



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 18 342 T2 2005.07.28**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 933 246 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 18 342.1

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 300 760.8

(96) Europäischer Anmeldetag: 02.02.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 04.08.1999

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 30.06.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 28.07.2005

(51) Int Cl.⁷: **B60L 11/12**

B60L 15/20, B60L 7/10, B60K 6/04

(30) Unionspriorität:
3536498 03.02.1998 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB

(73) Patentinhaber:
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Ishikawa, Motoshi, 4-1, Saitama-ken, JP;
Tamagawa, Yutaka, 4-1, Saitama-ken, JP; Yano,
Toru, 4-1, Saitama-ken, JP

(74) Vertreter:
Haseltine Lake Partners GbR, 81669 München

(54) Bezeichnung: **Regelsystem für ein Hybridfahrzeug**

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 eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Regelsystem zum Regeln eines Hybridfahrzeugs, das einen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor als getrennte Antriebsquellen aufweist. Sie betrifft insbesondere ein Regelsystem zum Regeln eines Hybridfahrzeugs, damit beim Verzögern des Hybridfahrzeugs elektrische Energie mit einem Elektromotor zurückgewonnen wird.

[0002] Man kennt bereits einige Hybridfahrzeuge, die jeweils einen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor als getrennte Antriebsquellen aufweisen. Zum Beschleunigen eines derartigen Hybridfahrzeugs wird die Antriebswelle des Hybridfahrzeugs vom Verbrennungsmotor angetrieben. Gespeicherte elektrische Energie wird aus einer Speichereinheit für elektrische Energie, beispielsweise einer Batterie, einem Elektromotor zugeführt, damit der Elektromotor die Drehung der Antriebswelle unterstützen kann. Zum Verzögern des Hybridfahrzeugs wird die kinetische Energie der Antriebswelle, d. h. die kinetische Energie, die von den Antriebsrädern des Hybridfahrzeugs auf die Antriebswelle übertragen wird, dem Elektromotor zugeführt, damit er elektrische Energie zurückgewinnt, die in der Speichereinheit für elektrische Energie gespeichert wird.

[0003] Ein bekanntes Regelsystem für ein derartiges Hybridfahrzeug ist in der veröffentlichten japanischen Patentschrift Nr. 7-123509 offenbart.

[0004] Gemäß dem offenbarten Regelsystem wird die momentane Ladung (Restkapazität) einer Batterie, die als Speichereinheit für elektrische Energie dient, von Zeit zu Zeit erfasst, und die Menge an elektrischer Energie, die ein Elektromotor zurückgewinnen kann, d. h. die Menge der zurückgewinnbaren elektrischen Energie bis zum Stillstand des Hybridfahrzeugs, wird aus der Fahrzeuggeschwindigkeit usw. ermittelt. Ist beim Beschleunigen des Hybridfahrzeugs, d. h. wenn das Drosselventil des Verbrennungsmotors über einen vorbestimmten Öffnungswert hinaus geöffnet ist, die Summe der Restkapazität der Batterie und die Menge an zurückgewinnbarer elektrischer Energie größer als eine Mindestkapazität der Batterie, die der Elektromotor zum erneuten Anlassen des Verbrennungsmotors benötigt, so wird der Elektromotor in Gang gesetzt und unterstützt die Drehung der Antriebswelle.

[0005] Wird das Bremspedal des Hybridfahrzeugs betätigt, um das Hybridfahrzeug abzubremsen, und ist die Summe aus der Restkapazität der Batterie und der Menge der zurückgewinnbaren elektrischen Energie kleiner als eine Referenzkapazität, die im Wesentlichen gleich der Kapazität der vollständig geladenen Batterie ist, so gewinnt der Elektromotor, da die Batterie geladen werden muss, elektrische Ener-

gie zurück, die in der Batterie gespeichert wird. Dabei wird die Menge an zurückgewonnener elektrischer Energie proportional zum Betätigungs weg des Bremspedals geregelt.

[0006] Ist die Öffnung des Drosselventils geringer als der vorbestimmte Öffnungswert und wird das Bremspedal nicht betätigt, und ist die Summe aus der Restkapazität der Batterie und der Menge an zurückgewinnbarer elektrischer Energie geringer als die Referenzkapazität, so erzeugt der Elektromotor elektrische Energie, die in der Batterie gespeichert wird. Die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor erzeugt, wird abhängig von einer Menge zu ladender elektrischer Energie erzeugt, die durch die Differenz zwischen der Summe aus der Restkapazität der Batterie und der Menge an zurückgewinnbarer elektrischer Energie und der Referenzkapazität dargestellt wird.

[0007] Wird beim genannten bekannten Regelsystem das Hybridfahrzeug durch Bremsen verzögert, so ist die Menge an zurückgewonnener elektrischer Energie klein, falls der Betätigungs weg des Bremspedals relativ gering ist, um das Hybridfahrzeug langsam abzubremsen, da die Menge an zurückgewonnener elektrischer Energie proportional zum Betätigungs weg des Bremspedals ist. Wird daher das Hybridfahrzeug durch Bremsen vorübergehend verzögert, jedoch nicht bis zum Stillstand abgebremst, so kann die kinetische Energie des fahrenden Hybridfahrzeugs nicht in eine zum Speichern in der Batterie ausreichende Menge an elektrischer Energie umgewandelt werden. Soll das Hybridfahrzeug nach einer derartigen vorübergehenden Verzögerung beschleunigt werden, so kann die Batterie dem Elektromotor keine ausreichende Menge an elektrischer Energie liefern. Dadurch unterstützt der Elektromotor die Drehung der Antriebswelle nicht ausreichend.

[0008] Wird beim beschriebenen bekannten Regelsystem das Gaspedal losgelassen, um das Hybridfahrzeug zu verzögern, so gewinnt der Elektromotor eine Menge an elektrischer Energie zurück, die von der Menge der zu ladenden elektrischen Energie abhängt, die oben angesprochen wurde, und zwar solange, bis das Bremspedal betätigt wird. Ist die Restkapazität beim Verzögern des Hybridfahrzeugs relativ gering, so kann die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor nach dem Freigeben des Gaspedals und bis zum Betätigen des Bremspedals erzeugt, möglicherweise größer sein als die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor unmittelbar nach dem Betätigen des Bremspedals erzeugt. Tritt dieser Fall ein, so ist die Bremskraft, die durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors auf das Hybridfahrzeug ausgeübt wird, d. h. das Rückgewinnungs-Bremsmoment, unmittelbar nach dem Drücken des Bremspedals geringer als vor dem Betätigen des Bremspedals. Das Fahrzeugverhalten wird

dadurch unnatürlich, und die Fahrbarkeit des Hybridfahrzeugs ist beeinträchtigt.

[0009] Da die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor zurückgewinnt, abhängig von der Länge des Bremspedal-Betätigungswege geregelt wird, wenn das Hybridfahrzeug durch Bremsen verzögert wird, erfordert das obige bekannte Regelsystem einen Sensor, der den Betätigungswege des Bremspedals erfasst. Es ist damit relativ kompliziert aufgebaut und teuer zu fertigen.

[0010] EP 0800949 offenbart ein Regelsystem für ein Motordrehmoment beim Zurückgewinnungsbremsen, das die zurückgewonnene Energie beim Niederdrücken des Bremspedals regelt.

[0011] EP 0800947 offenbart ein Regelsystem für einen Motor, bei dem die zurückgewonnene Menge während der Verzögerung ermittelt wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0012] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Regelsystem zum Regeln eines Hybridfahrzeugs bereitzustellen, das es erlaubt, die Menge an elektrischer Energie, die ein Elektromotor bei der Verzögerung des Hybridfahrzeugs zurückgewinnt, abhängig von den Anforderungen des Fahrers des Hybridfahrzeugs angemessen zu regeln, und zwar mit einer relativ einfachen Anordnung.

[0013] Gemäß der Erfindung lässt sich die obige Aufgabe durch ein Regelsystem zum Regeln eines Hybridfahrzeugs erfüllen, das einen Verbrennungsmotor aufweist, der eine Antriebswelle dreht, einen Elektromotor, der den Verbrennungsmotor beim Drehen der Antriebswelle mit elektrischer Energie unterstützt und kinetische Energie der Antriebswelle in elektrische Energie umwandelt, eine Speichervorrichtung für elektrische Energie, die dem Elektromotor elektrische Energie zuführt und elektrische Energie speichert, die der Elektromotor erzeugt, eine Erkennungsvorrichtung für Verzögerungsanforderungen, die eine Verzögerungsanforderung für das Hybridfahrzeug erkennt, eine Bremsvorgangs-Erkennungsvorrichtung, die erkennt, ob das Hybridfahrzeug abgebremst wird oder nicht, und eine Kontrollvorrichtung für die Verzögerungs-Rückgewinnung, die den Elektromotor veranlasst, elektrische Energie zurückzugewinnen, wenn die Erkennungsvorrichtung für Verzögerungsanforderungen die Verzögerungsanforderung feststellt, wobei die Kontrollvorrichtung für die Verzögerungs-Rückgewinnung die Menge der zurückgewonnenen elektrischen Energie des Elektromotors abhängig von einer Basis-Rückgewinnungsgröße erstellt, und einen Bremskorrekturwert zur Basis-Rückgewinnungsgröße addiert, damit die zurückgewonnene elektrische Energie für den Fall, dass die Bremsvorgangs-Erkennungsvorrichtung

das Bremsen des Hybridfahrzeugs erkennt, um eine größere Menge erhöht wird, als für den Fall, dass die Bremsvorgangs-Erkennungsvorrichtung feststellt, dass das Hybridfahrzeug nicht bremst, wobei die Verzögerungsanforderungs-Erkennungsvorrichtung die Verzögerungsanforderung erkennt und der Bremskorrekturwert so erstellt wird, dass er bei zunehmender Verzögerung des Hybridfahrzeugs zunimmt, und die Verzögerung des Hybridfahrzeugs als Differenz zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit im vorhergehenden Regelzyklus und der Fahrzeuggeschwindigkeit im momentanen Regelzyklus bestimmt wird.

[0014] Erkennt die Verzögerungsanforderungs-Erkennungsvorrichtung eine Verzögerungsanforderung für das Hybridfahrzeug beispielsweise durch das Freigeben des Gaspedals des Hybridfahrzeugs, so veranlasst die Regelvorrichtung für die Rückgewinnungsverzögerung den Elektromotor, elektrische Energie zurückzugewinnen. Stellt die Bremsvorgangs-Erkennungsvorrichtung dabei fest, dass das Hybridfahrzeug abgebremst wird, so wird die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energie stärker vergrößert, als dies der Fall ist, wenn die Bremsvorgangs-Erkennungsvorrichtung feststellt, dass das Hybridfahrzeug nicht abgebremst wird. Damit sind die Bremskräfte (das sogenannte Rückgewinnungs-Bremsdrehmoment) für das Hybridfahrzeug, die durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors erzeugt werden, größer, wenn das Hybridfahrzeug abgebremst wird, als dies der Fall ist, wenn das Hybridfahrzeug nicht abgebremst wird. Wird das Hybridfahrzeug abgebremst, so nimmt die in der Speichervorrichtung für elektrische Energie gespeicherte elektrische Energie rasch zu, da die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energie menge zunimmt. Da die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge abhängig davon zunimmt, ob ein Bremsvorgang des Hybridfahrzeugs erkannt wird, ist es nicht erforderlich, die Größe des Bremspedal-Betätigungswege zu erfassen.

[0015] Folglich kann man die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge bei der Verzögerung des Hybridfahrzeugs mit einer einfachen Anordnung abhängig von der Anforderung des Fahrers angemessen regeln.

[0016] Die Verzögerungsanforderungs-Erkennungsvorrichtung umfasst bevorzugt; ein Mittel, das die geforderte Antriebsleistung für das Hybridfahrzeug abhängig von der Gaspedalstellung und der Drehzahl des Verbrennungsmotors ermittelt; ein Mittel, das den Fahrwiderstand des Hybridfahrzeugs abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit des Hybridfahrzeugs ermittelt; und ein Mittel, das eine Verzögerungsanforderung für das Hybridfahrzeug abhängig von der ermittelten geforderten Antriebsleistung und dem ermittelten Fahrwiderstand bestimmt.

[0017] Da die Verzögerungsanforderung für das Hybridfahrzeug abhängig von der geforderten Antriebsleistung bestimmt wird, die von der Gaspedalstellung des Hybridfahrzeugs abhängt, und vom Fahrwiderstand, der von der Fahrzeuggeschwindigkeit des Hybridfahrzeugs abhängt, kann diese Verzögerungsanforderung für das Hybridfahrzeug angemessen erkannt werden. Grundsätzlich kann man eine Verzögerungsanforderung für das Hybridfahrzeug erkennen, wenn die geforderte Antriebsleistung kleiner ist als der Fahrwiderstand.

[0018] Zudem kann man die Grund-Rückgewinnungsgröße so erstellen, dass sie bei höherer Fahrzeuggeschwindigkeit zunimmt.

[0019] Die Grund-Rückgewinnungsgröße kann so erstellt werden, dass sie mit zunehmender Drehzahl des Verbrennungsmotors oder des Elektromotors zunimmt.

[0020] Da bei höherer Fahrzeuggeschwindigkeit die kinetische Energie des Hybridfahrzeugs, die durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors in elektrische Energie umgewandelt werden kann, größer ist, nimmt die durch den Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge zu, wenn kein Bremsvorgang des Hybridfahrzeugs erkannt wird, d. h., die Grundmenge an elektrischer Energie, die der Elektromotor zurückgewinnt, wenn das Hybridfahrzeug verzögert. Da zudem bei höherer Fahrzeuggeschwindigkeit größere Bremskräfte zum Verzögern des Hybridfahrzeugs erforderlich sind, nimmt die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge zu. Da bei höherer Drehzahl des Verbrennungsmotors oder des Elektromotors die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge wächst, die zum Erzeugen von gewünschten Bremskräften (Rückgewinnungs-Bremsmoment) erforderlich ist, nimmt die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge zu.

[0021] Regelt man, wenn kein Bremsvorgang des Hybridfahrzeugs erkannt wird, die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Drehzahl des Verbrennungsmotors oder Elektromotors, so kann die kinetische Energie der Antriebswelle, die bei fahrendem Hybridfahrzeug erzeugt wird, durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors wirksam in elektrische Energie umgewandelt und in der Speichervorrichtung für elektrische Energie gespeichert werden. Zusätzlich können die Bremskräfte, die durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors erzeugt werden, an einen Betriebsstatus des Hybridfahrzeugs angepasst werden, beispielsweise an die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Drehzahl des Verbrennungsmotors oder des Elektromotors, wodurch die Fahrbarkeit des Hybridfahrzeugs verbessert wird.

[0022] Die Verzögerung des Hybridfahrzeugs bei einem Bremsvorgang des Hybridfahrzeugs ist größer, weil die Bremskräfte für das Hybridfahrzeug größer sind, die der Fahrer anfordert. Deshalb wird der Umfang, in dem die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge erhöht wird, vergrößert, damit die Bremskräfte (Rückgewinnungs-Bremsmoment) zunehmen, die durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors entstehen. Da man bei höherer Fahrzeuggeschwindigkeit bevorzugt, die Bremskräfte (Rückgewinnungs-Bremsmoment) zu erhöhen, die durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors entstehen, damit ausreichend Bremskräfte vorhanden sind, wenn das Hybridfahrzeug abgebremst wird, vergrößert man den Umfang, in dem die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge erhöht wird.

