

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 640 761 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
04.06.1997 Patentblatt 1997/23

(51) Int Cl.⁶: **F02P 3/045**, F02P 15/10,
F02P 3/09, F02P 15/12

(21) Anmeldenummer: **94112180.8**

(22) Anmeldetag: **04.08.1994**

(54) Steuerbare Zündanlage

Controllable ignition system

Dispositif d'allumage commandable

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **25.08.1993 DE 4328524**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.03.1995 Patentblatt 1995/09

(73) Patentinhaber:
• **Volkswagen Aktiengesellschaft**
38436 Wolfsburg (DE)
• **Deutsche Automobilgesellschaft mbH**
38114 Braunschweig (DE)

(72) Erfinder:
• **Ehlers, Karsten, Prof.Dr.**
D-38446 Wolfsburg-Neuhaus (DE)

• **Dömland, Christoph**
D-38442 Wolfsburg (DE)
• **Sprysch, Andreas**
D-38118 Braunschweig (DE)

(74) Vertreter: **Maute, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.**
TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH
Postfach 35 35
74025 Heilbronn (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 444 242 **DE-A- 2 455 536**
DE-A- 3 924 985 **DE-A- 4 237 271**
US-A- 4 230 078 **US-A- 4 998 526**

EP 0 640 761 B1

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

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Zündanlage für Verbrennungskraftmaschinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Eine gattungsbildende Zündanlage ist aus der DE-OS 39 28 726 bekannt, die gegenüber herkömmlichen Zündanlagen, beispielsweise sogenannten Transistor-Zündungen mit ruhender Hochspannungsverteilung, den Vorteil hat, daß kleine und somit kostengünstige Zündspulen einsetzbar sind. Ferner wird gemäß der o. g. Druckschrift die optimale Zündung dadurch sichergestellt, daß sie für die gesamte Brenndauer, unabhängig von der Drehzahl, eingeschaltet bleibt. Eine solche Zündanlage wird als Wechselstrom-Zündanlage bezeichnet, da sie einen bipolaren Funkenbrennstrom erzeugt.

Eine weitere gattungsbildende Zündanlage, die ebenfalls einen bipolaren Funkenbrennstrom erzeugt, ist aus der US 4,998,526 bekannt. Diese bekannte Zündanlage stellt an der Zündkerze einen Funkenbrennstrom zur Verfügung, dessen Höhe und Länge in gewünschter Weise einstellbar sind. Dabei wird der bipolare Funkenbrennstrom mittels eines DC/AC-Inverters erzeugt, der einen Transformator mit einer primärseitigen Mittelanzapfung aufweist. Zur Erzeugung eines Zündfunkens wird ein vorher aufgeladener Kondensator über diese Mittelanzapfung entladen, wobei der dabei erzeugte Funkenbrennstrom dadurch aufrechterhalten wird, daß wechselweise über die primären Teilwindungen Energie zugeführt wird. Die Einstellungen der Brenndauer des Funkenbrennstromes als auch die Einstellung dessen Wertes erfolgt mittels einstellbarer Spannungsteiler.

Weiterhin wird eine vollelektronische Zündanlage in der DE 39 24 985 A1 beschrieben, bei der eine programmierbare Transistorzündung mit einer Hochspannungskondensator-Zündeinrichtung kombiniert wird. Der Grund hierfür besteht darin, daß die eigentliche Zündenergie mit relativ begrenzter Zeitgenauigkeit durch die programmierbare Transistorzündung zur Verfügung gestellt wird, während die Hochspannungskondensator-Zündanlage eine hohe Zeitgenauigkeit bzgl. der Hochspannungsbeaufschlagung der einzelnen Zündspulen aufweist. Bei dieser bekannten Zündanlage wird jedoch kein kontinuierlicher Funkenbrennstrom erzeugt, sondern die Brenndauer besteht aus einer Folge aus Einzelimpulsen, von denen jeder Impuls zu einem Zündfunken führt. Dabei kann die Stromamplitude jedes Impulses ebenso wie die Impulsfolgefrequenz in Abhängigkeit von Maschinenparametern frei gewählt werden.

Eine ebenfalls einen bipolaren Zündstrom erzeugende Zündanlage beschreibt die DE-OS 24 44 242, wonach nach einer Erzeugung eines Zündfunkens an der Zündkerze mit einer verhältnismäßig geringen Spannung der Funkenbrennstrom eine bestimmte Zeitdauer aufrechterhalten wird. Hierzu wird mittels eines Multivibrators ein Transistor während jeder Zündperi-

ode derart getaktet, daß hierdurch in der Sekundärwicklung des Zündtrafos eine verhältnismäßig konstante Spannung von beispielsweise 3 kV induziert wird, die ausreicht, an der Zündkerze eine Spannung von mehr als 800 V zu erzeugen, die erforderlich ist, um den Funkenbrennstrom aufrechtzuerhalten, wenn dieser zuvor aufgebaut wurde. Dabei kann die Funkenbrenndauer so gewählt werden, wie es den Erfordernissen der Brennkraftmaschine entspricht.

Schließlich sei der Vollständigkeit halber noch erwähnt, daß in der US 4,230,078 eine übliche Zündanlage mit einer Schließzeitregelung beschrieben ist, deren Schließzeit in Abhängigkeit der Drehzahl und des Druckes im Ansaugrohr bestimmt wird. Zur Ableitung einer Zeitgröße für die Schließzeit wird in einem ROM ein Drehzahl-Kennfeld bzw. ein Drehzahl/Druck-Kennfeld gespeichert.

