



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 985 814 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.10.2004 Patentblatt 2004/43

(51) Int Cl.7: **F02D 41/20**

(21) Anmeldenummer: **99107944.3**

(22) Anmeldetag: **22.04.1999**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung wenigstens eines Magnetventils**

Method and apparatus for controlling at least one electromagnetic valve

Méthode et dispositif pour commander au moins une soupape électromagnétique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **28.07.1998 DE 19833830**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.03.2000 Patentblatt 2000/11

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:

- **Hoenig, Guenter
71254 Ditzingen (DE)**
- **Mentgen, Dirk
71701 Schwieberdingen (DE)**
- **Herrmann, Bernd
74343 Sachsenheim (DE)**

- **Eichendorf, Andreas Dr.
73614 Schorndorf (DE)**
- **Bochum, Hansjoerg Dr.
70771 Leinfelden (DE)**
- **Pischke, Ulf
70563 Stuttgart (DE)**
- **Eckhardt, Juergen
71706 Markgroeningen (DE)**
- **Gantenbein, Reinhard
74372 Sersheim (DE)**
- **Ulm, Jürgen
71735 Eberdingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 305 344	EP-A- 0 849 461
US-A- 4 173 030	US-A- 4 355 619
US-A- 4 729 056	US-A- 5 839 412

EP 0 985 814 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung wenigstens eines Magnetventils gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

[0002] Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung wenigstens eines Magnetventils sind aus der DE 195 39 071 bekannt. Dort wird eine Vorrichtung zur Ansteuerung wenigstens eines Magnetventils beschrieben. Das Magnetventil wird zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in eine Brennkraftmaschine eingesetzt. Zum beschleunigten Einschalten wird die an einem Booster-Kondensator anliegende Spannung an den Verbraucher angelegt. Dies bedeutet dass zu Beginn der Ansteuerung der Verbraucher mit einer gegenüber der weiteren Ansteuerung verwendeten Spannung erhöhten Spannung beaufschlagt wird.

[0003] Aus der US 4355619-A bzw. der US 4173030-A sind Ansteuerungen eines Magnetventils bekannt, das zur Steuerung der Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkraftmaschine dient. Zu Beginn der Ansteuerung wird das Magnetventil mit einer erhöhten Spannung beaufschlagt. Die Dauer während der die erhöhte Spannung anliegt ist abhängig von der Batteriespannung vorgebar.

[0004] Aufgrund der hohen Boosterspannung und der dem Booster-Kondensator bei der Einspritzung entnommenen Energie treten sehr hohe Verlustleistungen in der Endstufe auf. Dies beruht insbesondere darauf, dass die Spannung mit einem verlustbehafteten DC/DC-Wandler erzeugt wird. Kleinere Boosterspannungen haben geringere Boosterströme, kürzere Boosterzeiten, eine kleinere Verlustleistung aber auch längere Schaltzeiten des Magnetventils zur Folge.

Aufgabe der Erfindung

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Ansteuerung eines Magnetventils die Verlustleistung zu verringern, wobei gleichzeitig die Auswirkung der Schaltzeitverlängerung möglichst gering gehalten wird. Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Vorteile der Erfindung

[0006] Dadurch, dass zur Beginn der Ansteuerung die Energie oder die Leistung abhängig vom Betriebszustand beeinflussbar ist, kann die Verlustleistung erheblich reduziert werden, wobei die Auswirkungen der dadurch erhöhten Schaltzeiten gering sind. Die Beeinflussung der Energie oder der Leistung erfolgt vorzugsweise über eine oder mehrere der Größen Boosterspannung, Boosterstrom oder Boosterzeit, Insbesondere

durch die Absenkung der Boosterspannung und/oder des Boosterstroms und/oder der Boosterzeit in bestimmten Betriebszuständen wird die Verlustleistung reduziert.

[0007] In Betriebszuständen, in denen kurze Schaltzeiten benötigt werden, können diese aufgrund der betriebskenngrößenabhängigen Vorgabe der Einschaltbedingungen, das heißt der Energie oder der Leistung, mit der das Magnetventil beaufschlagt wird, erreicht werden. Auch können in bestimmten Betriebszuständen kürzere Zeitabstände zwischen zwei Einspritzungen erzielt werden. Desweiteren kann die Verlustleistung, die im Steuergerät entsteht, verringert werden. Dadurch ist eine leichtere Integration der Endstufe und des Steuergeräts in einem Gehäuse möglich. Desweiteren kann der eingesetzte DC-DC/Wandler leistungsschwächer dimensioniert werden. Dadurch ergeben sich erhebliche Kosteneinsparungen. Ferner verringert sich die benötigte Leistung, die von der Spannungsversorgung bereitgestellt werden muss.

[0008] Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

25 Zeichnung

[0009] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert. Es zeigen Figur 1 wesentliche Elemente der erfindungsgemäßen Vorrichtung, Figur 2 verschiedene über der Zeit t aufgetragene Signale, Figur 3 ein Detail der Steuerung und Figur 4 verschiedene Ausführungsformen als Flußdiagramme dargestellt.

35 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0010] Die erfindungsgemäße Einrichtung wird bevorzugt bei Brennkraftmaschinen eingesetzt. Dort wird die Kraftstoffzumessung mittels elektromagnetischer Ventile gesteuert. Diese elektromagnetischen Ventile werden im folgenden auch als Verbraucher bezeichnet.

[0011] In Figur 1 sind die wesentlichsten Elemente der erfindungsgemäßen Einrichtung dargestellt. Bei der dargestellten Ausführungsform handelt es sich um eine Vierzylinderbrennkraftmaschine. Hierbei ist jedem Verbraucher ein Einspritzventil und jedem Einspritzventil ein Zylinder der Brennkraftmaschine zugeordnet. Bei höheren Zylinderzahlen der Brennkraftmaschine sind entsprechend mehr Ventile, Schaltmittel und Dioden vorzusehen.

[0012] Mit 100, 101, 102 und 103 sind vier Verbraucher dargestellt. Jeweils ein Anschluß der Verbraucher 100 bis 103 steht über ein gemeinsames Schaltmittel 115, eine Diode 110 und einem Meßmittel 125 mit einer Spannungsversorgung 105 in Verbindung.

