



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 041 037 A1 2010.02.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 041 037.3

(22) Anmeldetag: 06.08.2008

(43) Offenlegungstag: 11.02.2010

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/00** (2006.01)
F02N 11/08 (2006.01)

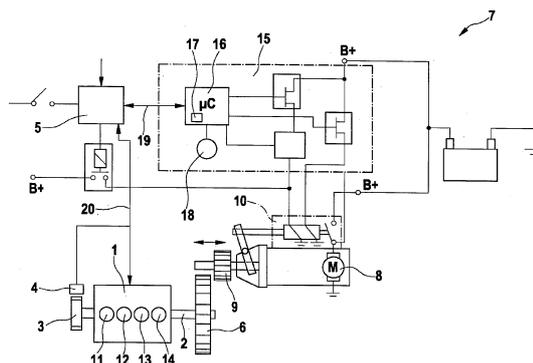
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Mauritz, Ewald, 71287 Weissach, DE; Schmidt,
Karl-Otto, 75210 Kellern, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung einer Steuerung für einen Start-Stopp-Betrieb einer Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren einer Steuerung für einen Start-Stopp-Betrieb einer Brennkraftmaschine (1) in einem Kraftfahrzeug zum kurzfristigen Stoppen und Starten der Brennkraftmaschine (1) beschrieben, die von einer elektrischen Maschine als Starter (8) gestartet wird, wobei von einer Detektionseinrichtung die Position und die Drehzahl einer Kurbelwelle (2) während des Betriebs und nach Ausschalten der Brennkraftmaschine (1), insbesondere für einen kurzfristigen Stopp, erfasst wird. Um einen Fahrzeugkomfort zu verbessern, in dem ein Wiederstart der Brennkraftmaschine deutlich schneller ausführbar ist, wird der Verlauf der Drehzahl der Kurbelwelle (2) nach Ausschalten der Brennkraftmaschine (1) im Voraus aktiv und neu berechnet.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren einer Steuerung und eine Steuerung für einen Start-Stopp-Betrieb einer Brennkraftmaschine in einem Kraftfahrzeug zum kurzfristigen Stoppen und Starten der Brennkraftmaschine, die von einer elektrischen Maschine als Starter gestartet wird, wobei von einer Detektionseinrichtung die Position und die Drehzahl einer Kurbelwelle während des Betriebs und nach Ausschalten der Brennkraftmaschine, insbesondere bei einem kurzfristigen Stopp, erfasst wird. Die Erfindung bezieht sich ferner auf ein Computerprogrammprodukt und eine Steuerung mit einem Mikrocomputer mit einem Programmspeicher.

[0002] Es ist bekannt, zur Einsparung von Kraftstoff und Emissionen die Brennkraftmaschine in einem Fahrzeug durch eine Motorsteuerung beispielsweise an Ampeln oder an anderen Verkehrshindernissen, die zu einem kurzfristigen Stopp zwingen, nach bestimmten Abschaltbedingungen, insbesondere nach einem bestimmten Zeitablauf, auszuschalten. Gewöhnlicher Weise wird die Brennkraftmaschine mittels eines Starters, der ein Starterritzel aufweist, das in einen Zahnkranz einer Brennkraftmaschine eingespurt wird, gestartet. Für eine solche Konstruktion der Brennkraftmaschine, die mit Hilfe eines Starterritzels gestartet wird, gibt es für einen Wiederstart Mindestzeiten, die abgewartet werden müssen, bis die Brennkraftmaschine wieder gestartet werden kann.

[0003] Es gibt Entwicklungen das Starterritzel bereits während des Auslaufens der Brennkraftmaschine in den Zahnkranz einzuspuren und die Startzeit zu verkürzen. Dazu ist folgender Stand der Technik bekannt.

[0004] Aus der DE 10 2006 011 644 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit einem Starterritzel und einem Zahnkranz einer Brennkraftmaschine bekannt, wobei die Drehzahl des Zahnkranzes und des Starterritzels ermittelt werden, um das Starterritzel nach dem Ausschalten der Brennkraftmaschine mit im Wesentlichen gleicher Drehzahl beim Auslaufen der Brennkraftmaschine einzuspuren. Um die synchronen Einspurdrehzahlen zu ermitteln, werden Werte aus einem Kennfeld eines Steuergeräts zugeordnet.

[0005] Die DE 10 2006 039 112 A1 beschreibt ein Verfahren zum Bestimmen der Drehzahl des Starters für einen Kfz-Verbrennungsmotor. Es wird ferner beschrieben, dass der Starter ein eigenes Starter-Steuergerät umfasst um die Drehzahl des Starters zu berechnen und um in einem Start-Stopp-Betrieb das Ritzel vom Starter zuerst ohne Einspuren zu beschleunigen, wenn ein Selbststart des Verbren-

nungsmotors aufgrund gesunkener Drehzahl nicht mehr möglich ist. Das Ritzel wird mit synchroner Drehzahl in den Zahnkranz des auslaufenden Verbrennungsmotors eingerückt.

[0006] Die DE 10 2005 004 326 beschreibt eine Startvorrichtung für einen Verbrennungsmotor mit einem separaten Einrück- und Startvorgang. Hierfür hat die Startvorrichtung eine Steuereinheit, die einen Startermotor und ein Stellglied zum Einrücken eines Starterritzels separat ansteuert. Von der Steuereinheit kann das Ritzel vor einem Startvorgang des Fahrzeugs in den Zahnkranz eingespurt werden, bevor der Fahrer einen neuen Startwunsch geäußert hat. Dabei wird das Stellglied als Einrückrelais bereits während einer Auslaufphase des Verbrennungsmotors angesteuert. Die Drehzahlschwelle liegt hierbei weit unter der Leerlaufdrehzahl des Motors, um den Verschleiß der Einspurvorrichtung möglichst gering zu halten. Um Spannungseinbrüche im Bordnetz durch einen sehr hohen Anlaufstrom vom Startermotor zu vermeiden, wird durch die Steuerung ein sanfter Anlauf, beispielsweise durch eine Taktung des Starterstroms, erreicht. Die Leistungsfähigkeit des Bordnetzes wird durch Analyse des Batteriezustands überwacht und entsprechend wird der Startermotor getaktet bzw. mit Strom versorgt. Ferner beschreibt die Erfindung, dass die Kurbelwelle kurz vor oder nach Erreichen des Stillstands vom Verbrennungsmotor positioniert werden kann, um die Startzeit zu verkürzen.

[0007] Die DE 10 2005 021 227 A1 beschreibt eine Startvorrichtung für eine Brennkraftmaschine in Kraftfahrzeugen mit einer Steuereinheit, einem Starterrelais, einem Starterritzel und einem Startermotor für eine Start-Stopp-Betriebsstrategie.

