

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 437/2014
(22) Anmeldetag: 04.06.2014
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2016

(51) Int. Cl.: **F02D 41/00** (2006.01)
F02D 17/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 5826563 A
US 2013006497 A1

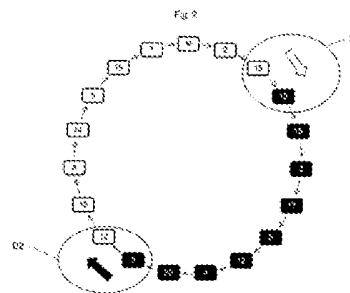
(73) Patentinhaber:
GE Jenbacher GmbH & Co OG
6200 Jenbach (AT)

(72) Erfinder:
Kopecek Herbert
6130 Schwaz (AT)
Spyra Nikolaus
6020 Innsbruck (AT)
Waldhart Michael
6410 Telfs (AT)

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

(54) Verfahren zur Regelung einer Brennkraftmaschine

(57) Verfahren zur Regelung einer Verbrennungskraftmaschine (1) mit mehr als einem Zylinder (2), wobei in Abhängigkeit der geforderten Leistungsabgabe einzelne Zylinder (2) nach vorgebbarem Muster abschaltbar sind, wobei das Muster aus einer zeitlichen Abfolge von Befehlen zur Zündung und Befehlen zum Aussetzen der Zündung besteht, wobei das Muster mit einer Berechnungsvorschrift derart abgeleitet wird, dass der Abstand zwischen zum Aussetzen vorgesehenen Zylindern (2) bezogen auf die Zündreihenfolge eine ungerade Zahl, und vorzugweise teilerfremd zur Zylinderanzahl, ist.



Beschreibung

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

[0002] Verfahren zur Zylinderabschaltung, englisch „Skip-firing“, sind aus dem Stand der Technik bekannt. Zylinderabschaltung wird vorwiegend bei größeren Motoren mit mehr als 6 Zylindern eingesetzt, um bei verringerter Leistungsanforderung den Kraftstoffverbrauch und Emissionen zu senken.

[0003] In der DE 43 10 261 ist beschrieben, dass zum Schutz vor Überladung eines Motors Muster zur selektiven Zylinderabschaltung (in der Schrift Ausblendmuster genannt) vorgegeben werden können.

[0004] Die Muster sind vorteilhafterweise so auf die Zylinderzahl abgestimmt, dass sich umlaufende Ausblendsequenzen ergeben, d. h. innerhalb kürzester Zeit jeder Zylinder entlastet wird.

[0005] Aus der DE 2928075 ist bekannt, dass die Sequenz von Befehlen zum Zünden und zur Zylinderabschaltung so gewählt ist, dass die Brennkraftmaschine möglichst rund läuft, dass insbesondere Harmonische der Resonanzfrequenzen der Motoraufhängung und des Antriebsstranges vermieden werden und dass der Betrieb einzelner Kolben-Zylinder-Einheiten nicht häufiger als zwei- bis dreimal aussetzt, damit diese Kolben-Zylinder-Einheiten nicht zu stark abkühlen. Die US5826563 A zeigt ein Verfahren zu Zylinderabschaltung, bei welchem alle Zylinder innerhalb einer vorgegebenen Anzahl an Kurbelwellenumdrehungen gezündet werden sollen. Die US20130006497 offenbart eine Zylinderabschaltung mit veränderlichen Abschaltmustern.

[0006] Methoden für Skip-Firing sind weiters bekannt aus den Schriften US2013289853, US2013298870, US8099224, US2013092128, US2012109495, US8336521, US8131447, US2013092127.

[0007] Es hat sich in Versuchen der Anmelderin herausgestellt, dass die Vorgabe fixer Zündabschaltungsmuster ungünstig ist, da eine zeitliche Unsicherheit in der Regelung besteht, ob ein einzelner Zylinder bei dem nächsten Arbeitstakt das Signal zur Feuerung erhält oder nicht. Ein ungewolltes Auslassen eines zur Zündung vorgesehenen Zylinders führt zu einem Absinken der Drehzahl des Motors, während ein unbeabsichtigtes Zünden eines für das Auslassen vorgesehenen Zylinders zu einem ungewollten Drehzahlanstieg führt.

[0008] Dieser Unschärfe kann durch eine kurbelwinkelsynchrone Steuerung begegnet werden. Eine kurbelwinkelsynchrone Steuerung mit diskreten Zeitvorgaben für den Zündzeitpunkt eines jeden Zylinders ist jedoch aufwendig.