[0013] Die Diode 110 ist so angeordnet, daß sie mit ihrer Anode mit dem Schaltmittel 115 und mit ihrer Kathode mit den Verbrauchern (100 bis 103) in Verbindung

steht. Bei dem Schaltmittel 115 handelt es sich vorzugsweise um einen Feldeffekttransistor.

[0014] Jeweils der zweite Anschluß der Verbraucher 100 bis 103 stehen über jeweils ein zweites Schaltmittel 120, 121, 122 und 123 mit einem Widerstandsmittel 125 in Verbindung. Bei dem Schaltmittel 120 bis 123 handelt es sich ebenfalls vorzugsweise um Feldeffekttransistoren. Die Schaltmittel 120 bis 123 werden als Low-Side-Schalter und das Schaltmittel 115 als Highside-Schalter bezeichnet. Der zweite Anschluß des Widerstandsmittels 125 steht mit dem zweiten Anschluß der Spannungsversorgung in Verbindung.

[0015] Jedem Verbraucher 100 bis 103 ist eine Diode 130, 131, 132 und 133 zugeordnet. Der Anodenanschluß der Dioden steht jeweils mit dem Verbindungspunkt zwischen Verbraucher und Low-Side-Schalter in Kontakt. Der Kathodenanschluß steht mit einem Kondensator 145 sowie einem weiteren Schaltmittel 140 in Verbindung. Der zweite Anschluß des Schaltmittels 140 steht über eine Diode 142 mit den ersten Anschlüssen der Verbraucher 100 bis 103 in Kontakt. Bei dem Schaltmittel 140 handelt es sich ebenfalls vorzugsweise um einen Feldeffekttransistor. Dieses Schaltmittel 140 wird auch als Booster-Schalter bezeichnet. Der zweite Anschluß des Kondensators 145 steht ebenfalls mit dem zweiten Anschluß der Versorgungsspannung 105 in Verbindung.

[0016] Der Highside-Schalter 115 wird von einer Steuereinheit 160 mit einem Ansteuersignal AH beaufschlagt. Das Schaltmittel 120 wird von der Steuereinheit 160 mit einem Ansteuersignal AL1, das Schaltmittel 121 mit einem Ansteuersignal AL2, das Schaltmittel 122 mit einem Ansteuersignal AL3, das Schaltmittel 123 mit einem Ansteuersignal AL4 und das Schaltmittel 140 mit einem Ansteuersignal AC beaufschlagt. Der Steuereinheit 160 wird die am Kondensator 145 anliegende Spannung zugeleitet. Ferner wertet die Steuereinheit 160 die durch die Verbraucher fließenden Ströme aus. Hierzu werden die Spannungswerte USH0 und USH erfaßt.

[0017] Zwischen dem zweiten Anschluß der Spannungsversorgung 105 und dem Verbindungspunkt zwischen der Diode 110 und den ersten Anschlüssen der Verbraucher 100 bis 103 ist eine Diode 150 geschaltet. Hierbei ist die Anode der Diode mit dem zweiten Anschluß der Spannungsversorgung 105 verbunden.

[0018] Mittels des Widerstandes 125 kann der durch den Verbraucher fließende Strom ermittelt werden.

[0019] Mit der dargestellten Anordnung ist eine Strommessung über den Strommeßwiderstand 125 nur möglich, wenn eines der Schaltmittel 120 bis 123 und einer der High-Side-Schalter (115, 140) geschlossen ist oder der Verbraucher über die Diode 150 und eines der Schaltmittel 120 bis 123 im Freilauf ist. Um den Strom auch bei geöffneten Low-Side-Schaltern erfassen zu können, kann der Strommeßwiderstand auch an anderer Stelle angeordnet werden. Beispielsweise kann der zweite Anschluß des Kondensators 145 mit dem Verbindungspunkt zwischen dem Strommeßmittel 125 und

dem Schaltmittel 120 bis 123 verbunden werden. In diesem Fall ist auch eine Strommessung bei gesperrtem Low-Side-Schalter möglich. Ferner kann das Strommeßmittel zwischen der Spannungsversorgung und dem Highside-Schalter bzw. Im ersten oder zweiten Anschluß der Verbraucher angeordnet sein.

[0020] Anstelle des Widerstands 125 bzw. zusätzlich zu dem Widerstand 125 kann ein weiterer Widerstand 126 zwischen dem ersten Anschluß der Spannungsversorgung 105 und dem High-Side-Schalter 115 angeordnet sein. Mit diesem Widerstand 126 kann ebenfalls eine Strommessung erfolgen.

[0021] Der Verbindungspunkt zwischen dem Schaltmittel 140 und dem Kondensator 145 steht mit Kathode einer weiteren Diode 180 in Kontakt. Die Anode der Diode 180 steht mit dem Verbindungspunkt zwischen einer Induktivität 170 und einem weiteren Schaltmittel 175 in Verbindung. Das Schaltmittel 175 wird auch als Ladeschalter bezeichnet. Ein zweiter Anschluß des weiteren Schaltmittels steht mit dem zweiten Anschluß des Kondensators 145 bzw. mit dem zweiten Anschluß der Versorgungsspannung 105 in Verbindung. Die Induktivität 170 steht ferner mit dem ersten Anschluß der Versorgungsspannung in Verbindung.

[0022] Die Induktivität 170, der Ladeschalter 175 und die Diode 180 bilden einen Spannungswandler. Anstelle dieser Elemente kann auch eine andere Ausgestaltung eines Spannungswandlers, insbesondere eines DC/DC Gleichspannungswandlers eingesetzt werden. Der Ladeschalter wird ebenfalls von der Steuereinheit 160 mit einem Ansteuersignal AS beaufschlagt.

