



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 64 088 B4 2008.07.10**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 64 088.5**
 (22) Anmeldetag: **21.12.2000**
 (43) Offenlegungstag: **03.01.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **10.07.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F02P 5/152 (2006.01)**
G01L 23/22 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
00-179764 15.06.2000 JP

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP

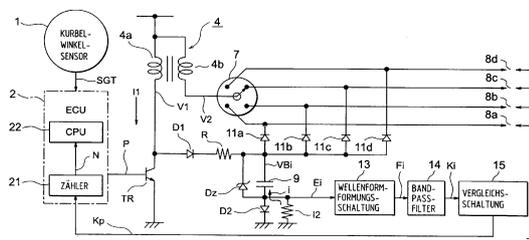
(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITL, 81925 München

(72) Erfinder:
Tanaya, Kimihiko, Tokio/Tokyo, JP; Hatazawa, Yasuyoshi, Tokio/Tokyo, JP; Okamura, Koichi, Tokio/Tokyo, JP; Koiwa, Mitsuru, Tokio/Tokyo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 197 33 869 A1
DE 196 45 572 A1
US 56 94 900
US 51 44 929
US 43 57 919

(54) Bezeichnung: **Klopfsteuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Klopfsteuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine, umfassend:
 einen Klopfdetektor (13, 14, 15) zum Extrahieren einer Vibrationskomponente, die einem Ionenstrom überlagert ist, aus dem Ionenstrom, und für eine Wellenform-Formung der extrahierten Vibrationskomponente durch Vergleich mit einem vorgegebenen Erfassungsschwellenwert, um eine Klopfimpulsfolge (Kp) zu erzeugen, deren Anzahl von Impulsen (n_{pn}) eine Intensität eines Klopfvorgangs, der in der Brennkraftmaschine erzeugt wird, anzeigt; und
 eine Maschinensteuereinheit (2) zum Zählen der Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}) der Klopfimpulsfolge (Kp), die von dem Klopfdetektor ausgegeben wird, und zum Bestimmen, auf Grundlage der Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}), ob ein Klopfvorgang gerade auftritt;
 wobei die Maschinensteuereinheit (2) ein Halten eines maximalen Wertes (MAX) der Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}) in der Klopfimpulsfolge (Kp) durchführt, um einen vorgegebenen Klopfbeurteilungs-Schwellenwert (BGL) zu berechnen, wobei MAX für jeden Verbrennungszyklus aktualisiert wird und für den Fall, dass die Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}), die gegenwärtig erzeugt werden, gleich oder größer als ein...



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Klopfsteuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine, die Impulse von Vibrationskomponenten bildet, die auf einen Ionenstrom überlagert sind, und in Übereinstimmung mit der Anzahl von Impulsen eine Klopfsteuerung der Brennkraftmaschine ausführt. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Klopfsteuervorrichtung, die eine stabile Klopfsteuerung für den Fall ausführen kann, dass die Anzahl von Impulsen, die erzeugt werden, sich gemäß externer Faktoren (z. B. Kraftstoff, verschmutzte Zündkerzen, etc.) ändert.

2. Beschreibung des verwandten Sachstandes

[0002] Es ist bekannt, dass bei Brennkraftmaschinen durch eine Kraftstoffverbrennung Ionen erzeugt werden. Somit können diese Ionen als ein Ionenstrom erfasst werden, indem Sonden, an die eine hohe Spannung angelegt wird, innerhalb jedes Zylinders der Maschine vorgesehen werden. Ferner ist es bekannt, dass eine Vibrationskomponente mit der gleichen Vibrationsfrequenz wie der Klopfvorgang diesem Ionenstrom überlagert wird, und dass diese Vibrationskomponente extrahiert wird, um so eine Klopfsteuerung auszuführen (vgl. z. B. DE 197 33 869 A1 und US 5,694,900).

[0003] Mit allgemeinen Klopfsteuervorrichtungen unter Verwendung eines Ionenstroms wird eine Hochspannung zum Erzeugen eines Ionenstroms unter Verwendung einer Sekundärspannung erzeugt, die von einer Zündspule erzeugt wird, und die Hochspannung wird an die Zündkerzen in Zylindern der Brennkraftmaschine nach der Entladung für eine Zündung angelegt, wodurch der Ionenstrom gemessen wird. Die Vibrationskomponente des Klopfrequenzbands wird aus dem Ionenstrom durch ein Bandpassfilter (BPF) extrahiert, von einem Verstärker verstärkt und in der Wellenform durch einen Vergleich mit einem Erfassungsschwellenwert geformt, um Klopfimpulse dadurch zu erzeugen.

[0004] [Fig. 10](#) zeigt die Ionenstromwellenform für den Fall, dass kein Klopfvorgang vorhanden ist, die verstärkte Vibrationskomponente und Klopfimpulse. [Fig. 11](#) zeigt die Wellenform für den Fall, dass ein Klopfvorgang gerade auftritt. Es lässt sich aus diesen Figuren verstehen, dass der Klopfzustand durch die Anzahl von Klopfimpulsen erfasst werden kann.

[0005] Die Klopfimpulse werden an eine Maschinensteuereinheit gesendet (nachstehend als eine ECU bezeichnet), so dass beurteilt wird, ob ein Klopf-

vorgang gerade auftritt oder nicht, und eine Steuerung des Zündzeitpunkts, d. h. eine Klopfsteuerung, wird auf Grundlage der Beurteilungsergebnisse ausgeführt.

[0006] Eine herkömmliche Klopfvorgangsbeurteilung ist auf Grundlage eines Durchschnittswerts (AVE) der Klopfimpulsanzahl (n_{pn}), die von der ECU gezählt wird, und einem Totband (OFS) durchgeführt worden. Der Durchschnittswert (AVE) der Klopfimpulsanzahl ist ein gelernter Wert, der aus dem gleitenden Durchschnitt der Klopfimpulsanzahl (n_{pn}) für jeden Zylinder berechnet wird, und wird mit der folgenden Gleichung ausgedrückt:

$$\text{Gleitender Durchschnittswert: AVE} = \text{AVE} + (\text{n}_{\text{pn}} - \text{AVE}) \times \text{Kflt}$$

wobei Kflt ein Korrekturkoeffizient ist und einen Wert zwischen 0 und 1 hat.

[0007] Andererseits ist das Totband (OFS) eine Variable zum Absorbieren von Unregelmäßigkeiten in der Klopfimpulsanzahl (n_{pn}) und ist ein Kartenwert mit den Umdrehungen/Minute und der Last der Brennkraftmaschine als Parameter. Demzufolge wird der Hintergrundpegel (BGL) für jeden Zylinder unter Verwendung der folgenden Gleichung berechnet, so dass eine Klopfvorgangs-Beurteilung unter Verwendung dieses Hintergrundpegels ausgeführt wird.

$$\text{BGL} = \text{AVE} + \text{OFS}$$

[0008] [Fig. 9](#) zeigt den Übergang in n_{pn}, AVE und BGL in einem Zustand ohne einen Klopfvorgang, der von einer tatsächlichen Brennkraftmaschine erhalten wird. Wie in [Fig. 9](#) gezeigt, treten große Impulse intermittierend auf, so dass der BGL einen Übergang bei einem extrem niedrigen Pegel durchführt, wenn nur AVE vorhanden ist. Demzufolge tritt eine unnötige Verzögerung oder Zurückverlegung (Rauschzurückverlegung) für den Fall auf, dass n_{pn} > BGL ist, obwohl kein Klopfvorgang auftritt, was somit zu einem Verlust der Leistung der Maschine führt. Ein OFS wird eingestellt, um zu verhindern, dass dies auftritt, aber wie in [Fig. 9](#) gezeigt, gibt es eine Tendenz dahingehend, dass das OFS der dominante Faktor beim Bestimmen des BGL wird.

[0009] Die Klopfintensität (np) wird mit dem folgenden Ausdruck dargestellt und der Zurückverlegungs- bzw. Verzögerungsbetrag von diesem Zündzeitpunkt wird in Übereinstimmung mit der np bestimmt.

$$\text{np} = \text{n}_{\text{pn}} - \text{BGL} \text{ (mit Beschränkungen von } \text{np} \geq 0 \text{)}$$

[0010] Für den Fall, dass np ≥ 1 ist, d. h. wenn beurteilt wird, dass ein Klopfvorgang gerade auftritt, schaltet das System Kflt, der zum Berechnen des AVE verwendet wird, wodurch ein unnötiger Anstieg

des BGL verhindert wird. Ferner ist selbst für den Fall von $n_p \leq 1$, Kflt in Abhängigkeit davon umgeschaltet, ob $n_{pn} \geq AVE$ oder $n_{pn} < AVE$ ist.

[0011] Ferner weist der Zurückverlegungsbetrag eine Haltezeit mit den Umdrehungen/Minute und der Last der Brennkraftmaschine als Parameter auf, und für den Fall, dass die Zurückverlegung nicht innerhalb dieser Haltezeit erneut erzeugt wird, wird der Zurückverlegungsbetrag um eine vorgegebene Geschwindigkeit verkleinert. Für den Fall, dass eine neue Zurückverlegung innerhalb der Haltezeit erzeugt wird, startet die Haltezeit ab diesem Punkt.

[0012] Schnelle Änderungen in den Ansteuerbedingungen der Maschine werden allgemein auf Grundlage der Rate einer Änderung in dem Öffnungsgrad der Drossel und der Änderungsrate in Umdrehungen/Minute beurteilt. Für den Fall, dass die ECU beurteilt, dass eine schnellere Änderung als diese Bedingungen aufgetreten ist (transienter Zustand), schaltet die OFS Karte auf eine Karte für einen Übergang für eine vorgegebene Periode um. Dies wird ausgeführt, um zu verhindern, dass die Änderung in Klopfimpulsen, die durch Änderungen in den Betriebsbedingungen erzeugt wird, fehlerhaft als ein Klopfvorgang beurteilt wird, und auch um die Erfassung eines auftretenden Klopfvorgangs während des Übergangs zu verbessern.

[0013] Mit dem voranstehend beschriebenen herkömmlichen Verfahren ist der maximale Wert von AVE n_{pn} , selbst für den Fall, dass das Nachfolgen des AVE maximiert wird, und um eine Rauschverzögerung oder Zurückverlegung aufgrund von Unregelmäßigkeiten in n_{pn} zu vermeiden, muss das OFS größer als die Unregelmäßigkeiten in n_{pn} sein.

[0014] Für den Fall, dass die Anzahl von Erzeugungen von n_{pn} aufgrund des Typs des Kraftstoffs oder der Zündkerzen, Effekten von verschmutzten Zündkerzen, Änderungen in der Brennkraftmaschine über der Zeit, und so weiter ändert, ändert sich natürlich das geeignete OFS, und demzufolge bestand das Problem, dass dieses Verfahren Änderungen in dem n_{pn} aufgrund von externen Faktoren nicht behandeln kann. Für den Fall, dass das geeignete OFS aufgrund dieser Faktoren größer als der eingestellte Wert wird, d. h. für den Fall, dass OFS unzureichend ist, approximiert der BGL den n_{pn} aufgrund des Lerneffekts des AVE, aber die Klopfbeurteilungsbedingungen schalten Kflt bei $n_p \geq 1$, so dass die folgenden Probleme bestanden: Eine Beurteilung, dass ein Klopfvorgang gerade auftritt, wird, obwohl innerhalb durchschnittlicher Unregelmäßigkeitsbereiche, leicht durchgeführt; und eine Zurückverlegung im Zündzeitpunkt wird erzeugt und erreicht den maximalen Wert, obwohl er sich nicht in einem Klopfzustand befindet.

[0015] Das heißt, selbst für den Fall, dass Kflt geän-

dert wird, um das Nachfolgen von AVE zu verbessern, ist der maximale Wert des AVE n_{pn} , und um eine Rauschzurückverlegung aufgrund von Unregelmäßigkeiten in der Anzahl von Klopfimpulsen zu verhindern, besteht die Notwendigkeit, dass das OFS größer als der Betrag der Unregelmäßigkeiten ist, aber die Unregelmäßigkeiten ändern sich in Abhängigkeit von den verschiedenen Bedingungen.

[0016] Deshalb besteht das Problem, dass für den Fall, dass das OFS auf die maximalen Unregelmäßigkeiten für sämtliche Zylinder aufgrund der obigen Gründe eingestellt wird, selbst wenn ein Zustand mit wenigen Klopfimpulsen oder ein Zylinder mit wenigen Klopfimpulsen vorhanden ist, eine Erfassung eines Klopfvorgangs, der in der Tat auftritt, unmöglich wird.

