



⁽¹⁰⁾ **DE 10 2011 119 902 A1** 2012.06.06

Offenlegungsschrift

(51) Int Cl.: **B60W 20/00** (2012.01)

B60W 10/06 (2012.01)

B60W 10/08 (2012.01)

B60L 11/18 (2012.01)

H02J 7/14 (2012.01)

(74) Vertreter:

**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336,
München, DE**

(72) Erfinder:

Koprubasi, Kerem, Birmingham, Mich., US;
Aldrich III, William L., Davisburg, Mich., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Systeme und Verfahren zum Steuern eines Kraftmaschinendrehmoments**

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Das technische Gebiet betrifft allgemein Systeme und Verfahren zum Steuern eines Kraftmaschinendrehmoments einschließlich des Ansprechens auf Lasten auf der Kraftmaschine.

HINTERGRUND

[0002] Während eines Leerlaufbetriebs eines Fahrzeugs können Lasten zeitweise und schnell auf das Leistungssystem des Fahrzeugs aufgebracht werden und diesem Leistung entnehmen, die von der Brennkraftmaschine geliefert wird. Die Lasten umfassen verschiedene elektrische Lasten, mechanische Lasten und diejenigen, die durch Umgebungsbedingungen verursacht werden. Beispielsweise werden Lasten aufgebracht, wenn das Fahrzeug aus dem Leerlauf beschleunigt (wie etwa, wenn das Fahrzeug aus dem Stand oder von einer konstanten Geschwindigkeit ausgehend beschleunigt), wenn ein mit der Kraftmaschine gekoppelter Klimaanlagekompressor eingeschaltet wird oder wenn ein Generator auf eine Zunahme der Verwendung elektrischer Leistung anspricht. Während eines Leerlaufbetriebs benötigt die Kraftmaschine allein eine relativ konstante spezifische Energiemenge, um die Kraftmaschine zu betreiben (z. B. um Wärmeverluste und Reibungsverluste zu kompensieren) und um eine konstante Leerlaufdrehzahl beizubehalten. Um jedoch die zeitweisen Lasten zu kompensieren, die auf die Kraftmaschine aufgebracht werden, während ein Betrieb mit konstanter Leerlaufdrehzahl beibehalten wird, wurden verschiedene Ansätze entwickelt.

[0003] Ein Ansatz besteht darin, eine Luftströmung in die Kraftmaschine hinein mit der Drosselklappe zu steuern. Die Drosselklappe stellt jedoch eine Drehmomentreaktion bereit, die oft zu langsam ist, um die Anforderungen von zeitweise aufgebrachten Lasten zu erfüllen. Ein weiterer Ansatz besteht darin, den Zündfunkenzeitpunkt zu steuern. Der Zündfunkenzeitpunkt wird für eine Brennkraftmaschine mit Funkenzündung mit Bezug auf eine Kurbelwellendrehung gemessen, wobei der obere Totpunkt (OT) des Kolbenkompressionstakts als 0 Grad angenommen wird. Die Zündfunkenfrühverstellung bezeichnet ein Zünden der Zündfunkenvorrichtung früher im Kolbenrotationszyklus. Die Zündfunken spätverstellung bezeichnet das Zünden des Zündfunken später im Rotationszyklus.

[0004] Im Idealfall ist der Zündfunkenzeitpunkt, der während eines Leerlaufbetriebs befohlen wird, diejenige Zündfunkenfrühverstellung, die einen Zeitpunkt mit maximalem Bremsdrehmoment bereitstellt (als MBT-Zeitpunkt bezeichnet). Dieser liefert die höchste Energieabgabe der Kraftmaschine für die gegebene

nen Betriebsbedingungen und die verwendete Kraftstoffmenge. Ein Spätverstellen des Zündfunkenzeitpunkts vom MBT-Zeitpunkt aus verringert die Leistungsausgabe aus der Kraftmaschine. Dies weist den Effekt der Verringerung des Wirkungsgrads der Kraftmaschine auf und benötigt mehr Luftströmung und Kraftstoff, um ein gegebenes Drehmoment bereitzustellen; aber dies weist auch den Effekt des Schaffens einer Drehmomentreserve auf, die verwendet werden kann, um die Anforderungen von schnell anwachsenden Lasten auf der Kraftmaschine über eine Zündfunkensteuerung zu erfüllen, indem der Zündfunke beim nächsten Verbrennungszyklus frühverstellt wird. Wie angemerkt wurde, führt jedoch das Spätverstellen des Zündfunkenzeitpunkts zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch und einer gleichzeitigen Verringerung der Kraftstoffsparsamkeit.

[0005] Bei Fahrzeugen, wie etwa Hybridfahrzeugen, kann eine oder können mehrere elektrische Maschinen in Verbindung mit der Brennkraftmaschine arbeiten und verwendet werden, um auf zeitweise Lastanforderungen zu antworten. Die elektrische Maschine kann viel schneller auf Drehmomentbefehle antworten als durch für eine Drosselklappe der Brennkraftmaschine erzeugte Drehmomentbefehle. Folglich stellt die elektrische Maschine ein Drehmomentstellglied dar, das anstelle einer durch Zündfunken spätverstellung erzeugten Drehmomentreserve verwendet werden kann. Wenn außerdem eine Last von der Kraftmaschine entfernt wird und weniger Drehmoment benötigt wird, kann die elektrische Maschine schnell ein negatives Drehmoment bereitstellen, das verwendet werden kann, um eine elektrische Energiespeichervorrichtung aufzuladen. Diese Operation beseitigt die Notwendigkeit, den Zündfunken zur Verringerung von Drehmomentanforderungen sogar noch weiter nach spät zu verstellen.

[0006] Die elektrische Maschine kann durch Batterien oder andere elektrische Energiequellen (wie etwa Superkondensatoren oder Brennstoffzellen) mit Leistung versorgt werden und weist auch die Fähigkeit zum Erzeugen und Speichern elektrischer Energie auf. Wenn die elektrische Maschine elektrische Energie entnimmt, liefert sie ein positives Drehmoment, wenn die elektrische Maschine elektrische Energie erzeugt und speichert, liefert sie ein negatives Drehmoment.

