(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2012 209 202 A1** 2012.12.06

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 209 202.1**
(22) Anmeldetag: **31.05.2012**
(43) Offenlegungstag: **06.12.2012**

(51) Int Cl.: ***B60W 20/00*** (2012.01)
B60W 10/18 (2012.01)
B60W 10/30 (2012.01)
F01N 9/00 (2012.01)
F01N 3/10 (2012.01)

(30) Unionspriorität:
13/153,534 **06.06.2011** **US**

(71) Anmelder:
GM Global Technology Operations LLC (n.d. Ges. d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US

(74) Vertreter:
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336, München, DE

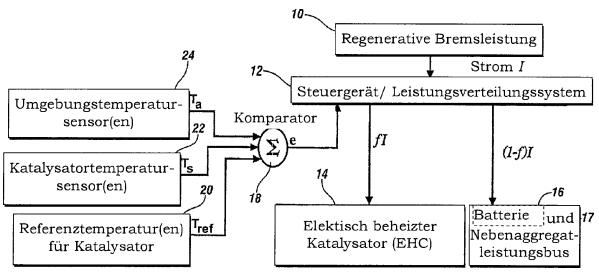
(72) Erfinder:
Verbrugge, Mark W., Troy, Mich., US;
Ramanathan, Karthik, Bangalore, Karnataka, IN

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Verwenden eines regenerativen Bremssystems zum Beheizen eines Kraftfahrzeugkatalysators und zum Antreiben von anderen elektrischen Nebenaggregaten**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren für ein Kraftfahrzeug umfasst das Verwenden eines regenerativen Bremssystems, das infolge des Betätigens der regenerativen Bremsen einen elektrischen Strom erzeugt, und das Senden mindestens eines Teils des elektrischen Stroms direkt zu einem elektrischen Nebenaggregat des Fahrzeugs und das Umgehen der Batterie. Ein elektrisches Nebenaggregat kann ein elektrisch beheizter Katalysator sein.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Diese Erfindung betrifft ein System, das einen Katalysator beheizt oder andere elektrische Nebenaggregate eines Fahrzeugs durch Verwenden von elektrischem Strom antreibt, der durch ein regeneratives Bremssystem erzeugt wird.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Regenerative Bremsen bremsen ein Kraftfahrzeug bzw. bringen es zum Anhalten, indem sie die kinetische Energie des Fahrzeugs in der Form von Bewegung durch Verwendung eines in dem Generatormodus betriebenen Elektromotors/Generators in elektrische Energie umwandeln. Der Generatormodus setzt ein, wenn ein Fahrer des Fahrzeugs das Bremspedal betätigt. Ein Bremsensteuergerät erfasst den Betrag des Niederdrückens des Pedals und sendet dann eine Eingabemeldung zu einem Motorsteuergerät, wie viel regeneratives Bremsen nötig ist. Es wird mit anderen Worten eine Bremssteuerungsforderung eingeleitet. Das Motorsteuergerät reagiert mittels Spannungssteuerung, um dem Motor/Generator den Befehl zu geben, von dem Antriebsmodus in den Generatormodus, d. h. zu regenerativem Bremsen, zu wechseln und elektrische Energie zu erzeugen. Diese erzeugte elektrische Energie in Form eines elektrischen Stroms wird normalerweise zum Aufladen der Fahrzeugbatterie verwendet.

[0003] Verglichen mit herkömmlichen Reibbremsen, die lediglich die kinetische Energie des Kraftfahrzeugs in Wärme umwandeln, die in die Atmosphäre abgeführt wird, d. h. die durch Reibbremsen in Wärme verwandelte Energie geht verloren, ist die Verwendung von Bremsenergie, um die Kraftfahrzeugbatterie aufzuladen, eine große Verbesserung des Energiemanagements. Das Aufladen der Fahrzeugbatterie, um die Batterie lediglich unmittelbar zu entladen, um an anderer Stelle in dem Fahrzeug elektrische Energie bereitzustellen, ist aber immer noch mit Verlusten bei der erreichbaren Energie verbunden. Weiterhin verkürzt ein unnötiger Amperestunden(Ah)-Durchsatz die Lebensdauer der Batterie.