Bei den bisher bekannten Zündungskonzepten standen folgende Forderungen im Vordergrund: Einen sicheren Kaltstart zu gewährleisten und auch bei verbrauchten Zündkerzen das Kraftstoff/Luft-Gemisch im Zylinder sicher zu zünden. Um diese Forderung zu erfüllen, wurde eine entsprechend große Zündenergie bereitgestellt. Diese für den maximalen Bedarf des Motors ausgelegte Zündenergie wird für den normalen Betrieb (warmer Motor) nicht benötigt. Daraus leitet sich ein unnötig hoher Elektrodenabbrand der Zündkerzen ab, der seinerseits die Lebensdauer der Zündkerzen herabsetzt und ein häufiges Wechseln der Kerzen nach sich zieht.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Steuerung einer Zündanlage gemäß der eingangs genannten Art anzugeben, so daß die Zündkerzenwechselintervalle wenigstens 100.000 km betragen.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Hiernach wird der Wert des Funkenbrennstromes sowie dessen Brenndauer in Abhängigkeit der Motorparameter Motorlast und Drehzahl gesteuert. Hierzu wird aus einem mittels in einem Steuergerät gespeicherten Zündstrom-Kennfeld ein Basiswert für den Wert des Funkenbrennstromes und aus einem ebenfalls in dem Steuergerät gespeicherten Brenndauer-Kennfeld ein Basiswert für die Brenndauer entnommen. Eine solche Zündung mit gesteuerten Parametern verursacht einen deutlich geringeren Abbrand an den Zündkerzen als eine übliche Serienzündung. Damit werden die Zündkerzenwechselintervalle wesentlich verlängert.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden diese Basiswerte für den Zündstromwert und die Brenndauer entsprechend dem momentanen Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine korrigiert. So wird eine Temperaturkompensation durchgeführt, falls die Motortemperatur einen bestimmten Schwellwert noch nicht erreicht hat. Hierdurch wird die Kaltstarteigenschaft des Motors verbessert. Ferner wird der Basiswert für den Zündstromwert bei einer dynamischen

Zustandsänderung des Motors mit einem dynamischen Faktor beaufschlagt, der proportional der Lastwertänderung ist und mit der Zeit abnimmt. Nach einer bestimmten Verzögerungszeit hat der dynamische Faktor den Wert Null erreicht, wobei der korrigierte Basiswert den Basiswert für den neuen Lastzustand annimmt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit Vorteil zur Steuerung von Wechselstrom- oder Hochspannungskondensatorzündungen eingesetzt werden.

Im folgenden soll das erfindungsgemäße Verfahren beispielhaft anhand einer Wechselstrom-Zündanlage dargestellt und erläutert werden. Es zeigen:

- Figur 1 ein Blockschaltbild einer Wechselstrom-Zündanlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Figur 2 ein detailliertes Schaltbild einer Zündendstufe einer Wechselstrom-Zündanlage gemäß Figur 1,
- Figur 3 Strom- und Spannungszeitdiagramme zur Erläuterung der Funktionsweise der Wechselstromzündung,
- Figur 4 ein Brennstrom-Kennfeld gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Figur 5 ein Zünddauer-Kennfeld gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens und
- Figur 6 ein Diagramm zur Darstellung des Elektrodenabbrandes als Funktion der zurückgelegten Fahrstrecke.

Die Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Wechselstromzündung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens für eine 4-Zylinder-Maschine. Hierbei ist für jede Zündkerze ZK1 jeweils eine Zündendstufe Z1 - Z4 vorgesehen. Diese Zündendstufen sind über eine Schaltung 9 zur Zylinderselektion mit einem Steuergerät 1 verbunden, das für jede Zündendstufe ein Zündsignal 1 bis 4 erzeugt und gleichzeitig für alle Zündendstufen eine Modulationsspannung U_{Mod} ausgibt, die von einer Stromregelschaltung 10 verarbeitet wird. Diese Modulationsspannung stellt einen Sollwert I_{soll} des Zündstromes dar und wird mittels eines Komparators mit einem an einem Shunt-Widerstand R (vgl. Figur 2) des Primärstromkreises der Zündendstufe erzeugten Istwert I_{ist} verglichen. Das Ergebnis des Vergleichs wird der Zylinderselektionsschaltung 9 zugeführt. Weiterhin ist das Steuergerät 1 mit Sensoren 4, 5 und 6 zur Detektierung der Drehzahl n , der Last L und der Motortemperatur T sowie mit einer Vorrichtung 7 zur Zylinder-1-Erkennung und über Leitungen 1a zur Steuerung der elektronischen Einspritzung mit einer Einspritzanlage 11, die die entsprechenden Aktuatoren enthält, verbunden. Schließlich erzeugt ein Schaltnetzteil 3 die Versorgungsspannungen (18 V/180 V) für die Zündendstufen Z1 - Z4, das von einer Bordbatterie 2 gespeist wird.

Ein Ausführungsbeispiel einer Zündendstufe zur Ansteuerung einer einzigen Zündspule nach Figur 1 ist in Figur 2 dargestellt und besteht im wesentlichen aus

einem Transistor T, in der Ausführung eines IGBT-Transistors (Isolated-Gate-Bipolar-Transistor), einer Energierückgewinnungsdiode D, einem Primärschwingkreiskondensator C, einer aus einer Primär- und Sekundärwicklung aufgebauten Zündspule Tr mit einer Kopplung von ca. 50 %, einer Zündkerze ZK sowie einer einfachen Regelschaltung 10, die der Stromregelschaltung 10 nach Figur 1 entspricht, jedoch zusätzlich ein Gatter der Zylinderselektionsschaltung 9 enthält. Dieser Regelschaltung 10 werden daher die von dem Steuergerät 1 aufbereiteten Steuersignale zugeführt, nämlich das Zündsignal 1 sowie die Modulationsspannung U_{Mod} . Das erstgenannte Steuersignal setzt den Zündzeitpunkt sowie die Brenndauer t_b fest, während das zweitgenannte Steuersignal U_{Mod} den Wert des Primärstromes I_p und in dessen Folge die Zündspannung U_k , also den Wert des Funkenbrennstromes i_b festlegt. Die erfindungsgemäße Erzeugung dieser beiden Steuersignale Zündsignal 1 und U_{Mod} wird weiter unten erläutert.

Die Zündendstufe gemäß der Figur 2 arbeitet im stromkontrollierten Sperr- und Durchflußwandlerbetrieb. Für die Dauer des Einschaltvorganges des Transistors T fließt ein Kollektorstrom I_k , der dem Primärspulenstrom I_p gemäß Figur 3 entspricht. Dieser Kollektorstrom I_k wird durch die Regelschaltung 10 auf einen von der Modulationsspannung U_{Mod} bestimmten Wert I_{soll} begrenzt. Um eine kurze Ladezeit zu erhalten, wird die Zündendstufe mit einem schon im Zusammenhang mit der Figur 1 erläuterten Schaltnetzteil mit einer Spannung von 180 V versorgt. Hat der Kollektorstrom I_k den durch I_{soll} vorgegebenen Wert erreicht, wird der Transistor T abgeschaltet. Die in der Speicherspule enthaltene Energie regt den Ausgangskreis (Sekundärinduktivität, Zündkerzenkapazität) zum Schwingen an. Ein Teil der Energie transferiert in den Kondensator C und der andere Teil in die Zündkerzenkapazität. Die Spannungen U_c am Kondensator C und die Zündspannung U_b an der Zündkerze ZK steigen - wie es Figur 3 zeigt - sinusförmig an, bis keine Energie mehr in der Speicherspule, also der Primärspule vorhanden ist.

