hohen Innenwiderstand, betrieben wird. Dadurch, dass meist verschiedene Typen von Akkupacks auf dem Markt vorhanden sind, die vorzugsweise auch mit neueren Elektrowerkzeugmaschinen kompatibel bleiben sollen, um die Benutzerfreundlichkeit und die Kundenbindung zu erhöhen, können also bereits geschädigte oder alte Akkupacks ggf. Schaden nehmen, bevor der Überlastschutz der Elektrowerkzeugmaschine eingreifen kann, da die Überlastschutzvorrichtung von einem fehlerfreien (modernen) Akkupack ausgeht.

[0010] Das Problem bei der Verwendung von Akkupacks mit unterschiedlichen Innenwiderständen potenziert sich noch, da durch hohe Innenwiderstände bei einem hohen Strombedarf der Elektrowerkzeugmaschine die Versorgungsspannung des Akkupacks derart einbrechen kann, dass elektrische Bauteile, insbesondere die Leistungsregelung des Elektromotors, nicht mehr ausreichend versorgt werden können, wodurch die Elektronik einen undefinierten Zustand annimmt. Aufgrund der nachfolgend unbestimmten Situation kann gegebenenfalls eine Beschädigung der Elektrowerkzeugmaschine noch früher eintreten und/oder die Überlastschutzvorrichtung durch deren Unterversorgung ausfallen.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zum Überlastschutz einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine bereitzustellen, bei dem die bekannt gewordenen Nachteile zumindest verringert werden können. Der vorliegenden Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Elektrowerkzeugmaschine mit einer Überlastschutzvorrichtung bereitzustellen.

[0012] Als Lösung wird ein Verfahren zum Überlastschutz einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine mit den in Anspruch 1 aufgeführten Merkmalen, eine akkubetriebene Elektrowerkzeugmaschine mit einer Überlastschutzeinrichtung mit den in Anspruch 8 aufgeführten Merkmalen sowie ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln gemäß den in Anspruch 14 aufgeführten Merkmalen vorgeschlagen.

[0013] Die abhängigen Ansprüche und die nachfolgend beschriebenen Merkmale betreffen vorteilhafte Ausführungsformen und Varianten der Erfindung.

[0014] Das Verfahren zum Überlastschutz einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine umfasst gemäß einem gegenüber Anspruch 1 breiteren Aspekt die folgenden Schritte:

- a) Erfassen einer Versorgungsspannung einer Akkuzellenanordnung, die zur Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine verbunden ist;
- b) Vergleichen der erfassten Versorgungsspannung mit einem Referenzwert, um einen belastungsinduzierten Spannungseinbruch zu erkennen;
- c) Begrenzen der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine, wenn die erfasste Versorgungsspannung kleiner ist als der Referenzwert.

[0015] Dadurch, dass der Überlastschutz erfindungsgemäß auf dem Erfassen eines Spannungseinbruchs und nicht auf einer Strommessung basiert, ergeben sich einige Vorteile.

[0016] Bei einer zu hohen Belastung der Akkuzellenanordnung, d. h. bei einem zu hohen Strombedarf der Elektrowerkzeugmaschine, wird unweigerlich ein Spannungseinbruch der Versorgungsspannung der Elektrowerkzeugmaschine auftreten. Ein solcher Spannungseinbruch tritt unabhängig von dem verwendeten Typ der Akkuzellenanordnung immer genau dann ein, wenn die Elektrowerkzeugmaschine mehr Leistung bzw. Strom von der Akkuzellenanordnung fordert, als diese innerhalb ihrer Spezifikationen liefern kann bzw. liefern sollte. Der erfindungsgemäße Überlastschutz ist somit kompatibel mit einer beliebigen Akkuzellenanordnung bzw. unabhängig von einer eingesetzten Akkuzellenanordnung, und selbst bei einer beschädigten Akkuzellenanordnung, uneingeschränkt einsetzbar.

[0017] Ferner kann der erfindungsgemäße Überlastschutz schneller reagieren als die bekannten Überlastschutzverfahren des Stands der Technik. Dies liegt darin begründet, dass nunmehr keine lang dauernde Strommessung mehr stattfinden muss. Ein hoher Strombedarf kann unmittelbar über den Zusammenhang mit der Versorgungsspannung einer Akkuzellenanordnung, der sich aus dem Innenwiderstand der Akkuzellenanordnung ergibt, erfasst werden.

[0018] Controller bzw. Steuergeräte innerhalb der Elektrowerkzeugmaschine sowie Treiber des Elektromotors können zu jeder Zeit mit ausreichend Spannung ver-

sorgt werden oder die Spannungsversorgung wird vollständig (kontrolliert) zu deren Schutz abgeschaltet.

[0019] Mit dem Erfassen einer Versorgungsspannung ist somit gemeint, dass eine aktuell zur Versorgung der Elektrowerkzeugmaschine oder deren Komponenten (Leistungselektronik, Elektromotor, usw.) anliegende Spannung erfasst wird. Die Spannungsmessung kann dabei an der Akkuzellenanordnung bzw. den Versorgungsklemmen der Elektrowerkzeugmaschine direkt erfolgen und/oder an einer beliebigen Stelle innerhalb der Elektrowerkzeugmaschine vorgesehen sein.

[0020] Mit der Versorgungsspannung ist insbesondere der Zahlenwert der Versorgungsspannung oder ein sonstiger Wert gemeint, der mit der Versorgungsspannung mathematisch korreliert.

[0021] Bei dem Referenzwert kann es sich um eine Referenzspannung handeln oder um einen Zahlenwert, der analog zu einem Zahlenwert berechnet wird, der die Versorgungsspannung abbildet bzw. mit der Versorgungsspannung mathematisch korreliert.

[0022] Kann aufgrund technischer Gegebenheiten beispielsweise nur die halbe Versorgungsspannung (oder ein sonstiger Bruchteil) messtechnisch ermittelt werden, so kann die tatsächliche Versorgungsspannung anschließend entweder hieraus mathematisch berechnet werden oder der Referenzwert entsprechend gewählt bzw. skaliert sein, unter Berücksichtigung, dass nur die halbe Versorgungsspannung gemessen wurde.

[0023] In einer Weiterbildung der Erfindung kann die Akkuzellenanordnung als Akkupack ausgebildet sein, in dem mehrere Akkuzellen seriell und/oder parallel miteinander verschaltet sind. Auch eine Gruppenschaltung von Akkuzellen ist möglich.

[0024] Mit einem Akkupack ist sowohl ein Akkumulator mit einer einzelnen Akkuzelle (auch Sekundärzelle genannt) als auch ein zusammengeschaltetes Paket mit mehreren Akkuzellen gemeint. Mit einem Akkupack kann auch ein Speicher für elektrische Energie gemeint sein, der nicht oder nicht ausschließlich elektrochemisch aufgebaut ist, also zum Beispiel ein Kondensator.

[0025] Im Sinne der Erfindung werden auch Batterien bzw. Batteriepacks, das heißt nicht wieder aufladbare Speicher für elektrische Energie, zu dem Begriff "Akkupack" bzw. "Akkuzelle" gezählt.

[0026] Die Akkuzellenanordnung kann als einzelnes Akkupack oder als mehrere Akkupacks, beispielsweise zwei Akkupack, drei Akkupacks, vier Akkupacks oder mehr Akkupacks, ausgebildet sein, wobei die mehreren Akkupacks in einer Serienschaltung, Parallelschaltung oder Gruppenschaltung beliebig elektrisch verbunden sein können.

[0027] Die Akkuzellenanordnung bzw. die Akkupacks müssen nicht direkt an der Elektrowerkzeugmaschine angeordnet sein, sondern können auch über eine Adapteranordnung und/oder über eine Kabelverbindung mit der Elektrowerkzeugmaschine verbunden sein.

[0028] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Energieversorgung der Elektro-

werkzeugmaschine unmittelbar begrenzt wird, sobald die erfasste Versorgungsspannung kleiner ist als der Referenzwert.

[0029] Die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine kann somit, innerhalb der technischen Möglichkeiten, schnellst möglichst begrenzt werden, sobald die erfasste Versorgungsspannung kleiner ist als der Referenzwert. Beispielsweise sind keine gewollt eingebrachten Verzögerungen vorgesehen.

[0030] Die Elektrowerkzeugmaschine kann somit besonders schnell vor einer Überlastsituation geschützt werden.

[0031] Es kann vorgesehen sein, dass die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine begrenzt wird, wenn die erfasste Versorgungsspannung kleiner ist als der Referenzwert, wobei eine Verzögerung zwischen dem Begrenzen der Energieversorgung und dem Unterschreiten des Referenzwerts durch die Versorgungsspannung insbesondere kleiner sein kann als eine Auslöseverzögerung eines Tiefentladeschutzes.