[0004] Für Kraftfahrzeuge, seien es nun batteriebetriebene Fahrzeuge, durch Brennkraftmaschinen betriebene Fahrzeuge oder ein Hybridfahrzeug oder beides, gelten auch verschiedene Umweltschutzbestimmungen bezüglich Emission. Eine Möglichkeit zum Einhalten von Emissionsauflagen bei einem eine Brennkraftmaschine enthaltenden Fahrzeug ist das Leiten seiner Abgasemissionen durch einen Katalysator. Katalysatoren, ob sie nun für Benzinbrennkraftmaschinen oder für Dieselbrennkraftmaschinen gedacht sind oder ob es sich bei ihnen um einen Dreiwegekatalysator, Dieseloxidationskatalysator oder eine Mager-NO_x-Falle handelt, arbeiten am effizientesten, wenn sie auf eine bestimmte Mindesttemperatur, d. h. ihre Anspringtemperatur, erwärmt werden. Wie hierin verwendet nutzen wir den Begriff Katalysator in einem allgemeinen Sinn für alle Arten von unterschiedlich konstruierten Katalysatoren.

[0005] Nur durch eine Brennkraftmaschine angetriebene Kraftfahrzeuge erwärmen den Katalysator schnell von seinem Kaltstartzustand und halten ihn während des Großteils des Fahrzeugbetriebs bei seiner Anspringtemperatur warm, um unerwünschte Emissionen zu reduzieren. Hybridfahrzeuge, die sowohl mit Elektromotoren als auch Brennkraftmaschinen laufen, werfen aber ein komplizierteres Problem auf. Die Brennkraftmaschine wird nur zeitweise genutzt. Häufig wird die Brennkraftmaschine nicht genutzt, wenn der Elektromotor das Fahrzeug antreibt. Somit wird auch der Katalysator nur zeitweise genutzt und kühlt zwischen Nutzungszeiträumen ab. Daher wird der Katalysator über einen wesentlichen Teil seiner Nutzung eventuell bei Temperaturen unterhalb des Anspringens verwendet, da er wiederholt zu seinen Kaltstartzuständen zurückkehrt. Bei manchen Fahrzeugen, wie etwa Elektrofahrzeugen mit vergrößerter Reichweite oder Steckdosenhybridelektrofahrzeugen, wird die Brennkraftmaschine während der von dem Fahrzeug zurückgelegten ersten Kilometer eventuell nicht in Betrieb genommen.

[0006] Es ist wünschenswert, dass der Katalysator in einem Hybridfahrzeug vorgewärmt wird, damit er während der zeitweisen Nutzung der Brennkraftmaschine bei seinen Anspringtemperaturen oder über den Anspringtemperaturen arbeitet. Es ist bekannt, elektrisch beheizte Katalysatoren (EHC, kurz vom engl. Electrically Heated Catalytic Converters) mit der Fahrzeugbatterie zu verbinden, um den Katalysator vorzuwärmen. Eine solche Technologie bewirkt aber ein übermäßiges Entladen und Abgeben von Energie aus der Batterie, was die Lebensdauer der Fahrzeugbatterie reduziert.

[0007] Erwünscht ist ein regeneratives Bremssystem, das die erforderliche elektrische Energie direkt an eine stromverbrauchende Vorrichtung, zum Beispiel einen elektrisch beheizten Katalysator, liefert und dabei die Batterie des Fahrzeugs umgeht.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Ein Verfahren zum Beheizen eines Katalysators für ein Kraftfahrzeug umfasst das Vorsehen eines regenerativen Bremssystems, das infolge des Betätigens der regenerativen Bremsen elektrischen Strom erzeugt. Die regenerativen Bremsen werden von einem Motorsteuergerät gesteuert, das zum Beispiel erfasst, wenn das Bremspedal niedergedrückt wird. Das Bremsensteuergerät erfasst den Betrag des Niederdrückens des Pedals und sendet dem

