



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 037 582 A1** 2008.02.21

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 037 582.6**

(22) Anmeldetag: **09.08.2007**

(43) Offenlegungstag: **21.02.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02D 41/00** (2006.01)

(66) Innere Priorität:

**10 2006 038 283.8 16.08.2006**

(71) Anmelder:

**Andreas Stihl AG & Co. KG, 71336 Waiblingen, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwalt Dipl.-Ing. Walter Jackisch & Partner,  
70192 Stuttgart**

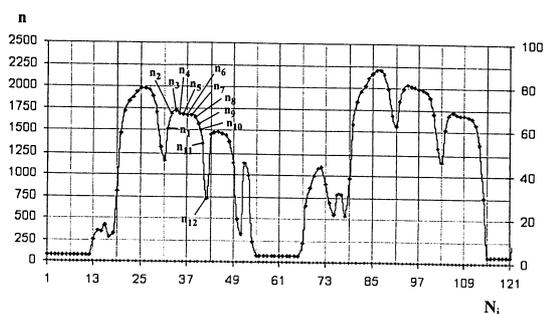
(72) Erfinder:

**Maier, Georg, Dr.-Ing., 71394 Kernen, DE; Layher,  
Wolfgang, Dipl.-Ing., 74354 Besigheim, DE;  
Abou-Aly, Mohamed, Dr.-Ing., 71336 Waiblingen,  
DE; Leufen, Heinrich, Dipl.-Ing., 71409  
Schwaikheim, DE; Schieber, Eberhard, Dipl.-Ing.,  
71522 Backnang, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Erkennen von Betriebsparametern eines Arbeitsgerätes mit einem Verbrennungsmotor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen eines Betriebszustandes eines Arbeitsgerätes mit einem Verbrennungsmotor, insbesondere eines tragbaren, handgeführten Arbeitsgerätes mit einem Zweitaktmotor (1), dessen Kurbelwelle (4) einen Signalgenerator (16) drehend antreibt, welcher innerhalb einer Kurbelwellenumdrehung aufeinanderfolgende Spannungssignale (S) abgibt. Um aus dem Spannungssignal (S) Betriebsparameter des Arbeitsgerätes und/oder des Verbrennungsmotors abzuleiten, wird die Periodendauer (T) eines Spannungssignals (S) derart ausgelegt, dass sie einem n-ten Teil einer Kurbelwellenumdrehung entspricht. Die Kurbelwellenumdrehung wird somit in n Kurbelwellenwinkelintervalle (I, II, III, ...VI) aufgeteilt und für jedes Kurbelwellenwinkelintervall (I, II, III, ...VI) mindestens eine Information erfasst, wobei die Informationen der Kurbelwellenwinkelintervalle (I, II, ...VI) einen Verlauf über dem Kurbelwellenwinkel abbilden. Der aus den Informationen gebildete Verlauf wird auf signifikante Merkmale abgetastet und ein signifikantes Merkmal einem Betriebsparameter des Arbeitsgerätes zugeordnet.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen eines Betriebsparameters eines Arbeitsgerätes mit einem Verbrennungsmotor, insbesondere eines tragbaren, handgeführten Arbeitsgerätes mit einem Hubkolbenmotor wie einen Zweitaktmotor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Moderne Verbrennungsmotoren, wie sie z.B. in handgeführten, tragbaren Arbeitsgeräten eingesetzt werden, werden von aufwendigen Zündungen gesteuert, die unterschiedliche Betriebsparameter des Verbrennungsmotors berücksichtigen. Diese verschiedenen Betriebsparameter des Verbrennungsmotors müssen der Steuerung zur Verfügung gestellt werden, wozu Drehzahlsensoren, Drosselklappensensoren, Lastsensoren, Klopfensensoren oder dgl. notwendig sind. Die Vielzahl der Sensoren ist technisch aufwendig und teuer und birgt viele Fehlerquellen. Daneben ist die vorzusehende Verkabelung schwierig, da bei kleinbauenden Arbeitsgeräten mit Verbrennungsmotoren erhebliche Temperaturbelastungen auftreten.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Erkennen von Betriebszuständen eines Hubkolbenmotors anzugeben, mit dem die Anzahl der Sensoren an einem Verbrennungsmotor reduziert werden kann.

**[0004]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß nach den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0005]** Ein Grundgedanke der Erfindung besteht darin, möglichst viele Betriebsparameter eines Verbrennungsmotors aus dem Spannungssignal des Wechselstromgenerators abzuleiten, das darüber hinaus zur Energieversorgung von elektrischen Verbrauchern, insbesondere der Zündung verwendet wird.

**[0006]** Zunächst ist vorgesehen, die Periodendauer des Wechselspannungssignals derart auszulegen, dass es dem n-Teil einer Kurbelwellenumdrehung entspricht. Eine vollständige Kurbelwellenumdrehung wird somit in Kurbelwellenwinkelintervalle unterteilt, wobei jedes Kurbelwellenwinkelintervall ein Teil einer vollständigen Kurbelwellenumdrehung ist. Für jedes Kurbelwellenwinkelintervall wird mindestens eine Information erfasst, wobei die so erhaltenen Informationen einen Verlauf über dem Kurbelwellenwinkel abbilden. Dieser aus dem Wechselspannungssignal des Generators abgeleitete neue Kurvenverlauf wird auf signifikante Merkmale abgetastet und ein ermitteltes signifikantes Merkmal einem Betriebsparameter des Arbeitsgerätes zugeordnet.

**[0007]** Vorteilhaft wird als Information mindestens eine Intervalldrehzahl eines Kurbelwellenwinkelinter-

valls ermittelt, und die Intervalldrehzahlen mittelbar oder unmittelbar als Drehzahlverlauf über mindestens eine vollständige Umdrehung der Kurbelwelle aufgetragen. Der so erhaltene Drehzahlverlauf gibt in digitalisierter Form die Informationen des Wechselspannungssignals wieder; der Drehzahlverlauf ist das Ergebnis der erfindungsgemäßen Transformation des analogen Wechselspannungssignals in ein digitales Informationssignal. Dieses digitale Informationssignal wird dann auf signifikante Merkmale abgetastet, um ein erkanntes signifikantes Merkmal einem Betriebsparameter zuzuordnen. Allgemein sind nach der Erfindung die signifikanten Merkmale des Kurvenverlaufs der Informationen (z.B. Intervalldrehzahlen) abzutasten und einem signifikanten Merkmal ein jeweiliger Betriebsparameter des Arbeitsgerätes und/oder des Verbrennungsmotors zuzuordnen.

**[0008]** Es hat sich gezeigt, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren viele Betriebsparameter des Arbeitsgerätes und/oder des Verbrennungsmotors sicher festzustellen sind. So können als Betriebsparameter des Arbeitsgerätes die Last am Werkzeug, der Betriebszustand einer Heizung, der Betriebszustand eines Ventils des Arbeitsgerätes, der Verschleißzustand eines Werkzeuges oder dgl. festgestellt werden, ohne speziell auf den Betriebsparameter adaptierte Sensoren zu verwenden. Für den Verbrennungsmotor können so z.B. die Kurbelwellenwinkelposition, die Betriebslast, die Drosselklappenstellung eines Vergasers, der Ablauf der Verbrennung, die Fettigkeit des Verbrennungsgemisches oder ähnliches aus dem gebildeten Informationssignal abgeleitet werden.

**[0009]** Bemerkenswert ist, dass nach dem erfindungsgemäßen Verfahren unabhängig von der Drehwinkellage der Kurbelwelle mit Beginn deren Drehung der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen abgeleitet und ausgewertet werden kann. Um signifikante Merkmale und damit Betriebsparameter zu erkennen, ist nicht zwingend eine vollständige Kurbelwellenumdrehung notwendig; in vielen Fällen reicht es vielmehr aus, wenn einige Kurbelwellenwinkelintervalle bzw. deren zugeordnete Intervalldrehzahlen innerhalb einer Kurbelwellenumdrehung ausgewertet werden.

**[0010]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere bei batterielosen Verbrennungsmotoren vorteilhaft, da mit Drehen des Wechselstromgenerators dessen elektrische Energie zur Inbetriebnahme der Steuerungselektronik verwendet werden kann und damit mit den ersten Wechselspannungssignalen des Wechselstromgenerators das Verfahren zum Erkennen der Betriebsparameter des Arbeitsgerätes anlaufen kann.

**[0011]** Die Vielzahl der aus dem Wechselspannungssignal abzuleitenden Betriebsparameter eröff-

net auch die Möglichkeit, in einfacher Weise die Betriebsparameter zur Auswertung einer Diagnose- und/oder Wartungsvorrichtung zuzuführen, wobei ausgewählte Betriebsparameter in einem nicht flüchtigen Datenspeicher der Diagnose- und Wartungsvorrichtung abgelegt werden können. Derartige Daten können für eine Wartung in der Werkstatt vorteilhaft genutzt werden.

**[0012]** In vorteilhafter Weiterbildung des Verfahrens werden pro Kurbelwellenwinkelintervall zwei Intervalldrehzahlen berechnet. Da aufgrund der Polteilung des Wechselstromgenerators in jedem Kurbelwellenwinkelintervall das Wechselnungssignal einmal die Polarität wechselt, ergeben sich drei Nullstellen. Jedes Kurbelwellenwinkelintervall kann daher einfach in jeweils zwei Nullstellenintervalle aufgeteilt werden, so dass sich aus z.B. sechs Kurbelwellenwinkelintervallen zwölf Nullstellenintervalle ergeben. Ein Nullstellenintervall ist durch den Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Nulldurchgängen des Spannungssignals bestimmt. Durch die Polteilung ist ein fester mechanischer Kurbelwellenwinkelabstand zwischen zwei Nullstellen bekannt, so dass in einfacher Weise aus dem bekannten mechanischen Abstand der Nullstellen und dem Zeitabstand zwischen benachbarten Nullstellen auf das entsprechende Nullstellenintervall bezogen eine Intervalldrehzahl berechnet werden kann. Die Nullstellen werden vorteilhaft bei lastfreiem Generator bestimmt. Hierzu wird der Stromfluss durch eine an den Generator angeschlossene elektrische Last im Bereich des Zeitpunktes des Nulldurchgangs unterbunden. Damit werden aufgrund von Induktivitäten oder Kapazitäten mögliche Signalverschiebungen sicher vermieden. Als vorteilhaft hat sich erwiesen, den Generator in einem Bereich von etwa  $5^\circ$  KW vor dem Nulldurchgang bis etwa  $1^\circ$  KW nach dem Nulldurchgang lastfrei zu halten, also z. B. die Last abzuschalten.

**[0013]** Die Zahl  $n$  der Teilung einer Kurbelwellenumdrehung ist maximal 12, vorteilhaft 4 bis 8. Optimale Werte ergeben sich für eine Zahl  $n$  von 5 bis 7; im Ausführungsbeispiel ist die Zahl  $n$  gleich 6 gewählt.

**[0014]** Der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen kann zur Ermittlung einer bestimmten Kurbelwellenwinkelposition, wie etwa der Lage des Kolbens im oberen Totpunkt, auf ein ausgeprägtes Drehzahlminimum abgetastet werden. Im Kurbelwellenwinkelintervall des Drehzahlminimums liegt der Kolben etwa im oberen Totpunkt. Dabei kann zur rascheren Bestimmung der Kurbelwellenwinkelposition die Polarität des Spannungssignals im Kurbelwellenwinkelintervall ausgewertet werden. Bei zwölf Nulldurchgängen kann das System bei einem erkannten Nulldurchgang die Winkelposition nur im  $30^\circ$ -Raster der Kurbelwelle zuordnen; es sind also zwölf unterschiedliche Kurbelwellenwinkelpositionen möglich. Wird die

Richtung des Nulldurchgangs, also die Polarität der Halbwelle der Wechselspannung, zusätzlich berücksichtigt, können die zwölf Nulldurchgänge in jeweils sechs positive und sechs negative Nulldurchgänge unterschieden werden. Bei einem konkreten Nulldurchgang ist daher ein Raster von  $60^\circ$  KW Winkelzuordnung möglich, wodurch sich eine raschere Bestimmung der Kurbelwellenwinkelposition erzielen lässt.

