



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 658 986 A5

⑤① Int. Cl. 4: A 61 C 1/06
H 02 P 7/14

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 2884/83

㉔ Anmeldungsdatum: 26.05.1983

㉓ Priorität(en): 04.06.1982 DE 3221146

㉒ Patent erteilt: 31.12.1986

㉑ Patentschrift
veröffentlicht: 31.12.1986

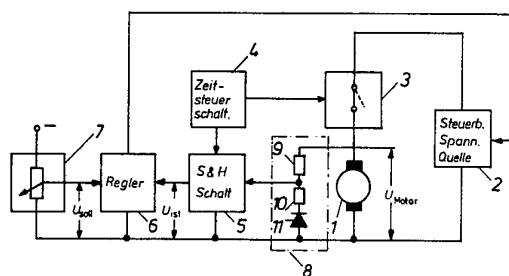
㉑ Inhaber:
Kaltenbach & Voigt GmbH & Co., Biberach/Riss
(DE)

㉒ Erfinder:
Schulz, Gerd, Leutkirch (DE)

㉓ Vertreter:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel

⑤④ **Zahnärztliches Handstück.**

⑤⑦ Für einen Gleichstromnebenschlussmotor in einem zahnärztlichen Handstück wird eine Drehzahl-Folgerregelschaltung vorgeschlagen, für die der Drehzahl-Istwert inform der Motorspannung bei unterbrochenem Motorstrom gewonnen wird. Die Istwert-Spannung wird verzögert zu dem Beginn der Motorstrom-Unterbrechung bis zu deren Ende abgetastet und in einer Abtast- und Speicherschaltung gespeichert. Die Istwert-Spannung wird ausserdem durch ein Amplituden-Verzerrer-Netzwerk so verzerrt, dass grössere Amplitudenwerte mit einer höheren Dämpfung bzw. geringeren Verstärkung übertragen werden als niedrigere Amplitudenwerte.



PATENTANSPRÜCHE

1. Zahnärztliches Handstück mit einem Gleichstromnebenschlussmotor, dessen Drehzahl mittels einer steuerbaren Spannungsquelle veränderbar ist, gekennzeichnet durch eine im Motorstromkreis angeordnete Unterbrecherschaltung (3), eine die Motorspannung abtastende und speichernde Abtast- und Speicherschaltung (5), einen Regler (6) für die steuerbare Spannungsquelle (2), dem als Sollwert eine Steuerspannung und als Istwert der jeweils von der Abtast- und Speicherschaltung (5) gespeicherte Motorspannungswert zugeführt wird, und eine Zeitsteuerschaltung (4), welche die Unterbrecherschaltung (3) wiederholt kurzzeitig zum Unterbrechen des Motorstromes und die Abtast- und Speicherschaltung (5) mit Verzögerung nach Beginn der Unterbrechung des Motorstromes, jedoch vor deren Beendigung zur Abtastung des Motorspannungswertes veranlasst.

2. Zahnärztliches Handstück nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für eine maximale Motorversorgungsspannung von etwa 24 Volt und einen Motorstrom von maximal etwa 5 Ampere bei einem Wiederholungsfrequenzbereich von 10 bis 1000 Hz die Ausschaltzeit für den Motorstrom zwischen 250 und 500 μsec und die Abtastzeit zwischen 5 und 30 μsec beträgt.

3. Zahnärztliches Handstück nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der abgetastete Motorspannungswert in einem Amplitudenverzerrer-Netzwerk (8) so beeinflusst wird, dass grössere Amplitudenwerte mit einer höheren Dämpfung bzw. geringeren Verstärkung übertragen werden als niedrigere Amplitudenwerte.

4. Zahnärztliches Handstück nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Amplitudenverzerrer-Netzwerk (8) aus einer Serienschaltung von zwei Widerständen (9, 10) und einer Diode (11) besteht, der der zu verzerrende abgetastete Motorspannungswert zugeführt wird, und dass der verzerrte Motorspannungswert von der aus einem Widerstand (10) und der Diode (11) bestehenden Teilschaltung abgenommen wird.

