



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 40 802 B4** 2004.10.21

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 40 802.5**
(22) Anmeldetag: **27.08.1999**
(43) Offenlegungstag: **12.04.2001**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.10.2004**

(51) Int Cl.⁷: **B60R 16/02**
F01N 9/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

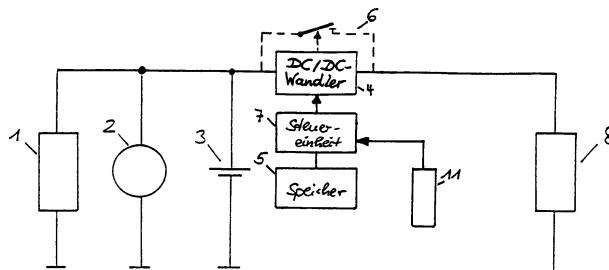
(71) Patentinhaber:
AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE

(72) Erfinder:
Kreipp, Alfons-Martin, 91171 Greding, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 44 21 066 C2
DE 42 23 854 C2
DE 198 04 098 A1
DE 196 40 577 A1
DE 43 14 860 A1
EP 05 33 037 A
JP 04-2 76 111 A
OTTO, Erhard, u.a.: Die Systementwicklung des
elektrisch heizbaren Katalysators E-Kat für die
LEV- und EU-III-Gesetzgebung. In:
Motortechnische
Zeitschrift 56, (1995) 9 S.488-S.498;

(54) Bezeichnung: **Anordnung zum elektrischen Beheizen eines Katalysators**

(57) Hauptanspruch: Anordnung zum elektrischen Beheizen eines Katalysators, mit einer Energieversorgungseinheit (3, 4), um einer Heizvorrichtung (8) des Katalysators elektrische Energie zuzuführen, und mit einer Steuereinrichtung (7), um durch Ansteuerung der Energieversorgungseinheit (3, 4) die Energieabgabe der Energieversorgungseinheit (3, 4) an die Heizvorrichtung (8) des Katalysators einzustellen, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (7) die Energieabgabe der Energieversorgungseinheit (3, 4) in Übereinstimmung mit einer bestimmten, dem zu beheizenden Katalysator (8) zugeordneten zeitabhängigen Heizkennlinie einstellt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zum elektrischen Beheizen eines Katalysators nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Katalysatoren werden in der Abgasleitung von Kraftfahrzeugen zur Abgasreinigung verwendet. Hierzu sind Dreiwege-Reduktions- und Oxidationskatalysatoren bekannt. Die im Abgas enthaltenen Schadstoffe können jedoch von dem Katalysator nur dann konvertiert werden, wenn die Temperatur des Katalysators eine bestimmte Mindesttemperatur in der Größenordnung von ca. 250°C erreicht hat. Liegt die Temperatur des Katalysators unterhalb dieser Aktivierungstemperatur, arbeitet der Katalysator nicht.

[0003] Nach dem Starten erwärmt sich der Katalysator allmählich durch das Abgas des Motors und erreicht nach einer gewissen Zeit die erforderliche Aktivierungstemperatur. Wenn jedoch die Motortemperatur, wie z.B. beim Kaltstart, niedrig ist, kann bis zum Erreichen der Aktivierungstemperatur eine relativ lange Zeitspanne vergehen. Darüber hinaus wird ein gewisser Teil der Abgastemperatur durch die Wand der Abgasleitung absorbiert.

[0004] Aus diesem Grunde wurde vorgeschlagen, in Kraftfahrzeugen neben einem Unterbodenkatalysator, der in der Regel im Fahrzeugbereich unterhalb der Feststellbremse zwischen dem Fahrer- und dem Beifahrersitz angeordnet ist, einen motornahen Katalysator vorzusehen, welchem somit heißere Abgasluft zugeführt werden kann, die zu einer schnelleren Aufheizung und demzufolge einer schnelleren Konvertierungsfähigkeit führt.

[0005] Immer strengere Abgasvorschriften erfordern jedoch eine noch schnellere Konvertierung und somit eine noch schnellere Aufheizung des Katalysators, um eine zuverlässige Reinigung der Abgasluft zu gewährleisten.