**[0015]** Zweckmäßig ist die Abstimmung derart getroffen, dass ein Nulldurchgang  $O_i$  des induzierten Wechselnungssignals vorzugsweise etwa  $15^\circ$  KW vor dem oberen Totpunkt des Kolbens liegt. Damit ist sichergestellt, dass das System frühzeitig die Lage des Wechselnungssignals der Drehlage der Kurbelwelle zuordnen kann, so dass die Startbedingungen verbessert sind.

**[0016]** Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung, in der unterschiedliche Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind. Es zeigen:

**[0017]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Verbrennungsmotors,

**[0018]** [Fig. 2](#) eine perspektivische Darstellung des Aufbaus eines durch eine Kurbelwelle drehend angetriebenen Signalgenerators in Form eines Klauenpolgenerators,

**[0019]** [Fig. 3](#) einen idealisierten Spannungsverlauf eines mehrpoligen Wechselstromgenerators, aufgetragen über dem Kurbelwellenwinkel,

**[0020]** [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung einer Kurbelwellenumdrehung mit Zuordnung der Nulldurchgänge des Spannungssignals nach [Fig. 3](#),

**[0021]** [Fig. 5](#) ein reales Wechselnungssignal eines Wechselstromgenerators gemäß [Fig. 2](#),

**[0022]** [Fig. 6](#) einen aus Intervalldrehzahlen gebildeten Drehzahlverlauf eines Verbrennungsmotors mit einem Signalgenerator,

**[0023]** [Fig. 7](#) eine schematische Darstellung zur Drehlage des Signalgenerators in Bezug auf ein Drehzahlminimum,

**[0024]** [Fig. 8](#) eine Referenzkurve zu einem Drehzahlverlauf,

**[0025]** [Fig. 9](#) einen Drehzahlverlauf eines Verbrennungsmotors beim Anwerfvorgang mit Einblendung eines Summenfehlers zur Referenzkurve nach [Fig. 8](#),

[0026] [Fig. 10](#) einen Drehzahlverlauf eines Verbrennungsmotors beim Anwerfvorgang mit eingebendeter differenzierter Drehzahlverlaufskurve,

[0027] [Fig. 11](#) den Verlauf des Winkelfehlers bei Extrapolation der Winkelposition von einer Nullstelle bis zur folgenden Nullstelle,

[0028] [Fig. 12](#) einen Drehzahlverlauf im Betrieb des Verbrennungsmotors bei Vollast,

[0029] [Fig. 13](#) eine Darstellung des Drehzahlverlaufs gemäß [Fig. 12](#) bei Teillast,

[0030] [Fig. 14](#) den Verlauf der Drehzahlabnahme bei geöffneter und bei geschlossener Drosselklappe eines Vergasers,

[0031] [Fig. 15](#) den Drehzahlverlauf im Betrieb des Verbrennungsmotors mit Darstellung des Öffnungsgrades der Drosselklappe,

[0032] [Fig. 16](#) eine Darstellung des Drehzahlverlaufs des Verbrennungsmotors entsprechend [Fig. 15](#),

[0033] [Fig. 17](#) eine Darstellung der Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle im Betrieb mit ausgeprägter Drehschwingung im Antriebsstrang,

[0034] [Fig. 18](#) eine schematische Darstellung eines als Sterngenerator ausgebildeten Wechselstromgenerators.

[0035] Die in [Fig. 1](#) gezeigte Prinzipdarstellung stellt einen einzylindrigen Verbrennungsmotor **1** dar, insbesondere einen Zweitaktmotor. Das erfindungsgemäße Verfahren ist aber nicht auf die Verwendung bei ein- oder mehrzylindrigen Zweitaktmotoren beschränkt; mit dem Verfahren können Betriebsparameter auch bei ein- oder mehrzylindrigen Viertaktmotoren oder dgl. Hubkolbenmotoren genutzt werden.

[0036] In [Fig. 1](#) besteht der Verbrennungsmotor **1** aus einem Zylinder **2** mit einem Kurbelgehäuse **3**, in dem eine Kurbelwelle **4** drehend gelagert ist. Im Zylinder **2** ist ein Brennraum **5** ausgebildet, der von einem auf- und abgehenden Kolben **6** begrenzt ist. Der Kolben **6** ist über ein Pleuel **7** mit einer Kurbelwelle **4** im Kurbelgehäuse **3** verbunden und treibt diese drehend an. Im gezeigten Ausführungsbeispiel mündet ein Einlass **8** für Verbrennungsluft in den Brennraum **5**, wobei der Einlass **8** das Fenster eines Überströmkanals **14** ist. Ferner ist ein Auslass **9** vorgesehen, über den Verbrennungsgase aus dem Brennraum **5** abgeleitet werden. Dem Verbrennungsmotor **1** wird über einen Vergaser **10** neben der Verbrennungsluft Kraftstoff zugeführt, wobei der Gemischeinlaß **11** in das Kurbelgehäuse **3** mündet. Die Verbrennungsluft wird über einen Luftfilter **12** angesaugt, über den An-

saugkanal **13** und den Vergaser **10** dem Gemischeinlaß **11** zugeführt und bei aufwärtsfahrendem Kolben in das Kurbelgehäuse **3** angesaugt. Bei abwärtsfahrendem Kolben **6** wird das im Kurbelgehäuse **3** vorhandene Gemisch über den Überströmkanal **14** zum Einlass **8** geführt und strömt in den Brennraum **5** ein. Bei weiter aufwärtsfahrendem Kolben wird das eingeströmte Gemisch verdichtet und über eine Zündkerze **15** gezündet. Die expandierenden Verbrennungsgase treiben den Kolben **6** wieder nach unten, wobei der Auslass **9** geöffnet wird und die Verbrennungsgase abströmen. Die Menge der zuströmenden Verbrennungsluft wird durch die verschwenkbare Drosselklappe **10a** gesteuert.

[0037] Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist mit der Kurbelwelle **4** ein Signalgenerator **16** drehfest verbunden, wobei die induzierten Spannungssignale über eine Leitung **17** einer Signalverarbeitungseinheit **18** zugeführt werden. Die Signalverarbeitungseinheit **18** steht mit einer Zündung **19** in Verbindung, die die Zündkerze **15** steuert.

[0038] Wie in [Fig. 2](#) dargestellt, kann der Signalgenerator **16** als Wechselstromgenerator, wie z. B. als sogenannter Klauenpolgenerator ([Fig. 2](#)) oder auch als Sterngenerator ([Fig. 18](#)) ausgebildet sein, der einen gehäusefesten Spulenkörper **20** eines Stators **27** aufweist, welcher über Befestigungsöffnungen **24** z. B. am Kurbelgehäuse **3** ([Fig. 1](#)) des Verbrennungsmotors festgelegt ist. Der Rotor **21** des Klauenpolgenerators ist im gezeigten Ausführungsbeispiel durch ein Gebläserad **25** der Kühlluftzuführung des Verbrennungsmotors **1** gebildet und trägt an seinem Innenumfang zwölf Dauermagnete **23**, die mit abwechselnder Polarität N, S nebeneinander liegen. Den Dauermagneten **23** ist ein Haltering **28** zugeordnet, der auch als magnetischer Rückschlusssring ausgebildet sein kann. Der Stator **27** weist zwölf Pole **22** auf, über die jeweils der magnetische Schluss der umlaufenden Dauermagnete **23** bewirkt wird. Bei Drehung der Kurbelwelle **4** und damit des Rotors **21** wird ein wechselnder magnetischer Fluss in der Spule **29** des Spulenkörpers **20** auftreten, der zu entsprechenden induzierten Wechselspannungssignalen führt, die an den Spulenenden abgegriffen werden kann. Ein an sich bekannter Magnetring mit Hallbeckmagnetisierung kann vorteilhaft sein.

[0039] Der Spulenkörper **20** ist als Stator **27** am Kurbelgehäuse **3** festgelegt, wobei die Drehlage des Stators **27** und damit der einzelnen Pole **22** auf eine bestimmte Lage des Kolbens **6** abgestimmt sein kann. So kann es zweckmäßig sein, die Drehlage des Stators derart auszurichten, dass die induzierte Spannung dann einen Nulldurchgang hat, wenn z.B. der Auslass **9** geöffnet, der Kolben **6** im oberen Totpunkt liegt oder der Einlass **8** geöffnet wird.

[0040] Ein idealisierter Spannungsverlauf eines

Wechselstromgenerators **16** gemäß [Fig. 2](#) ist in [Fig. 3](#) dargestellt. Die Spannung ist als normierte Spannung  $U/\hat{U}$  dargestellt und über der Drehlage der Kurbelwelle **4**, also über den Kurbelwinkel  $^\circ\text{KW}$ , aufgetragen.

**[0041]** Die Ausbildung und Gestaltung des Generators **16** ist an eine Kurbelwellenumdrehung angepasst, derart, dass die Periodendauer  $T$  einer Schwingung des Spannungssignals  $S$  dem  $n$ -ten Teil einer Kurbelwellenumdrehung entspricht. Im Ausführungsbeispiel nach [Fig. 3](#) ist  $n$  eine Zahl größer 3, vorzugsweise 6. Es kann zweckmäßig sein, auch größere Zahlen bis zu 12 oder auch größer vorzusehen. Die Anzahl der Pole ist beschränkt aufgrund der geringen Baugröße des Generators, der Leistungen zwischen 20 bis 200 Watt zur Verfügung stellt.

**[0042]** Wird die Periodendauer  $T$  des Spannungssignals  $S$  als sechster Teil der Kurbelwellenumdrehung ausgelegt, so entspricht die Periodendauer  $T$  gleich  $60^\circ\text{KW}$ . Entsprechend ist eine Umdrehung der Kurbelwelle ( $360^\circ\text{KW}$ ) in sechs Kurbelwellenwinkelintervalle I, II, III, IV, V, VI aufgeteilt, wie in dem Balken in [Fig. 3](#) oben dargestellt und in [Fig. 4](#) als Kreisdiagramm gezeigt.

**[0043]** Jeder Pol **22** des Wechselstromgenerators **16** bewirkt eine vollständige Schwingung mit positiver und negativer Halbwelle, wobei die Schwingungen lückenlos aneinander anschließen. Es ergibt sich ein kontinuierliches Wechselspannungssignal mit einer durchgezogenen Kurve entsprechend [Fig. 3](#). Bei einer Aufteilung in sechs Kurbelwellenwinkelintervalle I bis VI ergeben sich damit zwölf Nulldurchgänge  $N_1$  bis  $N_{12}$  des Spannungssignals  $S$ , wobei jedes Kurbelwellenwinkelintervall I bis VI in zwei Nullstellenintervalle  $N_i$ , z.B.  $N_1$  und  $N_2$ , unterteilt wird. Ein Nullstellenintervall  $N_i$  ist definiert durch zwei aufeinanderfolgende Nulldurchgänge  $O_i$  und  $O_{i+1}$  des Spannungssignals  $S$ . Das Kurbelwellenwinkelintervall I bis VI bzw. die sich daraus ergebenden Nullstellenintervalle  $N_1$  bis  $N_{12}$  werden von der Signalverarbeitungseinheit **18** ausgewertet und in eine entsprechende Intervalldrehzahl  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_{12}$  umgeformt. Jedem Nullstellenintervall  $N_i$  ist somit eine Intervalldrehzahl  $n_i$  zugeordnet.

**[0044]** In [Fig. 4](#) ist die Zuordnung der jeweiligen Kurbelwellenwinkelintervalle I bis VI bzw. Nullstellenintervalle  $N_1$  bis  $N_{12}$  ebenso dargestellt wie die Nulldurchgänge  $O_1$  bis  $O_{12}$ . Aus [Fig. 4](#) wird deutlich, dass der Abstand von zwei Nulldurchgängen, z.B.  $O_1$  und  $O_2$  genau  $30^\circ\text{KW}$  entspricht; aus dieser Beziehung kann unmittelbar die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  der Kurbelwelle **4** im Nullstellenintervall  $N_i$  abgeleitet werden.