ZUSAMMENFASSUNG

[0007] Die verschiedenen Ausführungsformen stellen ein Kraftmaschinensteuersystem bereit, das ausgestaltet ist, um eine Drehmomentreserve im Leerlauf bereitzustellen, um während eines Leerlaufs der Kraftmaschine Verluste durch eine Zündfunken spätverstellung zu verringern, um die Verbrennungsstabilität beim Leerlauf zu verbessern, und um Schwankungen der Batteriespannung auf einem Niederspan-

nungsbus (LV-Bus) und damit verbundene Probleme erheblich zu verringern oder zu beseitigen.

[0008] Bei einer Ausführungsform bezieht sich die Offenbarung auf ein Fahrzeugsystem, das eine Kurbelwelle und eine Brennkraftmaschine enthält, die mit der Kurbelwelle verbunden ist und ein erstes Kraftmaschinenmoment T_1 erzeugt, um die Kurbelwelle anzutreiben. Das Fahrzeugsystem enthält ferner eine elektrische Maschine, die mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein zweites Drehmoment T_2 auf die Kurbelwelle aufbringt, und ein Teilsystem für mechanische Zubehöreinrichtungen, das mindestens eine mechanische Zubehöreinrichtung enthält, das mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein drittes Zubehörmoment T_3 auf die Kurbelwelle aufbringt. Das Fahrzeugsystem enthält auch ein Steuerteilsystem mit einem Prozessor und einem konkreten nichtflüchtigen computerlesbaren Medium, das Anweisungen speichert, die, wenn sie von dem Prozessor ausgeführt werden, veranlassen, dass der Prozessor (i) während eines Leerlaufbetriebs des Fahrzeugs einen Betriebsmodus aus mehreren Systemmodi, welche einen Auflademodus und einen Entlademodus umfassen, wählt, um ein Nettodrehmoment T_4 , das eine Summe aus dem ersten, zweiten und dritten Drehmoment ist ($T_4 = T_1 + T_2 + T_3$) zu stabilisieren und (ii) dass er den Betrieb der elektrischen Maschine und/oder der Kraftmaschine gemäß dem gewählten Modus steuert, wodurch Spannungsschwankungen im elektrischen Teilsystem (z. B. auf einem LV-Bus) begrenzt werden.

[0009] Bei einer anderen Ausführungsform bezieht sich die Offenbarung auf ein Verfahren, das durch ein rechnergestütztes System eines Fahrzeugs implementiert wird, das eine Kurbelwelle, eine mit der Kurbelwelle verbundene Brennkraftmaschine, die ein erstes Kraftmaschinenmoment T_1 zum Antreiben der Kurbelwelle erzeugt, eine elektrische Maschine, die mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein zweites Drehmoment T_2 auf die Kurbelwelle aufbringt und ein Teilsystem für mechanische Zubehöreinrichtungen, das mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein drittes Zubehörmoment T_3 auf die Kurbelwelle aufbringt, aufweist. Das Verfahren umfasst, dass (1) während eines Leerlaufbetriebs des Fahrzeugs ein Betriebsmodus aus mehreren Systemmodi, die einen Auflademodus und einen Entlademodus umfassen, gewählt wird, um ein Nettodrehmoment T_4 zu stabilisieren, das eine Summe aus dem ersten, dem zweiten und dem dritten Drehmoment ist ($T_4 = T_1 + T_2 + T_3$) und dass (2) ein Betrieb der elektrischen Maschine und/oder der Kraftmaschine gemäß dem gewählten Modus gesteuert wird, wodurch Spannungsschwankungen im elektrischen Teilsystem (z. B. Schwankungen auf dem LV-Bus) begrenzt werden.

[0010] Bei einer Ausführungsform betrifft die Offenbarung ein konkretes nichtflüchtiges computerlesba-

res Medium, das Anweisungen speichert, die, wenn sie von einem Computerprozessor ausgeführt werden, veranlassen, dass der Prozessor ein Verfahren zum Steuern gewählter Betriebsarten eines Fahrzeugs durchführt, welches ein elektrisches Teilsystem, eine Kurbelwelle, eine Brennkraftmaschine, die mit der Kurbelwelle verbunden ist und ein erstes Kraftmaschinenmoment T_1 zum Antreiben der Kurbelwelle erzeugt, eine elektrische Maschine, die mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein zweites Drehmoment T_2 auf die Kurbelwelle aufbringt und ein Teilsystem für mechanische Zubehöreinrichtungen, das mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein drittes Zubehörmoment T_3 auf die Kurbelwelle aufbringt, aufweist. Das Verfahren umfasst, dass (a) während eines Leerlaufbetriebs des Fahrzeugs ein Betriebsmodus aus mehreren Systemmodi gewählt wird, die einen Auflademodus und einen Entlademodus umfassen, um ein Nettodrehmoment T_4 zu stabilisieren, das eine Summe aus dem ersten, zweiten und dritten Drehmoment ist ($T_4 = T_1 + T_2 + T_3$) und dass (b) ein Betrieb der elektrischen Maschine und/oder der Kraftmaschine gemäß dem gewählten Modus gesteuert wird, wodurch Spannungsschwankungen im elektrischen Teilsystem (z. B. Schwankungen auf dem LV-Bus) begrenzt werden.

[0011] Das Vorstehende hat einige der Aspekte und Merkmale der verschiedenen Ausführungsformen grob skizziert, welche nur als Darstellungen verschiedener potentieller Anwendungen aufgefasst werden sollen. Andere nützliche Ergebnisse können erhalten werden, indem die offenbarten Informationen auf eine andere Weise angewandt werden oder indem verschiedene Aspekte der offenbarten Ausführungsformen kombiniert werden. Andere Aspekte und ein umfassenderes Verständnis können durch Bezugnahme auf die detaillierte Beschreibung der beispielhaften Ausführungsformen in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen zusätzlich zu dem Umfang, der durch die Ansprüche definiert ist, erhalten werden.

BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs mit einem System, das zum Antworten auf Lasten gemäß einer beispielhaften Ausführungsform ausgestaltet ist.

[0013] [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) sind graphische Darstellungen von Drehmomenten, die mit einem Aufladebetriebsmodus des Systems von [Fig. 1](#) verbunden sind.

[0014] [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) sind graphische Darstellungen von Drehmomenten, die mit einem Entladebetriebsmodus des Systems von [Fig. 1](#) verbunden sind.

[0015] [Fig. 6](#) ist eine graphische Darstellung eines Ladezustands, der mit einem Teilsystem von [Fig. 1](#) verbunden ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0016] Wie gefordert, werden hier detaillierte Ausführungsformen offenbart. Es versteht sich, dass die offenbarten Ausführungsformen rein beispielhaft sind und in verschiedenen und alternativen Formen und Kombinationen daraus ausgeführt werden können. Bei der Verwendung hierin wird das Wort "beispielhaft" ausgiebig gebraucht, um Ausführungsformen zu bezeichnen, die als Darstellungen, Muster, Modelle oder Vorlagen dienen. Die Figuren sind nicht unbedingt maßstabgetreu und einige Merkmale können übertrieben oder minimiert sein, um Details spezieller Komponenten zu zeigen. In anderen Fällen wurden gut bekannte Komponenten, Systeme, Materialien oder Verfahren, die dem Fachmann bekannt sind, nicht im Detail beschrieben, um ein Verschleiern der vorliegenden Offenbarung zu vermeiden. Daher dürfen spezifische hier offenbarte strukturelle und funktionale Details nicht als Beschränkung interpretiert werden, sondern nur als eine Grundlage für die Ansprüche und als eine repräsentative Grundlage zur Unterrichtung des Fachmanns.

LEERLAUFBETRIEB

[0017] Beispielhafte Ausführungsformen eines Fahrzeugs werden im Kontext des Leerlaufbetriebs beschrieben. Ein Leerlaufbetrieb tritt allgemein auf, wenn Lasten der Brennkraftmaschine auf Lasten von Zusatzsystemen und Brennkraftmaschinenverlusten beschränkt sind, wie etwa wenn das Fahrzeug gestoppt ist. Während des Leerlaufbetriebs fordert der Fahrer im Allgemeinen keine Betriebsart an, die zu Veränderungen der Kraftmaschinendrehzahl führen würde. Ein Leerlaufbetrieb kann auch einen beliebigen Betriebsmodus umfassen, bei dem es notwendig ist, eine Drehmomentreserve über eine Zündfunken-spätverstellung aufrechtzuerhalten, um die Erfordernisse des Drehmomentbedarfs für zeitweise auftretende Lasten zu erfüllen, während ein gleichmäßiger Kraftmaschinenbetrieb beibehalten wird.

LASTEN

[0018] Hier beschriebene Systeme und Verfahren sind ausgestaltet, um auf Lasten anzusprechen, die während eines Leerlaufbetriebs des Fahrzeugs zeitweise und schnell auf das Leistungssystem des Fahrzeugs (z. B. die Kraftmaschine) aufgebracht werden. Derartige Lasten umfassen mechanische Lasten, elektrische Lasten, Lasten aufgrund von Umgebungsbedingungen und dergleichen. Zum Beispiel treten Laständerungen immer dann auf, wenn mechanische Vorrichtungen, die mit der Drehausgabe der Brennkraftmaschine direkt gekoppelt sind, ih-

re Drehmomentanforderungen verändern. Beispiele derartiger mechanischer Vorrichtungen sind: Klimaanlagenkompressoren, Generatoren, Pumpen usw. Zudem stellt das Fahrzeuggetriebe auch bei Leerlauf eine Last an der Kraftmaschine dar. Lasten von Schaltgetrieben bei ausgekuppelter Kupplung stellen eine zusätzliche Reibungshemmung bereit. Lasten von Automatikgetrieben umfassen eine Reibungshemmung, sie umfassen aber auch zusätzliche variierende Lasten, die benötigt werden, um die Hydraulikpumpe im Getriebe anzutreiben.

[0019] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) enthält ein Fahrzeug **100** eine Brennkraftmaschine **110**, eine elektrische Maschine **112**, andere Systeme **114** für mechanische Zubehöreinrichtungen, und ein Steuersystem **116**. Die elektrische Maschine **112** kann ein Elektromotor und/oder ein Generator sein und ist bei einer Ausführungsform vorzugsweise ein kombinierter Elektromotor/Generator.

[0020] Die Kraftmaschine **110** treibt eine Kurbelwelle **120** an und die elektrische Maschine **112** und die Systeme **114** für mechanische Zubehöreinrichtungen sind mit der Kurbelwelle **120** gekoppelt. Bei bestimmten Ausführungsformen ist die elektrische Maschine **112** mit der Kraftmaschine **110** selektiv gekoppelt. Zum Beispiel kann die elektrische Maschine über eine Kupplung, einen Riemenantrieb oder einen Zahnradantrieb verbunden sein.

[0021] Die Kraftmaschine **110** enthält eine Drosselklappe **122**, die eine Luftströmung an die Kraftmaschine **110** steuert, und eine Zündfunkensteuerung (nicht im Detail gezeigt), die den Zündfunkenzeitpunkt steuert. Die Drosselklappe **122** und die Zündfunkensteuerung werden vom Steuersystem **116** elektronisch gesteuert. Die Kraftmaschine **110** erzeugt ein Kraftmaschinendrehmoment T_1 , das auf die Kurbelwelle **120** als Funktion der Luftmenge, die in die Kraftmaschine **110** eindringt, und einer Einstellung des Zündfunkenzeitpunkts aufgebracht wird. Der Zündfunkenzeitpunkt kann frühverstellt oder spätverstellt werden, um das Kraftmaschinendrehmoment T_1 zu verändern. Im Allgemeinen hält das Steuersystem **116** den Zündfunkenzeitpunkt jedoch in etwa bei dem MBT-Zeitpunkt, um die Kraftstoffeffizienz zu optimieren.