[0006] Aus diesem Grund ist zudem die Verwendung von elektrisch beheizbaren Katalysatoren bekannt. Der nachfolgend der Einfachheit halber als E-Katalysator bezeichnete elektrisch beheizbare Katalysator ist in der Regel scheibenförmig mit einer Dicke von 10-15mm ausgebildet und vor dem motornahen Katalysator angeordnet. Im Inneren ist der E-Katalysator, wie beispielsweise in der DE 196 40 577 A1 beschrieben ist, durch ein spiralförmig gewickeltes flaches Metallblech gebildet, in dessen Zwischenraum ein gewelltes Metallblech angeordnet ist. An die Enden des flachen Metallblechs wird eine Versorgungsspannung von beispielsweise 12V angelegt, wodurch die Heizwirkung hervorgerufen wird. Der Innenwiderstand des E-Katalysators liegt z.B. in der Größenordnung von 0,1Ω.

[0007] Die Energieversorgung des E-Katalysators erfolgt bekanntermaßen über eine Batterie, welche zum Beheizen an die Heizvorrichtung des E-Katalysators angelegt wird. Durch die Verwendung eines derartigen E-Katalysators kann eine schnellere Aufheizung und somit ein deutlich verbessertes Konvertierungsverhalten erzielt werden.

[0008] In den Druckschriften DE-C2-44 21 066, JP-A-0 42 76 111 und EP-A-0 533 037 wird vorgeschlagen, die Heizvorrichtung des elektrisch beheizbaren Katalysators (E-Katalysators) über einen Kondensator mit Energie zu versorgen. Der Kondensator kann durch einen Leistungsschalter von der Heizvorrichtung getrennt und über einen mit der Fahrzeugbatterie verbundenen DC/DC-Wandler aufgeladen werden. Hat der Kondensator eine ausreichend hohe Ladespannung erreicht, wird der Schalter geschlossen, und der Kondensator entlädt sich über die Heizvorrichtung des E-Katalysators, wodurch diese erwärmt wird. Durch die Verwendung eines Kondensators als Energiespeicher für die Heizvorrichtung des E-Katalysators kann die Ansprechzeit des E-Katalysators nochmals verkürzt und somit eine schnellere Konvertierung durch den E-Katalysator erzielt werden.

[0009] Bei der Entwicklung von neueren Katalysatoren müssen diese derart ausgelegt werden, daß sie die augenblicklich geforderten Grenzwerte für den Schadstoffgehalt der katalysierten Abgasluft deutlich unterschreiten, damit der Katalysator die Grenzwerte auch noch nach einer durch die Betriebszeit hervorgerufenen Alterung einhalten kann. Derzeit wird insbesondere an der Entwicklung von elektrisch beheizbaren Katalysatoren gearbeitet, welche nach ca. 4s die Aktivierungstemperatur von ca. 250°C erreicht haben sollen.

[0010] In der Motortechnischen Zeitschrift 56 (1995) 9, S. 488 bis 498, wird eine Anordnung zum Aufheizen eines elektrisch beheizbaren Katalysators dargestellt, bei der die Katalysatortemperatur überwacht und auf die

gewünschte Temperatur geregelt wird.

[0011] Eine ähnliche Anordnung wird auch in der DE 198 04 098 A1 beschrieben. Auch hier wird die Temperatur des Katalysators gemessen und auf einen gewünschten Sollwert geregelt. Bei einem derartigen Verfahren ist in jedem Fall ein Regelkreis mit Sensoren zum schnellen Aufheizen des Katalysators nötig, was einen Hardware- und Schaltungsaufwand bedeutet. Zudem kann der anfängliche Wert der Energieabgabe weit unter dem tatsächlich benötigten Wert liegen, was zu einer Verzögerung des Aufheizvorgangs führen kann, bis der Regelkreis die Energieabgabe auf den tatsächlich benötigten Wert bringt.

Aufgabenstellung

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Anordnung zum Beheizen eines elektrisch beheizbaren Katalysators vorzuschlagen, welche einerseits mit einfachen Mitteln sowie billig aufgebaut werden kann und andererseits ein möglichst rasches Erreichen der Aktivierungstemperatur des Katalysators gewährleistet, um eine hochqualitative Abgasreinigung sicherzustellen.