5. Zahnärztliches Handstück nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Diode (11) eine Zener-Diode ist.

Die Erfindung betrifft ein zahnärztliches Handstück mit einem Gleichstrom-Nebenschlussmotor, dessen Drehzahl mittels einer steuerbaren Spannungsquelle veränderbar ist.

Zahnärztliche Handstücke mit elektrischen Kleinstmotoren, die als Gleichstromnebenschlussmotor betrieben werden, sind bekannt. Bekanntlich sinkt bei einem Gleichstromnebenschlussmotor die Drehzahl mit der Belastung, wenn die Versorgungsspannung unverändert bleibt. Um dem entgegen zu wirken, hat man für Gleichstromnebenschlussmotoren in zahnärztlichen Handstücken bisher eine Kompensationsschaltung verwendet. Diese Kompensationsschaltung beruhte darauf, den Spannungsabfall über einen im Motorstromkreis befindlichen Widerstand zur Steuerung der steuerbaren Spannungsquelle zu verwenden. Dabei wurde davon ausgegangen, dass bei durch höhere Belastung sinkender Drehzahl der Motorstrom ansteigt und an den Widerstand einen entsprechend höheren Spannungsabfall erzeugt, mittels welchem die Versorgungsspannung für den Motor auf einen höheren Spannungswert gesteuert werden kann. Der höhere Spannungswert führt dann zu einer Wiederanhebung der Drehzahl. Obwohl dieses Prinzip keine echte Drehzahlregelung darstellt, sondern nur zu einer ungefähren Kompensation von Drehzahleinbrüchen infolge Belastungserhöhung (z. B. dann, wenn das zahnärztliche Werkzeug an

den Zahn gelegt wird) führt, war dieses Prinzip bisher für die Praxis ausreichend. Dies u. a. deshalb, weil man sich bisher mit einem Drehzahlbereich von etwa 4000 bis 40 000 (Verhältnis 1 : 10) zufrieden gab. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass die in der Mundhöhle maximal zulässige Spannung, die dann gleich der Versorgungsspannung für den Motor ist, durch gesetzliche Bestimmung nicht höher als 24 Volt sein darf. Die Einstellung der Drehzahl erfolgt durch Steuerung der Spannungsquelle. Geht man von dem vorstehend angegebenen Drehzahl-Bereich von 1 : 10 aus und setzt man voraus, dass die Drehzahl etwa proportional der Versorgungsspannung für den Motor ist, so entsprechen 24 Volt der höchsten und 2,4 Volt der niedrigsten Drehzahl. Der Spannungswert von 2,4 Volt ist noch so hoch, dass er von Störgrössen noch nicht allzu sehr beeinträchtigt wird.

Der Erfindung liegt nunmehr die Aufgabe zugrunde, den Drehzahlbereich wesentlich zu erhöhen, und zwar mindestens auf das Verhältnis 1 : 40, was Drehzahlen von 1000 bis 40 000 U/min entspricht. In diesem Fall würde die Drehzahl von 40 000 U/min der Versorgungsspannung von 24 Volt entsprechen, während für die Drehzahl von 1000 U/min nur noch 0,6 Volt Versorgungsspannung verwendet werden dürften. Bei dem letztgenannten geringen Spannungswert versagt das bisher bekannte Kompensationsprinzip, da hier Störgrössen, wie der Kohlekontakt-Widerstand, Reibungswiderstände der Kugellager, Motorerwärmung usw. zu einer nennenswerten Beeinflussung des Spannungsabfalls am Widerstand führen, so dass dieser kein brauchbares Mass mehr für die Kompensation ist.

Es wäre nun naheliegend, eine echte Drehzahlregelung unter Verwendung eines Tachogenerators anzuwenden, der mit dem Motor gekoppelt ist. Dies ist jedoch aus Platzgründen in dem zahnärztlichen Handstück und auch aus Kostengründen unerwünscht.