[0023] Erstellt man in dieser Weise den Umfang, in dem die vom Elektromotor zurückgewonnene elektrische Energiemenge erhöht wird, wenn das Hybridfahrzeug abgebremst wird, d. h. abhängig von der Verzögerung des Hybridfahrzeugs und der Fahrzeuggeschwindigkeit, so kann man die Bremskräfte bestmöglich an den Fahrstatus des Hybridfahrzeugs und die Anforderung des Fahrers anpassen, und man kann eine ausreichende Menge an elektrischer Energie in der Speichervorrichtung für elektrische Energie speichern.

[0024] Die Erfindung wird nunmehr zur besseren Darstellung und um zu zeigen, wie sie ausgeführt werden kann, beispielhaft mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben.

[0025] Es zeigt:

[0026] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm einer Antriebsvorrichtung und eines Regelsystems eines Hybridfahrzeugs der Erfindung;

[0027] [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm einer Motorsteuerungseinrichtung des Regelsystems; [Fig. 3](#) ein Blockdiagramm einer Elektromotor-Regelanordnung des Regelsystems;

[0028] [Fig. 4](#) ein Blockdiagramm einer Getriebe steueranordnung des Regelsystems;

[0029] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) ein Flussdiagramm einer Verarbeitungsfolge des Regelsystems;

[0030] [Fig. 7](#) eine Skizze einer Datentabelle zum Ermitteln eines Grundverteilungsverhältnisses;

[0031] [Fig. 8](#) eine Skizze einer Datentabelle zum Ermitteln eines Drosselventilöffnungs-Grundbefehls;

[0032] [Fig. 9](#) eine Skizze einer Datentabelle zum Ermitteln eines Verteilungsverhältnisses;

[0033] [Fig. 10](#) eine Skizze einer Zuordnung zum Ermitteln einer geforderten Antriebsleistung;

[0034] [Fig. 11](#) eine Skizze einer Zuordnung zum Ermitteln einer Fahrstatusgröße;

[0035] [Fig. 12](#) eine Skizze mit dem Zusammenhang zwischen der Motorleistungsabgabe POWERmot und der geforderten Motorleistungsabgabe MOTOR-power;

[0036] [Fig. 13](#) ein Flussdiagramm eines Regelvorgangs für die Verzögerungs-Rückgewinnungsgröße in der Verarbeitungsfolge in [Fig. 6](#);

[0037] [Fig. 14](#) eine Skizze mit Datentabellen, die im Regelvorgang für die Verzögerungs-Rückgewinnungsgröße in [Fig. 13](#) verwendet werden;

[0038] [Fig. 15\(a\)](#) bis [Fig. 15\(e\)](#) zeitabhängige Darstellungen, die den Regelvorgang für die Verzögerungs-Rückgewinnungsgröße in [Fig. 13](#) erläutern; und

[0039] [Fig. 16](#) ein Flussdiagramm eines Motorsteuervorgangs zum Steuern des Verbrennungsmotors des Hybridfahrzeugs in [Fig. 1](#).

[0040] [Fig. 1](#) zeigt in Blockform eine Antriebseinrichtung eines Hybridfahrzeugs und ein Regelsystem dafür gemäß der Erfindung. Weitere Komponenten des Hybridfahrzeugs einschließlich der Sensoren, Stellglieder usw. sind in [Fig. 1](#) nicht dargestellt.

[0041] Das Hybridfahrzeug, siehe [Fig. 1](#), weist einen Verbrennungsmotor 1 auf, der eine Antriebswelle 2 antreibt, die die Antriebsräder 5 (es ist nur ein Antriebsrad dargestellt) über einen Getriebemechanismus 4 dreht. Ein Elektromotor, d. h. ein Elektromotor 3, der auch als elektrischer Generator wirken kann, ist so verbunden, dass er die Antriebswelle 2 direkt dreht. Der Elektromotor 3 weist eine drehbare Welle (nicht dargestellt) auf, die koaxial mit der Antriebswelle 2 des Verbrennungsmotors 1 verbunden ist. Zusätzlich zur Fähigkeit, die Antriebswelle 2 zu drehen, besitzt der Elektromotor 3 die Fähigkeit der Rückgewinnung, d. h. er kann als elektrischer Generator arbeiten, der die durch die Drehung der Antriebswelle 2 erzeugte kinetische Energie in elektrische Energie umsetzt. Der Elektromotor 3 ist über eine Leistungstreibereinheit 13 (PDU, PDU = Power Drive Unit) des Regelsystems mit einem Kondensator 14 verbunden, der als Speichereinheit für elektrische Energie dient. Die Leistungstreibereinheit 13 regelt den Elektromotor 3, so dass er die Antriebswelle 2 dreht und im Rückgewinnungsmodus elektrische Energie erzeugt. In dieser Ausführungsform besteht der Kondensator 14 aus einem elektrischen Doppelschicht-Kondensator mit großer elektrostatischer Kapazität.

[0042] Das Regelsystem umfasst auch eine Verbrennungsmotor-Steuereinheit (ENG/ECU) 11, die den Verbrennungsmotor 1 steuert, eine Elektromotor-Regeleinheit (MOT/ECU) 12, die den Elektromotor 3 regelt, eine Verwaltungs-Regeleinheit (MG/ECU) 15, die die Leistungsabgabeverteilung des Verbrennungsmotors 1 und des Elektromotors 3 abhängig von der Restkapazität des Kondensators 14 usw. abwickelt, und eine Getriebesteuerungseinheit (TM/ECU) 16, die den Getriebemechanismus 4 steuert. Die ECU-Einheiten 11–16 sind über einen Datenbus 21 miteinander verbunden, über den sie erfasste Daten, Flags und weitere Informationen austauschen.

[0043] [Fig. 2](#) zeigt den Verbrennungsmotor 1, die ENG/ECU 11 und zugehörige Nebenvorrichtungen. In einem mit dem Verbrennungsmotor 1 verbundenen Saugrohr 102 ist ein Drosselventil 103 montiert. Mit dem Drosselventil 103 ist ein Drosselventil-Öffnungssensor 104 verbunden, der ein elektrisches Signal erzeugt, das die Öffnung θ_{th} des Drosselventils 103 darstellt. Das erzeugte elektrische Signal wird in die ENG/ECU 11 eingegeben. Mit dem Drosselventil 103 ist ein Drosselstellglied 105 verbunden, das die Öffnung θ_{th} des Drosselventils 103 elektrisch regelt. Dabei ist das Drosselventil als Drive-By-Wire-Ventil (DBW, elektronisches Gaspedal) aufgebaut. Die ENG/ECU 11 steuert den Betrieb des Drosselstellglieds 105.

[0044] Im Saugrohr 102 sind jeweils an Positionen stromabwärts des Drosselventils 103 und geringfügig stromaufwärts der jeweiligen Einlassventile (nicht dargestellt), die entsprechend in den Zylindern des Verbrennungsmotors 1 angeordnet sind, Kraftstoff-Einspritzventile 106 montiert. Die Kraftstoff-Einspritzventile 106 sind über einen Druckregler (nicht dargestellt) mit einem Kraftstofftank (nicht dargestellt) verbunden. Die Kraftstoff-Einspritzventile 106 sind elektrisch mit der ENG/ECU 11 verbunden, die Befehlssignale an die Kraftstoff-Einspritzventile 106 anlegt, die die Zeiten für das Öffnen und Schließen der Kraftstoff-Einspritzventile 106 steuern. Die in jeden Zylinder des Verbrennungsmotors 1 eingespritzte Kraftstoffmenge wird durch die Öffnungszeit des zugehörigen Kraftstoff-Einspritzventils 106 geregelt.

[0045] Ein Sensor 108, der den Einlassdruck PBA im Saugrohr 102 erfasst (genauer: den Absolutdruck der Saugluft im Saugrohr 102) ist über ein Rohr 107 unmittelbar stromabwärts des Drosselventils 103 mit dem Saugrohr 102 verbunden. Der Einlassdrucksensor 108 erzeugt ein elektrisches Signal, das den Absolutdruck PBA im Saugrohr 102 darstellt, und legt das erzeugte Signal an die ENG/ECU 11 an.

[0046] Stromabwärts des Einlassdrucksensors 108 ist im Saugrohr 102 ein Einlasstemperatursensor 109 montiert, der die Sauglufttemperatur TA im Saugrohr

102 erfasst. Der Einlasstemperatursensor **109** erzeugt ein elektrisches Signal, das die Temperatur TA der Saugluft darstellt, und führt das erzeugte Signal der ENG/ECU **11** zu.

[0047] Auf dem Zylinderblock des Motors **1** ist ein Motorkühlmittel-Temperatursensor **110** montiert, der die Kühlmitteltemperatur TW des Verbrennungsmotors **1** erfasst. Der Motorkühlmittel-Temperatursensor **110**, der einen Thermistor oder ein ähnliches Bauteil enthalten kann, erzeugt ein elektrisches Signal, das die Kühlmitteltemperatur TW des Motors darstellt, und legt das erzeugte Signal an die ENG/ECU **11** an.

[0048] Ein Sensor **111**, der die Drehzahl NE des Verbrennungsmotors **1** erfasst, ist nahe an der Nockenwelle oder Kurbelwelle (Abtriebswelle) des Motors **1** befestigt. Der Sensor **111** für die Drehzahl des Verbrennungsmotors erzeugt bei einem vorbestimmten Kurbelwinkel einen Signalimpuls (im Weiteren als "TDC-Signalimpuls" bezeichnet), und zwar nach jeder Drehung der Kurbelwelle des Motors **1** um 180°, und speist den TDC-Signalimpuls als erfasstes Signal, das die Drehzahl NE des Motors **1** darstellt, in die ENG/ECU **11** ein.

[0049] Am Verbrennungsmotor **1** ist ein Sensor **112** montiert, der den Drehwinkel der Kurbelwelle des Motors **1** erfasst. Der Sensor **112** erzeugt jedesmal, wenn sich die Kurbelwelle um einen vorbestimmten Winkel gedreht hat, einen Impuls. Ein vom Sensor **112** erzeugtes Impulssignal wird als Signal, das den Drehwinkel der Kurbelwelle des Motors **1** darstellt, der ENG/ECU **11** zugeführt, die abhängig vom zugeführten Impulssignal einen Motorzylinder erkennt, in den Kraftstoff einzuspritzen ist oder in dem der eingespritzte Kraftstoff zu zünden ist.

[0050] Der Motor **1** weist an den jeweiligen Zylindern angeordnete Zündkerzen **113** auf, die den Kraftstoff in den Zylindern entzünden. Die Zündkerzen **113** sind elektrisch mit der ENG/ECU **11** verbunden, die die Zündzeitpunkte der Zündkerzen **113** steuert.

[0051] In einem mit dem Motor **1** verbundenen Abgasrohr **114** ist ein Drei-Wege-Katalysator **115** montiert, der toxische Komponenten der Abgase einschließlich HC, CO, NOx usw. reinigt, die der Motor **1** ausstößt. Stromaufwärts des Drei-Wege-Katalysators **115** ist im Abgasrohr **114** ein Sensor **117** montiert, der das Kraftstoff-Luft-Verhältnis LAF einer Luft-Kraftstoff-Mischung erfasst, die im Motor **1** verbrannt wird. Der Sensor **117** für das Kraftstoff-Luft-Verhältnis erzeugt ein elektrisches Signal, das im Wesentlichen proportional zur Sauerstoffkonzentration in den Abgasen ist, und speist das erzeugte Signal, das als erfasstes Signal das Kraftstoff-Luft-Verhältnis LAF einer Luft-Kraftstoff-Mischung darstellt, in die ENG/ECU **11** ein. Der Sensor **117** für das Kraftstoff-Luft-Verhältnis kann das Kraft-

stoff-Luft-Verhältnis LAF der im Motor **1** verbrannten Kraftstoff-Luft-Mischung in einem breiten Bereich von Kraftstoff-Luft-Verhältnissen erkennen, die von einem idealen Kraftstoff-Luft-Verhältnis bis zu mageren und fetten Werten reichen.

[0052] Auf dem Drei-Wege-Katalysator **115** ist ein Katalysator-Temperatursensor **118** montiert, der die Temperatur TCAT des Katalysators erfasst. Der Katalysator-Temperatursensor **118** liefert der ENG/ECU **11** ein elektrisches Signal, das die erfasste Temperatur TCAT darstellt. Ein Fahrzeug-Geschwindigkeitssensor **119**, der die Geschwindigkeit Vcar des Hybirdfahrzeugs erfasst, und ein Gaspedalstellungs-Sensor **120**, der die Stellung θ_{ap} des Gaspedals erfasst (im Weiteren als "Gaspedalstellung θ_{ap} " bezeichnet), sind elektrisch mit der ENG/ECU **11** verbunden. Die elektrischen Signale, die der Fahrzeug-Geschwindigkeitssensor **119** und der Gaspedalstellungs-Sensor **120** erzeugen, werden der ENG/ECU **11** zugeführt.

[0053] Die ENG/ECU **11** umfasst eine Eingangsschaltung, die die Kurvenverläufe der Eingangssignale (erfassten Signale) von den verschiedenen genannten Sensoren formt, die Spannungspegel dieser Eingangssignale auf vorbestimmte Pegel bringt und analoge Signale in digitale Signale umsetzt. Die ENG/ECU **11** umfasst weiterhin eine Zentraleinheit (im Weiteren als "CPU" bezeichnet), einen Speicher zum Speichern verschiedener Verarbeitungsprogramme, die die CPU auszuführen hat, und von diversen verarbeiteten Ergebnissen, sowie eine Ausgangsschaltung, die Ansteuersignale an die Kraftstoff-Einspritzventile **106**, die Zündkerzen **113** und das Drosselstellglied **105** anlegt. Die anderen ECU-Einheiten **12–16** sind ähnlich aufgebaut wie die ENG/ECU **11**.

[0054] [Fig. 3](#) zeigt eine verbundene Anordnung des Elektromotors **3**, der PDU **13**, des Kondensators **14**, der MOT/ECU **12** und der MG/ECU **15**.

[0055] Der Elektromotor **3**, siehe [Fig. 3](#), ist mit einem Elektromotor-Drehzahlsensor **202** verbunden, der die Drehzahl NM des Elektromotors **3** erfasst. Der Elektromotor-Drehzahlsensor **202** erzeugt ein elektrisches Signal, das die Drehzahl NM des Elektromotors **3** darstellt, und das in die MOT/ECU **12** eingegeben wird. Da die Drehzahl NM des Elektromotors **3** gleich der Drehzahl NE des Verbrennungsmotors **1** ist, kann das erfasste Signal aus dem Verbrennungsmotor-Drehzahlsensor **111** anstelle des erfassten Signals aus dem Elektromotor-Drehzahlsensor **202** der MOT/ECU **12** zugeführt werden.

[0056] Die PDU **13** und der Elektromotor **3** sind mit Drähten verbunden, die an einen Strom-Spannungs-Sensor **201** angeschlossen sind, der den Strom und die Spannung erfasst, die dem Elektromo-

tor **3** zugeführt bzw. von ihm ausgegeben werden. Ein Temperatursensor **203**, der die Temperatur TD der PDU **13** erfasst, z. B. die Temperatur TD eines Schutzwiderstands für den Elektromotor **3** oder die Temperatur TD eines IGBT-Moduls (Schaltbauteile), ist auf der PDU **13** montiert. Die erfassten Signale der Sensoren **201**, **203** werden der MOT/ECU **12** zugeführt.