[0017] DE 196 45 572 A1 beschreibt ein Klopfsteuersystem für eine Brennkraftmaschine, das mit einer Klopfsignalform, die einem Ionenstrom überlagert ist, eine Impulsbearbeitung durchführt, um so das Signal-Rauschverhältnis zu verbessern. Neben den üblichen Vorrichtungen eines Zündsystems weist das Klopfsteuersystem eine Signalformverarbeitungsvorrichtung zum Abziehen einer Klopfsignalform von dem Ionenstromerfassungssignal in Form einer Klopfimpulskette sowie einen Zähler zum Zählen von Impulsen aus den Impulsflanken der Klopfimpulskette auf. Auf Grundlage der Impulswerte wird das Ausmaß einer Verzögerung des Zündzeitpunkts bestimmt.

[0018] US 5,144,929 beschreibt eine weitere Klopfunterdrückungs-Vorrichtung mit einem Klopfsensor in Form eines piezoelektrischen Elementes zum Wahrnehmen von Vibrationen des Motors anstelle einer Messeinrichtung für den Ionenstrom. Es wird ein Peak-Pegel P bei jedem Verbrennungsereignis, das heißt jeder Zündung, neu bestimmt, es erfolgt also ein einfaches Zählen der Klopfimpulse für ein Verbrennungsereignis.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0019] Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Ansatz zur Klopfkontrolle bei Brennkraftmaschinen bereitzustellen, der flexibler und zuverlässiger als bei vorbekannten Lösungen das Auftreten eines Klopfens in jedem Zylinder erkennen kann.

[0020] Demzufolge beabsichtigt die vorliegende Erfindung die Lösung der obigen Probleme, zum Beispiel durch Ausführen einer Klopfbeurteilung auf Grundlage eines maximalen Werts (MAX) der Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}).

[0021] Die obigen Ausführungen berücksichtigend wird gemäß der vorliegenden Erfindung eine Klopfsteuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine gemäß Patentanspruch 1 bereitgestellt.

[0022] Vorzugsweise wird der Klopfbeurteilungs-Schwellwert (BGL) mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$\text{BGL} = \alpha \times \text{MAX} + \beta$$

wobei α und β Konstanten sind.

[0023] Vorzugsweise schaltet die Maschinensteuer-einheit bei wenigstens einem der Korrekturkoeffizien-ten um, und zwar in Abhängigkeit davon, ob ein S/N Verhältnis (npn/BGL), welches durch ein Verhältnis der Anzahl von Klopfimpulsen (npn) und dem Klopf-beurteilungs-Schwellenwert (BGL) dargestellt wird, gleich oder größer als ein vorgegebener Wert (δ) ist oder nicht.

[0024] Vorzugsweise erfasst die Maschinensteuer-einheit einen Klopfvorgang für den Fall, dass die An-zahl von Klopfimpulsen (npn) größer als der Klopfbe-urteilungs-Schwellenwert (BGL) ist ($\text{npn} > \text{BGL}$) und erzeugt einen Zurückverlegungsbetrag, mit dem ein Zünd-Zeitpunkt der Brennkraftmaschine zurückver-legt wird.

[0025] Vorzugsweise berechnet die Maschinensteuer-einheit die Klopfintensität np mit der folgenden Gleichung:

$$\text{np} = \text{npn}/\text{MAX};$$

oder durch die folgende Gleichung:

$$\text{np} = \text{npn}/\text{BGL};$$

und erzeugt den Zurückverlegungsbetrag gemäß der so berechneten Klopfintensität np .

[0026] Vorzugsweise stellt die Maschinensteuer-einheit eine obere Grenze für die Anzahl von Klopfimpul-sen ein (npn).

[0027] Vorzugsweise aktualisiert die Maschinen-steuereinheit den MAX Wert nicht, sondern hält den gegenwärtigen MAX Wert für den Fall, dass eine Ein-schränkung auf den oberen Grenzwert der Anzahl von Klopfimpulsen (npn) angewendet wird und die Maschinensteuer-einheit verhindert eine Klopfsteuerung für den Fall, dass abnormale Zündzyklen einer vorgegebenen Anzahl oder mehr innerhalb einer vorgegebenen Anzahl von Zündzyklen (d. h. (npn) ist gleich oder größer als ein vorgegebener Beschrän-kungswert) aufgetreten sind.

[0028] Vorzugsweise ändert die Maschinensteuer-einheit auch die Werte der Korrekturkoeffizienten (ϵ_1) und (ϵ_2), die durch das S/N Verhältnis von Klopfimpulsen, durch den Betrag einer Zurückverlegung, die in dem Zündzeitpunkt erzeugt wird, genauso umge-schaltet werden können.

[0029] Für den Fall, dass eine Beurteilung dahinge-hend durchgeführt wird, dass sich eine Maschinen-betriebsbedingung schnell ändert, verkleinert oder erhöht die Maschinensteuereinheit vorzugsweise we-nigstens einen der Korrekturkoeffizienten ϵ_1 und ϵ_2 , die Verkleinerungsgeschwindigkeit (γ) des MAX Werts und den Koeffizienten (α) über einer vorgege-benen Zeitperiode.

[0030] Für den Fall, dass eine Beurteilung dahinge-hend durchgeführt wird, dass sich eine Maschinen-betriebsbedingung in einem transienten Zustand be-findet, beurteilt die Maschinensteuereinheit, ob sich die Maschinenbetriebsbedingung gerade in einer Richtung ändert, in der die Anzahl von Klopfimpulsen zunimmt oder abnimmt, und schaltet Parameter zum Bestimmen der Erhöhungs- oder Erniedrigungsge-schwindigkeit von BGL über eine vorgegebene Peri-ode um.

[0031] Die obigen und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich Durchschnittsfachleuten näher aus der folgenden ausführlichen Beschreibung der bevorzugten Aus-führungsformen der Erfindung im Zusammenhang mit den beiliegenden Zeichnungen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0032] In den Zeichnungen zeigen:

[0033] [Fig. 1](#) ein Diagramm, welches schematisch den Aufbau einer Klopfsteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0034] [Fig. 2](#) ein Zeitablaufdiagramms, das die Be-triebswellenformen der Signale in [Fig. 1](#) zeigt;

[0035] [Fig. 3](#) ein Flussdiagramm zum Beurteilen ei-nes Klopfvorgangs gemäß der vorliegenden Erfin-dung;

[0036] [Fig. 4](#) ein Diagramm, das einen Übergang in einem MAX Wert gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0037] [Fig. 5](#) ein Diagramm, das ein Beispiel zum Vermeiden von Rauschen gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0038] [Fig. 6](#) ein Diagramm, das ein Betriebsbei-spiel der Klopfsteuervorrichtung gemäß der vorlie-genden Erfindung darstellt (für den Fall, dass ϵ groß ist);

[0039] [Fig. 7](#) ein Diagramm, das ein anderes Be-triebsbeispiel der Klopfsteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt (für den Fall, dass ϵ klein ist);

[0040] **Fig. 8** ein Diagramm, das ein weiteres Betriebsbeispiel der Klopfsteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt (für den Fall eines Umschaltvorgangs von ϵ);

[0041] **Fig. 9** ein Diagramm, das Änderungen von npn, AVE und BGL im Zustand ohne einen Klopfvorgang mit einer bekannten Klopfsteuervorrichtung über der Zeit darstellt;

[0042] **Fig. 10** ein Ionenstrom-Wellenformdiagramm, bei dem kein Klopfvorgang auftritt, gemäß der bekannten Klopfsteuervorrichtung; und

[0043] **Fig. 11** ein Ionenstrom-Wellenformdiagramm, bei dem ein Klopfvorgang auftritt, gemäß der bekannten Klopfsteuervorrichtung.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0044] Nun werden bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausführlich unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben.

Erste Ausführungsform

[0045] **Fig. 1** ist ein Diagramm, welches schematisch die Konstruktion einer Klopfsteuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei ein Fall gezeigt ist, bei dem eine Hochspannung an Zündkerzen in Zylindern über einen Verteiler verteilt wird. **Fig. 2** ist ein Zeitablaufdiagramm der Betriebswellenformen der Signale, die in **Fig. 1** gezeigt sind, wobei der Zustand gezeigt ist, bei dem Klopfsignalwellenformen auf einen Ionenstrom i überlagert sind.

[0046] In **Fig. 1** ist ein Kurbelwinkelsensor **1** auf der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine (nicht gezeigt) vorgesehen, um ein Kurbelwinkelsignal SGT in der Form einer Impulsfolge mit einer Anzahl von Impulsen gemäß der Anzahl von Umdrehungen pro Minute der Brennkraftmaschine auszugeben.

[0047] Die Impulsflanken des Kurbelwinkelsignals SGT zeigen vorgegebene Kurbelwinkel-Referenzpositionen von jedem Zylinder der Brennkraftmaschine (nicht gezeigt) an und das Kurbelwinkelsignal SGT wird einer Maschinensteuereinheit (ECU) **2** in der Form eines Mikrocomputers eingegeben, und werden für verschiedene Steuerberechnungen verwendet.

[0048] Die Maschinensteuereinheit (ECU) **2** umfasst einen Zähler **21** zum Zählen der Anzahl N von Impulsen in einer Folge von Klopfimpulsen K_p , die von einem später beschriebenen Wellenformprozessor eingegeben werden, und eine Zentralverarbei-

tungseinheit (CPU) **22**, um auf Grundlage der Anzahl von Impulsen N zu beurteilen, ob gerade ein Klopfvorgang auftritt oder nicht.

[0049] Ferner nimmt die ECU **2** auch zusammen mit dem Kurbelwinkelsignal SGT von dem Kurbelwinkelsensor **1** Betriebsinformation von verschiedenen Sensoren (nicht gezeigt) und führt verschiedene Berechnungen in Übereinstimmung mit einer Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine aus, und gibt Ansteuersignale an verschiedene Stellglieder einschließlich der Zündspule **4** und so weiter aus.

[0050] Das Ansteuersignal an der Zündspule **4**, d. h. ein Zündsignal P , wird an die Basis des Leistungstransistors TR, der mit der Primärspule **4a** der Zündspule **4** verbunden ist, angelegt, so dass der Leistungstransistor TR gesteuert wird, um ein- und ausgeschaltet zu werden, wodurch der Primärstrom unterbrochen wird.

[0051] Eine Unterbrechung des Primärstroms i_1 bewirkt einen Anstieg der Primärspannung V_1 und die Sekundärspule **4b** der Zündspule **4** erzeugt eine weiter erhöhte (geboostete) Sekundärspannung V_2 als eine hohe Zündspannung (ungefähr 10 kV).

[0052] Der Verteiler **7**, der mit dem Ausgangsanschluss der Sekundärspule **4b** verbunden ist, führt eine sequentielle Verteilung und Anlegung der Sekundärspannung V_2 an die Zündkerzen **8a–8d** innerhalb der Zylinder synchron zu der Drehung der Brennkraftmaschine aus, um dadurch Entladungsfunken innerhalb der Verbrennungskammern der hinsichtlich einer Zündung gesteuerten Zylinder aus, um dadurch eine Verbrennung eines Luft-Kraftstoff-Gemisch darin zu bewirken.

[0053] Eine Reihenschaltung, die aus einer Gleichrichtungsdiode D_1 , die mit einem Ende der Primärspule **4a** verbunden ist, einem Strombegrenzungswiderstand R , einem Kondensator **9**, der parallel zu einer spannungsbegrenzenden Zenerdiode DZ geschaltet ist und einer Gleichrichterdioden D_2 gebildet ist, ist von einem Ende der Primärspule **4a** nach Masse gespaltet, um eine Pfad zum Abfließen eines Ladestroms an dem Kondensator **9**, der als eine Vorspannungsenergiequelle für eine Ionenstromerfassung dient, zu bilden.

[0054] Der Kondensator **9**, der parallel zu beiden Enden der Zenerdiode DZ geschaltet ist, wird auf eine vorgegebene Vorspannung V_{bi} , (mehrere hundert Volt) durch Laden eines Stroms aufgrund der Primärspannung V_1 geladen, so dass er als eine Vorspannungsenergiequelle zum Erfassen des Ionenstroms dient, wodurch bewirkt wird, dass der Ionenstrom i durch eine Entladung einer gezündeten der Zündkerzen **8a–8d** erzeugt wird, um dadurch zu fließen.

[0055] Die Anoden der Hochspannungsdioden **11a–11d** sind mit einem Ende des Kondensators **9** verbunden und ihre Kathoden sind mit einem Ende der Zündkerzen **8a–8d** verbunden, um so die gleiche Polarität wie die Zündpolarität aufzuweisen. Der Widerstand **12** für eine Ionenstromerfassung, der mit dem anderen Ende des Kondensators **9** verbunden ist, führt eine Spannungsumwandlung des Ionenstroms i aus und gibt diesen als Ionenstrom-Erfassungssignale E_i aus.

[0056] Der Widerstand **12** ist mit dem anderen Ende der Zündkerzen **8a–8d** über Masse verbunden, um zusammen mit dem Kondensator **9** und den Hochspannungsdioden **11a–11d** einen Pfad für den Fluss des Ionenstroms i zu bilden.