[0009] Selbst wenn mehrere Muster zur Zylinderabschaltung vorgegeben werden und diese Muster abgewechselt werden, so hat dies den Nachteil, dass beim Umschalten der Muster mehrere Zylinder von einem gefeuerten in einen ungefeuerten Zustand übergehen und umgekehrt. Aus thermischen Gründen ist es jedoch ungünstig, wenn ein Zylinder beispielsweise nur einmal zündet und dann wieder abgeschaltet wird. Zudem ist es ungünstig, wenn mehrere Zylinder pro Zyklus (2 Kurbelwinkelumdrehungen entsprechend 720° für 4-Taktmotoren) ihren Status ändern. So kann beim Übergang von einem Muster zur Zylinderabschaltung zu einem anderen Muster der Fall eintreten, dass mehrere, in ihrer Zündreihenfolge hintereinander liegende Zylinder abgeschaltet werden, d.h. eine längere Sequenz ohne Zündereignissen entsteht.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfahren für das Auslassen von Zylinderfeuerungen anzugeben, bei dem die thermische Last gleichmäßiger auf die Zylinder verteilt wird.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Regelung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0012] Dadurch dass das Muster mit einer Berechnungsvorschrift derart abgeleitet wird, dass der Abstand zwischen zum Aussetzen vorgesehenen Zylindern bezogen auf die Zündreihenfolge eine ungerade Zahl, und vorzugsweise teilerfremd zur Zylinderanzahl ist, wird ein gleichmäßiger Wärmeeintrag auf alle Zylinder erreicht.

[0013] Im Kontext der vorliegenden Offenbarung wird unter „Aussetzen“ von Zylindern verstanden, dass diese Zylinder nicht zünden, was wiederum durch Entfallen der Zündung und / oder Entfallen der Kraftstoffzufuhr verwirklicht werden kann. Letzteres ist insbesondere für Verbrennungskraftmaschinen relevant, die mit einer zylinderindividuellen Kraftstoffzufuhr, etwa Port-Injection Ventilen, ausgestattet sind. Die Begriffe „gefeuert“ und „ungefeuert“ werden synonym für „gezündet“ bzw. „ungezündet“ verwendet.

[0014] In dem vorgeschlagenen Verfahren wird zunächst aus der Zündreihenfolge (engl.: firing order) des betreffenden Motors das Muster zur Zylinderabschaltung (engl.: skip firing order) abgeleitet. Dabei wird wie folgt vorgegangen:

[0015] die Zündreihenfolge ist eine durch die Kröpfungen der Kurbelwelle, also mechanisch und für einen vorliegenden Motor unveränderlich vorgegebene zeitliche Abfolge der Zündzeitpunkte der einzelnen Zylinder. Die Zündreihenfolge ist häufig so gewählt, dass eine örtlich und zeitlich günstig verteilte Einleitung der Drehmomente auf die Kurbelwelle erfolgt, die Kurbelwelle möglichst nicht zu Torsionsschwingungen angeregt wird, und, bei Vorliegen zweier Zylinderbänke, die gegenüberliegenden Zylinder nacheinander zünden.

[0016] In üblicher Notation werden die Zylinder so nummeriert, dass gegenüber der Abtriebsseite und, bei Vorliegen mehrerer Zylinderbänke bei der linken Zylinderbank zu zählen begonnen wird. In Tabelle 1 ist die Nummerierung der Zylinder eines V-20 Motors als zweispaltige Tabelle dargestellt. Die linke Spalte mit den Einträgen eins bis zehn entspricht der linken Zylinderbank, die rechte Spalte mit den Einträgen elf bis zwanzig der rechten Zylinderbank.

[0017] Tabelle 1: Nummerierung der Zylinder eines V-20 Motors als zweispaltige Tabelle

10	20
9	19
8	18
7	17
6	16
5	15
4	14
3	13
2	12
1	11

[0018] Übliche Zündfolgen für Reihenmotoren sind:

[0019] Für Sechszylinder Reihenmotoren: 1-5-3-6-2-4 oder 1-2-4-6-5-3 oder 1-4-2-6-3-5 oder 1-4-5-6-3-2

[0020] Für Achtzylinder Reihenmotoren: 1-6-2-5-8-3-7-4 oder 1-3-6-8-4-2-7-5 oder 1-4-7-3-8-5-2-6 oder 1-3-2-5-8-6-7-4.