[0008] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren, ein Computerprogrammprodukt und eine Start-Stopp-Steuerung der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, um einen Fahrzeugkomfort zu verbessern, in dem ein Wiederstart der Brennkraftmaschine deutlich schneller ausführbar ist.

Offenbarung der Erfindung

[0009] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch den Gegenstand der Patentansprüche 1, 9 und 10 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0010] Ein der Erfindung zugrunde liegender Gedanke ist, dass der Geschwindigkeitsverlauf einer Kurbelwelle beim Ausschalten der Brennkraftmaschine extrem inhomogen ist und deshalb eine grobe Mittelwertbildung zu einem groben Bremsverzögerungswert führt, der für ein Einspuren eines Starterritzels eines Starters in einen Zahnkranz einer Brennkraftmaschine wegen eines großen Toleranzbandes un-

vorteilhaft ist. Deshalb wird gemäß einem Gedanken der Erfindung der Drehzahlverlauf einer sinkenden Drehzahl der Kurbelwelle jeweils aktuell, individuell und spezifisch berechnet.

[0011] Die Aufgabe wird mit einem Verfahren dadurch gelöst, dass der Verlauf der Drehzahlkurbelwelle nach Ausschalten der Brennkraftmaschine im Voraus aktiv und neu berechnet wird. Somit ist eine hochpräzise Aussage über die Umlaufgeschwindigkeit eines Zahnkranzes im Voraus berechenbar, da aktuelle Umgebungsbedingungen, wie Temperatur und aktuelle Reib- und Bremsmomente in das Messergebnis und die Berechnung einfließen. Unter aktiv ist also eine aktuelle Berechnung aus neuen Messwerten, ohne Nachschlagen und Ableiten von Prognosewerten aus vorher niedergelegten Kennlinien zu verstehen.

[0012] Gemäß einer die Erfindung weiterbildenden Ausführungsform wird die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine an charakteristischen, insbesondere wiederkehrenden, Positionen der Kurbelwelle während des Auslaufs der Brennkraftmaschine erfasst und berechnet. Dies hat den Vorteil, dass die zu messenden und analysierenden Datenmengen, im Vergleich zu einer Analyse des gesamten inhomogenen Geschwindigkeitsverlaufs mit grober Mittelwertbildung, sehr gering sind. Gleichzeitig werden vorteilhaft die äußeren Bedingungen, die die Winkelgeschwindigkeit bzw. den Winkelgeschwindigkeitsgradienten beeinflussen, zum Beispiel die Motortemperatur, die Motorölqualität, das Alter des Motors, innere Reibmomente und zusätzliche Bremsmomente durch Zusatzaggregate usw. aktuell erfasst. Damit kann eine sehr spezifische und wesentlich genauere Prognose für den Verlauf der Drehzahl von der Kurbelwelle erreicht werden, als herkömmlich bekannt ist. Bisher ist bekannt, Werte aus Kennlinien, die mit einer groben Mittelwertbildung in der Steuerung beispielsweise niedergelegt sind, abzufragen.

[0013] Gemäß einer die Erfindung weiterbildenden Ausführungsform wird die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle in zündbaren oberen Totpunkten erfasst und berechnet. Die Gegebenheit, dass die zündbaren oberen Totpunkte einer Brennkraftmaschine charakteristische Drehzahläufe wiedergeben, an denen die Winkelgeschwindigkeit kurzzeitig etwas langsamer ist als in den anderen Positionen, wird sich vorteilhaft gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zu eigen gemacht. Somit können die oberen Totpunkte (ZOT) verlässliche Daten liefern, um einen Geschwindigkeitsverlauf mit einer geringen Datenmenge aktuell zu bestimmen und eine Prognose über die zukünftige Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle zu machen.

[0014] Vorzugsweise wird aus mindestens zwei

Werten der Winkelgeschwindigkeit von zündbaren oberen Totpunkten (ZOT) mindestens ein dritter Wert für einen folgenden, zukünftigen zündbaren oberen Totpunkt (ZOT3) berechnet. Somit kann ein Winkelgeschwindigkeitsgradient aus wenigen Werten ermittelt werden, um im Voraus den nächsten charakteristischen Wert zu berechnen.

[0015] Um den Einfluss von mehreren Zylindern bei einer Brennkraftmaschine mit einfließen zu lassen, wird ein, insbesondere gemittelter, Korrekturfaktor aus Energieverlusten einer Dekompressionsphase von einem ersten Zylinder und einer Kompressionsphase von einem zweiten Zylinder von der Brennkraftmaschine als Zündfolgepaarung zur Berechnung der Winkelgeschwindigkeit in zukünftigen oberen Totpunkte berechnet und berücksichtigt. Somit kann der Verlauf der Drehzahl abhängig von der Anzahl der Zylinder in der Brennkraftmaschine als auch individuelle Zündfolgepaare in eine Voraussage der Drehzahl von der Kurbelwelle in den nächsten Millisekunden berücksichtigt werden. Die Reihenfolge der Zündfolgepaarungen ist grundsätzlich von der Konstruktion der Brennkraftmaschine vorgegeben. Somit können wiederholende Zündfolgepaarungen in die Berechnung für zukünftige obere Totpunkte sehr genau berücksichtigt werden.

[0016] Erfindungsgemäß wird der Drehzahlverlauf bei einer hohen Geschwindigkeit mit einer Abtaststrategie durch eine Sensoreinrichtung an der Brennkraftmaschine erfasst, und die ermittelten Werte werden zur Prognose von niedrigen Drehzahlen kurz vor dem Stillstand ausgewertet. Dadurch kann kostengünstig eine herkömmliche Sensoreinrichtung an der Kurbelwelle von der Brennkraftmaschine eingesetzt werden, deren Abtaststrategie typischerweise auf 50 bis 100 Signale pro Umdrehung begrenzt ist. Um mit der bereits im Fahrzeug vorhandenen Abtaststrategie bei langsamen Geschwindigkeiten im Millisekundenbereich fiktive Stützpunkte neben wenigen real erfassbaren zu erzeugen, aus denen die Position und die Drehzahl der Kurbelwelle ermittelt wird, wird von Messwerten aus einem hohen Geschwindigkeitsbereich auf Werte in einem niedrigen Geschwindigkeitsbereich geschlossen. Somit kann eine zukünftige Winkelgeschwindigkeit abgeleitet werden.