Motorsteuergerät eine entsprechende Meldung. Das Motorsteuergerät sendet wiederum einen entsprechenden Befehl zu einem Motor/Generator, der den Motor/Generator von einem Motormodus, der an den Rädern Energie anlegt, d. h. einem Antriebsmodus, zu einem Generatormodus, d. h. einem Modus regenerativen Bremsens, der kinetische Energie von den Rädern in elektrischen Strom umwandelt, umschaltet. Mindestens ein Teil des elektrischen Stroms wird zu einem elektrischen Heizer gesendet, der mit dem Katalysator integriert ist, um unter Umgehen einer Batterie in dem Kraftfahrzeug den Katalysator zu beheizen.

[0009] Vorzugsweise wird der dem Katalysator zu liefernde Teil eines elektrischen Stroms durch Vergleichen einer vorbestimmten Referenztemperatur des Katalysators mit einer erfassten Temperatur des Katalysators ermittelt. Ein verbleibender Teil eines elektrischen Stroms von dem regenerativen Bremssystem wird zu einer Batterie oder einem anderen Fahrzeugnebenaggregat geleitet. Der zu dem Katalysator gesendete Teil des elektrischen Stroms kann auch durch Nutzen des Alterungszustands oder Ladezustands der Batterie und der Katalysatortemperatur ermittelt werden. Der Teil des zu dem Katalysator gesendeten elektrischen Stroms kann auch durch eine oder mehrere der folgenden Variablen aus der Gruppe von Brennkraftmaschinendrehzahl, Fahrzeuggeschwindigkeit, Katalysatorlebensdauer und Umgebungslufttemperatur ermittelt werden.

[0010] In einer Ausführungsform ist das regenerative Bremssystem in einem Elektrofahrzeug mit vergrößerter Reichweite vorgesehen, und der zu dem Katalysator geleitete Teil des elektrischen Stroms wird zum Teil durch Erfassen des in der Batterie verbliebenen Ladewerts ermittelt. Der elektrische Strom von dem regenerativen Bremssystem wird zu dem elektrisch beheizten Katalysator weitergeleitet, wenn ein Ladewert unter einem vorbestimmten Wert erfasst wird.

[0011] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung umfasst ein Verfahren zum Verbessern von Batterielebensdauer und zum Verringern von Ah-Durchsatz bei einer Batterie für ein Kraftfahrzeug das Vorsehen eines regenerativen Bremssystems, das infolge des Betätigens der regenerativen Bremsen elektrischen Strom erzeugt. Mindestens ein Teil des elektrischen Stroms wird zu einem elektrischen Nebenaggregat des Fahrzeugs gesendet und umgeht dabei die Batterie.

[0012] Vorzugsweise wird der Teil des elektrischen Stroms, der die Batterie umgeht und dem elektrischen Nebenaggregat direkt geliefert wird, durch Vergleichen eines Stromaufnahmebedarfs für das elektrische Nebenaggregat und Leiten eines verbleibenden Teils des elektrischen Stroms, der über der erforderlichen Stromaufnahme liegt, von dem regenerativen Bremssystem zu der Batterie oder einem anderen Fahrzeugnebenaggregat ermittelt.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] Nun erfolgt Bezugnahme auf die Begleitzeichnungen, wobei:

[0014] Fig. 1 ein Flussdiagramm ist, das schematisch das Erzeugen eines Stroms I durch die regenerativen Bremsen während eines Weiterleitens von Bremsleistung zu einem Steuergerät und Leiten eines Teils des gesamten elektrischen Stroms fI zu einem elektrisch beheizten Katalysator (EHC) veranschaulicht;

[0015] Fig. 2 ein Diagramm ist, das Modellierungsergebnisse für einen Katalysatortemperaturanstieg aufgrund des Anlegens von 10 kW regenerativer Bremsleistung bei verschiedenen anfänglichen Katalysatortemperaturen für Zeitspannen der regenerativen Bremsleistung von 1, 2 und 3 Sekunden veranschaulicht; und