[0023] In jedem Zumeßzyklus werden verschiedene Phasen unterschieden. In einer Phase 0, vor dem Zeitpunkt t1, der vor der Ansteuerung des Verbrauchers liegt, ist die Endstufe abgeschaltet. Die Ansteuersignale AC, AH und AL befinden sich auf niederem Potential. Dies bedeutet, daß der Highside-Schalter 115, die Low-Side-Schalter 120 bis 123 und der Boosterschalter 140 den Stromfluß sperren. Durch die Verbraucher fließt kein Strom. Der Kondensator 145 ist auf seine maximale Spannung UC aufgeladen, die vorzugsweise höher als die Versorgungsspannung Ubat ist. Diese nimmt beispielsweise einen Wert von ca. 80 Volt an, wohingegen die Spannung der Spannungsversorgung einen Wert von ca. 12 V annimmt.

[0024] In einer ersten Phase zwischen den Zeitpunkten t1 und t2, die unmittelbar vor der eigentlichen Ansteuerung liegt und als Vorbestromungsphase bezeichnet wird, verbleibt das Ansteuersignal AC für den Boosterschalter 140 auf seinem Pegel, so daß der Schalter 140 weiter sperrt. Die Ansteuersignale AH und AL für den Highside-Schalter 115 und dem Verbraucher zugeordneten Low-Side-Schalter werden auf hohen Pegel gesetzt, damit diese Schalter den Stromfluß freigeben. Somit fließt ein Strom von der Spannungsversorgung 105, den Highside-Schalter 115 über die Diode 110, den Verbraucher, den entsprechenden Low-Side-Schalter, den Strommeßwiderstand 125 zurück zur Spannungs-

quelle 105. Durch Antakten des High-Side-Schalters wird der Strom, der mittels des Strommeßwiderstandes 125 erfaßt wird, auf einen vorgebbaren Wert für den Vorbestromungsstrom IV geregelt. Das heißt, bei Erreichen des Sollstroms IV für den Anzugsstrom wird der High-side-Schalter 115 so angesteuert, daß er sperrt. Bei Unterschreiten einer weiteren Schwelle wird er wieder freigegeben.

[0025] Der Sollwert für den Vorbestromungsstrom IV ist gewählt, daß sich im Verbraucher ein Magnetfeld aufbaut, das aber noch nicht zum Schalten des Verbrauchers ausreicht.

[0026] Bei gesperrten Highside-Schalter 115 wirkt ein Freilaufkreis. Der Strom fließt vom Verbraucher durch den Low-Side-Schalter, den Widerstand 125 und die Freilaufdiode 150.

[0027] Die erste Phase endet, mit der eigentlichen Ansteuerung des Verbrauchers zum Zeitpunkt t2. Eine zweite Phase ist durch die Zeitpunkte t2 und t3 definiert. Die Dauer der zweiten Phase wird auch als Boosterzeit bezeichnet. Die zweite Phase liegt zu Beginn der Ansteuerung und wird auch als Boosterphase bezeichnet. In dieser Phase wird der Low-Side-Schalter angesteuert, der dem Verbraucher zugeordnet ist, der Kraftstoff zumessen soll. Dies bedeutet, daß in der Phase 1 das Signal AL einen hohen Pegel annimmt. Gleichzeitig nimmt das Ansteuersignal AC für den Boosterschalter 140 einen hohen Pegel an, das den Schalter 140 durchsteuert. Die Stellung des High-Side-Schalters ist ohne Bedeutung. In der Regel wird der Highside-Schalter 115 nicht angesteuert, dieser sperrt in der zweiten Phase.

[0028] Diese Ansteuerung der Schaltmittel bewirkt, daß vom Kondensator 145 über den Boosterschalter 140, den entsprechenden Verbraucher, den dem Verbraucher zugeordneten Low-Side-Schalter und das Strommeßmittel 125 ein Strom fließt, der auch als Boosterstrom bezeichnet wird. In dieser Phase steigt der Strom I bedingt durch die hohe Spannung am Verbraucher sehr schnell an. Zu Beginn der eigentlichen Ansteuerung wird der Verbraucher mit einer erhöhten Spannung beaufschlagt, die wesentlich größer als die Versorgungsspannung ist. Diese Spannung wird auch als Boosterspannung bezeichnet. Die Versorgungsspannung nimmt üblicherweise Werte um 12 oder 24 Volt und die erhöhte Spannung Werte von ca. 40 bis 90 Volt an. Die zweite Phase endet, wenn die am Kondensator 145 anliegende Spannung einen bestimmten Wert U2 unterschreitet, oder der Strom im Verbraucher einen definierten Wert erreicht hat.

[0029] Eine dritte Phase, die durch die Zeitpunkte t3 und t4 definiert ist, wird als Anzugsstromphase bezeichnet. In dieser Phase wird der Einschaltstrom von dem Highside-Schalter 115 übernommen und der Booster inaktiviert. In der dritten Phase wird das Ansteuersignal für den Boosterschalter 140 zurückgenommen, so daß der Schalter 140 sperrt. Die Ansteuersignale AH und AL für den Highside-Schalter 115 und dem Verbraucher zugeordneten Low-Side-Schalter werden auf hohen Pegel

gesetzt, damit diese Schalter den Stromfluß freigeben. Somit fließt ein Strom von der Spannungsversorgung 105 über den Highside-Schalter 115, die Diode 110, den Verbraucher, den entsprechenden Low-Side-Schalter, den Strommeßwiderstand 125 zurück zur Spannungsquelle 105. Durch Antakten des High-Side-Schalters kann der Strom, der mittels des Strommeßwiderstandes 125 erfaßt wird, auf einen vorgebbaren Wert für den Anzugsstrom IA geregelt werden. Das heißt, bei Erreichen des Sollstroms IA für den Anzugsstrom wird der High-side-Schalter 115 so angesteuert, daß er sperrt. Bei Unterschreiten einer weiteren Schwelle wird er wieder freigegeben.

[0030] Bei gesperrten Highside-Schalter 115 wirkt ein Freilaufkreis. Der Strom fließt vom Verbraucher durch den Low-Side-Schalter, den Widerstand 125 und die Freilaufdiode 150.