**[0045]** Zweckmäßig ist die Abstimmung derart getroffen, dass ein Nulldurchgang  $O_i$  des induzierten

Wechselspannungssignals  $S$  vorzugsweise etwa  $15^\circ\text{KW}$  vor dem oberen Totpunkt TDC des Kolbens liegt. Damit ist auch erreicht, dass im Startfall des Verbrennungsmotors ein Teilast der Halbwelle zur Spannungsversorgung der Elektronik genutzt werden kann, also auch ohne Batterie das System beim Startvorgang frühzeitig betriebsbereit ist. Damit sind günstige Startbedingungen erzielt.

**[0046]** In [Fig. 5](#) ist das Spannungssignal  $U$  des Wechselstromgenerators **16** im Betrieb des Verbrennungsmotors **1** über der Zeit  $t$  dargestellt. Wie sich daraus ergibt, sind die gezeigten Nullstellenintervalle  $N_1, N_2, \dots$  unterschiedlich, d.h., so ist z.B. die Zeit  $t_2$  des Nullstellenintervalls  $N_2$  deutlich größer als die Zeit  $t_{10}$  des Nullstellenintervalls  $N_{10}$ . Entsprechend variieren die Drehzahlen in den entsprechenden Intervallen.

**[0047]** Werden die Intervalldrehzahlen  $n_i$  über den Intervallen  $N_i$  aufgetragen, ergibt sich für einen Anwerfvorgang ein Drehzahlverlauf gemäß [Fig. 6](#). Für eine Kurbelwellenumdrehung sind in [Fig. 6](#) die errechneten Intervalldrehzahlen  $n_1$  bis  $n_{12}$  eingezeichnet.

**[0048]** Der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen ist über der Anzahl der Winkelintervalle  $N_i$  entsprechend dem Betriebszustand des Verbrennungsmotors **1** stark ausgeprägt ([Fig. 6](#)). Betrachtet man den Drehzahlverlauf über mindestens eine vollständige Umdrehung der Kurbelwelle **4**, so können unterschiedliche signifikante Merkmale ausgefiltert werden, wobei jedes signifikante Merkmal einem bestimmten Betriebsparameter des Verbrennungsmotors **1** und/oder des vom Verbrennungsmotor angetriebenen Arbeitsgerätes zugeordnet werden kann. Aus dem Drehzahlverlauf der ermittelten Intervalldrehzahlen kann in Verbindung mit den bekannten konstruktiven Merkmalen des Verbrennungsmotors z. B. eine einfache Bestimmung der Kurbelwellenwinkelposition durchgeführt werden, die Betriebslast des Verbrennungsmotors erkannt werden oder auch die Drosselklappenstellung eines Vergasers ausreichend genau bestimmt werden. Auch ist der Ablauf der Verbrennung im Brennraum **5** des Verbrennungsmotors **1** nach bestimmten Kriterien überprüfbar, ebenso wie z.B. die Fettigkeit des Verbrennungsgemisches. Es kann die Last des Verbrennungsmotors, der Luftaufwand bzw. die Füllung des Brennraums, der Lambdawert der Verbrennung, Glühzünden, Klopfen, Nachdieseln, Viertakten, Beschleunigung, Drehschwingungen oder dgl. transiente und/oder stationäre Betriebszustände erfasst werden. Dabei wird unabhängig von der tatsächlichen Drehwinkelage  $^\circ\text{KW}$  der Kurbelwelle **4** mit Beginn deren Drehung der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen  $n_i$  ausgewertet und die Kurbelwellenwinkelposition bestimmt. Diese Bestimmung der Kurbelwellenwinkelposition erfolgt bereits innerhalb der ersten Kurbelwellenum-

drehung, da die signifikanten Merkmale des Drehzahlverlaufs z.B. durch die Kompression im Bereich des oberen Totpunkts TDC, das Öffnen des Auslasses **9** oder das Öffnen des Überströmkanals **14** innerhalb des fest zugeordneten Kurbelwellenwinkelintervalls bzw. Nullstellenintervalls aufgeprägt sind. Mit ein und demselben Drehzahlverlauf können mehrere unterschiedliche Betriebsparameter des Verbrennungsmotors **1** ermittelt und z.B. zur Auswertung einer Diagnose- und/oder Wartungsvorrichtung **30** (Fig. 1) zugeführt werden. Ausgewählte, ermittelte Betriebsparameter können in einem nicht flüchtigen Datenspeicher der Diagnose- und/oder Wartungsvorrichtung **30** abgelegt werden, um später bei der Wartung der Maschine, z.B. in der Werkstatt, ausgelesen zu werden.

**[0049]** Nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der Drehzahlverlauf der Intervallfrequenzen  $n_i$  auf ein ausgeprägtes Drehzahlminimum  $n_{12}$  abgetastet, wobei im entsprechenden Kurbelwellenwinkelintervall  $N_{12}$  des Drehzahlminimums  $n_{12}$  die Kurbelwellenwinkelposition etwa der Lage des Kolbens **6** im oberen Totpunkt TDC entsprechen kann. Zur rascheren und präziseren Bestimmung der Winkellage der Kurbelwelle kann ergänzend die Polarität des Spannungssignals  $S$  in jedem Nullstellenintervall, insbesondere auch im Nullstellenintervall  $N_{12}$ , ausgewertet werden. Bezogen auf die idealisierte Darstellung in Fig. 3 können die Nullstellenintervalle  $N_1$  bis  $N_{12}$  durch die Elektronik ohne Weiteres unterschieden werden, da die Nullstellenintervalle  $N_1$ ,  $N_3$ ,  $N_5$ ,  $N_7$ ,  $N_9$  und  $N_{11}$  eine positive Halbwelle haben und die anderen Nullstellenintervalle eine negative Halbwelle.

**[0050]** Wird die Drehlage des Wechselstromgenerators **16**, d.h. im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 die Drehlage des den Stator **27** bildenden Spulenkörpers **20** derart vorgenommen, dass der Nulldurchgang  $O_{12}$  des Spannungssignals  $S$  im oberen Totpunkt TDC des Kolbens **6** liegt, kann eine einfache Bestimmung des Kurbelwellenwinkels  $^\circ\text{KW}$  erfolgen.

**[0051]** Es kann zweckmäßig sein, die Drehlage des Stators **27** derart einzustellen, dass das Nullstellenintervall  $N_{12}$  des Drehzahlminimums  $n_{12}$  entsprechend Fig. 7 symmetrisch zum Drehzahlminimum selbst liegt, so dass durch einfachen Vergleich der benachbarten Intervallfrequenzen das Drehzahlminimum ohne großen rechnerischen Aufwand zu ermitteln ist. Es gilt:

$$n_{11} > n_{12} < n_1$$

**[0052]** Der Anwerfvorgang eines Verbrennungsmotors nach Fig. 1 zeigt eine charakteristische Drehzahlbeschleunigung, die immer in gleichen Abschnitten auftritt. Wird aus einer Vielzahl von Anwerfvorgängen eine Referenzkurve entsprechend Fig. 8 er-

mittelt, kann anhand der Referenzkurve in einfacher Weise die Kurbelwellenwinkelposition erkannt werden. Hierzu werden die ermittelten Intervallfrequenzen normiert ( $n_{\text{nom}}$ ) und mit der Referenzfrequenz  $n_{\text{ref}}$  des entsprechenden Intervalls  $N_i$  verglichen. Die Differenz zwischen der normierten Intervallfrequenz  $N_{\text{nom}}(i) - n_{\text{ref}}(i)$  wird zur Berechnung eines Summenfehlers herangezogen, quadriert und über die letzten zwölf Intervalle aufsummiert, wobei der so gebildete Summenfehler  $e$  immer dann weitgehend Null ist, wenn der Kolben im Bereich des oberen Totpunkts TDC liegt. Es gilt:

$$e = \sum_{i=1}^{12} (n_{\text{nom}}(i) - n_{\text{ref}}(i))^2$$

**[0053]** In Fig. 9 wird somit die Lage des Kolbens und damit die Drehwinkellage der Kurbelwelle **4** in den Intervallen  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$  und  $L_5$  sicher erkannt und entsprechend die Steuerung der Zündung **19** vorgenommen.

**[0054]** Zur Erkennung signifikanter Merkmale des Drehzahlverlaufs ist im Ausführungsbeispiel nach Fig. 10 der Drehzahlverlauf analysiert worden und eine Differenzkurve  $D$  dargestellt. Vorteilhaft handelt es sich dabei nicht um eine mathematische Differentiation, da diese mathematisch sehr aufwendig ist. Näherungsweise kommt man zu einem gleichen Ergebnis, wenn die Drehzahländerung pro Nullstellenintervall ausgewertet. Hierzu gilt:

$$n = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t} \Rightarrow n' = \Delta n(i \rightarrow i+1)$$

**[0055]** Da sich ein Nullstellenintervall über  $30^\circ\text{KW}$  erstreckt, wird  $\Delta n$  durch Zeitmessung erfasst. Die so erhaltene Differenzkurve hat in einem zugeordneten Intervall des Kurbelwellenwinkels  $^\circ\text{KW}$  einen signifikanten Haken  $H$ , der eine eindeutige Zuordnung des mechanischen Kurbelwellenwinkels erlaubt.

**[0056]** Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 11 wird eine Extrapolation der Kurbelwellenwinkellage ausgehend von einem Nulldurchgang  $O_i$  vorgenommen, wobei festgestellt wurde, dass bis zum Erreichen des nächsten Nulldurchgangs Winkelfehler festzustellen sind, die bei Erreichen des Nulldurchgangs wieder zu Null gesetzt werden. Die Richtung des Winkelfehlers der Extrapolation gibt Hinweise auf die Verdichtung bzw. Expansion, wobei ein maximaler Fehler nach einer vollständigen Verbrennung auftritt, also zu einem Zeitpunkt, in dem die Verzögerung (aufgrund der Verdichtung) in Beschleunigung (aufgrund der Verbrennung) wechselt. Es gilt:

$$\alpha(t_0 + \Delta t) = \alpha(t_0) + \omega(n_0) \cdot \Delta t$$

**[0057]** In Fig. 11 ist zu erkennen, dass der Winkelfehler klar ausgeprägt ist und eine Zuordnung zu einem Kurbelwellenwinkelintervall im Bereich des o-

ren Totpunktes TDC des Kolbens **6** erlaubt, also zu den Zeitpunkten  $T_1$ ,  $T_2$ .

**[0058]** Um die Drehwinkellage genauer festzulegen, wird die Drehlage des Wechselstromgenerators **16**, d.h. die Drehwinkellage des Stators **20** derart vorgesehen, dass ein Nulldurchgang  $O_i$  des Spannungssignals  $S$  in einer Drehwinkellage der Kurbelwelle **4** liegt, die etwa vor dem Zündzeitpunktsbereich liegt. Vorzugsweise wird die Drehlage des Wechselstromgenerators **16** derart eingestellt, dass der Nulldurchgang  $O_i$  unmittelbar vor dem Zündzeitpunktsbereich des Verbrennungsmotors **1** liegt.

**[0059]** Im Ausführungsbeispiel nach den [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) wird anhand des Drehzahlverlaufs der Intervalldrehzahlen eine Lasterkennung möglich, ohne dass eine feste Winkelposition der Kurbelwelle bekannt sein muss. Die Spreizung **40** zwischen einer maximalen Intervalldrehzahl  $n_{\max}$  und einer minimalen Intervalldrehzahl  $n_{\min}$  einer Kurbelwellenumdrehung ist als Kriterium für eine anliegende Last des Verbrennungsmotors **1** auszuwerten. Bei konstanter Motordrehzahl steigt die Spreizung **40** zwischen minimaler und maximaler Drehzahl  $n_{\min}$  und  $n_{\max}$  mit zunehmender Last an. Um Drehzahlschwankungen auszublenden, kann die Spreizung **40** als Mittelwert mehrerer aufeinanderfolgender Kurbelwellenumdrehungen ermittelt werden und z.B. mit einer für den Motor typischen, bekannten Referenzspreizung verglichen werden. Auf diese Weise kann bei großer Spreizung **40** auf Last und bei kleiner Spreizung auf Teillast oder lastfreien Zustand geschlossen werden.

**[0060]** Zweckmäßig kann auch das Verhältnis von Maximal- oder Minimaldrehzahl zur mittleren Drehzahl herangezogen werden oder aber die Drehzahlgradienten von Verdichtung und Expansion verglichen werden, um daraus auf eine Lastinformation zu schließen.