[0016] Fig. 3 ein Diagramm ähnlich zu Fig. 2 ist, das Modellierungsergebnisse für einen Katalysatortemperaturanstieg aufgrund des Anlegens von 20 kW regenerativer Bremsleistung bei verschiedenen anfänglichen Katalysatortemperaturen für Zeitspannen der regenerativen Bremsleistung von 1, 2 und 3 Sekunden veranschaulicht.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0017] Unter Bezugnahme nun auf Fig. 1 wird ein regeneratives Bremssystem **10** aktiviert, wenn ein Fahrer das Bremspedal betätigt. Ein Bremsensteuergerät erfasst den Betrag des Niederdrückens des Pedals und sendet einem Motorsteuergerät eine Meldung, das wiederum ein entsprechendes Steuersignal zu einem Motor/Generator sendet, das den Motor/Generator in einen Generatormodus, d. h. in einen Modus regenerativen Bremsens statt in einen Antriebsmodus, versetzt. Bei Betätigen erzeugen die regenerativen Bremsen eine regenerative Bremsleistung, die wiederum einen elektrischen Strom I erzeugt, der zu einem Steuergerät/Leistungsverteilungssystem **12** weitergeleitet wird. Das Leistungsverteilungssystem leitet einen Teil des elektrischen Stroms fI direkt zu dem elektrisch beheizten Katalysator (EHC) **14** weiter. Der verbleibende Teil des Stroms (1 – f)I wird mittels eines Nebenaggregatleistungsbusses **17** zu der Batterie **16** oder einem anderen Nebenaggregat geleitet.

[0018] Das Leistungsverteilungssystem kann den Teil f durch Vorsehen eines Komparators **18** ermit-

teln, der die Differenz zwischen einer vorbestimmten Referenztemperatur **20** für den Katalysator und der von einem Katalysatortemperatursensor **22** erfassten tatsächlichen Temperatur des Katalysators ermittelt, um einen Fehlerfaktor e zur Eingabe zu dem Steuergerät zu bilden, um den Teil f zu berechnen. Mit anderen Worten: $e = T_s - T_{ref}$. Der Fehlerfaktor e kann eine kompliziertere Funktion sein, die die Umgebungslufttemperatur von dem Umgebungstemperatursensor **24** nutzt, was $e(T_s, T_{ref}, T_a)$ ergibt. Es können auch andere Variablen wie etwa Brennkraftmaschinendrehzahl oder U/min, Fahrzeuggeschwindigkeit, Katalysatorlebensdauer, Alterungszustand der Batterie oder Ladezustand der Batterie verwendet werden, um den Fehlerfaktor e zu ermitteln.

[0019] Der elektrisch beheizte Katalysator kann eine Metallmonolithkonstruktion aufweisen, so dass er sein eigener elektrischer Leiter oder Heizer ist.

[0020] Modellierungsergebnisse für das Anlegen des 10 kW starken regenerativen Bremssystems werden in Fig. 2 gezeigt, die Bremsenbetätigungen mit Zeitspannen von 1 Sekunde, 2 Sekunden und 3 Sekunden zeigt, wobei die regenerative Bremsleistung von 10 kW in der festgelegten Zeitspanne auf 0 kW linear gesenkt wird. Zum Beispiel kann man bei einer anfänglichen Temperatur von 20°C während einer Zeitspanne von einer Sekunde hinunter auf 0 kW sehen, dass die modellierte Endtemperatur auf über 100°C stieg. Eine Zeitspanne von zwei Sekunden erhöhte die Endtemperatur auf über 200°C. Eine Zeitspanne von drei Sekunden erzeugte eine Endtemperatur von fast 300°C. Ähnliche Temperaturanstiege bei Zeitspannen des regenerativen linearen Bremsens von ein, zwei und drei Sekunden von 10 kW auf 0 kW finden sich ebenfalls bei den anfänglichen Katalysatortemperaturen von 220°C und 420°C.