[0031] Die dritte Phase endet, wenn von der Steuereinheit 160 das Ende der Anzugsphase erkannt wird. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn eine bestimmte Anzugszeit abgelaufen ist oder wenn eine Schaltzeitpunktterkennung erkennt, daß der Magnetventilanker seine neue Endlage erreicht hat. Erkennt die Schaltzeitpunktterkennung nicht innerhalb einer vorgegeben Zeit, daß der Magnetventilanker seine neue Endlage erreicht hat, so wird auf Fehler erkannt.

[0032] An die dritte Phase schließt sich eine vierte Phase an, die durch die Zeitpunkte t4 und t5 definiert ist, und auch als Haltestromregelung bezeichnet wird. Entsprechend wie in der dritten Phase bleibt das Ansteuersignal für den Low-Side-Schalter auf seinem hohen Niveau, das heißt der dem Verbraucher zugeordnete Low-Side-Schalter bleibt geschlossen. Durch Öffnen und Schließen des High-Side-Schalters 115 wird der Strom, der durch den Verbraucher fließt, auf den Sollwert IH für den Haltestrom eingeregelt. Bei gesperrten Highside-Schalter 115 wirkt ein Freilaufkreis. Der Strom fließt vom Verbraucher durch den Low-Side-Schalter, den Widerstand 125 und die Freilaufdiode 150. Die Phase 4 ist beendet, wenn der Einspritzvorgang abgeschlossen ist. Der Sollwert IH für den Haltestrom ist so gewählt, daß er möglichst klein ist aber ausreichend um den Verbraucher in seiner Stellung zu halten.

[0033] Insbesondere beim Abschalten des Verbrauchers zum Zeitpunkt t5 erfolgt eine Schnelllöschung. Beim Übergang zwischen dem Anzugsstroms in der Phase 3 und dem Haltestrom in Phase 4 kann ebenfalls eine Schnelllöschung erfolgen. Bei der Schnelllöschung wird der entsprechende Low-Side-Schalter abgeschaltet und der Highside-Schalter 115 bleibt durchgesteuert. Dadurch fällt der Strom, der durch den Verbraucher fließt, schnell auf den Wert Null ab. Gleichzeitig steigt die Spannung U, die am Kondensator 145 anliegt an. Die beim Abschalten freiwerdende Energie wird dabei in den Kondensator 145 umgeladen.

[0034] Bei einer weiteren Ausführungsform der Schnelllöschung wird der High-Side-Schalter und der Low-Side-Schalter gesperrt.

[0035] In den Phasen zwei und drei erfolgt eine Stromregelung durch Antakten des High-Side-Schalters. Bei gesperrtem Highside-Schalter ist die Freilaufdiode 150 aktiv. In diesen Phasen fällt der Strom langsam ab. Dies führt zu einer geringeren Schaltfrequenz.

[0036] In einer fünften Phase zwischen den Zeitpunkten t_5 und t_6 , ist die Endstufe inaktiv, das heißt, es erfolgt keine Kraftstoffzumessung. Dies bedeutet, das Ansteuersignal AC für den Booster-Schalter 140, das Ansteuersignal AH für den Highside-Schalter und das Ansteuersignal AL für die Low-Side-Schalter nehmen alle niedriges Niveau an und alle Schalter sperren. Der Strom, der durch den Verbraucher fließt, bleibt auf 0.

[0037] In einer sechsten Phase nach der Ansteuerung, die durch die Zeitpunkte t_6 und t_7 definiert und auch als Ladephase bezeichnet ist, wird der Ladeschalter 175 durch das Ansteuersignal AS in seinen leitenden Zustand gebracht. Dadurch wird ein Stromfluß in der Induktivität 170 initialisiert. Der Strom fließt von der Spannungsquelle 105 über den Schalter 175 und die Induktivität 170 in die Spannungsquelle 105. Nach einer vorgegebenen Zeit, die so gewählt ist, daß in die Induktivität ausreichend Energie eingespeichert ist, wird der Lade-Schalter so angesteuert, daß er öffnet. Dies bewirkt wiederum eine Schnelllöschung der Induktivität 170 über die Diode 180 in den Kondensator 145. Dadurch steigt die am Kondensator 145 anliegende Spannung an. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die Spannung am Kondensator 145 einen vorgegebenen Wert U_1 erreicht. Alternativ kann auch vorgesehen sein, das eine vorgegebene Anzahl von Ansteuerung erfolgt oder daß der Ladeschalter 175 für eine vorgegebene Zeitdauer mit einem getakteten Signal mit vorgegebener Frequenz und Tastverhältnis angesteuert wird.

[0038] Der DC/DC-Wandler kann, da er zur Nachladung keine Verbraucher verwendet, jederzeit den Kondensator nachladen.

[0039] Vorzugsweise ist aber vorgesehen, daß in der Boosterphase und der Anzugsphase, das heißt zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_4 , ist der DC/DC-Wandler nicht aktiv, da ansonsten sehr hohe Stromwerte auftreten können, die von der Versorgungsspannung 105 bereitgestellt sind.

[0040] In der sich anschließenden siebten Phase zwischen den Zeitpunkten t_7 und t_8 , werden alle Ansteuersignale zurückgenommen und alle Schalter in ihrem gesperrten Zustand gebracht. Diese Phase entspricht der Phase 0.

[0041] Bei einer Ausgestaltung der Erfindung kann auch vorgesehen sein, daß die beim Abschalten freierwerdende Energie nicht in den Kondensator umgeladen wird, wobei dieser dann lediglich durch den Spannungswandler geladen wird.

[0042] Im folgenden wird die erfindungsgemäße Vorgehensweise am Beispiel der Boosterspannung beschrieben. Entsprechend kann an Stelle der Boosterspannung der Boosterstrom und/oder die Boosterzeit verwendet werden.

[0043] In Figur 3 sind einzelne Elemente der Steuereinheit detaillierter dargestellt. Bereits in Figur 1 beschriebene Elemente sind mit entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet.