**[0061]** Im Ausführungsbeispiel nach [Fig. 14](#) wird die Erkenntnis genutzt, dass z.B. bei Leerlauf mit geschlossener Drosselklappe die sich aus aufeinanderfolgenden Kurbelwellenumdrehungen abzuleitende Drehzahlabnahme drehzahlabhängig ist. Der Kurvenverlauf der Drehzahlabnahme liegt in einem ermittelbaren Band und ist eine signifikante Maschinengröße.

**[0062]** Wird die Drosselklappe geöffnet und damit die Füllung des Brennraums vergrößert, steigt die Verdichtungsarbeit. Die Kurve der Drehzahlabnahme (punktierte Darstellung) liegt beim Verdichten mit geöffneter Drosselklappe oberhalb der Kurve der Drehzahlabnahme (durchgezogene Linie) mit geschlossener Drosselklappe. Somit kann unabhängig von der momentanen Leerlaufdrehzahl das Öffnen der Drosselklappe anhand des Verlaufs der Drehzahlabnahme und der Verschiebung innerhalb des Koordina-

tensystems  $\Delta n/n$  erkannt werden.

**[0063]** Im Ausführungsbeispiel nach [Fig. 15](#) wird die Verdichtungsarbeit des Kolbens **6** in Abhängigkeit von der Öffnungsstellung der Drosselklappe **10a** ausgewertet. Der in [Fig. 15](#) dargestellte Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen gibt einen im Betrieb befindlichen Verbrennungsmotor wieder, wobei die Treppenkurve **50** die Öffnungsstellung der Drosselklappe wiedergibt, die als %TV der Öffnung dargestellt ist.

**[0064]** In Zyklen ohne Verbrennung ist bei geschlossener Drosselklappe **10a** die Kompressionsarbeit des Kolbens **6** deutlich geringer, was sich aus der Höhe **51** des abfallenden Astes des Drehzahlverlaufs über einer Kurbelwellenumdrehung ermitteln lässt. Ist die Drosselklappe – wie rechts dargestellt – zu etwa 80% geöffnet, ist in Zyklen ohne Verbrennung die Höhe **52** des absteigenden Astes **53** deutlich größer; die Kompressionsarbeit hat sich geändert. Der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen  $n_1$  bis  $n_{12}$  zeigt somit als signifikantes Merkmal die Öffnungsstellung der Drosselklappe **10a**, ohne dass hierzu Stellungssensoren notwendig wären.

**[0065]** Im Ausführungsbeispiel nach [Fig. 16](#) wird die im Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen erkennbare Beschleunigung im Arbeitshub ausgewertet. Die Treppenkurve **60** gibt wiederum die Öffnung der Drosselklappe **10a** in Prozent (%TV) an, während der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen den Betrieb des Verbrennungsmotors widerspiegelt. Der Drehzahlhub **61** im Leerlauf (Drosselklappe geschlossen) ist – wie in der linken Seite der [Fig. 16](#) zu erkennen – deutlich größer als der Drehzahlhub **62** bei etwa 60% geöffneter Drosselklappe **10a**. Bei geöffneter Drosselklappe **10a** ist der Drehzahlhub **62** signifikant kleiner als der Drehzahlhub **61** im Leerlauf. Durch einen wiederholten Vergleich des Drehzahlhubes nach erfolgreicher Verbrennung kann somit – ohne dass zusätzliche Sensoren notwendig sind – auf den Lastzustand des Verbrennungsmotors bzw. die Öffnungsstellung der Drosselklappe **10a** geschlossen werden. Dies gilt auch durch die feststellbare Tatsache, dass aufeinanderfolgende Verbrennungen stattgefunden haben. Es kann auch zweckmäßig sein, den Drehzahlhub nach einer Verbrennung zu erfassen und ins Verhältnis zur Stöchiometrie des zugeführten Verbrennungsgemisches zu setzen; die Zusammensetzung des Verbrennungsgemisches kann so nach dem Drehzahlhub gesteuert werden.

**[0066]** Im Ausführungsbeispiel nach [Fig. 17](#) ist dargestellt, wie eine Drehschwingung im Antriebsstrang des Verbrennungsmotors **1** erkannt werden kann. In bestimmten Betriebszuständen kommt es zur Überlagerung der durch Verdichtung und Expansion hervorgerufenen Drehungleichförmigkeit mit Drehschwingungen von Kurbelwelle und Antriebsstrang. Wird die

Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  der Kurbelwelle **4** über den Winkelintervallen  $N_i$  aufgetragen, ist die Drehungleichförmigkeit aufgrund wechselnder Verdichtung und Expansion deutlich erkennbar. Wie [Fig. 17](#) zeigt, ist im Intervall **6** der einen Kurbelwellenumdrehung bzw. im folgenden Intervall **18** – also in der nächsten Kurbelwellenumdrehung – eine ausgeprägte überlagerte Drehschwingung DS zu erkennen, worauf die Signalverarbeitungseinheit derart in die Zündung eingreifen kann, dass Betriebszustände mit überlagerten Drehschwingungen DS durch aktive Drehzahländerung gezielt vermieden werden oder spezielle Zündmuster gezielt gestört werden können.

**[0067]** In Sonderfällen kann es zweckmäßig sein, zur Erhöhung der Sicherheit der Erkennung der Kurbelwellenwinkelposition eine Marke M zu setzen, wie in [Fig. 2](#) angedeutet. Diese Marke M kann in einer abweichenden Gestaltung des Pols **22** bestehen, die zu einem ausgeprägten Signalverlauf führt, welches von der Elektronik leicht ausgewertet werden kann. Derartige unterstützende Zusatzsignale können den Aufbau weiter vereinfachen oder für eine Redundanz der Betriebsparameterbestimmung genutzt werden.

**[0068]** Die Generatorsignale können auch in ein konventionelles Zündsystem eingespeist werden, wobei die erfindungsgemäße Signalauswertung vorteilhaft für die Zündzeitpunktsteuerung im konventionellen System genutzt werden kann. Die Hochspannungserzeugung kann wie bisher konventionell vorgenommen werden.

**[0069]** Um bei elektrisch belastetem Generator einen eventuellen Lasteinfluss auf die Lage der Nulldurchgänge  $O_i$  zu vermeiden, kann es zweckmäßig sein, eine am Generator angeschlossene elektrische Last im Bereich eines Nulldurchgangs  $O_i$  grundsätzlich abzuschalten; eine Last wird dann nur zwischen zwei Nulldurchgängen mit Energie aus dem Generator gespeist. Aufgrund des im Zeitpunkt des Nulldurchgangs  $O_i$  dann lastfreien Generators sind mögliche induktive oder kapazitive Signalverschiebungen eliminiert. Als zweckmäßig hat sich ein Abschalten der Last bei etwa 5°KW vor einem erwarteten Nulldurchgang  $O_i$  bis etwa 1°KW nach diesem Nulldurchgang  $O_i$  erwiesen.

**[0070]** In [Fig. 18](#) ist ein Ausführungsbeispiel eines Signalgenerators **16** nach der Bauart eines Sterngenerators gezeigt. Der Generator **16** weist sternförmig radial ausgerichtet liegende Pole **22** auf. Der Spulenkörper **20** des Stators **27** besteht aus einem Paket aus Einzelblechen **41**, wobei die Einzelbleche **41** axial aufeinander gestapelt sind. Das Blechpaket weist einzelne, pfostenartige Spulenträger auf, die sich von radial innen bis zu einem Außenumfang **44** erstrecken. Die Pfosten bilden Einzelpole **22** und dienen als Träger von Induktionsspulen **29**, von denen zumindest eine auf jeweils einem pfostenartigen Träger

angeordnet ist. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind insgesamt zwölf Pfosten vorgesehen, die in Umfangsrichtung mit gleichem Abstand U von vorzugsweise 30° zueinander beabstandet liegen.

**[0071]** Zur Befestigung des Stators **27** sind in zwei einander etwa gegenüberliegenden Pfosten durchgehende, axiale Befestigungsöffnungen **24** vorgesehen, die die Bleche **41** durchsetzen und die der Aufnahme von Befestigungsschrauben dienen, mit denen der Stator **27** – z. B. am Kurbelgehäuse **3** ([Fig. 1](#)) – drehfest festgelegt ist. Die Pfosten mit den Befestigungsöffnungen **24** sind ohne Spule ausgebildet. Der Stator **27** wird vorteilhaft vergossen, wozu am Fuß der pfostenartigen Pole **22** eine zylindrische Bodenplatte **45** aufgesetzt ist, die axial über die Stirnseiten des Blechpaketes **43** vorsteht. Entsprechend tragen die Pfosten an ihren freien Enden Abschlussplatten **46**, deren axiale Länge der axialen Höhe der Bodenplatte **45** entspricht. Der Raum zwischen der Bodenplatte **45** und den Abschlussplatten **46** wird mit Gießharz oder dgl. gefüllt. Dadurch werden die Spulen auf den einzelnen pfostenartigen Polen **22** fixiert und gegen mechanische Beschädigungen gesichert.

**[0072]** Die Pfosten mit den Befestigungsöffnungen **24** sind derart gewählt, dass in Umfangsrichtung auf der einen Seite zwischen ihnen vier Pole **22** und auf der anderen Seite sechs Pole **22** liegen. Das Summensignal der miteinander verschalteten Spulen **29** entspricht dem Wechselsignal S, wie es in [Fig. 3](#) oder [Fig. 5](#) dargestellt ist.

**[0073]** Der Rotor **21** ist – wie in dem Ausführungsbeispiel nach [Fig. 2](#) – von einem Gebläserad **25** eines Verbrennungsmotors gebildet. Auf der dem Stator **27** zugewandten Seite ist ein Aufnahmetopf **55** eingebracht, in den ein vorzugsweise einteiliger Magnetring **26** eingesetzt ist, der in Umfangsrichtung mit gleichen Abständen A abwechselnd als Nordpol N bzw. als Südpol S magnetisiert ist. Auf diese Weise werden über den Umfang zwölf Dauermagnete **23** ausgebildet.

**[0074]** Zur drehrichtigen Lage des Magnetrings **26** im Aufnahmetopf **55** des Rotors **21** sind stirnseitige Rastnuten **39** vorgesehen. Über diese Rastnuten **39** ist die Lage des Magnetrings **26** relativ zur Drehlage des Lüfterrades **25** und damit zur Kurbelwelle bestimmt.

**[0075]** Im montierten Zustand liegt der einteilige Magnetring **26** mit seinem Innenumfang mit geringem Abstand über dem Außenumfang **44** des Stators **27**; der Stator **27** liegt vollständig im Magnetring **26**. Dreht sich der Rotor **21**, führt die wechselnde Magnetisierung des Magnetrings **26** zu einem Wechselstromfluss in den Polen **22**, wodurch ein Wechselspannungssignal S induziert wird, wie es in den [Fig. 3](#) und [Fig. 5](#) dargestellt ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen eines Betriebsparameters eines Arbeitsgerätes mit einem Verbrennungsmotor, insbesondere eines tragbaren, handgeführten Arbeitsgerätes mit einem Hubkolbenmotor wie einen Zweitaktmotor, einen Viertaktmotor oder dgl., mit mindestens einem Zylinder (2) und einem Kurbelgehäuse (3), mit einem im Zylinder (2) ausgebildeten Brennraum (5), der von einem Kolben (6) begrenzt ist und eine im Kurbelgehäuse (3) gelagerte Kurbelwelle (4) drehend antreibt, mit einem in den Brennraum (5) mündenden Einlass (8) für Verbrennungsluft und einem Auslass (9) zum Abführen von Verbrennungsgasen aus dem Brennraum (5), und mit einem von der Kurbelwelle (4) drehend angetriebenen Signalgenerator (16), der innerhalb einer Kurbelwellenumdrehung aufeinanderfolgende Wechselspannungssignale (S) abgibt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Periodendauer (T) eines Spannungssignals (S) dem n-ten Teil einer Kurbelwellenumdrehung entspricht, wobei n eine Zahl größer 2 ist, dass der n-te Teil der Kurbelwellenumdrehung ein Kurbelwellenwinkelintervall (I, II, ... VI) bildet und für jedes Kurbelwellenwinkelintervall (I, II, ... VI) mindestens eine Information erfasst wird, dass die Informationen der Kurbelwellenwinkelintervalle (I, II, ... VI) einen Verlauf über dem Kurbelwellenwinkel abbilden und dass der aus den Informationen gebildete Verlauf auf signifikante Merkmale abgetastet und ein signifikantes Merkmal einem Betriebsparameter des Arbeitsgerätes zugeordnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Information die Intervalldrehzahl ( $n_1, n_2, n_i$ ) ermittelt wird, dass die Intervalldrehzahlen ( $n_1, n_2, n_i$ ) einen Drehzahlverlauf über mindestens eine vollständige Umdrehung der Kurbelwelle (4) abbilden und dass der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen ( $n_1, n_2, n_i$ ) auf signifikante Merkmale abgetastet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Betriebsparameter des Arbeitsgerätes die Last am Werkzeug, der Betriebszustand einer Heizung, der Betriebszustand eines Ventils des Arbeitsgerätes, der Verschleißzustand eines Werkzeuges oder dgl. ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das signifikante Merkmal einem Betriebsparameter des das Arbeitsgerät antreibenden Verbrennungsmotors (1) zugeordnet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Betriebsparameter des Verbrennungsmotors (1) die Kurbelwellenwinkelposition, die Betriebslast, die Drosselklappenstellung eines Vergasers, der Verlauf der Verbrennung, die Fettigkeit des Verbrennungsgemisches oder ein anderer Be-

triebsparameter des Verbrennungsmotors ist.