[0021] Für V-Motoren sind beispielsweise folgende Zündfolgen gängig:

[0022] Sechszylinder: 1-4-3-6-2-5 oder 1-2-5-6-4-3 oder 1-4-5-6-2-3

[0023] Zwölfzylinder: 1 -7-5-11-3-9-6-12-2-8-4-10 oder 1 -12-4-9-2-11-6-7-3-10-5-8

[0024] Besonders in Kraftfahrzeugen bestehen noch etliche weitere Varianten.

[0025] Tabelle 2 zeigt eine typische Zündreihenfolge eines V-20 Zylindermotors. Dabei ist in der ersten Zeile die zeitliche Reihenfolge der Zündung und in der Zeile darunter die Nummer - entsprechend der oben erläuterten Notation - des jeweiligen Zylinders gezeigt. Die dargestellte Zündreihenfolge entspricht bei 4-Taktmotoren zwei Kurbelumdrehungen und bei 2-Taktmotoren einer Kurbelumdrehung und beginnt nach dem letzten Zylinder wieder von vorne.

[0026] Tabelle 2: Zündreihenfolge eines V-20 Zylindermotors

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
17	7	13	3	19	9	15	5	20	10	14	4	18	8	12	2	16	6	11	1

[0027] Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Muster über einen Algorithmus in Abhängigkeit der Zylinderanzahl beschrieben werden kann.

[0028] Ausgehend von der Zündreihenfolge wird ein Muster zur Zündaussetzung (engl.: skip firing order) solchermaßen abgeleitet, dass die Zylinder in ungeradzahlig Reihenfolge aussetzen.

[0029] Es kann auch vorgesehen sein, dass das Muster über einen Algorithmus aus der Zündreihenfolge so abgeleitet wird, dass sich die Befehle zur Zündung gleichmäßig auf die Zylinderbänke verteilen.

[0030] Es kann dies zum Beispiel jeder dritte oder fünfte oder siebte Zylinder sein, allgemein beschrieben als zwei $n + 1$ ($2n+1$) mit n einer natürlichen Zahl. Damit wird erreicht, dass die Auslassungen sich auf beide Zylinderbänke verteilen. Besonders günstig ist die Wahl einer Zahl, die nicht Teiler der Zylinderanzahl ist, etwa drei für einen 20- Zylindermotor, oder fünf für einen 12-Zylindermotor.

[0031] Trifft die Reihe wieder auf einen bereits in der skip firing order berücksichtigten, das heißt ausgelassenen Zylinder, wird von der Regel abgewichen und man geht von diesem Zylinder vor oder zurück, bis zum nächsten Zylinder, der noch nicht in der skip firing order berücksichtigt wurde. Den darauf folgenden zur Aussetzung vorgesehenen Zylinder legt man wieder mit der oben definierten Regel fest. Die skip firing order kann natürlich bei jedem beliebigen Zylinder begonnen werden.

[0032] So ergibt sich mit der Regel mit $(2n + 1) = 3$ aus der Zündreihenfolge eines V12- Zylindermotors, welche lautet: 1-7-5-11-3-9-6-12-2-8-4-10 die skip firing order 1-11-6-8-7-3-12-4-5-9-2-10.

[0033] In einem weiteren Beispiel wird als Regel zur Auswahl des auszusetzenden Zylinders der Abstand 5 gewählt, also der fünfte Zylinder nach dem letzten.

[0034] Dadurch ergibt sich aus der Zündreihenfolge 1 -7-5-11-3-9-6-12-2-8-4-10 folgende skip firing order: 1-9-4-11-2-7-6-10-3-8-5-12.

[0035] Für eine zeitlich gleichmäßige Verteilung der Last auf die Zylinder wird das Muster nun zeitlich verändert:

[0036] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass nach einem vorgebbaren Zeitintervall auf eine vorgebbare Listenposition mit einem Befehl zur Zündung eine Anzahl von mindestens einer weiteren Listenposition mit Signal zur Zündung hinzukommt, und der Listenabschnitt mit Befehlen zur Nicht-Zündung um die gleiche Anzahl an Listenpositionen mit Signalen zur Nicht-Zündung ergänzt wird. Mit Liste bzw. Listenposition ist folgendes gemeint: das Muster der Zündabschaltung lässt sich als Liste von Befehlen zum Zünden, dargestellt durch eine Eins, und Befehlen zum Aussetzen (Nicht-Zünden), dargestellt durch eine Null, abbilden. Dies sei anhand nachfolgender Tabelle illustriert. So zeigt die Tabelle 3 in der ersten Zeile das Muster der Zündabschaltung bezüglich des betroffenen Zylinders, und in der Zeile darunter die Befehle zum Aussetzen, dargestellt durch eine Null, bzw. die Befehle zum Zünden, dargestellt durch eine Eins. Im konkreten Beispiel erhalten die Zylinder 11,2 und 18 den Befehl zum Aussetzen, gefolgt von den Zylindern 10, 15, 3, 17, 6, 12, 4, 20, 9 mit Befehl zum Zünden, gefolgt von den Zylindern 13, 16, 8, 14, 5, 19 und 7 mit Befehl zum Aussetzen. Das Aussetzen wird also in der

Liste durch eine Null wiedergegeben, während das Zünden durch eine Eins signalisiert wird.

[0037] Die zeitliche Veränderung des Musters erfolgt nun so, dass auf eine vorgebbare Listenposition mit einem Befehl zur Zündung mindestens eine weitere Listenposition mit Signal zur Zündung hinzukommt, und der darauffolgende Block an Befehlen zur Nicht-Zündung um mindestens eine weitere Listenposition mit Signal zur Nichtzündung ergänzt wird. Im konkreten Beispiel ist dies in Zeile 3 der Tabelle 4 gezeigt: Zylinder 13 wechselt von Nicht-Zünden auf Zünden, während Zylinder 10 vom gezündeten in den nicht-gezündeten Zustand wechselt.

[0038] Tabelle 3: Skip firing order hinterlegt mit Befehlen zum Aussetzen (Nullen) bzw. Zünden (Einsen).

11	2	18	10	15	3	17	6	12	4	20	9	13	16	8	14	5	19	7
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

[0039] Die zeitlich gleichmäßige Verteilung der Last auf die Zylinder erfolgt also, indem der Listeneintrag mit den Befehlen zur Feuerung um ein Inkrement verlängert wird, während zeitgleich der Listeneintrag mit Befehlen zur Zündaussetzung ebenfalls um das gleiche Inkrement vergrößert wird.

[0040] Damit ergibt sich eine Verschiebung der Zündbefehle um das wählbare Inkrement. Dieses kann beispielsweise einen oder auch mehrere Zylinder umfassen.

[0041] Durch die Verschiebung der Zündbefehle um ein wählbares Inkrement wird erreicht, dass die Sequenz, oder anders ausgedrückt der Listenabschnitt, mit Befehlen zur Zündung im Betrieb der Verbrennungskraftmaschine „wandert“, das heißt sich über alle Zylinder bewegt.

[0042] Damit ist auf sehr einfache Weise eine Möglichkeit geschaffen den Last- und Wärmeeintrag auf den Motor gleichmäßig zu verteilen.

[0043] In einer bevorzugten Ausbildung ist vorgesehen, dass das Muster nach einem vorgebbaren Zeitintervall verändert wird, wobei das Zeitintervall 1 bis 20 Sekunden beträgt, besonders bevorzugt 5-10 Sekunden beträgt. In anderen Worten bleibt das Feuerungs-Muster 1-20 Sekunden unverändert, besonders bevorzugt 5-10 Sekunden unverändert.

[0044] Bevorzugt ist vorgesehen, dass die zeitliche Veränderung des Musters so geschieht, dass möglichst wenige Zylinder, besonders bevorzugt nur ein Zylinder, von einem ungefeuerten in einen gefeuerten Zustand übertreten und möglichst wenige Zylinder von einem gefeuerten in einen ungefeuerten Zustand übertreten. Wie eingangs gesagt, ist es aus thermischen Gründen günstig, wenn in einem Betrachtungszeitraum möglichst wenige Zylinder, besonders bevorzugt nur ein Zylinder, ihren Feuerungs-Status ändern.

[0045] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass wenigstens ein Zylinder von der Zylinderabschaltung ausgenommen bleibt. Es kann beispielsweise für Diagnosezwecke, etwa durch Instrumentierung eines Zylinders, interessant sein, diesen Zylinder von der Zylinderabschaltung auszunehmen.

