



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.02.2004 Patentblatt 2004/09

(51) Int Cl.7: **F02D 41/30, F02D 41/02**

(21) Anmeldenummer: **03014481.0**

(22) Anmeldetag: **02.07.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(72) Erfinder:
• **Pott, Ekkehard Dr.**
38518 Gifhorn (DE)
• **Lindlau, Michael**
38162 Cremlingen (DE)
• **Sperling, Helmut**
38518 Gifhorn (DE)

(30) Priorität: **20.08.2002 DE 10237949**

(71) Anmelder: **Volkswagen Aktiengesellschaft**
38436 Wolfsburg (DE)

(54) **Verfahren zum Betreiben einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine mit einem einen NO_x-Speicherkatalysator enthaltenen Katalysatorsystem, wobei die Brennkraftmaschine wahlweise stöchiometrisch homogen, mit Schichtladung oder homogen-mager betrieben wird. Hierbei wird für einen momentanen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von der Temperatur des NO_x-Speicherkatalysators ein maximal zulässiger NO_x-Rohmas-

senstrom und ein maximal zulässiger Abgasmassenstrom bestimmt und mit einem zu erwartenden NO_x-Rohmassenstrom sowie mit einem zu erwartenden Abgasmassenstrom für und verschiedene Magerbetriebsarten an diesen Betriebspunkt verglichen. In Abhängigkeit von diesem Vergleich wird bestimmt, ob an diesem Betriebspunkt die Brennkraftmaschine in einer der Magerbetriebsarten oder homogen stöchiometrisch betrieben wird.

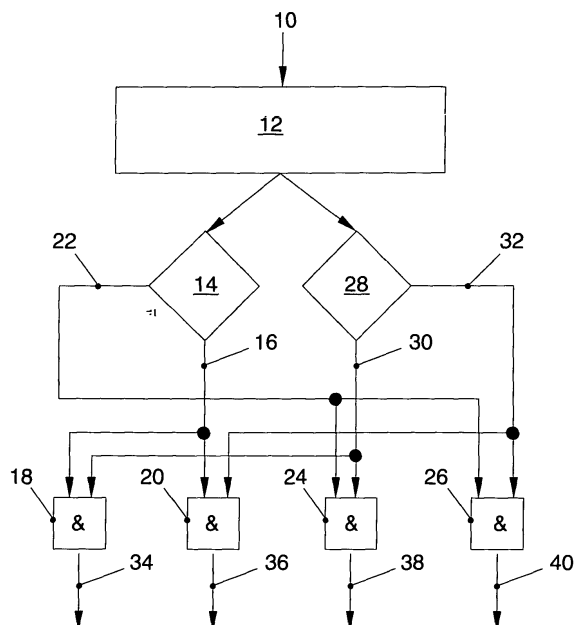


FIG.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine mit einem einen NO_x-Speicherkatalysator enthaltenen Katalysatorsystem, wobei die Brennkraftmaschine wahlweise stöchiometrisch homogen, mit Schichtladung oder homogen-mager betrieben wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bei direkteinspritzende Ottomotoren mit Katalysatorsystem sind mehrere Betriebsarten möglich: Ein stöchiometrischer Homogenbetrieb im gesamten Kennfeldbereich, ein Schichtbetrieb bei kleinen Lasten und Drehzahlen sowie ein Homogen-Magerbetrieb bis in den Bereich mittlerer Lasten und Drehzahlen. Grundsätzlich wird angestrebt, die betriebspunktabhängig verbrauchsgünstigste Betriebsart zu wählen. Aus verschiedenen Gründen ist dies jedoch nicht immer möglich: Bei kaltem Motor und Katalysatorsystem wird zunächst nur der stöchiometrische Homogenbetrieb zugelassen, bis das Katalysatorsystem eine gewisse Mindesttemperatur erreicht bzw. überschritten hat. Zusätzlich muß der Schichtbetrieb und der Homogen-Magerbetrieb periodisch zur NO_x-Regeneration oder Entschwefelung verlassen werden.