[0057] Der Kondensator **14** und die PDU **13** sind mit Drähten verbunden, die an einen Strom-Spannungs-Sensor **204** angeschlossen sind, der eine Spannung am Kondensator **14** erfasst und einen Strom, den der Kondensator **14** ausgibt oder aufnimmt. Ein vom Strom-Spannungs-Sensor **204** erfasstes Signal wird in die MG/ECU **15** eingegeben.

[0058] Das Hybridfahrzeug weist einen Bremsmechanismus (nicht dargestellt) auf, zu dem ein Bremschalter **205** gehört, der als Bremsvorgangs-Erkennungsvorrichtung dient und erfasst, ob der Bremsmechanismus betätigt wird oder nicht, und insbesondere, ob das Bremspedal betätigt wird. Der Bremschalter **205** liefert ein Ein-Aus-Signal, das angibt, ob der Bremsmechanismus betätigt wird oder nicht, und das in die MOT/ECU **12** eingespeist wird.

[0059] Die MG/ECU **15** wirkt als Erkennungsvorrichtung für eine Verzögerungsanforderung. Die MG/ECU **15** arbeitet zusammen mit der MOT/ECU **12** als Regelvorrichtung für die Verzögerungsrückgewinnung.

[0060] [Fig. 4](#) zeigt eine verbundene Anordnung des Getriebemechanismus **4** und der TM/ECU **16**. Dem Getriebemechanismus **4** ist ein Gangstellungssensor **301** beigegeben, der den im Getriebemechanismus **4** eingelegten Gang GP (Übersetzungsverhältnis) erkennt. In die TM/ECU **16** wird ein Signal eingegeben, das der Gangstellungssensor **301** erfasst. In der dargestellten Ausführungsform besteht der Getriebemechanismus **4** aus einem Automatikgetriebe. Er ist mit einem Getriebestellglied **302** verbunden. Der Gangwechsel des Getriebemechanismus **4** wird von der TM/ECU **16** gesteuert und erfolgt mit Hilfe des Getriebestellglieds **302**.

[0061] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zeigen eine Verarbeitungsfolge zum Bestimmen der Leistungsabgabeverteilung für den Elektromotor **3** und den Verbrennungsmotor **1** hinsichtlich der geforderten Antriebsleistung, d. h., sie stellen dar, wie eine vom Fahrer des Hybridfahrzeugs geforderte Antriebsleistung auf den Elektromotor **3** und den Verbrennungsmotor **1** aufzuteilen ist. Die MG/ECU **15** arbeitet die in [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellte Verarbeitungsfolge in jedem periodischen Zyklus ab (beispielsweise 1 Millisekunde). Die in [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellte Verarbeitungsfolge kann jedoch auch von der MOT/ECU **12** ausgeführt werden.

[0062] In [Fig. 5](#) erfasst die MG/ECU **15** im Schritt **1** eine Restkapazität CAPAremc des Kondensators **14**.

[0063] Im Einzelnen integriert (akkumuliert) die MG/ECU **15** in jedem periodischen Intervall ausgehend von einem vollständig geladenen Status des Kondensators **14** den Ausgangstrom (Entladestrom) des Kondensators **14** und den Eingangsstrom (Ladestrom) des Kondensators **14**, die der Strom-Spannungs-Sensor **204** erfasst, und berechnet einen integrierten Entladewert CAPAdisch als gesamte Entlademenge und einen integrierten Ladewert CAPAchg als gesamte Lademenge. In dieser Ausführungsform ist der integrierte Entladewert CAPAdisch ein positiver Wert, und der integrierte Ladewert CAPAchg ist ein negativer Wert. Die MG/ECU **15** berechnet nun aus dem integrierten Entladewert CAPAdisch und dem integrierten Ladewert CAPAchg gemäß der folgenden Gleichung (1) eine Grund-Restkapazität CAPArem des Kondensators **14**:

$$\text{CAPArem} = \text{CAPAfull} - (\text{CAPAdisch} + \text{CAPAchg}) \quad (1),$$

wobei CAPAfull die entnehmbare Menge bei vollgeladenem Kondensator **14** darstellt.

[0064] Die MG/ECU **15** korrigiert die berechnete Restkapazität CAPArem ausgehend vom Innenwiderstand des Kondensators **14**, der sich abhängig von der Temperatur usw. ändert. Dadurch wird schließlich eine Restkapazität CAPAremc des Kondensators **14** bestimmt. Die korrigierte Restkapazität CAPAremc wird anteilig bezüglich der entnehmbaren Menge CAPAfull des Kondensators **14** dargestellt, wenn dieser vollständig aufgeladen ist.

[0065] Anstatt die Restkapazität des Kondensators **14** mit Hilfe des integrierten Entladewerts CAPAdisch und des integrierten Ladewerts CAPAchg zu berechnen, kann man die Leerlaufspannung am Kondensator **14** erfassen, d. h. die Ausgangsspannung bei nicht angeschlossenem Kondensator **14**, und die Restkapazität des Kondensators **14** anhand der erfassten Leerlaufspannung schätzen.

[0066] Im Schritt **2** ermittelt die MG/ECU **15** abhängig von der Restkapazität CAPAremc des Kondensators **14** eine Leistungsabgabe, die der Elektromotor **3** erzeugen muss, wenn der Elektromotor **3** die Drehung der Antriebswelle und dadurch die Fahrt des Hybridfahrzeugs unterstützt. Im Einzelnen wird der Anteil PRATIO der vom Elektromotor **3** zu erzeugenden Antriebsleistung an einer geforderten Antriebsleistung POWERcom für das Hybridfahrzeug nachfolgend im Schritt **5** ermittelt, und zwar mit Hilfe einer vorbelegten Datentabelle, siehe [Fig. 7](#). Der Anteil der Antriebsleistung des Elektromotors **3** an der geforderten Antriebsleistung POWERcom für das Hybridfahrzeug wird im Weiteren als "Verteilungsverhältnis"

bezeichnet. Das Verteilungsverhältnis PRATIO abhängig von der Restkapazität CAPAremc des Kondensators **14** wird im Weiteren als "Grund-Verteilungsverhältnis PRATIO" bezeichnet.

[0067] Die Datentabelle in [Fig. 7](#) hat die Form einer Kurve, wobei auf der Abszisse die Restkapazität CAPAremc des Kondensators **14** und auf der Ordinate das Grund-Verteilungsverhältnis PRATIO aufgetragen ist. Die Datentabelle enthält Werte des Grund-Verteilungsverhältnisses PRATIO, die hinsichtlich der Werte der Restkapazität CAPAremc so aufgestellt wurden, dass der Kondensator **14** möglichst wirksam entladen wird, wenn der Elektromotor **3** die Fahrt des Hybridfahrzeugs unterstützt.

[0068] Im Schritt **3** durchsucht die MG/ECU **15** eine vorbestimmte Datentabelle, siehe

[0069] [Fig. 8](#), nach einem Grundbefehl θ_{thcom} (im weiteren als "Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} " bezeichnet) für die Drosselventilöffnung θ_{th} , der abhängig von der Gaspedalstellung θ_{ap} an das Drosselstellglied **105** ausgegeben werden muss.

[0070] In [Fig. 8](#) sind die Werte der Gaspedalstellung θ_{ap} gleich den entsprechenden Werten des Drosselventilöffnungs-Grundbefehls θ_{thcom} ($\theta_{thcom} = \theta_{ap}$). Die Werte der Gaspedalstellung θ_{ap} können sich jedoch auch von den zugehörigen Werten des Drosselventilöffnungs-Grundbefehls θ_{thcom} unterscheiden.

[0071] Im Schritt **4** durchsucht die MG/ECU **15** eine vorbestimmte Datentabelle, siehe [Fig. 9](#), nach einem Verteilungsverhältnis PRATIOth für die Antriebsleistung des Elektromotors **3** abhängig vom ermittelten Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} . Das Verteilungsverhältnis PRATIOth dient der Korrektur des Verteilungsverhältnisses der Antriebsleistung des Elektromotors **3** bezüglich der geforderten Antriebsleistung POWERcom für das Hybridfahrzeug durch Multiplikation mit dem Grund-Verteilungsverhältnis PRATIO.

[0072] In der Datentabelle in [Fig. 9](#) sind die Werte des Verteilungsverhältnisses PRATIOth so aufgebaut, dass die Antriebsleistung (Leistungsabgabe) des Elektromotors **3** zunimmt, wenn der Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} in der Nähe des Werts für das vollständig geöffnete Drosselventil liegt (z. B. 50 Grad oder mehr), d. h. wenn das Hybridfahrzeug eine starke Beschleunigung anfordert.

[0073] In der erläuterten Ausführungsform wird das Verteilungsverhältnis PRATIOth abhängig vom Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} ermittelt. Das Verteilungsverhältnis PRATIOth kann jedoch auch abhängig von der Gaspedalstellung θ_{ap} bestimmt werden. Wahlweise kann das Verteilungsverhältnis

PRATIOth auch abhängig von einem oder mehreren Parametern ermittelt werden, die die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Motordrehzahl enthalten.

[0074] Im Schritt **5** durchsucht die MG/ECU **15** eine in [Fig. 10](#) dargestellte Zuordnung nach einer geforderten Antriebsleistung POWERcom für das Hybridfahrzeug, d. h. nach einer Antriebsleistung POWERcom, die der Fahrer des Hybridfahrzeugs durch das Niederdrücken des Gaspedals anfordert, und zwar abhängig vom im Schritt **3** ermittelten Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} und der momentanen Motordrehzahl NE, die der Verbrennungsmotor-Drehzahlsensor **111** erfasst.

[0075] Die aus der Zuordnung in [Fig. 10](#) ermittelte geforderte Antriebsleistung POWERcom stellt eine Gesamtantriebsleistung für das Hybridfahrzeug dar, d. h. die Summe der Antriebsleistung aus dem Verbrennungsmotor **1** und der Antriebsleistung aus dem Elektromotor **3**, die abhängig vom Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} und der Motordrehzahl NE gefordert wird. Die geforderte Antriebsleistung POWERcom muss nicht unbedingt gleich der Antriebsleistung sein, die der Verbrennungsmotor **1** abgibt, wenn der Verbrennungsmotor **1** momentan mit einer Drosselventilöffnung θ_{th} gleich dem Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} betrieben wird (Grundsätzlich ist die geforderte Antriebsleistung POWERcom größer als die Antriebsleistung, die der Motor **1** ausgibt, wenn der Motor **1** momentan mit der Drosselventilöffnung θ_{th} gleich dem Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} betrieben wird.). Die geforderte Antriebsleistung POWERcom hat den Wert "0", falls der Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} ungefähr den Wert "0" hat, d. h. wenn die Gaspedalstellung θ_{ap} ungefähr den Wert "0" hat.

[0076] Da in dieser Ausführungsform der Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} der Gaspedalstellung θ_{ap} direkt entspricht, kann man die Gaspedalstellung θ_{ap} anstelle des Drosselventilöffnungs-Grundbefehls θ_{thcom} zum Ermitteln der geforderten Antriebsleistung POWERcom verwenden.

[0077] Im Schritt **6** berechnet die MG/ECU **15** aus dem Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} einen Korrekturterm θ_{thadd} für die Korrektur des Befehls für die Drosselventilöffnung θ_{th} , damit der Motor **1** die geforderte Antriebsleistung POWERcom erzeugen kann. Der Korrekturterm θ_{thadd} ist eine Korrekturgröße für den Befehl für die Drosselventilöffnung θ_{th} , und ist zum Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} zu addieren, damit die vom Motor **1** abgegebene Antriebsleistung an die geforderte Antriebsleistung POWERcom angeglichen wird. Im Einzelnen wird der Korrekturterm θ_{thadd} so bestimmt, dass bei einer Regelung der Drosselventilöffnung θ_{th} mit einem Befehl (= $\theta_{thcom} + \theta_{thadd}$), der durch das Addieren des Korrekturterms θ_{thadd} zum Drosselventi-

löffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} erzeugt wird, die von dem Motor **1** abgegebene Antriebsleistung an die geforderte Antriebsleistung POWERcom angeglichen wird.

[0078] Im Schritt **7** durchsucht die MG/ECU **15** eine in [Fig. 11](#) dargestellte Zuordnung nach einer Fahrstatusgröße VSTATUS des Hybridfahrzeugs, die von der Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} und einer Zusatzleistungsabgabe EXPOWER (im Weiteren beschrieben) des Motors **1** abhängt sowie von der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} , die der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **119** erfasst, und der Zusatzleistungsabgabe EXPOWER.

[0079] Die Zusatzleistungsabgabe EXPOWER des Motors **1** wird aus der im Schritt **5** bestimmten geforderten Antriebsleistung POWERcom und einem von der Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} abhängigen Fahrwiderstand RUNRST des Hybridfahrzeugs berechnet, der mit Hilfe einer Datentabelle (nicht dargestellt) aus der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} bestimmt wird, und zwar gemäß der folgenden Gleichung (2)

$$EXPOWER = POWERcom - RUNRST \quad (2)$$

[0080] Der Fahrwiderstand RUNRST ist gleich der Antriebsleistung, die erforderlich ist, um das Hybridfahrzeug mit der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} anzutreiben.

[0081] Die Zusatzleistungsabgabe EXPOWER entsteht durch das Subtrahieren des von der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} abhängigen Fahrwiderstands RUNRST von der geforderten Antriebsleistung POWERcom. Hat die Zusatzleistungsabgabe EXPOWER einen größeren positiven Wert, so bedeutet dies, dass für das Hybridfahrzeug eine größere Beschleunigung gefordert ist.

[0082] Hat die Zusatzleistungsabgabe EXPOWER einen negativen Wert, der insbesondere kleiner ist als ein vorbestimmter negativer Wert, so bedeutet dies, dass für das Hybridfahrzeug eine Verzögerung gefordert ist. Hat die Zusatzleistungsabgabe EXPOWER einen Wert nahe bei "0", so bedeutet dies, dass für das Hybridfahrzeug ein Reisemodus (Modus mit konstanter Geschwindigkeit) gefordert ist.

[0083] In dieser Ausführungsform sind sowohl die geforderte Antriebsleistung POWERcom als auch der Fahrwiderstand RUNRST in der Einheit KW (Kilowatt) dargestellt.

[0084] Die Fahrstatusgröße VSTATUS, die anhand der in [Fig. 11](#) dargestellten Zuordnung aus der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} und der Zusatzleistungsabgabe EXPOWER bestimmt wird, hat einen Wert zwischen 0 und 200 Prozent, und sie

dient zum Festlegen eines Verteilungsverhältnisses für die Antriebsleistung des Elektromotors **3** abhängig vom Belastungszustand des Hybridfahrzeugs, der der Zusatzleistungsabgabe EXPOWER und der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} entspricht, wenn der Elektromotor **3** die Fahrt des Hybridfahrzeugs unterstützt. Wird die Fahrstatusgröße VSTATUS mit dem Grund-Verteilungsverhältnis PRATIO multipliziert, so korrigiert sie das Verteilungsverhältnis für die Antriebsleistung des Elektromotors **3** bezüglich der geforderten Antriebsleistung POWERcom des Hybridfahrzeugs, und zwar abhängig vom Belastungszustand des Hybridfahrzeugs.