Im anschließenden Zeitabschnitt wird die kapazitiv gespeicherte Energie wieder der Primärspuleninduktivität zugeführt, bis die Spannung U_c am Kondensator C den Wert Null erreicht (vgl. Figur 3). Die primärseitige Spannung U_c kann durch die Diode D nicht negativ werden. Sekundärseitig läuft die Schwingung aufgrund der nur ca. 50 % starken Kopplung zwischen Primär- und Sekundärinduktivität weiter. Während dieses Zeitabschnittes wird der Transistor T wieder eingeschaltet, denn nun liegen die gleichen Spannungsverhältnisse wie vor dem ersten Einschalten des Transistors vor. Durch die Stromkontrolle wird immer die gleiche Energiezufuhr in die Primärspule garantiert. Der Anteil der eingespeisten Energie, der nicht im Funkenkanal benötigt wurde, wird wieder vollständig in das Bordnetz zurückgespeist. Die Kopplung von ca. 50 % verhindert bei einem Funkendurchbruch eine totale Bedämpfung des Primärschwingkreises (Primärspule, Kondensator C)

durch den stark gedämpften Sekundärschwingkreis.

Wie aus der Figur 3 ersichtlich ist, liegt die Dauer des kompletten Zyklus (Laden der Primärspule, Ausschwingvorgang bis zum Nulldurchgang der Spannung U_c am Kondensator C) bei ca. 80 μ s. Somit kann die Ladezeit der Spule vernachlässigt werden. Daher ist, im Gegensatz zur Transistor-Spulenzündung eine Schließwinkelregelung nicht erforderlich. Zum anderen läßt sich die Brenndauer t_B pro Zündvorgang durch die Variation der Anzahl der Schaltzyklen beliebig verändern. Die Modulation des Funkenbrennstromes i_B erfolgt über die Veränderung der primärseitig eingespeisten Energie. Parallel zum Funkenbrennstrom verändert sich - aufgrund des nicht-idealen Stromquellencharakters der Endstufe - allerdings auch das sekundärseitige Hochspannungsangebot U_k an der Zündkerze ZK in gewissen Bereichen. Bei der Reduzierung des Funkenbrennstromes i_B muß somit jeweils auch die Abnahme der maximalen Hochspannung beachtet werden.

Diese Technik der selbstschwingenden Zündendstufe läßt eine erhebliche Reduzierung des Volumens der Zündspule zu, weil im Gegensatz zur Transistor-Spulenzündung nicht die gesamte Energie für einen Zündvorgang in der Spule gespeichert sein muß, sondern in mehreren kleinen Einheiten nachgeliefert wird. Für die Speicherung der kleineren Energiemenge wird deshalb nur ein reduziertes Spulenvolumen benötigt. Ein weiterer Vorteil für den Aufbau der Zündspule ist die benötigte Kopplung von nur ca. 50 %, da sich dies mit einem einfachen Stabkern verwirklichen läßt.

Das Steuergerät 1 stellt ein μ -Controller-System, beispielsweise auf der Basis eines Motorola-Bausteins MC68HC811E2 dar, wobei es sich um einen 8-Bit-Controller mit internem EEPROM-Programmspeicher handelt. Die Spannungsversorgung dieses Steuergerätes 1 erfolgt aus dem von der Batterie 2 gespeisten Bordnetz. Um die Wechselstrom-Zündanlage korrekt anzusteuern, benötigt das Steuergerät 1 ein Signal über die Zylinderfolge (Zylinder-1-Erkennung 7 gemäß Figur 1). Für diesen Zweck kann beispielsweise an der Zahnscheibe der Nockenwelle ein Magnet angebracht werden, der von einem Hallsensor abgefragt wird. Dieser liefert alle 360° der Nockenwelle bzw. alle 720° der Kurbelwelle ein Signal: die Zylinder-1-Marke.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Wechselstrom-Zündanlage gemäß Figur 1 zu einer Zündanlage, die es möglich macht, die Zündenergie mit Hilfe von zwei Parametern zu steuern. Der erste Parameter ist die Modulationsspannung U_{Mod} , mit deren Hilfe der Primärstrom I_p (vgl. Figur 2) der Zündspule geregelt wird. Mit diesem Strom I_p wird die Hochspannung U_k der Sekundärspule bzw. der Funkenbrennstrom i_B , mit dem der Funke brennt, beeinflusst. Dabei handelt es sich um ein höherfrequentes PWM-Signal, das über ein RC-Filter in der Zündendstufe geglättet wird und das für alle 4 Zylinder gemeinsam ausgegeben wird, wie es in Figur 1 dargestellt ist. Hierzu verfügt das Steuergerät 1 über einen PWM-Ausgang. Gemäß Figur 1 werden mit

den Zündsignalen 1 bis 4 die einzelnen Zylinder gezündet. Die Brenndauer t_B des Zündvorganges stellt den zweiten Parameter dar und wird ebenfalls von dem Steuergerät 1 bestimmt und über die Pulsweite des jeweiligen Zündsignales realisiert.

Das in dem Steuergerät 1 für die Zündendstufen abgelegte Ansteuerprogramm sorgt einerseits für die korrekte Zündverteilung und andererseits für die Berechnung der optimalen Zündparameter, nämlich in Form der Modulationsspannung U_{Mod} sowie der Brenndauer t_B und deren Ausgabe. Bevor die Ansteuerung der Zündendstufen beginnen kann, muß das Steuergerät 1 synchronisiert werden, d. h., es wartet das erste Signal der Zylinder-1-Erkennung der Vorrichtung 7 (vgl. Figur 1) ab. Darauf folgt eine Endlosschleife, in der sämtliche Berechnungen durchgeführt werden und die bei jedem Zündvorgang wiederholt wird. In dieser Schleife wird eine Analog-Digital-Wandlung durchgeführt, um die von den Sensoren 5 und 6 erzeugten Motorparameter, wie Last und Temperatur zu erfassen. Die Drehzahl wird ermittelt, indem der Zeitabstand zwischen aufeinanderfolgenden Impulsen des Drehzahlsensors ausgewertet wird.