[0044] Eine Sollwertvorgabe 300 beaufschlagt einen Vergleichler 310 mit einem Signal U_1 . Am zweiten Eingang des Vergleichlers liegt das Ausgangssignal UC eines A/D-Wandlers 315, der die Spannung, die am Booster-Kondensator anliegt, in ein entsprechendes Signal UC umwandelt. Der Vergleichler 310 beaufschlagt die Ladesteuerung 320 mit einem Signal. Die Ladesteuerung 320 steuert entsprechend den Lade-Schalter 175 an. Der Sollwert U_1 und/oder das Signal UC werden von einer Korrekturereinrichtung 330 verarbeitet. Diese liefert ein Signal an die Zeitsteuerung 340, die die Low-Side-Schalter, den High-Side-Schalter und den Booster-Schalter ansteuert.

[0045] Die Funktionsweise dieser Einrichtung wird im folgenden anhand der Figur 4 beschrieben. Bei einer ersten Ausführungsform, die in Figur 4a dargestellt ist, wird in einer ersten Abfrage 200 überprüft, ob bestimmte Betriebszustände vorliegen, in denen auch eine kleine Boosterspannung ausreichend ist. Liegt ein solcher Betriebszustand nicht vor, so wird in Schritt 205 von der Sollwertvorgabe 300 der Wert U_1 für die Boosterspannung auf einen großen Wert UCG gesetzt, der in der Größenordnung von ca. 70 bis 90 Volt liegt. Liegt ein solcher Zustand vor, bei denen eine kleine Boosterspannung ausreichend ist, wird in Schritt 210 ein Wert für die Boosterspannung USK vorgegeben, der im Bereich von 40 bis 70 Volt liegt. Anschließend werden in Schritt 215 von der Korrekturereinrichtung 330 die Zeitgrößen, die den Einspritzbeginn und das Einspritzende bestimmen, als Funktion von der kleineren Boosterspannung UCK korrigiert.

[0046] Der Lade-Schalter 175 wird solange entsprechend der sechsten Phase angesteuert, bis der Vergleichler erkennt, daß der entsprechende Wert der Boosterspannung erreicht ist. Wenn in Schritt 220 die Boosterspannung erreicht ist bzw. die vorgegebenen Zeitpunkte t_1 bis t_5 erreicht sind, werden im Schritt 220 die Schaltmittel entsprechend angesteuert.

[0047] Kleinere Boosterspannungen werden vorzugsweise gewählt, wenn sich eine direkteinspritzende Benzinbrennkraftmaschine im sogenannten Homogenbetrieb befindet. Im sogenannten Schichtbetrieb dagegen werden großen Werte UCG der Boosterspannung verwendet. Die verlängerten Schaltzeiten aufgrund der kleineren Boosterspannung wird im Homogenbetrieb durch Korrektur der Einspritzzeit und/oder des sogenannten Vorlagerungswinkels in Schritt 215 korrigiert. Durch diese Maßnahme ergibt sich im Homogenbetrieb eine wesentliche Reduzierung der Verlustleistung der Endstufe. Alternativ oder ergänzend zum Homogenbetrieb kann die Umschaltung zu kleineren Boosterspannungen auch bei Vollast, bei Übersteigen einer bestimmten Drehzahlschwelle oder bei Überschreiten einer bestimmten Einspritzdauer oder bei Absenken des

Kraftstoffdrucks erfolgen.

[0048] Im Schichtbetrieb werden hohe Boosterspannungen vorgegeben, um kurze Schaltzeiten zu gewährleisten.

[0049] Die Unterscheidung zwischen Homogenbetrieb und Schichtbetrieb erfolgt insbesondere bei Benzinbrennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung von Kraftstoff. Die Umschaltung zwischen Homogen und Schichtbetrieb erfolgt abhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine. Dabei werden vorzugsweise die Last und die Drehzahl der Brennkraftmaschine berücksichtigt.

[0050] Der Homogenbetrieb entspricht weitestgehend dem Betrieb einer üblichen fremdgezündeten Brennkraftmaschine. Im Schichtbetrieb wird der Kraftstoff mit erhöhtem Druck eingespritzt, dabei ergibt sich eine nichthomogene Verteilung der Kraftstoffkonzentration im Brennraum. Der Beginn und die Dauer der Einspritzung besitzen einen großen Einfluß auf die Verbrennung. Häufig wird die Einspritzung in mehrere Teileinspritzungen aufgeteilt.

[0051] Erfindungsgemäß wird in geeigneten Betriebspunkten, beispielsweise im Homogenbetrieb die Spannung am Booster-Kondensator durch Umschalten abgesenkt, um dadurch die maximale Verlustleistung der Endstufe zu reduzieren. Im Schichtbetrieb wird die Boosterspannung wieder erhöht, um die erforderlichen kurzen Einspritzzeiten zu erzielen.

[0052] Eine weitere Ausgestaltung ist in Figur 4b dargestellt. In einem ersten Schritt 230 gibt die Sollwertvorgabe 300 die Boosterspannung U_1 als Funktion F einer Betriebskenngröße H vor. Vorzugsweise wird die Boosterspannung U_1 aus einem Kennfeld abhängig von verschiedenen Betriebskenngrößen ausgelesen. Besonders vorteilhaft ist es wenn die Boosterspannung abhängig von einer oder mehreren der Größen Drehzahl der Brennkraftmaschine, Motormoment, Dauer der Ansteuerung, Kraftstoffdruck, Temperatur, Versorgungsspannung vorgebar ist.

[0053] Die sich anschließende Abfrage 235 überprüft, ob die Spannung U_C , die am Booster-Kondensator anliegt, größer als der Schwellwert U_1 ist. Ist dies nicht der Fall, so wird in Schritt 236 der Kondensator weiter geladen. Erkennt die Abfrage 235, daß die Spannung U_C am Booster-Kondensator größer als der Schwellwert U_1 ist, so erfolgt in Schritt 240 die Einspritzung, wobei die Schaltmittel zu den vorgegebenen Zeiten t_1 bis t_5 angesteuert werden.

[0054] Besonders vorteilhaft ist es, wenn vor der Ansteuerung die Zeiten, bei denen die Magnetventile angesteuert werden, entsprechend wie in Schritt 215 vor der Ansteuerung im Schritt 242 als Funktion der vorgegebenen Boosterspannung U_1 korrigiert werden.