[0057] Das Ionenstrom-Erfassungssignal E_i , das von dem Widerstand **12** ausgegeben wird, wird mit Hilfe der Wellenform-Formungsschaltung **13** in der Wellenform in ein Signal F_i geformt, und danach wird ein Klopfsignal K_i alleine über das Bandpassfilter **14** extrahiert, weiter in eine Folge von Klopfimpulsen K_p durch die Vergleichsschaltung **15** umgewandelt und dem Zähler **21** in der ECU eingegeben.

[0058] Die Wellenform-Formungsschaltung **13**, das Bandpassfilter **14** und die Vergleichsschaltung **15** bilden einen Wellenform-Processor zum Extrahieren einer Folge von Klopfimpulsen K_p aus dem Ionenstrom-Erfassungssignal E_i . Aus der Klopfimpulsfolge K_p zählt die ECU **2** die Impulsanzahl N , die zum Beurteilen verwendet wird, ob ein Klopfvorgang vorhanden ist oder nicht, wie voranstehend beschrieben.

[0059] Die ECU **2** beurteilt den Klopfvorgang aus der Klopfimpulsfolge, die von dem Klopfdetektor ausgegeben wird, und nachstehend wird eine Beschreibung eines Beispiels einer Verarbeitung eines bestimmten Zylinders durchgeführt.

[0060] Zunächst wird ein maximaler (MAX) Wert aus der Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}) in der Klopfimpulsfolge K_t , die von dem Klopfdetektor jedes Mal ausgegeben wird, wenn der bestimmte Zylinder in der Brennkraftmaschine durch einen Verbrennungszyklus geht, extrahiert. Das Verfahren zum Extrahieren des MAX-Werts ist wie folgt. Der MAX-Wert von der vorangehenden Zeit ($MAX[p]$) und der gegenwärtige Erfassungswert der Klopfimpulsanzahl ($n_{pn}[c]$) werden verglichen, und für den Fall, dass

$$MAX[c] \geq (n_{pn}[c])$$

erfüllt ist, wird der vorangehende MAX-Wert als der gegenwärtige MAX-Wert ($MAX[c]$) gehalten und für den Fall, dass die Halteperiode vorbei ist, wird dieser bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit γ verkleinert. Das heißt,

$$MAX[c] = MAX[c] - \gamma$$

Für den Fall, dass andererseits

$$MAX[p] < n_{pn}[c]$$

erfüllt ist, wird $MAX[c]$ gemäß des folgenden Ausdrucks aktualisiert.

$$MAX[c] = MAX[p] \times \epsilon_1 + (n_{pn}[c] - MAX[p]) \times \epsilon_2$$

wobei ϵ_1 und ϵ_2 Korrekturkoeffizienten sind.

[0061] [Fig. 4](#) zeigt das Aktualisieren des MAX-Werts. In diesem Beispiel wird Null oder keine Zündung für die halbe Periode für den MAX-Wert durchgeführt, um so eine Klopferrfassung zu verbessern, aber für den Fall, dass ein ausreichendes S/N-Verhältnis für einen Klopfvorgang erhalten wird, unterdrückt die Bereitstellung einer Halteperiode die Erzeugung einer Rausch-Zurückverlegung (d. h. eine Zurückverlegung des Zündzeitpunkts aufgrund von Rauschen) und ist somit vorteilhaft.

[0062] Ferner wird die Verkleinerungsgeschwindigkeit γ des MAX-Werts, der der Halteperiode folgt, aufgrund der gleichen Ursache wie der voranstehend beschriebenen Halteperiode (d. h. ein Gleichgewicht zwischen einer Klopferrfassung und einer Rauschzurückverlegungs-Unterdrückung) bestimmt. Diese Verkleinerungsgeschwindigkeit γ kann ein Kartenwert sein, der gemäß der Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine bestimmt wird, oder kann eine Funktion des BGL, des MAX-Werts und n_{pn} sein. Zum Beispiel kann die Verkleinerungsgeschwindigkeit gemäß des folgenden Ausdrucks bestimmt werden:

$$\text{Verkleinerungsgeschwindigkeit: } \gamma = (n_{pn} - MAX) \times \text{Koeffizient}$$

[0063] Als nächstes wird der BGL aus der folgenden Gleichung berechnet:

$$BGL = \alpha \times MAX + \beta$$

wobei α und β konstant sind.

[0064] Während [Fig. 4](#) $\alpha = 1.2$ und $\beta = 1$ zeigt, können α und β Kartenwerte sein, die gemäß der Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine bestimmt werden.

[0065] Es ist bekannt, dass mit Daten, die eine richtige Verteilung aufweisen, MAX ungefähr gleich zu dem Durchschnittswert + 3σ (wobei σ ein Abtast-Referenzwert ist) ist, aber der Koeffizient α ist eine Variable, die die "3" in dem "Durchschnittswert + 3σ " auf, 4, 5 usw. ändert, und β ist dafür vorgesehen, um zu verhindern, dass der MAX-Wert durch ein Rauschen,

welches konstant den BGL übersteigt (d. h. eine Aktualisierung des MAX-Werts verhindert, während er eine Rausch-Zurückverlegung durchläuft), aktualisiert wird.

[0066] In dieser Weise verbessert eine Einstellung von β (das OFS in dem herkömmlichen Beispiel) auf einen kleinen Pegel, das Nachfolgen des BGL und ein Klopfvorgang kann in einer stabilen Weise sogar für den Fall erfasst werden, dass sich der Zustand der Klopfimpulse ändert.

[0067] In der obigen MAX-Berechnungsgleichung bewirkt eine Einstellung von $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1$, dass der BGL dem MAX-Wert (d. h. npn) folgt, so dass eine Erfassung des ersten Klopfens den BGL anhebt (boostet), was bedeutet, dass die Klopferrfassung, während der BGL gerade abnimmt, schlecht wird. Somit wird für den Fall, dass ein Klopfvorgang erfasst wird, eine Korrektur auf das Aktualisieren des MAX-Werts angewendet.

[0068] Die Beurteilungsbedingungen sind:

$$\text{npn/BGL} \geq \delta$$

wobei δ eine Konstante ist.

[0069] Dieses δ ist das Klopfimpuls-S/N-Verhältnis und ist ein Kartenwert zwischen 1,5 bis 1,2, der durch die Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine bestimmt wird. Für den Fall, dass diese Beurteilung erfüllt wird, wird $\varepsilon_2 = 0,3$ eingestellt, um so den Anstieg des MAX-Werts (BGL) zu unterdrücken, wodurch eine Klopferrfassung verbessert wird (mit der vorliegenden Ausführungsform wird $\varepsilon_1 = 1$ unabhängig von δ eingestellt, und für den Fall, dass diese Beurteilung nicht erfüllt ist, wird $\varepsilon_2 = 1$ eingestellt).

[0070] Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, für den Fall, dass ein Zurückverlegungsbetrag erzeugt wird, tritt kein weiterer Klopfvorgang auf und die Klopfimpulsanzahl nimmt ab, aber für den Fall, dass die Klopfimpulszahl nicht abnimmt, d. h. für den Fall, dass Rauschimpulse gerade erzeugt werden, nimmt der BGL allmählich zu und stabilisiert sich bei ungefähr α mal von MAX, so dass eine Erzeugung eines Zurückverlegungsbetrags aufgrund von Rauschen ohne von β (OFS) abzuhängen, vermeiden wird. Überdies sind die durchgezogenen Linien und gestrichelten Linien in dem Graph, der in [Fig. 5](#) gezeigt ist, die Ergebnisse einer Berechnung der vorliegenden Erfindung und des herkömmlichen Beispiels.

[0071] [Fig. 3](#) ist ein Flussdiagramm, das den obigen Steuerbetrieb darstellt. Als nächstes wird der obige Steuerbetrieb genau unter Bezugnahme auf diese [Fig. 3](#) beschrieben.

[0072] Zunächst wird in einem bestimmten Zylinder

in der Brennkraftmaschine ein Vergleich zwischen der Anzahl von Klopfimpulsen ($\text{npn}[c]$) in der Klopfimpulsfolge K_p , die von dem Klopfdetektor für jeden Verbrennungszyklus in der Brennkraftmaschine ausgegeben wird, und einem vorgegebenen Wert η (dem theoretischen maximalen Wert von npn) (Schritt S1) ausgeführt und für den Fall, dass $\text{npn}[c] > \eta$ erfüllt ist, wird $\text{npn}[c] = 0$ eingestellt (Schritt S2) und die Verarbeitung geht zum Schritt S3, und andererseits geht die Verarbeitung für den Fall, dass $\text{npn}[c] \leq \eta$ im Schritt S1 erfüllt ist, direkt zum Schritt S3.

[0073] Im Schritt S3 wird ein Vergleich zwischen $\text{npn}[c]$ und dem maximalen Wert $\text{Max}[p]$ des vorangehenden npn durchgeführt und für den Fall, dass $\text{Max}[p] \geq \text{npn}[c]$ erfüllt ist, geht die Verarbeitung zum Schritt S4 und der gegenwärtige MAX-Wert wird gehalten, der bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit einer vorgegebenen Halteperiode folgend abnimmt. Das heißt, $\text{Max}[c]$ wird von der folgenden Gleichung bestimmt:

$$\text{Max}[c] = \text{Max}[p] - \gamma$$

wobei γ ein vorgegebener Wert (MAX-Wert-Verkleinerungsgeschwindigkeit) ist.

[0074] Ferner geht die Verarbeitung für den Fall, dass $\text{Max}[p] < \text{npn}[c]$ im Schritt S3 erfüllt ist, zum Schritt S5 und ein Vergleich wird zwischen $\text{npn}[c]/\text{BGL}[p]$ und dem vorgegebenen Wert δ ausgeführt. Für den Fall, dass $\text{npn}[c]/\text{BGL}[p] < \delta$ erfüllt ist, wird $\text{Max}[c]$ auf $\text{npn}[c]$ im Schritt S6 eingestellt, und die Verarbeitung geht zum Schritt S8.

[0075] Für den Fall, dass $\text{npn}[c]/\text{BGL}[p] \geq \delta$ im Schritt S5 erfüllt ist, geht die Verarbeitung zum Schritt S7 und aktualisiert $\text{MAX}[c]$ gemäss der folgenden Gleichung.

$$\text{MAX}[c] = \text{MAX}[p] \times \varepsilon_1 + (\text{npn}[c] - \text{MAX}[p]) \times \varepsilon_2$$

[0076] Im Schritt S8 wird $\text{BGL}[c]$ mit dem folgenden Ausdruck aktualisiert.

$$\text{BGL}[c] = \alpha \times \text{MAX}[c] + \beta$$

[0077] Als nächstes werden im Schritt S9 $\text{BGL}[c]$ und ein vorgegebener Wert χ verglichen, und für den Fall, dass $\text{BGL}[c] \geq \chi$ erfüllt ist, endet die Verarbeitung, und für den Fall, dass $\text{BGL}[c] < \chi$ erfüllt ist, geht die Verarbeitung zum Schritt S10, in dem $\text{BGL}[c] = \chi$ eingestellt wird, und die Verarbeitung endet.

[0078] In der vorliegenden ersten Ausführungsform ist das Verhältnis von npn/BGL für die Klopfbeurteilungsbedingung eingestellt worden, aber ähnliche Ergebnisse können erhalten werden, indem npn/MAX anstelle von npn/BGL verwendet wird. Ferner wird eine untere Grenze für den BGL (oder MAX) bereit-

gestellt, so dass der Nenner der Teilung nicht Null wird. Diese untere Grenze kann ein Kartenwert der Umdrehungen/Minute und der Last der Brennkraftmaschine sein.

[0079] Wie bei dem herkömmlichen Beispiel wird die Klopfintensität mit dem folgenden Ausdruck dargestellt:

Klopfintensität (np) = npn – BGL.

[0080] Die Klopfintensität (np), die somit erhalten wird, wird in einen Zurückverlegungsbetrag umgewandelt, wodurch eine Zündzeitpunktsteuerung ausgeführt wird. Eine vorgegebene Haltezeit wird für diesen Zurückverlegungsbetrag bereitgestellt und nach dem Ablauf der Haltezeit nimmt der Zurückverlegungsbetrag bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit ab.

Zweite Ausführungsform

[0081] Bei der obigen ersten Ausführungsform wird die Klopfintensität (np) durch eine Subtraktion berechnet, so dass sogar mit dem gleichen S/N-Verhältnis ein größerer Zurückverlegungsbetrag erzeugt wird, wenn die Anzahl von Impulsen groß ist. Im Gegensatz dazu, bei Bedingungen, bei denen die Anzahl von Impulsen klein ist, wird ein kleiner Zurückverlegungsbetrag selbst für den Fall erzeugt, dass das S/N-Verhältnis das gleiche ist.

