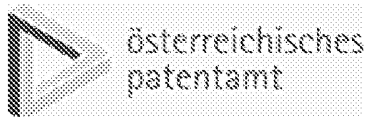


(19)



(10)

AT 516215 B1 2017-11-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 676/2014
 (22) Anmeldetag: 03.09.2014
 (45) Veröffentlicht am: 15.11.2017

(51) Int. Cl.: **F02N 11/08** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 DE 102009029207 A1
 DE 102011007874 A1
 EP 1221553 A2
 JP H09209887 A
 EP 1406009 A1
 FR 2964157 A1

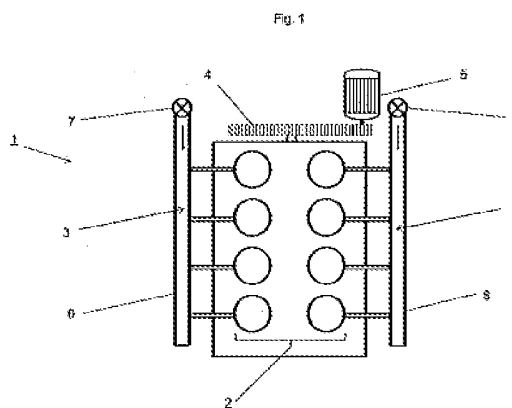
(73) Patentinhaber:
 GE Jenbacher GmbH & Co OG
 6200 Jenbach (AT)

(72) Erfinder:
 Schaumberger Herbert
 6232 Münster (AT)
 Spyra Nikolaus
 6020 Innsbruck (AT)
 Lopez Francisco
 6020 Innsbruck (AT)

(74) Vertreter:
 Torggler Paul N. Mag. Dr., Hofinger Stephan
 Dipl. Ing. Dr., Gangl Markus Mag. Dr., Maschler
 Christoph MMag. Dr.
 Innsbruck

(54) Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine

(57) Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine (1), die eine Vielzahl von Kolben-Zylinder-Einheiten (2) aufweist, wobei stromaufwärts der Kolben-Zylinder-Einheiten (2) Totvolumina (3) vorliegen, wobei bei einem Startversuch der Brennkraftmaschine (1) die Kolben in den Zylindern durch einen Hilfsmotor (5) angetrieben werden, wobei die maximal zulässige Dauer eines Startversuches durch eine vorgegebene Startzeit (t_s) der Brennkraftmaschine (1) beschränkt ist, wobei die Startzeit (t_s) vor oder zu Beginn eines Startversuches der Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit eines Zustandes der Brennkraftmaschine (1) und/oder des Hilfsmotors (5) berechnet und vorgegeben wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1.

[0002] Das Starten von Brennkraftmaschinen, insbesondere von stationären Brennkraftmaschinen, stellt eine große Belastung für die beteiligten Bauteile dar.

[0003] Beim Starten einer Brennkraftmaschine spurt meist ein von einem Hilfsmotor angetriebenes Zahnrad, das Starterritzel, in einen mit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine verbundenen Zahnkranz ein und beschleunigt die Brennkraftmaschine bis zu einer Umdrehungsgeschwindigkeit der Brennkraftmaschine, bei der diese selbsttätig laufen kann. Die Beanspruchung betrifft die mechanischen Komponenten und insbesondere den Hilfsmotor. Im Falle von elektrischen Hilfsmotoren sind das die elektrischen Windungen und die Starterbatterien.

[0004] Ein sicherheitsrelevanter Aspekt ist, dass während des Startvorganges brennfähiges Gemisch in den Auslasstrakt gepumpt wird und so mit der Dauer des Startvorgangs die Gefahr von Verpuffungen steigt.

[0005] Es ist daher aus oben genannten Gründen üblich, die maximal zulässige Dauer eines Startvorganges durch eine vorgegebene Zeit zu beschränken.

[0006] Die EP 1 849 982 A2 beschreibt ein automatisches Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine. Hierbei wird beschrieben, dass durch das Messen der Kühlwassertemperatur (entspricht einem Zustand der Brennkraftmaschine) anhand einer vorgelegten Tabelle eine Startzeit festgelegt werden kann.

[0007] Nachteilig an Startverfahren nach dem Stand der Technik ist, dass erfolglose Startversuche häufig sind, d.h. Startversuche, die nicht zu einem selbsttätigen Laufen der Brennkraftmaschine führen.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Startverfahren anzugeben, durch welches die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Startversuches gegenüber dem Stand der Technik erhöht wird.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen definiert.