Erfindungsgemäss wird deshalb eine Lösung vorgeschlagen, die gekennzeichnet ist durch eine im Motorstromkreis angeordnete Unterbrecherschaltung, eine die Motorspannung abtastende und speichernde Abtast- und Speicherschaltung, einen Regler für die steuerbare Spannungsquelle, dem als Sollwert eine Steuerspannung und als Istwert der jeweils von der Abtast- und Speicherschaltung gespeicherte Motorspannungswert zugeführt wird, und eine Zeitsteuerschaltung, welche die Unterbrecherschaltung wiederholt kurzzeitig zum Unterbrechen des Motorstromes und die Abtast- und Speicherschaltung mit Verzögerung nach Beginn der Unterbrechung des Motorstromes, jedoch vor deren Beendigung zur Abtastung des Motorspannungswertes veranlasst.

Die erfindungsgemässe Lösung geht davon aus, dass der Motor in der Unterbrechungsphase als Generator betrieben wird, wobei die Generator-EMK als Ist-Wert für eine echte Regelungsschaltung verwendet wird. Die Unterbrechung der Motorstromversorgung darf nicht zu lang sein, da der Motor dann an Drehmoment einbüsst. Sie darf auch nicht zu kurz sein, da nach Beginn der Unterbrechung zunächst eine Feldabbau-Phase auftritt, in der die Generator-EMK nicht messbar ist. Aus diesem Grunde muss die Abtastung verzögert erfolgen.

Die erfindungsgemässe Lösung hat den Vorteil, dass auch ohne Verwendung eines Tachogenerators eine echte Drehzahlregelung erfolgt und dass ein grosser Regelbereich bis zu sehr niedrigen Drehzahlen überstrichen werden kann.

Für einen Miniaturmotor der hier betrachteten Art, der eine maximale Motorstromversorgungsspannung von etwa 24 Volt und einen Motorstrom von maximal etwa 5 Ampere hat, wurden als besonders günstig ermittelt ein Wiederholungsfrequenzbereich von 10 bis 1000 Hz, eine Ausschaltzeit

für den Motorstrom zwischen 250 und 500 μsec . und eine Abtastzeit zwischen 5 und 30 μsec .

Den vorstehenden optimalen Bereichen liegen folgende Erkenntnisse zugrunde: Ist die Wiederholungsfrequenz zu klein, so ergeben sich verhältnismässig lange Pausen, in denen die Drehzahl des Motors durch Belastung absinken kann. Die Folge ist, dass der Motor nicht mehr gleichmässig läuft (er ruckelt), und es ist eine einwandfreie Regelung nicht mehr gewährleistet. Ist die Wiederholungsfrequenz zu gross, so muss zur Aufrechterhaltung des für ein bestimmtes Drehmoment notwendigen Mittelwertes der Versorgungsspannung für den Motor die Ausschaltzeit verkürzt werden, was bei Erreichen des unteren Grenzwertes für die Ausschaltzeit dazu führt, dass die Generator-EMK nicht mehr gemessen werden kann, weil die Feldabbauphase noch nicht beendet ist. Ist die Ausschaltzeit zu lang, so büsst der Motor wegen eines zu geringen Mittelwertes der Versorgungsspannung für den Motor an Drehmoment ein. Eine zu kurze Abtastzeit führt dazu, dass der Mittelwert der Istwert-Spannung zu gering wird. Die obere Grenze der Abtastzeit ist durch die Zeitdifferenz zwischen dem Ende der Feldabbauphase und dem Wiedereinschalten des Motorstromes festgelegt.

Als Sollwertgeber wurden bisher Spannungsteiler in Form von linearen Potentiometern (sog. Anlasser) verwendet. Die meisten Zahnarztpraxen sind mit solchen Anlassern bereits ausgerüstet. Bei dem bisherigen Drehzahlbereich von 4000 bis 40 000 U/min war eine ausreichend feinfühligke Einstellung der Drehzahl mit dem Anlasser möglich. Durch die mit der Erfindung erzielte Erhöhung des Drehzahlverhältnisses ist die absolute Drehzahleinstellung bei gleichem Verstellweg des Potentiometers nicht mehr in dem geschilderten feinfühligke Masse möglich. In Weiterbildung der Erfindung wird deshalb vorgeschlagen, dass der abgetastete Motorspannungswert in einem Amplitudenverzerrer-Netzwerk so beeinflusst wird, dass grössere Amplitudenwerte mit einer höheren Dämpfung bzw. geringen Verstärkung übertragen werden als niedrigere Amplitudenwerte. Angestrebt wird eine etwa logarithmische Verzerrung, derart, dass mit etwa dem gleichen Verstellweg an dem Potentiometer, d. h. der gleichen Sollwert-Spannungsänderung etwa die gleiche relative Drehzahländerung bewirkt wird.