[0022] Die elektrische Maschine **112** ist ausgestaltet, um ein Drehmoment T_2 (positiv, negativ oder Null) auf die Kurbelwelle **120** aufzubringen. Die elektrische Maschine **112** bringt ein negatives Drehmoment T_2 auf, um von der Kraftmaschine **110** erzeugte Leistung zu verwenden, oder sie bringt ein positives Drehmoment T_2 auf, um die Leistungsausgabe durch die Kraftmaschine **110** zu ergänzen. Wie nachstehend weiter beschrieben wird, werden das Kraftmaschinendrehmoment T_1 und das Drehmoment T_2 bei einem Leerlaufbetrieb so gesteuert, dass ein Net-

todrehmoment stabilisiert wird. Folglich ist die elektrische Maschine **112** ausgestaltet, um den Leerlaufbetrieb der Brennkraftmaschine **110** zu unterstützen.

[0023] Die Systeme für mechanische Zubehöreinrichtungen **114** sind ausgestaltet, um ein Zubehördrehmoment T_3 auf die Kurbelwelle **120** aufzubringen. Die Systeme für mechanische Zubehöreinrichtungen **114** bringen kein Zubehördrehmoment T_3 auf oder sie bringen ein negatives Zubehördrehmoment T_3 auf, um Leistung zu verwenden, die von der Kraftmaschine **110** erzeugt wird. Beispielhafte Zubehörsysteme umfassen Getriebe (z. B. hinsichtlich von Drehverlusten), Lenkungssysteme, Bremssysteme, Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlageensysteme (HVAC-Systeme), andere mechanische Systeme, Kombinationen daraus und dergleichen.

[0024] Mit Bezug auf [Fig. 1–Fig. 5](#) wird die Summe aus dem Kraftmaschinendrehmoment T_1 , dem Drehmoment T_2 und dem Zubehördrehmoment T_3 als ein Nettodrehmoment T_4 bezeichnet. Das Nettodrehmoment T_4 ist im Allgemeinen ausreichend, um während des Leerlaufbetriebs die Reibung zu überwinden (z. B. die Reibung in der Kraftmaschine und/oder in anderen Teilen des Systems, die mit der Kraftmaschine **110** im Fahrzeug **100** verbunden sind) und eine gewünschte Leerlaufdrehzahl beizubehalten.

[0025] Mit [Fig. 1](#) fortfahrend, enthält das Fahrzeug **100** ferner eine Hochspannungsbatterie (HV-Batterie) **124**, die mit Hilfe eines DC/DC-Umsetzers **126** mit einer Niederspannungsbatterie (LV-Batterie) **128** (z. B. einer 12 V-Batterie) verbunden ist. Die HV-Batterie **124** ist ausgestaltet, um die elektrische Maschine **112** mit Leistung zu versorgen und um durch diese aufgeladen zu werden. Die HV-Batterie **124** versorgt die elektrische Maschine **112** mit Leistung, wenn die elektrische Maschine **112** eine positive Last (z. B. ein positives Drehmoment T_2) aufbringt, und sie wird durch die elektrische Maschine **112** aufgeladen, wenn die elektrische Maschine **112** eine negative Last aufbringt (z. B. ein negatives Drehmoment T_2). Die HV-Batterie **124** ist auch ausgestaltet, um die LV-Batterie **128** wiederaufzuladen. Der DC/DC-Umsetzer **126** setzt die Ausgabe der HV-Batterie **124** in eine Eingabe zum Aufladen der LV-Batterie **128** um. Typischerweise liefert die LV-Batterie **128** elektrische Leistung für Niederspannungsteilsysteme **129** des Fahrzeugs, wie etwa Beleuchtung, Radio und dergleichen.

[0026] Das Steuersystem **116** wird nun in weiterem Detail beschrieben. Das Steuersystem **116** enthält eine Steuereinheit **130**, die ausgestaltet ist, um die Drosselklappe **122**, den Zündfunkenzeitpunkt und die elektrische Maschine **112** zu steuern.

[0027] Bei einigen Ausführungsformen ist das Steuersystem **116** mit den mechanischen Zubehöreinrich-

tungen **114** verbunden, etwa in Fällen, in denen es notwendig ist, eine AC-Kompressorkupplung oder ein anderes Stellglied zu aktivieren.

[0028] Es ist festzustellen, dass die Steuereinheit **130** in der Praxis mit verschiedenen anderen Kraftfahrzeugsystemen kommunizieren kann und dass das in [Fig. 1](#) gezeigte System der Klarheit halber vereinfacht ist. Während die in den Zeichnungen gezeigten Systeme in ein Kraftfahrzeug eingebaut sind, ist das System außerdem nicht darauf beschränkt, und kann in ein Flugzeug, ein Schiff oder irgendeine andere Anwendung eingebaut sein, in der eine Brennkraftmaschine verwendet werden kann.

[0029] Die Steuereinheit **130** enthält einen Prozessor **140**, ein computerlesbares Medium (z. B. einen Speicher **142**) und Programmmodule, die durch das Programmmodul **144** dargestellt sind. Das Programmmodul **144** enthält von einem Computer ausführbare Anweisungen, die im Speicher **142** gespeichert sind und veranlassen, wenn sie von dem Prozessor **140** ausgeführt werden, dass die Steuereinheit **130** hier beschriebene Verfahren ausführt.

