



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 200 715 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.12.2004 Patentblatt 2004/50

(21) Anmeldenummer: **00943972.0**

(22) Anmeldetag: **03.07.2000**

(51) Int Cl.7: **F01N 3/08**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2000/006190

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2001/004468 (18.01.2001 Gazette 2001/03)

(54) **VERFAHREN ZUR REGELUNG EINER REGENERATION EINES IN EINEM ABGASKANAL EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE ANGEORDNETEN SPEICHERKATALYSATORS**

METHOD FOR REGULATING THE REGENERATION OF A STORAGE CATALYST LOCATED IN AN EXHAUST GAS CHANNEL OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCEDE DE REGLAGE DE LA REGENERATION D'UN CATALYSEUR A ACCUMULATION PLACE DANS UN CANAL DE GAZ D'ECHAPPEMENT D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

(30) Priorität: **10.07.1999 DE 19932301**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.05.2002 Patentblatt 2002/18

(73) Patentinhaber: **Volkswagen Aktiengesellschaft
38436 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **POTT, Ekkehard
D-38518 Gifhorn (DE)**

• **BOSSE, Rolf
D-38440 Wolfsburg (DE)**

(74) Vertreter: **Schneider, Henry, Dipl.-Ing.
Anwaltskanzlei
Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider
Wallstrasse 58/59
10179 Berlin (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 598 917 EP-A- 0 732 485
US-A- 5 775 099**

EP 1 200 715 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

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer Regeneration eines in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten Speicherkatalysators mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

[0002] Es ist bekannt, das während eines Verbrennungsvorganges eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere in Dieselmotoren, entstehende Abgas durch geeignete Katalysatoren zu reinigen. Wird die Verbrennungskraftmaschine in einem Magerbetrieb geschaltet, so überwiegt ein Sauerstoffgehalt einen Gehalt eines Kraftstoffes im Luft-Kraftstoff-Gemisch ($\lambda > 1$). Ist Sauerstoff nur unterstöchiometrisch oder stöchiometrisch vorhanden, so befindet sich die Verbrennungskraftmaschine in einem Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ (Regenerationsbetrieb). In einem solchen Fall findet sich im Abgas erhöhte Gehalte an Reduktionsmitteln, wie CO, HC oder H₂. Diese werden an dem wenigstens einen Katalysator oxidiert, sofern Sauerstoff noch in einem ausreichenden Maße vorhanden ist.

[0003] Neben den Reduktionsmitteln entstehen während des Verbrennungsvorganges Oxidationsmittel, wie zum Beispiel NO_x, welches an den Katalysatoren mit Hilfe der Reduktionsmittel umgesetzt werden kann. Sinkt der Anteil der Reduktionsmittel stark ab, wie es im Magerbetrieb der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere bei Dieselmotoren, der Fall ist, so kann eine ausreichende Reduktion von NO_x nicht mehr gewährleistet werden. Da sich infolge fortschreitender Optimierungsmaßnahmen hinsichtlich eines Kraftstoffverbrauches der Verbrennungskraftmaschinen gezeigt hat, dass es besonders vorteilhaft ist, den Magerbetrieb möglichst lange aufrechtzuerhalten, werden zur Vermeidung von NO_x-Emissionen so genannte Speicherkatalysatoren eingesetzt. Diese absorbieren NO_x als Nitrat, und zwar so lange, bis eine NO_x-Speicherfähigkeit erschöpft ist oder eine NO_x-Desorptionstemperatur überschritten wird.

[0004] Als Abhilfe ist es bereits bekannt, die Verbrennungskraftmaschine abwechselnd im Magerbetrieb und im Regenerationsbetrieb zu fahren. Die notwendigen Mittel, die durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine eine Einstellung des Arbeitsmodus ermöglichen, sind bekannt und sollen hier nicht näher erläutert werden. Im Regenerationsbetrieb findet dann wieder eine NO_x-Desorption unter gleichzeitiger katalytischer Reduktion statt.

[0005] In gleicher Weise wird die Regeneration auch bei einer Entschwefelung des Speicherkatalysators durchgeführt. Durch wechselnde Anteile von Schwefel im Kraftstoff entsteht während des Verbrennungsvorganges SO_x, das als Sulfat im Speicherkatalysator absorbiert wird. Allerdings ist eine Entschwefelungstemperatur aufgrund einer höheren thermodynamischen

Stabilität des Sulfats gegenüber dem Nitrat erhöht, und der Speicherkatalysator muss demnach vor oder während der Regeneration entsprechend aufgeheizt werden.