[0017] Gemäß einem weiter bevorzugten Verfahren wird die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle im Voraus berechnet, daraus eine synchrone Drehzahl für einen hochlaufenden Starter bestimmt und danach ein Starterritzel vom Starter in einen mit sinkender Drehzahl auslaufenden Zahnkranz der Brennkraftmaschine bei im Wesentlichen synchroner Drehzahl eingespart. Unter synchronem Einsparen sind die Drehzahl und der Zeitpunkt zu verstehen, wenn die Drehzahl des Starterritzels und die Drehzahl des Zahnkranzes der Brennkraftmaschine im Wesentlichen übereinstimmt, d. h. das Fenster einer Dreh-

zahldifferenz von Starterritzel und Zahnkranz hinreichend klein ist. Durch die individuelle Vorausberechnung der Winkelgeschwindigkeit kann ein individueller Einspurzeitpunkt bestimmt werden. Die Drehzahl des Starterritzels wird durch Ansteuerung von einer Steuerung, die für einen Start-Stopp-Betrieb ausgebildet ist, auf die im Voraus errechnete Drehzahl der Brennkraftmaschine zu einem bestimmten Einspurzeitpunkt gebracht. Somit wird eine sehr genaue synchrone Drehzahl von Starterritzel und Brennkraftmaschine erreicht. Der Verschleiß sinkt somit und die Geräuschentwicklung ist reduziert. Die Verfügbarkeit eines Wiederstarts der Brennkraftmaschine ist ab dem Einspurzeitpunkt gegeben.

[0018] Gemäß einem weiter bevorzugten Verfahren wird die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle mit im Zahnkranz eingespurten Starterritzel im Voraus berechnet und der Starter in Abhängigkeit einer im Voraus berechneten voraussichtlichen Position eines Stillstands von der Kurbelwelle kurzzeitig dosiert bestrahlt, um ein Rückpendeln der Kurbelwelle zu vermeiden und/oder die Kurbelwelle in eine günstige motortypspezifische Vorzugslage, insbesondere mit einem Winkel größer 60°, und besonders bevorzugt ca. 80° bis 100°, ganz besonders bevorzugt von ca. 90°, vor dem nächsten oberen zündbaren Totpunkt zu bewegen. Die Winkelwerte sind nur beispielhaft und hier exemplarisch für z. B. einen 6 Zylindermotor angegeben. Somit kann das oben beschriebene Verfahren ein zweites Mal für einen Start-Stopp-Betrieb eingesetzt werden, um die Kurbelwelle in einen solchen optimalen Winkel in der Brennkraftmaschine zu bringen, in dem die Brennkraftmaschine schnell gestartet werden kann.

[0019] Die Aufgabe wird auch durch ein Computerprogrammprodukt gelöst, das mit Programmbefehlen in einen Programmspeicher ladbar ist, um alle Schritte des oben beschriebenen Verfahrens auszuführen, wenn das Programm in einer Steuerung ausgeführt wird.

[0020] Das Computerprogrammprodukt erfordert keine zusätzlichen Bauteile im Fahrzeug, sondern lässt sich als Modul in bereits vorhandenen Steuerungen im Fahrzeug implementieren. Das Computerprogrammprodukt kann beispielsweise in der Motorsteuerung, einer separaten eigenen Steuerung oder einer Startersteuerung vorgesehen sein. Das Computerprogrammprodukt hat den weiteren Vorteil, dass es leicht an individuelle und bestimmte Kundenwünsche anpassbar ist, sowie eine Verbesserung der Betriebsstrategie durch verbesserte empirische Werte ermöglicht bzw. individuell vorgesehene Werte des Fahrzeugs leicht einsetzbar sind.

[0021] Die Aufgabe wird auch mit einer Steuerung dadurch gelöst, dass der Mikrocomputer in der Steuerung als Erfassungs-, Auswerte- und Steuereinrich-

tung ausgebildet ist, wobei in den Programmspeicher ein oben beschriebenes Computerprogrammprodukt ladbar ist, um ein oben beschriebenes Verfahren auszuführen. Die Steuerung für einen Start-Stopp-Betrieb kann entweder in einer Motorsteuerung oder in einer separaten Steuerung beispielsweise in einer Startersteuerung zur Ansteuerung eines Starters oder getrennt von anderen Steuerungen ausgebildet sein. Die Steuerung steht zumindest mit der Motorsteuerung über ein Bussystem in Informationskontakt.

[0022] Um die Informationswege möglichst kurz zu halten und somit einen geringen zeitlichen Verlust zu erreichen, ist die Steuerung beispielsweise in der Motorsteuerung ausgebildet. Um einen zeitlichen Verlust ebenso auf ein Minimum zu reduzieren und somit eine schnelle Ansteuerung des Starters sowie zum Einspuren des Starterritzels zu erzielen, ist die Steuerung alternativ vorteilhafterweise in der Startersteuerung untergebracht. Beide Alternativen haben den Vorteil, dass wesentliche Teile der Hardware, die beispielsweise für andere Funktionen vorhanden sind zur Ausführung des Verfahrens eingesetzt werden können.

[0023] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen verwendbar sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0025] [Fig. 1](#) einen schematischen Schaltplan von Antriebskomponenten zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0026] [Fig. 2](#) ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0027] [Fig. 3](#) ein Zeit-Drehzahl-Diagramm beim Ende des Auslaufens einer Brennkraftmaschine und

[0028] [Fig. 4](#) ein Zeit-Drehzahl-Diagramm über einen größeren Zeitabschnitt.

Ausführungsformen der Erfindung

[0029] Die [Fig. 1](#) zeigt einen vereinfachten Schaltplan von Antriebskomponenten, zur Durchführung einer Start-Stopp-Betriebsstrategie. Eine Brennkraftmaschine **1** ist mit mehreren Zylindern **11**, **12**, **13**, **14** ausgebildet. Kolben in den Zylindern **11** bis **14** treiben eine Kurbelwelle **2** an. Zur richtigen Ansteuerung der Brennkraftmaschine **1** und der Detektion der Stellung

von den Kolben in den Zylindern **11** bis **14** ist an der Kurbelwelle **2** ein Zahnrad **3** montiert, das typischerweise 50 bis 100 Zähne und Lücken aufweist. An einer Stelle am Zahnrad **3** ist eine größere Lücke als Synchronmarke ausgebildet. Die Synchronmarke und die Zahn-Lücken-Abfolge detektiert ein Sensor **4** und übermittelt diese erfassten Werte an die Motorsteuerung **5**.