[0010] Dadurch, dass die Startzeit vor oder zu Beginn eines Startversuches der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit eines Zustandes (Totvolumina) der Brennkraftmaschine und/oder des Hilfsmotors berechnet und vorgegeben wird, wird also erreicht, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Startversuches deutlich erhöht wird. Mit Erfolg eines Startversuches ist gemeint, dass die Brennkraftmaschine durch den Startversuch selbsttätig zu laufen beginnt.

[0011] Zudem ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass wenn nach Ablauf der Startzeit die Drehzahl der Brennkraftmaschine die Startdrehzahl nicht erreicht oder überschritten hat, der Startversuch abgebrochen wird.

[0012] Die Startdrehzahl der Brennkraftmaschine ist jene Drehzahl, bei welcher die Brennkraftmaschine frühestens selbsttätig zu laufen beginnt.

[0013] Es wird also überprüft, ob nach Erreichen der vorgegebenen Startzeit die Drehzahl der Brennkraftmaschine auch tatsächlich die Startdrehzahl erreicht hat. Wird in dem betrachteten Startversuch die Startdrehzahl nicht erreicht, so wird dieser Startversuch abgebrochen. Abbrechen des Startversuches bedeutet zumindest das Ausschalten des Hilfsmotors. Eine weitere sinnvolle Maßnahme beim Abbrechen des Startversuches ist das Schließen von Kraftstoffzuführeinrichtungen wie etwa Gasventile, sodass nicht weiter Kraftstoff angesaugt und unverbrannt entlassen wird.

[0014] Damit werden die am Startvorgang beteiligten mechanischen und elektrischen Komponenten weniger beansprucht und erreichen eine höhere Lebensdauer als bei Startverfahren

nach dem Stand der Technik, da im Stand der Technik erfolglose Startversuche häufiger sind als mit dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0015] Durch Berücksichtigung eines Zustandes der Brennkraftmaschine und/oder des Hilfsmotors zur Festlegung der Startzeit wird also eine dem Zustand der Brennkraftmaschine und/oder des Hilfsmotors angepasste Startzeit festgelegt.

[0016] Die Startzeit entspricht jener Zeit, die benötigt wird, bis in allen Zylindern ein zündfähiges Gemisch vorliegt. Eine zu lange Startzeit bedeutet erhöhtes Risiko für Verpuffungen, da unverbranntes Gemisch in den Auslasstrakt entweicht. Eine zu kurze Startzeit hätte zur Konsequenz, dass nicht alle Zylinder von zündfähigem Gemisch erreicht werden. Die Vorteile des vorgeschlagenen Verfahrens bestehen in der Reduktion des Verpuffungsrisikos, der erhöhten Erfolgswahrscheinlichkeit für den Startvorgang und in der reduzierten Belastung des Hilfsmotors und gegebenenfalls der Batterien, was deren Lebensdauer erhöht.

[0017] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Startzeit in Abhängigkeit der Größe der Totvolumina vorgegeben wird. Unter Totvolumina versteht man jene Volumina, die zwischen den Brennräumen und einer stromaufwärts der Brennräume angeordneten Kraftstoffdosiereinrichtung oder Mischeinrichtung vorliegen.

[0018] Während eines Startvorganges müssen die Totvolumina durch die Pumpwirkung der Kolben-Zylinder-Einheiten der Brennkraftmaschine entleert werden, bis die Zylinder mit brennfähigem Gemisch gefüllt sind. Bevor nicht die Mehrzahl der Kolben-Zylinder-Einheiten mit brennfähigem Gemisch gefüllt ist, kann ein Startvorgang nicht erfolgreich sein. Somit ist die Berücksichtigung der Größe der Totvolumina in der Bemessung der Startzeit ein Beitrag zur Erhöhung der Erfolgswahrscheinlichkeit eines Startversuches.

[0019] Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Startzeit

[0020] - in Abhängigkeit einer Drehzahl des Hilfsmotors und / oder

[0021] - in Abhängigkeit der Zylinderanzahl der Brennkraftmaschine und / oder

[0022] - in Abhängigkeit des Hubraums der Kolben-Zylinder-Einheiten und / oder

[0023] - in Abhängigkeit des Liefergrads der Brennkraftmaschine

[0024] vorgegeben wird.