[0055] Als Betriebskenngrößen in Schritt 330 werden insbesondere die Drehzahl und/oder die Einspritzdauer berücksichtigt. Erfindungsgemäß kann der Wert auch abhängig davon vorgegeben werden, ob die Brennkraftmaschine sich im Homogen- oder im Schichtbetrieb be-

findet.

[0056] Diese Vorgehensweise ist besonders vorteilhaft, wenn die Zeitabstände zwischen zwei Einspritzungen und/oder zwischen zwei Teileinspritzungen einer Einspritzung in bestimmten Betriebszuständen sehr kleinen Werte annehmen. Solche Betriebszustände liegen beispielsweise bei hoher Drehzahl beim Umschalten in den homogenen Betrieb nach geschichtetem Betrieb und bei Doppel- und Mehrfacheinspritzungen vor. In diesen Zuständen ist für die Aufladung des Booster-Kondensators auf den definierten Spannungswert ein Mindestzeitabstand zwischen zwei Einspritzungen erforderlich. Diese Zeit ist so zu bemessen, daß der verwendete DC-DC/Wandler auch unter ungünstigsten Bedingungen den Booster-Kondensator auf den definierten Spannungswert aufladen kann. Durch Vorgabe der Boosterspannung kann der zeitliche Abstand für das Aufladen verkürzt werden, wenn die Aufladezeit auf den maximalen Wert der Boosterspannung in diesen Betriebszuständen nicht mehr einzuhalten ist.

[0057] Erfindungsgemäß wird deshalb wie in Figur 4b dargestellt, die Boosterspannung abhängig von Betriebszustand vorgegeben. Damit werden kürzere Aufladezeiten und damit kürzere Zeitabstände zwischen zwei Einspritzungen erreicht. Die Spannungswerte des Booster-Kondensators sind hierbei definiert. Die aus der niederen Boosterspannung resultierenden langsameren Einschaltzeiten und damit geringere Einspritzmengen, können über eine Korrektur der Einspritzzeit und/oder des Vorlagerungswinkels in Schritt 242 korrigiert werden.

[0058] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung ist in Figur 4c dargestellt. Bei dieser Ausgestaltung wird die Boosterspannung mittels eines AD-Wandlers unmittelbar vor Beginn der Einspritzung gemessen. In den oben genannten problematischen Betriebspunkten wird es hiermit möglich, den vorgegeben Zeitabstand zwischen zwei Einspritzung, der erforderlich ist, um eine optimale Verbrennung zu erzielen, einzuhalten. Mittels des gemessenen Spannungswert am Booster-Kondensator, werden die sich einstellenden langsameren Einschaltzeiten und die dadurch geringeren Einspritzmengen korrigiert.

[0059] Hierzu wird in Schritt 250 überprüft, ob eine Einspritzung kurz bevor steht. Ist dies nicht der Fall, so überprüft eine Abfrage 255 ob die Boosterspannung U_C größer als ein vorgegebener Schwellwert U_1 ist. Ist dies nicht der Fall, so wird in Schritt 260 weiter geladen. Erkennt die Abfrage 250, daß eine Einspritzung unmittelbar bevorsteht und/oder erkennt die Abfrage 255, daß die Boosterspannung U_C größer als der Sollwert ist, so wird in Schritt 265 die aktuelle Boosterspannung erfaßt. Im anschließenden Schritt 270 werden die Ansteuerzeiten entsprechend abhängig von der gemessenen Boosterspannung U_C korrigiert.

[0060] Anschließend in Schritt 275 erfolgt die Ansteuerung des Magnetventils.

[0061] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Korrek-

tur in den Schritten 215 und 242 in den Teilfiguren 4a und 4b ebenfalls abhängig von einem gemessenen Wert für die Boosterspannung durchgeführt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung wenigstens eines Magnetventils, das zur Steuerung der Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkraftmaschine dient, wobei zu Beginn der Ansteuerung das Magnetventil mit einer gegenüber der weiteren Ansteuerung erhöhten Spannung beaufschlagt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Größe, die die Energie und/oder die Leistung beeinflusst, mit dem das Magnetventil zu Beginn der Ansteuerung beaufschlagt wird, abhängig vom Vorliegen eines Homogenbetriebs oder dem Vorliegen eines Schichtladungsbetriebs und/oder abhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine vorgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Energie und/oder die Leistung über wenigstens einer der Größen Boosterspannung, Boosterstrom und/oder Boosterzeit beeinflusst wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Energie oder die Leistung abhängig von wenigstens einer der Größen Motormoment, Dauer der Ansteuerung, Kraftstoffdruck, Temperatur, Versorgungsspannung vorgebar ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Vorliegen bestimmter Betriebszustände ein kleinerer Wert für die erhöhte Spannung als beim Nichtvorliegen der Betriebszustände vorgebar ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** abhängig vom Betriebszustand mehr als zwei Werte für die erhöhte Spannung wählbar sind.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspritzdauer abhängig von der erhöhte Spannung korrigierbar ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur abhängig von der gewählten oder von der gemessenen erhöhte Spannung erfolgt.

8. Vorrichtung zur Ansteuerung wenigstens eines Magnetventils, das zur Steuerung der Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkraftmaschine dient, wobei zu Beginn der Ansteuerung das Magnetventil mit einer gegenüber der weiteren Ansteuerung erhöhten Spannung beaufschlagt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel vorgesehen sind, die wenigstens eine Größe, die die Energie und/oder die Leistung beeinflusst, mit dem das Magnetventil zu Beginn der Ansteuerung beaufschlagt wird, abhängig vom Vorliegen eines Homogenbetriebs oder dem Vorliegen eines Schichtladungsbetriebs und/oder abhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine vorgeben.