Mit Hilfe der Motorlast L (die entweder über die Stellung des Drosselklappenpotentiometers oder über die Erfassung der Luftmenge im Ansaugrohr bestimmt wird) und Drehzahl n werden die neuen Zündparameter berechnet, wobei hierfür aus zwei in dem Speicher des Steuergerätes 1 abgelegten Kennfeldern die zugehörigen Basiswerte U_{Basis} und t_{Basis} der Modulationsspannung U_{Mod} und der Brenndauer t_B entnommen werden. Diese beiden Kennfelder sind in den Figuren 4 und 5 dargestellt, nämlich das Brennstrom-Kennfeld und das Zünddauer-Kennfeld. Die Auslegung dieser Kennfelder richtet sich nach dem Zündenergiebedarf. Das Kennfeld für den Funkenbrennstrom i_B nach Figur 4 berücksichtigt den angebotenen Strom mit einem Sicherheitsfaktor von 1,2. Dabei wird der höchste Strom bei Leerlaufdrehzahl unabhängig von der Last benötigt. Im Vollastbetrieb geht der erforderliche Funkenbrennstrom mit der Drehzahl sukzessiv zurück, wogegen im Teillast- und Nullastbetrieb der Wert rascher zurückgeht und schon bei mittleren Drehzahlen das Minimum von 40 mA erreicht. Im Kennfeld für die Brenndauer wurde die Mindestbrenndauer auf einem Prüfstand ermittelt. Im gesamten Teil- und Vollastbereich stellten sich 120 μ s Zünddauer (entspricht einem Zündimpuls) als ausreichend heraus. Dagegen muß im Nullastbereich, speziell bei mittleren Drehzahlen die Brenndauer erheblich verlängert werden. Alle mit den beiden Kennfeldern gemäß den Figuren 4 und 5 dargestellten Betriebspunkte entsprechen einem stationär laufenden Motor. Die Temperatur und das dynamische Verhalten des Motors werden wie im folgenden dargestellt wird, vom Steuergerät 1 zusätzlich berücksichtigt.

Die oben beschriebenen Basiswerte U_{Basis} und t_{Basis} für die Modulationsspannung U_{Mod} bzw. die Brenndauer t_B werden entsprechend dem momentanen Be-

triebszustand des Motors in folgender Weise korrigiert:

$$U_{\text{Mod}} = U_{\text{Basis}} + U_{\text{Temp}} + U_{\text{Dyn}},$$

wobei U_{Basis} der aus dem Last-Drehzahl-Kennfeld ermittelte Basiswert, U_{Temp} der Temperaturkorrekturwert und U_{Dyn} der dynamische Korrekturwert ist.

Der Temperaturkorrekturwert ergibt sich aus folgender Formel:

$$U_{\text{Temp}} = (T_{70^\circ\text{C}} - T_{\text{ist}}) \cdot k_T,$$

wobei $T_{70^\circ\text{C}}$ eine bestimmte Schwellwerttemperatur, beispielsweise 70°C , T_{ist} die aktuelle Motortemperatur und k_T ein Proportionalfaktor ist. Somit handelt es sich bei der Temperaturkorrektur um eine Proportionalkorrektur, d. h., unterschreitet die Motortemperatur einen bestimmten Schwellwert, also z. B. 70°C , so wird ein Faktor U_{Temp} berechnet, um den die Modulationsspannung U_{Mod} erhöht wird. Dieser Faktor U_{Temp} ist proportional der Differenz zwischen Motortemperatur und dem Temperaturschwellwert. Im warmem Zustand des Motors wird diese Korrektur nicht durchgeführt.

Bei einer dynamischen Änderung des Betriebszustandes des Motors wird kurzzeitig eine erhöhte Hochspannung, nämlich um den Faktor der dynamischen Korrektur U_{Dyn} angeboten. Dieser Faktor U_{Dyn} ergibt sich nach folgender Formel:

$$U_{\text{Dyn}} = (L_{\text{ist}} - L_{\text{alt}}) \cdot k_B + U_{\text{Dyn,alt}} \cdot k_{B-1},$$

wobei L_{ist} bzw. L_{alt} der aktuelle Lastwert bzw. der Lastwert vor der Änderung des Betriebszustandes ist. k_B und k_{B-1} sind Proportionalfaktoren, die durch praktische Fahrversuche bestimmt werden. Nach einer Laständerung steigt die Modulationsspannung U_{Mod} um diesen dynamischen Faktor U_{Dyn} an, der proportional der Änderung des Lastsignals ist und mit der Zeit abnimmt. Nach einer Verzögerungszeit von beispielsweise 2s ist dieser Faktor U_{Dyn} auf den Wert Null abgesunken, womit die Modulationsspannung U_{Mod} den neuen statischen Basiswert für den neuen Lastzustand erreicht.

Bei der Berechnung der Brenndauer t_B wird auf ähnliche Weise vorgegangen. Ausgehend von dem oben schon beschriebenen Basiswert t_{Basis} wird lediglich eine Temperaturkorrektur gemäß der folgenden Formel vorgenommen:

$$t_B = t_{\text{Basis}} + t_{\text{Temp}},$$

wobei t_{Basis} der aus dem Last-Drehzahl-Kennfeld ermittelte Brenndauer-Basiswert ist und der Temperaturkorrekturwert t_{Temp} mit folgender Formel berechnet wird:

$$t_{\text{Temp}} = (T_{70^\circ\text{C}} - T_{\text{ist}}) \cdot k_{Tt},$$

wobei $T_{70^\circ\text{C}}$ ein bestimmter Schwellwert, beispielsweise 70°C und T_{ist} die aktuelle Motortemperatur darstellt, während k_{Tt} wie bei der entsprechenden Temperaturkorrektur der Modulationsspannung U_{Temp} ein Proportionalitätsfaktor ist. Auch bei der Berechnung der Brenndauer t_B wird lediglich dann die Temperatur berücksichtigt, wenn die Motortemperatur T_{ist} unter der Schwellwerttemperatur, also beispielsweise von 70°C liegt.

Bei einem Testlauf der oben beschriebenen Wechselstromzündung in einem Versuchsfahrzeug ergaben sich nach 15.000 km Fahrleistung ein Elektrodenabbrand an den Zündkerzen von 0,03 mm gegenüber 0,09 mm bei Zündkerzen mit einer üblichen Serienzündung. Entsprechend stiegen die Ansprechspannungen der Zündkerzen in einer Druckkammer lediglich um 3,7 kV bzw. 2,7 kV gegenüber 5,5 kV bzw. 4,5 kV bei Zündkerzen mit einer Serienzündung. Die mehr als dreifache Lebensdauer der Zündkerzen zu rechnen ist.