[0025] Die Erfindung wird im Folgenden durch die Figuren näher erläutert. Dabei zeigt:

[0026] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit Hilfsmotor,

[0027] Fig. 2 ein schematisches Diagramm von Drehzahl über Zeit während eines Startvorganges,

[0028] Fig. 3 die graphische Darstellung der Berechnung der Startzeit.

[0029] Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Brennkraftmaschine 1, die eine Vielzahl von Kolben-Zylinder-Einheiten 2 aufweist. Die Kolben-Zylinder-Einheiten 2 der Brennkraftmaschine 1 werden über die Ansaugleitung 6 mit Kraftstoff-Luft-Gemisch versorgt. Die Einströmung von Kraftstoff-Luft-Gemisch in die Ansaugleitung 6 ist durch Pfeile symbolisiert. Die Kraftstoffzuführeinrichtung 7 misst Kraftstoff zu.

[0030] Es kann sich bei der Kraftstoffzuführeinrichtung 7 etwa um einen Gasmischer, ein Dosierventil oder eine andere gebräuchliche Zuführeinrichtung für Kraftstoff handeln.

[0031] Ebenfalls gezeigt ist ein Hilfsmotor 5 (Startermotor), der über den Starterkranz 4 mit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine 1 verbunden ist. Der Hilfsmotor 5 kann elektrisch oder pneumatisch angetrieben sein. Im Falle von elektrischem Antrieb sind als Energiespeicher meist Starterbatterien vorgesehen, bei einem pneumatischen Startermotor dient ein Druckluftspeicher als Energievorrat.

[0032] Beim Startvorgang spurt ein Ritzel des Hilfsmotors 5 in den Starterkranz 4 ein und be-

schleunigt die Brennkraftmaschine 1 solange, bis diese selbsttätig zu laufen beginnt. Während des Startvorganges fördern die Kolben-Zylinder-Einheiten 2 Gas bzw. Gemisch aus der Ansaugleitung 6.

[0033] Jene Abschnitte der Ansaugleitung 6, welche zwischen den Kolben-Zylinder-Einheiten 2 und der Kraftstoffzuführeinrichtung 7 liegen, werden in der vorliegenden Anmeldung als Totvolumina 3 bezeichnet. Bei einem Startvorgang müssen, nach Zumessung von Kraftstoff durch die Kraftstoffzuführeinrichtung 7, die Totvolumina 3 erst von Kraftstoff-Luft-Gemisch geflutet werden muss, bevor das Kraftstoff-Luft-Gemisch die Kolben-Zylinder-Einheiten 2 erreicht.

[0034] Die Totvolumina 3 zusammen mit dem Durchsatz pro Umdrehung der Brennkraftmaschine 1 bewirken eine Transportverzögerung des Kraftstoff-Luft-Gemisches in die Kolben-Zylinder-Einheiten 2. Dies hat zur Konsequenz, dass während eines Startvorganges erst nach gewisser Zeit in den Kolben-Zylinder-Einheiten 2 brennfähiges Gemisch vorliegt. Diese Zeit ergibt sich aus dem Durchsatz der Kolben-Zylinder-Einheiten 2, der durch die Drehzahl des Hilfsmotors 5 gegebenen Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 sowie aus der Größe der Totvolumina 3. Ein geeignetes Maß zur Beschreibung der Pumpwirkung (des Durchsatzes) der Kolben-Zylinder-Einheiten ist der Liefergrad (engl. volumetric efficiency), der angibt, wieviel Frischladung zur theoretisch maximal möglichen Füllung nach Abschluss eines Ladungswechsels im Zylinder zur Verfügung steht.

[0035] Je größer die Starterdrehzahl, desto rascher werden die Totvolumina 3 ausgepumpt. Je größer die Zylinderanzahl, desto rascher werden die Totvolumina 3 - bei gegebener Starterdrehzahl - ausgepumpt.

[0036] Ein größerer Hubraum der Kolben-Zylinder-Einheiten 2 bewirkt - bei gegebener Starterdrehzahl und gegebener Zylinderanzahl - ein rascheres Auspumpen der Totvolumina 3.