Claims

1. Method for actuating at least one solenoid valve which is used to control the injection of fuel into an internal combustion engine, in which case, at the beginning of the actuating operation, a voltage which is elevated in comparison with that used in the remainder of the actuating operation is applied to the solenoid valve, **characterized in that** at least one variable which influences the energy and/or the power applied to the solenoid valve at the beginning of the actuating operation is prescribed on the basis of the presence of a homogeneous mode or the presence of a stratified-charge mode and/or on the basis of the rotational speed of the internal combustion engine.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the energy and/or the power is/are influenced by means of at least one of the following variables: booster voltage, booster current and/or booster time.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the energy or the power can be prescribed on the basis of at least one of the following variables: engine torque, duration of the actuating operation, fuel pressure, temperature, supply voltage.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that**, when particular operating states are present, a smaller value may be prescribed for the elevated voltage than when the operating states are not present.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** more than two values may be selected for the elevated voltage on the basis of the operating state.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the injection period may be

corrected on the basis of the elevated voltage.

7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** correction is effected on the basis of the elevated voltage which has been selected or measured. 5
8. Apparatus for actuating at least one solenoid valve which is used to control the injection of fuel into an internal combustion engine, in which case, at the beginning of the actuating operation, a voltage which is elevated in comparison with that used in the remainder of the actuating operation is applied to the solenoid valve, **characterized in that** there are means which, on the basis of the presence of a homogeneous mode or the presence of a stratified-charge mode and/or on the basis of the rotational speed of the internal combustion engine, prescribe at least one variable which influences the energy and/or the power applied to the solenoid valve at the beginning of the actuating operation. 10 15 20

Revendications

1. Procédé de commande d'au moins une soupape électromagnétique servant à commander l'injection de carburant dans un moteur à combustion interne, la soupape électromagnétique étant alimentée au début de la commande par une tension plus élevée que pendant le reste de la commande, **caractérisé en ce qu'** au moins une grandeur influençant l'énergie et/ou la puissance par laquelle la soupape électromagnétique est alimentée au début de la commande est prédéterminée en fonction de la présence d'un fonctionnement homogène ou d'un fonctionnement stratifié, et/ou en fonction de la vitesse de rotation du moteur à combustion interne. 25 30 35 40
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'énergie et/ou la puissance est influencée par au moins l'une des grandeurs tension de lancement, courant de lancement et/ou temps de lancement. 45
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'énergie ou la puissance peut être prédéterminée en fonction de l'une des grandeurs couple moteur, durée de commande, pression de carburant, température, tension d'alimentation. 50
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** en présence de certains états de fonctionnement une valeur plus petite pour la tension plus élevée

peut être prédéterminée qu'en absence des états de fonctionnement.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** en fonction de l'état de fonctionnement davantage que deux valeurs peuvent être choisies pour la tension plus élevée. 10
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la durée d'injection peut être corrigée en fonction de la tension plus élevée. 15
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la correction est effectuée en fonction de la tension plus élevée choisie ou mesurée. 20
8. Dispositif de commande d'au moins une soupape électromagnétique servant à commander l'injection de carburant dans un moteur à combustion interne, la soupape électromagnétique étant alimentée au début de la commande par une tension plus élevée que pendant le reste de la commande, **caractérisé en ce que** des moyens sont prévus qui prédéterminent au moins une grandeur influençant l'énergie et/ou la puissance par laquelle la soupape électromagnétique est alimentée au début de la commande, en fonction de la présence d'un fonctionnement homogène ou d'un fonctionnement stratifié, et/ou en fonction de la vitesse de rotation du moteur à combustion interne. 25 30 35 40