[0013] Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfindung durch eine Anordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche definieren bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

[0014] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, eine Steuereinrichtung vorzusehen, welche durch Ansteuerung der Energieversorgungseinheit der Heizanordnung den zeitlichen Verlauf der Energieabgabe an die Heizvorrichtung des zu beheizenden Katalysators steuert. Die Energieversorgungseinheit kann dabei insbesondere die Fahrzeugbatterie sowie einen damit verbundenen und von einer Steuereinrichtung ansteuerbaren DC/DC-Wandler umfassen. Die Verwendung eines steuerbaren DC/DC-Wandlers ist insbesondere bei Anbindung an Bordnetzen vorteilhaft, die mit einer relativ hohen Spannung, beispielsweise 36V oder 42V betrieben werden, so daß mit Hilfe des DC/DC-Wandlers die zum Betreiben der Heizvorrichtung benötigte Spannung durch Heruntersetzen der Bordnetzspannung erhalten wird, da in diesem Fall der DC/DC-Wandler im Vergleich zum Fall des Heraufsetzens der Batterie- oder Bordnetzspannung einfacher und kostengünstiger ausgestaltet werden kann. In diesen Fällen kann als nochmals kostengünstigere Variante anstelle eines DC/DC-Wandlers auch lediglich ein einfacher elektronisch steuerbarer Schalter, insbesondere ein verlustarmer Halbleiterschalter, verwendet werden, der von der Steuereinrichtung zum Takten der Leistungsabgabe an die Heizvorrichtung entsprechend angesteuert wird.

[0015] Die Ansteuerung der Energieversorgungseinheit durch die Steuereinrichtung erfolgt in Übereinstimmung mit einer vorgegebenen Heizkennlinie, welche die der Heizvorrichtung des zu beheizenden Katalysators in Abhängigkeit von der Zeit die zuzuführende elektrische Energiemenge festlegt.

[0016] Dabei kann die Heizkennlinie insbesondere derart sein, daß bereits innerhalb der ersten Sekunde der Großteil der Gesamt-Heizenergie abgegeben wird. Hierzu wird gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel vorgeschlagen, während der ersten Sekunde der Heizvorrichtung des Katalysators eine Leistung von ca. 8-9kW zuzuführen und anschließend die elektrische Heizleistung drastisch zu verringern, so daß die Heizleistung nach zwei Sekunden nurmehr ca. 1-2kW beträgt und nach fünf bis sechs Sekunden auf 0KW abgesunken ist.

[0017] Durch die zeitliche Steuerung der Energieabgabe der Energieversorgungseinheit kann mit einfachen und billigen Mitteln ein rasches Erreichen der Aktivierungstemperatur des elektrisch beheizbaren Katalysators erzielt und somit eine schnelle Konvertierung und hochqualitative Abgasreinigung gewährleistet werden. Dies gilt insbesondere für Bordnetze, die mit relativ hohen Spannungen (z.B. 36V oder 42V) betrieben werden.

Ausführungsbeispiel

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher beschrieben.

[0019] Fig. 1 zeigt den Aufbau einer Anordnung zum elektrischen Beheizen eines Katalysators gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

[0020] Fig. 2 zeigt ein Katalysatorsystem bestehend aus einem elektrisch beheizbaren Katalysator, einem Stützkatalysator und einem Dreiwege-Katalysator, und

[0021] Fig. 3 zeigt einen angestrebten Verlauf der zum Aufheizen des elektrisch beheizbaren Katalysators benötigten Leistung.

[0022] In Fig. 1 ist eine Anordnung zum elektrischen Beheizen eines elektrisch beheizbaren Katalysators (E-Katalysators) gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt.