Schließlich zeigte auch ein Dauerlauftest entsprechende gute Ergebnisse, die die Figur 6 zeigt, wonach am Ende des Dauerversuchs die Kilometerleistung den Wert 120.000 km für die mit der oben beschriebenen Wechselstromzündung betriebenen Zündkerzen (gestrichelter Linie dargestellt) erreichte. Über den gleichen Zeitraum mußten die mit einer üblichen Serienzündung betriebenen Zündkerzen (mit durchgezogener Linie dargestellt) 4x getauscht werden, da sie jeweils die Verschleißgrenze, d. h. es waren bei Laständerungen einzelne Zündaussetzer zu erkennen, erreichten. Die Zündkerzen mit der Wechselstromzündung hätten bei fortgesetztem Versuch weiter eingesetzt werden können.

Der Elektrodenabbrand dieser Zündkerzen war um einen Faktor von 3,9 kleiner als derjenige bei den mit der Serienzündung betriebenen Zündkerzen.

Durch die erfindungsgemäße Steuerung der Zündung über ein Kennfeld wird die Wechselstromzündung auch erhöhten Anforderungen, die an zukünftige Zündanlagen gestellt werden, gerecht. Insbesondere ist durch eine optimierte Verbrennung eine Verbesserung der Abgaswerte zu erwarten. Denkbar ist auch der Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens in zukünftigen Magermotoren über eine verlängerte Brennzeit.

Mit der erfindungsgemäßen Wechselstromzündung steht ein Zündsystem zur Verfügung, das optimal dem unterschiedlichen Zündenergiebedarf des Motors angepaßt ist, ohne daß auf die Betriebssicherheit verzichtet werden muß.

Patentansprüche

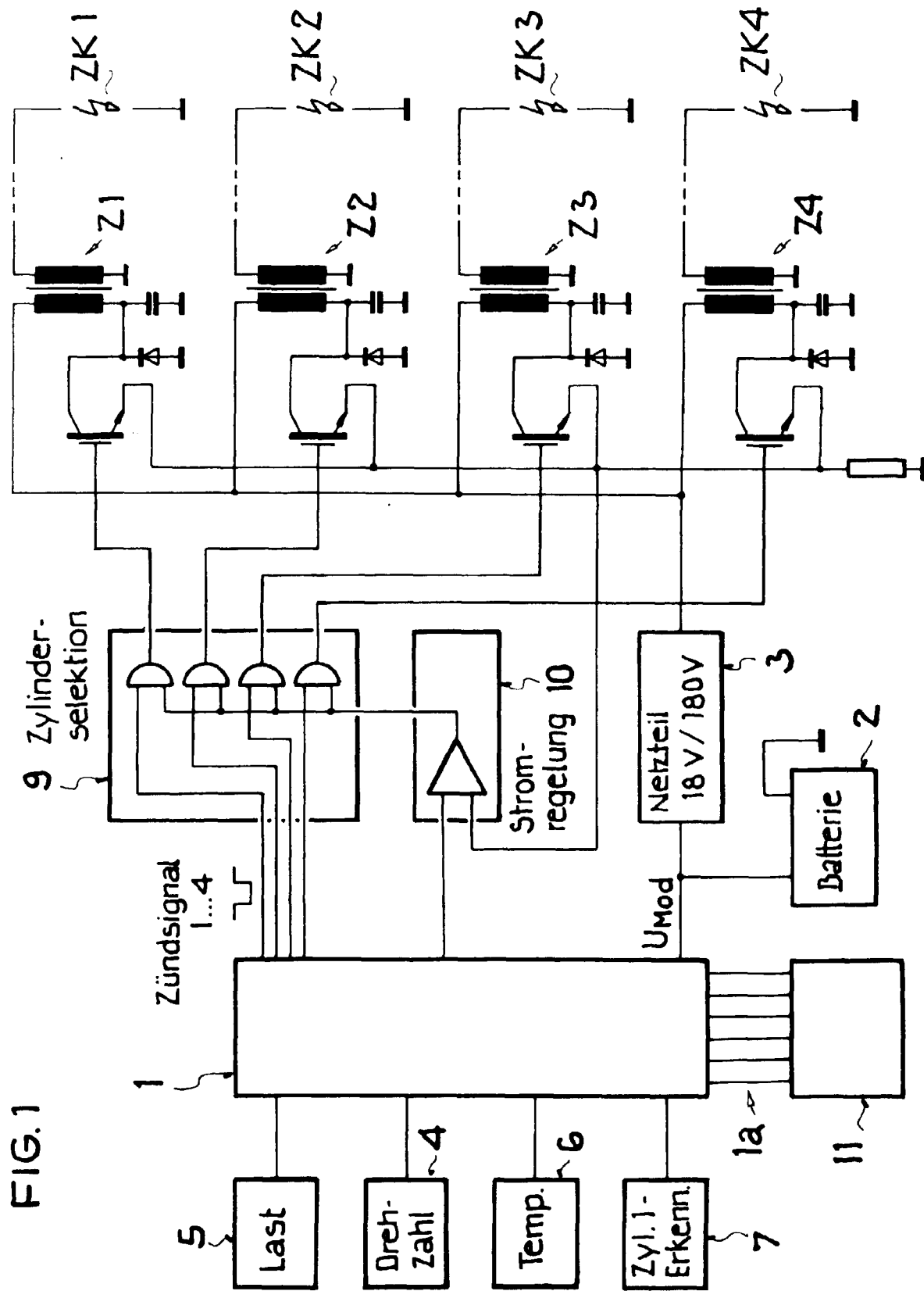
1. Verfahren zur Steuerung einer Zündanlage für Verbrennungskraftmaschinen, bestehend aus wenigstens einer Zündendstufe ($Z_1 \dots Z_4$) zur Ansteuer-

de commande (1), une valeur de base (U_{Base}) pour la valeur du courant de combustion d'étincelles (i_B) et d'un champ caractéristique de durée de combustion également mémorisé dans l'appareil de commande (1), une valeur de base (t_{Base}) pour la durée de combustion (t_B). 5