[0030] Um die Brennkraftmaschine **1** zu starten, ist an der Kurbelwelle **2** an dem dem Zahnrad **3** gegenüberliegenden Ende ein Zahnkranz **6** montiert. Der Zahnkranz **6** wird von einer Startvorrichtung **7** beim Starten der Brennkraftmaschine **1** angedreht. Die Startvorrichtung **7** umfasst einen Starter **8** auf dessen Achse ein Starterritzel **9** axial verschiebbar gelagert ist. Das Starterritzel **9** ist mittels eines Starterrelais **10** in den Zahnkranz **6** ein- und ausrückbar. Um einen Start-Stopp-Betrieb ausführen zu können, weist die Startvorrichtung **7** eine Startersteuerung **15** auf. Die Startersteuerung **15** hat einen Mikrocomputer **16** mit einem Programmspeicher **17**. Mittels der Startersteuerung **15** lässt sich das Starterrelais **10** und der Starter **8** separat gezielt ansteuern. Der Mikrocomputer **16** hat ferner einen Zeitgeber **18**. Der Mikrocomputer **16** steht mit der Motorsteuerung **5** über ein Bussystem, beispielsweise über einen CAN-Bus **19**, in Informationskontakt. Die Motorsteuerung **5** ist zum Informationsaustausch mit Aktoren und Sensoren von der Brennkraftmaschine **1** verbunden. Der Sensor **4** steht über ein Bussystem **20** in Informationskontakt mit der Motorsteuerung **5**, um die Aktoren anhand von Werten von Sensoren anzusteuern.

[0031] Der Mikrocomputer **16** führt das zur [Fig. 2](#) beschriebene Verfahren aus, in dem er die Kurbelwellenposition und die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle **2** von der Motorsteuerung **5** übermittelt bekommt.

[0032] Die [Fig. 2](#) zeigt ein Flussdiagramm eines besonders bevorzugten Verfahrens. Im Schritt S1 ist die Brennkraftmaschine **1** gestartet, nachdem vorher die Kurbelwellenposition und die Drehzahl der Kurbelwelle **2** gemessen wurden und an die Motorsteuerung **5** übermittelt worden sind. Die Drehzahl n der Kurbelwelle **2** und die Position der Kurbelwelle **2** wird laufend von einer Sensoreinrichtung, die das Zahnrad **3** und den Sensor **4** umfasst, gemessen. Zur Überprüfung und Korrektur werden diese Informationen an die Motorsteuerung **5** übermittelt.

[0033] Im Schritt S3 erhält die Motorsteuerung **5** ein Ausschaltsignal für einen kurzfristigen Stopp der Brennkraftmaschine **1** aufgrund von Abschaltbedingungen, die entweder über das gleiche Bussystem, einen CAN-Bus **19**, oder über ein separates Bussystem übermittelt werden. Die Abschaltbedingungen ergeben sich beispielsweise aus der Geschwindigkeit des Fahrzeugs und/oder einer Pedalstellung

und/oder Gangwahl des Fahrzeugs.

[0034] Es wird von der Motorsteuerung **5** oder einer anderen Steuerung, die für einen Start-Stopp-Betrieb vorgesehen ist, eine Betriebsstrategie ausgewählt, nach der die Brennkraftmaschine **1** und die Startvorrichtung **7** definiert gesteuert werden, um möglichst schnell eine Verfügbarkeit der Brennkraftmaschine **1** bei einem sich ändernden Betriebswunsch des Fahrers bereitstellen zu können.

[0035] Im Regelfall wird die Brennkraftmaschine nach Erhalt eines Stopp-Signals aufgrund einer Start-Stopp-Betriebsstrategie ausgeschaltet.

[0036] Die Brennkraftmaschine **1** kommt nach Ausschalten, beispielsweise einem Stopp der Kraftstoffzufuhr, nicht sofort zum Stehen, sondern läuft in einer charakteristischen Weise aus. In zündbaren oberen Totpunkten ZOT in den einzelnen Zylindern **11** bis **14**, an die sich ein Arbeitstakt anschließt, stellt sich eine Winkelgeschwindigkeit ein, die die kinetische Energie des Gesamtsystems zu diesem Zeitpunkt charakterisiert.

[0037] Erfindungsgemäß wird in einem Schritt S4 die Winkelgeschwindigkeit in diesen oberen Totpunkten ZOT gemessen und die kinetische Energie errechnet. Gemäß einem Gedanken der Erfindung ist aus der Winkelgeschwindigkeit im Vergleich zu den Winkelgeschwindigkeiten, die sich in einem Zyklus oder mehreren Zyklen früher eingestellt haben, eine Aussage über die in den nächsten Zyklen zu erwartende Winkelgeschwindigkeiten machbar.

[0038] Die Vorhersage der Geschwindigkeit und des Zeitpunkts für den nächsten ZOT erfolgt nach folgendem Verfahren:

Die Winkelgeschwindigkeit ω_n wird im Bereich von vorbestimmten, charakteristischen Positionen der Kurbelwelle **2** bestimmt, die den zündbaren oberen Totpunkten (ZOTs) entsprechen. „n“ steht für den n-ten ZOT-Punkt. Aus zwei ermittelten Werten während des Auslaufs wird der Winkelgeschwindigkeitsgradient bestimmt und somit wird der nächste und auch der für die darauf folgenden ZOTs bestimmt. Dadurch ist eine sehr genaue und sehr präzise Vorhersage machbar, zu welchem Zeitpunkt im Millisekundenbereich und mit welcher Geschwindigkeit die nächsten ZOTs durchlaufen werden.

[0039] Das während des Motorauslaufs entgegen der Rotationsrichtung wirkende Bremsmoment M_{Brems} wird in erster Näherung als konstant angesehen. Das Bremsmoment setzt sich hierbei unter anderem aus inneren Reibmomenten, Wärmeverlusten, Strömungsverlusten und Verlusten aufgrund von mitlaufenden Zusatzaggregaten zusammen.

[0040] Es stellt sich somit eine konstante Winkelbe-

schleunigung α_{Brems} ein. Die Steigung zeigen [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) durch einen linearen Abfall der Drehzahl n von der Brennkraftmaschine über die Zeit. Es wird also angenommen, dass $\omega(t) = \alpha_{\text{Brems}} \cdot t + \omega_0$ mit $\alpha_{\text{Brems}} = \text{const.}$ ist.