[0023] Als Energieversorgungseinheit zum Beheizen des mit dem Bezugszeichen 8 versehenen E-Katalysators bzw. dessen Heizvorrichtung dient die Fahrzeugbatterie 3 des entsprechenden Kraftfahrzeugs, welche beispielsweise eine Spannung von 12V, 36V oder 42V bereitstellt. Von der Fahrzeugbatterie 3 wird dem E-Katalysator 8 elektrische Energie über einen DC/DC-Wandler 4 zugeführt. Des weiteren ist in Fig. 1 ein Generator 2 dargestellt, welcher als Energieversorgung für das Bordnetz 1 des Kraftfahrzeugs bzw. der daran angeschlossenen Verbraucher sowie zum Aufladen der Fahrzeugbatterie 3 dient.

[0024] Der E-Katalysator kann beispielsweise wie in Fig. 2 gezeigt angeordnet sein, wobei in Fig. 2 der Aufbau eines motornahen Katalysators bestehend aus dem E-Katalysator 8, einem Stützkatalysator 9 und einem Dreiwege-Katalysator 10 dargestellt ist. Dem E-Katalysator wird über die Abgasleitung eines Kraftfahrzeugs in Pfeilrichtung der Abgasstrom zugeführt.

[0025] Der DC/DC-Wandler 4 wird von einer Steuereinheit 7 angesteuert, die auch integraler Bestandteil des DC/DC-Wandlers 4 sein kann. Die Steuereinheit 7 kann durch Ein- und Ausschalten des DC/DC-Wandlers 4 den Heizvorgang gezielt starten oder unterbrechen. Die Ansteuerung des DC/DC-Wandlers 4 durch die Steuereinheit 7 erfolgt andererseits derart, daß die zeitliche Heizenergieabgabe des DC/DC-Wandlers 4 an den E-Katalysator 8 gezielt eingestellt wird, wobei dies in Übereinstimmung mit einer dem jeweiligen E-Katalysatortyp entsprechenden Heizkennlinie erfolgt. Durch die Heizkennlinie wird der Steuereinheit 7 vorgegeben, wie der DC/DC-Wandler 4 in Abhängigkeit von der Zeit anzusteuern ist, um den angestrebten zeitlichen Verlauf der Energieabgabe zu realisieren.

[0026] Die Flexibilität der in Fig. 1 gezeigten Anordnung wird erhöht, wenn der Steuereinheit 7 ein Kennlinienspeicher 5 zugeordnet wird, in dem für unterschiedliche zu betreibende E-Katalysatortypen die jeweils optimalen Heizkennlinien gespeichert sind, so daß ohne Änderung der Hardware verschiedene E-Katalysatortypen mit der in Fig. 1 gezeigten Anordnung betrieben werden können.

[0027] Ist die von der Fahrzeugbatterie 3 bereitgestellte Versorgungsspannung größer als die zum Beheizen des E-Katalysators 8 benötigte Spannung, kann anstelle des DC/DC-Wandlers 4 auch lediglich ein in Fig. 1 gestrichelt dargestellter elektronisch steuerbarer Schalter 6, insbesondere ein verlustarmer Halbleiterschalter, zum Takten der Energieabgabe an den E-Katalysator 8 verwendet werden. Auch in diesem Fall erfolgt die Ansteuerung über die Steuereinheit 7, welche den Schalter 6 insbesondere in Übereinstimmung mit einer bestimmten Heizkennlinie gezielt ein- und ausschaltet, um somit über das Tastverhältnis zwischen den Einschalt- und Ausschaltphasen des steuerbaren Schalters 6 die Energieabgabe an den E-Katalysator 8 einzustellen.

[0028] Gemäß einem weiteren (nicht gezeigten) Ausführungsbeispiel ist zur zeitabhängigen Einstellung der Energieabgabe an den E-Katalysator 8 die Verwendung eines Spannungsreglers mit einstellbarer Ausgangsspannung vorgesehen, der den DC/DC-Wandler 4 bzw. den Schalter 6 ersetzt und in Abhängigkeit von der Steuereinheit 7 die an den E-Katalysator 8 angelegte Heizspannung einstellt.

[0029] Nachfolgend soll unter Bezugnahme auf Fig. 3 ein mögliches Ausführungsbeispiel für eine von der Steuereinheit 7 zu verwendende Heizkennlinie erläutert werden.