[0006] Ob eine Regenerationsnotwendigkeit des Speicherkatalysators vorliegt, kann beispielsweise über eine Bewertung der gemessenen oder berechneten NO_x-Emission stromab des Speicherkatalysators erfolgen. In gleicher Weise kann der Regenerationsbetrieb infolge eines Überschreitens einer vorgebbaren Katalysatortemperatur geregelt werden. Derartige Verfahren sind bekannt. Nachteilig hierbei ist jedoch, dass eine Einstellung des Regenerationsbetriebes lediglich anhand von einem Katalysatorzustand beschreibenden Parametern erfolgt, der Regenerationsbetrieb aber mit Hinsicht auf die Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine ungünstig sein kann. Weist beispielsweise die Verbrennungskraftmaschine, insbesondere die Dieselmotoren, eine sehr hohe Drehzahl auf, so kommt es nach einem Wechsel in den Regenerationsbetrieb zu einer erheblichen Weißrauchbildung. Ist andererseits die Drehzahl zu gering, können Fahrverhaltensprobleme auftreten, insbesondere dann, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine im Leerlauf befindet.

[0007] Weiterhin wird eine angeforderte Last nicht berücksichtigt. So ist bei einer sehr hohen Last ein Drehmomentenausgleich nur bis zu einer maximalen Einspritzmenge des Kraftstoffes in einem Einspritzsystem der Verbrennungskraftmaschine möglich, und es kommt infolgedessen bei sehr hohen Lasten zu Drehmomentenbrüchen. Umgekehrt kann bei sehr niedrigen Lasten eine Einstellung in den Regenerationsbetrieb bei gleichzeitiger Drehmomentneutralität nur bis zu einer minimalen Einspritzmenge an Kraftstoff gewährt werden.

[0008] Die US 5 775 099 beschreibt ein momenten-neutrales und zündsicheres Verfahren zur Erhöhung eines Kraftstoffanteils in einem Luft-Kraftstoff-Gemisch einer direkt einspritzenden Verbrennungskraftmaschine zum Zwecke einer NO_x-Regeneration eines nachgeschalteten NO_x-Absorbers. Dabei wird ein lastabhängiges Verfahren gezeigt, bei dem die Verbrennungskraftmaschine im Zuge einer kontinuierlich zunehmenden Lastanforderung von einem mageren Schichtladebetrieb mit $\lambda > 1$ allmählich in einen fetten oder stöchiometrischen Regenerationsbetrieb mit $\lambda \leq 1$ umgeschaltet wird, wobei in einem mittleren Lastbereich eine Zweifacheinspritzung durchgeführt wird mit einer ersten, im Ansaugtakt und einer zweiten in einem Kompressions-takt erfolgenden Kraftstoffeinspritzung. Diese lastabhängige Regeneration entspricht einer Spontanregeneration, bei der der Betrieb mit $\lambda \leq 1$ durch die aktuelle Betriebssituation der Verbrennungskraftmaschine erzwungen wird.

[0009] Die EP 0 598 917 A1 offenbart eine Abgasreinigungsanlage mit einem NO_x-Absorber, der regeneriert wird, wenn eine NO_x-Beladung des Absorbers eine

vorgegebene Schwelle überschreitet, wobei die NO_x -Beladung in Abhängigkeit einer Last und einer Motordrehzahl berechnet wird. Als Voraussetzung für die Durchführung der beladungsabhängigen Regeneration wird eine Verzögerungssituation des Fahrzeuges genannt, bei der keine Lastanforderung, aber eine Mindestdrehzahl vorliegt. Aus der EP 0 872 633 A2 ist ein betadungsabhängiges NO_x -Regenerationsverfahren eines NO_x -Speicherkatalysators bekannt, bei dem die Regeneration aus Gründen der Momentenneutralität bevorzugt in Schubphasen, das heißt bei fehlender Lastanforderung, oder in Niedriglastphasen bei Lasten unterhalb eines vorgebbaren Lastschwellenwertes durchgeführt wird. Unberücksichtigt bei diesen Verfahren bleiben die genannten Problematiken, die im Regenerationsbetrieb bei hohen Lasten oder Drehzahlen auftreten.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Aufnahme und/oder Aufrechterhaltung des Regenerationsbetriebes unter umfassender Berücksichtigung der Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine und/oder der angeforderten Lasten zu steuern.