[0046] Bei der Ableitung der skip firing order werden dazu die auszunehmenden Zylinder aus der Zündreihenfolge entfernt und anschließend wird das oben beschriebene Verfahren zur Bestimmung der skip firing order mit der reduzierten Zündfolge durchgeführt. Dies ist in Tabelle 4 illustriert. Tabelle 4 zeigt die reduzierte Zündreihenfolge eines V-20-Zylindermotors wobei die letzte Position, das heißt der Zylinder Nummer Eins, ausgeblendet wurde. Dabei ist in der ersten Zeile die zeitliche Reihenfolge der Zündung und in der Zeile darunter die Nummer des jeweiligen Zylinders gezeigt. Der Zylinder Eins ist natürlich nicht wirklich von der Zündung ausgenommen, sondern nur von der Liste zur Ermittlung der auszusetzenden Zylinder. Da nur noch neunzehn Zylinder in der reduzierten Zündreihenfolge verbleiben, ist die Schrittlänge von fünf geeignet, die ja für den 20-Zylindermotor ein Teiler der Zylinderanzahl wäre.

[0047] Tabelle 4: Reduzierte Zündreihenfolge eines V-20 Zylindermotors, Zylinder eins ist ausgenommen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
17	7	13	3	19	9	15	5	20	10	14	4	18	8	12	2	16	6	11

[0048] Wird nun die Regel zur Zündaussetzung auf die reduzierte Zündreihenfolge angewendet, so bleibt der Zylinder eins von der Zündaussetzung ausgenommen. In anderen Worten wird Zylinder eins also ganz regulär gezündet.

[0049] Das Ergebnis soll am Beispiel der reduzierten Zündreihenfolge gemäß Tabelle 4 erklärt werden. Dabei wird die Regel, nach jedem dritten Zylinder auszusetzen, auf die Zündreihenfolge nach Tabelle 4 angewendet. Zur Verdeutlichung, dass die Richtung der Ermittlung (also in der Liste von links nach rechts oder von rechts nach links) und die Startposition zur Ermittlung unerheblich sind, wird bei Zylinder elf begonnen und von rechts nach links vorgegangen. Das heißt, nach elf kommt zwei, danach 18, dann zehn und so weiter. Das Ergebnis, das heißt die skip firing order der reduzierten Zündfolge, ist in Tabelle 5 gezeigt. Die resultierende skip firing order hat für den 20-Zylindermotor nur 19 Einträge, da ja ein Zylinder von der Zündaussetzung ausgenommen ist.

[0050] Tabelle 5: skip firing order der reduzierten Zündfolge eines V-20-Zylindermotors

11	2	18	10	15	3	17	6	12	4	20	9	13	16	8	14	5	19	7
----	---	----	----	----	---	----	---	----	---	----	---	----	----	---	----	---	----	---

[0051] Diese skip firing order ist jedoch noch nicht an eine konkrete Lastanforderung angepasst, sondern beschreibt nur die Reihenfolge, welche im Aussetzen von Zylindern zu folgen ist.

[0052] Im vorgeschlagenen Verfahren wird nun der erhaltenen skip firing order ein weiteres Muster aufgeprägt, mit welchem festgelegt wird, welche der in der skip firing order definierten Zylinder tatsächlich zum Nichtzünden vorgesehen werden.

[0053] Dieses Muster kann als Liste oder Abfolge von Befehlen zur Nichtzündung, ausgedrückt durch eine Null, gefolgt von Listeneinträgen mit einer Eins, für den Befehl zur Zündung aufgefasst werden.

[0054] Überlagert man nun dieses Muster mit der vorher festgelegten skip firing order, so kann die Anzahl der tatsächlich aussetzenden Zylinder festgelegt werden und damit an eine Lastanforderung angepasst werden. Das Verfahren soll mit nachfolgender Tabelle 6 veranschaulicht werden. Tabelle 6 folgt wieder dem Beispiel der reduzierten Zündfolge, wobei der Zylinder Eins vom Aussetzen ausgenommen wird.

[0055] Dies kann z.B. für Diagnosezwecke oder ähnliches vorgesehen sein. Die Lastanforderung sei im Beispiel dermaßen, dass zehn der zwanzig Zylinder zünden sollen. So zeigt die Tabelle 6 in der ersten Zeile das Muster der Zündabschaltung bezüglich des betroffenen Zylinders, und in der Zeile darunter die Befehle zum Aussetzen, dargestellt durch eine Null, bzw. die Befehle zum Zünden, dargestellt durch eine Eins. Im konkreten Beispiel erhalten die Zylinder 11, 2 und 18 den Befehl zum Aussetzen, gefolgt von den Zylindern 10, 15, 3, 17, 6, 12, 4, 20, 9 mit Befehl zum Zünden, gefolgt von den Zylindern 13, 16, 8, 14, 5, 19 und 7 mit Befehl zum Aussetzen. Das Aussetzen wird also in der Liste durch eine Null wiedergegeben, während das Zünden durch eine Eins signalisiert wird.