[0041] Für den n -ten ZOT gilt dann:

$$\omega_n = \alpha_{\text{Brems}} \cdot t_n + \omega_0$$

$$\alpha_{\text{Brems}} = (\omega_{n-1} - \omega_n) / (t_{n-1} - t_n)$$

[0042] Durch Quadrieren von ω_n kann ein Wert erzeugt werden, der proportional zu der kinetischen Energie zu diesem Zeitpunkt ist. Die Proportionalitätskonstante K entspricht im Wesentlichen dem halben Trägheitsmoment J des Gesamtsystems.

$$E_{\text{rot}} = K \cdot \omega^2 = 1/2 \cdot J \cdot \omega^2$$

[0043] Für die Abnahme der kinetischen Energie von ZOT zu ZOT gilt dann:

$$E_{\text{Brems ZOT zu ZOT}} = M_{\text{Brems}} \cdot \varphi = \text{const.},$$

da $M_{\text{Brems}} = \text{const.}$ und $\varphi_{\text{ZOT zu ZOT}} = \text{const.}$ ($\varphi_{\text{ZOT zu ZOT}}$ ist abhängig von Zylinderanzahl) ist.

$$E_{\text{rot } n} = E_{\text{rot } n-1} - E_{\text{Brems ZOT zu ZOT}}$$

mit Energieäquivalent $E_{\text{Brems ZOT zu ZOT}} = K \cdot E_{\text{Brems ZOT zu ZOT}}$ also gilt: $\omega_n^2 = \omega_{n-1}^2 - \omega_{\text{Brems ZOT zu ZOT}}^2$ gilt $\omega_n^2 = \omega_{n-1}^2 - \omega_{\text{Brems ZOT zu ZOT}}^2$. Über diese Beziehung kann zunächst bei zwei ZOT Durchgängen

$$\omega_{\text{Brems ZOT zu ZOT}}^2 = \omega_{n-1}^2 - \omega_n^2$$

und $\alpha_{\text{Brems}} = (\omega_{n-1} - \omega_n) / (t_{n-1} - t_n)$ bestimmt werden.

[0044] Als Vorhersage für die Geschwindigkeiten in den nächsten ZOTs gilt exemplarisch:

$$\omega_{n+1}^2 = \omega_n^2 - \omega_{\text{Brems ZOT zu ZOT}}^2$$

[0045] Als Vorhersage des Zeitpunkts der nächsten ZOTs gilt exemplarisch:

$$t_{n+1} = (\omega_{n+1} - \omega_n) / \alpha_{\text{Brems}} + t_n$$

[0046] Die [Fig. 4](#) zeigt die typische Lage der ZOT-Werte in einem Zeit-Winkelgeschwindigkeits- bzw. Drehzahl-Diagramm für eine Brennkraftmaschine mit 6-Zylindern.

[0047] Gemäß dem oben beschriebenen Verfahren ist bisher von einem konstanten Geschwindigkeitsgradienten während des Auslaufs der Brennkraftmaschine ausgegangen worden. Bei Brennkraftmaschinen mit mehreren Zylindern ergeben sich Abweichungen, die sehr unterschiedliche Ursachen haben

können. Mögliche Faktoren sind zum einen die, dass sich ein Zylinder von einem anderen in einem unterschiedlichen Kompressions-/Dekompressionsverhalten und/oder unterschiedlichen Wärme- und Strömungsverlusten während der Kompression/Dekompression usw. unterscheidet.

[0048] Deshalb wird in Schritt S5 zusätzlich ein Korrekturfaktor aufgrund von mehreren Zylindern in der Brennkraftmaschine berechnet und daraus die nächsten ZOTs bestimmt.

[0049] Die [Fig. 4](#) zeigt die Winkelgeschwindigkeiten ohne einen Korrekturfaktor von Zylinder zu Zylinder Abweichungen für einen dargestellten 6-Zylinder-Motor mit einer dünnen gezeichneten Geraden N. Der Korrekturfaktor umfasst eine zylinderspezifische Abweichung, die mit der dicker gezeichneten Kennlinie N_k berücksichtigt ist, in dem die Werte für ZOT2 und ZOT4 etwas oberhalb und die Werte für ZOT3 jeweils unterhalb der dünneren Geraden N dargestellt sind.

[0050] Die von Zylinder zu Zylinder auftretenden unterschiedlichen Energieverluste führen dazu, dass sich der Energieinhalt von Zylinder zu Zylinder unterscheidet, der während der Kompressionsphase in der komprimierten Luftsäule gespeichert und dann wieder während der Dekompressionsphase als kinetische Energie abgegeben wird. Abhängig von dem momentan in der Kompression befindlichen Zylinder wird ein zusätzlicher zündfolgespezifischer Korrekturfaktor eingeführt. Dieser berücksichtigt die oben beschriebenen Abweichungen von Zylinder zu Zylinder und führt somit zu einer genaueren Vorhersage für den Zeitpunkt des nächsten Durchgangs durch den ZOT und zu einer genauen Vorhersage für die sich in diesem ZOT einstellende Winkelgeschwindigkeit.

[0051] Der Korrekturfaktor setzt sich aus den Verlusten während der letzten Dekompressionsphase und den Verlusten der nächsten Kompressionsphase zusammen.

[0052] Die ZOTs sollen in der Reihenfolge, wie sie beispielsweise in der [Fig. 5](#) gezeigt sind, also ZOT1, ZOT2, ZOT3, ZOT4, ZOT5 ... ZOTn durchlaufen werden.

[0053] Da die Zündfolge in einem Verbrennungsmotor festgelegt ist, gibt es nur einen Satz von relevanten Dekompressions-/Kompressions-Paarungen, also einer Zündfolgepaarung, die den Energieverlust von ZOT zu ZOT charakterisieren nämlich im folgenden Paarungssatz: (Dekompression 1/Kompression 2), (Dekompression 2/Kompression 3), (Dekompression 3/Kompression 4), (Dekompression 4/Kompression 5), ..., (Dekompression n/Kompression n + 1).

[0054] Dann gilt:

$$E_{ZOT_n+1} = E_{rot_n+1} + E_{Komp_n+1} = E_{rot_n+1} + E_{Komp_n} - E_{Verlust_Paarung(n/n+1)}$$

[0055] Während des Motorauslaufs der Brennkraftmaschine wird das entgegen der Rotationsrichtung wirkende Gesamtmoment, d. h. das Bremsmoment, in erster Näherung als konstant angesehen. Dies stellt die Gerade N aus der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dar. Das Bremsmoment setzt sich zusammen aus inneren Reibmomenten, Wärmeverlusten, Strömungsverlusten und Verlusten aufgrund von mitlaufenden Zusatzaggregaten.

[0056] Es wird im Schritt S5 für die Brennkraftmaschine und für den aktuellen Zustand der Brennkraftmaschine der typische, individuelle Korrekturfaktor für jede einzelne Zündfolgepaarung berücksichtigt. Der typische Korrekturfaktor ist entweder neu berechnet worden oder ist ein „gelernte“ Korrekturfaktor, der während eines Auslaufs der Brennkraftmaschine zu den ZOT-Zeiten gemessenen Geschwindigkeiten über die Zeitachse durch eine linear fallende Linie N gemittelt worden ist. Eine Auswertung der Abweichung der einzelnen Geschwindigkeiten in den jeweiligen ZOTs zur linearisierten Kurve ergibt den Korrekturfaktor für die jeweilige Zündfolgepaarung. Bei sehr kurzen Ausläufen der Brennkraftmaschine werden gegebenenfalls mehrere aufeinander folgende Ausläufe der Brennkraftmaschine analysiert und entsprechend ausgewertet. Eine Mittelung über mehrere Korrekturfaktorbestimmungen erhöht die Genauigkeit der Korrektur.