[0085] Da bei größerer Zusatzleistungsabgabe EXPOWER eine höhere Beschleunigung für das Hybridfahrzeug gefordert wird, ist die Zuordnung in [Fig. 11](#) so aufgebaut, dass die Fahrstatusgröße VSTATUS zunimmt, wenn die Zusatzleistungsabgabe EXPOWER wächst. Da die für das Hybridfahrzeug erforderliche Beschleunigung bezüglich der Zusatzleistungsabgabe EXPOWER kleiner wird, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} höher ist, ist die Zuordnung in [Fig. 11](#) so aufgebaut, dass die Fahrstatusgröße VSTATUS abnimmt, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} wächst.

[0086] Die Fahrstatusgröße VSTATUS dient auch der Entscheidung, ob der Elektromotor **3** die Fahrt des Hybridfahrzeugs unterstützen muss oder nicht. Insbesondere wird die Fahrstatusgröße VSTATUS auf VSTATUS = 0 gesetzt, wenn die anhand von Gleichung (2) berechnete Zusatzleistungsabgabe EXPOWER einen negativen Wert oder einen Wert nahe bei "0" hat (die geforderte Antriebsleistung POWERcom ist kleiner oder im Wesentlichen gleich dem Fahrwiderstand RUNRST), beispielsweise wenn das Gaspedal losgelassen wird ($\theta_{ap} = 0$). Die Fahrstatusgröße VSTATUS wird auf VSTATUS > 0 gesetzt, wenn die Zusatzleistungsabgabe EXPOWER einen positiven Wert hat, der größer ist als der Wert nahe bei "0" (die geforderte Antriebsleistung POWERcom ist um einen gewissen Wert größer als der Fahrwiderstand RUNRST).

[0087] Hat die Fahrstatusgröße VSTATUS den Wert "0", so bedeutet dies, dass der Elektromotor **3** die Fahrt des Hybridfahrzeugs nicht unterstützen muss (das Hybridfahrzeug muss verzögern oder mit konstanter Geschwindigkeit fahren). Hat die Fahrstatusgröße VSTATUS einen Wert größer als "0", so muss der Elektromotor **3** die Fahrt des Hybridfahrzeugs unterstützen (das Hybridfahrzeug muss beschleunigen).

[0088] Im Schritt **8** entscheidet die MG/ECU **15**, ob die Fahrstatusgröße VSTATUS größer als "0" ist oder nicht. Gilt VSTATUS > 0, d. h. befindet sich das Hybridfahrzeug in einem Fahrzustand, der vom Elektromotor **3** zu unterstützen ist, so geht das Hybridfahr-

zeug in einen Unterstützungsmodus, und die Ablaufsteuerung geht vom Schritt **8** auf den Schritt **9** in **Fig. 6** über. Gilt im Schritt **8** $VSTATUS \leq 0$, d. h. das Hybridfahrzeug verzögert oder fährt mit konstanter Geschwindigkeit, so tritt das Hybridfahrzeug in einen Rückgewinnungsmodus, in dem der Elektromotor **3** elektrische Energie zurückgewinnt, und die Ablaufsteuerung geht vom Schritt **8** auf den Schritt **12** in **Fig. 6** über. Der Reisemode, in dem das Hybridfahrzeug verzögert, wird im Weiteren als Verzögerungs-Rückgewinnungsmodus bezeichnet, und der Reisemode, in dem das Hybridfahrzeug mit konstanter Geschwindigkeit fährt, wird im Weiteren als Reise-Rückgewinnungsmodus bezeichnet.

[0089] Im Schritt **9**, der ausgeführt wird, falls sich das Hybridfahrzeug in einem Fahrstatus befindet, der vom Elektromotor **3** unterstützt werden muss ($VSTATUS > 0$), berechnet die MG/ECU **15** eine geforderte Antriebsleistung MOTORpower für den Elektromotor **3** (im Weiteren als "geforderte Motorleistungsabgabe MOTORpower" bezeichnet), und zwar aus der im Schritt **5** bestimmten geforderten Antriebsleistung POWERcom, dem im Schritt **2** bestimmten Grund-Verteilungsverhältnis PRATIO, dem im Schritt **4** bestimmten Verteilungsverhältnis PRATIOth und der im Schritt **7** bestimmten Fahrstatusgröße VSTATUS gemäß der folgenden Gleichung (3):

$$\text{MOTORpower} = \text{POWERcom} \times \text{PRATIO} \times \text{PRATIOth} \times \text{VSTATUS} \quad (3)$$

[0090] Im Schritt **10** erzeugt die MG/ECU **15** einen Befehl MOTORcom für die Leistungsabgabe (Antriebsleistung) des Elektromotors **3** (im Weiteren als "Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom" bezeichnet), der der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower mit der Verzögerung einer gegebenen Zeitkonstante folgt.

[0091] **Fig. 12** zeigt den Zusammenhang zwischen dem derart erzeugten Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom und der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower. In **Fig. 12** stellt die durchgezogene Kurve die geforderte Motorleistungsabgabe MOTORpower in Abhängigkeit von der Zeit dar. Die punktierte Kurve stellt den Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom in Abhängigkeit von der Zeit dar.

[0092] **Fig. 12** ist zu entnehmen, dass der Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom so erzeugt wird, dass er der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower mit der Verzögerung um eine gewisse Zeitkonstante folgt, und zwar aus dem folgenden Grund. Würde man die Leistungsabgabe des Elektromotors **3** gemäß der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower regeln, so würden bei einer Veränderung der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower die Leistungsabgabe des Elektromotors **3** und die Leistungsabgabe des Verbrennungs-

motors **1** nicht sofort zueinander passen, da die Veränderung der Leistungsabgabe (Antriebsleistung) des Verbrennungsmotors **1** verzögert erfolgt, wodurch die Fahrbarkeit des Hybridfahrzeugs beeinträchtigt wäre. Um diesen Nachteil zu beseitigen wird hinsichtlich der Antwortverzögerung der Leistungsabgabe des Motors **1** der Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom verglichen mit der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower um eine gewisse Zeitkonstante verzögert erteilt.

[0093] In dieser Ausführungsform haben sowohl die geforderte Motorleistungsabgabe MOTORpower als auch der Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom positive Werte, wenn der Elektromotor **3** die Fahrt des Hybridfahrzeugs unterstützen muss, und negative Werte, wenn der Elektromotor **3** elektrische Energie zurückgewinnt. Damit dienen die geforderte Motorleistungsabgabe MOTORpower und der Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom bei positiven Werten als Befehle für die Antriebsleistung des Elektromotors **3**. Bei negativen Werten dienen die geforderte Motorleistungsabgabe MOTORpower und der Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom als Befehle für die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt.

[0094] Der solcherart erzeugte Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom wird von der MG/ECU **15** in die MOT/ECU **12** eingegeben. Die MOT/ECU **12** regelt die Leistungsabgabe (Antriebsleistung) des Elektromotors **3** abhängig vom zugeführten Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom über die PDU **13**.

[0095] Im Schritt **11** berechnet die MG/ECU **15** eine Korrekturgröße (Reduktionswert) $\theta_{thassist}$ für die Korrektur eines Befehls für die Drosselventilöffnung θ_{th} in einer Ventilschließrichtung, und zwar abhängig vom Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom. Anschließend geht die Ablaufsteuerung vom Schritt **11** zum Schritt **18** über.

[0096] Die Korrekturgröße $\theta_{thassist}$ dient der Korrektur eines Befehls für die Drosselventilöffnung θ_{th} in Ventilschließrichtung, damit die Leistungsabgabe des Verbrennungsmotors **1** um eine Leistungsabgabe (Antriebsleistung) verringert wird, die der Elektromotor **3** gemäß dem Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom erzeugen muss. Im Einzelnen wird die Korrekturgröße $\theta_{thassist}$ von der Summe (= $\theta_{thcom} + \theta_{thadd}$) aus dem im Schritt **3** bestimmten Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} und dem im Schritt **6** bestimmten Korrekturterm θ_{thadd} subtrahiert, damit ein Befehl für die Drosselventilöffnung θ_{th} verkleinert wird, der schließlich an das Drosselstellglied **105** ausgegeben wird. Die Korrekturgröße $\theta_{thassist}$ wird aus den folgenden Gründen berechnet.

[0097] Ermittelt man den endgültigen Befehl für die

Drosselventilöffnung θ_{th} als Summe aus dem im Schritt **3** bestimmten Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} und dem im Schritt **6** bestimmten Korrekturterm θ_{thadd} , und regelt man die Drosselventilöffnung θ_{th} gemäß dem endgültigen Befehl (= $\theta_{thcom} + \theta_{thadd}$), so wird die geforderte Antriebsleistung POWERcom ausschließlich aus der Leistungsabgabe des Verbrennungsmotors **1** erzeugt. Würde man den Elektromotor **3** mit dem im Schritt **10** bestimmten Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom regeln, so würde die Summe der Leistungsabgabe (Antriebsleistung) des Motors **1** und der Antriebsleistung (Leistungsabgabe) des Elektromotors **3** die geforderte Antriebsleistung POWERcom übersteigen. Damit wäre die Antriebsleistung größer als die vom Fahrer geforderte Antriebsleistung. Zum Vermeiden dieser Schwierigkeit wird die Korrekturgröße θ_{thass} berechnet, damit die Leistungsabgabe des Verbrennungsmotors **1** um eine Leistungsabgabe verringert wird, die der Elektromotor **3** erzeugen muss, und die Summe der Leistungsabgabe des Elektromotors **3** und der Leistungsabgabe des Verbrennungsmotors **1** an die geforderte Antriebsleistung POWERcom angeglichen wird.

[0098] Im Schritt **12** entscheidet die MG/ECU **15**, ob der momentane Rückgewinnungsmodus der Verzögerungs-Rückgewinnungsmodus ist oder nicht, d. h. ob das Hybridfahrzeug verzögert werden muss oder nicht. Im Einzelnen fällt die MG/ECU **15** eine derartige Modusentscheidung abhängig von der Zusatzleistungsabgabe EXPOWER, die im Schritt **7** zum Ermitteln der Fahrstatusgröße VSTATUS verwendet wird, d. h. sie stellt fest, ob $EXPOWER < 0$ gilt oder nicht (oder mehr bevorzugt ob EXPOWER kleiner als ein gegebener negativer Wert nahe bei 0 ist oder nicht). Wahlweise kann die MG/ECU **15** feststellen, ob eine Änderung DAP in der Gaspedalstellung θ_{ap} je Zeiteinheit kleiner ist als eine vorbestimmte negative Größe DAPD oder nicht. Gilt in diesem Fall $DAP < DAPD$, so stellt die MG/ECU **15** fest, dass der momentane Rückgewinnungsmodus der Verzögerungs-Rückgewinnungsmodus ist. Gilt $DAP \geq DAPD$, so stellt die MG/ECU **15** fest, dass der momentane Rückgewinnungsmodus der Reise-Rückgewinnungsmodus ist.

[0099] Ist im Schritt **12** die Zusatzleistungsabgabe EXPOWER kleiner als 0 (oder kleiner als ein gegebener negativer Wert nahe bei 0), so stuft die MG/ECU **15** den aktuellen Rückgewinnungsmodus als Verzögerungs-Rückgewinnungsmodus ein, in dem das Hybridfahrzeug verzögert und der Elektromotor **3** elektrische Energie zurückgewinnt, weil die geforderte Antriebsleistung POWERcom kleiner ist als der Fahrwiderstand RUNRST und das Hybridfahrzeug verzögern soll, und führt einen Verzögerungs-Rückgewinnungs-Regelvorgang aus, der in [Fig. 13](#) im Schritt **13** dargestellt ist.

[0100] Im Weiteren wird der in [Fig. 13](#) dargestellte Verzögerungs-Rückgewinnungs-Regelvorgang dargestellt. Im Schritt **50** in [Fig. 13](#) entscheidet die MG/ECU **15**, ob die momentane Drehzahl NM des Elektromotors **3**, die der Elektromotor-Drehzahlsensor **202** erfasst, größer ist als eine vorbestimmte Drehzahl NBON (z. B. 1000 Umdrehungen/Minute, im Weiteren als "Bremserlaubnis-Drehzahl NBON" bezeichnet), damit sie festlegen kann, ob die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt, beim Bremsen des Hybridfahrzeugs zu erhöhen ist. Da in dieser Ausführungsform die Drehzahl NM des Elektromotors **3** gleich der Drehzahl NE des Verbrennungsmotors **1** ist, kann man im Schritt **50** die Drehzahl NE des Verbrennungsmotors **1**, die der Verbrennungsmotor-Drehzahlsensor **111** erfasst, anstelle der Drehzahl NM des Elektromotors **3** verwenden.

[0101] Gilt $NM > NBON$, so prüft die MG/ECU **15** im Schritt **51**, ob das Bremspedal betätigt wird oder nicht, d. h. ob das Hybridfahrzeug abgebremst wird oder nicht, und zwar anhand des Ausgangssignals des Bremsschalters **205**. Gilt im Schritt **50** $NM \leq NBON$ oder wird das Hybridfahrzeug im Schritt **51** nicht abgebremst, so setzt die MG/ECU **15** im Schritt **58** einen Bremskorrekturwert BRreg, der eine Zunahme der Menge an elektrischer Energie darstellt, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt, auf den Wert "0". Anschließend geht die Ablaufsteuerung vom Schritt **58** auf den Schritt **59** über. Der Bremskorrekturwert BRreg wird auf "0" gesetzt, wenn $NM \leq NBON$ gilt, weil die Drehzahl NM des Elektromotors **3** so gering ist, dass die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt, nicht erhöht werden kann.

[0102] Wird das Hybridfahrzeug im Schritt **51** abgebremst, so prüft die MG/ECU **15** im Schritt **52**, ob die momentane Verzögerung DECV (die einen positiven Wert hat, wenn das Hybridfahrzeug verzögert wird) des Hybridfahrzeugs, die als Differenz zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit Vcar im vorhergehenden Regelzyklus und der Fahrzeuggeschwindigkeit Vcar im aktuellen Regelzyklus bestimmt wird, größer ist als eine erste Verzögerung DECV1 (z. B. $0,28 \text{ m/s}^2$). Gilt $DECV \leq DECV1$, d. h. die Verzögerung des Hybridfahrzeugs ist ausreichend gering, so geht die Ablaufsteuerung zum Schritt **58** über. Gilt $DECV > DECV1$, so prüft die MG/ECU **15** im Schritt **53**, ob die momentane Verzögerung DECV größer ist als eine zweite Verzögerung DECV2 (z. B. $1,38 \text{ m/s}^2$), die größer ist als die erste Verzögerung DECV1. Gilt $DECV1 < DECV \leq DECV2$, d. h. die Verzögerung des Hybridfahrzeugs hat ein mittleres Niveau, so durchsucht die MG/ECU **15** im Schritt **56** eine in [Fig. 14](#) dargestellte Datentabelle nach einem Zuwachs BRreg1 (der einen negativen Wert hat und im Weiteren als "Verzögerungs-Rückgewinnungs-Zuwachs BRreg1" bezeichnet wird) der Menge an elektrischer Energie,

die der Elektromotor **3** für eine mittlere Verzögerung abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} zurückgewinnt. Die MG/ECU **15** setzt den Bremskorrekturwert BR_{reg} im Schritt **57** auf den Verzögerungsrückgewinnungs-Zuwachs BR_{reg1} . Anschließend geht die Ablaufsteuerung zum Schritt **59**. Die in [Fig. 14](#) dargestellte Datentabelle ist so aufgebaut, dass der Absolutwert des Verzögerungsrückgewinnungs-Zuwachs BR_{reg1} zunimmt, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} wächst. Die erste und die zweite Verzögerung $DECV1$, $DECV2$ entsprechen jeweils der Verzögerung 10 Umdrehungen/Minute bzw. 50 Umdrehungen/Minute, die aus den Drehzahlen der Fahrzeuräder des Hybridfahrzeugs umgerechnet wurden, die jeweils einen Radius von 0,264 Meter haben.