[0021] Während viele derzeitige Hybridautos kleinere Batterien aufweisen, die nur eine begrenzte Laderate haben, können einige größere Batterien, z. B. manche, die derzeit bei Elektrofahrzeugen mit vergrößerter Reichweite eingesetzt werden, eine Ladung bei nun größeren Aufladeraten aufnehmen. Fig. 3 zeigt Modellierungsergebnisse für ein größeres regeneratives Bremssystem von 20 kW, das die gleichen anfänglichen Katalysatortemperaturen von 20°C, 220°C und 420°C zeigt. Das Anlegen der 20 kW wird zunächst erzeugt und in der festgelegten Zeitspanne linear auf 0 kW abgesenkt. Signifikante Temperaturanstiege finden sich bei jedem Anlegen über ein, zwei oder drei Sekunden bei allen drei anfänglichen Temperaturen von 20°C, 220°C und 420°C.

[0022] Dieses Verfahren des Beheizens eines elektrisch beheizten Katalysators lässt sich bei verschiedenen Hybridelektrofahrzeugen anwenden. Es trägt dazu bei, den Katalysator bei oder näher bei seiner Anspringtemperatur zu halten, um einen optimalen Betrieb des Katalysators vorzusehen. Dieses direkte elektrische Beheizen des Katalysators hat bei der zeitweisen Verwendung der Brennkraftmaschine bei Hybrid- und Steckdosenhybridfahrzeugen eine nützliche Anwendung.

[0023] Eine offenkundige Anwendung lässt sich auch bei Elektrofahrzeugen mit vergrößerter Reichweite finden, die nur die Stromquelle verwenden, bis sie um einen bestimmten Betrag entladen ist, woraufhin die Brennkraftmaschine verwendet wird. Der Katalysator kann zum Beispiel vorgewärmt werden, wenn die Sensoren anzeigen, dass nur noch ein paar Kilometer Batterienutzung übrig sind, woraufhin der Katalysator dann durch Verwenden des regenerativen Bremssystems vorgewärmt und bereit sein kann, wenn sich die Brennkraftmaschine einschaltet. Ein Sensor kann den Ladewert der Batterie detektieren, und wenn der Wert bei oder unter einem gewissen vorbestimmten Wert liegt, kann die regenerative Bremsenergie dann zu dem elektrisch beheizten Katalysator geleitet werden.

[0024] Eine offenkundige Anwendung lässt sich auch bei Hybridbussen nutzen, die während des Stadtverkehrs häufige Stopps erfahren.

[0025] Auf diese Weise wird eine Reduzierung unerwünschter Emissionen von der Brennkraftmaschine mit niedrigem Energieaufwand durch Vorheizen des Katalysators vor Einschalten der Brennkraftmaschine erreicht. Diese Anwendung kann auch verwendet werden, um das Erreichen der Einhaltung von möglicherweise strengeren künftigen gesetzlichen Vorschriften im In- und Ausland, die Emissionen während der Kaltstartzeiträume bei normalen Katalysatoren beschränken, zu unterstützen. Durch direktes Verwenden der regenerativen Bremsleistung an dem elektrisch beheizten Katalysator werden weiterhin Verluste der erreichbaren Energie vermieden, wodurch der gesamte Energieverlust signifikant reduziert wird. Zum Beispiel führt regenerative Bremsenergie direkt zu der Batterie zu einem Verlust bei der Energieladung, und eine Entladung von der Batterie zu dem elektrisch beheizten Katalysator führt dann zu einem Entladungsenergieverlust. Bei der direkten Verwendung eines elektrischen Stroms aus regenerativem Bremsen bei dem elektrisch beheizten Katalysator wird dieser doppelte Verlust bei der erreichbaren Energie vermieden. Weiterhin wird ein unnötiger Ah-Durchsatz der Batterie vermieden, was die Batterielebensdauer eines Hybridfahrzeugs verbessert.