[0032] Es kann also vorgesehen sein, dass das erfindungsgemäße Verfahren zum Überlastschutz schneller reagiert als ein vorhandener Tiefentladeschutz, wodurch eine Fehlauslösung eines Tiefentladeschutzes der Akkuzellenanordnung aufgrund des Spannungseinbruchs zusätzlich vermieden werden kann.

[0033] Gemäß Anspruch 1 ist zudem vorgesehen, dass der Referenzwert auf Basis einer Mindestspannung bestimmt wird, die zum fehlerfreien Betrieb elektrischer Bauteile bzw. elektrischer Bauelemente der Elektrowerkzeugmaschine, insbesondere sicherheitskritischer Bauteile, erforderlich ist.

[0034] Der Referenzwert kann in einem flüchtigen oder nicht flüchtigen Datenspeicher einer elektrischen Schaltung der Elektrowerkzeugmaschine abgelegt sein. Alternativ oder zusätzlich kann der Referenzwert bei Bedarf (neu) berechnet werden, insbesondere unter Berücksichtigung aktueller Umstände, beispielsweise einer verwendeten Akkuzellenanordnung bzw. deren Innenwiderstand oder einer Betriebstemperatur von Komponenten der Elektrowerkzeugmaschine oder vorhergehenden Überlastungen der Elektrowerkzeugmaschine.

[0035] Mit einem sicherheitskritischen Bauteil ist insbesondere ein Bauteil mit einem großen Einfluss auf den Leistungsbedarf der Elektrowerkzeugmaschine gemeint. Dabei kann es sich beispielsweise um Teile der Leistungselektronik zur Regelung des Elektromotors handeln, die bei den durch Unterversorgung auftretenden undefinierten Zuständen einen Fehlerfall auslösen und/oder verstärken können.

[0036] Bei den sicherheitskritischen Bauteilen kann es sich unter Anderem um Halbleiterbauelemente, beispielsweise Transistoren, insbesondere (Leistungs-) MOSFETs, handeln.

[0037] Werden beispielsweise MOSFETs innerhalb der Elektronik der Elektrowerkzeugmaschine als analoge Bauteile, insbesondere als gesteuerte Widerstände, verwendet, kann eine zu niedrige Bezugsspannung zu

einem nicht spezifizierten bzw. einem unerwünschten Ausgangswiderstand des Transistors führen, wodurch sich der MOSFET bei einem hohen ausgangsseitigen Stromfluss unverhältnismäßig erhitzen kann oder einen derartigen Stromfluss durch den zu niedrigen Ausgangswiderstand überhaupt erst verursachen kann.

[0038] Werden die MOSFETs als gesteuerte Schalter innerhalb einer digitalen Schaltung der Elektrowerkzeugmaschine verwendet, so müssen zum Unterscheiden der definierten digitalen Signalpegel "low" (logisch '0') und "high" (logisch '1') definierte Spannungspegel eingehalten werden, damit keine undefinierten Signale innerhalb der digitalen Schaltung auftreten, die sich durch das gesamte Schaltnetz verbreiten können. Insbesondere niedrige Eingangsspannungen im Bereich der sogenannten Schwellenspannung ("Threshold Voltage") sollten vermieden werden, da dies die Spannung ist, ab der der MOSFET ausgangsseitig umschaltet. Bei einer zu niedrigen Versorgungsspannung können außerdem die Schaltzeiten bzw. Signalfanken ungünstig verzögert sein. In Folge können Teile der digitalen Signalverarbeitung und/oder Regelung, beispielsweise eine Zustandsmaschine (endlicher Automat, "Finite State Machine", FSM), ungewollte Zustände und/oder von vornherein ausgeschlossene Zustände annehmen.

[0039] Dadurch, dass der Referenzwert unter Berücksichtigung der sicherheitskritischen Bauteile gewählt wird, kann das Problem einer unterversorgten (Leistungs-) Elektronik der Elektrowerkzeugmaschine vermieden werden. Dies ist insbesondere darin begründet, dass der Spannungseinbruch, der zu der Unterversorgung und somit zu dem undefinierten Zustand der Elektronik und gegebenenfalls einer Kettenreaktion, die zur (thermischen) Zerstörung der Elektrowerkzeugmaschine oder deren Komponenten führt, nicht mehr auftreten kann. Der Spannungseinbruch wird erfasst und dem Problem der zu hohen Stromentnahme durch ein Begrenzen der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine bereits vor Erreichen einer kritischen Versorgungsspannung (z. B. dem Referenzwert) umgehend entgegenge wirkt.

[0040] In einer Weiterbildung der Erfindung kann auch vorgesehen sein, dass der Referenzwert auf Basis des physikalischen Zusammenhangs zwischen der Versorgungsspannung, einem Innenwiderstand (bzw. einer Impedanz) der Akkuzellenanordnung und einem Versorgungsstrom bestimmt wird, um den maximal zulässigen Versorgungsstrom vorzugeben, bis zu dem die Elektrowerkzeugmaschine nicht überlastet wird.

[0041] Aufgrund des Zusammenhangs

$$U = R_i \times I_{\max}$$

mit

U = Versorgungsspannung der Akkuzellenanord-

nung;

R_i = Innenwiderstand der Akkuzellenanordnung; und

$I_{\max}$ = maximal zulässiger Versorgungsstrom

lässt sich auf technisch einfachem Weg der Spannungseinbruch bzw. der Schwellenwert / Referenzwert bestimmen, ab dessen Unterschreitung durch die Versorgungsspannung im Verlauf des erfindungsgemäßen Verfahrens die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine begrenzt wird. Der Innenwiderstand der Akkuzellenanordnung kann durch Messung bestimmt werden, auf Basis von Datensignalen der Akkuzellenanordnung bestimmt oder berechnet werden oder unter Kenntnis der verwendeten Akkuzellenanordnung aus einem Speicher, beispielsweise einer "Lookup-Tabelle" ausgelesen werden. Im einfachsten Fall kann auch ein durchschnittlicher Innenwiderstand einer Akkuzellenanordnung vorausgesetzt werden.

[0042] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Referenzwert kleiner ist als eine Entladeschlussspannung der Akkuzellenanordnung.

[0043] Mit der Entladeschlussspannung ist der Grenzwert der Spannung der Akkuzellenanordnung zur Tiefentladung gemeint. Eine Tiefentladung der Akkuzellenanordnung sollte bekanntermaßen vermieden werden, da andernfalls die Akkuzellenanordnung zerstört werden oder an Lebensdauer verlieren kann. Die Bereitstellung eines Tiefentladeschutzes liegt nicht im Bereich der Aufgabe dieser Erfindung. Bei einem belastungsinduzierten Spannungseinbruch bzw. einer Überlastung der Elektrowerkzeugmaschine sinkt die Versorgungsspannung der Akkuzellenanordnung allerdings typischerweise deutlich unter die Entladeschlussspannung ab. Dabei handelt es sich allerdings nur um einen kurzfristigen Einbruch, der nicht mit einer Tiefentladung der Akkuzellenanordnung in Zusammenhang steht, sondern eben mit einer zu hohen Stromentnahme aufgrund von Überlast. Nach Begrenzen der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine wird sich unmittelbar wieder eine Versorgungsspannung einstellen, die über der Entladeschlussspannung der Akkuzellenanordnung liegt (außer die Akkuzellenanordnung ist tatsächlich tiefentladen). Ein Tiefentladeschutz muss somit zum Vermeiden von Fehlerkennungen die Versorgungsspannung der Akkuzellenanordnung über eine relativ lange Zeit beobachten (beispielsweise über mehrere Sekunden). Ein Tiefentladeschutz ist somit ungeeignet zur Erkennung einer Überlastung der Elektrowerkzeugmaschine - und umgekehrt.

[0044] Vorzugsweise kann die Elektrowerkzeugmaschine durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Überlastschutz und gleichzeitig mit einem Tiefentladungsschutz ausgestattet sein. Dadurch, dass das Verfahren zum Überlastschutz einen überlastinduzierten Spannungseinbruch rasch beseitigen kann, kann zudem der Tiefentladeschutz technisch einfach implementiert werden, da eine Fehlerkennung aufgrund des überlastinduzierten Spannungseinbruchs quasi ausgeschlossen werden kann.

[0045] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Referenzwert kleiner ist als 75 % einer Nennspannung der Akkuzellenanordnung, vorzugsweise kleiner ist als 65 % der Nennspannung, besonders bevorzugt kleiner ist als 55 % der Nennspannung, beispielsweise kleiner ist als 45 % der Nennspannung.