[0011] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Regelung der Regeneration des in dem Abgaskanal der Verbrennungskraftmaschine angeordneten Speicher-katalysators mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst. Dadurch, dass beim Überschreiten einer vorgebbaren Drehzahlobergrenze und/oder beim Überschreiten einer vorgebbaren Lastobergrenze der Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine mit dem Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ unterdrückt wird, können wirkungsvoll die Weißrauchbildung, Fahrverhaltensprobleme und eine Änderung des Drehmomentes während der Regeneration verhindert werden.

[0012] In vorteilhafter Weise werden auch Untergrenzen für Last und/oder Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine vorgegeben, derart, dass beim Unterschreiten einer vorgebbaren Drehzahluntergrenze und/oder einer vorgebbaren Lastuntergrenze der Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine unterdrückt wird. Hierdurch wird auch in diesen Betriebsbereichen eine momentenneutrale und sichere Regeneration gewährleistet.

[0013] Weiterhin hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Drehzahlen und die Last in ein Kennfeld einfließen zu lassen und anhand des Kennfeldes einen Betriebsbereich der Verbrennungskraftmaschine, in dem die Regeneration aufrechterhalten und/oder aufgenommen werden kann, festzulegen. So kann in sehr einfacher Weise der Regenerationsbetrieb unter ungünstigen Betriebsparametern der Verbrennungskraftmaschine vermieden werden. In bevorzugter Weise werden die genannten Ober- und Untergrenzen sowie der Betriebsbereich derart gewählt, dass die Regeneration drehmomentneutral durchgeführt werden kann.

[0014] Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteran-

sprüchen genannten Merkmalen.

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- 5
 10
 15
 20
 25
 30
 35
 40
 45
 50
 55
- Figur 1 eine Anordnung eines NO_x -Speicherkatalysators in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine und
- Figur 2 ein Kennfeld für eine Drehzahl und eine angeforderte Last zur Bestimmung eines Betriebsbereiches für eine Regeneration des Speicher-katalysators.

[0016] In der Figur 1 ist in schematischer Weise eine Anordnung 10 eines NO_x -Speicherkatalysators 12 in einem Abgaskanal 14 einer Verbrennungskraftmaschine 16, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, dargestellt. Ferner sind in dem Abgaskanal 14 Sensoren 18, 20 angeordnet, die es erlauben, einen Gehalt einer Gaskomponente am Abgas zu bestimmen (Gassensoren) oder zur Erfassung einer Temperatur dienen (Temperatursensoren). Anzahl, Lage und Typ solcher Sensoren 18, 20 sind in einem hohen Maße variabel. Eine Erfassung und Auswertung der Signale derartiger Sensoren 18, 20 ist bekannt und soll im Rahmen dieser Beschreibung nicht näher erläutert werden. Daneben ist es in bekannter Weise möglich, mit Hilfe von geeigneten Modellen den Gehalt der Gaskomponenten oder die Temperatur in ausgewählten Bereichen der Anordnung 10 zu berechnen.

[0017] Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf eine Darstellung von der Verbrennungskraftmaschine 16 zugeordneten Mitteln verzichtet, die durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine 16 eine Regelung eines Arbeitsmodus erlauben. Derartige Mittel zur Beeinflussung der Betriebsparameter sind hinlänglich bekannt. Ebenso ist es bekannt, eine Katalysatortemperatur, beispielsweise mittels des Sensors 20, zu erfassen und die Regelung der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 16 in Abhängigkeit von dieser Katalysatortemperatur durchzuführen.

[0018] Liegt während eines Verbrennungsvorganges in der Verbrennungskraftmaschine 16 Sauerstoff in einem Überschuss gegenüber einem Kraftstoff vor, so befindet sich die Verbrennungskraftmaschine 16 in einem Arbeitsmodus mit $\lambda > 1$ (Magerbetrieb). Während des Magerbetriebes wird das während des Verbrennungsvorganges entstehende NO_x in dem NO_x -Speicherkatalysator 12 absorbiert, und zwar so lange, bis entweder eine NO_x -Desorptionstemperatur erreicht wird oder eine NO_x -Speicherfähigkeit erschöpft ist.