[0082] Um dies zu lösen, kann eine Anordnung bereitgestellt werden, bei der nur eine Klopfbeurteilung durch die folgende Gleichung durchgeführt wird:

$$np = npn - BGL$$

und für den Fall, dass

$$np > 0$$

erfüllt ist,

wird die Klopfintensität durch das S/N-Verhältnis aus den folgenden Gleichungen beurteilt, wodurch eine Klopfsteuerung bereitgestellt wird.

Klopfintensität (np) = npn/MAX, oder

Klopfintensität (np) = npn/BGL

Dritte Ausführungsform

[0083] Mit der voranstehend erwähnten ersten Ausführungsform steigt für den Fall, dass eine Abnormalität in den Klopfimpulsen aufgrund der Effekte von Rauschen oder dgl. auftritt, d. h. für den Fall, dass eine normal nicht wahrnehmbare npn Anzahl aufgrund einer Impulsaufteilung oder dgl. gezählt wird, der BGL drastisch. Demzufolge wird in einer dritten Ausführungsform der Erfindung eine obere Grenze für die npn bereitgestellt und der MAX-Wert wird unter Verwendung dieser oberen Grenze aktualisiert.

Infolgedessen kann verhindert werden, dass der BGL aufgrund von Rauschen oder dgl. drastisch ansteigt und die Zeit, die erforderlich ist, damit der BGL auf einen geeigneten Wert zurückkehrt, kann verkürzt werden, wodurch eine Verschlechterung der Klopferrfassung verhindert werden kann.

Vierte Ausführungsform

[0084] In einer vierten Ausführungsform der Erfindung wird eine obere Grenze für die npn bereitgestellt und für den Fall, dass eine Beschränkung auf den oberen Grenzwert angewendet wird, wird eine Annahme dahingehend getroffen, dass eine Abnormalität aufgetreten ist, und somit wird der MAX-Wert nicht aktualisiert, während der gegenwärtige Wert aufrechterhalten wird.

[0085] Für den Fall, dass ferner die Frequenz (Anzahl von Malen) von Abnormalitäten (der npn, der die obere Grenze überschreitet) einen vorgegebenen Wert überschreitet, wird eine Klopfsteuerung gesperrt bzw. unterbunden. Somit kann eine Klopferrfassung sogar unmittelbar einem sporadischen Rauschen folgend durchgeführt werden und ferner kann eine Klopfsteuerung gesperrt werden, wenn eine Beurteilung dahingehend ausgeführt wird, dass die erfasste Abnormalität nicht eine momentane Abnormalität ist, so dass die Maschine in einer sicheren Weise betrieben werden kann.

Fünfte Ausführungsform

[0086] Mit der voranstehend erwähnten ersten Ausführungsform wird eine Korrektur mit dem S/N-Verhältnis (nnp/BGL) ausgeführt, aber wie in [Fig. 6](#) gezeigt, während eine Herabsetzung des Korrekturkoeffizienten ϵ_2 eine Klopferrfassung verbessert, verringert dies die Vermeidung von Rauschen. In [Fig. 6](#) bezeichnet der Ausdruck "bord" den Umschaltpunktwert und der Ausdruck "al-mag" bezeichnet ϵ_2 einem Umschalten folgend. Ferner kann im Gegensatz dazu, wie in [Fig. 7](#) gezeigt, eine Erhöhung des Korrekturkoeffizienten Rauschen vermeiden, verursacht aber ein Problem dahingehend, dass ein ausreichender Zurückverlegungsbetrag für den Fall, dass ein Klopfvorgang auftritt, nicht erhalten werden kann.

[0087] Demzufolge wird für den Fall, dass der Zurückverlegungsbetrag gleich oder kleiner als ein vorgegebener Wert ist, ein geeigneter Korrekturkoeffizient mit einer auf eine Klopferrfassung platzierten Priorität und an dem Punkt, an dem ein ausreichender Zurückverlegungsbetrag erhalten wird, wird der Korrekturkoeffizient umgeschaltet, um Rauschen zu vermeiden.

[0088] Die Bereitstellung des Zurückverlegungsbetrags zum Ausführen dieser Umschaltung mit einer Hysterese ergibt stabile Operationen. Somit kann

eine Klopferrfassung und die Vermeidung von Rauschen erzielt werden.

[0089] Wenn in [Fig. 8](#) der Zurückverlegungsbetrag kleiner als 6° ist, wird der Korrekturkoeffizient ϵ_2 für den Zurückverlegungsbetrag genauso in der folgenden Weise umgeschaltet:

$\epsilon_2 = 0,1$ bei einem S/N-Verhältnis $\geq \delta$

$\epsilon_2 = 1$ bei einem S/N-Verhältnis $< \delta$

und ferner für den Fall, dass der Zurückverlegungsbetrag gleich oder größer als 6° ist,

$\epsilon_2 = 0,3$ bei einem S/N-Verhältnis $\geq \delta$

$\epsilon_2 = 1$ bei einem S/N-Verhältnis $< \delta$

[0090] Ferner wird eine Hysterese so bereitgestellt, dass für den Fall, dass der Zurückverlegungsbetrag gleich oder größer als 6° wird, der Korrekturkoeffizient ϵ_2 0,3 ist, und für den Fall, dass der Zurückverlegungsbetrag kleiner als 5° ist, kehrt der Korrekturkoeffizient ϵ_2 auf 0,1 zurück.

Sechste Ausführungsform

[0091] Soweit wurde die Beschreibung bezüglich der Fälle durchgeführt, bei denen die Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine sich allmählich ändert, aber ein Zustand, bei dem die Maschinenbetriebsbedingung sich schnell ändert (d. h. ein transienter Zustand) wird beschrieben werden. Ein transienter Zustand ist normalerweise ein Zustand, bei dem die Änderungsrate in dem Drosselventil gleich oder größer wie ein vorgegebener Wert ist, oder die Änderungsrate in der Anzahl von Umdrehungen pro Minute (UpM) der Maschine gleich oder größer als ein vorgegebener Wert ist.

[0092] Die Anzahl von Klopfimpulsen, die erzeugt werden, ändert sich in Abhängigkeit von der Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine. Zum Beispiel ist die Anzahl von Impulsen bei einer niedrigen UpM klein und die Anzahl von Impulsen nimmt zu, wenn die UpM zunimmt. Demzufolge ändert sich in dem transienten Zustand die Anzahl von Klopfimpulsen stark in Abhängigkeit von dem Klopfvorgang.

[0093] Demzufolge beschleunigt die Erhöhung des Korrekturkoeffizienten ϵ_2 für eine vorgegebene Periode (oder Anzahl von Zündzeiten) vom Standpunkt einer Beurteilung des transienten Zustands in dem Zustand des S/N-Verhältnisses $\geq \delta$ den Anstieg des BGL, wodurch eine unnötige Erzeugung des Zurückverlegungsbetrags in dem transienten Zustand verhindert wird, was ansonsten einen Leistungsverlust verursachen würde. Zu dieser Zeit können ähnliche Effekte durch Beschleunigen des Anstiegs des BGL

durch Redzieren der MAX-Wert-Verkleinerungsgeschwindigkeit (γ) oder durch Erhöhung von α oder δ erhalten werden.

Siebte Ausführungsform

[0094] In der voranstehend beschriebenen sechsten Ausführungsform wird der Korrekturkoeffizient ϵ_2 in dem Zustand des S/N-Verhältnisses $\geq \delta$ für eine vorgegebene Periode von dem Punkt einer Beurteilung des transienten Zustands erhöht, aber der transiente Zustand ist ein Zustand, bei dem ein Klopfvorgang bereits auftritt. Demzufolge wird mit einer siebten Ausführungsform der Erfindung der Korrekturkoeffizient ϵ_2 für eine vorgegebene Periode (oder die Anzahl von Zündzeiten) vom Standpunkt einer Beurteilung des transienten Zustands für den Zustand des S/N-Verhältnisses $\geq \delta$ verkleinert, wodurch der Anstieg des BGL verzögert wird, wodurch ein Klopfvorgang auf ein maximales Ausmaß verhindert wird. Zu dieser Zeit können ähnliche Effekte auch erhalten werden, indem der Anstieg des BGL verzögert wird, während die MAX-Wert-Verkleinerungsgeschwindigkeit γ erhöht oder α oder δ verkleinert wird.

Achte Ausführungsform

[0095] In einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bestimmt die ECU 2 für den Fall, dass eine Beurteilung eines transienten Zustands durchgeführt wird, ob die Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine sich gerade in die Richtung einer Erhöhung oder Verkleinerung der Anzahl von Klopfimpulsen ändert, und ob ein einfacher Anstieg des BGL oder ein einfacher Abfall des BGL für eine vorgegebene Zeitperiode umgeschaltet wird, zu ermöglichen ist. Für den Fall, dass die Beurteilung durchgeführt wird, dass die Anzahl von Impulsen eine Tendenz zum Ansteigen aufweist, kann eine Rauszurückverlegung durch Ändern der Parametereinstellungen und Beschleunigen des Anstiegs des BGL wie bei der voranstehend erwähnten sechsten Ausführungsform verhindert werden, und ferner kann für den Fall, dass eine Beurteilung durchgeführt wird, dass die Anzahl von Impulsen eine Tendenz zum Abfallen aufweist, eine Klopferrfassung verbessert werden, indem die Parametereinstellungen geändert und der Abfall des BGL wie bei der voranstehend erwähnte siebten Ausführungsform beschleunigt wird.

[0096] Wie voranstehend beschrieben, stellt die Klopfsteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung die folgenden Vorteile bereit:

Die Klopfsteuervorrichtung der Erfindung umfasst: einen Klopfdetektor zum Extrahieren einer Vibrationskomponente, die auf einen Ionenstrom überlagert ist, und für eine Wellenform-Formung davon an einem vorgegebenen Klopfbeurteilungs-Schwellwert, um eine Folge von Klopfimpulsen K_p zu erzeugen, von denen die Anzahl der Impulse eine Intensität eines

Klopfvorgangs anzeigt, der in der Brennkraftmaschine erzeugt wird; und eine Maschinensteuereinheit zum Zählen der Anzahl von Impulsen N in der Klopfimpulsfolge K_p , die von dem Klopfdetektor ausgegeben wird, und zum Beurteilen, auf Grundlage der Anzahl von Impulsen N , ob gerade ein Klopfvorgang auftritt oder nicht; wobei die Maschinensteuereinheit einen Spitzenwert der Anzahl von Klopfimpulsen ausführt, um den Klopfbeurteilungs-Schwellenwert BGL durch Multiplizieren der Anzahl von Impulsen mit α zu berechnen. Mit dieser Anordnung kann ein Klopfvorgang in einer stabilen Weise selbst für den Fall erfasst werden, dass eine Änderung in einem Durchschnittswert der Anzahl von Impulsen n_{pn} vorhanden ist oder für den Fall, dass sich ein Zustand von Unregelmäßigkeiten in der Anzahl von Impulsen ändert, um die Anzahl von Klopfimpulsen n_{pn} zu erhöhen.

[0097] Ferner wird der Klopfbeurteilungs-Schwellenwert (BGL) vorzugsweise durch die folgende Gleichung berechnet:

$$BGL = \alpha \times MAX + \beta$$

wobei α und β Konstanten sind und MAX ein maximaler Wert für die Anzahl von Klopfimpulsen n_{pn} in der Klopfimpulsfolge k_p ist; und MAX für jeden Verbrennungszyklus aktualisiert wird, und für den Fall, dass die Anzahl von Klopfimpulsen n_{pn} , die gegenwärtig erzeugt werden, gleich oder größer wie der gegenwärtige MAX-Wert ist, wird die Aktualisierung gemäss der folgenden Gleichung ausgeführt:

$$MAX = MAX \times \varepsilon_1 + (n_{pn} - MAX) \times \varepsilon_2$$

wobei ε_1 und ε_2 Korrekturkoeffizienten sind; und für den Fall, dass Zündzyklen fort dauern, wobei die Anzahl von Klopfimpulsen n_{pn} gleich oder kleiner als der MAX-Wert ist, wird der MAX-Wert für eine vorgegebene Zeitperiode gehalten, und der MAX-Wert wird bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit (γ) nach einem Ablauf der vorgegebenen Zeitperiode verkleinert.

[0098] Mit einer derartigen Anordnung kann die Klopfsteuervorrichtung eine Klopfsteuerung in einer zufriedenstellenden Weise ausführen, selbst wenn β (das OFS in herkömmlichen Anordnungen) auf "1" eingestellt ist, so dass ein Klopfvorgang in einer stabilen Weise selbst für den Fall erfasst werden kann, dass die Anzahl von Impulsen klein wird. Ferner kann für den Fall, dass das S/N-Verhältnis der n_{pn} in einem Zustand ohne Klopfvorgang ausreichend groß ist, eine Halteperiode für den MAX-Wert bereitgestellt werden, wodurch eine Klopfbefassung verbessert wird. Ferner verbessert die Einstellung der Halteperiode auf Null das Nachfolgen des MAX-Werts zu der n_{pn} , wodurch weitere Verbesserungen der Klopfbefassung erzielt werden.