Eine einfache Realisierung des Amplitudenverzerrer-Netzwerkes für den vorliegenden Fall kann aus einer Serienschaltung von zwei Widerständen und einer Diode bestehen, der der zu verzerrende abgetastete Motorspannungswert zugeführt wird, wobei der verzerrte Motorspannungswert von der aus einem Widerstand und der Diode bestehenden Teilerschaltung abgenommen wird. Die Diode kann vorzugsweise eine Zener-Diode sein.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 ein Blockschaltbild der Regelschaltung für den Motor;

Fig. 2 die zeitliche Abhängigkeit der Schaltimpulse für die Unterbrecherschaltung und die Abtast- und Speicherschaltung;

Fig. 3 die zeitliche Abhängigkeit der Motorspannung und der Generator-EMK;

Fig. 4 die Abhängigkeit der Drehzahl des Motors von der Sollwertspannung mit und ohne Entzerrer-Netzwerk.

In Fig. 1 erhält der Gleichstromnebenschlussmotor 1, der in einem (nicht dargestellten) zahnärztlichen Handstück untergebracht ist, seine Versorgungsspannung von einer steuerbaren Spannungsquelle 2. In den Versorgungsstromkreis ist eine Unterbrecherschaltung 3 eingeschaltet, die von einer Zeitsteuerschaltung 4 gesteuert ist. Die Unterbrecherschaltung 3 unterbricht den Motorstrom in wiederholter Folge impulsförmig. Die Zeitsteuerschaltung 4 steuert die Unter-

brecherschaltung 3 mit einer Wiederholungsfrequenz von 400 Hz, d. h. die Unterbrechung des Motorstromes erfolgt $400 \times$ in der Sekunde, d. h. mit einem zeitlichen Abstand von 2500 μsec . Der Schaltzustand der Unterbrecherschaltung 3 ist in Fig. 2 in ausgezogenen Linien dargestellt. Die Unterbrechungsdauer ist klein im Verhältnis zum zeitlichen Abstand der Unterbrechungen und beträgt im vorliegenden Fall 300 μsec .

Wie man der Figur 3 entnehmen kann, bricht die unmittelbar über dem Motor 1 stehende Motorspannung mit dem Beginn der Motorstromunterbrechung zusammen und schlägt durch Feldabbau zunächst in eine Gegenspannung mit entgegengesetzter Polarität um, bis sie sich auf einen der Ist-Drehzahl entsprechenden Pegel der gleichen Polarität wie die Motorspannung im nicht-unterbrochenen Zustand einpendelt. Diese niedrige Spannung, die nach der Feldabbauphase während der Zeit auftritt, in der der Motorstrom unterbrochen ist, ist die Generator-EMK, die der nunmehr infolge seiner Trägheit weiterlaufende und als Generator wirkende Motor erzeugt. Diese Generator-EMK ist direkt proportional zur Drehzahl des Motors. Je höher die Drehzahl des Motors ist, desto höher ist die Generator-EMK.

Die Generator-EMK wird nach Beendigung der Feldabbauphase d. h. mit Verzögerung nach dem Beginn der Motorstromunterbrechung durch eine Abtast- und Speicherschaltung 5, im allgemeinen als sog. sample and hold-Schaltung (S&H-Schaltung) bekannt, kurzzeitig abgetastet und dann gespeichert. Der Abtastzeitpunkt und die Abtastdauer werden wiederum durch die Zeitsteuerschaltung 4 bestimmt, die die Abtast- und Speicherschaltung 5 steuert. Jeder neu abgetastete Spannungswert wird gespeichert, der davor gespeicherte Wert wird gelöscht. Die Abtastfrequenz ist die gleiche wie die Unterbrecherfrequenz, also 400 Hz. Die Abtastung erfolgt synchron mit der Stromunterbrechung, und zwar so, dass — wie erwähnt — die Abtastung dann beginnt, wenn die Feldabbauphase beendet ist und gleichzeitig mit der Motorstromunterbrechung endet. Die Abtastdauer ist im vorliegenden Fall 20 μsec . gewählt worden. Sie ist kurz gegenüber der Unterbrecherzeit. Der Schaltzustand der Abtast- und Speicherschaltung ist in Fig. 2 in unterbrochenen Linien dargestellt.