[0019] Unter stöchiometrischen Bedingungen oder bei einem Überschuss des Kraftstoffs gegenüber dem Sauerstoff ($\lambda \leq 1$; Regenerationsbetrieb) entstehen im Allgemeinen in einem vermehrten Maße Reduktionsmittel, wie CO , HC oder H_2 . Im Regenerationsbetrieb wird

das absorbierte NO_x wieder ausgelagert (NO_x-Desorption) und mit Hilfe der Reduktionsmittel am NO_x-Speicher­katalysator 12 umgesetzt.

[0020] Ein Katalysatorzustand umfasst einen NO_x-, SO_x- oder O₂-Beladungszustand sowie die Katalysator­temperatur und kann direkt über geeignete Sensoren erfasst oder mit Hilfe von Speicher­katalysator­modellen berechnet werden. In bekannter Weise kann hieraus eine Regenerations­notwendigkeit ermittelt werden. In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zusätzlich eine Aufnahme und/oder Aufrechterhaltung des Regenerations­betriebes der Verbrennungskraftmaschine 16 von einer Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine 16 und/oder einer angeforderten Last abhängig gemacht.

[0021] In der Figur 2 ist exemplarisch ein Verhältnis der Last gegenüber der Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine 16 aufgetragen. Die Aufnahme und/oder Aufrechterhaltung des Regenerations­betriebes erfolgt dabei derart, dass beim Überschreiten einer vorgebbaren Drehzahl­obergrenze 22 und beim Unterschreiten einer vorgebbaren Drehzahl­untergrenze 24 ein Regenerations­modus der Verbrennungskraftmaschine 16 mit $\lambda \leq 1$ unterdrückt wird. Auf diese Weise können zum einen eine Weißrauchbildung als auch Fahrverhaltens­probleme, insbesondere im Bereich eines Leerlaufes der Verbrennungskraftmaschine 16, vermieden werden.

[0022] Weiterhin wird beim Überschreiten einer vorgebbaren Last­obergrenze 26 oder beim Unterschreiten einer vorgebbaren Last­untergrenze 28 der Regenerations­betrieb der Verbrennungskraftmaschine 16 unterdrückt. Dabei werden die Ober- und Unter­grenze 26, 28 derart gewählt, dass die Regeneration möglichst drehmomentneutral durchgeführt werden kann. Demnach kann die Last­obergrenze 26 höchstens einer maximalen Einspritzmenge eines Einspritzsystems der Verbrennungskraftmaschine 16 entsprechen. Die Last­untergrenze 28 orientiert sich an einer minimalen Einspritzmenge, die zur Einstellung des Regenerations­betriebes notwendig ist, die aber noch nicht zu einer Änderung eines Drehmomentes der Verbrennungskraftmaschine 16 führt.

[0023] In bevorzugter Weise kann die Drehzahl und die Last in ein Kennfeld einfließen und anhand des Kennfeldes ein Betriebsbereich 30, in dem die Regeneration aufrechterhalten und/oder aufgenommen werden kann, festgelegt werden. Die Grenzen des Kennfeldes können beispielsweise - wie hier dargestellt - entsprechend der vorgebbaren Ober- und Unter­grenzen 22, 24, 26, 28 gewählt werden, sind aber nicht notwendigerweise von diesen abhängig.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Regeneration eines in einem Abgaskanal (14) einer Verbrennungskraftmaschine (16) angeordneten Speicher­katalysators (12), wobei der Verbrennungskraftmaschine (16)