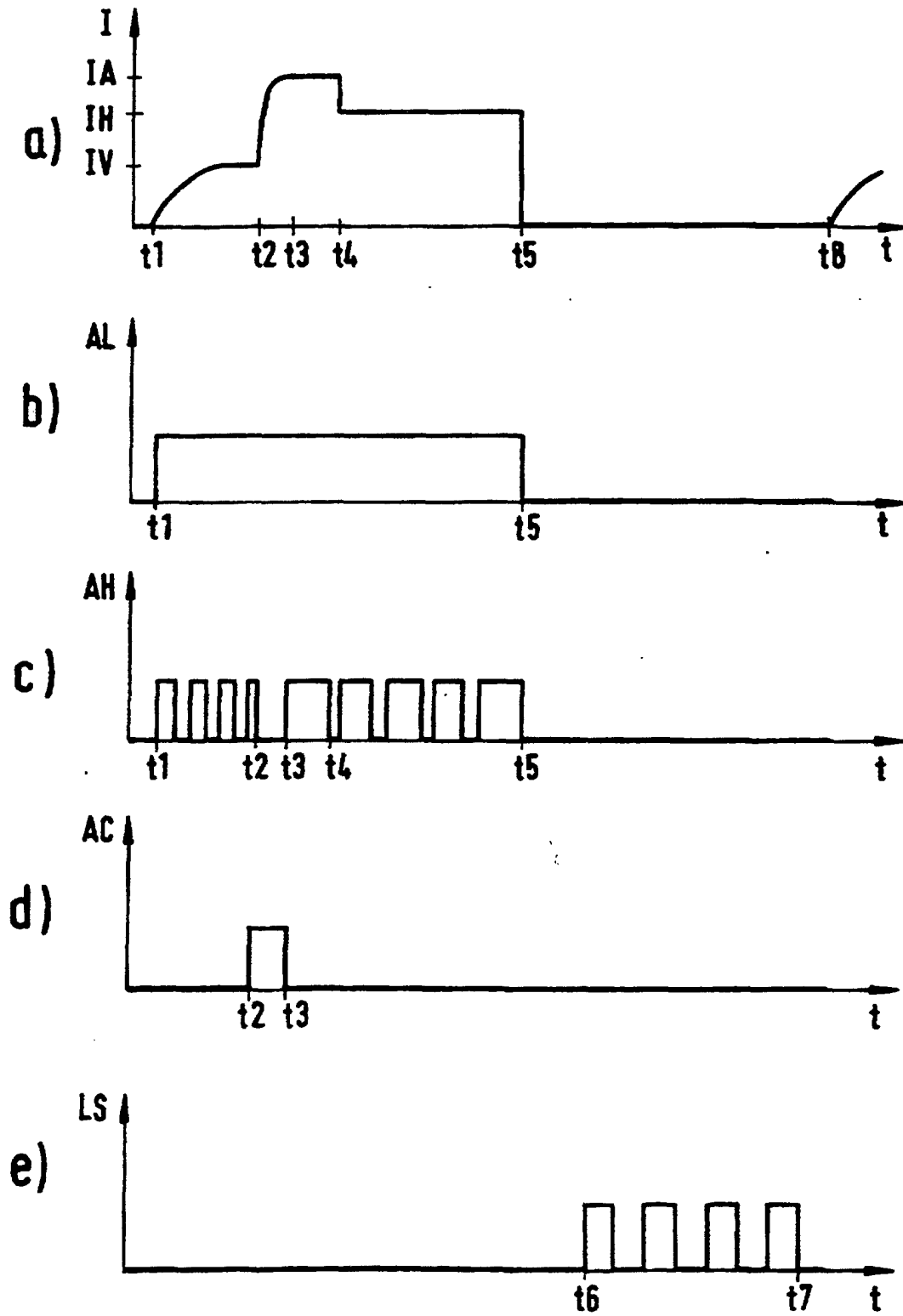


FIG. 2

Fig. 3

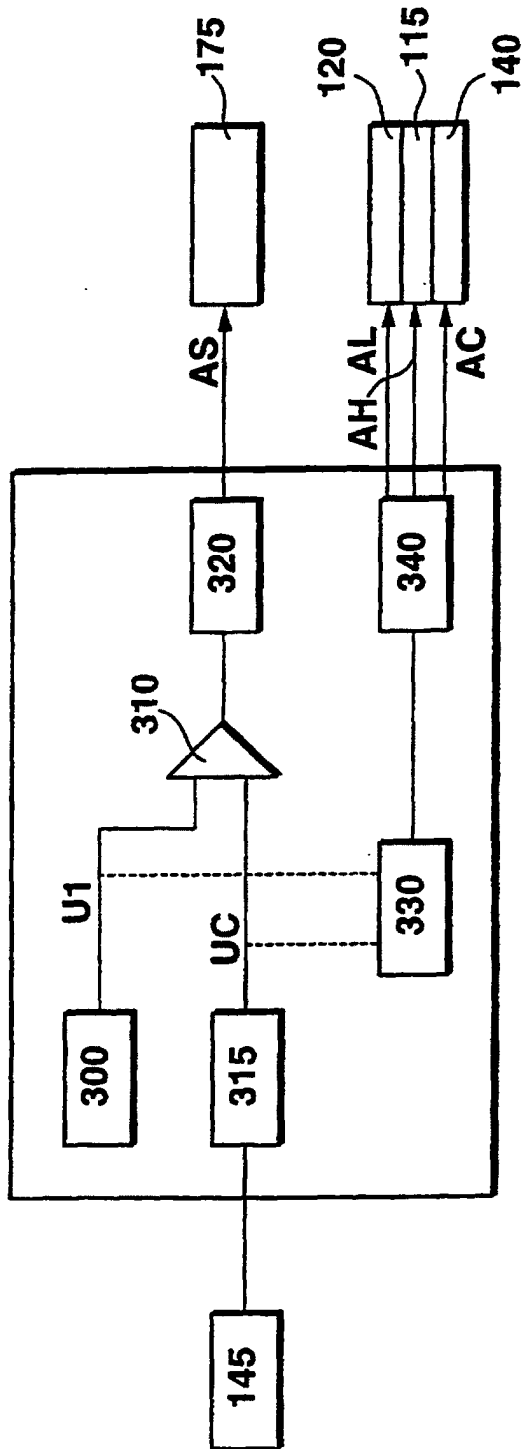


Fig. 4a

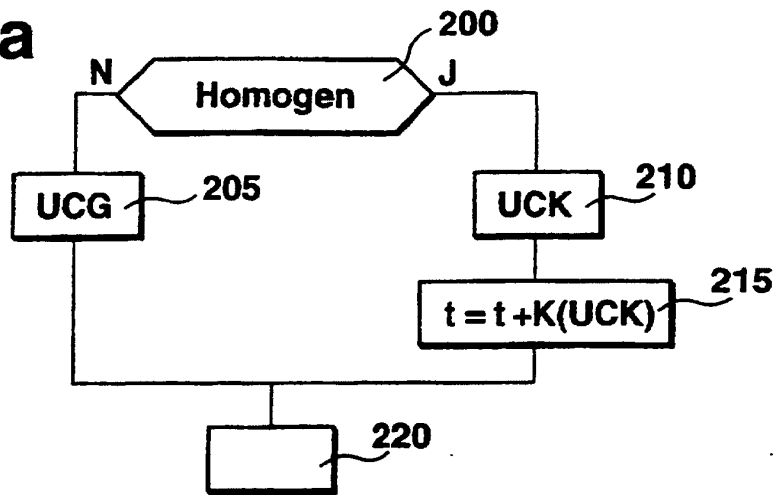


Fig. 4b

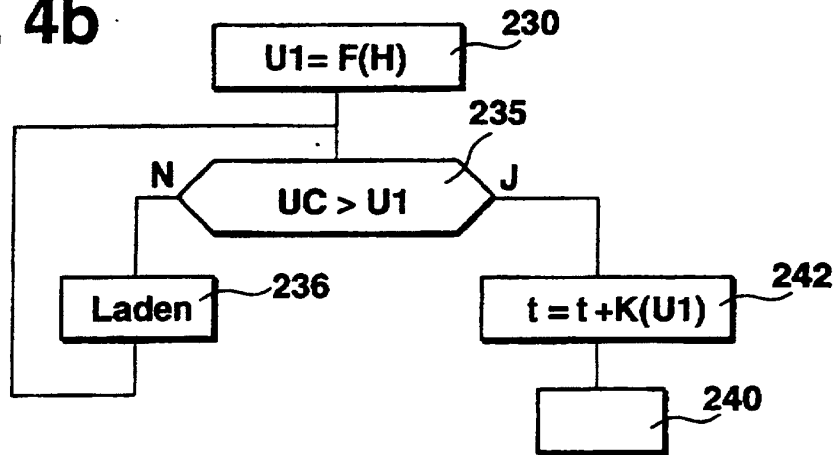


Fig. 4c