[0030] Obwohl die hier beschriebenen Verfahren manchmal in einem allgemeinen Kontext von durch einen Computer ausführbaren Anweisungen beschrieben sein können, können die Verfahren der vorliegenden Offenbarung auch in Kombination mit anderen Programmmodulen und/oder als eine Kombination aus Hardware und Software implementiert sein. Der Begriff "Programmmodul" oder Varianten davon wird hier ausgiebig so genutzt, dass er Routinen, Anwendungen, Programme, Komponenten, Datenstrukturen, Algorithmen und dergleichen umfasst. Programmmodule können auf verschiedenen Systemkonfigurationen implementiert sein, welche Server, Netzwerksysteme, Einprozessor- oder Mehrprozessorsysteme, Minicomputer, Großrechner, Personalcomputer, tragbare Rechenvorrichtungen, mobile Vorrichtungen, mikroprozessorbasierte programmierbare Unterhaltungselektronik, Kombinationen daraus und dergleichen umfassen.

[0031] Computerlesbare Medien umfassen beispielsweise flüchtige Medien, nichtflüchtige Medien, entfernbare Medien und nicht entfernbare Medien. Der Begriff "computerlesbare Medien" und Varianten davon bezeichnen, so wie sie in der Beschreibung und den Ansprüchen verwendet werden, Speichermedien. Bei einigen Ausführungsformen umfassen Speichermedien flüchtige und/oder nichtflüchtige, entfernbare und/oder nicht entfernbare Medien, wie z. B. einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM), einen Festwertspeicher (ROM), einen elektrisch löschbaren programmierbaren Festwertspeicher (EEPROM), einen Halbleiterspeicher oder eine andere Speichertechnologie, ein CD-ROM, eine DVD, eine BLU-RAY oder einen anderen optischen

Plattenspeicher, ein Magnetband, einen Magnetplattenspeicher oder andere magnetische Speichervorrichtungen.

[0032] Bei einer betrachteten Ausführungsform enthält das Steuersystem **116** ferner einen virtuellen Drehmomentsensor **150**, der das Nettodrehmoment T_4 von der Kurbelwelle **120** bestimmt. Obwohl ein Rückkopplungskreis **152** gezeigt ist, der den virtuellen Drehmomentsensor **150** mit dem Steuersystem **116** zur Bereitstellung des Nettodrehmoments T_4 an das Steuersystem **116** verbindet, kann der virtuelle Drehmomentsensor **150** eine Komponente des Steuersystems **116** sein. Der virtuelle Drehmomentsensor **150** verwendet verschiedene Kraftmaschinen- und Endantriebmesswerte, um das Nettodrehmoment T_4 zu bestimmen.

[0033] Bei einer primären Ausführungsform enthält das Steuersystem **116** einen RPM-Sensor bzw. Drehzahlsensor (nicht gezeigt), der ausgestaltet ist, um die Drehzahl der Kurbelwelle **120** zu messen.

[0034] Bei einer betrachteten Ausführungsform enthält das Steuersystem **116** ferner einen virtuellen Ladezustandssensor **160**, der den Ladezustand der (HV) Batterie **124** bestimmt und ihn an die Steuereinheit **130** liefert. Mit "virtueller Sensor" ist ein Rechenmodul gemeint, das den Ladezustand schätzt. Der virtuelle Sensor **160** schätzt den Ladezustand unter Verwendung von gemessenen Variablen, wie etwa einer Spannung, einem Strom und einer Temperatur der Batterie, und von mathematischen Modellen (d. h. mathematischen Batteriemodellen).

[0035] Das Programmmodul **144** enthält von einem Computer ausführbare Anweisungen, die bewirken, wenn sie von dem Prozessor **140** ausgeführt werden, dass die Steuereinheit **130** die Kraftmaschine **110** und die elektrische Maschine **112** steuert und dadurch das Kraftmaschinendrehmoment T_1 und das Drehmoment T_2 steuert. Im Allgemeinen werden das Kraftmaschinendrehmoment T_1 und das Drehmoment T_2 während eines Leerlaufbetriebs so gesteuert, dass das Nettodrehmoment T_4 stabilisiert wird.

[0036] Mit Bezug auf [Fig. 2–Fig. 5](#) arbeitet das Steuersystem **116** in einem von zwei Modi, die als "Auflademodus" und "Entlademodus" bezeichnet werden, um das Nettodrehmoment T_4 zu stabilisieren. [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) stellen den Auflademodus dar und [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) stellen den Entlademodus dar. Die in [Fig. 3](#) und [Fig. 5](#) gezeigten Nettodrehmomente T_4 sind im Wesentlichen gleich. [Fig. 3](#) zeigt ein Nettodrehmoment T_4 , das die Summe aus den Drehmomenten T_1 , T_2 , T_3 von [Fig. 2](#) ist, und [Fig. 5](#) ist ein Nettodrehmoment T_4 , das die Summe aus den Drehmomenten T_1 , T_2 , T_3 von [Fig. 4](#) darstellt.

[0037] Mit Bezug auf [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) steuert das Steuersystem **116** im Auflademodus die elektrische Maschine **112** so, dass sie ein negatives Drehmoment T_2 aufbringt und damit die HV-Batterie **124** auflädt. Das Steuersystem **116** erhöht oder verringert das Drehmoment T_2 nach Bedarf, um auf ein Zubehördrehmoment T_3 zu antworten, wobei eine Zunahme dessen in [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) gezeigt ist.

[0038] Hinsichtlich einer Erhöhung des Drehmoments T_2 verringert das Steuersystem **116** in einigen Fällen die absolute Größe eines negativen (oder Widerstands-)Drehmoments, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Mit anderen Worten wird der numerische Wert des Drehmoments in Richtung Null erhöht, obwohl das erhöhte Drehmoment tatsächlich Null nicht erreichen kann, da die Größe des Aufladedrehmoments nur ausreichend verringert werden muss, um zeitweise auftretende Zubehörlasten zu kompensieren.

[0039] Außerdem betreibt das Steuersystem **116** die Kraftmaschine **110** im Auflademodus mit einem höheren Kraftmaschinendrehmoment T_1 , um das negative Drehmoment T_2 zu kompensieren.