[0103] Gilt im Schritt **53** $DECV > DECV2$, d. h. ist die Verzögerung des Hybridfahrzeugs groß, so durchsucht die MG/ECU **15** im Schritt **54** eine weitere in [Fig. 14](#) dargestellte Datentabelle nach einem Zuwachs BR_{reg2} (der einen negativen Wert hat und im Weiteren als "Verzögerungsrückgewinnungs-Zuwachs BR_{reg2} " bezeichnet wird) der Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor **3** für eine starke Verzögerung abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} zurückgewinnt. Die MG/ECU **15** setzt den Bremskorrekturwert BR_{reg} im Schritt **55** auf den Verzögerungsrückgewinnungs-Zuwachs BR_{reg2} . Anschließend geht die Ablaufsteuerung zum Schritt **59**. Die weitere in [Fig. 14](#) dargestellte Datentabelle ist so aufgebaut, dass der Absolutwert des Verzögerungsrückgewinnungs-Zuwachs BR_{reg2} zunimmt, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} wächst. Der Absolutwert des Verzögerungsrückgewinnungs-Zuwachs BR_{reg2} für die starke Verzögerung ist bezogen auf die gleiche Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} größer als der Absolutwert des Verzögerungsrückgewinnungs-Zuwachs BR_{reg1} für die mittlere Verzögerung.

[0104] Im Schritt **59** durchsucht die MG/ECU **15** eine Zuordnung (nicht dargestellt) für eine Grundgröße $DECreg$ (die einen negativen Wert hat und im Weiteren als "Verzögerungsrückgewinnungsgröße $DECreg$ " bezeichnet wird) der elektrischen Energie, die der Elektromotor **3** abhängig von der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} und der Drehzahl NE des Verbrennungsmotors **1** (= der Drehzahl NM des Elektromotors **3**) zurückgewinnt. Die Zuordnung ist so aufgebaut, dass der Absolutwert der Verzögerungsrückgewinnungsgröße $DECreg$ zunimmt, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} wächst und wenn die Motordrehzahl NE zunimmt.

[0105] Anschließend addiert die MG/ECU **15** den Bremskorrekturwert BR_{reg} , der in einem der Schritte **55**, **57** oder **58** festgelegt worden ist, zu der im Schritt **59** bestimmten Verzögerungsrückgewinnungsgröße $DECreg$ und berechnet damit im Schritt **60** eine ge-

forderte Motorleistungsabgabe $MOTORpower$. Danach erzeugt die MG/ECU **15** im Schritt **61** einen Motorleistungsabgabebefehl $MOTORcom$, der gegen die geforderte Motorleistungsabgabe $MOTORpower$ um eine gegebene Zeitkonstante verzögert wird. Der in [Fig. 13](#) dargestellte Verzögerungsrückgewinnungs-Regelvorgang ist damit beendet.

[0106] Die MG/ECU **15** speist den derart erzeugten Motorleistungsabgabebefehl $MOTORcom$ (< 0) in die MOT/ECU **12** ein. Die MOT/ECU **12** regelt die Leistungsabgabe (die Menge an zurückgewonnener elektrischer Energie) des Elektromotors **3** über die PDU **13** gemäß dem zugeführten Motorleistungsabgabebefehl $MOTORcom$.

[0107] [Fig. 15\(a\)](#) bis [Fig. 15\(e\)](#) zeigen zeitabhängige Darstellungen, die den in [Fig. 13](#) dargestellten Verzögerungsrückgewinnungs-Regelvorgang erläutern. [Fig. 15\(a\)](#) bis [Fig. 15\(e\)](#) zeigen jeweils die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} , die Gaspedalstellung θ_{ap} , das Ausgangssignal des Bremschalters **205**, die geforderte Motorleistungsabgabe $MOTORpower$ und den Motorleistungsabgabebefehl $MOTORcom$ (momentane Menge an zurückgewonnener elektrischer Energie) in Abhängigkeit von der Zeit. Zum Zeitpunkt $t1$, siehe [Fig. 15\(a\)](#), wird das Gaspedal freigegeben, und die Verzögerung des Hybridfahrzeugs beginnt. Zum Zeitpunkt $t2$, siehe [Fig. 15\(c\)](#), beginnt die Betätigung des Bremspedals. Der Betätigungs weg des Bremspedals nimmt zum Zeitpunkt $t3$ zu, siehe [Fig. 15\(a\)](#).

[0108] Da das Bremspedal zwischen den Zeitpunkten $t1$ und $t2$ nicht betätigt wird, hat der Bremskonekturwert BR_{reg} den Wert "0". In dieser Periode wird daher die Verzögerungsrückgewinnungsgröße $DECreg$, die aus der Zuordnung abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} und der Motordrehzahl NE gewonnen wird, direkt als geforderte Motorleistungsabgabe $MOTORpower$ verwendet. Da zwischen dem Zeitpunkt $t2$ und dem Zeitpunkt $t3$ die Verzögerung $DECV$ des Hybridfahrzeugs ein mittleres Niveau hat ($DECV1 < DECV < DECV2$), wird der Bremskorrekturwert BR_{reg} (= der Verzögerungsrückgewinnungs-Zuwachs BR_{reg1}) zur Verzögerungsrückgewinnungsgröße $DECreg$ addiert, wodurch der Absolutwert der geforderten Motorleistungsabgabe $MOTORpower$ (der ein negativer Wert ist) größer wird. Zum Zeitpunkt $t3$ nimmt die Verzögerung $DECV$ zu ($DECV > DECV2$). Da der Bremskorrekturwert BR_{reg} auf den Verzögerungsrückgewinnungs-Zuwachs BR_{reg2} für die starke Verzögerung gesetzt wird, nimmt der Absolutwert der geforderten Motorleistungsabgabe $MOTORpower$ weiter zu. Zum Zeitpunkt $t4$ wird die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{car} so gering, dass die Verzögerungsrückgewinnungsgröße $DECreg$ auf den Wert "0" abfällt, und die Motordrehzahl NM wird so gering ($NM \leq NBON$, siehe Schritt **50** in [Fig. 13](#)), dass der Bremskorrekturwert BR_{reg} auf

"0" verringert wird. Daraufhin ist der Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors **3** beendet. Dabei folgt die tatsächliche Menge an zurückgewonnener elektrischer Energie des Elektromotors **3**, die durch den Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom bestimmt wird, der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower mit einer geringen Verzögerung, siehe [Fig. 15\(e\)](#).

[0109] Verzögert das Hybridfahrzeug – dies wird an der Zusatzleistungsabgabe EXPOWER erkannt, die die Differenz zwischen der geforderten Antriebsleistung POWERcom und dem Fahrwiderstand RUNRST ist – so wird gemäß dem beschriebenen Verzögerungsrückgewinnungs-Regelvorgang in [Fig. 13](#) der Absolutwert der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower, d. h. die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt muss, um eine Menge erhöht, die einen größeren Wert hat, wenn der Bremsschalter **205** betätigt ist, d. h. wenn das Hybridfahrzeug gebremst wird, und einen kleineren Wert, wenn der Bremsschalter **205** nicht betätigt ist, d. h. wenn das Hybridfahrzeug nicht gebremst wird. Damit lässt sich mit einer einfachen Anordnung die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt, wenn das Hybridfahrzeug verzögert wird, passend abhängig von der Anforderung des Fahrers regeln.

[0110] Erhöht man insbesondere die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt, um eine Menge, die einen größeren Wert hat, wenn das Hybridfahrzeug gebremst wird, und einen kleineren Wert, wenn das Hybridfahrzeug verzögert, ohne dass es gebremst wird, so nimmt das Rückgewinnungs-Bremsmoment des Elektromotors **3** und damit das Bremsmoment des Hybridfahrzeugs zu. Dadurch lassen sich Bremskräfte am Fahrzeug erzielen, die mit den Anforderungen des Fahrers zum Verzögern des Hybridfahrzeugs übereinstimmen. Dabei wird die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt, wenn das Hybridfahrzeug nicht gebremst wird, d. h. die Verzögerungsrückgewinnungsgröße DECreg, die die Grundmenge an elektrischer Energie darstellt, die der Elektromotor **3** bei verzögerndem Hybridfahrzeug zurückgewinnt, abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit Vcar und der Drehzahl NE des Verbrennungsmotors **1** (= der Drehzahl NM des Elektromotors **3**) erstellt, und der Bremskorrekturwert BRreg, der eine Zunahme in der Menge an elektrischer Energie darstellt, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt, wenn das Hybridfahrzeug abgebremst wird, wird abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit Vcar erstellt. Dadurch kann man Fahrzeuggeschwindigkeiten erhalten, die an den Fahrstatus des Hybridfahrzeugs und den Betriebsstatus des Verbrennungsmotors **1** bzw. des Elektromotors **3** angepasst sind. Wird das Hybridfahrzeug bis zum Stillstand verzögert oder wird das Hybridfahrzeug nur zeitweilig verzögert, so wird die kinetische Energie

des Hybridfahrzeugs beim Verzögern durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors **3** wirksam in elektrische Energie umgewandelt. Die elektrische Energie wird im Kondensator **14** gespeichert, d. h. der Kondensator **14** wird aufgeladen. In dieser Ausführungsform wird der Bremskorrekturwert BRreg abhängig von der Verzögerung DECV des Hybridfahrzeugs erstellt. Dadurch nimmt der Absolutwert des Bremskorrekturwerts BRreg zu, wenn die Verzögerung DECV des Hybridfahrzeugs zunimmt. Somit lassen sich die Fahrzeuggeschwindigkeiten, die durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors **3** erzeugt werden, wirksamer an die Verzögerungsanforderung des Hybridfahrzeugs anpassen, die der Fahrer beabsichtigt hat, und die Fahrbarkeit des Hybridfahrzeugs verbessert sich.

[0111] Es wird nochmals Bezug auf [Fig. 6](#) genommen. Im Schritt **14** erstellt die MG/ECU **15** einen Befehl θ_{tho} , der im Verzögerungsrückgewinnungsmodus letztlich an das Drosselstellglied **105** als Befehl für die Drosselventilöffnung θ_{th} ausgegeben wird. Anschließend geht die Ablaufsteuerung zum Schritt **19**. Der Befehl θ_{tho} für die Drosselventilöffnung θ_{th} wird durch einen nicht dargestellten Vorgang erstellt und hat den Grundwert "0". Man kann den Befehl θ_{tho} jedoch auf einen Wert größer als "0" setzen, um die Menge an elektrischer Energie zu erhöhen, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt.

[0112] Hat die Zusatzleistungsabgabe EXPOWER im Schritt **12** einen Wert nahe bei "0" (die Fahrstatusgröße VSTATUS ist "0" aufgrund des "NEIN" im Schritt **8**), so stuft die MG/ECU **15** den momentanen Rückgewinnungsmodus als Rückgewinnungsmodus bei konstanter Geschwindigkeit ein und stellt im Schritt **15** die geforderte Motorleistungsabgabe MOTORpower auf eine Leistungsabgabe CRUISpower (die einen negativen Wert hat) für die Rückgewinnung elektrischer Energie mit dem Elektromotor **3** während das Hybridfahrzeug mit konstanter Geschwindigkeit fährt. Die Leistungsabgabe CRUISpower wird mit einer nicht dargestellten Routine berechnet. Sie kann abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit Vcar, der Drehzahl NE des Verbrennungsmotors oder der Drehzahl NM des Elektromotors **3** und der Restkapazität CAPAremc des Kondensators **14** bestimmt werden.

[0113] Im Schritt **16** erzeugt die MG/ECU **15** einen Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom, der der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower wie im Schritt **10** verzögert um eine gegebene Zeitkonstante folgt.

[0114] Die MG/ECU **15** speist den auf diese Weise erzeugten Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom (< 0) in die MOT/ECU **12** ein. Die MOT/ECU **12** regelt die Leistungsabgabe (die Menge an zurückgewonneener elektrischer Energie) des Elektromotors **3** gemäß

dem zugeführten Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom über die PDU **13**.

[0115] Im Schritt **17** berechnet die MG/ECU **15** abhängig vom Motorleistungsabgabebefehl MOTORcom eine Korrekturgröße (Zunahmewert) θ_{thsub} für die Korrektur eines Befehls für die Drosselventilöffnung θ_{th} in einer Ventilöffnungsrichtung. Anschließend geht die Ablaufsteuerung vom Schritt **17** zum Schritt **18** über.

[0116] Die Korrekturgröße θ_{thsub} wird aus Gründen berechnet, die entgegengesetzt zu den Gründen sind, aus denen die Korrekturgröße $\theta_{thassist}$ wie oben beschrieben berechnet wird.

[0117] Im Einzelnen hat die geforderte Motorleistungsabgabe MOTORpower, die im Rückgewinnungsmodus mit konstanter Geschwindigkeit erstellt wird, einen negativen Wert und stellt die Menge an elektrischer Energie dar, die der Elektromotor **3** zurückgewinnt. Wird die Leistungsabgabe (erzeugte elektrische Energie) des Elektromotors **3** gemäß der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower geregelt, so nimmt der Elektromotor **3** Antriebsleistung (Energie) entsprechend der Menge an zurückgewonnener elektrischer Energie gemäß der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower auf und verringert dadurch die Antriebsleistung des Hybridfahrzeugs, d. h. der Elektromotor **3** dient als Last des Verbrennungsmotors **1**. Um die geforderte Antriebsleistung POWERcom als Antriebsleistung des Hybridfahrzeugs im Rückgewinnungsmodus mit konstanter Geschwindigkeit beizubehalten, muss man die Leistungsabgabe des Elektromotors **3**, die durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors **3** aufgenommen wird, durch die Leistungsabgabe des Verbrennungsmotors **1** ausgleichen. Zum Erfüllen dieser Anforderung wird gemäß der Erfindung die Korrekturgröße θ_{thsub} abhängig von der geforderten Motorleistungsabgabe MOTORpower berechnet, damit die Leistungsabgabe des Verbrennungsmotors **1** um die Leistungsabgabe wächst, die durch den Rückgewinnungsvorgang des Elektromotors **3** im Rückgewinnungsmodus mit konstanter Geschwindigkeit aufgenommen wird.

[0118] Im Schritt **18** berechnet die MG/ECU **15** einen Befehl θ_{tho} für die Drosselventilöffnung θ_{th} , der schließlich an das Drosselstellglied **105** ausgegeben wird, und zwar aus dem im Schritt **3** bestimmten Drosselventilöffnungs-Grundbefehl θ_{thcom} , dem im Schritt **6** ermittelten Korrekturterm θ_{thadd} , der im Schritt **11** bestimmten Korrekturgröße $\theta_{thassist}$ und der im Schritt **17** ermittelten Korrekturgröße θ_{thsub} , gemäß der folgenden Gleichung (4):

$$\theta_{tho} = \theta_{thcom} + \theta_{thadd} + \theta_{thsub} - \theta_{thassist} \quad (4).$$

[0119] Im Unterstützungsmodus wird die Korrektur-

größe θ_{thsub} auf "0" gesetzt. Im Rückgewinnungsmodus bei konstanter Geschwindigkeit wird die Korrekturgröße $\theta_{thassist}$ auf "0" gesetzt.