[0056] Tabelle 6: Skip firing order hinterlegt mit Befehlen zum Aussetzen (Nullen) bzw. Zünden (Einsen)

11	2	18	10	15	3	17	6	12	4	20	9	13	16	8	14	5	19	7
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

[0057] Als Listeneinträge dargestellt, ergibt sich also eine Abfolge von Einträgen mit Signal zur Zündung, dargestellt durch Einsen, gefolgt von einem Listenabschnitt mit der Information zur Zündaussetzung, gezeigt durch Nullen. Man sieht bereits am Beispiel der Tabelle 6, dass damit sehr einfach der Anteil jener Zylinder, die weiterhin zünden sollen festgelegt werden kann,

anders ausgedrückt, zu welchem Lastanteil der Motor betrieben werden soll. Am Beispiel der Tabelle 6 zünden zehn von zwanzig Zylindern, das heißt die Lastreduktion beträgt rund 50%.

[0058] Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass bei erhöhtem Leistungsbedarf der Listenblock mit Befehlen zur Zündung um wenigstens einen weiteren Befehl zur Zündung verlängert wird.

[0059] Steigt also die Lastanforderung, so kann dies einfach durch Verlängern des Listenabschnittes mit Signalen zur Zündung um ein weiteres Inkrement erreicht werden. Mit Inkrement ist wenigstens ein Listeneintrag gemeint.

[0060] In Tabelle 7 ist beispielsweise gezeigt, dass der Listenabschnitt mit Befehlen zur Zündung, also Listeneinträgen mit Eins, um eine weitere Listenposition erweitert wird. Im konkreten Beispiel ist nun auch der Zylinder 13 zur Zündung vorgesehen.

[0061] Tabelle 7:

11	2	18	10	15	3	17	6	12	4	20	9	13	16	8	14	5	19	7
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

[0062] Damit erhöht sich die Anzahl der gefeuerten Zylinder auf elf, während neun Zylinder ungefeuert bleiben.

[0063] Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Muster zeitlich so veränderbar ist, dass bei verringertem Leistungsbedarf der Listenblock mit Befehlen zur Zündaussetzung um wenigstens einen weiteren Befehl zur Zündaussetzung verlängert wird.

[0064] In Tabelle 8 ist dieser Fall gezeigt. Hier wird die Sequenz von Nichtzündungen um einen weiteren Listeneintrag verlängert, sodass nun elf Zylinder nicht zünden und neun Zylinder zünden. Somit kann eine weitere Leistungsreduktion erreicht werden. Im konkreten Fall setzt gegenüber dem Ausgangszustand gemäß Tabelle 6 zusätzlich Zylinder mit Nummer Zehn aus.

[0065] Tabelle 8:

11	2	18	10	15	3	17	6	12	4	20	9	13	16	8	14	5	19	7
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

[0066] Die genannten Beispiele zeigen den zeitlich unveränderten Fall, das heißt es zünden stets die gleichen Zylinder, während die verbleibenden Zylinder ungefeuert bleiben. Für eine zeitlich gleichmäßige Verteilung der Last auf die Zylinder wird, wie weiter oben beschrieben, das Muster zeitlich verändert.

[0067] Stellt man sich die Zündreihenfolge als geschlossenen Kreis vor, bei dem der zuletzt gezündete Zylinder an den erstgezündeten Zylinder anschließt, so rotiert nun der Block an gezündeten Zylindern im Kreis.

[0068] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

[0069] Fig. 1 eine gattungsmäßige Verbrennungskraftmaschine (schematisch)

[0070] Fig. 2 eine Darstellung der Zündreihenfolge als geschlossenen Kreis

[0071] Figur 1 zeigt schematisch eine Verbrennungskraftmaschine 1 in einer Draufsicht. Ange deutet sind die Zylinder-Kolben-Einheiten 2. Die Figur dient zur Erläuterung der Notation der Benennung der Zylinder: der Pfeil symbolisiert die Blickrichtung, man blickt also auf die dem Abtrieb, als G bezeichnet, gegenüberliegende Seite, wo zu zählen begonnen wird. Der Zylinder mit Nummer Eins liegt auf der in Blickrichtung linken Zylinderbank. Gezeigt ist ein V-16-Zylinder Motor.