[0046] Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Akkuzellenanordnung Lithium-Ionen-Akkuzellen umfasst, die eine Nennspannung von ca. 3,6 Volt aufweisen. Häufig werden zum Betrieb von Elektrowerkzeugmaschinen Akkupacks verwendet, die aus einer Reihenschaltung von fünf Lithium-Ionen-Akkuzellen zusammengesetzt sind, wodurch sich eine Nennspannung des Akkupacks von ca. 18 Volt ergibt - oder 36 Volt bei z. B. zehn in einer Reihenschaltung verbundenen Lithium-Ionen-Akkuzellen. Es kann dann vorgesehen sein, dass der Referenzwert ca. 10 Volt (oder ca. 20 Volt bei den zehn Lithium-Ionen-Akkuzellen) beträgt, während die Entladeschlussspannung des Akkupacks ca. 12,5 Volt (oder 25 Volt bei zehn Lithium-Ionen-Akkuzellen) beträgt.

[0047] Ein Fachmann vermag das zuvor genannte Beispiel ohne Weiteres auf andere Akkuzellenanordnungen zu übertragen. Insbesondere kann es sich bei den Akkuzellen auch um Nickel-Metall-Hybridakkuzellen, Nickel-Kadmium-Akkuzellen oder Bleiakkuzellen handeln. Grundsätzlich ist die Erfindung nicht auf die Verwendung mit einem bestimmten Typ Akkupack/Akkuzellen bzw. einem bestimmten Typ Akkuzellenanordnung begrenzt. Bei den zuvor genannten unterschiedlichen Akkuzellentypen sind insbesondere die Nennspannungen und Entladeschlussspannungen unterschiedlich.

[0048] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Versorgungsspannung im Betrieb der Elektrowerkzeugmaschine kontinuierlich erfasst und mit dem Referenzwert verglichen wird, vorzugsweise durch Verwenden asynchroner Schaltungstechnik und/oder durch Verwenden synchroner Schaltungstechnik mit einer Taktfrequenz größer als 1 Hz, vorzugsweise größer als 1 kHz, besonders bevorzugt größer als 1 MHz, beispielsweise größer als 10 MHz.

[0049] Insbesondere die Verwendung von asynchroner Schaltungstechnik kann zu einer besonders einfachen Implementierung führen. Beispielsweise kann ein gesteuerter Schalter vorgesehen sein, der sich automatisch öffnet, wenn die erfasste Versorgungsspannung kleiner ist als der Referenzwert. Beispielsweise kann ein MOSFET vorgesehen sein, dessen Schwellenspannung entsprechend gewählt oder eingestellt ist. Sobald sich die Versorgungsspannung der Akkuzellenanordnung dann wieder regeneriert (weil der gesteuerte Schalter durch Unterversorgung abgeschaltet hat), wird der Schalter automatisch wieder geschlossen und die Elektrowerkzeugmaschine weiterversorgt. Hierdurch kann mit einfachsten Mitteln ein sich selbst regulierendes System bereitgestellt werden.

[0050] Es kann aber auch vorgesehen sein, das Verfahren zum Überlastschutz in einer synchronen Schal-

tung, beispielsweise einer Zustandsmaschine oder einem sonstigen synchronen Schaltwerk, zu implementieren. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Versorgungsspannung der Akkuzellenanordnung in regelmäßigen Zeitabständen erfasst und mit dem Referenzwert verglichen wird. Vorzugsweise werden kurze Zeitintervalle gewählt. Beispielsweise kann die Versorgungsspannung der Akkuzellenanordnung in Intervallen geringer als 1 s, <100 ms, <10 ms, <1 ms, <100 µs, <10 µs, <1 µs oder in noch kürzeren Zeitintervallen erfolgen.

[0051] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine begrenzt wird, indem die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine unterbrochen wird, vorzugsweise für ein definiertes Zeitintervall.

[0052] Bereits eine kurze Unterbrechung der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine kann dazu führen, dass sich die Akkuzellenanordnung regeneriert und der Spannungseinbruch zunächst beseitigt wird.

[0053] Es kann auch vorgesehen sein, dass die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine durch ein Verfahren zur Leistungsbegrenzung oder Strombegrenzung begrenzt wird, vorzugsweise durch ein Pulsmodulationsverfahren.

[0054] Die Erfindung betrifft auch eine akkubetriebene Elektrowerkzeugmaschine mit einer Überlastschutzvorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Überlastschutz gemäß der vorstehenden Ausführungen, wobei die Überlastschutzvorrichtung zumindest die folgenden Komponenten umfasst:

- eine Einrichtung zum Erfassen einer Versorgungsspannung einer mit der Elektrowerkzeugmaschine zur Energieversorgung verbundenen Akkuzellenanordnung;
- eine Komparatorschaltung zum Vergleichen der erfassten Versorgungsspannung mit wenigstens einem Referenzwert; und
- eine Schalteinrichtung zum Begrenzen der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine.

[0055] Merkmale und Vorteile, die bereits im Zusammenhang mit dem Verfahren zum Überlastschutz vorstehend beschrieben wurden, können von einem Fachmann ohne Weiteres auf die akkubetriebene Elektrowerkzeugmaschine übertragen werden - und umgekehrt.

[0056] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Einrichtung zum Erfassen der Versorgungsspannung als Spannungsmessgerät ausgebildet ist und/oder dazu ausgebildet ist, einen Zahlenwert der Versorgungsspannung der Akkuzellenanordnung von einer Datenschnittstelle der Akkuzellenanordnung (analog und/oder digital) auszulesen.

[0057] Die Erfassung der Versorgungsspannung über ein Spannungsmessgerät kann an einer beliebigen Stelle innerhalb der Elektrowerkzeugmaschine und/oder innerhalb der Akkuzellenanordnung vorgesehen sein. Dabei kann auch vorgesehen sein, dass ein von der Ver-

sorgungsspannung abhängiger Spannungswert, beispielsweise eine Spannung an einem Knoten innerhalb eines Spannungsteilers etc. gemessen wird und anschließend auf den tatsächlichen Zahlenwert der Versorgungsspannung umgerechnet wird.

[0058] Zumeist umfasst ein zeitgemäßes Akkupack ein integriertes Batterie-Management-System (BMS) sowie eine Datenschnittstelle. Das BMS dient der Überwachung und/oder Regelung des Akkupacks, wird teilweise auch als "Power-Management-System" (PMS) bezeichnet, und überträgt meist in analoger und/oder digitaler Weise Daten über den Zustand (beispielsweise Ladezustand bzw. Versorgungsspannung und/oder Temperaturstatus) und/oder die Bauart bzw. charakteristische Parameter (zum Beispiel Nennspannung, Ladeschlussspannung und/oder Identifikationsdaten) des jeweiligen Akkupacks. Somit kann die Einrichtung zum Erfassen der Versorgungsspannung derartige Datensignale zum Erfassen der Versorgungsspannung auswerten bzw. heranziehen.

[0059] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Schalteinrichtung als gesteuerter Schalter ausgebildet ist und/oder eine steuerbare Strombegrenzung umfasst. Es kann auch mehr als ein gesteuerter Schalter vorgesehen sein, beispielsweise können zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht oder mehr gesteuerte Schalter vorgesehen sein, die z. B. zu einer Schaltbrücke zusammengeschaltet sind.

[0060] Wie betreffend das Verfahren zum Überlastschutz bereits ausgeführt, kann die Schalteinrichtung die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine für ein definiertes Zeitintervall unterbrechen, beispielsweise durch Öffnen eines gesteuerten Schalters, oder anderweitig begrenzen, beispielsweise durch ein Pulsmodulationsverfahren, insbesondere ein Pulsweitenmodulationsverfahren.

[0061] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Überlastschutzvorrichtung und/oder wenigstens eine Komponente der Überlastschutzvorrichtung als digitale Schaltung ausgebildet ist oder sind, beispielsweise als Mikroprozessor, als anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), als programmierbare digitale Schaltung, beispielsweise als "Field Programmable Gate Array" (FPGA) oder programmierbare logische Anordnung (PLA) und/oder in der Art von auf einer Leiterplatte angeordneten und miteinander verbundenen elektrischen Bauteilen, insbesondere diskreten elektrischen Bauelementen.

[0062] Mit diskreten elektrischen Bauelementen sind beispielsweise Widerstände, Kapazitäten bzw. Kondensatoren, Induktivitäten bzw. Spulen und/oder Dioden, sowie aktive Bauelemente, wie Transistoren, bis hin zu integrierten Schaltungen, gemeint.

[0063] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Überlastschutz kann vollständig digital ausgeführt werden, wobei vorhandene Einrichtungen zur Überwachung der Versorgungsspannung und vorhandene Schalteinrichtungen, beispielsweise Schutzschalter, verwendet wer-

den. Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise in einem vorhandenen Mikroprozessor implementiert werden und beispielsweise als Softwareupdate nachträglich in eine vorhandene Elektrowerkzeugmaschine integriert werden.