[0030] Wie bereits eingangs erwähnt worden ist, wird eine möglichst rasche Erwärmung des E-Katalysators angestrebt. Eine optimale Lösung würde darin bestehen, bereits in der ersten Sekunde nach Inbetriebnahme des Katalysators diejenige Leistung in den Katalysator zu leiten, welche zum Erwärmen einerseits der Metallbleche des E-Katalysators und andererseits des (bei einem Kaltstart) relativ kalten Abgases von 20°C auf 300°C erforderlich ist. In den nachfolgenden Sekunden müßte dann nurmehr diejenige Energie oder Leistung zugeführt werden, welche zur Erwärmung des Abgasmassenstroms von seiner aktuellen Temperatur auf 300°C erforderlich ist. Hat die Abgastemperatur Werte oberhalb von 300°C erreicht, kann die externe Beheizung gegebenenfalls abgeschaltet werden.

[0031] Wird davon ausgegangen, daß das zu erwärmende Metallblech des E-Katalysators ca. 50g wiegt, wird für eine schlagartige Erwärmung auf 300°C eine Energie von ca. 7kWs benötigt. Wird des weiteren davon ausgegangen, daß der Abgasmassenstrom zeitlich konstant zusammengesetzt ist, ergibt sich für eine Zeitdauer

von 10s nach Einschalten des Verbrennungsmotors des Kraftfahrzeugs der in der folgenden Tabelle dargestellte beispielhafte Leistungsbedarf:

Zeit [s]	T [°C]	P [kW] E-Kat	P [kW] Luft	Summe P [kW]
0	20	7	1,59	8,59
1	31	7	1,53	8,53
2	60	0	1,36	1,36
3	135	0	0,94	0,94
4	215	0	0,48	0,48
5	277	0	0,13	0,13
6	330	0	0,00	0,00
7	374	0	0,00	0,00
8	407	0	0,00	0,00
9	433	0	0,00	0,00
10	455	0	0,00	0,00

[0032] In **Fig. 3** ist der zeitliche Verlauf der Summe (fünfte Spalte der Tabelle) aus der zum Erwärmen des E-Katalysators (dritte Tabellenspalte) und der zum Erwärmen der Abgasluft (vierte Tabellenspalte) erforderlichen Heizleistung aufgetragen.

[0033] Der Darstellung von **Fig. 3** kann entnommen werden, daß innerhalb der ersten zwei Sekunden der deutlich überwiegende Teil der Heizenergie abgegeben wird. Insbesondere wird der E-Katalysator zu Beginn mit einer relativ hohen Heizleistung von ca. 8-9kW, gemäß der obigen Tabelle insbesondere mit 8,59kW, beheizt, wobei bereits anschließend die Heizleistung stetig derart verringert werden kann, daß sie nach zwei Sekunden lediglich 1-2kW und nach ca. sechs Sekunden 0kW beträgt. D.h. bereits nach sechs Sekunden kann von der Steuereinheit **7** der Schalter **6** geöffnet werden. Die in **Fig. 3** gezeigte und durch die obige Tabelle repräsentierte Heizkennlinie gewährleistet somit eine rasche Erwärmung des E-Katalysators **8** ohne unnötigen Energieverbrauch.

[0034] Bei der Ansteuerung des DC/DC-Wandlers durch die Steuereinheit **7** kann es sich um eine Steuerung im eigentlichen Sinne handeln, d.h. die Energieabgabe des DC/DC-Wandlers **4** wird ohne Berücksichtigung möglicher Istwerte bestimmter Betriebsparameter ausschließlich in Übereinstimmung mit der vorgegebenen Heizkennlinie eingestellt.