[0003] Aus der DE 196 50 518 C1 ist es bekannt, eine Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung in Abhängigkeit von einer Kühlmitteltemperatur entweder mit homogenem Gemisch oder alternativ mit einer Schichtladung zu betreiben. Dadurch kann eine schnellere Aufheizung sowohl des Katalysators, als auch der Brennkraftmaschine selbst erzielt werden. Hierbei wird in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur zwischen zwei Kennfeldern umgeschaltet.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der obengenannten Art bzgl. Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemission zu verbessern.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0006] Dazu ist erfindungsgemäß ein Verfahren mit folgenden Schritten vorgesehen,

(a) Bestimmen eines maximal zulässigen NO_x-Rohmassenstroms und eines maximal zulässigen Abgasmassenstroms in Abhängigkeit von einer Temperatur des NO_x-Speicherkatalysators,

(b) Bestimmen eines zu erwartenden NO_x-Rohmassenstroms sowie eines zu erwartenden Abgasmassenstroms für den Schichtladebetrieb an einem momentanen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine und Bestimmen eines zu erwartenden NO_x-Rohmassenstroms sowie eines zu erwartenden Abgasmassenstroms für den Homogen-Magerbetrieb an einem momentanen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine,

(c) Vergleichen der in Schritt (b) bestimmten, zu erwartenden NO_x-Rohmassenströme sowie Abgasmassenströme für den Schichtladebetrieb und den Homogen-Magerbetrieb mit den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NO_x-Rohmassenstrom und maximal zulässigen Abgasmassenstrom und Feststellen, daß

- der Schichtladebetrieb an dem momentanen Betriebspunkt zulässig ist, wenn der zu erwartende NO_x-Rohmassenstrom sowie der zu erwartende Abgasmassenstrom für den Schichtladebetrieb jeweils den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NO_x-Rohmassenstrom und den maximal zulässigen Abgasmassenstrom nicht übersteigt,
- der Schichtladebetrieb an dem momentanen Betriebspunkt nicht zulässig ist, wenn der zu erwartende NO_x-Rohmassenstrom und/oder der zu erwartende Abgasmassenstrom für den Schichtladebetrieb jeweils den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NO_x-Rohmassenstrom bzw. den maximal zulässigen Abgasmassenstrom übersteigt,
- der Homogen-Magerbetrieb an dem momentanen Betriebspunkt zulässig ist, wenn der zu erwartende NO_x-Rohmassenstrom sowie der zu erwartende Abgasmassenstrom für den Homogen-Magerbetrieb jeweils den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NO_x-Rohmassenstrom und den maximal zulässigen Abgasmassenstrom nicht übersteigt, sowie
- der Homogen-Magerbetrieb an dem momentanen Betriebspunkt nicht zulässig ist, wenn der zu erwartende NO_x-Rohmassenstrom und/oder der zu erwartende Abgasmassenstrom für den Homogen-Magerbetrieb jeweils den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NO_x-Rohmassenstrom bzw. den maximal zulässigen Abgasmassenstrom übersteigt, und

(d) Betreiben der Brennkraftmaschine

- im Schichtladebetrieb, wenn sowohl der Schichtladebetrieb als auch der Homogen-Magerbetrieb an dem momentanen Betriebspunkt zulässig ist,
- im Schichtladebetrieb, wenn an dem momentanen Betriebspunkt der Schichtladebetrieb zulässig und der Homogen-Magerbetrieb nicht zulässig ist,
- im Homogen-Magerbetrieb, wenn an dem momentanen Betriebspunkt der Schichtladebetrieb nicht zulässig und der Homogen-Magerbetrieb zulässig ist,
- homogen stöchiometrisch, wenn sowohl der Schichtladebetrieb als auch der Homogen-Magerbetrieb an dem momentanen Betriebspunkt

nicht zulässig ist.

[0007] Dies hat den Vorteil, daß eine ideale Anpassung der Betriebsartenzulassung an die Leistungsfähigkeit des Katalysatorsystems und ein maximaler Verbrauchsvorteil bei gleichzeitig niedriger Schadstoffemission erzielt wird.

[0008] Zweckmäßigerweise werden in Schritt (b) die zu erwartenden NOx-Rohmassenströme sowie Abgasmassenströme aus jeweiligen betriebspunktabhängigen Kennfeldern bestimmt.