[0064] In einer Weiterbildung der Erfindung kann auch vorgesehen sein, dass die Überlastschutzvorrichtung ausgebildet ist, um mehrere parallele Verfahren zum Überlastschutz gemäß der vorstehenden Beschreibung durchzuführen, insbesondere um mehr als eine Versorgungsspannung zu erfassen und/oder um mehr als einen Referenzwert heranzuziehen.

[0065] Beispielsweise kann die Versorgungsspannung an mehreren Stellen innerhalb der Elektrowerkzeugmaschine gesondert überwacht werden. Es kann beispielsweise eine Überwachung direkt an der Akkuzellenanordnung, direkt an dem Elektromotor und/oder an leistungselektrischen Bauteilen vorgesehen sein.

[0066] Es kann dann ein gemeinsamer Referenzwert vorgesehen sein oder jeweils ein Referenzwert für jede überwachte Versorgungsspannung, der in Abhängigkeit der jeweiligen Belastbarkeit der entsprechenden (überwachten) Komponenten bestimmt ist.

[0067] Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um ein Verfahren gemäß der vorstehenden Beschreibung durchzuführen, wenn das Programm auf einem Mikroprozessor, insbesondere als Teil einer Überlastschutzvorrichtung einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine, ausgeführt wird.

[0068] Vorzugsweise ist das erfindungsgemäße Verfahren zum Überlastschutz in einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine ausgeführt bzw. innerhalb der akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine implementiert. Alternativ kann aber auch vorgesehen sein, dass das Verfahren zum Überlastschutz innerhalb der Akkuzellenanordnung ausgeführt wird, und beispielsweise auf dem BMS eines Akkupacks implementiert ist.

[0069] Schließlich kann auch vorgesehen sein, dass das Verfahren zum Überlastschutz in einem Adapter implementiert ist, wobei der Adapter eingangsseitig die Akkuzellenanordnung aufnimmt und ausgangssseitig mit der Elektrowerkzeugmaschine verbunden wird, um die Elektrowerkzeugmaschine über die Akkuzellenanordnung zu versorgen.

[0070] Es soll an dieser Stelle grundsätzlich betont werden, dass mit Begriffen wie "mit", "umfassend" oder "aufweisend" etc. nicht ausgeschlossen werden soll, dass auch noch zusätzliche Schritte oder Merkmale im Sinne der Erfindung vorgesehen sein können.

[0071] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben.

[0072] Die Figuren zeigen jeweils bevorzugte Ausführungsbeispiele, in denen einzelne Merkmale der vorliegenden Erfindung in Kombination miteinander dargestellt sind. Merkmale eines Ausführungsbeispiels sind auch losgelöst von den anderen Merkmalen des gleichen Ausführungsbeispiels umsetzbar und können demen-

sprechend von einem Fachmann ohne Weiteres zu weiteren sinnvollen Kombinationen und Unterkombinationen mit Merkmalen anderer Ausführungsbeispiele verbunden werden.

5 **[0073]** In den Figuren sind funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0074] Es zeigen schematisch:

10 Figur 1 ein Ablaufdiagramm für das erfindungsgemäße Verfahren;

Figur 2 ein Schaltbild einer erfindungsgemäßen Elektrowerkzeugmaschine mit einer Überlastschutzvorrichtung in einer synchronen Ausführung;

15 Figur 3 ein Schaltbild einer erfindungsgemäßen Elektrowerkzeugmaschine mit einer Überlastschutzvorrichtung in einer asynchronen Ausführung;

20 Figur 4 ein Schaltbild einer erfindungsgemäßen Elektrowerkzeugmaschine mit einer Überlastschutzvorrichtung in einer weiteren Ausführung;

25 Figur 5a ein Beispielszenario eines Spannungs- und eines Stromverlaufs einer überlasteten Elektrowerkzeugmaschine gemäß dem Stand der Technik; und

30 Figur 5b ein Beispielszenario eines Spannungs- und Stromverlaufs einer erfindungsgemäßen Elektrowerkzeugmaschine.

35 **[0075]** In Figur 1 ist ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt, wie dieses beispielsweise auf einer Zustandsmaschine (endlicher Automat, "Finite State Machine"), beispielsweise zur Ausführung auf einem Mikroprozessor 1 oder einer sonstigen digitalen Schaltung, implementiert werden kann.

[0076] Das Verfahren zum Überlastschutz einer erfindungsgemäßen akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine 2 (vgl. Figuren 2 bis 4) umfasst dabei zumindest die drei Schritte (a), (b) und (c). Das Verfahren kann auf Basis asynchroner und/oder synchroner Schaltungstechnik realisiert sein.

[0077] In einem ersten Schritt (a) wird die Versorgungsspannung U einer Akkuzellenanordnung 3 (vgl. Figuren 2 bis 4) erfasst, die zur Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine 2 mit der Elektrowerkzeugmaschine 2 verbunden ist.

[0078] In einem zweiten Schritt (b) wird die erfasste Versorgungsspannung U mit einem Referenzwert U_{REF} verglichen, um einen belastungsinduzierten Spannungseinbruch ΔU (vgl. Figuren 5a und 5b) der Versorgungsspannung U zu erkennen. Wenn detektiert wird, dass die Versorgungsspannung U größer oder gleich dem Referenzwert ist, wird das Verfahren zum Überlastschutz beendet.

renzwert U_{REF} ist, kann das Verfahren wieder von vorn beginnen bzw. abermals die Versorgungsspannung U in Schritt (a) erfasst werden. Das Verfahren kann somit zyklisch durchgeführt werden bzw. die Versorgungsspannung U kann im Betrieb der Elektrowerkzeugmaschine 2 beispielsweise kontinuierlich erfasst und anschließend mit dem Referenzwert U_{REF} verglichen werden.

[0079] Wird im zweiten Schritt (b) hingegen erkannt, dass die Versorgungsspannung U kleiner ist als der Referenzwert U_{REF} , wird in einem dritten Schritt (c) die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine 2 begrenzt. Bei dem Referenzwert U_{REF} kann es sich also um einen Schwellenwert bzw. eine Schwellenspannung handeln, die als Ausführungsbedingung für die Begrenzung der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine 2 in Schritt (c) dient. Anschließend kann das Verfahren wieder von vorn - mit Schritt (a) - beginnen.

[0080] Die Schritte (a) und (b) können auch in einem gemeinsamen Schritt implementiert sein. Ebenso können die Schritte (b) und (c) oder alle Schritte (a), (b) und (c) in einem gemeinsamen Schritt implementiert sein.

[0081] Der Referenzwert U_{REF} kann in einem flüchtigen oder nichtflüchtigen Datenspeicher der Elektrowerkzeugmaschine 2 abgelegt bzw. gespeichert sein und/oder bei Bedarf (neu) berechnet werden.

[0082] Es kann vorgesehen sein, dass der Referenzwert U_{REF} auf Basis einer Mindestspannung U_{MIN} bestimmt wird, die zum fehlerfreien Betrieb elektrischer Bauteile der Elektrowerkzeugmaschine 2, insbesondere sicherheitskritischer Bauteile, erforderlich ist. Beispielsweise kann es sich bei der Mindestspannung U_{MIN} um die Schwellenspannung von MOSFETs der Leistungselektronik 4 (vgl. Figuren 2 bis 4) der Elektrowerkzeugmaschine 2 handeln.

[0083] Es kann auch vorgesehen sein, dass der Referenzwert U_{REF} auf Basis des physikalischen Zusammenhangs zwischen der Versorgungsspannung U , einem Innenwiderstand R_{IN} der Akkuzellenanordnung 3 und dem maximal zulässigen Versorgungsstrom I_{MAX} berechnet wird, bis zu dem die Elektrowerkzeugmaschine 2 nicht überlastet ist.

[0084] Beispielsweise kann der Referenzwert U_{REF} kleiner sein als eine Entladeschlussspannung der Akkuzellenanordnung 3. Die Entladeschlussspannung kann beispielsweise ca. 70% der Nennspannung betragen (z. B. 12,5 Volt bei einer Nennspannung von ca. 18 Volt).

[0085] Der Referenzwert U_{REF} kann kleiner sein als 75 % einer Nennspannung der Akkuzellenanordnung 3, beispielsweise kleiner als 65 % der Nennspannung, kleiner als 55 % der Nennspannung oder kleiner als 45 % der Nennspannung.

[0086] Figur 2 zeigt einen Schaltplan in einer ersten Ausführung. Dargestellt sind die Schaltskizze einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine 2 und eine Schaltskizze einer Akkuzellenanordnung 3.