[0037] Figur 2 zeigt ein Diagramm von Drehzahl n der Brennkraftmaschine 1 auf der Y-Achse, aufgetragen gegen die Zeit t auf der X-Achse. Im Diagramm eingezeichnet ist ein typischer Drehzahlverlauf der Brennkraftmaschine 1 während eines Startvorganges. Man erkennt also, dass nach Beschleunigen der Brennkraftmaschine 1 durch den Hilfsmotor 5 auf die maximale Starterdrehzahl $n_{\max}$ (hier beispielsweise 180 Umdrehungen/min) der Startvorgang so lange durchgeführt wird, bis die Startdrehzahl n_s der Brennkraftmaschine 1 erreicht ist.

[0038] Die maximale Starterdrehzahl $n_{\max}$ wird durch die Leistung des Hilfsmotors 5, den Ladezustand von Starterbatterien (bei einem elektrischen Hilfsmotor), Öltemperatur und Reibungsverhältnissen bestimmt.

[0039] Die Startdrehzahl n_s der Brennkraftmaschine 1 ist jene Drehzahl, bei welcher die Brennkraftmaschine 1 frühestens selbsttätig zu laufen beginnt.

[0040] Beim Zeitpunkt t_0 hat der Hilfsmotor 5 die Brennkraftmaschine 1 auf die maximale Starterdrehzahl $n_{\max}$ beschleunigt. Die Startzeit t_s gibt an, wie lange die Brennkraftmaschine 1 auf $n_{\max}$ gehalten wird, bevor sie selbsttätig zu laufen beginnt, und die Startdrehzahl n_s erreicht.

[0041] Die maximale Starterdrehzahl $n_{\max}$ ist jene Drehzahl der Brennkraftmaschine 1, auf der der Hilfsmotor 5 die Brennkraftmaschine 1 während des Startvorganges hält. Sobald die Brennkraftmaschine 1 durch Verbrennung in den Kolben-Zylinder-Einheiten 2 selbst Leistung erbringt, beschleunigt die Brennkraftmaschine 1 weiter. Erreicht die Brennkraftmaschine 1 durch die Verbrennung in den Kolben-Zylinder-Einheiten 2 die Startdrehzahl n_s , spurt der Starter aus.

[0042] Figuren 3a und 3b zeigen eine graphische Darstellung der Berechnung der Startzeit t_s nach einem Ausführungsbeispiel.

[0043] Zur Begriffsklärung wird festgehalten, dass eine Brennkraftmaschine 1 der übergeordnete Begriff ist. Darunter fallen unterschiedliche Motoren-Baureihen, die sich etwa durch verschiedene Hubräume der Kolben-Zylinder-Einheiten 2 unterscheiden. Innerhalb der Motoren-Baureihen gibt es wiederum verschiedene Typen, die sich durch die Anzahl von Kolben-Zylinder-Einheiten 2 unterscheiden.

[0044] Eine Motoren-Baureihe kann also Motoren mit unterschiedlicher Anzahl an Zylindern umfassen, die Größe (das Volumen) der einzelnen Kolben-Zylinder-Einheiten 2 innerhalb einer Motoren-Baureihe ist aber weitgehend gleich.

[0045] Es wird nun zuerst für eine Motoren-Baureihe, die Typen mit unterschiedlicher Anzahl an Zylindern umfassen kann, eine Referenz-Startzeit t_{ref} für einen Typen mit bestimmter Zylinderanzahl ermittelt.

[0046] Es wird im vorliegenden Beispiel die Referenz-Startzeit t_{ref} für einen Typen mit 20 Zylindern ermittelt. Weiters wird eine Startzeit für ein Typen mit einer unterschiedlichen Zylinderzahl, beispielsweise 12 Zylindern ermittelt. Die Startzeit für den Typen mit 12 Zylindern wird durch die Referenz-Startzeit t_{ref} dividiert. Das Ergebnis dieser Division ist der Faktor zur Berücksichtigung der Zylinderanzahl, $Factor_{cyl}$.

[0047] Dieser Zusammenhang ist in Figur 3a graphisch dargestellt. Im Graphen von Figur 3a ist die Zylinderanzahl N_{zyl} über der Startzeit t_s aufgetragen. Man sieht, dass der Motor mit 20 Zylindern eine kürzere Startzeit, t_{s_20} , aufweist als der Motor mit 12 Zylindern, t_{s_12} .

[0048] Der Faktor $Factor_{cyl}$ gibt also den oben erläuterten Zusammenhang wieder, dass bei gleicher Drehzahl die Totvolumina 3 bei einer größeren Zylinderanzahl rascher ausgepumpt werden.