[0040] Mit Bezug auf [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) betreibt das Steuersystem **116** die elektrische Maschine **112** im Entlademodus so, dass ein zweites Drehmoment T_2 von etwa Null aufgebracht wird, um das Kraftmaschinendrehmoment T_1 zu minimieren, das benötigt wird, um ein Zielnettodrehmoment T_4 zu erhalten. Außerdem erhöht das Steuersystem **116** wie gezeigt das Drehmoment T_2 nach Bedarf, um auf das Zubehördrehmoment T_3 zu antworten, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist.

[0041] Der Speicher **142** speichert Parameter, die verwendet werden, um ununterbrochene Werte für das Kraftmaschinendrehmoment T_1 und das Drehmoment T_2 zu bestimmen. Die Parameter enthalten einen Zielwert für das Nettodrehmoment T_4 und einen Maximalwert für das Zubehördrehmoment T_3 . Der Zielwert für das Nettodrehmoment T_4 ist so bestimmt, dass er groß genug ist, um bei Leerlauf interne Kraftmaschinenverluste wie etwa eine mechanische Reibung zu überwinden.

[0042] Mit Bezug auf [Fig. 6](#) wählt die Steuereinheit **130** bei einer Ausführungsform gemäß den von einem Computer lesbaren Anweisungen des Programmmoduls **144** einen Betriebsmodus als Funktion beispielsweise des Ladezustands (SOC) der HV-Batterie **124**. Wie zuvor erwähnt, enthält das Fahrzeug **100** einen virtuellen Ladezustandssensor **160**, der einen Ladezustand an die Steuereinheit **130** liefert.

[0043] Wenn der Ladezustand kleiner als ein minimaler Ladezustand **602** ist, arbeitet die Steuereinheit **130** in einem Auflademodus **604**. Obwohl der minimale Ladezustand **602** in [Fig. 6](#) so gezeigt ist, dass er allgemein bei einem Ladezustandsniveau von Null

liegt, ist der minimale Ladezustand **602** nicht unbedingt Null. Wenn der Ladezustand größer als ein maximaler Ladezustand **606** ist, arbeitet die Steuereinheit **130** in einem Entlademodus **608**. Folglich bleibt die HV-Batterie **124** zumindest teilweise aufgeladen und wird nicht aufgeladen, wenn sie voll ist. Bei anderen betrachteten Ausführungsformen wählt die Steuereinheit **130** beim Ausführen der Anweisungen den Betriebsmodus als Funktion von anderen Variablen derart, dass der Modus für das Fahrzeug **100** am energieeffizientesten ist.

[0044] Bei einigen Ausführungsformen wird ein minimaler Ladezustandsschwellenwert oder unterer Schwellenwert **610**, der in [Fig. 6](#) gezeigt ist, gemäß einem oder mehreren Faktoren eingestellt, etwa gemäß einer ermittelten minimalen Ladungsmenge, die notwendig ist, um das Aufbringen einer maximalen Zubehörlast (z. B. einer elektrischen Zubehörlast) zu ermöglichen. Außerdem wird bei einigen Ausführungsformen ein maximaler Ladezustandsschwellenwert oder oberer Schwellenwert **612**, der auch in [Fig. 6](#) gezeigt ist, gemäß einem oder mehreren Faktoren eingestellt, etwa gemäß einem ermittelten optimalen Ladezustand.

[0045] Das Verfügen über den einen oder diese beiden Schwellenwerte **610**, **612**, die in [Fig. 6](#) gezeigt sind, legt einen Sicherheitsstreifen fest, der einen ausreichenden Puffer bereitstellt, bevor die physikalischen Grenzen **602** und/oder **606** der HV-Batterie erreicht werden. In Fällen, bei denen diese Schwellenwertstreifen verwendet werden, können die Streifen etwa in Abhängigkeit von der Gesamtkapazität der Batterie variieren. Beispielsweise kann eine größere Batteriekapazität mit einem kleineren SOC-Sicherheitsstreifen korrelieren.

[0046] Es ist festzustellen, dass eine elektrische Aufladeenergie in Hybridelektrofahrzeugen (HEVs) vollständig oder zumindest teilweise von Energie des bordeigenen Kraftstoffs stammt. Wenn folglich zwischen den Schwellenwerten **610**, **612** (die in [Fig. 6](#) als **"604"** oder **"608"** gezeigt sind) gearbeitet wird und entschieden wird, im Auflade- oder Entlademodus zu arbeiten, wäre es im Allgemeinen effektiv, die Batterie im Auflademodus aufzuladen, während sich das Fahrzeug im Leerlauf befindet, wenn die Batterie mit einer ausreichend hohen Umwandlungseffizienz von Kraftstoff in Elektrizität aufgeladen werden kann, und ansonsten die Batterie im Entlademodus zu entladen. Ein relativ hohes Drehmoment beispielsweise, z. B. das Drehmoment T_1 in [Fig. 2](#), verbraucht Kraftstoff mit einer relativ hohen Rate m_{1_HIGH} , und ein relativ niedriges Drehmoment, z. B. T_1 in [Fig. 4](#), verbraucht Kraftstoff mit einer relativ niedrigen Rate m_{1_LOW} .

[0047] Wenn beispielsweise T_{2_CHG} ein Aufladedrehmoment des Elektromotors darstellt, w_2 eine Elektromotordrehzahl darstellt, eff_2 den Wirkungsgrad der

Energieumwandlung des Elektromotors (oder den Aufladewirkungsgrad) darstellt und Q_{LHV} einen unteren Heizwert von Kraftstoff darstellt, kann die folgende Beziehung verwendet werden, um den Wirkungsgrad des Umsetzens zusätzlichen Kraftstoffs in Elektrizität am Ausgang des Elektrogenerators zwischen dem Kraftstoffverbrauch m_{1_LOW} mit einer relativ niedrigen Rate und dem Kraftstoffverbrauch m_{1_HIGH} mit einer relativ hohen Rate zu beschreiben:

$$P_{batt_in}/P_{fuel} = (T_{2_CHG} \times w_2 \times eff_2) / ((m_{1_HIGH} - m_{1_LOW}) \times Q_{LHV})$$