[0087] Die Akkuzellenanordnung 3 ist im Ausführungsbeispiel als einzelnes Akkupack 3.1 ausgebildet, in dem mehrere Akkuzellen 5 seriell miteinander verschaltet

sind. Die Nennspannung des Akkupacks 3.1 entspricht somit im Wesentlichen der Summe der Nennspannung der einzelnen Akkuzellen 5. Vorzugsweise werden Lithium-Ionen-Akkuzellen 5 verwendet. Die Nennspannung des Akkupacks 3.1 beträgt beispielsweise 18 Volt (z. B. bei fünf Lithium-Ionen-Akkuzellen 5 in Reihenschaltung) oder 36 Volt (z. B. bei zehn Lithium-Ionen-Akkuzellen 5 in Reihenschaltung). Selbstverständlich kann eine beliebige Akkuzellenanordnung 3, beispielsweise auch eine Gruppe bestehend aus mehreren Akkupacks 3.1, vorgesehen sein.

[0088] Die dargestellte Elektrowerkzeugmaschine 2 umfasst einen Verbraucher M, vorliegend einen Elektromotor M, der von einer Leistungselektronik 4 betrieben bzw. geregelt wird. Durch einen Betriebsschalter 6 kann ein Benutzer die Elektrowerkzeugmaschine 2 nach Bedarf in Betrieb nehmen, wodurch der elektrische Stromkreis zwischen dem Akkupack 3.1 und dem Elektromotor M geschlossen werden kann.

[0089] Die Elektrowerkzeugmaschine 2 umfasst ferner eine erfindungsgemäße Überlastschutzvorrichtung 7 zur Durchführung eines Verfahrens zum Überlastschutz.

[0090] Die Überlastschutzvorrichtung 7 weist eine Einrichtung 8 zum Erfassen einer Versorgungsspannung U des mit der Elektrowerkzeugmaschine 2 zur Energieversorgung verbundenen Akkupacks 3.1 auf. Dabei ist die Einrichtung 8 zum Erfassen der Versorgungsspannung U als Spannungsmessgerät V ausgebildet und erfasst messtechnisch die Versorgungsspannung U des Akkupacks 3.1 zwischen den Klemmen bzw. Knoten U_{DD} und GND an einer Akkupackschnittstelle 9 der Elektrowerkzeugmaschine 2.

[0091] Die Überlastschutzvorrichtung 7 weist ferner eine Komparatorschaltung 10 zum Vergleich der erfassten Versorgungsspannung U mit dem Referenzwert U_{REF} auf. Die Komparatorschaltung 10 ist im vorliegenden Beispiel in einem Mikroprozessor 1 implementiert. Das Verfahren zum Überlastschutz wird dadurch unter Verwendung synchroner Schaltungstechnik mit einer definierten Taktfrequenz betrieben. Die Taktfrequenz wird bestimmt durch das Taktsignal CLK. Die Taktfrequenz kann grundsätzlich beliebig sein, ist vorzugsweise aber größer als 1 Hz, beispielsweise größer als 1 kHz, größer als 1 MHz oder größer als 10 MHz.

[0092] Die Einrichtung 8 zum Erfassen der Versorgungsspannung U erfasst die Versorgungsspannung U vorliegend allerdings asynchron. Die erfasste Versorgungsspannung U wird dann gemäß der Taktung der Komparatorschaltung 10 zu bestimmten Zeiten, beispielsweise jede Millisekunde, zum Vergleich herangezogen.

[0093] Schließlich weist die Überlastschutzvorrichtung 7 eine Schalteinrichtung 11 zum Begrenzen der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine 2 auf. Dabei kann es sich um eine steuerbare Strombegrenzung bzw. Leistungsbegrenzung handeln. Vorzugsweise kann ein Pulsweitenmodulationsverfahren verwendet werden. Die Schalteinrichtung 11 zum Begrenzen der Energie-

versorgung ist dabei im Versorgungspfad des Elektromotors M angeordnet und vermag im Falle einer Überlastung der Elektrowerkzeugmaschine 2, beispielsweise wenn der Elektromotor M feststeht, den Stromfluss zu dem Elektromotor M zu begrenzen oder abzuschalten.

[0094] In Figur 3 ist ein Schaltplan betreffend eine zweite Ausführung der Erfindung dargestellt.

[0095] Merkmale, die bereits im Zusammenhang mit einer vorhergehenden Ausführung bzw. einer vorhergehenden Figur beschrieben wurden, werden nachfolgend nicht abermals ausführlich behandelt. Dies gilt auch für nachfolgende Figuren.

[0096] Abermals ist die Akkuzellenanordnung 3 als einzelnes Akkupack 3.1 ausgebildet. In dieser Ausführung umfasst das Akkupack 3.1 allerdings bereits selbst ein Spannungsmessgerät V zum Erfassen der Versorgungsspannung U. Üblicherweise ist ein Batterie-Management-System (BMS) in einem Akkupack 3.1 vorgesehen, um Parameter des Akkupacks 3.1 auszuwerten und/oder zu regeln. Das BMS kann auch die Spannungsmessung vornehmen. Die innerhalb des Akkupacks 3.1 messtechnisch erfasste Versorgungsspannung U wird anschließend über eine Datenschnittstelle 12 des Akkupacks 3.1 an die Elektrowerkzeugmaschine 2 übergeben. Vorliegend ist die Einrichtung 8 zum Erfassen der Versorgungsspannung U der Überlastschutzvorrichtung 7 somit ausgebildet, um einen Zahlenwert der Versorgungsspannung U des Akkupacks 3.1 von der Datenschnittstelle 12 des Akkupacks 3 auszulesen.

[0097] Die in dem Akkupack 3.1 erfasste Versorgungsspannung U wird im vorliegenden Beispiel wie vorher zwischen den Knoten U_{DD} und GND aufgenommen (bzw. an den korrespondierenden Knoten innerhalb des Akkupacks 3.1). Alternativ kann die Versorgungsspannung U aber auch durch Messung an den Klemmen der Akkuzellen 5 bestimmt werden, z. B. durch Messen aller Einzelspannungen der Akkuzelle 5 und anschließende Summenbildung. Es kann auch vorgesehen sein, dass nur eine Einzelspannung einer Akkuzelle 5 oder ein Teil der Einzelspannungen bestimmt wird, wonach näherungsweise die Versorgungsspannung U bestimmt wird.

[0098] Im Gegensatz zur Ausführung der Figur 2 ist die Komparatorschaltung 10 vorliegend durch asynchrone Schaltungstechnik ausgebildet. Es ist kein Taktsignal CLK vorgesehen. Sobald die erfasste Versorgungsspannung U den Referenzwert U_{REF} unterschreitet, wird ein digitales Steuersignal y erzeugt, um die Schalteinrichtung 11 zum Begrenzen der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine 2 zu veranlassen.

[0099] Vorliegend ist die Schalteinrichtung 11 als gesteuerter Schalter 13 ausgebildet und kann von dem Steuersignal y direkt angesteuert werden. Die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine 2 wird vorliegend also begrenzt, indem die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine 2 unterbrochen wird - zumindest bis sich die Versorgungsspannung U des Akkupacks 3.1 wieder auf einen Wert regeneriert hat, der über dem Referenzwert U_{REF} liegt.

[0100] Es kann grundsätzlich auch in dieser Ausführung vorgesehen sein, dass die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine 2 für ein definiertes Zeitintervall unterbrochen wird, das beispielsweise länger ist als die Zeit, die die Versorgungsspannung U des Akkupacks 3.1 benötigt, um sich wieder zu regenerieren. Hierdurch kann eine unverhältnismäßige Beanspruchung bzw. können übermäßige Schaltvorgänge der Überlastschutzvorrichtung 7 vermieden werden.

[0101] In Figur 4 ist eine weitere Ausführung der Erfindung als Schaltplan stark schematisch dargestellt. Es handelt sich grundsätzlich um die einfachste Realisierung des Verfahrens bzw. der Überlastschutzvorrichtung 7 der Elektrowerkzeugmaschine 2.

[0102] Beispielhaft sind in dieser Ausführung zwei Akkupack 3.1 dargestellt, die in zwei Akkupackschnittstellen 9 der Elektrowerkzeugmaschine 2 aufgenommen und zu einer Reihenschaltung verbunden sind. Die für den Betrieb der Elektrowerkzeugmaschine 2 relevante Versorgungsspannung U liegt demnach wieder zwischen den Knoten bzw. Klemmen U_{DD} und GND an. Auch eine Parallelschaltung der Akkupacks 3.1 wäre selbstverständlich möglich.

[0103] Die Akkuzellenanordnung 3 kann, insbesondere bei Verwendung von zwei oder mehr Akkupacks 3.1, auch über eine Adapteranordnung und/oder eine Kabelverbindung mit der Elektrowerkzeugmaschine 2 über eine einzige Akkupackschnittstelle 9 verbunden sein.