[0009] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird in Schritt (a) der maximal zulässige NOx-Rohmassenstrom und/oder der maximal zulässige Abgasmassenstrom in Abhängigkeit von einem NOx-Beladungszustand des NOx-Speicherkatalysators, einer Katalysatorzustandserkennung, welche Alterung des Katalysatorsystems berücksichtigt, einer Betriebspunktänderungsdynamik und/oder einem eingelegten Gang korrigiert.

[0010] Zur weiteren Optimierung der Betriebsartenwahl wird die Freigabe oder Unterdrückung des Schichtladebetriebs und/oder des Homogen-Magerbetriebs um eine vorbestimmte Totzeit verzögert. Die Totzeit wird beispielsweise als Festwert vorbestimmt oder variabel in Abhängigkeit von einer Katalysatortemperatur, dem Abgas- bzw. NOx-Rohmassenstrom, einem Beladungszustand des Katalysators, einem Katalysatorzustand im Vergleich zum Frischzustand, einer Temperatur der Brennkraftmaschine und/oder einer Verweildauer im Schichtladebetrieb bzw. Homogen-Magerbetrieb bestimmt.

[0011] In Schritt (d) wird der Schichtladebetrieb bzw. der Homogen-Magerbetrieb nicht gewählt, wenn diese Betriebsarten von einer Motorsteuerung beispielsweise aufgrund einer momentan aktivierten NOx-Regeneration unterdrückt werden.

[0012] Weitere Merkmale, Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, sowie aus der nachstehenden Beschreibung der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung. Diese zeigt in der einzigen Fig. ein schematisches Blockdiagramm, welches das erfindungsgemäße Verfahren veranschaulicht.

[0013] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die einzige Fig. das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem einen NOx-Speicherkatalysator enthaltenden Katalysatorsystem beschrieben, wobei mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bestimmt wird, in welcher Betriebsart die Brennkraftmaschine an einem momentanen Betriebspunkt betrieben wird. Hierbei wird aus den Betriebsarten stöchiometrisch homogen, Schichtladung oder homogen-mager ausgewählt.

[0014] An einem momentanen Motorbetriebspunkt 10, welcher durch eine momentane Last und eine momentane Drehzahl bestimmt ist, wird in Block 12 ein maximal zulässiger NOx-Rohmassenstrom sowie ein ma-

ximal zulässiger Abgasmassenstrom für diesen momentanen Motorbetriebspunkt 10 in Abhängigkeit von einer momentanen Temperatur des NOx-Speicherkatalysators bestimmt. Zusätzlich wird für die Betriebsart Schichtladung und homogen-mager aus betriebspunktabhängigen Kennfeldern ein zu erwartender NOx-Rohmassenstrom sowie ein zu erwartender Abgasmassenstrom separat für die jeweilige Betriebsart ermittelt.

[0015] In einem Block 14 werden für die Betriebsart Schichtladung die zu erwartenden Massenströme für Abgas und NOx mit den in Block 12 bestimmten maximal zulässigen Massenströmen für Abgas und NOx verglichen. Sofern die zu erwartenden Massenströme für Abgas und NOx bei Schichtladebetrieb an diesem Betriebspunkt den maximal zulässigen NOx-Rohmassenstrom sowie den maximal zulässigen Abgasmassenstrom nicht überschreiten, wird der Schichtladebetrieb als an diesem Betriebspunkt zulässig bestimmt und auf einem Zweig 16 ein Signal an eine erste UND-Verknüpfung 18 und eine zweite UND-Verknüpfung 20 gegeben. Falls jedoch die zu erwartenden Massenströme für Abgas bzw. NOx bei Schichtladebetrieb an diesem Betriebspunkt den maximal zulässigen NOx-Rohmassenstrom und/oder den maximal zulässigen Abgasmassenstrom überschreiten, wird der Schichtladebetrieb als an diesem Betriebspunkt nicht zulässig bestimmt und auf einem Zweig 22 ein Signal an eine dritte UND-Verknüpfung 24 und eine vierte UND-Verknüpfung 26 gegeben.