[0048] Der Prozessor **140**, der die im Speicher **142** gespeicherten Anweisungen implementiert, vergleicht diesen Wirkungsgrad (P_{batt_in}/P_{fuel}) mit einem vorbestimmten Wert für einen Energieumwandlungswirkungsgrad. Der Wert für den Energieumwandlungswirkungsgrad wird durch den Prozessor **140** vorberechnet und im Speicher **142** gespeichert oder er wird bei einer betrachteten Ausführungsform außerhalb des Fahrzeugs berechnet und wird bei einem anfänglichen oder aktualisierten Datenladen im Speicher **142** gespeichert, etwa bei der Fahrzeugherstellung oder Wartung. Der vorbestimmte Wert des Energieumwandlungswirkungsgrads ist so eingestellt, dass es am besten wäre, die Batterie aufzuladen, wenn der bewertete Wirkungsgrad (P_{batt_in}/P_{fuel}) den vorbestimmten Wirkungsgrad während eines Betriebs des Fahrzeugs im Leerlauf überschreitet. Auf ähnliche Weise wäre es am besten, die Batterie zu entladen, wenn der bewertete Wirkungsgrad (P_{batt_in}/P_{fuel}) den vorbestimmten Wirkungsgrad während eines Betriebs des Fahrzeugs im Leerlauf nicht überschreitet, und das System kann eine effizientere Aufladegerlegenheit später während des Fahrzyklus identifizieren. Bei einer Ausführungsform ist der vorbestimmte Wert für den Energieumwandlungswirkungsgrad ein Spitzen-Energieumwandlungswirkungsgrad, der für das System möglich ist. Als ein Beispiel ohne Einschränkung liegt bei einer Implementierung die Spitzen-Energieumwandlung bei etwa 35% des Spitzen-Kraftmaschinenwirkungsgrads und bei etwa 85% des Generatorwirkungsgrads.

[0049] Ein Ziel der vorliegenden Technologie besteht darin, Drehmomentstörungen an der Kraftmaschinenwelle schnell entgegenzuwirken, während ein hoher Energieumwandlungswirkungsgrad (z. B. Kraftstoff und Elektrizität kombiniert) beibehalten wird. Das Vorhandensein des HV-Systems und des DC/DC-Umsetzers ermöglicht es, den LV-Bus von potentiellen Spannungsschwankungen, die auf dem HV-Bus auftreten, teilweise zu isolieren.

[0050] Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen sind nur beispielhafte Darstellungen von Implementierungen, die zum klaren Verständnis der Prinzipien der Erfindung offengelegt sind. Variationen, Modifikationen und Kombinationen, die mit den

vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verbunden sind, können durchgeführt werden, ohne den Umfang der Ansprüche zu verlassen. Alle derartigen Variationen, Modifikationen und Kombinationen sind durch den Umfang dieser Offenbarung und die folgenden Ansprüche hier enthalten.

Patentansprüche

1. Fahrzeugsystem, umfassend:
 ein elektrisches Teilsystem, das eine Hochspannungsbatterie, eine Niederspannungsbatterie, einen Gleichstrom/Gleichstrom-Umsetzer und elektrische Zubehöreinrichtungen enthält;
 eine Kurbelwelle;
 eine Brennkraftmaschine, die mit der Kurbelwelle verbunden ist und ein erstes Kraftmaschinendrehmoment T_1 zum Antreiben der Kurbelwelle erzeugt;
 eine elektrische Maschine, die mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein zweites Drehmoment T_2 auf die Kurbelwelle aufbringt;
 ein Teilsystem für mechanische Zubehöreinrichtungen, das mindestens eine mechanische Zubehöreinrichtung enthält, das mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und das ein drittes Zubehördrehmoment T_3 auf die Kurbelwelle aufbringt;
 ein Steuerteilsystem, umfassend:
 einen Prozessor; und
 ein konkretes nichtflüchtiges computerlesbares Medium, das Anweisungen speichert, die, wenn sie von dem Prozessor ausgeführt werden, veranlassen, dass der Prozessor:
 während eines Leerlaufbetriebs des Fahrzeugs einen Betriebsmodus aus mehreren Systemmodi wählt, die einen Auflademodus und einen Entlademodus enthalten, um ein Nettodrehmoment T_4 zu stabilisieren, das eine Summe aus dem ersten, zweiten und dritten Drehmoment ($T_4 = T_1 + T_2 + T_3$) ist; und
 einen Betrieb der elektrischen Maschine und/oder der Kraftmaschine gemäß dem gewählten Modus steuert.

2. Fahrzeugsystem nach Anspruch 1, wobei die Anweisungen beim Veranlassen, dass der Prozessor den Betriebsmodus aus den mehreren Systemmodi wählt, veranlassen, dass der Prozessor:
 Fahrzeugparameter, die ein Aufladedrehmoment T_{2_CHG} des Elektromotors, eine Elektromotordrehzahl w_2 , einen Wirkungsgrad eff_2 der Energieumwandlung des Elektromotors und einen unteren Heizwert Q_{LHV} von Kraftstoff umfassen, gemäß einem Algorithmus bewertet, der einen Wirkungsgrad des Umwandels von zusätzlichem Kraftstoff in Elektrizität an einem Elektrogeneratorausgang zwischen einem Kraftstoffverbrauch m_{1_LOW} mit einer relativ niedrigen Rate und einem Kraftstoffverbrauch m_{1_HIGH} mit einer relativ hohen Rate in Beziehung setzt, wobei der Algorithmus dargestellt wird durch:

$$\frac{P_{batt_In}}{P_{fuel}} = (T_{2_CHG} \times w_2 \times eff_2) / ((m_{1_HIGH} - m_{1_LOW}) \times Q_{LHV})$$

; den Auflademodus wählt, wenn der Kraftstoffumwandlungswirkungsgrad einen vorbestimmten Wert des Energieumwandlungswirkungsgrads überschreitet; und

den Entlademodus wählt, wenn der Kraftstoffumwandlungswirkungsgrad den vorbestimmten Wert des Energieumwandlungswirkungsgrads nicht überschreitet.