[0104] Im Beispiel der Figur 4 sind die Einrichtung 8 zum Erfassen der Versorgungsspannung U, die Komparatorschaltung 10 zum Vergleichen der erfassten Versorgungsspannung U mit dem Referenzwert U_{REF} und die Schalteinrichtung 11 zum Begrenzen der Energieversorgung einteilig bzw. funktional zusammengefasst ausgebildet. Bei der Überlastschutzvorrichtung 7 in der Ausführung der Figur 4 kann es sich beispielsweise um ein elektrisches Bauteil handeln, das bei Unterschreiten einer gewissen (definierten) Eingangsspannung einen Schaltvorgang, insbesondere einen Ausschaltvorgang, vornimmt. Sobald also dessen Eingangsspannung, vorliegend also die Versorgungsspannung U, unter einen definierten Schwellenwert (also z. B. den Referenzwert U_{REF}) absinkt, wird der Stromkreis unterbrochen; sobald sich die Versorgungsspannung U ausreichend regeneriert hat, wird die Versorgung - umgehend oder verzögert - wieder aufgenommen. Dies kann auch in mehreren Stufen, also z. B. unter Verwendung mehrerer Referenzwerte, oder auch stufenlos bzw. in analoger Weise geschehen.

[0105] Grundsätzlich kann die Überlastschutzvorrichtung 7 und/oder wenigstens eine Komponente der Überlastschutzvorrichtung 7 als digitale Schaltung ausgebildet sein, beispielsweise als Mikroprozessor 1, als anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), als programmierbare digitale Schaltung und/oder in der Art von auf einer Leiterplatte angeordneten und miteinander verbundenen elektrischen Bauteilen. Es kann auch eine gemischt analoge und digitale Schaltung vorgesehen

sein.

[0106] Die Versorgungsspannung U kann, wie bereits angedeutet, grundsätzlich an einer beliebigen Stelle innerhalb der Elektrowerkzeugmaschine 2 oder innerhalb der Akkuzellenanordnung 3 bzw. des wenigstens einen Akkupacks 3.1 erfasst werden. Die Erfassung der Versorgungsspannung U muss nicht zwangsläufig an den Versorgungsklemmen U_{DD} , GND der Akkupackschnittstelle 9 der Elektrowerkzeugmaschine 2 vorgesehen sein.

[0107] Es kann auch vorgesehen sein, dass die Überlastschutzvorrichtung 7 ausgebildet ist, mehrere genannte Verfahren durchzuführen. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass mehr als eine Versorgungsspannung U erfasst wird und/oder mit mehr als einem Referenzwert U_{REF} verglichen wird.

[0108] Um den Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Überlastschutz im Vergleich mit einem Überlastschutz aus dem Stand der Technik darzustellen, ist in Figur 5a der Verlauf der Versorgungsspannung U und des Versorgungsstroms I einer Elektrowerkzeugmaschine 2 über die Zeit t mit einem herkömmlichen Überlastschutz dargestellt. Figur 5b zeigt entsprechende beispielhafte Verläufe, wenn das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt wird.

[0109] Bis zum Zeitpunkt t_1 befindet sich das System bzw. die Elektrowerkzeugmaschine 2 im Leerlauf bzw. ist noch abgeschaltet. Es wird kein Versorgungsstrom I von der Elektrowerkzeugmaschine 2 verbraucht - bis auf zu vernachlässigenden Standby-Strom. Die Versorgungsspannung U befindet sich aufgrund des Leerlaufs über der Nennspannung eines verwendeten Akkupacks 3.1. Vorliegend beläuft sich die Nennspannung beispielhaft auf 18 Volt.

[0110] Zum Zeitpunkt t_1 wird die Elektrowerkzeugmaschine 2 in Betrieb genommen und durchläuft bis zum Zeitpunkt t_2 einen Anlaufvorgang. Im Anschluss, bis zum Zeitpunkt t_3 , wird die Elektrowerkzeugmaschine 2 im Normalbetrieb verwendet bzw. es wird mit der Elektrowerkzeugmaschine 2 gearbeitet. Der Versorgungsstrom I und die Versorgungsspannung U haben sich auf einen stabilen Wert eingestellt, der der Komplexität der mit der Elektrowerkzeugmaschine 2 durchgeführten Arbeiten entspricht.

[0111] Zum Zeitpunkt t_3 tritt nun allerdings eine Situation auf, aufgrund derer die Elektrowerkzeugmaschine 2 einen übermäßigen Bedarf an Versorgungsstrom I zeigt. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn ein Werkzeug der Elektrowerkzeugmaschine 2 in einem zu bearbeitenden Werkstück feststeckt und somit der Elektromotor M stillsteht. Dieses Problem ist z. B. bei Bohrmaschinen oder Sägen bekannt.

[0112] Betrachtet man nun die Kurven der Figur 5a, so zeigt sich, dass gleichzeitig mit dem Anstieg des Versorgungsstroms I die Versorgungsspannung U in Abhängigkeit des Innenwiderstands R_{IN} des Akkupacks 3.1 stark einbricht. Zum Zeitpunkt t_4 ist die Versorgungsspannung U bereits unter die Ladeschlussspannung

(vorliegend beispielsweise 12,5 Volt) und auch unter eine Mindestspannung U_{MIN} (vorliegend beispielsweise 10 Volt) abgefallen, die für einen fehlerfreien Betrieb der elektrischen Bauteile der Elektrowerkzeugmaschine 2, insbesondere deren Leistungs-MOSFETs, gerade noch erforderlich wäre. Der Spannungseinbruch ΔU beträgt über 11 Volt. Die Versorgungsspannung U ist auf ca. 8 Volt abgefallen, wodurch analoge und/oder digitale Schaltungen, beispielsweise die Leistungselektronik 4, die den Elektromotor M regelt, in einen undefinierten Zustand wechselt.

[0113] Die Erfinder haben erkannt, dass die gängigen Verfahren zum Überlastschutz regelmäßig zu spät reagieren, da diese den Versorgungsstrom I über eine gewisse Zeit beobachten müssen, um kurzzeitige Stromspitzen (vgl. z. B. Stromspitze 14 der Figur 5b), die grundsätzlich unschädlich wären, zur Auslösung von Fehlalarmen auszuschließen. Demnach erfolgt das Abschalten des Elektromotors M bzw. dessen Versorgungsstromkreises erst relativ spät, nämlich zum Zeitpunkt t_5 . Insbesondere da zu dieser Zeit die Versorgungsspannung U bereits derart niedrig ist, dass die Funktionalität keiner der Schaltungen der Elektrowerkzeugmaschine 2 mehr sicher gewährleistet sein kann, kann dies bereits zu spät sein. Es ist auch möglich, dass die gängigen Verfahren zum Überlastschutz zu diesem Zeitpunkt ebenfalls nicht mehr funktionstüchtig sind, da auch deren Mindestbetriebsspannung unterschritten wurde.

[0114] Betrachtet man nun die Figur 5b, so wird der Vorteil bei Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens deutlich. Dadurch, dass die Versorgungsspannung U und nicht der Versorgungsstrom I überwacht wird und mit dem Referenzwert U_{REF} (vorliegend entsprechend der Mindestspannung U_{MIN} gleich 10 Volt) verglichen wird, wird ein Unterschreiten der Mindestspannung U_{MIN} rechtzeitig erkannt. Die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine 2 kann beim Erkennen der Unterschreitung des Referenzwerts U_{REF} somit umgehend begrenzt werden. Der Spannungseinbruch ΔU beschränkt sich vorliegend somit auf nur noch ca. 9 Volt. Zu dieser Zeit sind vorzugsweise noch alle elektrischen Bauteile der Elektrowerkzeugmaschine 2, insbesondere deren sicherheitskritischen Bauteile, funktionsbereit; undefinierte Zustände in der Signalverarbeitung sind nicht zu erwarten.

[0115] Wie in Figur 5b erkennbar, kann auch bei Verwendung des erfindungsgemäßen Überlastschutzes noch möglich sein, dass kurze hohe Stromspitzen 14 auftreten. Die Überlastung kann allerdings viel schneller, d. h. bereits zum Zeitpunkt t_4 und nicht erst zum Zeitpunkt t_5 wie im Beispiel der Figur 5a, unterbunden werden. Grundsätzlich kann eine Stromspitze 14 in der Praxis ohnehin unschädlich sein und toleriert werden. Somit ist keine Beschädigung der Elektrowerkzeugmaschine 2 bzw. deren Komponenten zu erwarten.