[0035] Ebenso ist jedoch auch die Ausgestaltung in Form einer Regelschleife denkbar. Zu diesem Zweck kann beispielsweise ein Abgassensor **11**, z.B. in Form einer Lambdasonde, vorgesehen sein, der die Schadstoffkonzentration des von dem E-Katalysator **8** oder der in **Fig. 2** gezeigten Gesamtkatalysatoranordnung abgegebenen Abgasstroms erfaßt und der Steuereinheit **7** mitteilt. Insbesondere ist in diesem Fall die Verwendung einer 'schnellen' Lambdasonde vorteilhaft, welche innerhalb kürzester Zeit betriebsbereit ist und korrekte Werte liefert. Die Steuereinheit **7** übernimmt in diesem Fall die Funktion eines Reglers und vergleicht den ihr zugeführten Istwert der Schadstoffkonzentration mit einem vorgebbaren Sollwert, um davon abhängig ein Stellsignal für den DC/DC-Wandler **4** zur Einstellung der Heizenergieabgabe zu erzeugen. Zusätzlich oder alternativ kann beispielsweise auch die Temperatur des E-Katalysators **8** erfaßt und ausgewertet werden. Diese Regelung kann in Kombination mit der zuvor beschriebenen Steuerung eingesetzt werden, um z.B. die infolge einer vorgegebenen Heizkennlinie vorgenommenen Einstellungen des DC/DC-Wandlers **4** nachzuregeln.

Patentansprüche

1. Anordnung zum elektrischen Beheizen eines Katalysators, mit einer Energieversorgungseinheit (**3, 4**), um einer Heizvorrichtung (**8**) des Katalysators elektrische Energie zuzuführen, und mit einer Steuereinrichtung (**7**), um durch Ansteuerung der Energieversorgungseinheit (**3, 4**) die Energieabgabe der Energieversorgungseinheit (**3, 4**) an die Heizvorrichtung (**8**) des Katalysators einzustellen, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Steuereinheit (7) die Energieabgabe der Energieversorgungseinheit (3, 4) in Übereinstimmung mit einer bestimmten, dem zu beheizenden Katalysator (8) zugeordneten zeitabhängigen Heizkennlinie einstellt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieversorgungseinheit einen von einer Versorgungsspannungsquelle (3) betriebenen DC/DC-Wandler (4) umfasst, dessen Energieabgabe an die Heizvorrichtung (8) durch die Steuereinrichtung (7) einstellbar ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieversorgungseinheit einen mit einer Versorgungsspannungsquelle (3) verbundenen steuerbaren Schalter (6) umfasst, dessen Ein- und Ausschaltphasen von der Steuereinrichtung (7) zur Einstellung der Energieabgabe an die Heizvorrichtung (8) einstellbar sind.

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieversorgungseinheit einen Spannungsregler umfasst, dessen an die Heizvorrichtung (8) angelegte Ausgangsspannung durch die Steuereinrichtung (7) einstellbar ist.

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuereinrichtung (7) ein Kennlinienspeicher (5) zugeordnet ist, in dem für verschiedene Katalysatortypen entsprechende Kennliniendaten betreffend die den unterschiedlichen Katalysatortypen zugeordneten Heizkennlinien gespeichert sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