[0057] Es wird also zu jedem einzelnen Auslauf der Brennkraftmaschine der Winkelgeschwindigkeitsgradient ausgewertet. Es werden somit gegenüber dem Stand der Technik keine Werte aus einem gespeicherten Kennfeld zur Vorhersage der nächsten ZOTs herangezogen, da der Geschwindigkeitsverlauf inhomogen ist und ein breites Toleranzfeld aufweist, so dass sich keine spezifische Aussage ermitteln lässt.

[0058] Außerdem hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, dass die Vorhersagewerte für den Zeitpunkt und der Winkelgeschwindigkeit bei den nächsten ZOT-Durchgängen von sich eventuell plötzlichen oder auch solchen mit langer Zeitkonstante, ändernden äußeren Bedingungen unabhängig sind.

[0059] Die zu messenden und analysierenden Datenmengen in Schritt S4 und S5 sind gering. Trotz des reduzierten Mess- und Rechenaufwands kann eine sehr spezifische und eine sehr genaue Prognose für die Zukunft gemacht werden über den Zeitpunkt der folgenden ZOTs.

[0060] Es ergibt sich somit ein enges Toleranzband, in dem die Vorhersage liegt. Unter anderem deshalb, da der Zustand der Brennkraftmaschine, wie er sich zum Zeitpunkt der Messung und Festlegung von Kor-

rekturprognosen darstellt, jedes Mal neu erfasst wird. Dadurch ist die Prognose hochgenau.

[0061] Erfindungsgemäß wird also eine positionsabhängige Geschwindigkeitsmessung der Kurbelwelle vorgenommen, um eine Prognose für die Zukunft zu machen.

[0062] Hat die Steuerung im Schritt S5 einen bestimmten vorausberechneten Zeitpunkt ermittelt, in dem gleichzeitig mit gleicher Drehzahl das Starterritzel **9** in den Zahnkranz **6** eingespurrt werden kann, so wird im Schritt A1 abgefragt, ob dieser Zeitpunkt erreicht ist. Ist dieser Zeitpunkt noch nicht erreicht, wiederholt die Steuerung die Schritte S4 und S5 und detektiert, berechnet und korrigiert den Geschwindigkeitsverlauf für die nächsten ZOTs im Millisekundenbereich. Ist der vorausberechnete Zeitpunkt erreicht, prüft die Steuerung, ob aufgrund der neuesten Prognose und den sich aktuell einstellenden Drehzahlen der Brennkraftmaschine und der zu erwartenden Drehzahl des Starterritzels eine (Fein-)Korrektur des Einspurzeitpunkts durchgeführt wird. Mit diesem gegebenenfalls korrigierten Einspurzeitpunkt geht die Steuerung in Schritt S6 weiter.

[0063] Im Schritt S6 wird das Starterritzel **9** zu einem vorbestimmten Zeitpunkt vom Starterrelais **10** in axialer Richtung auf der Achse des Starters **8** bewegt und in den Zahnkranz **6** eingespurrt. Der Starter **8** wird je nach Betriebsstrategie entweder vor dem Ausschalten, gleichzeitig mit dem Ausschalten der Brennkraftmaschine **1** oder während der Durchführung der Schritte S4 und S5 gestartet und auf eine Drehzahl n beschleunigt, die von der Steuerung in Schritt S5 bestimmt worden ist. Somit kann das Starterritzel **9** in einem sehr präzisen Toleranzband mit einer annähernden synchronen Drehzahl eingespurrt werden. Das Starterritzel **9** bleibt im Zahnkranz **6** eingespurrt und läuft mit der Brennkraftmaschine **1** aus, solange keine Änderung der Betriebsstrategie vorgesehen ist, bzw. keine Änderung des Betriebswunsches an die Motorsteuerung **5** übermittelt wird.

[0064] Im Schritt S7 prüft die Steuerung entsprechend dem zu den Schritten S4 und S5 beschriebenen Verfahren mit welcher Position die Kurbelwelle zum Stillstand kommen wird.

[0065] In einer darauf folgenden Abfrage A2 wird abgefragt, ob die Kurbelwelle **2** in einer idealen Position zum Stehen kommen wird, um die Brennkraftmaschine **1** möglichst schnell starten zu können, d. h. die Kurbelwelle **2** zu einem ZOT beispielsweise in einem günstigen Winkel von ca. 90° vor dem nächsten ZOT steht. Ist dies der Fall, so kommt das Verfahren in der Steuerung zum Ende.

[0066] Wird in der Abfrage A2 ein ungünstiger Kurbelwellenwinkel zum nächsten ZOT detektiert, bzw.

ist ein Rückpendeln prognostiziert, so wird in Schritt S8 der Starter **8** im Bereich von Millisekunden definiert bestromt, so dass die Kurbelwelle **2** in eine genau definierte Position gebracht wird, um die Brennkraftmaschine **1** möglichst schnell und aus einem idealen Zustand starten zu können. Der Starter **8** fungiert in diesem Schritt S8 zusammen mit der Startersteuerung **8** als Servomotor oder als ein Stellantrieb. Die Position der Kurbelwelle wird weiter erfasst und gegebenenfalls wird der Starter **8** kurzzeitig nochmals bestromt, so dass die Kurbelwelle **2** in einem vorgesehenen Winkel zum nächsten ZOT zum Stillstand kommt. Anschließend kehrt das Verfahren zum Ende. Am Ende wird also nur noch auf einen Startimpuls von der Motorsteuerung **5** zum Starten der Brennkraftmaschine **1** gewartet.

[0067] Die [Fig. 3](#) zeigt wie zur [Fig. 2](#) und zum Schritt S4 und S5 bereits beschrieben eine Kennlinie K_1 der Kurbelwelle **2** mit charakteristischen Positionen im Auslauf einer Brennkraftmaschine **1** nach dem die Brennkraftmaschine **1** beispielsweise ausgeschaltet worden ist. Es ergeben sich an den so genannten ZOTs (ZOT1, ZOT2, ZOT3, ZOT4, ZOT5) jeweils charakteristische Punkte, in denen der Drehzahlverlauf aufgrund des Kompressionsverhaltens vor einer Arbeitsphase der einzelnen Zylinder **11** bis **14** zunächst steiler abfällt. In den ZOTs weist der Drehzahlverlauf lokale Minima bzw. Bereiche mit flacherem Winkelgeschwindigkeitsgradienten auf, aufgrund des Geschwindigkeitszuwachses während der Dekompressionsphase. Mit der linearen Kennlinie N ist der Winkelgeschwindigkeitsgradient über die Zeit t dargestellt.