[0049] Im gezeigten Beispiel wurde für den Typen mit 12 Zylindern eine 1,27 mal so lange Startzeit ermittelt als für den Typen mit 20 Zylindern, d.h. der $Factor_{cyl}$ beträgt in diesem konkreten Beispiel 1,27. Der Faktor $Factor_{cyl}$ kann natürlich für andere Motoren-Baureihen einen anderen Betrag annehmen.

[0050] In weiterer Folge wird der Einfluss der Startdrehzahl über einen zweiten Faktor berücksichtigt. Dies ist graphisch in Figur 3b dargestellt.

[0051] Zur Ermittlung des Faktors zur Berücksichtigung der Starterdrehzahl werden zwei Startvorgänge bei unterschiedlicher Starterdrehzahl am selben Motor durchgeführt. Bei höherer Starterdrehzahl wird eine kürzere Startzeit erreicht.

[0052] In Figur 3b ist die maximale Starterdrehzahl n_{max} über der Startzeit t_s aufgetragen.

[0053] Man erkennt, dass bei einer höheren Starterdrehzahl n eine kürzere Startzeit, t_{s_n1} , erzielt wird, als für die niedrigere Starterdrehzahl n_2 , bei welcher die Startzeit t_{s_n2} beträgt.

[0054] Das Verhältnis der Startzeit für niedrigere Starterdrehzahl durch Startzeit für höhere Starterdrehzahl ergibt den Faktor zur Berücksichtigung der Starterdrehzahl, $Factor_{nmax}$.

[0055] Dies gibt den oben erläuterten Zusammenhang wieder, dass bei höherer Umdrehungszahl die Totvolumina 3 rascher ausgepumpt werden.

[0056] Die maximal zulässig erforderliche Startzeit t_{max} für eine ausgewählte Brennkraftmaschine 1 wird nun mit folgender Formel berechnet:

[0057] $t_{max} = t_{ref} \cdot Factor_{cyl} \cdot Factor_{nmax}$

[0058] Ist einmal der Zusammenhang zwischen Zylinderanzahl bzw. maximaler Starterdrehzahl durch eine Referenzmessung bekannt, kann mit den Faktoren $Factor_{cyl}$ und $Factor_{nmax}$ innerhalb einer Motorenbaureihe auf beliebige Zylinderanzahlen und Starterdrehzahlen gerechnet werden.

[0059] Gemäß einer Variante kann die Startzeit über folgende Formel berechnet werden.

[0060] Der Volumenstrom von der Ansaugleitung 6 zu den Kolben-Zylinder-Einheiten 2 wird mit V'_{zyl} bezeichnet und trägt als Einheit m^3/s . Der Volumenstrom V'_{zyl} ergibt sich als Produkt von:

[0061] $V'_{zyl} = 1/2 \cdot n_{max} \cdot N_{zyl} \cdot V_{zyl} \cdot \lambda_L$

[0062] mit n_{max} als maximale Starterdrehzahl, N_{zyl} der Zylinderanzahl, V_{zyl} als Hubraum eines Zylinders und als Verhältnis von realem und theoretischem Gasaustausch eines Zylinders

(Liefergrad). Die Formel gibt also wieder, welchen Volumenstrom die Kolben-Zylinder-Einheiten 2 bei einer Umdrehungszahl von $n_{\max}$ aus der Ansaugleitung fördern. Es sind dies für einen Motortypen bekannte Größen.

[0063] Der Liefergrad λ_L (engl. volumetric efficiency) gibt an, wieviel Frischladung zur theoretisch maximal möglichen Füllung nach Abschluß eines Ladungswechsels im Zylinder zur Verfügung steht. Es versteht sich, dass ein größerer Hubraum eine größere Pumpwirkung und damit einen größeren Volumenstrom V'_{Zyl} bewirkt.

[0064] Die Startzeit t_s kann nun wie folgt berechnet werden:

[0065] $t_s = V_{\text{intake}} / V'_{\text{Zyl}}$

[0066] mit V_{intake} dem Rauminhalt der Totvolumina 3 in m^3 .