6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass unabhängig von der Drehwinkelage der Kurbelwelle (4) mit Beginn der Drehung der Kurbelwelle (4) der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen ( $n_1, n_2, n_i$ ) berechnet und ausgewertet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Betriebsparameter des Verbrennungsmotors (1) ermittelt und zur Auswertung einer Diagnose- und Wartungsvorrichtung (30) zugeführt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der ausgewählte Betriebsparameter in einem nicht flüchtigen Datenspeicher der Diagnose- und Wartungsvorrichtung (30) abgelegt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kurbelwellenwinkelintervall (I, II, ... VI) in zwei Nullstellenintervalle ( $N_1, N_2, \dots N_i$ ) unterteilt wird, wobei ein Nullstellenintervall ( $N_1, N_2, \dots N_i$ ) der Zeitabstand (t) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Nulldurchgängen ( $O_1, O_2, \dots O_i$ ) des Spannungssignals (S) ist und die jeweilige Intervalldrehzahl ( $n_1, n_2, \dots n_i$ ) bezogen auf das entsprechende Nullstellenintervall ( $N_1, N_2, \dots N_i$ ) berechnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung des Nulldurchgangs ( $O_i$ ) bei lastfreiem Generator (16) erfolgt.

11. Zündvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Stromfluss durch eine an den Wechselstromgenerator (16) angeschlossene elektrische Last im Bereich des Nulldurchgangs ( $O_i$ ) des Wechselspannungssignals (S) unterbunden wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Stromfluss durch eine an den Wechselstromgenerator (16) angeschlossene elektrische Last in einem Winkelbereich von etwa  $5^\circ$  KW vor dem Nulldurchgang ( $O_i$ ) bis etwa  $1^\circ$  KW nach dem Nulldurchgang ( $O_i$ ) unterbunden wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahl n eine ganze Zahl ist, dass die Zahl n vorzugsweise zwischen 3 und 12 liegt, insbesondere zwischen 5 und 7 liegt.

14. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen ( $n_1, n_2, \dots n_i$ ) auf ein ausgeprägtes Drehzahlminimum abgetastet wird, wobei dem Kurbelwellenwinkelintervall des Drehzahlminimums eine vorgegebene Kurbelwellenwinkelposition zugeordnet ist, vorzugsweise etwa die Lage des Kolbens (6) im oberen Totpunkt (TDC).

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der Kurbelwellenwinkelposition die Polarität des Spannungssignals (S) im Kurbelwellenwinkelintervall ( $N_1, N_2, \dots, N_i$ ) ausgewertet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehlage des Signalgenerators (16) derart eingestellt wird, dass das Kurbelwellenwinkelintervall des Drehzahlminimums symmetrisch zum Drehzahlminimum liegt.

17. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen ( $n_1, n_2, \dots, n_i$ ) mit einer Referenzkurve (R) verglichen wird, dass die Abweichung von der Referenzkurve (R) als Summenfehler (e) erfasst wird und dem Kurbelwellenwinkelintervall mit dem kleinsten Summenfehler (e) eine vorgegebene Kurbelwellenwinkelposition zugeordnet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehzahlverlauf der Intervalldrehzahlen ( $n_1, n_2, \dots, n_i$ ) differenziert wird und dem Kurbelwellenwinkelintervall mit einem signifikanten Haken in der differenzierten Kurve (D) eine charakteristische Kurbelwellenwinkelposition zugeordnet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehlage des Signalgenerators (16) derart vorgesehen ist, dass ein Nulldurchgang ( $O_i$ ) eines Spannungssignals (S) in einer Drehwinkelposition der Kurbelwelle (4) etwa vor dem Zündzeitpunktsbereich liegt, vorzugsweise unmittelbar vor dem Zündzeitpunktsbereich liegt.

20. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehlage des Signalgenerators (16) an der Maschineneinheit (19) und der obere Totpunkt (TDC) des Kolbens (6) derart aufeinander abgestimmt sind, dass ein Nulldurchgang ( $O_i$ ) des Signals (S) vorzugsweise etwa  $15^\circ$  KW vor dem oberen Totpunkt (TDC) des Kolbens (6) liegt.

21. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spreizung (40) zwischen einer maximalen Intervalldrehzahl ( $n_{\max}$ ) und einer minimalen Intervalldrehzahl ( $n_{\min}$ ) des Drehzahlverlaufs als Kriterium für eine anliegende Last ausgewertet wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Spreizung (40) innerhalb einer Kurbelwellenumdrehung ausgewertet wird.

23. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Betriebszustand die fortlaufende Drehzahlabnahme ( $\Delta n$ ) zwischen aufeinanderfolgenden Kurbelwellenumdrehungen erfasst wird, dass in einem folgenden Betriebszustand die fortlaufende Drehzahlabnahme ( $\Delta n$ ) zwischen aufeinander-

folgenden Kurbelwellenumdrehungen erfasst und mit der Drehzahlabnahme des ersten Betriebszustandes verglichen wird, und bei einer Lage unterhalb der Kurve der Drehzahlabnahme im ersten Betriebszustand die Drosselklappe eines Vergasers (10) geschlossen ist oder bei einer Lage oberhalb der Kurve der Drehzahlabnahme im ersten Betriebszustand die Drosselklappe des Vergasers (10) geöffnet ist.

24. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehzahlhub (61, 62) bei erfolgreicher Verbrennung ermittelt und mit einem Vergleichswert verglichen wird, wobei bei Überschreiten eines Vergleichswertes die Drosselklappe (10a) eines Vergasers (10) geschlossen und bei Unterschreiten des Vergleichswertes die Drosselklappe (10a) eines Vergasers (10) geöffnet ist.

25. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehzahlhub (61, 62) nach einer Verbrennung erfasst und ins Verhältnis zur Stöchiometrie des zugeführten Verbrennungsgemisches gesetzt wird und die Zusammensetzung des Verbrennungsgemisches nach dem Drehzahlhub (61, 62) gesteuert wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