[0068] Die [Fig. 4](#) zeigt die Lage der ZOT-Werte über einen größeren zeitlichen Bereich als die [Fig. 3](#) einmal ohne die Korrektur von Zylinder zu Zylinder Abweichungen als Kennlinie N und einmal als Kennlinie N_k mit Berücksichtigung des oben beschriebenen Korrekturfaktors.

[0069] Alle Figuren zeigen lediglich schematische nicht maßstabsgerechte Darstellungen. Im Übrigen wird insbesondere auf die zeichnerische Darstellungen für die Erfindung als Wesentlich verwiesen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102006011644 A1 [\[0004\]](#)
- DE 102006039112 A1 [\[0005\]](#)
- DE 102005004326 [\[0006\]](#)
- DE 102005021227 A1 [\[0007\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren einer Steuerung für einen Start-Stopp-Betrieb einer Brennkraftmaschine (1) in einem Kraftfahrzeug zum kurzfristigen Stoppen und Starten der Brennkraftmaschine (1), die von einer elektrischen Maschine als Starter (8) gestartet wird, wobei von einer Detektionseinrichtung die Position und die Drehzahl einer Kurbelwelle (2) während des Betriebs und nach Ausschalten der Brennkraftmaschine (1), insbesondere für einen kurzfristigen Stopp, erfasst wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verlauf der Drehzahl der Kurbelwelle (2) nach Ausschalten der Brennkraftmaschine (1) im Voraus aktiv und neu berechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle (2) der Brennkraftmaschine (1) an charakteristischen, insbesondere wiederkehrenden, Positionen der Kurbelwelle (2) während des Auslaufs erfasst und berechnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Winkelgeschwindigkeit in zündbaren oberen Totpunkten (ZOT) der Kurbelwelle (2) erfasst und berechnet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus mindestens zwei Werten der Winkelgeschwindigkeit von zündbaren oberen Totpunkten (ZOT) mindestens ein dritter Wert für einen folgenden zündbaren oberer Totpunkt (ZOT3) berechnet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein, insbesondere gemittelter, Korrekturfaktor, aus Energieverlusten einer Dekompressionsphase von einem ersten Zylinder und einer Kompressionsphase von einem zweiten Zylinder von der Brennkraftmaschine (1) als Zündfolgepaarung, zur Berechnung der Winkelgeschwindigkeit in zukünftigen oberen Totpunkten berechnet und berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Drehzahlverlauf bei einer hohen Geschwindigkeit mit einer Abtaststrategie durch eine Sensoreinrichtung an der Brennkraftmaschine (1) bei hohen Drehzahlen erfasst und die ermittelten Werte zur Prognose von niedrigen Drehzahlen kurz vor dem Stillstand ausgewertet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle (2) im Voraus berechnet, und daraus eine synchrone Drehzahl für einen hochlaufenden Starter (8) bestimmt und danach ein Starterritzel (9) vom Starter (8) in einen mit sinkender Drehzahl auslaufenden Zahnkranz (6) der Brennkraftma-

schine (1) bei im Wesentlichen synchroner Drehzahl eingespurt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle (2) im Voraus mit im Zahnkranz eingespurten Starterritzel (9) berechnet wird und der Starter (8) in Abhängigkeit einer im Voraus berechneten voraussichtlichen Position eines Stillstands von der Kurbelwelle (2) kurzzeitig dosiert bestrahlt wird, um ein Rückpendeln der Kurbelwelle (2) zu vermeiden und/oder die Kurbelwelle (2) in eine günstigere motortypspezifische Vorzugslage, insbesondere mit einem Winkel bei einem 6 Zylindermotor größer 60°, besonders bevorzugt ca. 80°–100°, ganz besonders bevorzugt von ca. 90°, vor dem nächsten zündbaren oberen Totpunkts (ZOT) zu bewegen.

9. Computerprogrammprodukt, das in einen Programmspeicher (17) mit Programmbefehlen ladbar ist, um alle Schritte eines Verfahrens nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 8 auszuführen, wenn das Programm in einer Steuerung ausgeführt wird.

10. Steuerung für einen Start-Stopp-Betrieb einer Brennkraftmaschine (1) in einem Fahrzeug zum kurzfristigen Stoppen und Starten der Brennkraftmaschine (1), wobei die Brennkraftmaschine (1) mittels einer elektrischen Maschine als Starter (2) startbar ist, wobei die Steuerung einen Mikrocomputer (16) mit einem Programmspeicher (17) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Mikrocomputer (16) als Erfassungs-, Auswerte- und Steuereinrichtung ausgebildet ist, um eine Startvorrichtung definiert anzusteuern, wobei insbesondere in den Programmspeicher (17) ein Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 9 ladbar ist, um besonders bevorzugt das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 auszuführen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