LISTE DER VERWENDETEN BEZUGSZEICHEN:

1	Brennkraftmaschine
2	Kolben-Zylinder-Einheiten
3	Totvolumina
4	Starterkranz
5	Hilfsmotor
6	Ansaugleitung
7	Kraftstoffzuführeinrichtung
$\text{Factor}_{n_{\max}}$	Faktor zur Berücksichtigung der Startdrehzahl
$\text{Factor}_{\text{cyl}}$	Faktor zur Berücksichtigung der Zylinderanzahl
$t_{\max}$	maximal zulässige erforderliche Startzeit
t_s	Startzeit
$n_{\max}$	Maximale Starterdrehzahl
n_s	Startdrehzahl
N_{zyl}	Zylinderanzahl
V_{intake}	Rauminhalt der Totvolumina 3 in m^3
λ_L	Verhältnis von realem und theoretischem Gasaustausch eines Zylinders (Liefergrad)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine (1),
 - die eine Vielzahl von Kolben-Zylinder-Einheiten (2) aufweist, wobei zwischen zwei Brennräumen der Kolben-Zylinder-Einheiten (2) und einer stromaufwärts der Brennräume angeordneten Kraftstoffdosiereinrichtung oder Mischeinrichtung Totvolumina (3) vorliegen,
 - wobei bei einem Startversuch der Brennkraftmaschine (1) die Kolben in den Zylindern durch einen Hilfsmotor (5) angetrieben werden,
 - wobei die maximal zulässige Dauer eines Startversuches durch eine vorgegebene Startzeit (t_s) der Brennkraftmaschine (1) beschränkt ist,
dadurch gekennzeichnet, dass die Startzeit (t_s) vor oder zu Beginn eines Startversuches der Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit eines Zustandes der Brennkraftmaschine (1), in Abhängigkeit der Größe der Totvolumina (3) und/oder in Abhängigkeit des Zustandes des Hilfsmotors (5) berechnet und vorgegeben wird und dass wenn nach Ablauf der der Startzeit (t_s) die Drehzahl (n) der Brennkraftmaschine (1) die Startdrehzahl (n_s) nicht erreicht oder überschritten hat, der Startversuch abgebrochen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Startzeit (t_s) in Abhängigkeit einer Drehzahl des Hilfsmotors (5) vorgegeben wird.
3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Startzeit (t_s) in Abhängigkeit der Zylinderanzahl (N_{zyl}) der Brennkraftmaschine (1) vorgegeben wird.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Startzeit (t_s) in Abhängigkeit des Hubraums (V_{zyl}) der Kolben-Zylinder-Einheiten (2) der Brennkraftmaschine (1) vorgegeben wird.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Startzeit (t_s) in Abhängigkeit des Liefergrads (λ_L) der Brennkraftmaschine (1) vorgegeben wird.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