[0120] Im Schritt **19** prüft die MG/ECU **15**, ob der Befehl θ_{tho} für die Drosselventilöffnung θ_{th} gleich oder größer einem vorbestimmten Wert θ_{thref} ist. Gilt $\theta_{tho} < \theta_{thref}$, so prüft die MG/ECU **15** im Schritt **20**, ob der momentane Einlassdruck PBA, den der Einlassdrucksensor **108** erfasst, größer oder kleiner ist als ein vorbestimmter Wert PBAref. Gilt PBA > PBAref, so wird die in [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellte Verarbeitungsfolge im aktuellen Regelzyklus beendet.

[0121] Gilt im Schritt **19** $\theta_{tho} \geq \theta_{thref}$ oder im Schritt **20** $PBA \leq PBAref$, so verändert die MG/ECU **15** im Schritt **21** das Übersetzungsverhältnis des Getriebemechanismus **4** auf ein geringeres Übersetzungsverhältnis. Anschließend ist die in [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellte Verarbeitungsfolge im aktuellen Regelzyklus beendet.

[0122] Geht die Ablaufsteuerung zum Schritt **21**, so lässt sich die Leistungsabgabe des Verbrennungsmotors **1** nicht mehr über das momentane Leistungsabgabeneveau hinaus steigern. Das Übersetzungsverhältnis des Getriebemechanismus **4** wird nun auf ein geringeres Übersetzungsverhältnis geändert, damit das von der Antriebswelle **2** erzeugte Drehmoment auf einer konstanten Höhe gehalten wird, d. h. auf dem gleichen Drehmoment wie vor dem Schritt **21**, damit die Fahrbarkeit des Hybridfahrzeugs erhalten bleibt. Die TM/ECU **16** ändert gesteuert durch die MG/ECU **15** das Übersetzungsverhältnis des Getriebemechanismus **4**.

[0123] Es wird nun ein Motorsteuervorgang beschrieben, den die ENG/ECU **11** ausführt.

[0124] [Fig. 16](#) zeigt einen Überblick über die Motorsteuerungs-Verarbeitungsfolge, die die ENG/ECU **11** in jedem vorbestimmten Regelzyklus ausführt, beispielsweise Regelzyklen synchron zum TDC (TDC = Top Dead Center, oberer Totpunkt).

[0125] In [Fig. 16](#) erfasst die ENG/ECU **11** im Schritt **131** verschiedene Betriebsparameter des Verbrennungsmotors einschließlich der Motordrehzahl NE, des Einlassdrucks PBA usw. Anschließend bestimmt die ENG/ECU **11** im Schritt **132** einen Motorbetriebsstatus.

[0126] Anschließend führt die ENG/ECU **11** im Schritt **133** abhängig vom ermittelten Motorbetriebsstatus einen Kraftstoffregelvorgang aus, mit dem die Kraftstoffmenge geregelt wird, die in den Verbrennungsmotor **1** einzuspritzen ist, sowie der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung mit den Kraftstoff-Einspritzventilen **106**. Nun führt die ENG/ECU **11** im Schritt **134** einen Zündzeitpunkts-Regelvorgang zum Re-

geln der Zeitpunkte der Kraftstoffentzündung im Verbrennungsmotor **1** mit Hilfe der Zündkerzen **113** aus, der auch vom ermittelten Motorbetriebsstatus abhängt. Daraufhin führt die ENG/ECU **11** im Schritt **135** einen Drosselventil-Regelvorgang aus, mit dem die Drosselventilöffnung θ_{th} über das Drosselstellglied **105** geregelt wird.

[0127] Insbesondere regelt die ENG/ECU **11** im Schritt **133** und im Schritt **134** die Menge des in den Verbrennungsmotor **1** einzuspritzenden Kraftstoffs sowie den Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung, und sie regelt den Zeitpunkt der Kraftstoffentzündung abhängig von der Motordrehzahl NE, dem Einlassdruck PBA usw. Im Schritt **135** regelt die ENG/ECU **11** auch den Betrieb des Drosselstellglieds **105**, damit die tatsächliche Drosselventilöffnung θ_{th} mit dem Befehl θ_{th0} (der im Schritt **14** oder im Schritt **18** ermittelt wird, siehe [Fig. 6](#)) für die Drosselventilöffnung θ_{th} übereinstimmt, den die MG/ECU **15** der ENG/ECU **11** zuführt.

[0128] In den dargestellten Ausführungsformen wird ein Kondensator **14** als Speichereinheit für die elektrische Energie eingesetzt. Die Speichereinheit für elektrische Energie kann statt dessen auch eine Batterie (Sekundärellement) enthalten.

[0129] Das Drosselventil **103** der DBW-Bauart kann durch ein gewöhnliches Drosselventil ersetzt werden, das mechanisch mit dem Gaspedal verbunden ist. Bei einer derartigen Abwandlung kann man die von der Leistungsabgabe des Elektromotors abhängige Saugluftmenge über einen Durchlass regeln, der das Drosselventil umgeht, und ein Regelventil, das in dem Durchlass angeordnet ist. Bei einem Verbrennungsmotor mit elektromagnetisch betriebenen Einlassventilen, die nicht von einem Nockenmechanismus, sondern von einem Elektromagneten betätigt werden, kann man die Saugluftmenge abhängig von der Leistungsabgabe des Elektromotors dadurch regeln, dass man die Ventilöffnungsperiode der elektromagnetisch betätigten Einlassventile verändert.

[0130] Der Getriebemechanismus **4** kann einen kontinuierlich verstellbaren Getriebemechanismus umfassen, dessen Übersetzungsverhältnis kontinuierlich veränderbar ist. Bei einem derartigen kontinuierlich verstellbaren Getriebemechanismus kann man anstelle des Erfassens der Gangstellung das Übersetzungsverhältnis aus dem Verhältnis der Drehzahl der Antriebswelle des kontinuierlich verstellbaren Getriebemechanismus zur Drehzahl der Abtriebswelle des Getriebemechanismus ermitteln.

[0131] Ist der Bremsmechanismus mit einem Stellglied zum hydraulischen Regulieren der Bremskräfte verbunden, so kann das Stellglied so gesteuert werden, dass es die Bremskräfte verringert, wenn beim Verzögern des Hybridfahrzeugs die Menge an elektri-

scher Energie zunimmt, die der Elektromotor zurückgewinnt. Diese Anordnung verbessert wirksam die Fahrbarkeit des Hybridfahrzeugs und stabilisiert die Menge an elektrischer Energie, die der Elektromotor zurückgewinnt.

[0132] Die Erfindung ist anhand einer bevorzugten Ausführungsform dargestellt und ausführlich beschrieben. Selbstverständlich können an der Erfindung verschiedene Abwandlungen und Veränderungen vorgenommen werden, ohne den Bereich der beigefügten Ansprüche zu verlassen.

Patentansprüche

1. Regelsystem zum Regeln eines Hybridfahrzeugs, das einen Verbrennungsmotor (**1**) aufweist, der eine Antriebswelle (**2**) dreht, einen Elektromotor (**3**), der den Verbrennungsmotor (**1**) beim Drehen der Antriebswelle (**2**) mit elektrischer Energie unterstützt und kinetische Energie der Antriebswelle (**2**) in elektrische Energie umwandelt, eine Speichervorrichtung (**14**) für elektrische Energie, die dem Elektromotor (**3**) elektrische Energie zuführt und elektrische Energie speichert, die der Elektromotor (**3**) erzeugt, eine Erkennungsvorrichtung (**15**) für Verzögerungsanforderungen, die eine Verzögerungsanforderung für das Hybridfahrzeug erkennt, eine Bremsvorgangs-Erkennungsvorrichtung (**205**), die erkennt, ob das Hybridfahrzeug abgebremst wird oder nicht; und eine Kontrollvorrichtung (**12**, **15**) für die Verzögerungs-Rückgewinnung, die den Elektromotor (**3**) veranlasst, elektrische Energie zurückzugewinnen, wenn die Erkennungsvorrichtung (**15**) für Verzögerungsanforderungen die Verzögerungsanforderung feststellt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontrollvorrichtung (**12**, **15**) für die Verzögerungs-Rückgewinnung eine Größe der zurückgewonnenen elektrischen Energie (MOTORpower) des Elektromotors (**3**) abhängig von einer Basis-Rückgewinnungsgröße (DECreg) erstellt, und einen Bremskorrekturwert (BRreg) zur Basis-Rückgewinnungsgröße (DECreg) addiert, damit die zurückgewonnene elektrische Energie für den Fall, dass die Bremsvorgangs-Erkennungsvorrichtung (**205**) das Bremsen des Hybridfahrzeugs erkennt, um eine größere Menge erhöht wird, als für den Fall, dass die Bremsvorgangs-Erkennungsvorrichtung feststellt, dass das Hybridfahrzeug nicht bremst, wobei die Verzögerungsanforderungs-Erkennungsvorrichtung die Verzögerungsanforderung erkennt und der Bremskorrekturwert (BRreg) so erstellt wird, dass er bei zunehmender Verzögerung (DECV) des Hybridfahrzeugs zunimmt, und die Verzögerung (DECV) des Hybridfahrzeugs als Differenz zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit im vorhergehenden Regelzyklus und der Fahrzeuggeschwindigkeit im momentanen Regelzyklus bestimmt wird.

2. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Erkennungsvorrichtung (**15**)

für Verzögerungsanforderungen umfasst:
 eine Vorrichtung zum Ermitteln einer Antriebsleistungsanforderung (POWERcom) des Hybridfahrzeugs abhängig von einer Gaspedalstellung (θ_{ap}) und einer Drehzahl (NE) des Verbrennungsmotors (1);
 eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Fahrwiderstands (RUNRST) des Hybridfahrzeugs abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit (Vcar) des Hybridfahrzeugs; und
 eine Vorrichtung zum Ermitteln einer Verzögerungsanforderung des Hybridfahrzeugs abhängig von der ermittelten Antriebsleistungsanforderung und dem ermittelten Fahrwiderstand.

3. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Erkennungsvorrichtung (15) für Verzögerungsanforderungen eine Verzögerungsanforderung des Hybridfahrzeugs erkennt, wenn eine Größenveränderung (DAP) der Gaspedalstellung (θ_{ap}) in Schließrichtung je Zeiteinheit größer ist als eine vorbestimmte Größenveränderung (DAPD).

4. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis-Rückgewinnungsgröße (DECreg) so erstellt wird, dass sie bei höherer Fahrzeuggeschwindigkeit (Vcar) zunimmt.

5. Regelsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis-Rückgewinnungsgröße (DECreg) so erstellt wird, dass sie bei zunehmender Drehzahl des Verbrennungsmotors oder des Elektromotors zunimmt.

6. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremskorrekturwert (BRreg) für eine mittlere Verzögerung eine Verzögerungs-Rückgewinnungs-Zunahme (BRreg1) ist, d. h. falls die Verzögerung (DECV) des Hybridfahrzeugs größer ist als eine erste vorbestimmte Verzögerung (DECV1) und kleiner als eine zweite vorbestimmte Verzögerung (DECV2), die größer ist als die erste vorbestimmte Verzögerung (DECV1), und der Bremskorrekturwert (BRreg) für eine große Verzögerung eine Verzögerungs-Rückgewinnungs-Zunahme (BRreg2) ist, falls die Verzögerung (DECV) des Hybridfahrzeugs größer ist als die zweite vorbestimmte Verzögerung (DECV2).

7. Regelsystem nach Anspruch 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremskorrekturwert (BRreg) so erstellt wird, dass er bei höherer Fahrzeuggeschwindigkeit (Vcar) zunimmt.

8. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremskorrekturwert (BRreg) den Wert Null hat, falls die Drehzahl (NE) des Verbrennungsmotors (1) oder des Elektromotors (3) unter einer vorbestimmten Drehzahl (NBON) liegt.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