Mittel zugeordnet sind, die durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine (16) eine Einstellung eines Arbeitsmodus ermöglichen und wobei zur Regeneration des Speicher­katalysators (12) die Verbrennungskraftmaschine (16) in einen Regenerationsbetrieb mit einem Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ eingestellt wird und eine Aufnahme und/oder Aufrechterhaltung des Regenerations­betriebes der Verbrennungskraftmaschine (16) in Abhängigkeit von einer Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine (16) und/oder einer angeforderten Last erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Überschreiten einer vorgebbaren Drehzahl­obergrenze (22) und/oder beim Überschreiten einer vorgebbaren Last­obergrenze (26) der Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine (16) mit dem Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ unterdrückt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Unterschreiten einer vorgebbaren Drehzahl­untergrenze (24) der Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine (16) unterdrückt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Unterschreiten einer vorgebbaren Last­untergrenze (28) der Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine (16) unterdrückt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehzahl und die Last in ein Kennfeld einfließen und anhand des Kennfeldes ein Betriebsbereich (30), in dem die Regeneration aufrechterhalten und/oder aufgenommen werden kann, festgelegt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Betriebsbereich (30) anhand der Drehzahl­obergrenze (22) und/oder Drehzahl­untergrenze (24) und/oder Last­obergrenze (26) und/oder Last­untergrenze (28) festgelegt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeneration drehmomentneutral durchgeführt wird.

Claims

1. Method for regulating a regeneration of a storage catalyst (12) disposed in an exhaust duct (14) of a combustion engine (16), wherein means are allocated to the combustion engine (16), which allow an adjustment of an operating mode through an at least temporary influence on at least one operating

parameter of the combustion engine (16), and wherein, for the regeneration of the storage catalyst (12), the combustion engine (16) is adjusted to a regeneration mode with an operating mode $\lambda \leq 1$, and the regeneration mode of the combustion engine (16) is initiated and/or maintained in dependence upon an engine speed of the combustion engine (16) and/or a required loading, **characterised in that** the regeneration mode of the combustion engine (16) with operating mode $\lambda \leq 1$ is suppressed, if a predetermined upper engine-speed threshold (22) is exceeded. and/or if a predetermined upper loading threshold (26) is exceeded.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the regeneration mode of the combustion engine (16) is suppressed, if the engine speed falls below a predetermined lower engine-speed threshold (24).
3. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the regeneration mode of the combustion engine (16) is suppressed, if the loading falls below a predetermined lower loading threshold (28).
4. Method according to claim 1, **characterised in that** the engine speed and the loading are entered into a characteristic diagram, and that an operating range (30), within which the regeneration can be maintained and/or initiated, is determined on the basis of the characteristic diagram.
5. Method according to claim 4, **characterised in that** an operating range (30) is determined on the basis of the upper engine-speed threshold (22) and/or lower engine-speed threshold (24) and/or the upper loading threshold (26) and/or lower loading threshold (28).
6. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the regeneration is implemented in a manner, which is neutral with reference to torque.

Revendications

1. Procédé destiné au réglage d'une régénération d'un catalyseur à accumulation (12) disposé dans un tuyau de gaz d'échappement (14) d'un moteur à combustion interne (16), des moyens étant associés au moteur à combustion interne (16), qui permettent un réglage d'un mode de fonctionnement en influençant au moins temporairement au moins un paramètre de fonctionnement du moteur à combustion interne (16) et, pour la régénération du catalyseur à accumulation (12), le moteur à combustion

interne (16) étant établi à un régime de régénération sur un mode de fonctionnement avec $\lambda \leq 1$, et un déclenchement et/ou un maintien du régime de régénération du moteur à combustion interne (16) étant effectués en fonction d'une vitesse de rotation du moteur à combustion interne (16) et/ou d'une charge demandée, **caractérisé en ce que**, lors du dépassement d'une limite supérieure de vitesse de rotation (22) pouvant être prédéterminée et/ou lors du dépassement d'une limite supérieure de charge (26) pouvant être prédéterminée, le régime de régénération du moteur à combustion interne (16) en mode de fonctionnement avec $\lambda \leq 1$ est supprimé.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lorsqu'une limite inférieure de vitesse de rotation (24) pouvant être prédéterminée n'est pas atteinte, le régime de régénération du moteur à combustion interne (16) est supprimé.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, lorsqu'une limite inférieure de charge (28) pouvant être prédéterminée n'est pas atteinte, le régime de régénération du moteur à combustion interne (16) est supprimé.
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la vitesse de rotation et la charge entrent dans un champ caractéristique, et **en ce qu'**une plage de fonctionnement (30), dans laquelle la régénération peut être maintenue et/ou déclenchée, est définie à l'aide du champ caractéristique.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**une plage de fonctionnement (30) est définie à l'aide de la limite supérieure de vitesse de rotation (22) et/ou de la limite inférieure de vitesse de rotation (24) et/ou de la limite supérieure de charge (26) et/ou de la limite inférieure de charge (28).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la régénération est effectuée de façon neutre par rapport au couple de rotation.