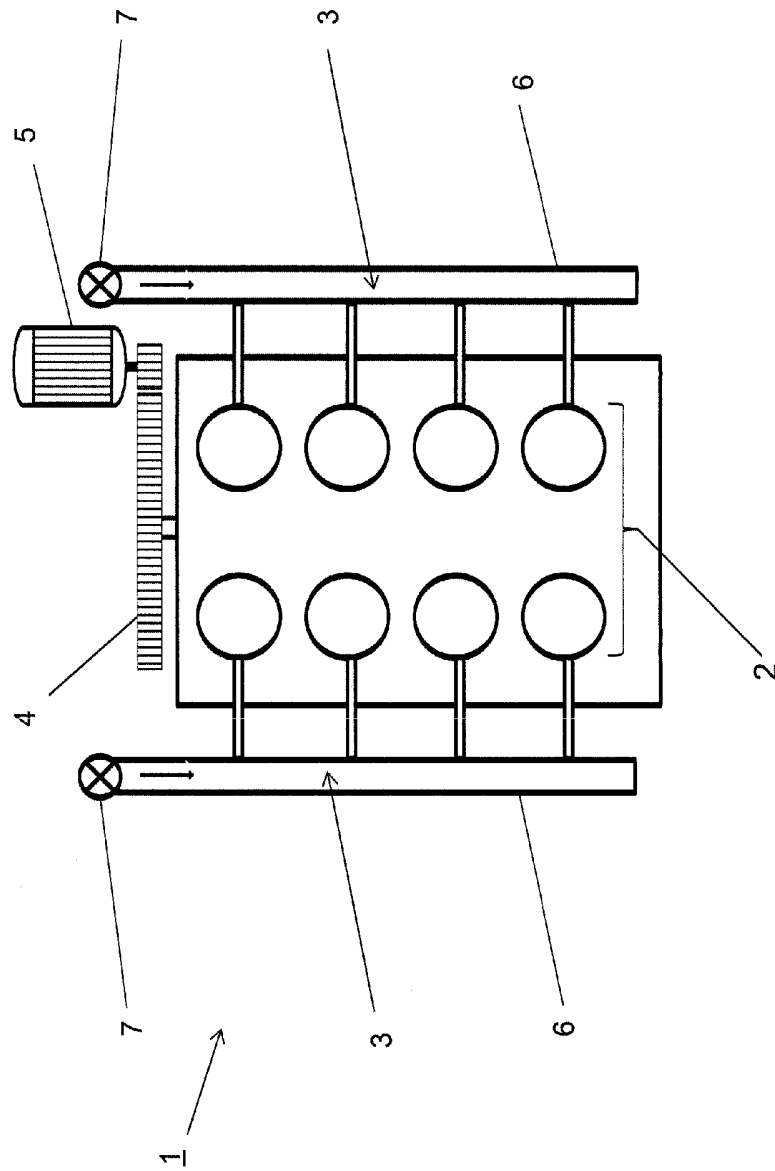


Fig. 2

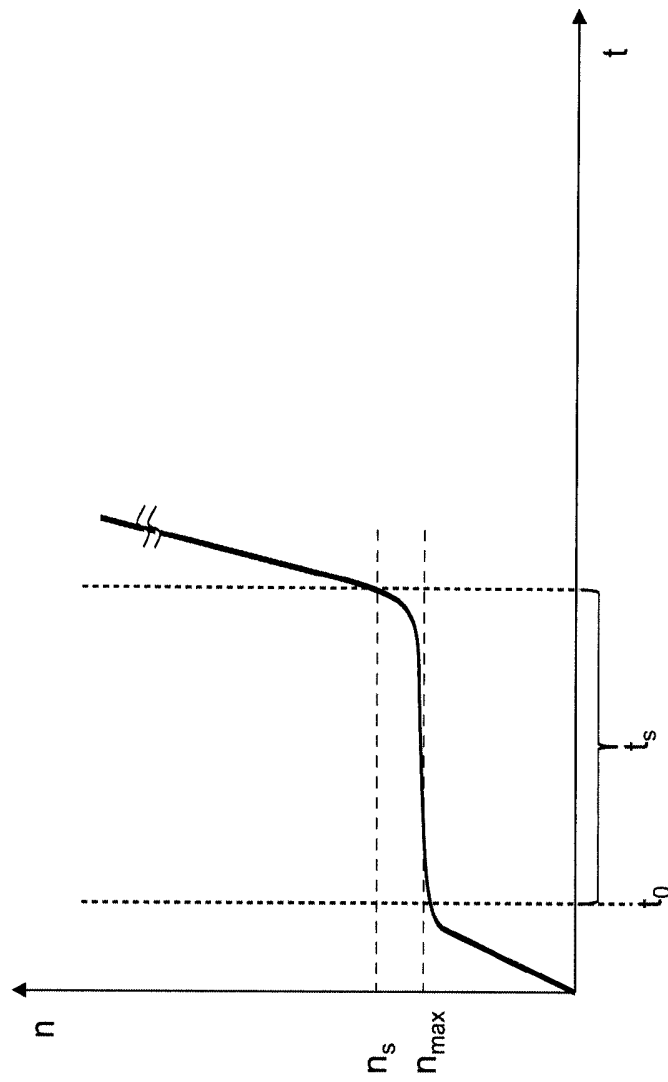


Fig. 3a

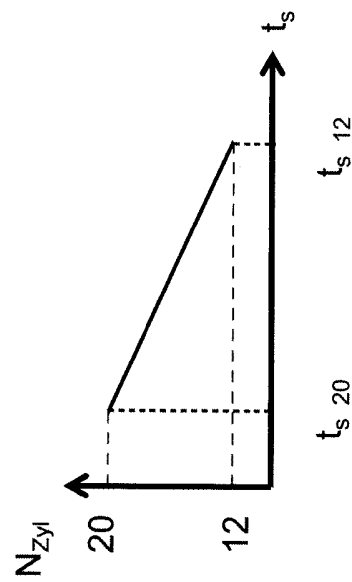


Fig. 3b