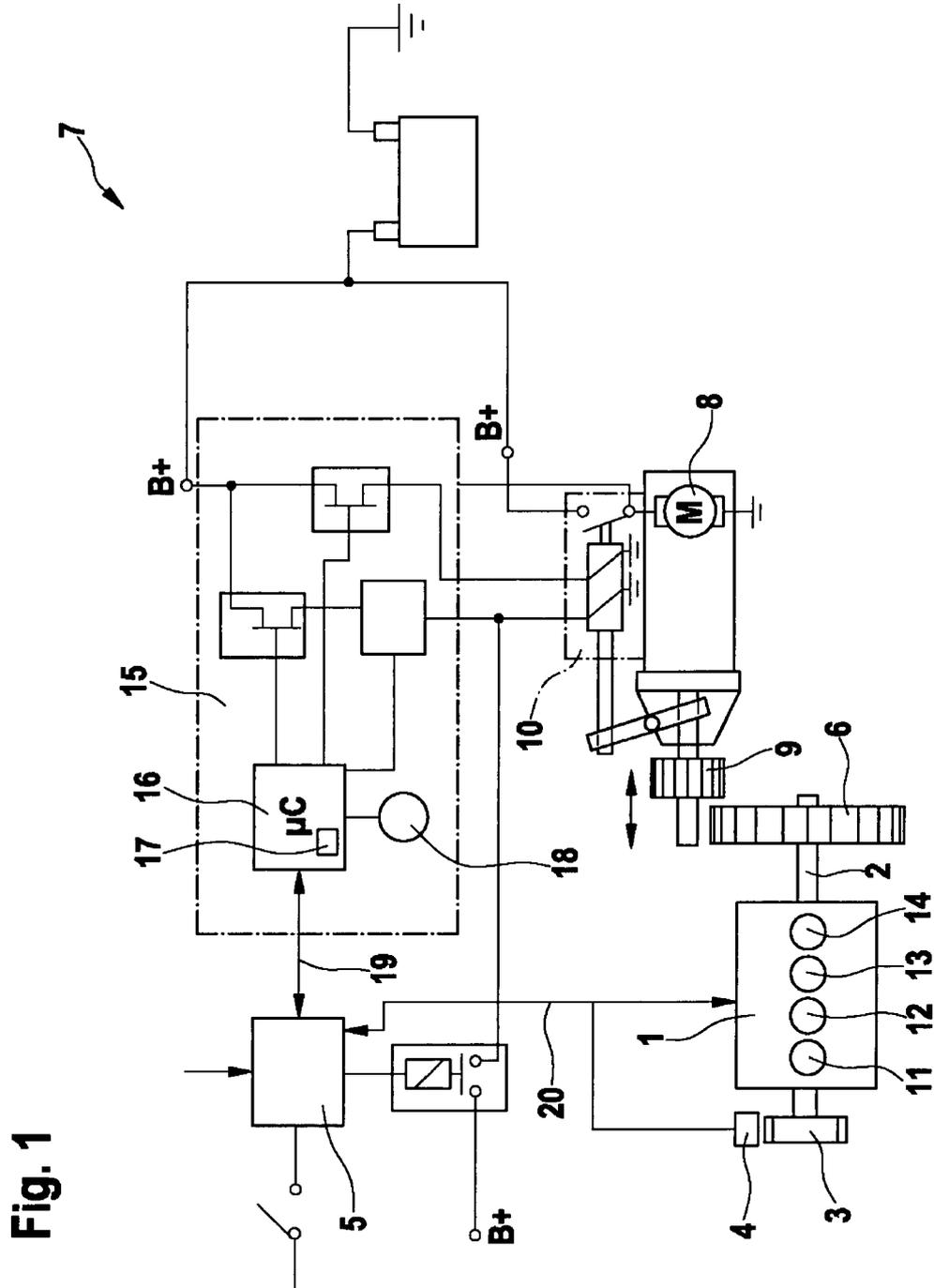


Fig. 1

Fig. 2

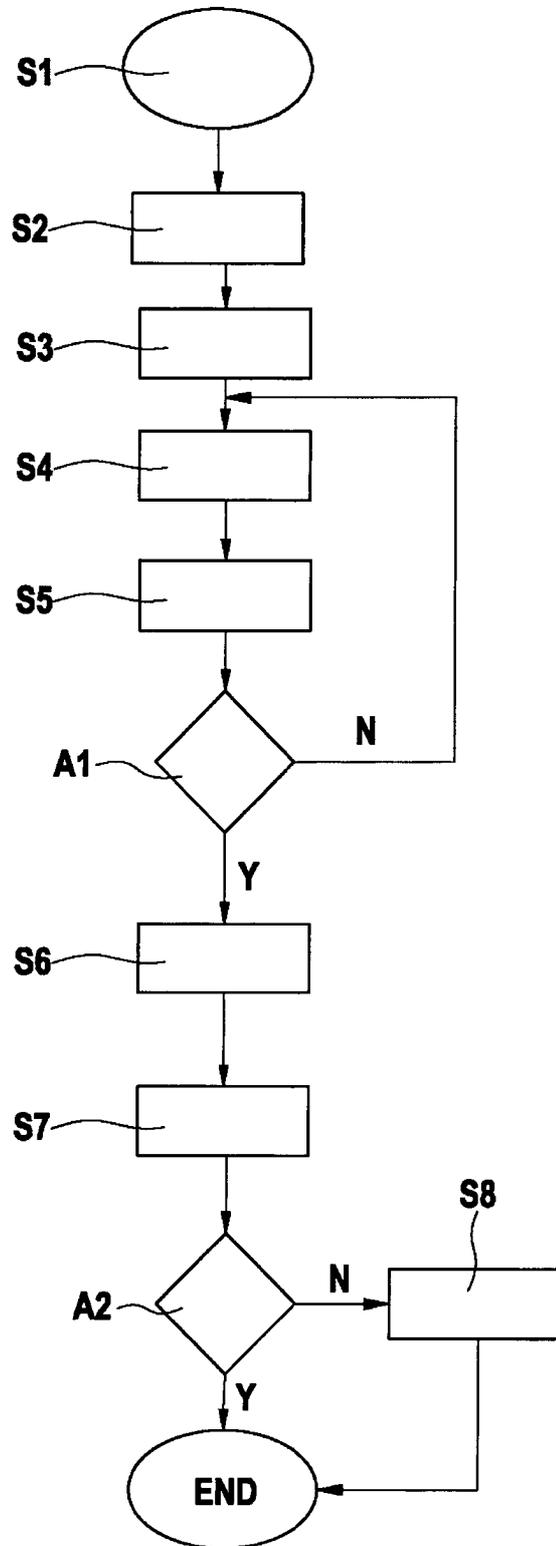


Fig. 3

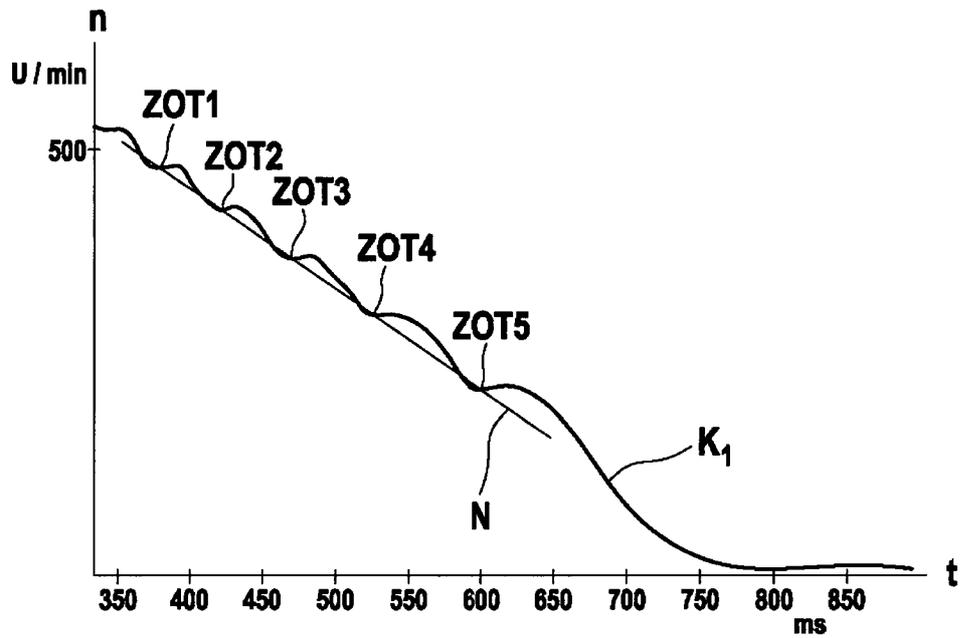


Fig. 4