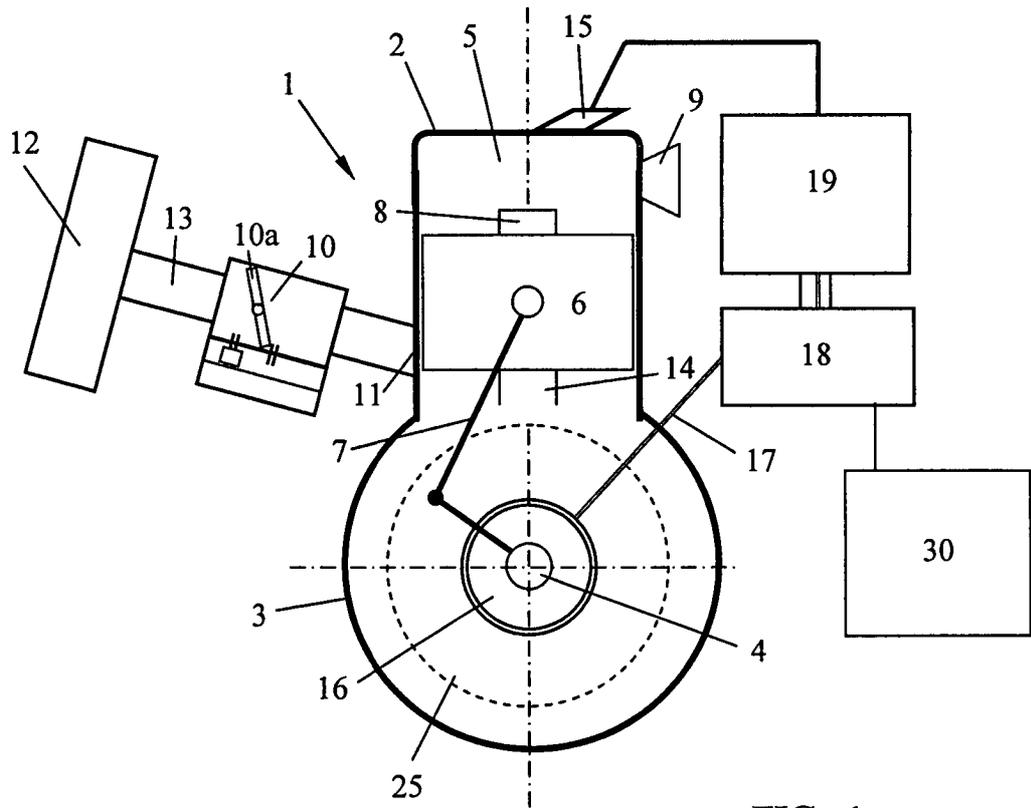


FIG. 1

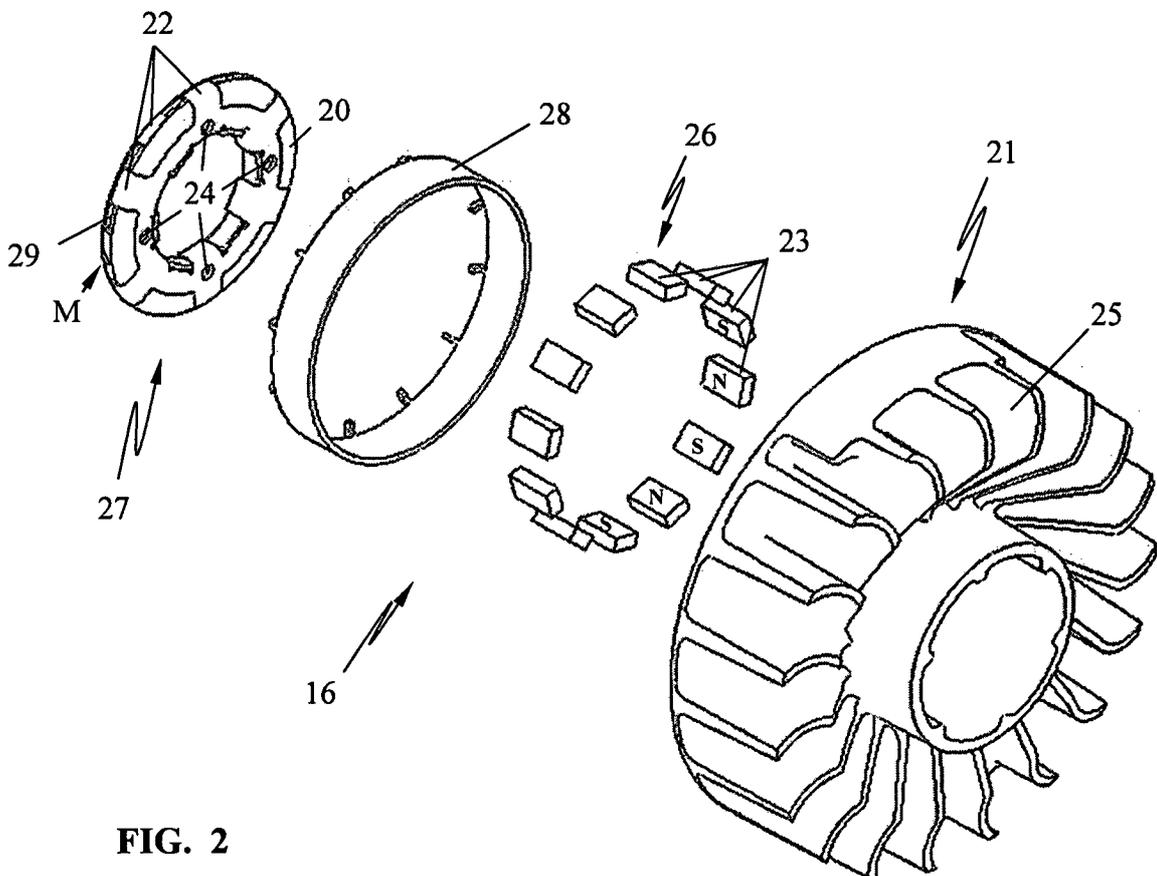


FIG. 2

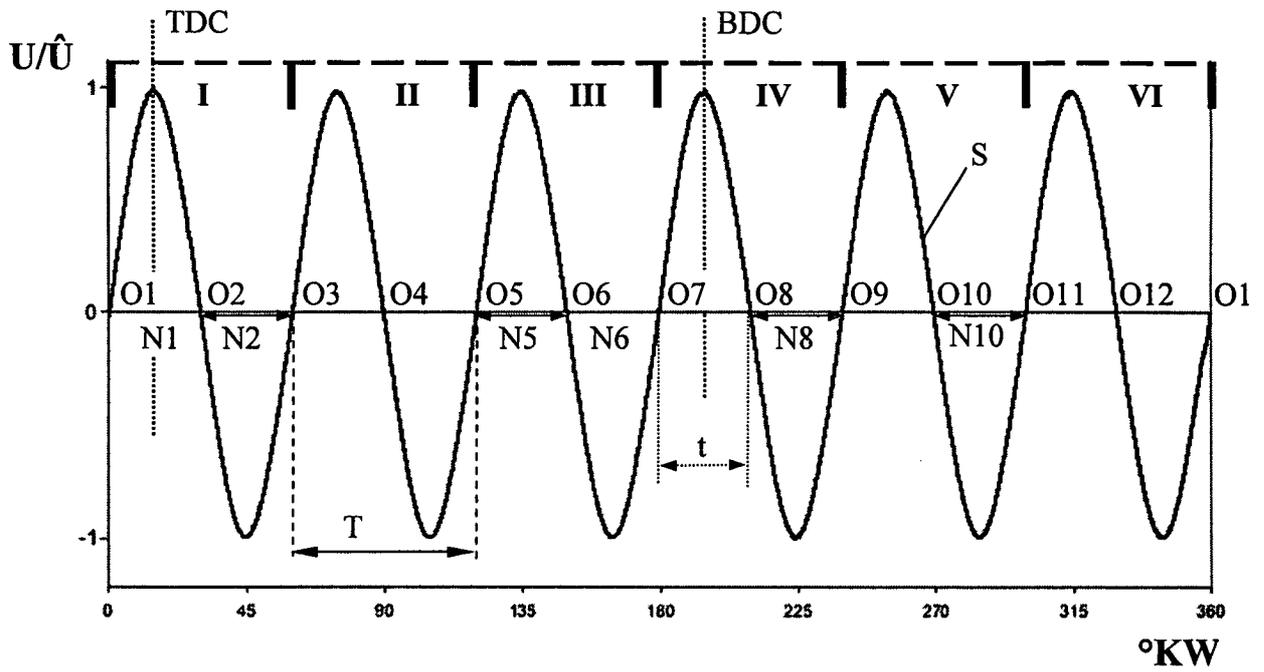


FIG. 3

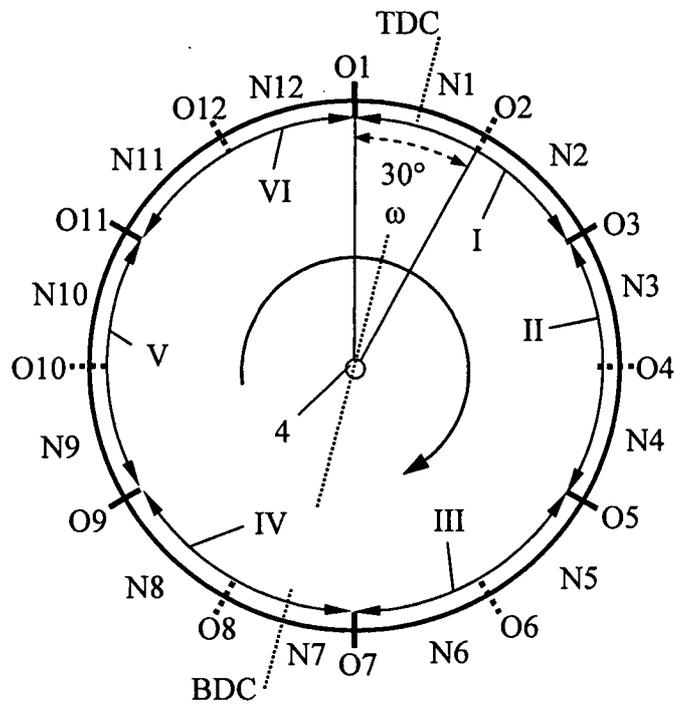


FIG. 4