[0016] In einem Block 28 werden für die Betriebsart homogen-mager die zu erwartenden Massenströme für Abgas und NOx mit den in Block 12 bestimmten maximal zulässigen Massenströmen für Abgas und NOx verglichen. Sofern die zu erwartenden Massenströme für Abgas und NOx bei Homogen-Magerbetrieb an diesem Betriebspunkt den maximal zulässigen NOx-Rohmassenstrom sowie den maximal zulässigen Abgasmassenstrom nicht überschreiten, wird der Homogen-Magerbetrieb als an diesem Betriebspunkt zulässig bestimmt und auf einem Zweig 30 ein Signal an die erste UND-Verknüpfung 18 und die dritte UND-Verknüpfung 24 gegeben. Falls jedoch die zu erwartenden Massenströme für Abgas bzw. NOx bei Homogen-Magerbetrieb an diesem Betriebspunkt den maximal zulässigen NOx-Rohmassenstrom und/oder den maximal zulässigen Abgasmassenstrom überschreiten, wird der Homogen-Magerbetrieb als an diesem Betriebspunkt nicht zulässig bestimmt und auf einem Zweig 32 ein Signal an die zweite UND-Verknüpfung 20 und die vierte UND-Verknüpfung 26 gegeben.

[0017] Auf diese Weise gibt immer nur genau eine der UND-Verknüpfungen 18, 20, 24, 26 ein Signal auf einem jeweiligen Zweig 34, 36, 38, 40 ab. Mit anderen Worten erhält immer nur eine UND-Verknüpfung 18, 20, 24, 26 gleichzeitig zwei Signale, die Aufgrund der UND-Logik zu einem Ausgangssignal dieser jeweiligen UND-Verknüpfung 18, 20, 24, 26 führt. Falls aufgrund des Vergleichs in den Blöcken 14 und 28 beide Betriebsarten, Schichtladung und Homogen-Magerbetrieb, als an die-

sem Betriebspunkt zulässig bestimmt wurden, so erhält nur die erste UND-Verknüpfung 18 zwei Eingangssignale und gibt ihrerseits auf dem Zweig 34 ein Signal ab. Dies initiiert einen Schichtladebetrieb. Falls aufgrund des Vergleichs in den Blöcken 14 und 28 die Betriebsart Schichtladung als an diesem Betriebspunkt zulässig, jedoch die Betriebsart homogen-mager als an diesem Betriebspunkt nicht zulässig bestimmt wurde, so erhält nur die zweite UND-Verknüpfung 20 zwei Eingangssignale und gibt ihrerseits auf dem Zweig 36 ein Signal ab. Dies initiiert ebenfalls einen Schichtladebetrieb. Falls aufgrund des Vergleichs in den Blöcken 14 und 28 die Betriebsart Schichtladung als an diesem Betriebspunkt nicht zulässig, jedoch die Betriebsart homogen-mager als an diesem Betriebspunkt zulässig bestimmt wurde, so erhält nur die dritte UND-Verknüpfung 24 zwei Eingangssignale und gibt ihrerseits auf dem Zweig 38 ein Signal ab. Dies initiiert einen Homogen-Magerbetrieb. Falls aufgrund des Vergleichs in den Blöcken 14 und 28 beide Betriebsarten, Schichtladung und Homogen-Magerbetrieb, als an diesem Betriebspunkt nicht zulässig bestimmt wurden, so erhält nur die vierte UND-Verknüpfung 26 zwei Eingangssignale und gibt ihrerseits auf dem Zweig 40 ein Signal ab. Dies initiiert einen Betrieb mit homogen stöchiometrischen Verhältnissen.

[0018] Als Zielbetriebsart wird Schichtladebetrieb bzw. Homogen-Magerbetrieb aufgrund von Signalen der Zweige 34, 36 und 38 nur dann gewählt, wenn diese beiden Magerbetriebsarten nicht aufgrund anderweitiger Umstände blockiert sind. Derartige Umstände umfassen beispielsweise eine aktuell durchgeführte NOx-Regeneration oder der momentane Betriebspunkt kann nicht im Schichtbetrieb bzw. Homogen-Magerbetrieb gefahren werden.