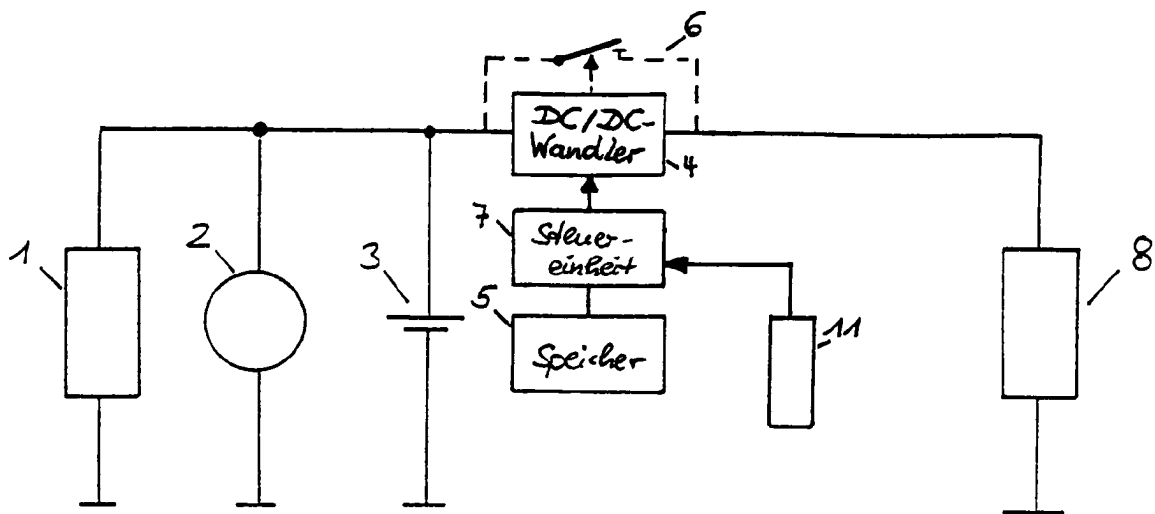


FIG.1

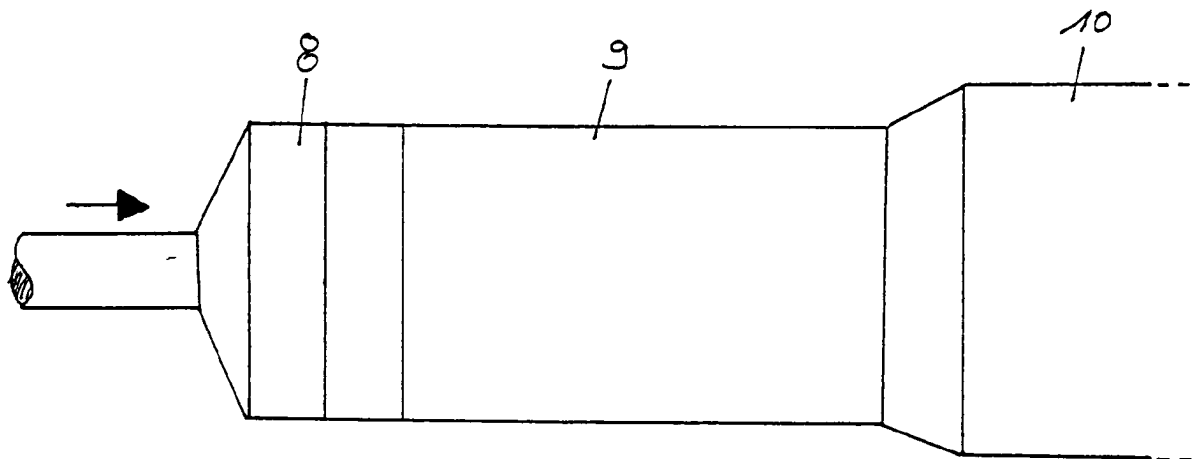


FIG.2

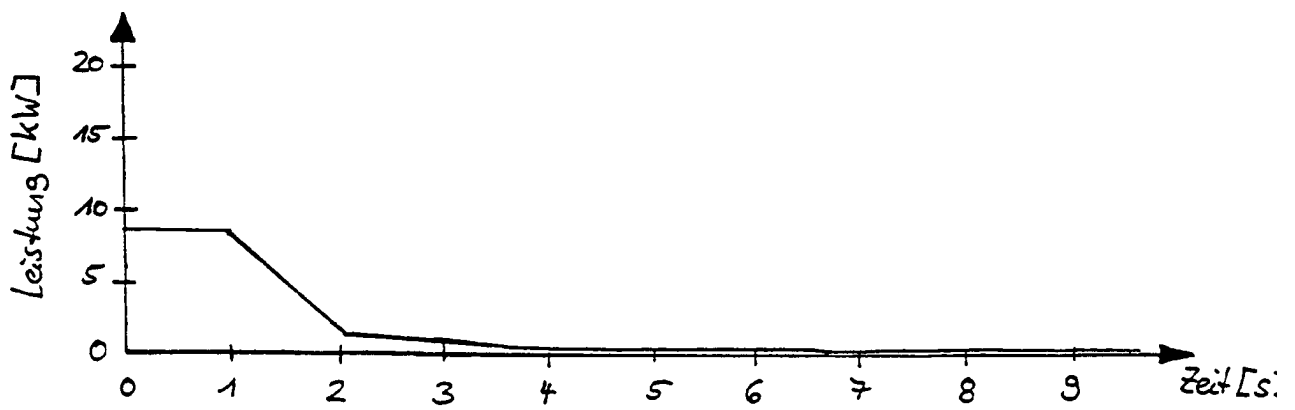


FIG. 3