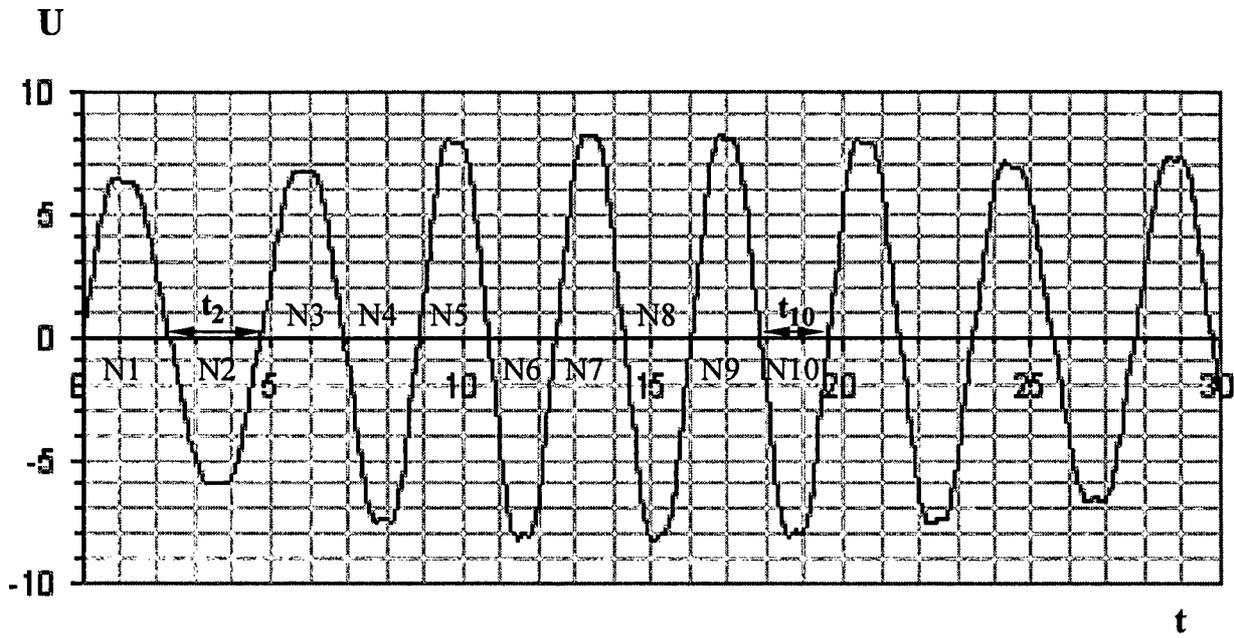


FIG. 5

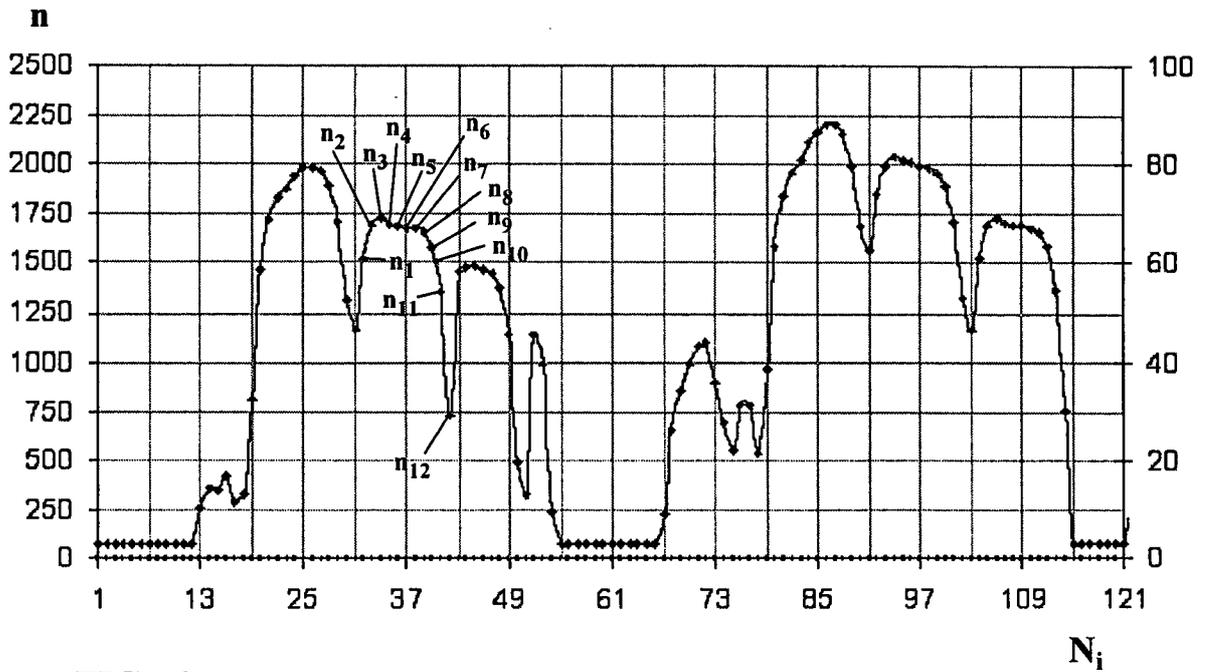
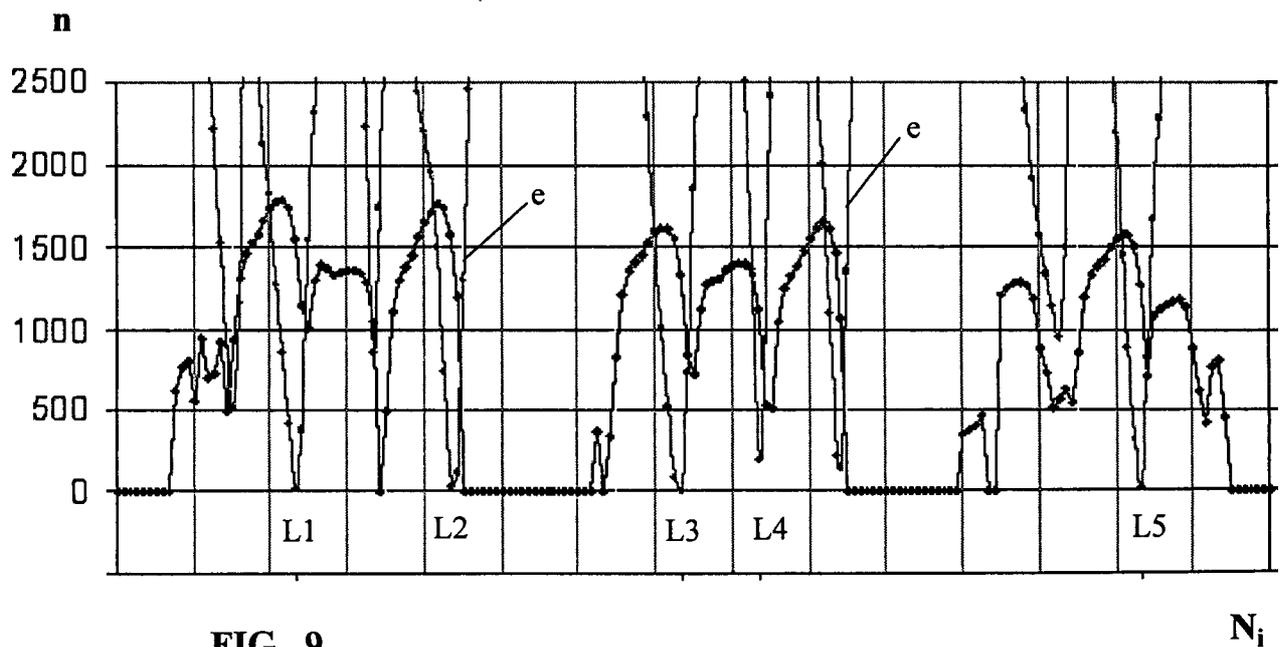
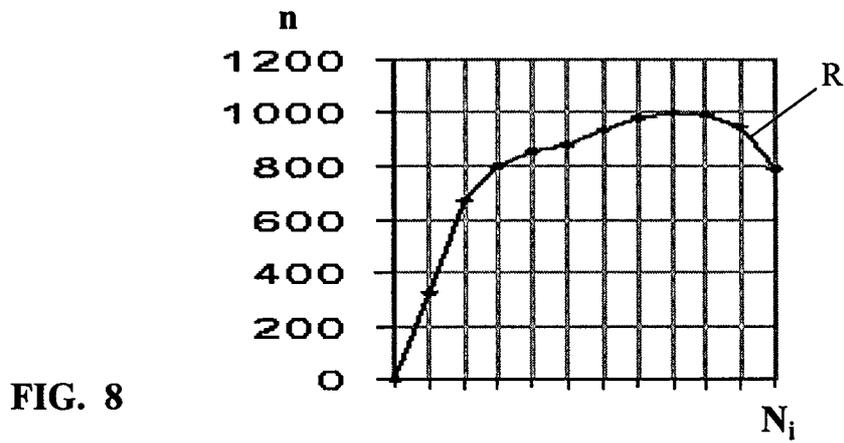
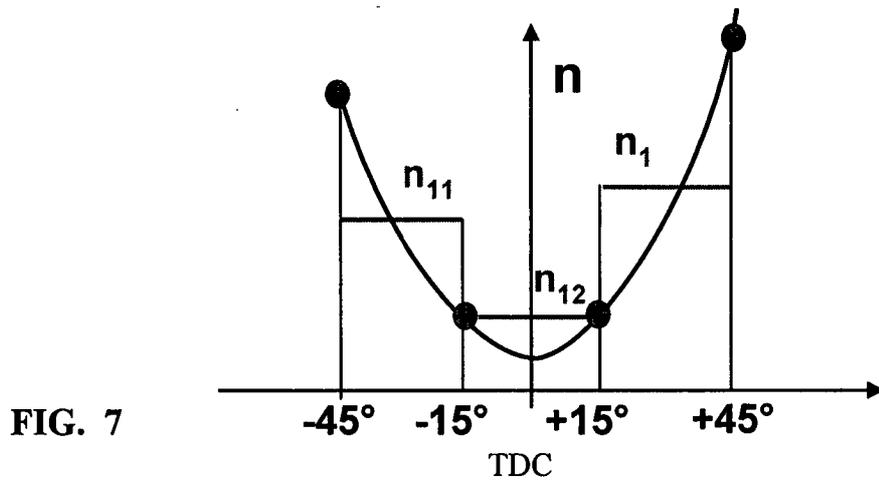