[0019] Optional ist es vorgesehen, daß die Freigabe bzw. Unterdrückung der Magerbetriebsarten Schichtladung und homogen-mager um Totzeiten verzögert werden, die entweder als Festwert oder variabel abhängig von der Katalysatortemperatur, dem Abgas- bzw. NOx-Rohmassenstrom, dem Beladungszustand des Katalysators, dem Katalysatorzustand im Vergleich zum Frischzustand, der Motortemperatur, der Betriebszustandsänderungsgeschwindigkeit und/oder der Verweildauer im Magerbetrieb sowie ggf. weiterer Einflußfaktoren bestimmt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer direkteinspritzenden, insbesondere fremdgezündeten, Brennkraftmaschine mit einem einen NOx-Speicherkatalysator enthaltenen Katalysatorsystem, wobei die Brennkraftmaschine wahlweise stöchiometrisch homogen, mit Schichtladung oder homogen-mager betrieben wird, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte,

(a) Bestimmen eines maximal zulässigen NOx-Rohmassenstroms und eines maximal zulässigen Abgasmassenstroms in Abhängigkeit von einer Temperatur des NOx-Speicherkatalysators,

(b) Bestimmen eines zu erwartenden NOx-Rohmassenstroms sowie eines zu erwartenden Abgasmassenstroms für den Schichtladebetrieb an einem momentanen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine und Bestimmen eines zu erwartenden NOx-Rohmassenstroms sowie eines zu erwartenden Abgasmassenstroms für den Homogen-Magerbetrieb an einem momentanen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine,

(c) Vergleichen der in Schritt (b) bestimmten, zu erwartenden NOx-Rohmassenströme sowie Abgasmassenströme für den Schichtladebetrieb und den Homogen-Magerbetrieb mit den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NOx-Rohmassenstrom und maximal zulässigen Abgasmassenstrom und Feststellen, daß

- der Schichtladebetrieb an dem momentanen Betriebspunkt zulässig ist, wenn der zu erwartende NOx-Rohmassenstrom sowie der zu erwartende Abgasmassenstrom für den Schichtladebetrieb jeweils den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NOx-Rohmassenstrom und den maximal zulässigen Abgasmassenstrom nicht übersteigt,
- der Schichtladebetrieb an dem momentanen Betriebspunkt nicht zulässig ist, wenn der zu erwartende NOx-Rohmassenstrom und/oder der zu erwartende Abgasmassenstrom für den Schichtladebetrieb jeweils den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NOx-Rohmassenstrom bzw. den maximal zulässigen Abgasmassenstrom übersteigt,
- der Homogen-Magerbetrieb an dem momentanen Betriebspunkt zulässig ist, wenn der zu erwartende NOx-Rohmassenstrom sowie der zu erwartende Abgasmassenstrom für den Homogen-Magerbetrieb jeweils den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NOx-Rohmassenstrom und den maximal zulässigen Abgasmassenstrom nicht übersteigt, sowie
- der Homogen-Magerbetrieb an dem momentanen Betriebspunkt nicht zulässig ist, wenn der zu erwartende NOx-Rohmassenstrom und/oder der zu erwartende Abgasmassenstrom für den Homogen-Magerbetrieb jeweils den in Schritt (a) bestimmten maximal zulässigen NOx-Rohmassenstrom bzw. den maximal zulässigen Abgasmassenstrom übersteigt, und

(d) Betreiben der Brennkraftmaschine

- im Schichtladebetrieb, wenn sowohl der Schichtladebetrieb als auch der Homogen-Magerbetrieb an dem momentanen Betriebspunkt zulässig ist, 5
 - im Schichtladebetrieb, wenn an dem momentanen Betriebspunkt der Schichtladebetrieb zulässig und der Homogen-Magerbetrieb nicht zulässig ist, 10
 - im Homogen-Magerbetrieb, wenn an dem momentanen Betriebspunkt der Schichtladebetrieb nicht zulässig und der Homogen-Magerbetrieb zulässig ist, 15
 - homogen stöchiometrisch, wenn sowohl der Schichtladebetrieb als auch der Homogen-Magerbetrieb an dem momentanen Betriebspunkt nicht zulässig ist. 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt (b) die zu erwartenden NOx-Rohmassenströme sowie Abgasmassenströme aus jeweiligen betriebspunktabhängigen Kennfeldern bestimmt werden. 20
3. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt (a) der maximal zulässige NOx-Rohmassenstrom und/oder der maximal zulässige Abgasmassenstrom in Abhängigkeit von einem NOx-Beladungszustand des NOx-Speicherkatalysators, einer Katalysatorzustanderkennung, welche Alterung des Katalysatorsystems berücksichtigt, einer Betriebspunktänderungsdynamik und/oder einem eingelegten Gang korrigiert wird. 25 30 35
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Freigabe oder Unterdrückung des Schichtladebetriebs und/oder des Homogen-Magerbetriebs um eine vorbestimmte Totzeit verzögert wird. 40
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Totzeit als Festwert vorbestimmt oder variabel in Abhängigkeit von einer Katalysatortemperatur, dem Abgas- bzw. NOx-Rohmassenstrom, einem Beladungszustand des Katalysators, einem Katalysatorzustand im Vergleich zum Frischzustand, einer Temperatur der Brennkraftmaschine und/oder einer Verweildauer im Schichtladebetrieb bzw. Homogen-Magerbetrieb bestimmt wird. 45 50
6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt (d) der Schichtladebetrieb bzw. der Homogen-Magerbetrieb nicht gewählt wird, wenn diese Betriebsarten von einer Motorsteuerung unterdrückt werden. 55