Der von der Abtast- und Speicherschaltung gespeicherte Spannungswert 5 wird einem Regler 6 als Istwert-Spannung zugeführt. Als Sollwert-Spannung wird dem Regler 6 eine von einem sog. Anlasser erzeugte Spannung 7 zugeführt. Der Anlasser 7 ist ein mit dem Fuss, dem Knie oder mit den Fingern verstellbares lineares Potentiometer, das als Spannungsteiler wirkt. Der Regler 6 erzeugt aus dem Vergleich von Sollwert-Spannung und Istwert-Spannung eine Regelspannung, mit der die steuerbare Spannungsquelle 2 geregelt wird. Es handelt sich hierbei um eine Folge-Regelschaltung, die eine Veränderung der Drehzahl des Motors 1 über einen weiten Drehzahl-Bereich durch Verstellung des Anlassers 7 erlaubt, daneben aber die einmal eingestellte Drehzahl auch bei grösseren Belastungsänderungen in hohem Masse konstant hält.

In Figur 4 ist gezeigt, dass mit der Regelschaltung gemäss Figur 1 ein Drehzahlbereich von 1000 bis 40 000 U/min überstrichen werden kann. Dazu ist eine Änderung der Sollwert-Spannung mit dem Anlasser 7 zwischen 1 und 10 Volt notwendig. Um mit gleichen Spannungsänderungsschritten, d. h. gleichen Verstellwegen des Betätigungselementes am Anlasser 7 etwa gleiche relative Drehzahländerungen zu erreichen, ist zwischen dem Motor 1 und die Abtast- und Halteschaltung 5 ein Amplituden-Verzerrernetzwerk 8 eingeschaltet. Dieses besteht aus einer parallel zum Motor 1 geschalteten Serienschaltung aus zwei Widerständen 9 und 10 und einer Zener-Diode 11. Der Spannungswert

für die Abtast- und Speicherschaltung 5 wird von der Teil-Serienschaltung, die aus dem Widerstand 10 und der Zener-Diode 11 gebildet ist, abgenommen. In Figur 4 ist die Wirkung des Amplitudenverzerrer-Netzwerkes erkennbar. Ohne Amplitudenverzerrer-Netzwerk ist die Drehzahl des Motors linear abhängig von der Sollwert-Spannung, mit dem Ampli-

tudenverzerrer-Netzwerk wird dagegen mit den gleichen Sollwert-Spannungsänderungen im unteren Drehzahl-Bereich eine geringere absolute Drehzahländerung erreicht, als im oberen Drehzahl-Bereich. Dadurch ist ein feinfühleres Regeln der Drehzahl für den Zahnarzt möglich.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