FIG. 6



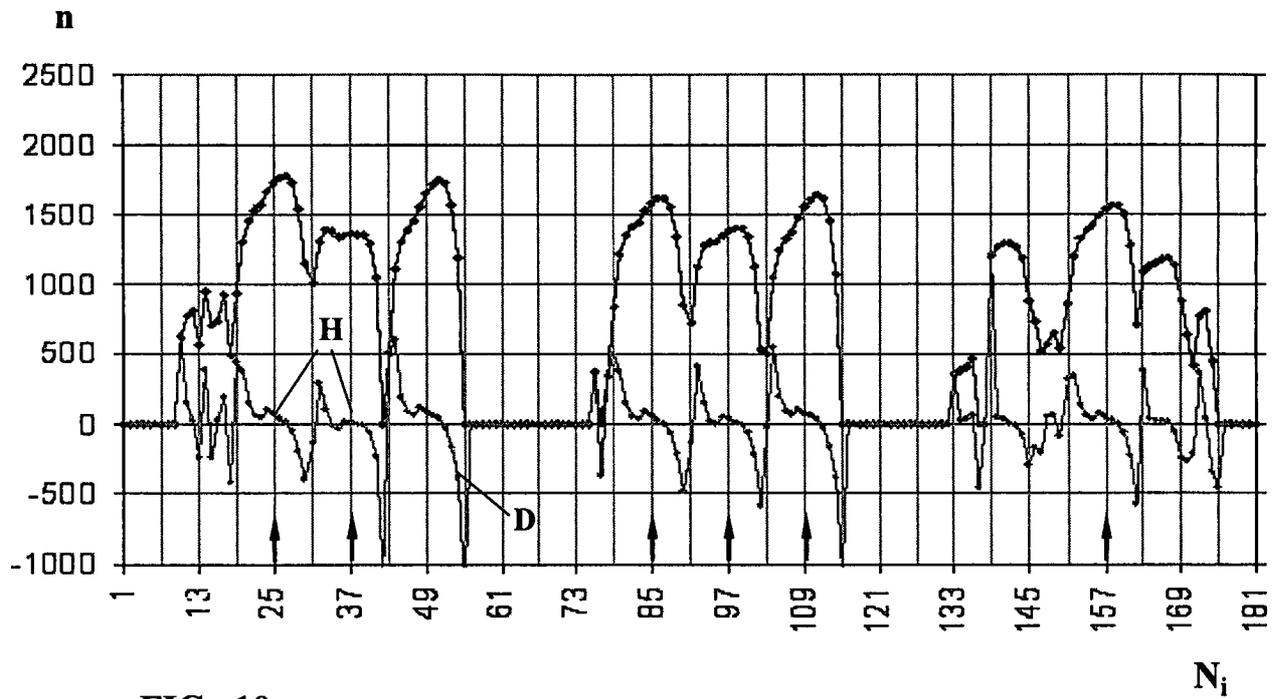


FIG. 10

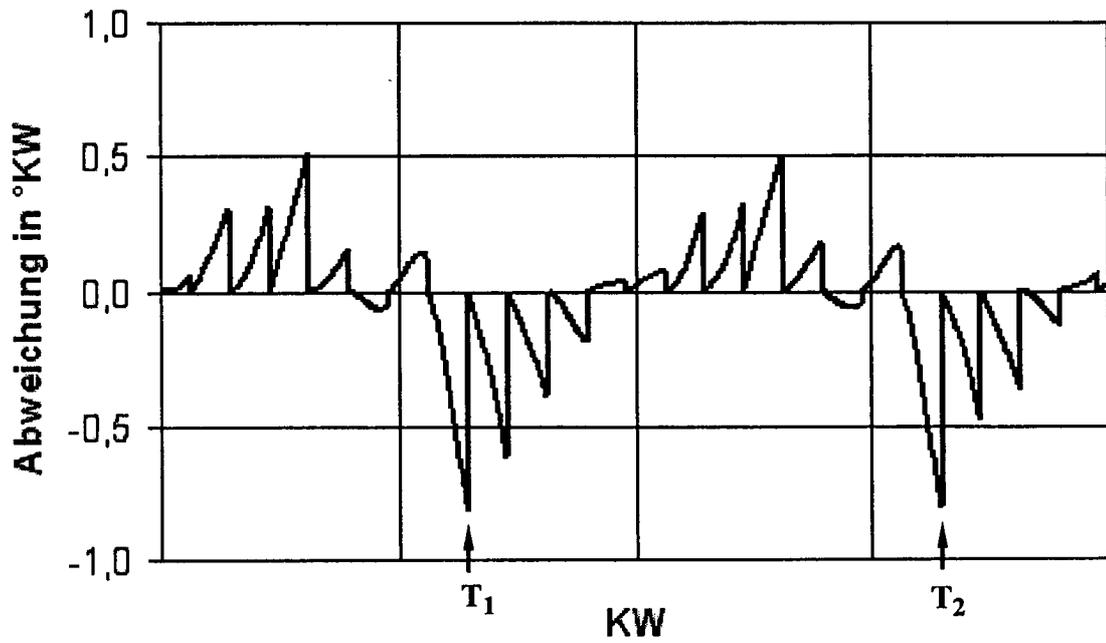


FIG. 11

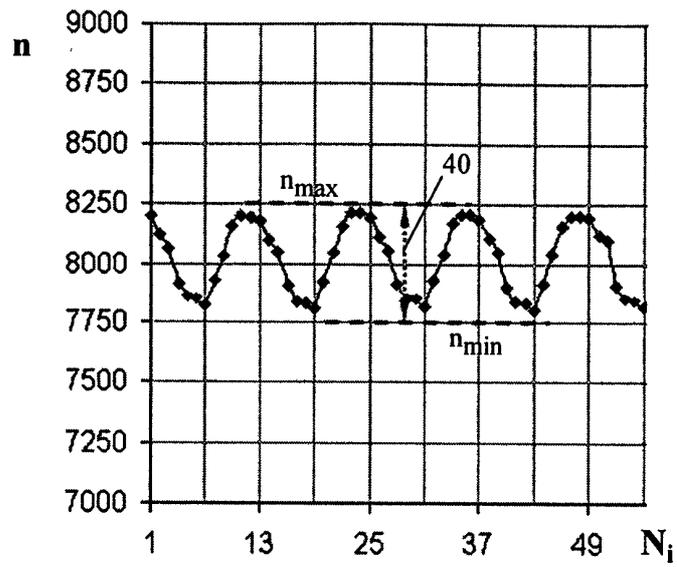


FIG. 12

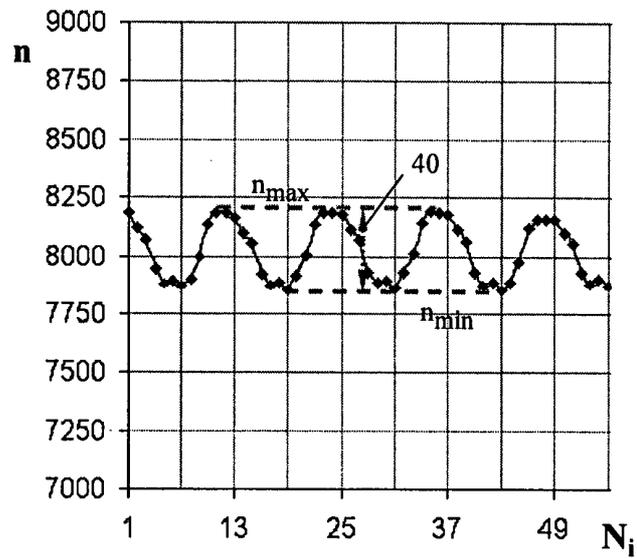


FIG. 13

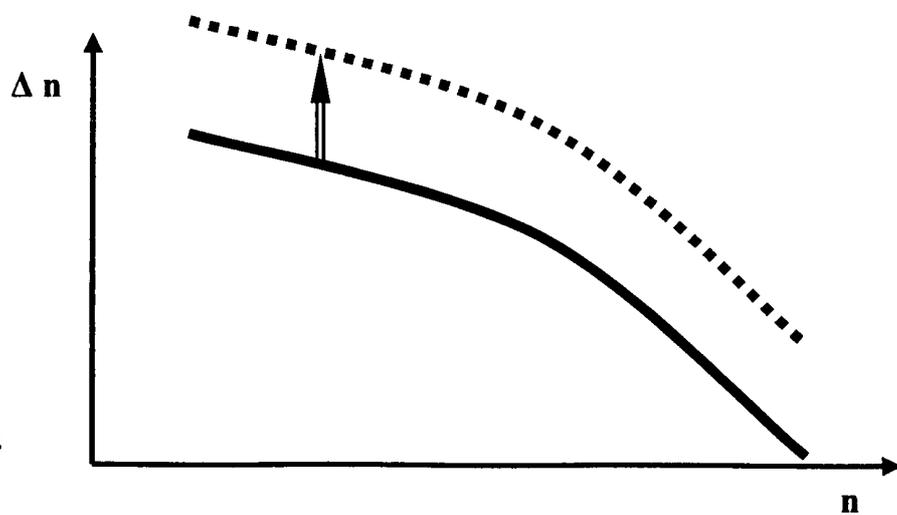


FIG. 14

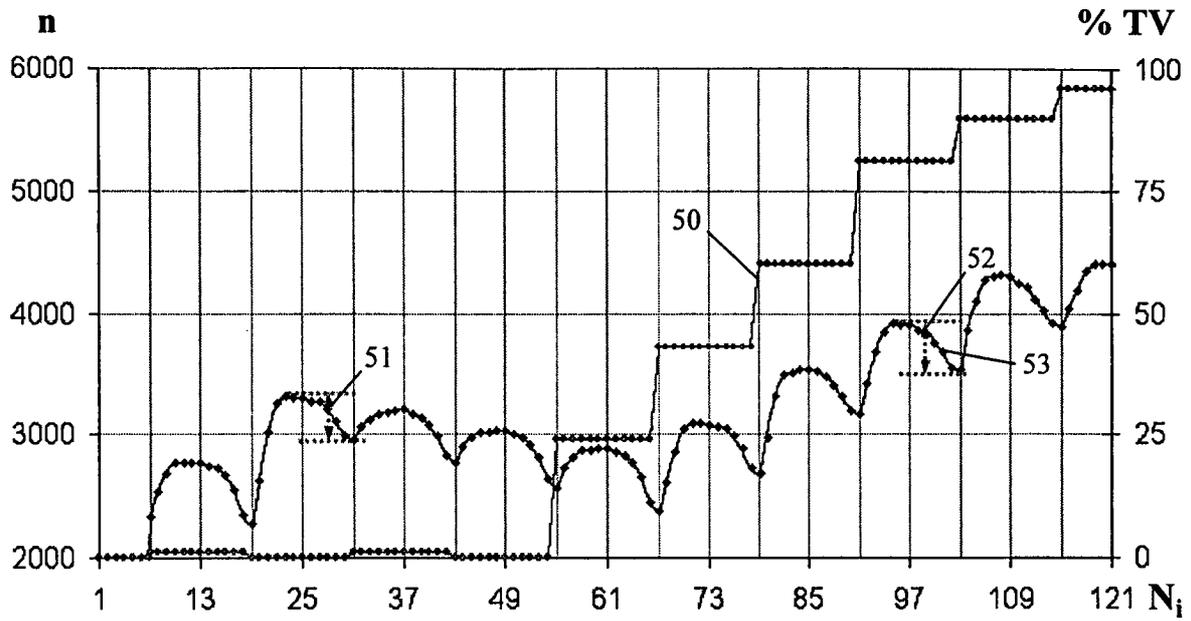


FIG. 15

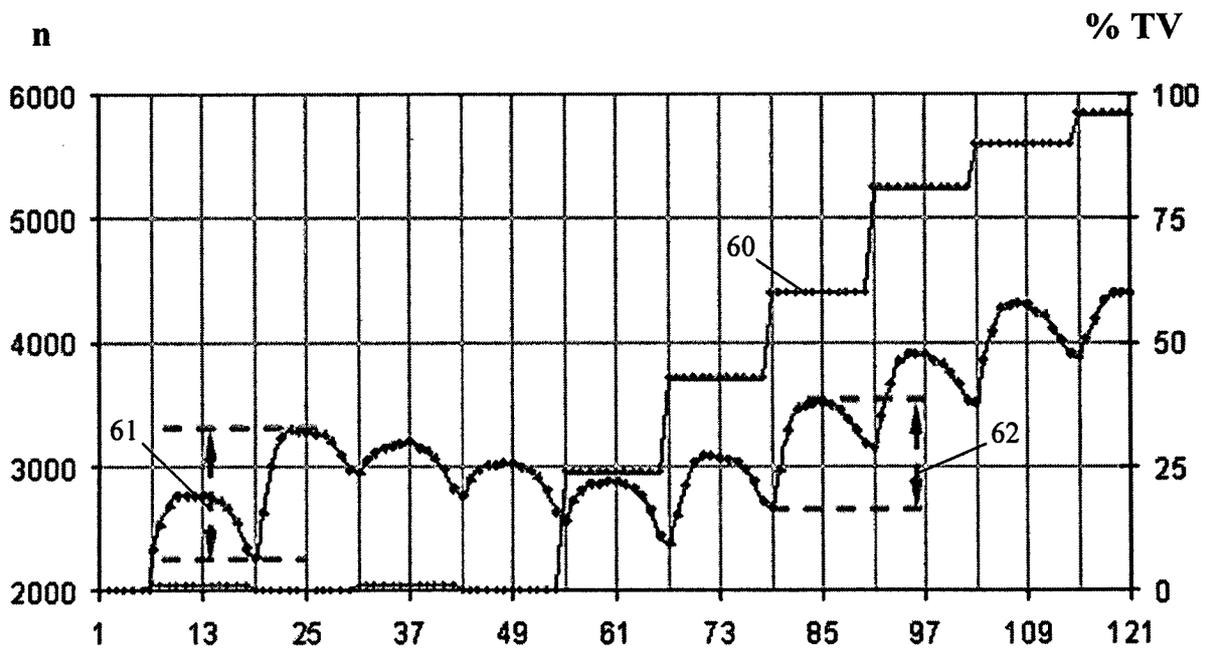


FIG. 16

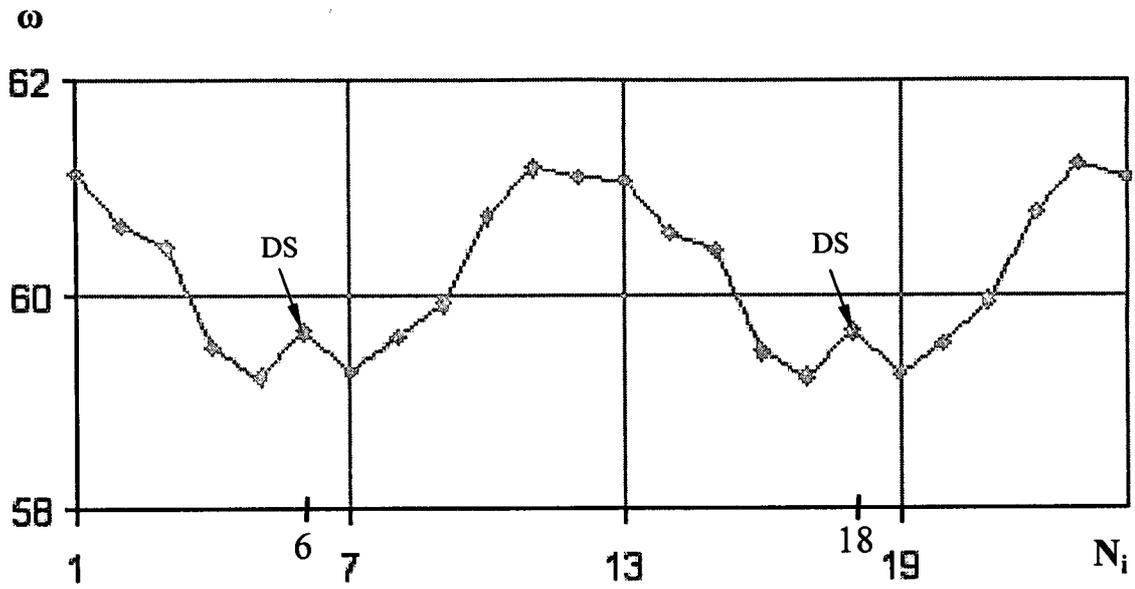


FIG. 17

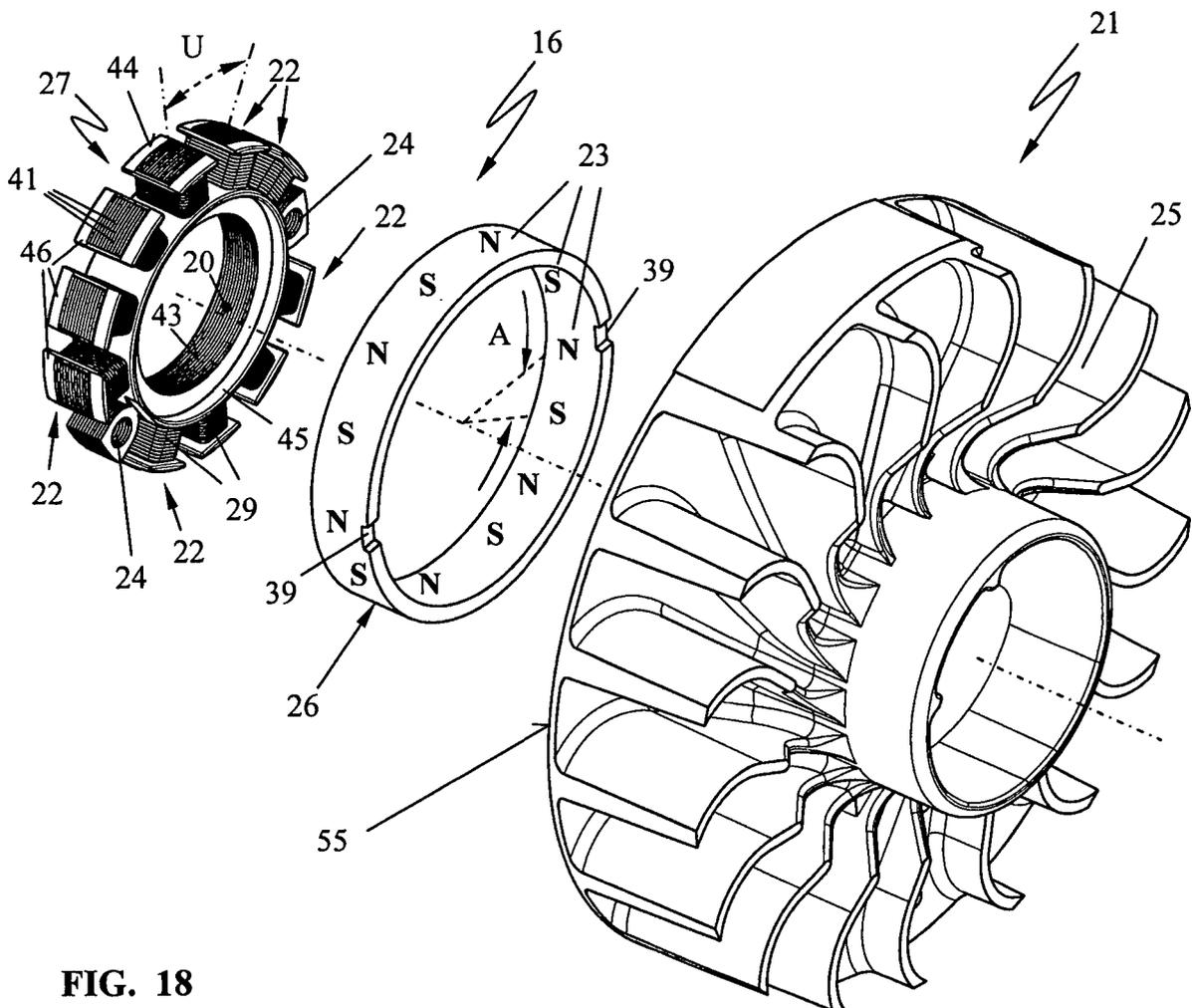


FIG. 18