[0026] Auf diese Weise können größere regenerative Bremssysteme auch bei Fahrzeugen verwendet werden, da Batterien nun zwar nur eine begrenzte Aufladerate haben könnten, der überschüssige elektrische Strom eines regenerativen Batteriesystems oberhalb der Batterieaufladerate aber bei anderen

Nebenaggregaten verwendet werden kann. Neben dem elektrisch beheizten Katalysator können andere Anwendungen, zum Beispiel bei kalter Witterung elektrische Heizer für den Fahrzeuginnenraum oder bei heißer Witterung elektrisch betriebene Klimaanlagen, die von einem größeren regenerativen Bremssystem gelieferte Leistung nutzen. Wenn ein System den von dem regenerativen Bremssystem erzeugten elektrischen Strom nicht nutzen kann, kann der Komparator ein zweites Nebenaggregat erfassen, das Leistung benötigt, und den Strom direkt zu diesem Nebenaggregat oder der Batterie senden.

[0027] Es sind andere Änderungen und Abwandlungen möglich, ohne vom Schutzumfang und Wesen der durch die beigefügten Ansprüche festgelegten Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beheizen eines Katalysators für ein Kraftfahrzeug, umfassend:
Vorsehen eines regenerativen Bremssystems in dem Kraftfahrzeug zum Erzeugen eines elektrischen Stroms infolge des Betätigens der regenerativen Bremsen; und
Senden mindestens eines Teils des elektrischen Stroms direkt zu einem elektrischen Heizer, der mit dem Katalysator integriert ist, um den Katalysator zu beheizen, und Umgehen einer Batterie in dem Kraftfahrzeug.

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin umfassend:
Ermitteln des Teils des direkt dem Katalysator zu liefernden elektrischen Stroms durch Vergleichen einer vorbestimmten Referenztemperatur des Katalysators mit einer erfassten Temperatur des Katalysators und Leiten eines verbleibenden Teils des elektrischen Stroms von dem regenerativen Bremssystem geleitet zu der Batterie oder einem anderen Fahrzeugnebenaggregat.

3. Verfahren nach Anspruch 2, weiterhin umfassend:
dass das Ermitteln auch Umgebungslufttemperatur nutzt, um einen direkt dem Katalysator zu liefernden Teil des elektrischen Stroms zu berechnen.

4. Verfahren nach Anspruch 2, weiterhin umfassend:
dass das Ermitteln auch ein oder mehrere der folgenden Variablen aus der Gruppe von Brennkraftmaschinendrehzahl, Fahrzeuggeschwindigkeit, Lebensdauer des Katalysators und Alterungszustand und Ladezustand der Batterie verwendet, um den dem Katalysator direkt zu liefernden Teil des elektrischen Stroms zu berechnen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Betätigen der regenerativen Bremsen bei Niederdrücken des Bremspedals erfolgt, was von einem Bremsensteuergerät erfasst wird, das eine Meldung bezüglich des Betrags des Niederdrückens zu einem Motorsteuergerät sendet, das dann mittels Spannungssteuerung einen Befehl zu einem Motor/Generator sendet, der den Motor/Generator in einen Generatormodus versetzt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin umfassend:
Vorsehen des regenerativen Bremssystems in einem Elektrofahrzeug mit vergrößerter Reichweite; und
Ermitteln des Teils durch Erfassen des in der Batterie verbliebenen Ladewerts und Leiten des elektrischen Stroms zu dem elektrischen Heizer, wenn der Ladewert unter einem gewissen vorbestimmten Wert liegt.

7. Verfahren zum Verbessern von Batterielebensdauer und zum Verringern eines Ah-Durchsatzes in einer Batterie für ein Kraftfahrzeug, umfassend:
Vorsehen eines regenerativen Bremssystems, das infolge des Betätigens der regenerativen Bremsen elektrischen Strom erzeugt; und
Senden mindestens eines Teils des elektrischen Stroms direkt zu einem elektrischen Nebenaggregat des Fahrzeugs und Umgehen der Batterie.