[0099] Ferner schaltet die Maschinensteuereinheit vorzugsweise wenigstens einen der Korrekturkoeffizienten ε_1 und ε_2 um, und zwar in Abhängigkeit davon, ob das S/N-Verhältnis (n_{pn}/BGL), das durch eine Verhältnis der Anzahl von Klopfimpulsen n_{pn} zu dem Klopfbeurteilungs-Schwellenwert BGL dargestellt wird, gleich oder größer als ein vorgegebener Wert δ ist. Somit ermöglicht in Zündzyklen, bei denen beurteilt wird, dass ein Klopfvorgang vorhanden ist, eine Ausführung einer Korrektur, wenn der MAX-Wert aktualisiert wird, dass das Rauschen vermieden wird, während eine gute Klopfbefassung aufrechterhalten wird. Ferner wird eine derartige Korrektur (Umschalten der Korrekturkoeffizienten) auf Grundlage des S/N-Verhältnisses ausgeführt, so dass eine stabile Beurteilung durchgeführt werden kann, ohne von der Klopfimpulsanzahl beeinflusst zu werden. Während bei dem herkömmlichen Beispiel die OFS-Karten umgeschaltet werden, werden bei der vorliegenden Erfindung aber die Koeffizienten alleine umgeschaltet, so dass das Programm zur Ausführung einer derartigen Steuerung vereinfacht werden kann.

[0100] Ferner erfasst die Maschinensteuereinheit vorzugsweise einen Klopfvorgang für den Fall, dass die Anzahl von Klopfimpulsen n_{pn} größer als der Klopfbeurteilungs-Schwellenwert BGL ($n_{pn} > BGL$) ist, und erzeugt einen Zurückverlegungsbetrag, um den der Zündzeitpunkt der Brennkraftmaschine zurückverlegt wird.

[0101] Vorzugsweise wird die Klopfintensität n_p durch die folgende Gleichung berechnet:

$$N_p = n_{pn}/MAX;$$

Oder durch die folgende Gleichung:

$$n_p = n_{pn}/BGL;$$

und die Maschinensteuereinheit erzeugt den Zurückverlegungsbetrag gemäß der Klopfintensität n_p , die so berechnet wird, wodurch ein Absinken des Zurückverlegungsbetrags unter einen Maschinenbetriebsbedingung, bei der die Anzahl von Klopfimpulsen kleiner ist, verhindert wird, und auch eine Erzeugung eines übermäßigen Zurückverlegungsbetrags unter einer Maschinenbetriebsbedingung, bei der die Anzahl von Klopfimpulsen groß ist, vermieden wird.

[0102] Mit dem obigen Berechnungsverfahren steigt ferner der BGL für den Fall, dass die n_{pn} drastisch aufgrund von Rauschen oder dgl. ansteigt, an, so dass sich eine Klopfbefassung verschlechtert, aber bei der vorliegenden Erfindung ist ein oberer Grenzwert für die Anzahl von Klopfimpulsen n_{pn} vorgesehen, wodurch ein abnormaler Anstieg des BGL verhindert wird und der Zeitbetrag verringert wird, der für den BGL erforderlich ist, um sich auf einen geeigneten Wert einzustellen, wodurch eine Verschlechterung

rung der Klopf erfassung verhindert wird.

[0103] Ferner aktualisiert die Maschinensteuereinheit den MAX-Wert nicht, sondern hält den gegenwärtigen MAX-Wert für den Fall aufrecht, dass eine Beschränkung auf den oberen Grenzwert der Klopfimpulsanzahl n_{pn} angelegt wird, und ferner, für den Fall, dass abnormale Zündzyklen einer vorgegebenen Anzahl oder mehr innerhalb einer vorgegebenen Anzahl von Zündzyklen aufgetreten sind (d. h. n_{pn} ist gleich oder größer als ein vorgegebener Beschränkungswert), wird eine Klopfsteuerung gesperrt, wodurch ein Fall, bei dem die n_{pn} drastisch ansteigt, d. h. ein Fall, bei dem die n_{pn} gleich oder größer als die obere Grenze ist, als eine abnormale Bedingung beurteilt wird und eine Aktualisierung des MAX-Wert gesperrt wird, um so einen abnormalen Anstieg des BGL zu verhindern, wodurch ermöglicht wird, dass ein Klopfvorgang sogar unmittelbar dem Auftreten von Abnormalitäten wie Rauschen folgend erfasst werden kann. Ferner ermöglicht die Sperrung einer Klopfsteuerung für den Fall, dass die Frequenz von Abnormalitäten einen vorgegebenen Wert übersteigt, dass die Brennkraftmaschine in einer sichereren Weise betrieben wird.

[0104] Vorzugsweise ändert die Maschinensteuereinheit auch die Werte Korrekturkoeffizienten ϵ_1 und ϵ_2 , die durch das S/N-Verhältnis von Klopfimpulsen umgeschaltet werden können, um den Betrag einer Zurückverlegung, die auch in dem Zündzeitpunkt erzeugt wird, wodurch ermöglicht wird, dass Rauschen vermeiden wird, während eine zuverlässige Klopf erfassung sichergestellt wird. Das heißt, der Anstieg des BGL wird auf die Zeit zum Ansteigen des Zurückverlegungsbetrags verlangsamt, und die Anstiegsgeschwindigkeit des BGL wird an einem Punkt erhöht, an dem ein bestimmter Zurückverlegungsbetrag erzeugt worden ist, wodurch sowohl eine Klopf erfassung als auch eine Rauschvermeidung realisiert werden.

[0105] Für den Fall, dass eine Beurteilung durchgeführt wird, dass die Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine sich schnell ändert, verkleinert die Maschinensteuereinheit vorzugsweise wenigstens einen der Korrekturkoeffizienten ϵ_1 und ϵ_2 , die Verkleinerungsgeschwindigkeit (γ) für den MAX-Wert und den Koeffizienten α über eine vorgegebenen Zeitperiode, wodurch der Anstieg des BGL verzögert wird und eine Genauigkeit in der Klopf erfassung erhöht wird, während eine fehlerhafte Erfassung eines Klopfvorgangs unterdrückt wird, oder die Maschinensteuereinheit erhöht vorzugsweise einen der Korrekturkoeffizienten ϵ_1 und ϵ_2 , die Verkleinerungsgeschwindigkeit (γ) des MAX-Werts und den Koeffizienten α über eine vorgegebenen Zeitperiode, wodurch der Anstieg des BGL beschleunigt wird und die Erzeugung einer Rauschzurückverlegung (D. h. eine Zurückverlegung des Zündzeitpunkts aufgrund von

Rauschen) unterdrückt wird, wodurch ein Leistungsverlust der Maschine verhindert wird.

[0106] Für den Fall, dass eine Beurteilung durchgeführt wird, dass die Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine in einem transienten Zustand ist, beurteilt die Maschinensteuereinheit vorzugsweise, ob die Maschinenbetriebsbedingungen sich in einer Richtung ändert, in der die Anzahl von Klopfimpulsen zunimmt oder abnimmt, und schaltet Parameter zum Bestimmen der Erhöhungs- und Verkleinerungsgeschwindigkeit des BGL über eine vorgegebene Zeitperiode um, wodurch ermöglicht wird, dass ein geeigneter Zurückverlegungsbetrag konstant erhalten wird.

Patentansprüche

1. Klopfsteuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine, umfassend:
 einen Klopfdetektor (**13**, **14**, **15**) zum Extrahieren einer Vibrationskomponente, die einem Ionenstrom überlagert ist, aus dem Ionenstrom, und für eine Wellenform-Formung der extrahierten Vibrationskomponente durch Vergleich mit einem vorgegebenen Erfassungsschwellenwert, um eine Klopfimpulsfolge (K_p) zu erzeugen, deren Anzahl von Impulsen (n_{pn}) eine Intensität eines Klopfvorgangs, der in der Brennkraftmaschine erzeugt wird, anzeigt; und
 eine Maschinensteuereinheit (**2**) zum Zählen der Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}) der Klopfimpulsfolge (K_p), die von dem Klopfdetektor ausgegeben wird, und zum Bestimmen, auf Grundlage der Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}), ob ein Klopfvorgang gerade auftritt;
 wobei die Maschinensteuereinheit (**2**) ein Halten eines maximalen Wertes (MAX) der Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}) in der Klopfimpulsfolge (K_p) durchführt, um einen vorgegebenen Klopfbeurteilungsschwellenwert (BGL) zu berechnen, wobei MAX für jeden Verbrennungszyklus aktualisiert wird und für den Fall, dass die Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}), die gegenwärtig erzeugt werden, gleich oder größer als ein gegenwärtiger MAX-Wert ist, wird die Aktualisierung gemäß der folgenden Gleichung ausgeführt:

$$\text{MAX} = \text{MAX} \times \epsilon_1 + (n_{pn} - \text{MAX}) \times \epsilon_2$$

wobei ϵ_1 und ϵ_2 Korrekturkoeffizienten sind; und wobei für den Fall, dass Verbrennungszyklen fort dauern, wobei die Anzahl von Klopfimpulsen (n_{pn}) gleich oder kleiner als der MAX-Wert ist, der MAX-Wert für eine vorgegebene Zeitperiode gehalten wird, und der MAX-Wert bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit γ nach einem Ablauf der vorgegebenen Zeitperiode verkleinert wird.

2. Klopfsteuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der vorgegebene Klopfbeurteilungsschwellen-

wert (BGL) durch die folgende Gleichung berechnet wird:

$$\text{BGL} = \alpha \times \text{MAX} + \beta$$

wobei α und β konstant sind.

3. Klopfsteuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Maschinensteuereinheit (2) wenigstens einen der Korrekturkoeffizienten in Abhängigkeit davon, ob ein SN-Verhältnis (npn/BGL), dargestellt durch eine Verhältnis der Anzahl von Klopfimpulsen (npn) zu dem Klopfbeurteilungs-Schwellenwert (BGL), gleich oder größer als ein vorgegebener Wert δ ist oder nicht.

4. Klopfsteuervorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Maschinensteuereinheit (2) einen Klopfvorgang für den Fall erfasst, dass die Anzahl von Klopfimpulsen (npn) größer als der Klopfbeurteilungs-Schwellenwert (BGL) $\text{npn} > \text{BGL}$ ist und einen Zurückverlegungsbetrag erzeugt, um den ein Zündzeitpunkt der Brennkraftmaschine zurückverlegt wird.

5. Klopfsteuervorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Maschinensteuereinheit (2) die Klopfintensität durch die folgende Gleichung berechnet:

$$\text{np} = \text{npn}/\text{MAX};$$

oder durch die folgende Gleichung:

$$\text{np} = \text{npn}/\text{BGL}; \text{ und}$$

die Maschinensteuereinheit (2) Zurückverlegungsbetrag gemäß der Klopfintensität (np), die so berechnet wird, erzeugt.

6. Klopferefassungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Maschinensteuereinheit (2) einen oberen Grenzwert für die Anzahl von Klopfimpulsen (npn) einstellt.

7. Klopferefassungseinrichtung nach Anspruch 6, wobei Maschinensteuereinheit (2) den MAX-Wert nicht aktualisiert, sondern den gegenwärtigen MAX-Wert hält, für den Fall, dass eine Beschränkung auf den oberen Grenzwert der Anzahl von Klopfimpulsen (npn) angewendet wird, und die Maschinensteuereinheit (2) eine Klopfsteuerung für den Fall sperrt, dass abnormale Zündzyklen einer vorgegebenen Anzahl oder mehr innerhalb einer vorgegebenen Anzahl von Zündzyklen aufgetreten sind.

8. Klopfsteuervorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Maschinensteuereinheit (2) auch die Werte der Korrekturkoeffizienten (ϵ_1) und (ϵ_2), die von dem S/N-Verhältnis von Klopfimpulsen umgeschaltet werden können, um den Zurückverlegungsbetrag, der in dem Zündzeitpunkt erzeugt wird, ändert.

9. Klopfsteuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei für den Fall, dass eine Beurteilung durchgeführt wird, dass eine Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine sich schnell ändert, die Maschinensteuereinheit (2) wenigstens einen der Korrekturkoeffizienten (ϵ_1) und (ϵ_2), die Verkleinerungsgeschwindigkeit (γ) des MAX-Werts und den Koeffizienten α einer vorgegebenen Zeitperiode vergrößert oder verkleinert.