[0072] Figur 2 dient zur Illustration des Konzeptes der rotierenden skip firing order und zeigt die Zündreihenfolge als geschlossenen Kreis, am Beispiel eines 20-Zylinder-Motors, bei dem der Zylinder Nummer Eins von der Zündaussetzung ausgenommen ist, also regulär zündet. Die Zahlen in den Feldern entsprechen der Nummer des jeweiligen Zylinders. Die schwarz einge-

färbten Felder zeigen gezündete Zylinder, die weißen Felder stellen ungezündete Zylinder dar. Die Reihenfolge der Zylinder entspricht dem Muster der Zündabschaltung. Die Pfeile zwischen den Feldern symbolisieren die zeitliche Zündfolge.

[0073] Durch die zeitliche Änderung des skip-firing Musters wandert der Block mit Befehlen zur Zündung im Kreis. Dies ist durch die Details D1 und D2 kenntlich gemacht. So erhält beispielsweise Zylinder Nummer Zehn den Befehl zur Nicht-Zündung (Detail D1), ändert also seinen Status von Zündung auf Aussetzen. Im Folgenden wechselt Zylinder 13 vom von der Zündung ungefeuerten Zustand in den gefeuerten Zustand (Detail D2). Damit bleibt die Anzahl an gefeuerten bzw. ungefeuerten Zylindern konstant, aber das Muster „wandert“ über die Zylinder, wodurch sich ein gleichmäßiger Wärmeeintrag auf die Zylinder ergibt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Verbrennungskraftmaschine (1) mit mehr als einem Zylinder (2), wobei in Abhängigkeit der geforderten Leistungsabgabe einzelne Zylinder (2) nach vorgebbarem Muster abschaltbar sind, wobei das Muster aus einer zeitlichen Abfolge von Befehlen zur Zündung und Befehlen zum Aussetzen der Zündung besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Muster mit einer Berechnungsvorschrift derart abgeleitet wird, dass der Abstand zwischen zum Aussetzen vorgesehenen Zylindern (2) bezogen auf die Zündreihenfolge eine ungerade Zahl, und vorzugsweise teilerfremd zur Zylinderanzahl, ist.
2. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Muster über einen Algorithmus in Abhängigkeit der Zylinderanzahl beschrieben wird.
3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Muster über einen Algorithmus aus der Zündreihenfolge so abgeleitet wird, dass sich die Befehle zur Zündung gleichmäßig auf die Zylinderbänke verteilen.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Muster als Liste aus Befehlen zur Zündung gefolgt von Befehlen zur Nicht-Zündung beschrieben werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Muster zeitlich so veränderbar ist, dass nach einem vorgebbaren Zeitintervall auf eine vorgebbare Listenposition mit einem Befehl zur Zündung eine Anzahl von mindestens einer weiteren Listenposition mit Signal zur Zündung hinzukommt, und der Listenabschnitt mit Befehlen zur Nicht-Zündung um die gleiche Anzahl an Listenpositionen mit Signalen zur Nicht-Zündung ergänzt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Muster nach einem vorgebbaren Zeitintervall verändert wird, wobei das Zeitintervall 1 bis 20 Sekunden beträgt, besonders bevorzugt 5-10 Sekunden beträgt.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zeitliche Veränderung des Musters so geschieht, dass möglichst wenige Zylinder (2), besonders bevorzugt nur ein Zylinder (2), von einem ungefeuerten in einen gefeuerten Zustand übertreten und möglichst wenige Zylinder (2) von einem gefeuerten in einen ungefeuerten Zustand übertreten.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Zylinder (2) von der Zylinderabschaltung ausgenommen bleibt.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Muster zeitlich so veränderbar ist, dass bei erhöhtem Leistungsbedarf der Listenblock mit Befehlen zur Zündung um wenigstens einen weiteren Befehl zur Zündung verlängert wird.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Muster zeitlich so veränderbar ist, dass bei verringertem Leistungsbedarf der Listenblock mit Befehlen zur Zündaussetzung um wenigstens einen weiteren Befehl zur Zündaussetzung verlängert wird.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