8. Verfahren nach Anspruch 7, weiterhin umfassend:
Ermitteln des dem elektrischen Nebenaggregat direkt zu liefernden Teils des elektrischen Stroms durch Vergleichen eines Stromaufnahmebedarfs für das elektrische Nebenaggregat und Leiten eines verbleibenden Teils des elektrischen Stroms, der über der erforderlichen Stromaufnahme liegt, von dem regenerativen Bremssystem zu der Batterie oder einem anderen Fahrzeugnebenaggregat.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Betätigen der regenerativen Bremsen bei Niederdrücken des Bremspedals erfolgt, was von einem Bremsensteuergerät erfasst wird, das eine Meldung bezüglich des Betrags des Niederdrückens zu einem Motorsteuergerät sendet, das dann mittels Spannungssteuerung einen Befehl zu einem Motor/Generator sendet, der den Motor/Generator in einen Generatormodus versetzt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

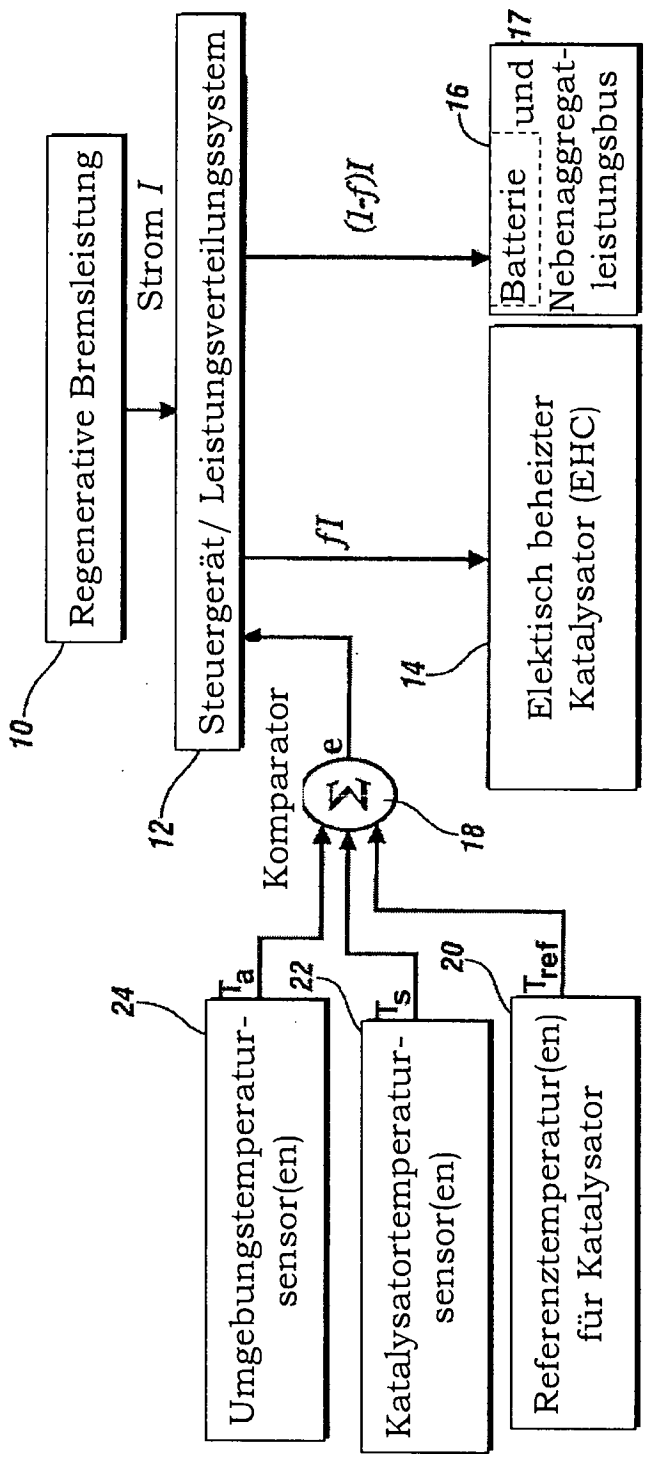


FIG. 1

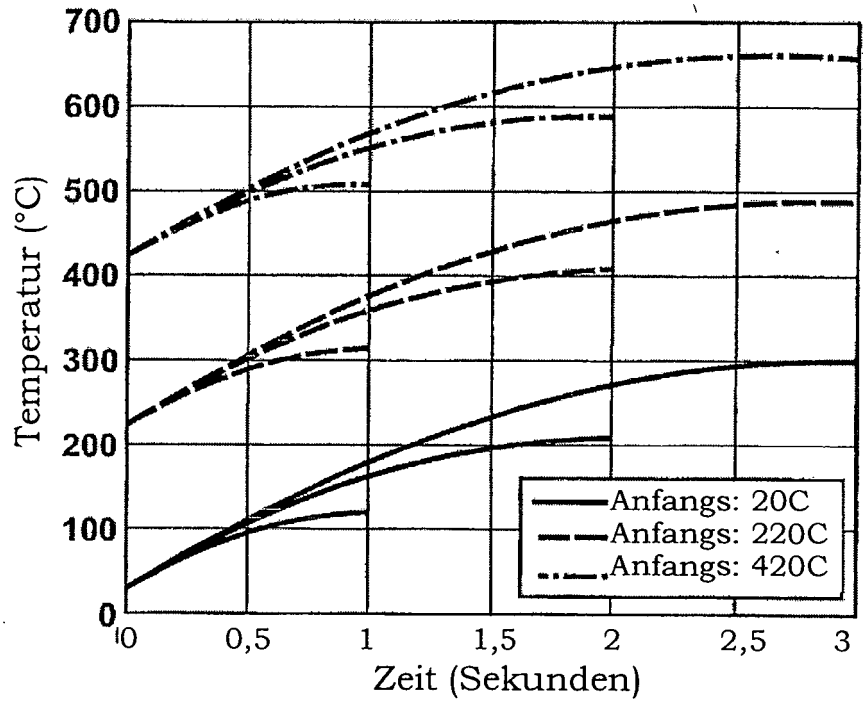

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur (°C)
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
Zeit (Sekunden)
Anfangs: 20C
Anfangs: 220C
Anfangs: 420C

FIG. 2

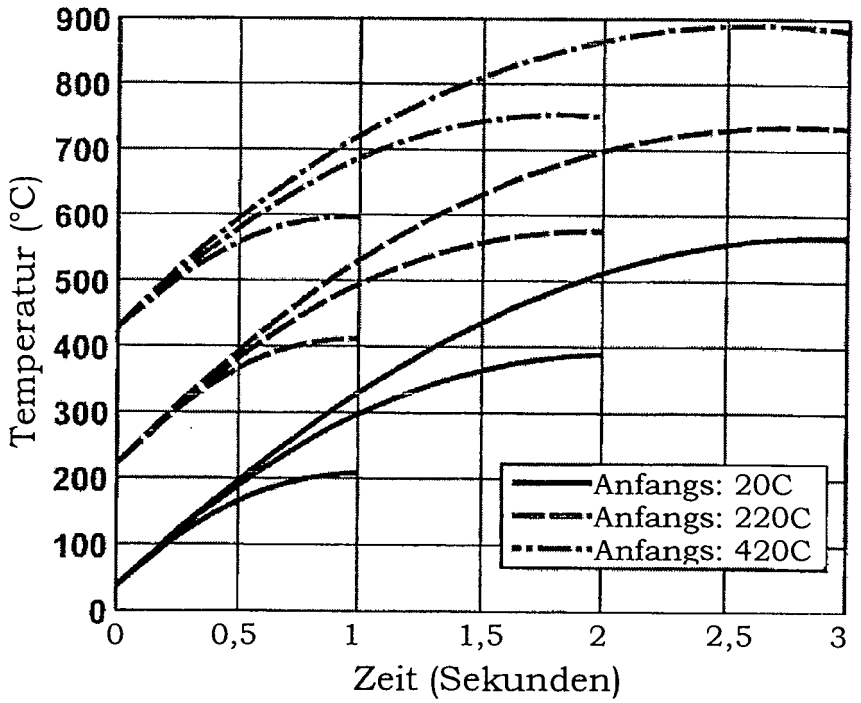

900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur (°C)
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
Zeit (Sekunden)
Anfangs: 20C
Anfangs: 220C
Anfangs: 420C

FIG. 3