10. Klopfsteuervorrichtung nach Anspruch 2, wobei für den Fall, dass eine Beurteilung durchgeführt wird, dass eine Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine in einem transienten Zustand ist, die Maschinensteuereinheit (2) beurteilt, ob sich die Maschinenbetriebsbedingung gerade in einer Richtung ändert, in der die Anzahl von Klopfimpulsen zunimmt oder abnimmt, und Parameter zum Bestimmen der Erhöhungs- oder Verkleinerungsgeschwindigkeit des BGL über eine vorgegebene Periode umschaltet.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

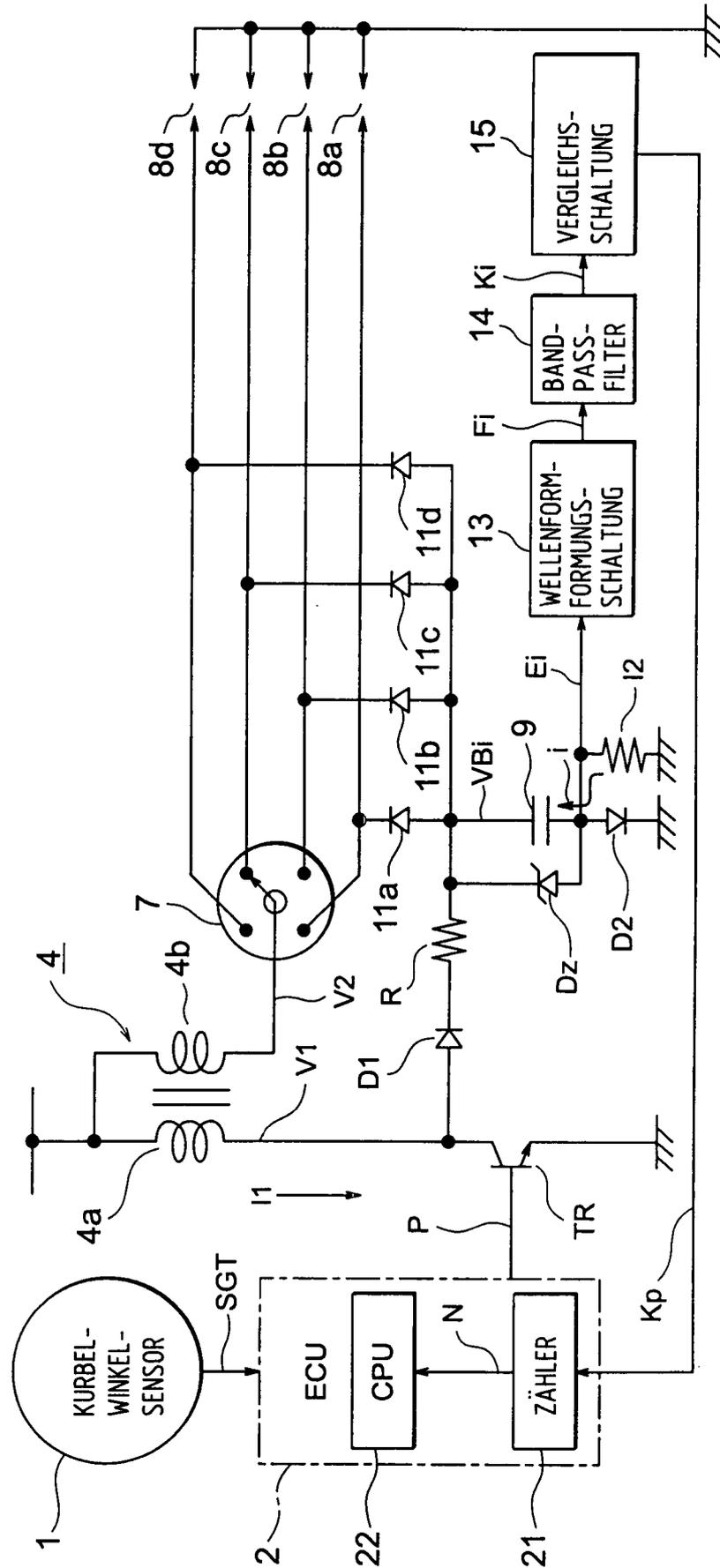


FIG. 2

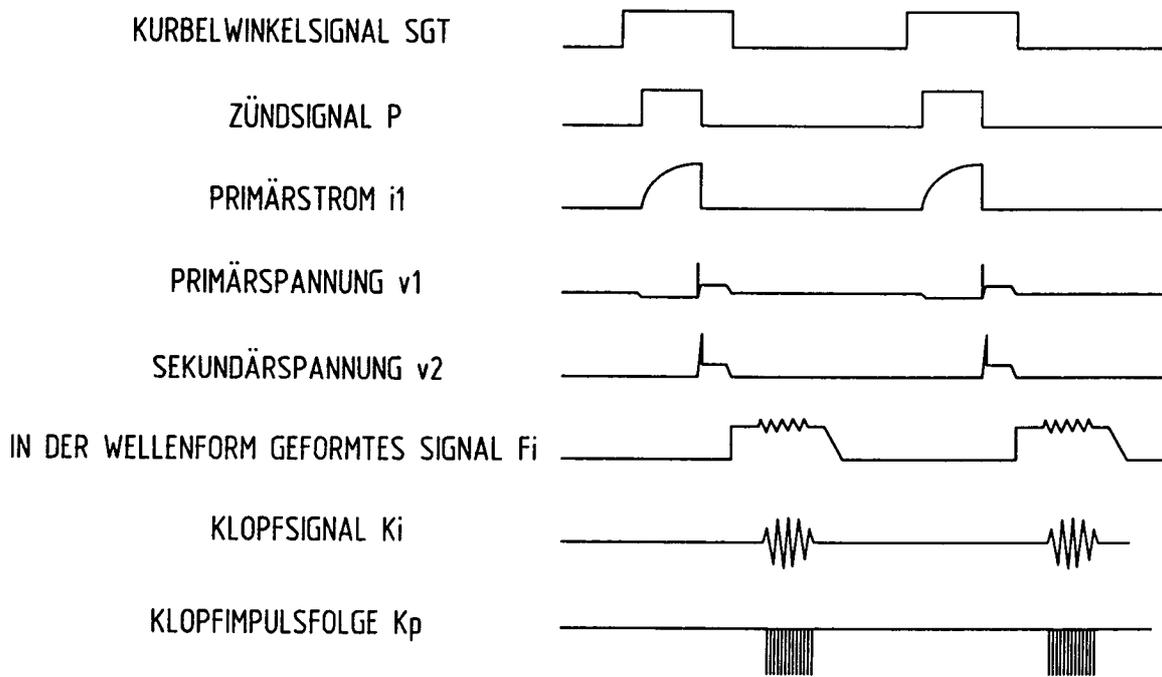


FIG. 3

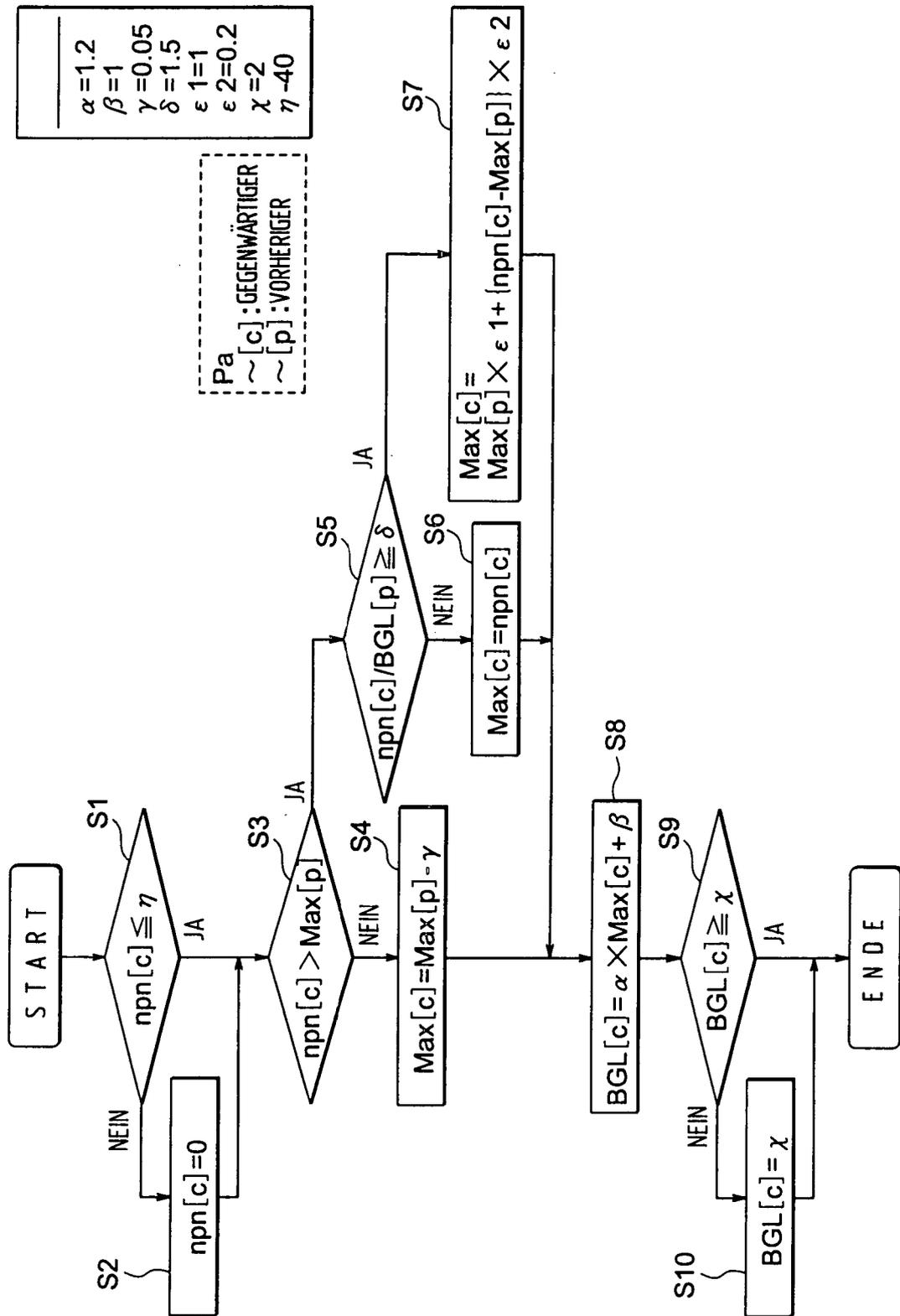


FIG. 4

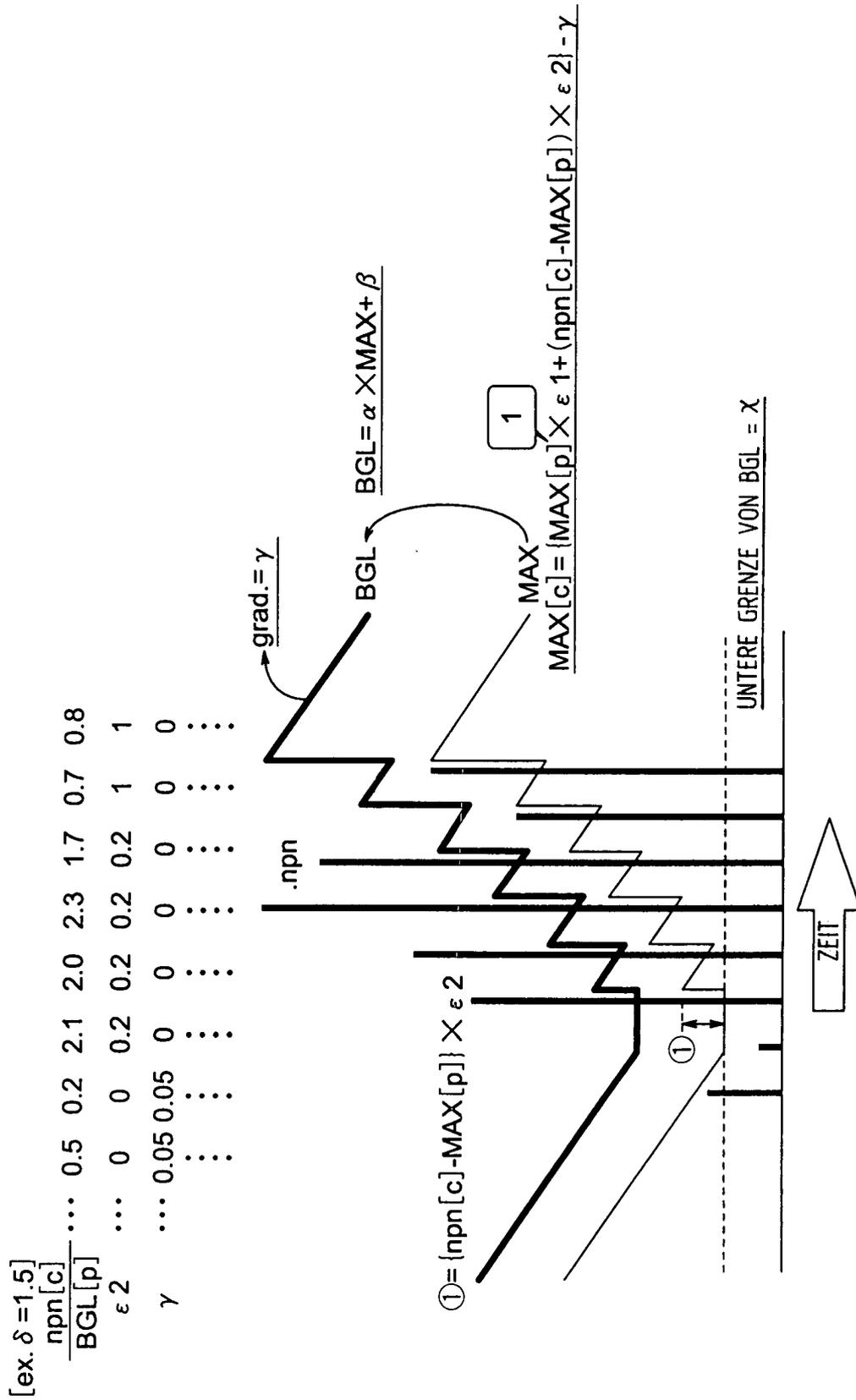


FIG. 5

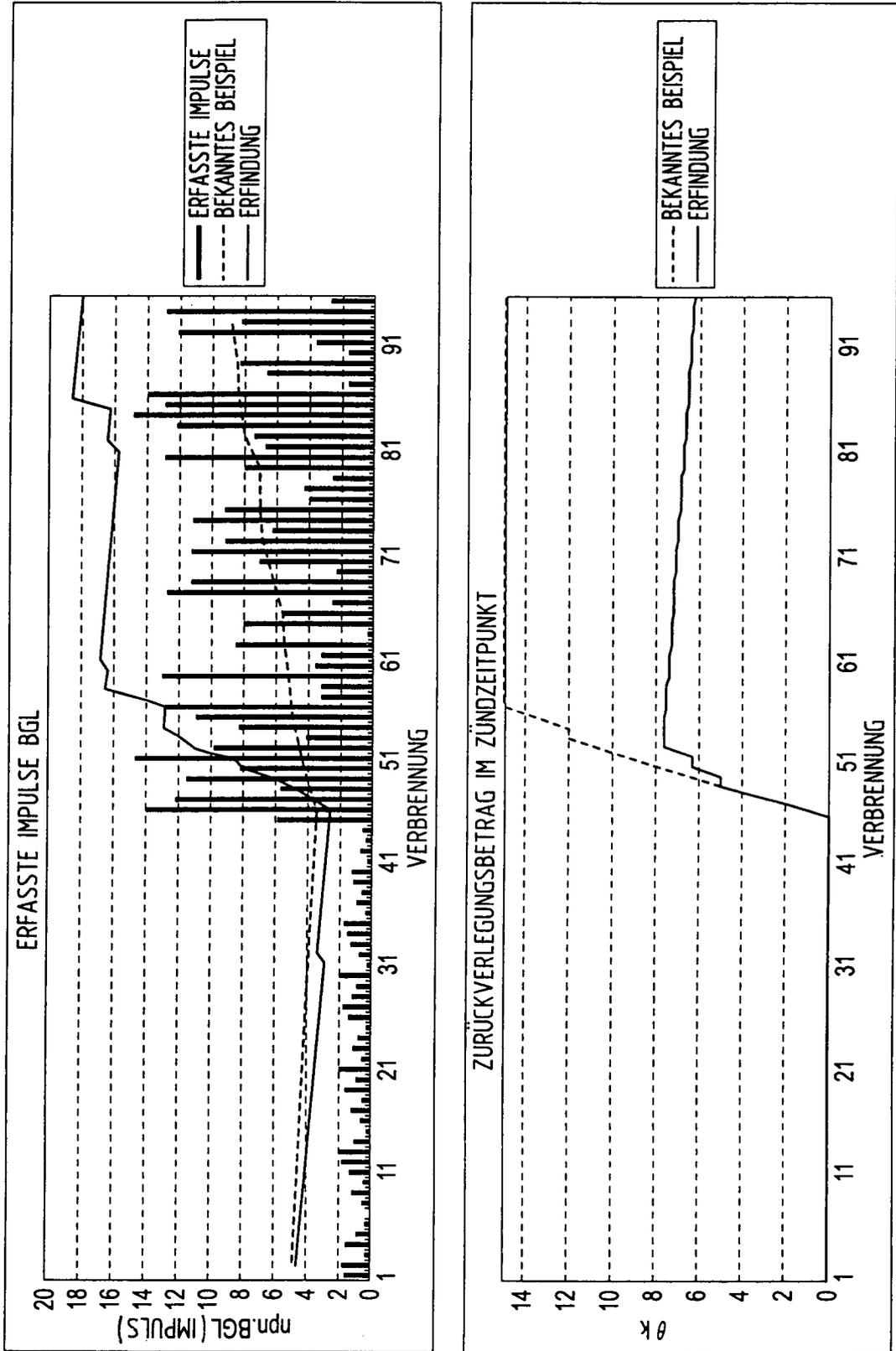


FIG. 6

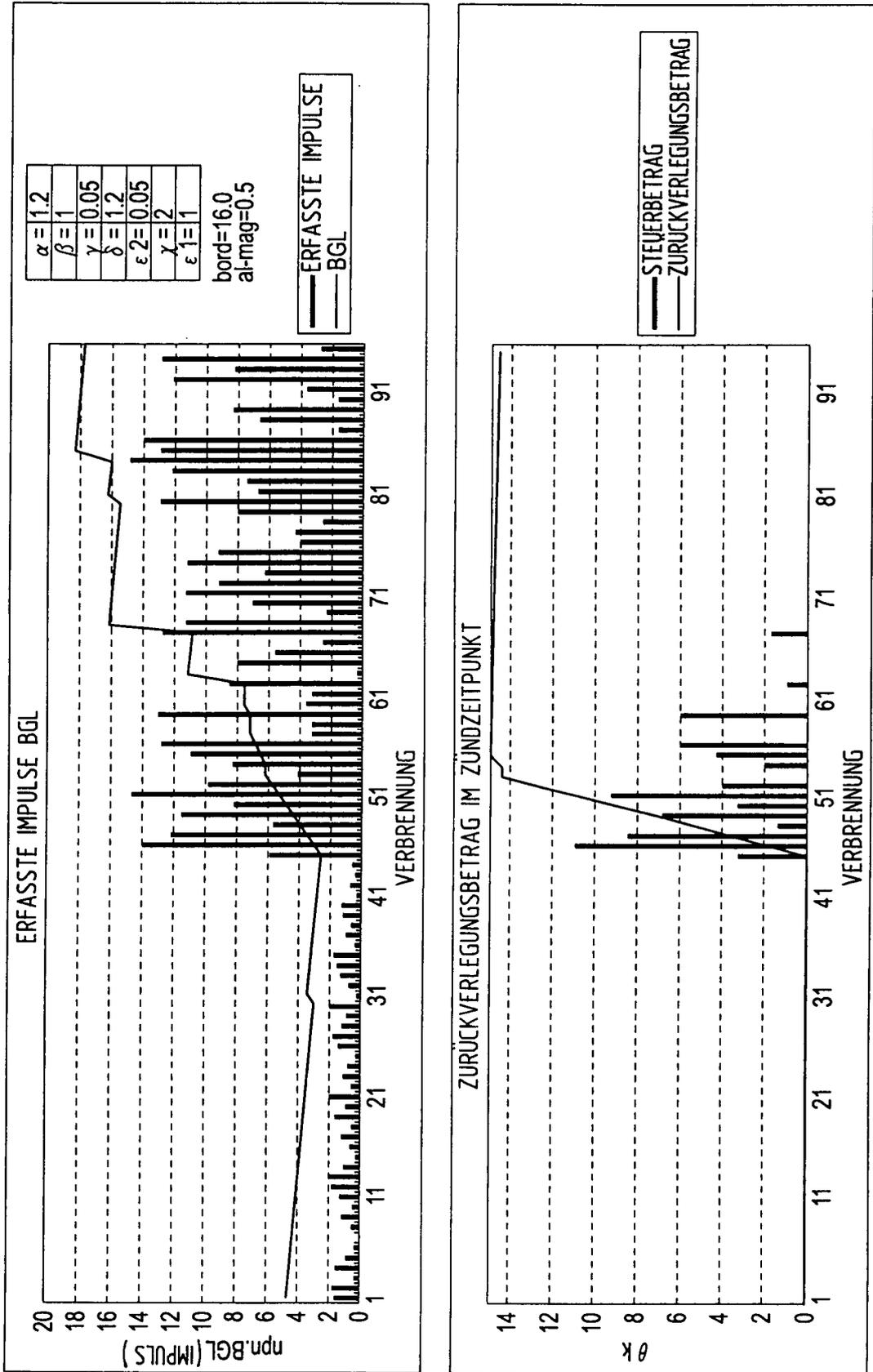


FIG. 7

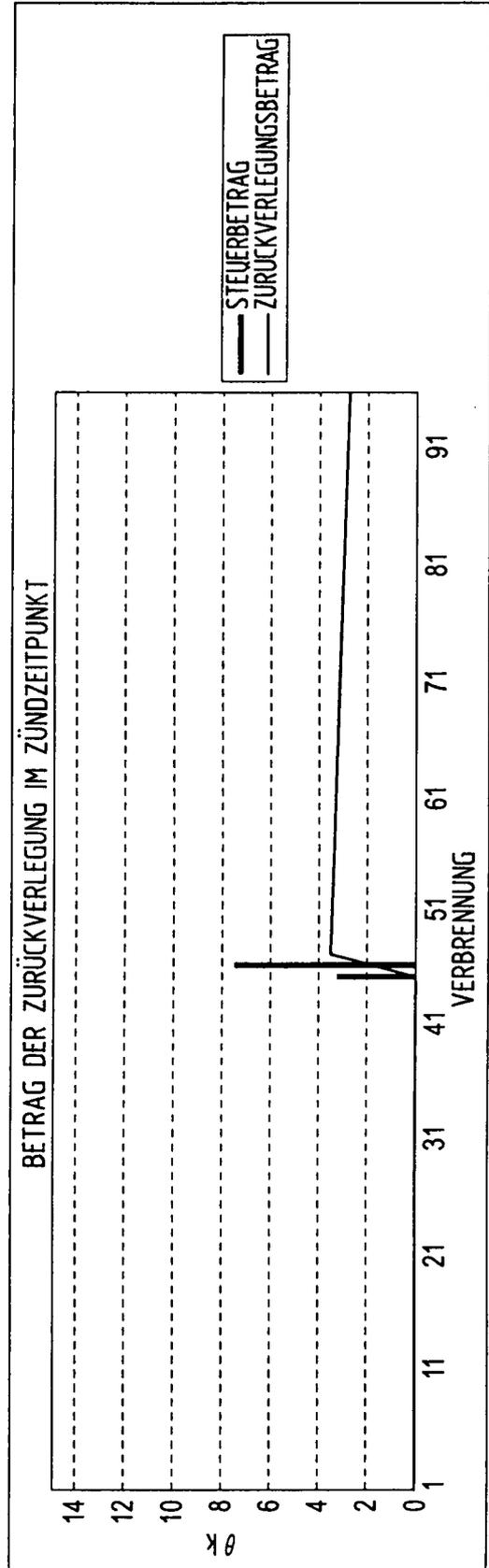
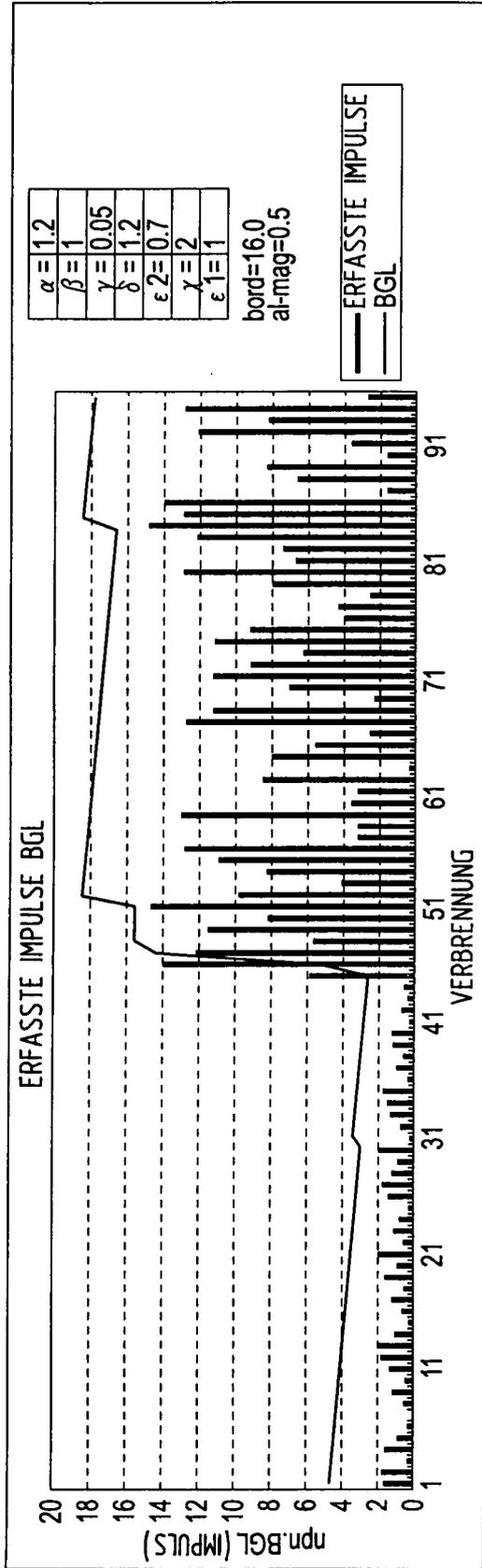