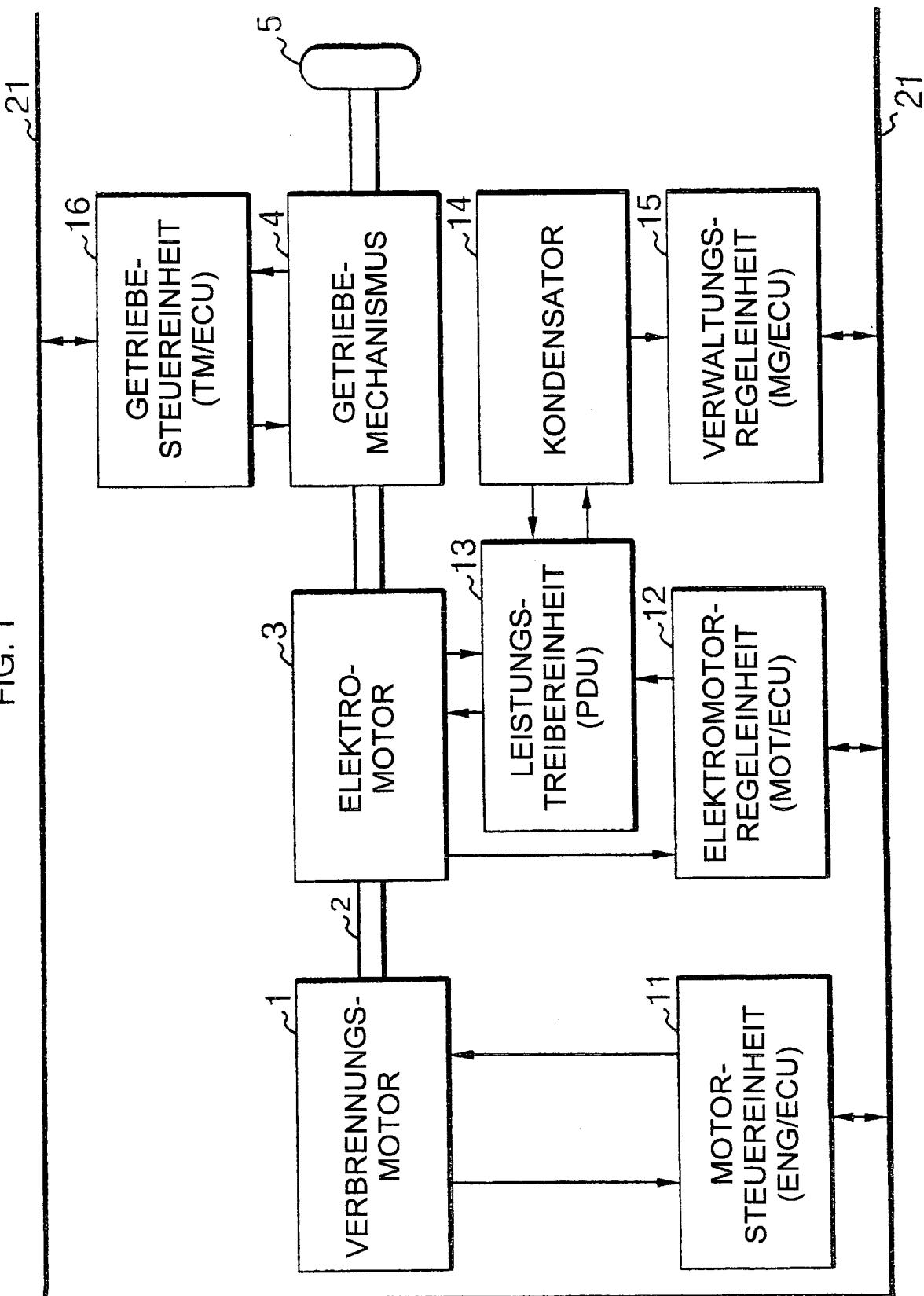


FIG. 2

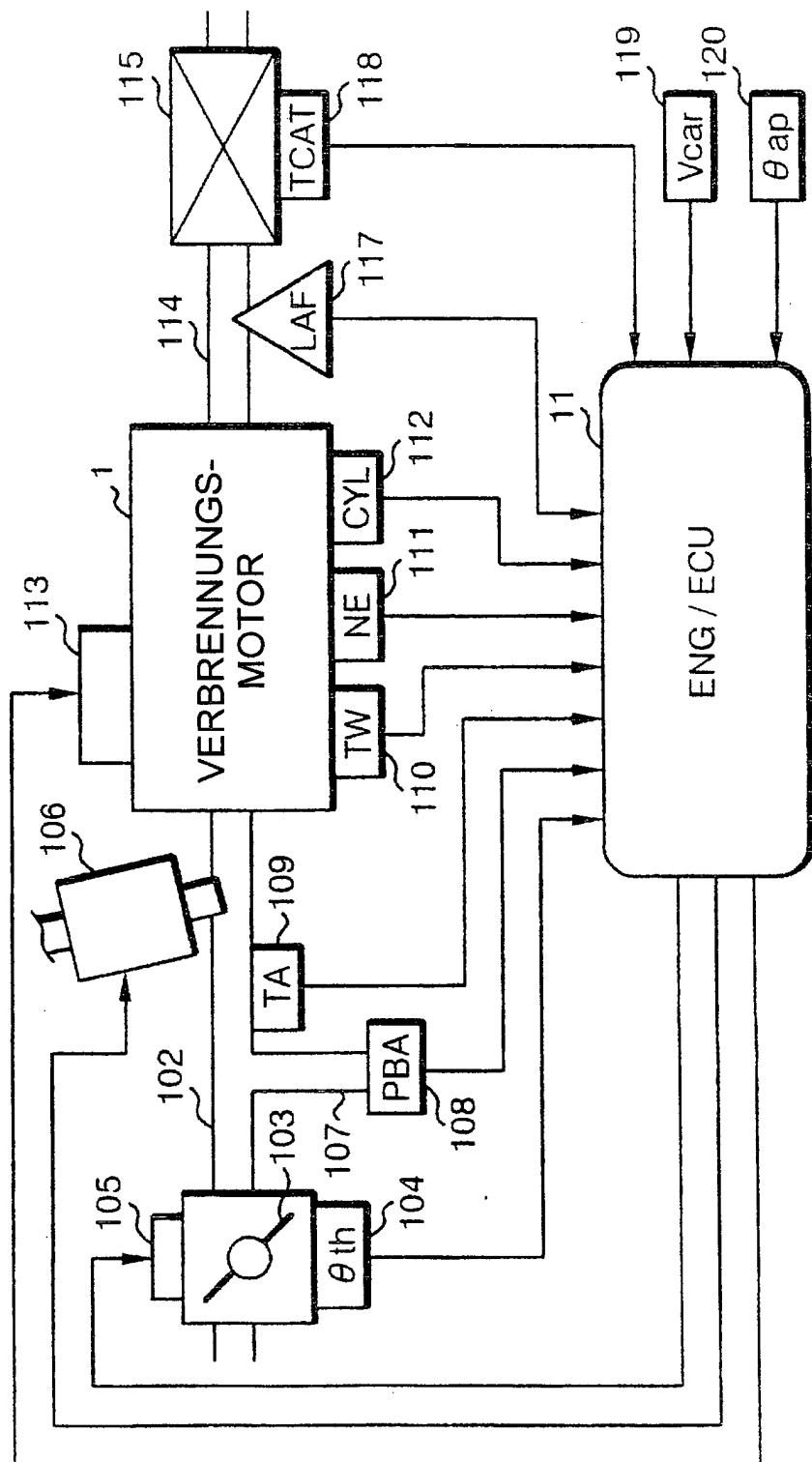


FIG. 3

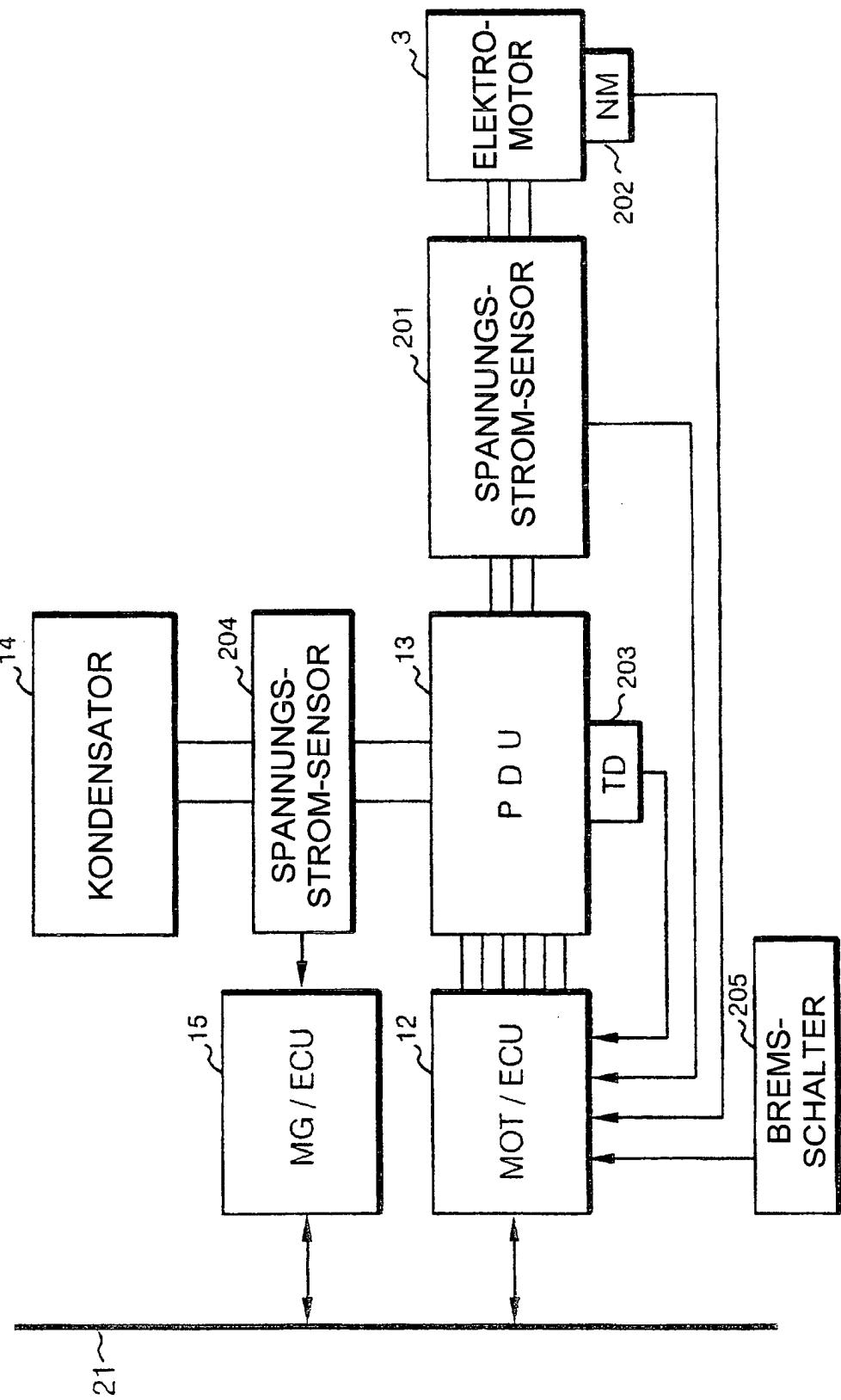


FIG. 4

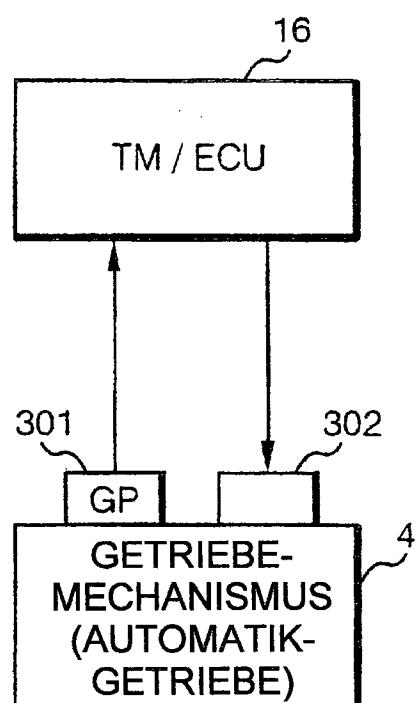


FIG. 5

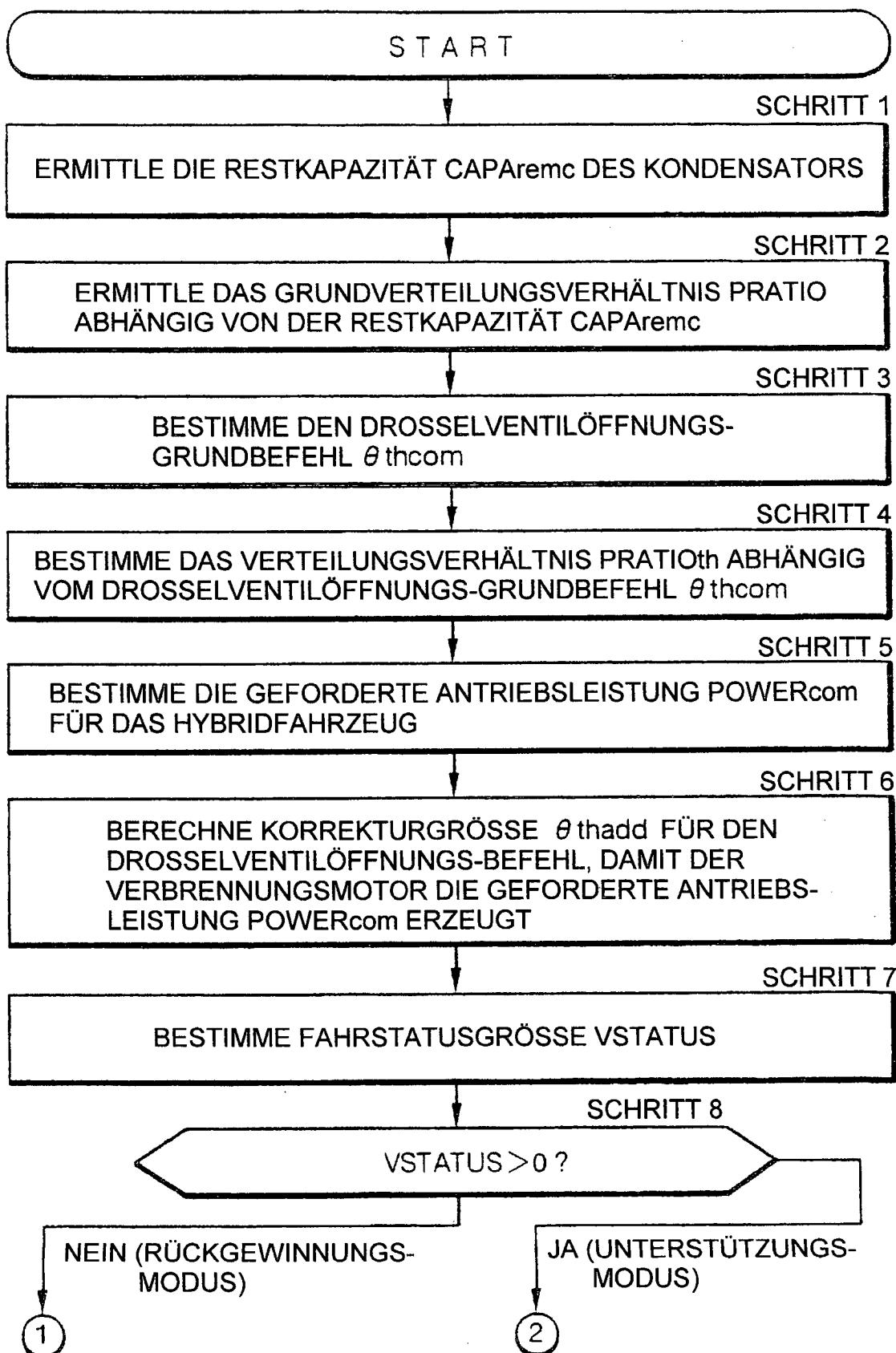


FIG. 6

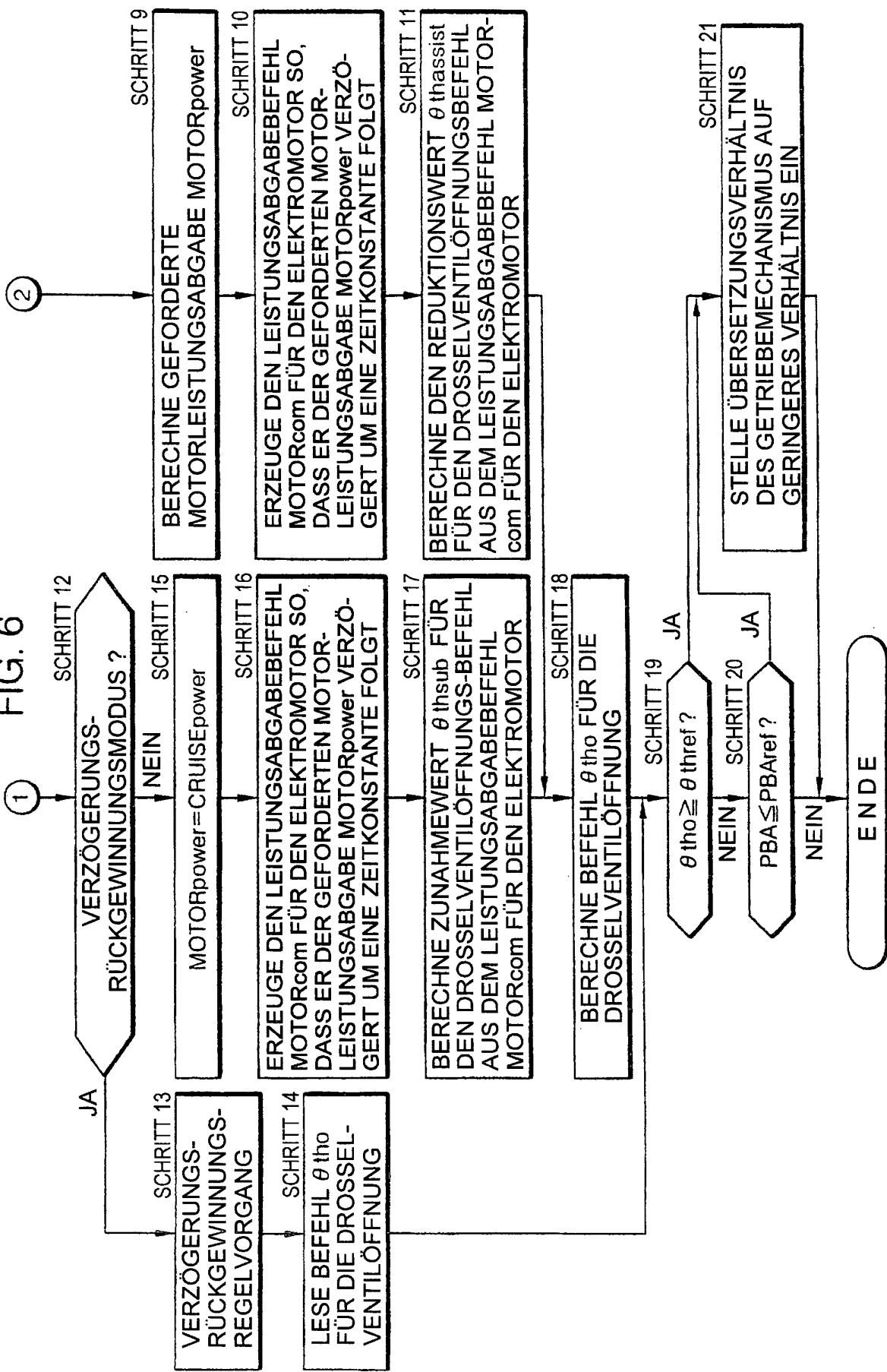


FIG. 7

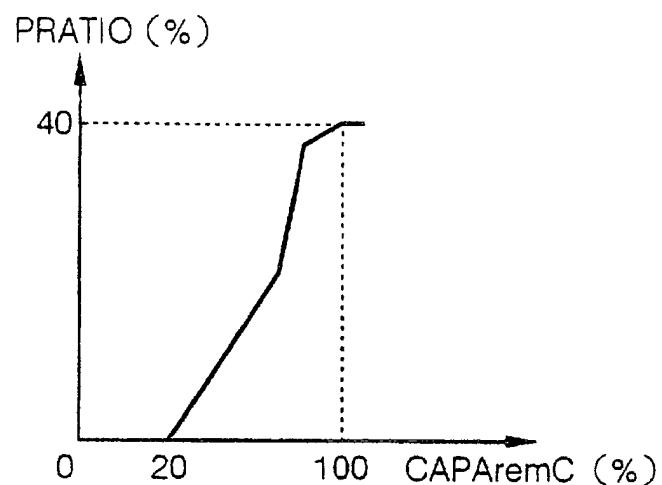


FIG.8

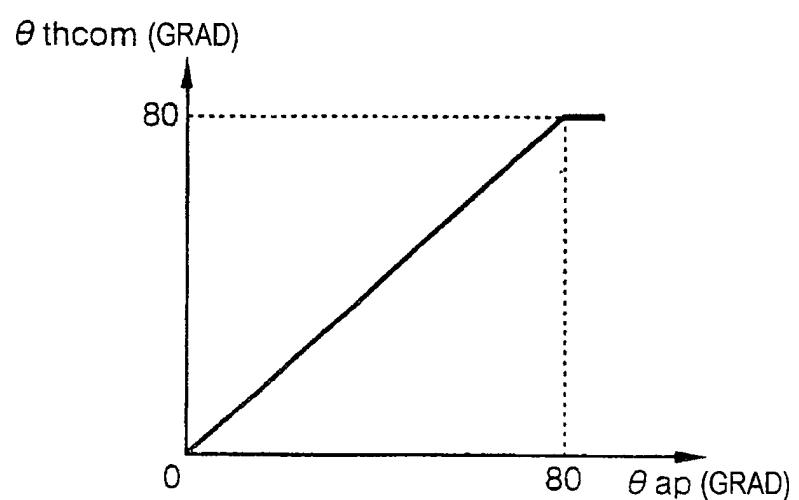


FIG. 9

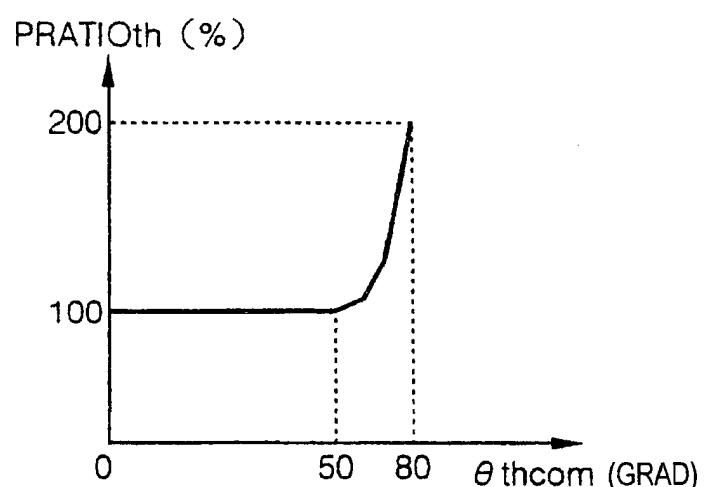


FIG. 10

→ NE (UMD/MIN)

θ_{thcom} (GRAD)	0	500	9500	10000
0				
1				
⋮			GEFORDERTE ANTRIEBS- LEISTUNG POWERcom (KW)	
89				
90				

FIG. 11