2. Procédé selon la revendication 1n, caractérisé en ce que les valeurs de base (U_{Base} , t_{Base}) sont corrigées conformément à l'état de fonctionnement instantané du moteur à combustion interne. 10
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'en fonction de la température instantanée du moteur ($T_{réelle}$) est effectuée une correction de température (U_{Temp} , t_{Temp}). 15
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la valeur de base (U_{Base}) pour la valeur du courant de combustion d'étincelles (i_B) est extraite lors d'une variation dynamique de l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne d'une correction dynamique. 20
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'après une variation de charge, la valeur de base (U_{Base}) croît d'un facteur dynamique (U_{Dyn}), qui est proportionnel à la variation de la valeur de charge ($L_{réelle} - L_{antérieure}$) et décroît avec le temps. 25
30
6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'après un temps de retard prédéterminé, le facteur dynamique (U_{Dyn}) s'annule, la valeur de base corrigée prenant la valeur de base pour le nouvel état de charge. 35
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes en vue de la commande d'une installation d'allumage à courant alternatif. 40
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 en vue de la commande d'une installation d'allumage à condensateur à haute tension. 45

50

55



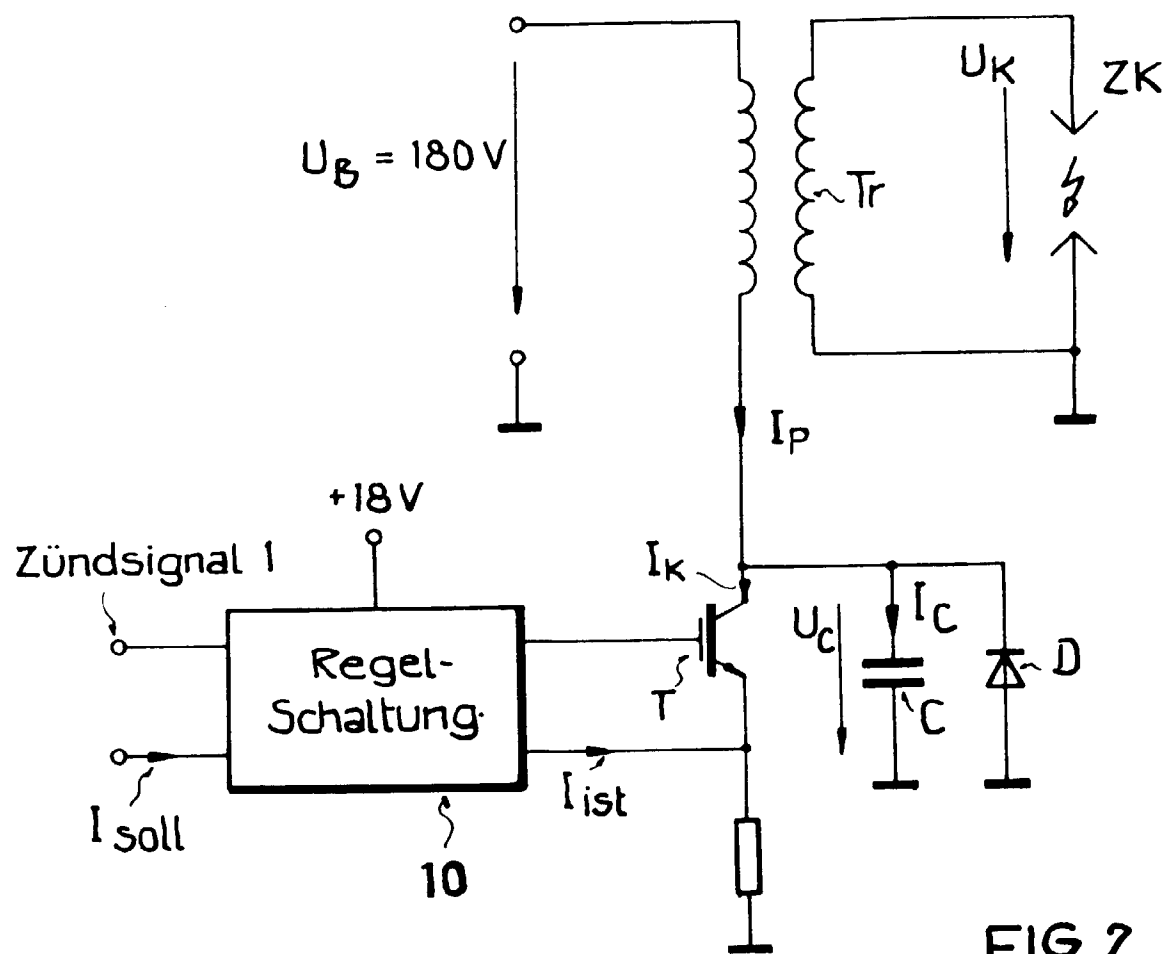
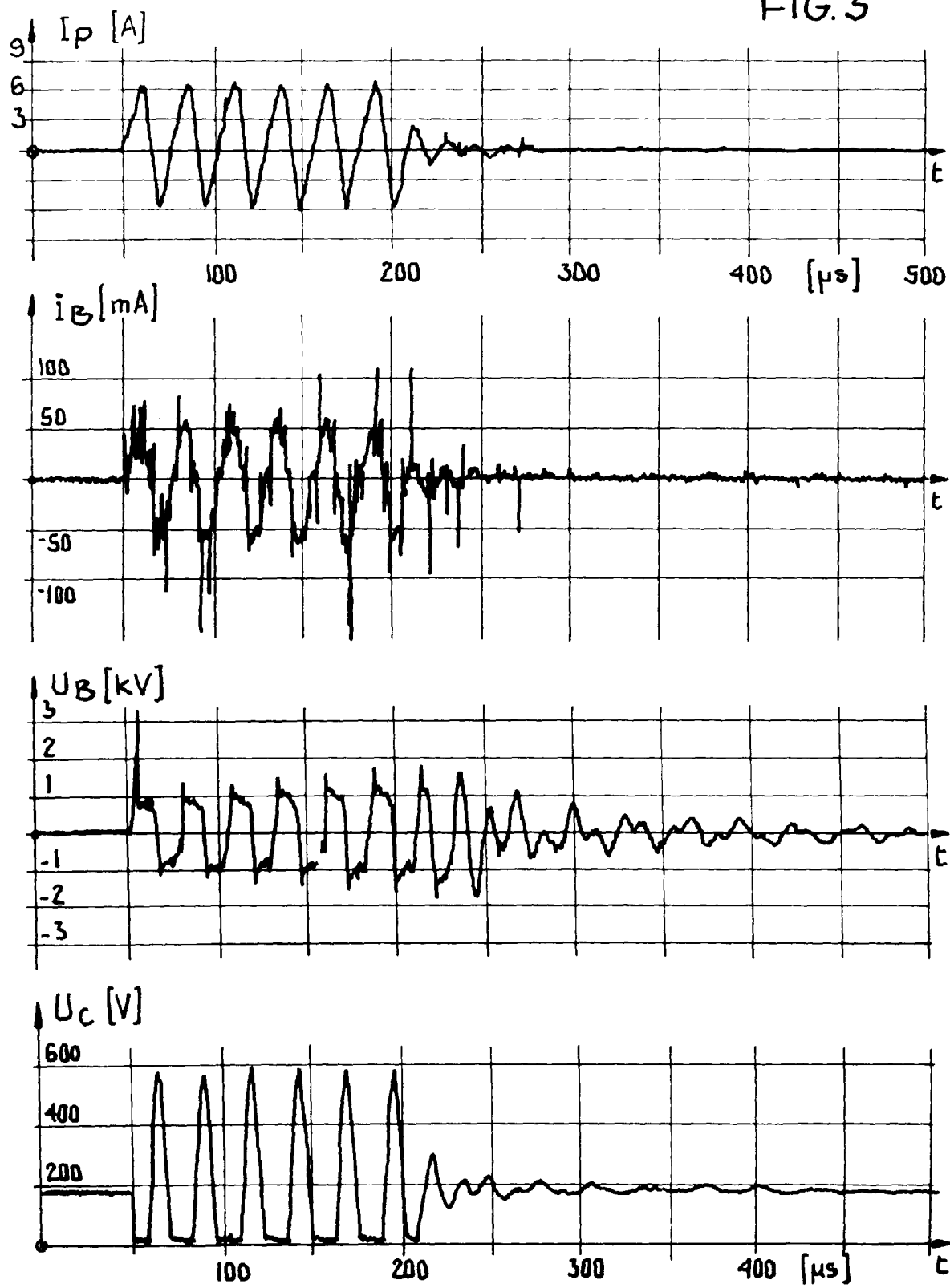