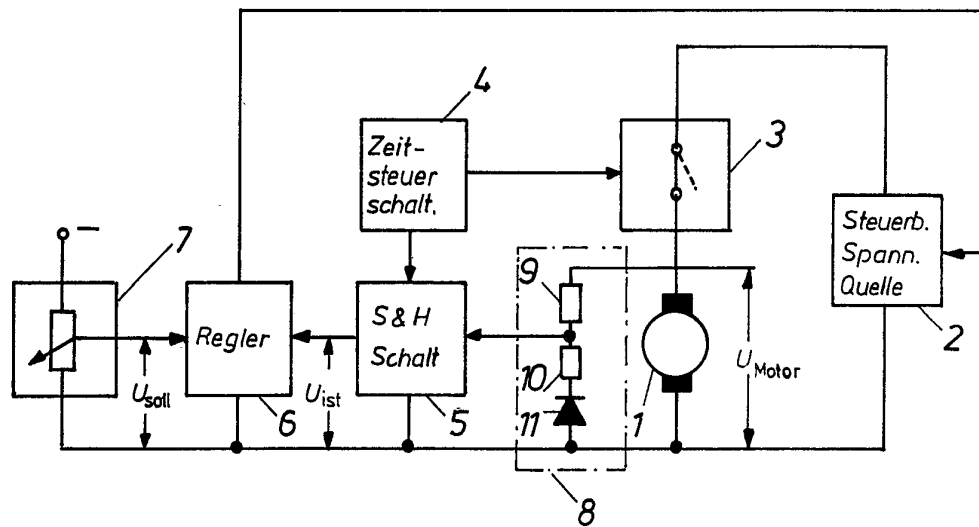


Fig. 1

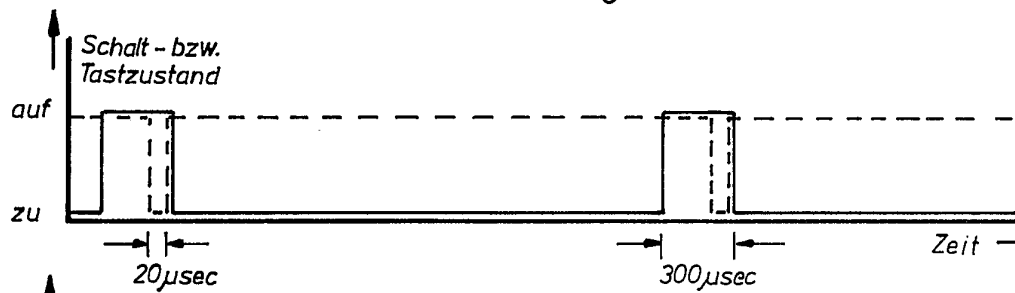


Fig. 2

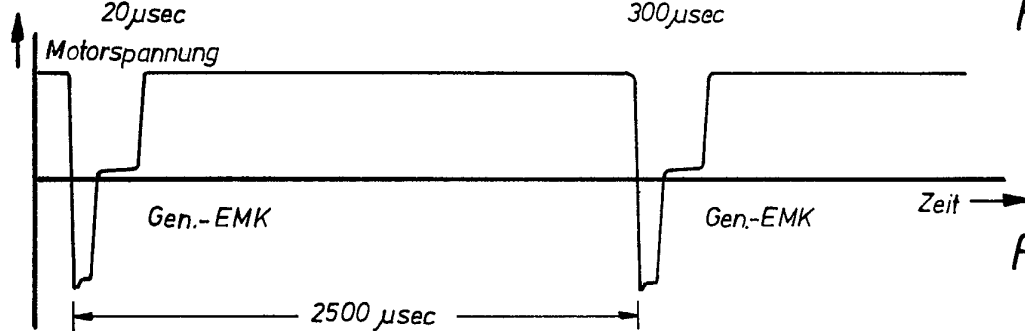


Fig. 3

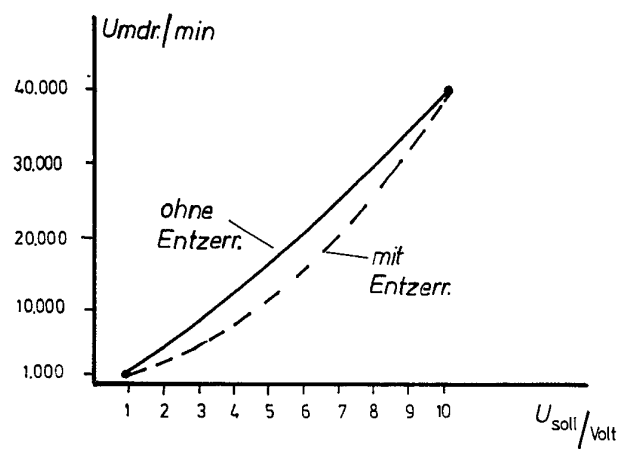


Fig. 4