→ Vcar (Km/h)

EXPOWER (Kw)	0	10	160	170
0				
1				
⋮			FAHRSTATUS- GRÖSSE VSTATUS (%)	
99				
100				

FIG.12

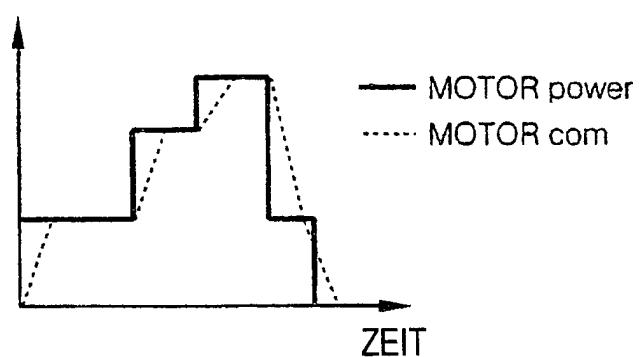


FIG. 13
VERZÖGERUNGSRÜCKGEWINNUNGS-REGELVORGANG

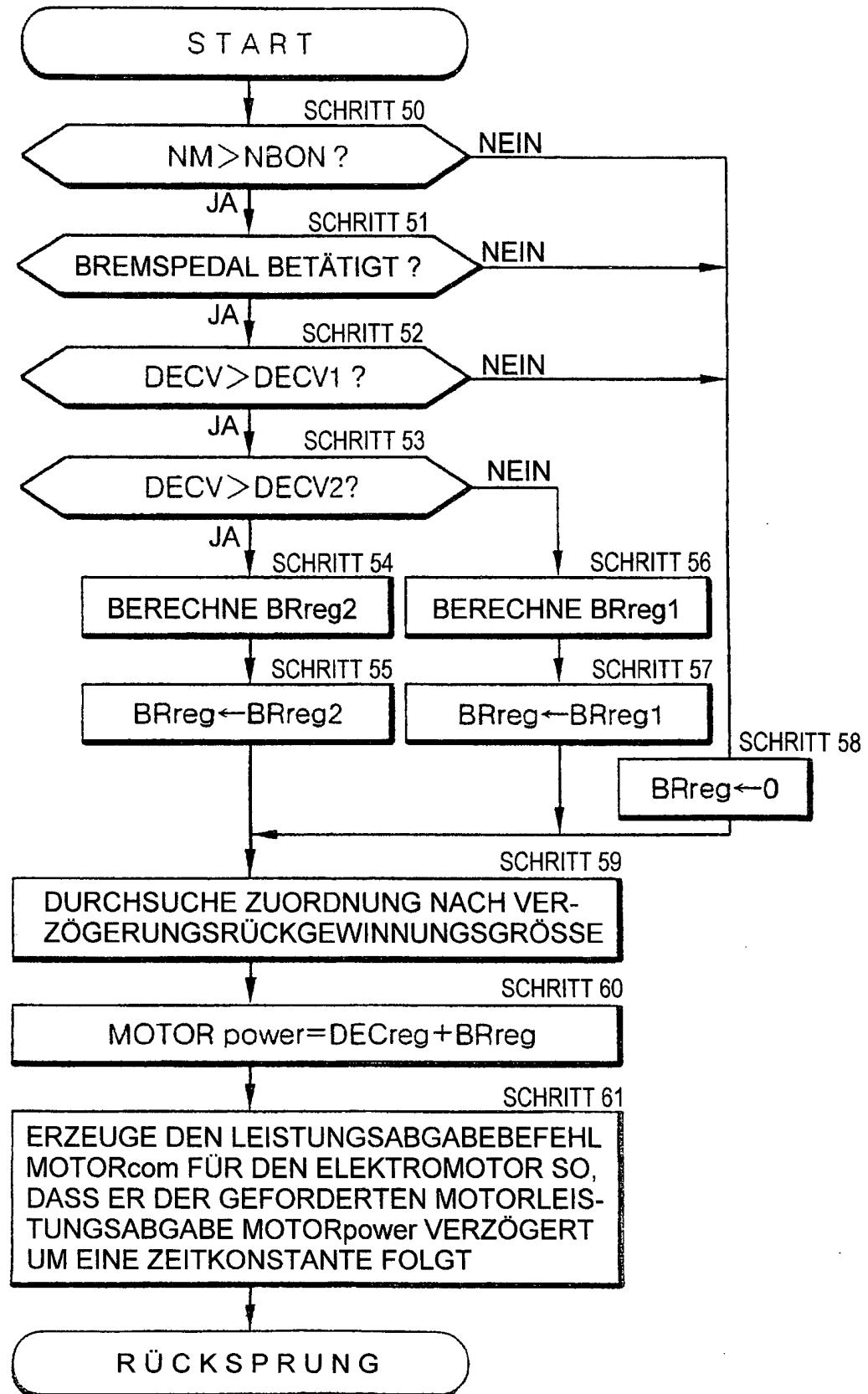


FIG. 14

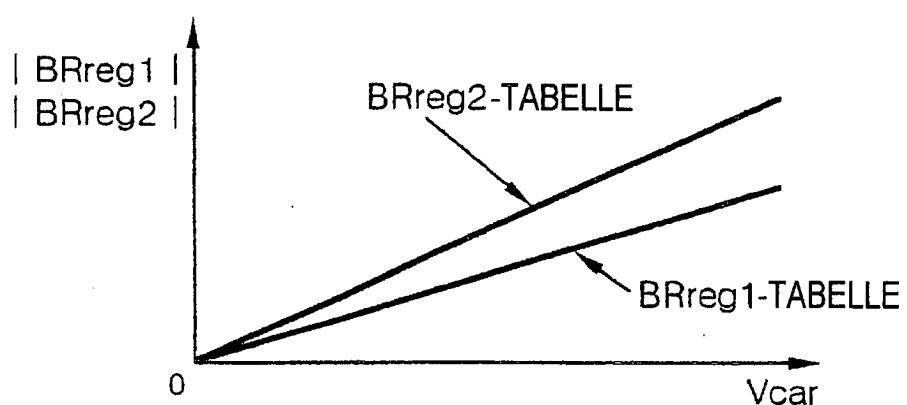


FIG. 15 (a)

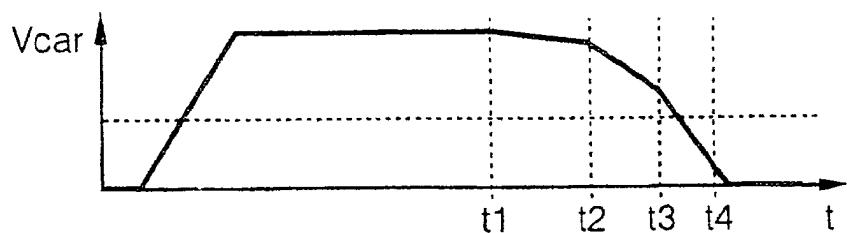


FIG. 15 (b)

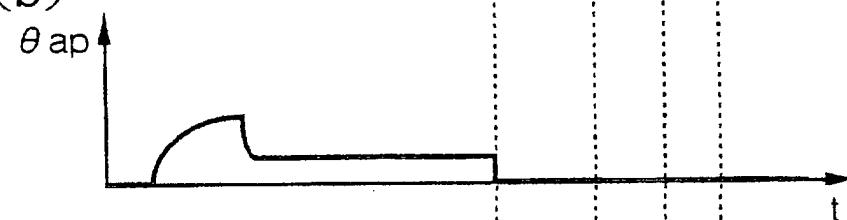


FIG. 15 (c)

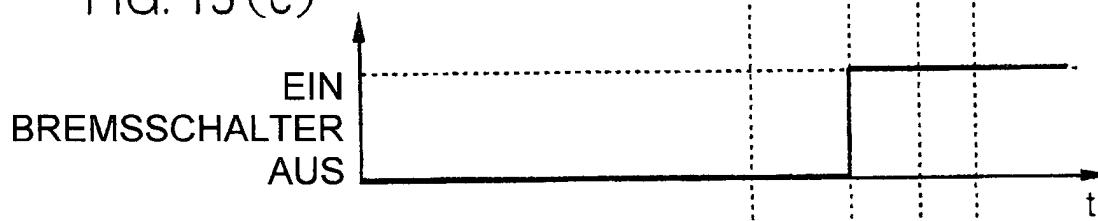


FIG. 15 (d)

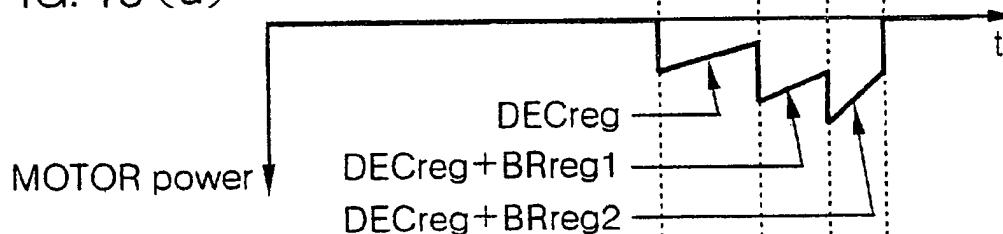


FIG. 15 (e)

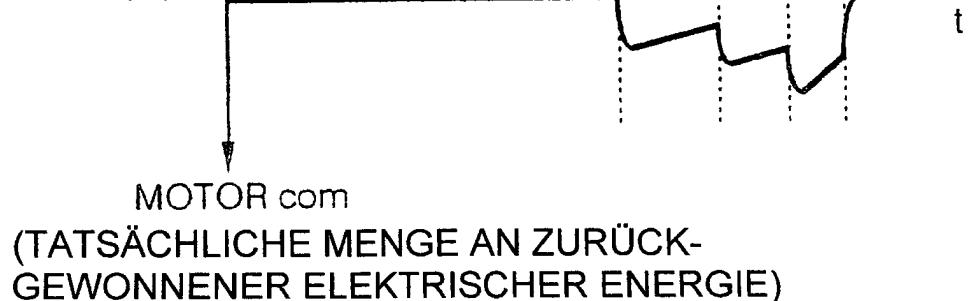


FIG. 16

MOTORSTEUERUNG