FIG. 3



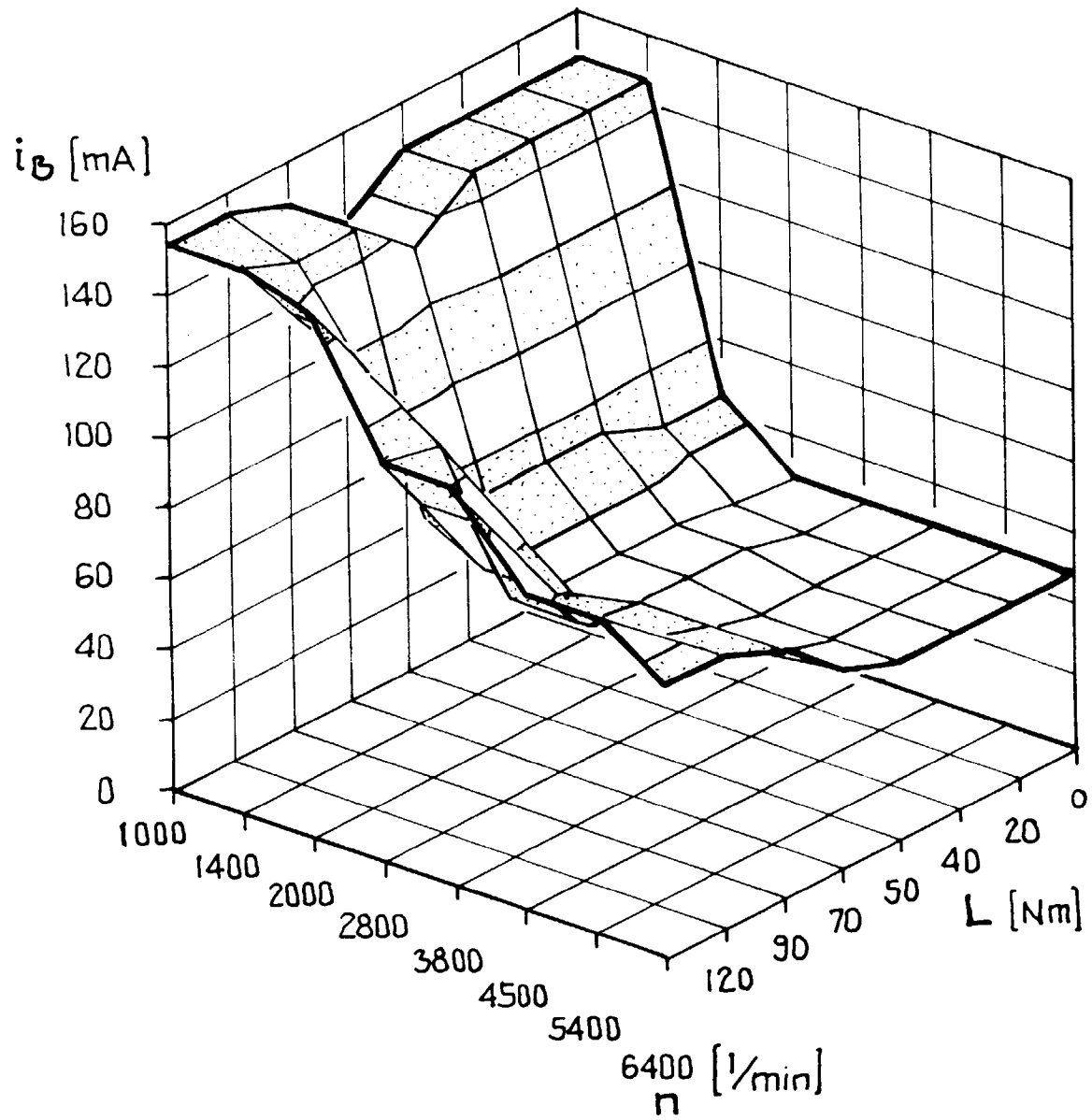


FIG.4