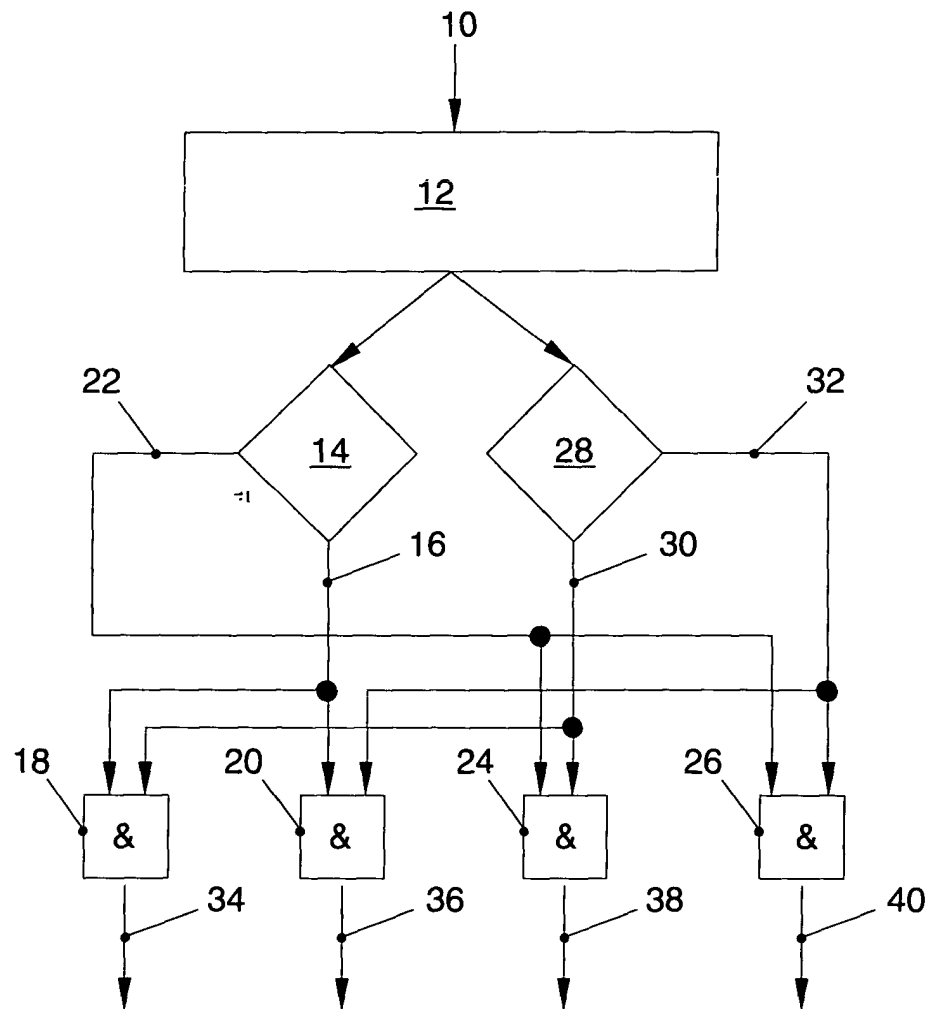


FIG.