FIG. 8

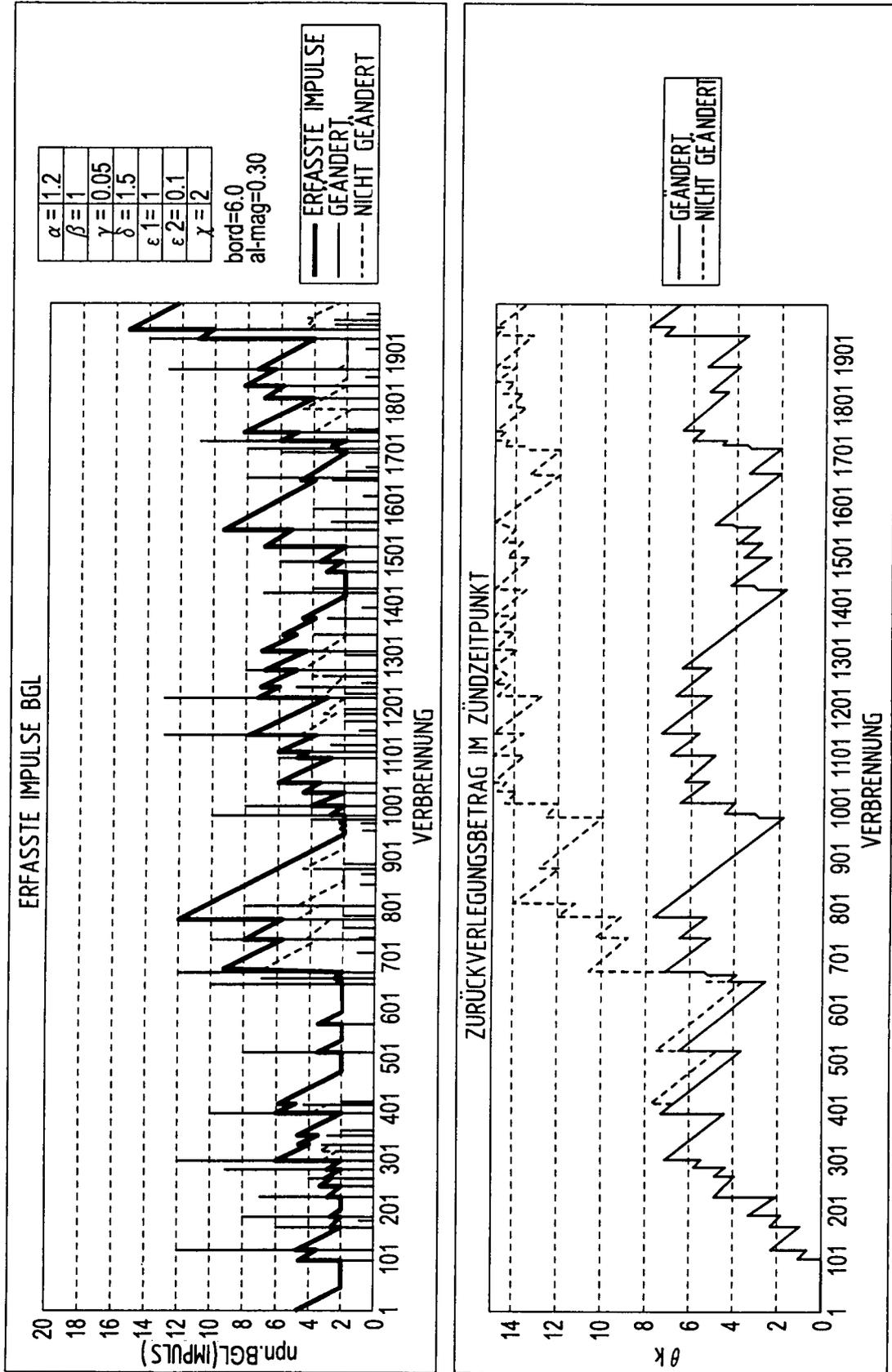


FIG. 9

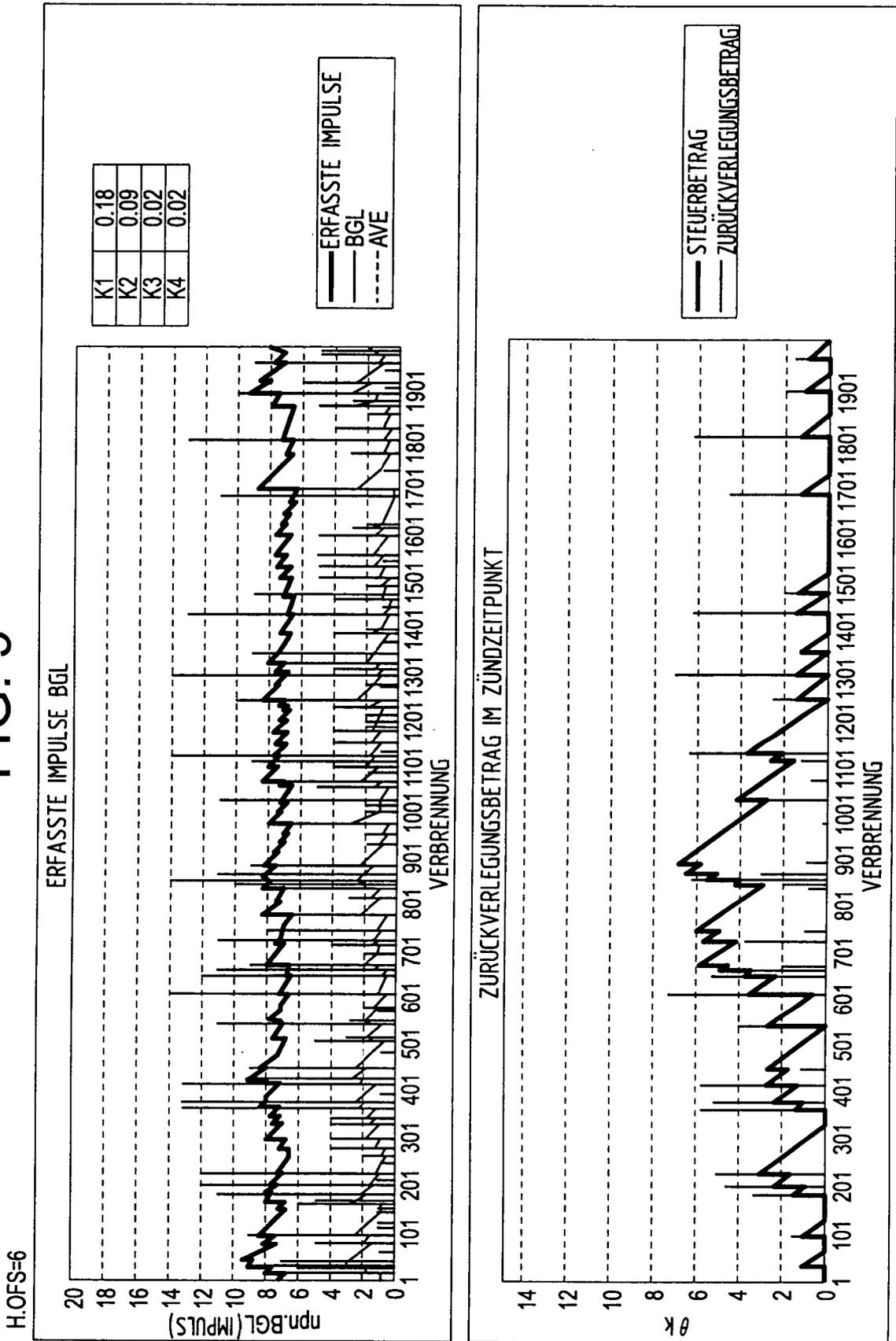


FIG. 10

IONENSTROM-WELLENFORM OHNE KLOPFEN
(2000 U_pM/min WOT)

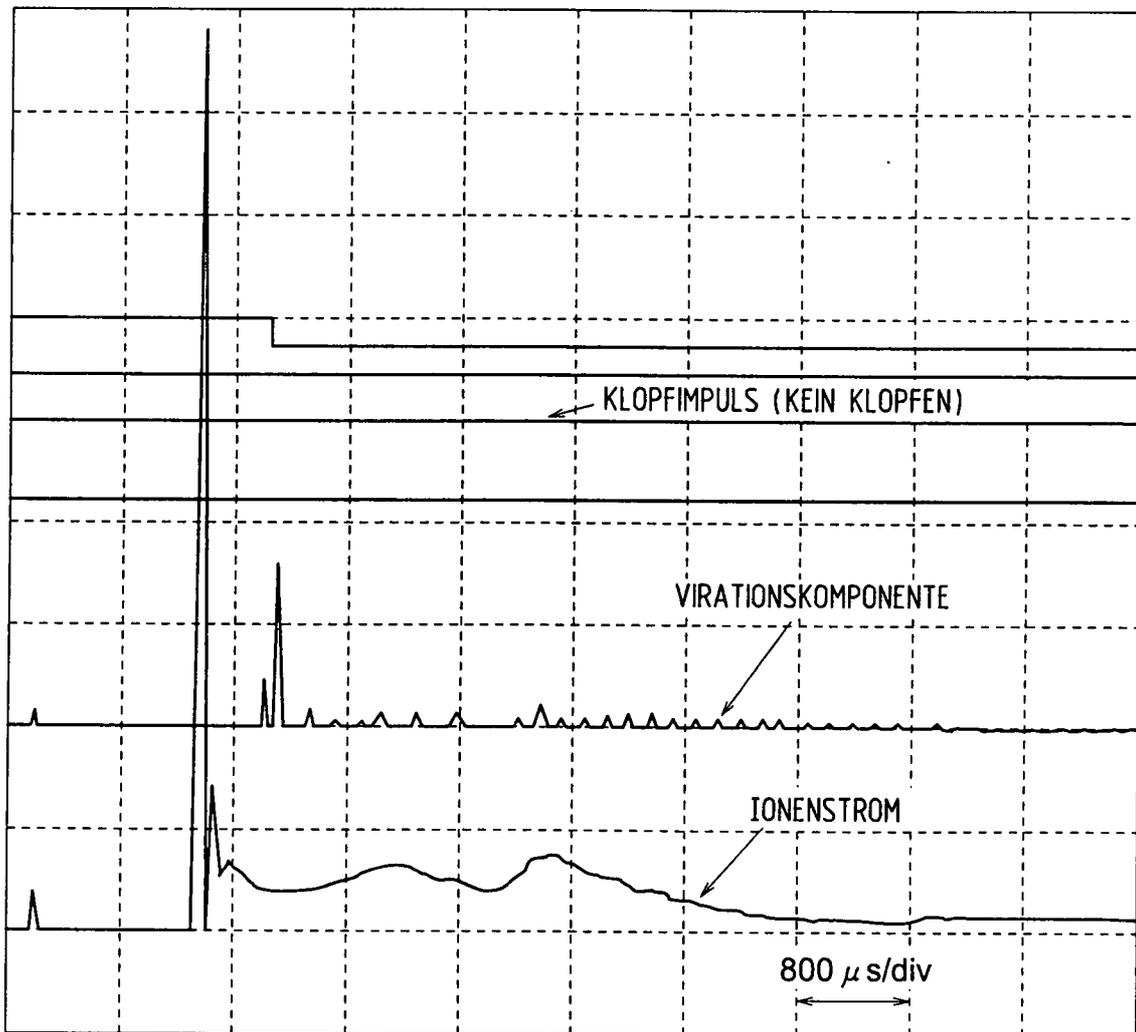


FIG. 11

IONENSTROM-WELLENFORM MIT KLOPFEN
(2000 U_{pM}/min WOT)