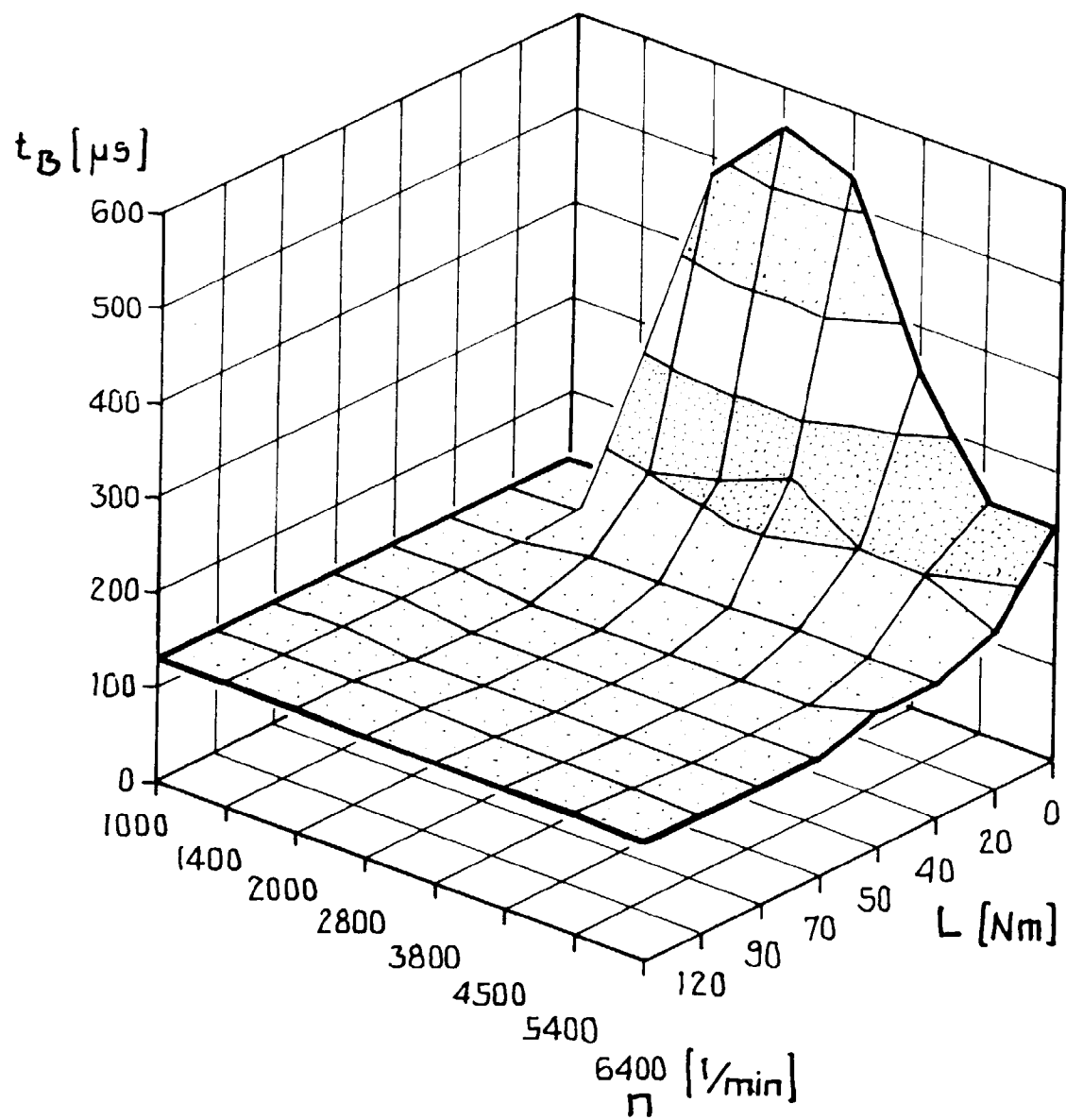


FIG.5

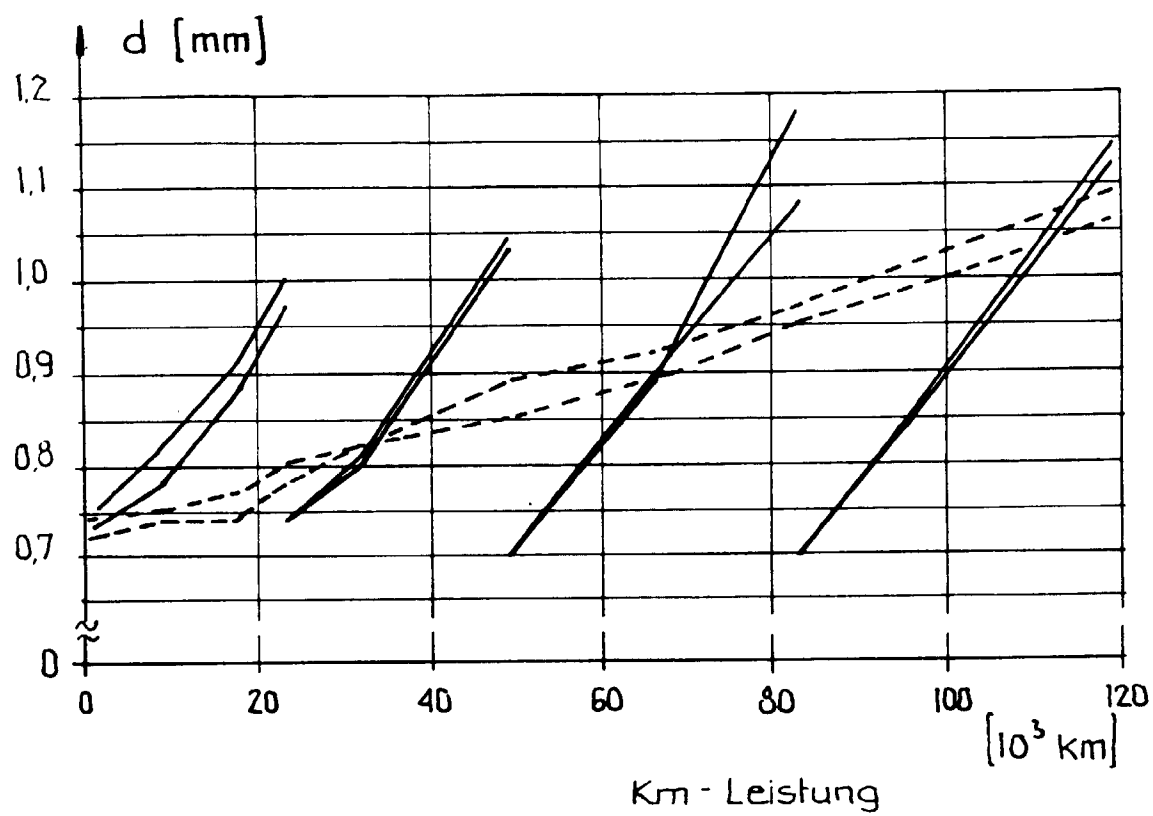


FIG.6