[0116] Selbstverständlich sind die in den Figuren 5a und 5b dargestellten Zusammenhänge und Zahlenwerte lediglich beispielhaft zu verstehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überlastschutz einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine (2), umfassend die folgenden Schritte:
 - a) Erfassen einer Versorgungsspannung (U) einer Akkuzellenanordnung (3), die zur Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine (2) mit der Elektrowerkzeugmaschine (2) verbunden ist;
 - b) Vergleichen der erfassten Versorgungsspannung (U) mit einem Referenzwert (U_{REF}), um einen belastungsinduzierten Spannungseinbruch (ΔU) zu erkennen;
 - c) Begrenzen der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine (2), wenn die erfasste Versorgungsspannung (U) kleiner ist als der Referenzwert (U_{REF}),

dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzwert (U_{REF}) auf Basis einer Mindestspannung (U_{MIN}) bestimmt wird, die zum fehlerfreien Betrieb elektrischer Bauteile der Elektrowerkzeugmaschine (2), insbesondere sicherheitskritischer Bauteile (4), erforderlich ist.
2. Verfahren zum Überlastschutz nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine (2) unmittelbar begrenzt wird, sobald die erfasste Versorgungsspannung (U) kleiner ist als der Referenzwert (U_{REF}).
3. Verfahren zum Überlastschutz nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Referenzwert (U_{REF}) auf Basis des physikalischen Zusammenhangs zwischen der Versorgungsspannung (U), einem Innenwiderstand (R_{IN}) der Akkuzellenanordnung (3) und einem Versorgungsstrom (I) bestimmt wird, um den maximal zulässigen Versorgungsstrom (I_{MAX}) vorzugeben, bis zu dem die Elektrowerkzeugmaschine (2) nicht überlastet wird.
4. Verfahren zum Überlastschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Referenzwert (U_{REF}) kleiner ist als eine Entladeschlussspannung der Akkuzellenanordnung (3).
5. Verfahren zum Überlastschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Referenzwert (U_{REF}) kleiner ist als 75% einer Nennspannung der Akkuzellenanordnung (3), vorzugsweise kleiner ist als 65% der Nennspannung, besonders bevorzugt kleiner ist als 55% der Nennspannung, beispielsweise kleiner ist als 45% der Nennspannung.
6. Verfahren zum Überlastschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Versorgungsspannung (U) im Betrieb der Elektrowerkzeugmaschine (2) kontinuierlich erfasst und mit dem Referenzwert (U_{REF}) verglichen wird, vorzugsweise durch Verwenden asynchroner Schaltungstechnik und/oder durch Verwenden synchroner Schaltungstechnik mit einer Taktfrequenz größer als 1 Hz, vorzugsweise größer als 1 kHz, besonders bevorzugt größer als 1 MHz, beispielsweise größer als 10 MHz.
7. Verfahren zum Überlastschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine (2) begrenzt wird, indem die Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine (2) unterbrochen wird, vorzugsweise für ein definiertes Zeitintervall.
8. Akkubetriebene Elektrowerkzeugmaschine (2) mit einer Überlastschutzvorrichtung (7) zur Durchführung eines Verfahrens zum Überlastschutz gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Überlastschutzvorrichtung (7) zumindest folgende Komponenten umfasst:
 - eine Einrichtung (8) zum Erfassen einer Versorgungsspannung (U) einer mit der Elektrowerkzeugmaschine (2) zur Energieversorgung verbundenen Akkuzellenanordnung (3);
 - eine Komparatorschaltung (10) zum Vergleichen der erfassten Versorgungsspannung (U) mit wenigstens einem Referenzwert (U_{REF}); und
 - eine Schalteinrichtung (11) zum Begrenzen der Energieversorgung der Elektrowerkzeugmaschine (2).
9. Elektrowerkzeugmaschine (2) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Akkuzellenanordnung (3) als Akkupack (3.1) ausgebildet ist, in dem mehrere Akkuzellen (5) seriell und/oder parallel miteinander verschaltet sind.
10. Elektrowerkzeugmaschine (2) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (8) zum Erfassen der Versorgungsspannung (U) als Spannungsmessgerät (V) ausgebildet ist und/oder dazu ausgebildet ist, einen Zahlenwert der Versorgungsspannung (U) der Akkuzellenanordnung (3) von einer Datenschnittstelle (12) der Akkuzellenanordnung (3) auszulesen.

11. Elektrowerkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Schalteinrichtung (11) als gesteuerter Schalter (13) ausgebildet ist und/oder eine steuerbare Strombegrenzung umfasst. 5
12. Elektrowerkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass 10
 die Überlastschutzvorrichtung (7) und/oder wenigstens eine Komponente der Überlastschutzvorrichtung (7) als digitale Schaltung ausgebildet ist oder sind, beispielsweise als Mikroprozessor (1), als anwendungsspezifische integrierte Schaltung, als programmierbare digitale Schaltung und/oder in der Art von auf einer Leiterplatte angeordneten und miteinander verbundenen elektrischen Bauteilen. 15
13. Elektrowerkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 12, 20
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Überlastschutzvorrichtung (7) ausgebildet ist, um mehrere parallele Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 durchzuführen, insbesondere um 25
 mehr als eine Versorgungsspannung (U) zu erfassen und/oder um mehr als einen Referenzwert (U_{REF}) heranzuziehen.
14. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um 30
 ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Mikroprozessor (1), insbesondere als Teil einer Überlastschutzvorrichtung (7) einer akkubetriebenen Elektrowerkzeugmaschine (2) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 13, ausgeführt wird. 35