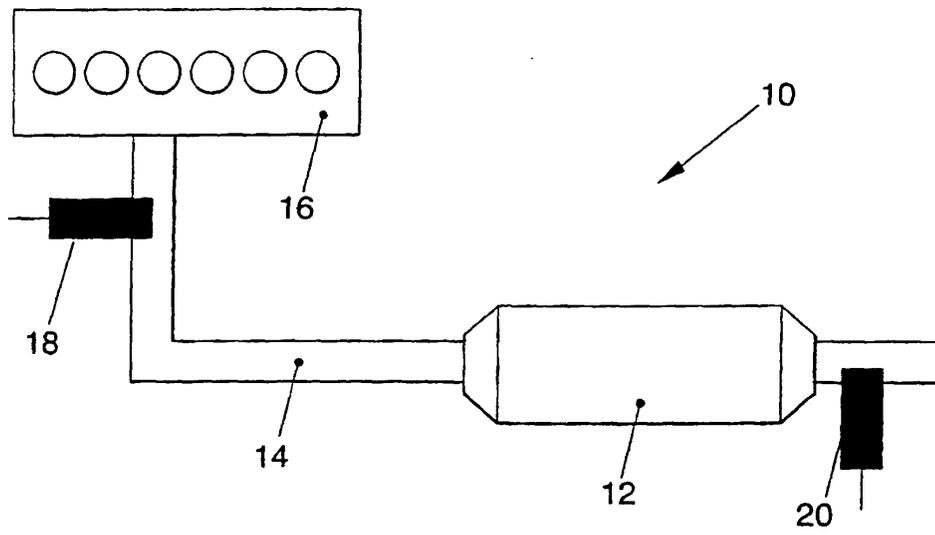


FIG. 1

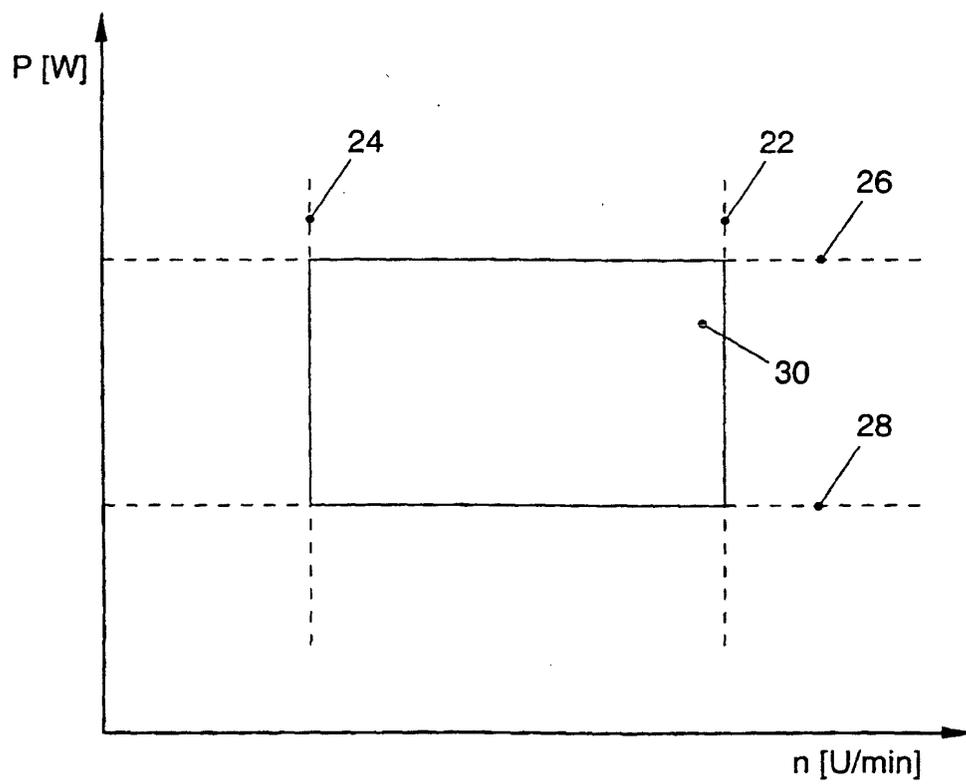


FIG. 2