40

45

50

55

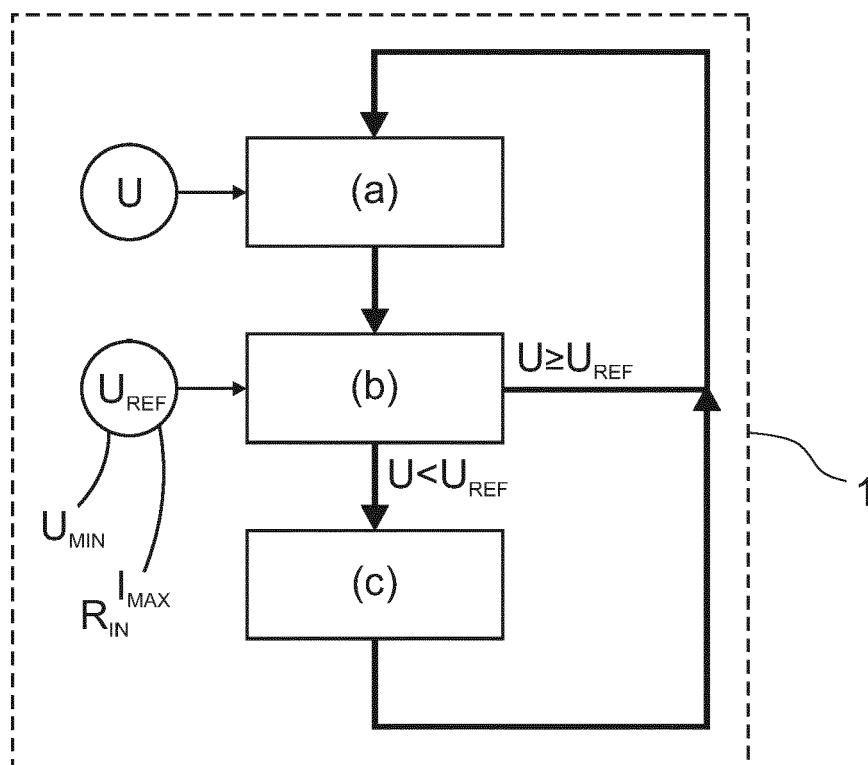


Fig. 1

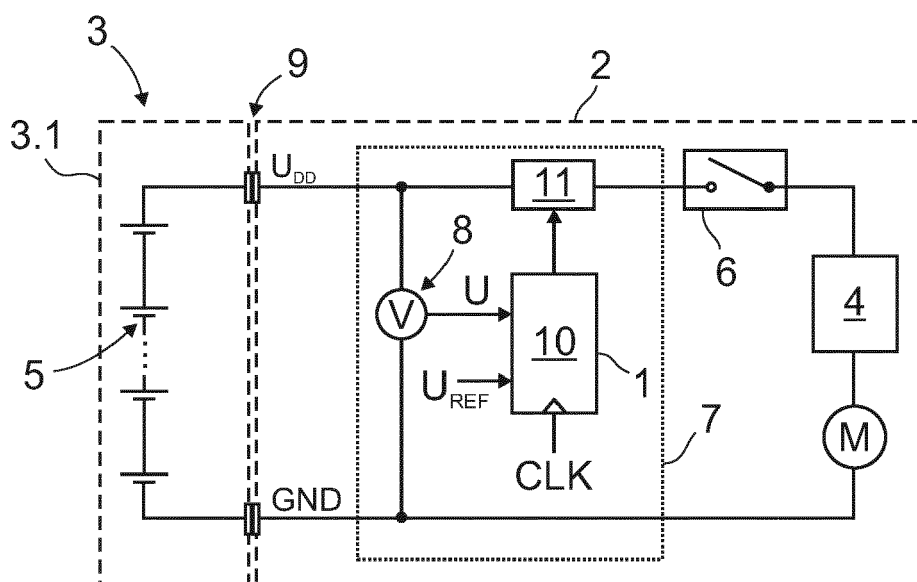


Fig. 2

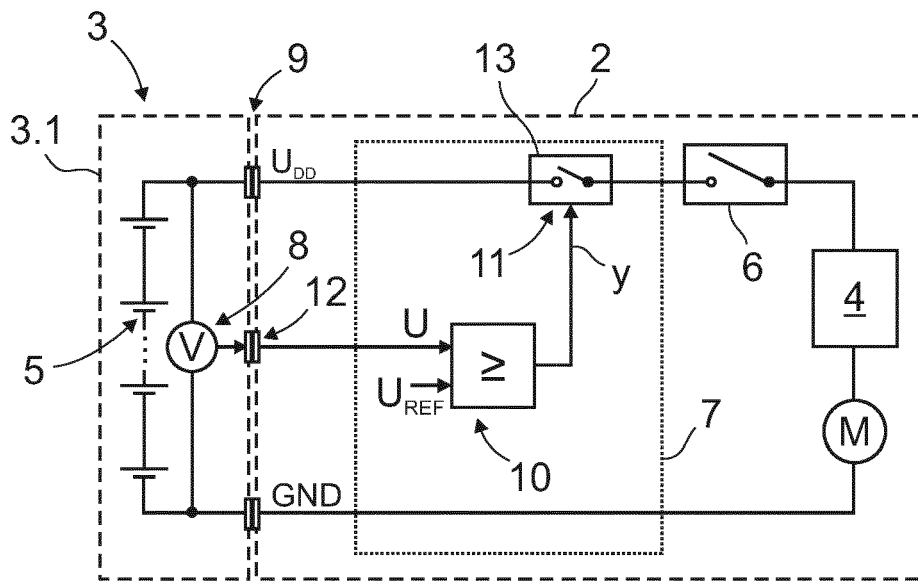


Fig. 3

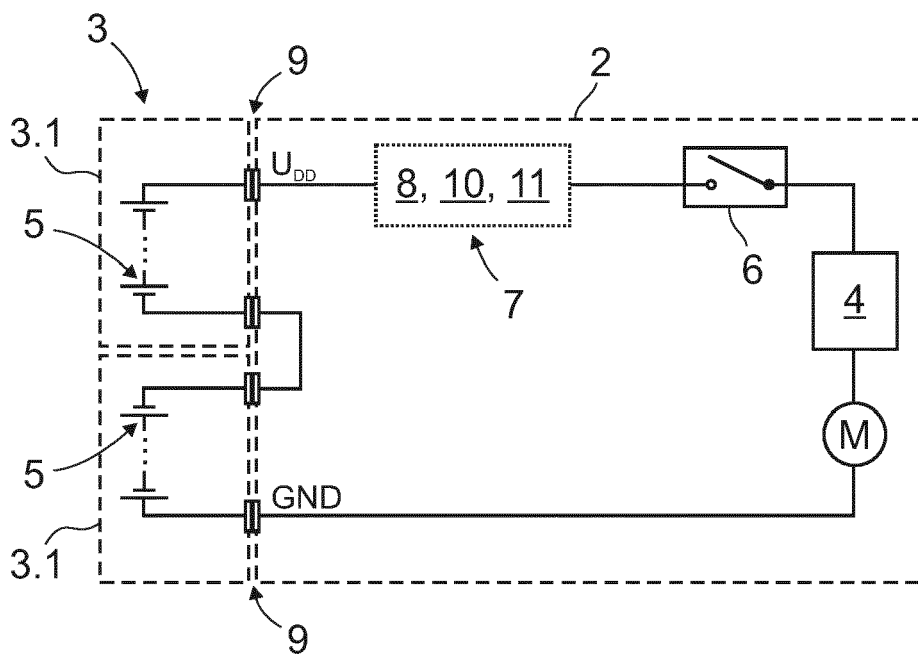
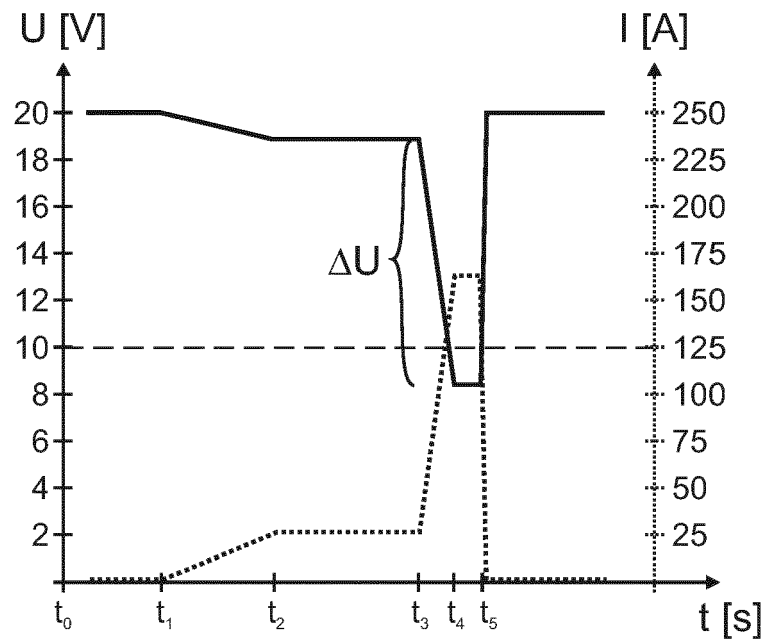


Fig. 4



STAND DER TECHNIK

Fig. 5a

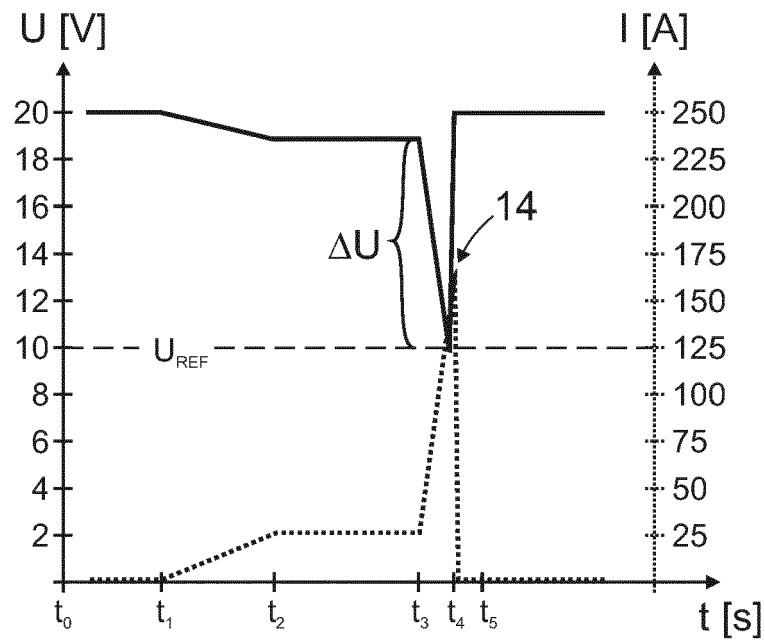


Fig. 5b



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 15 4744

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2016/049636 A1 (TAKANO NOBUHIRO [JP]) 18. Februar 2016 (2016-02-18)	1,2,4-14	INV. B25F5/00
Y	* Absätze [0037] - [0039], [0045] - [0057] *	3	
Y	US 2005/073282 A1 (CARRIER DAVID A [US] ET AL) 7. April 2005 (2005-04-07) * Absätze [0051] - [0055], [0060] - [0062], [0068] - [0070], [7277], [0082], [0087] - [0088], [0099] - [0100], [0107] *	3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B25F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 5. Juli 2018	Prüfer Bonnin, David
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 15 4744

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-07-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2016049636 A1	18-02-2016	CN	105009401 A		28-10-2015
			EP	2978100 A1		27-01-2016
			JP	6098905 B2		22-03-2017
15			JP	W02014148228 A1		16-02-2017
			US	2016049636 A1		18-02-2016
			WO	2014148228 A1		25-09-2014

	US 2005073282 A1	07-04-2005	AU	2004279384 A1		21-04-2005
20			CA	2539217 A1		21-04-2005
			CN	1864300 A		15-11-2006
			EP	1676427 A2		05-07-2006
			TW	200527793 A		16-08-2005
			US	2005073282 A1		07-04-2005
25			US	2008203995 A1		28-08-2008
			WO	2005034604 A2		21-04-2005

30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 102005038225 A1 [0005]
- WO 2012079936 A2 [0007]