3. Fahrzeugsystem nach Anspruch 1, wobei:
 das System ferner eine Hochspannungsbatterie (HV-Batterie) umfasst; und
 die Anweisungen veranlassen, dass der Prozessor:
 einen Ladezustand (SOC) der HV-Batterie beim Wählen des Betriebsmodus berücksichtigt; und
 beim Veranlassen, dass der Prozessor den Betriebsmodus wählt:
 er den Auflademodus wählt, wenn der SOC kleiner als ein minimaler SOC ist, der in dem konkreten nichtflüchtigen computerlesbaren Medium gespeichert ist; und
 er den Entlademodus wählt, wenn der SOC größer als ein maximaler SOC ist, der in dem konkreten nichtflüchtigen computerlesbaren Medium gespeichert ist.

4. Fahrzeugsystem nach Anspruch 1, wobei:
 das System ferner eine Hochspannungsbatterie (HV-Batterie) umfasst; und
 die Anweisungen veranlassen, dass der Prozessor:
 den Ladezustand der HV-Batterie beim Wählen des Betriebsmodus berücksichtigt; und
 das Veranlassen, dass der Prozessor den Betriebsmodus wählt, veranlasst, dass der Prozessor:
 einen minimalen SOC-Schwellenwert bestimmt;
 einen maximalen SOC-Schwellenwert bestimmt;
 den Entlademodus wählt, wenn der SOC innerhalb des maximalen SOC-Schwellenwerts liegt; und
 den Auflademodus wählt, wenn der SOC innerhalb des minimalen SOC-Schwellenwerts liegt.

5. Fahrzeugsystem nach Anspruch 4, wobei die Anweisungen veranlassen, dass der Prozessor:
 den maximalen SOC-Schwellenwert gemäß mindestens einem Faktor bestimmt, der einen optimalen SOC für die HV-Batterie umfasst;
 den minimalen SOC-Schwellenwert so bestimmt, dass eine Pufferregion des Auflademodusbetriebs zwischen einem minimalen SOC, der in dem computerlesbaren Medium gespeichert ist, und einer Minimalgrenze, die mit der HV-Batterie verbunden ist und in dem computerlesbaren Medium gespeichert ist, umfasst ist; und
 den maximalen SOC-Schwellenwert so bestimmt, dass eine Pufferregion des Entlademodusbetriebs zwischen einem maximalen SOC, der in dem computerlesbaren Medium gespeichert ist, und einer Ma-

ximalgrenze, die mit der HV-Batterie verbunden ist und in dem computerlesbaren Medium gespeichert ist, umfasst ist.

6. Fahrzeugsystem nach Anspruch 1, wobei die Anweisungen beim Veranlassen, dass der Prozessor die elektrische Maschine und/oder die Kraftmaschine gemäß dem gewählten Modus steuert, veranlassen, dass der Prozessor die elektrische Maschine so betreibt, dass das zweite Drehmoment T_2 zunimmt oder abnimmt, um das dritte Zubehördrehmoment T_3 zu kompensieren.

7. Fahrzeugsystem nach Anspruch 1, wobei die Anweisungen beim Veranlassen, dass der Prozessor die Kraftmaschine und/oder die elektrische Maschine gemäß dem gewählten Modus steuert, veranlassen, dass der Prozessor:
die elektrische Maschine so betreibt, dass das zweite Drehmoment T_2 positiv oder etwa Null ist, wenn der Entlademodus gewählt ist; und
die elektrische Maschine so betreibt, dass das zweite Drehmoment T_2 negativ oder etwa Null ist, wenn der Auflademodus gewählt ist.

8. Fahrzeugsystem nach Anspruch 7, wobei die Anweisungen veranlassen, dass der Prozessor beim Steuern der Kraftmaschine und/oder der elektrischen Maschine gemäß dem gewählten Modus die Kraftmaschine so steuert, dass das Kraftmaschinenendrehmoment T_1 in Ansprechen darauf erhöht wird, dass die elektrische Maschine so gesteuert wird, dass das negative zweite Drehmoment T_2 aufgebracht wird.

9. Verfahren, das durch ein computergestütztes System eines Fahrzeugs implementiert ist, das ein elektrisches Teilsystem, eine Kurbelwelle, eine Brennkraftmaschine, die mit der Kurbelwelle verbunden ist und ein erstes Kraftmaschinenendrehmoment T_1 zum Antreiben der Kurbelwelle erzeugt, eine elektrische Maschine, die mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein zweites Drehmoment T_2 auf die Kurbelwelle aufbringt, und ein Teilsystem für mechanische Zubehöreinrichtungen, das mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein drittes Zubehördrehmoment T_3 auf die Kurbelwelle aufbringt, aufweist, wobei das Verfahren umfasst, dass:
während eines Betriebs des Fahrzeugs im Leerlauf ein Betriebsmodus aus mehreren Systemmodi gewählt wird, welche einen Auflademodus und einen Entlademodus umfassen, um ein Nettodrehmoment T_4 zu stabilisieren, das eine Summe aus dem ersten, zweiten und dritten Drehmoment ist ($T_4 = T_1 + T_2 + T_3$); und
ein Betrieb der elektrischen Maschine und/oder der Kraftmaschine gemäß dem gewählten Modus gesteuert wird.

10. Konkretes nichtflüchtiges computerlesbares Medium, das Anweisungen speichert, die veranlas-

sen, wenn sie von einem Computerprozessor ausgeführt werden, dass der Prozessor ein Verfahren zum Steuern gewählter Betriebsarten eines Fahrzeugs durchführt, das ein elektrisches Teilsystem, eine Kurbelwelle, eine Brennkraftmaschine, die mit der Kurbelwelle verbunden ist und ein erstes Kraftmaschinenendrehmoment T_1 zum Antreiben der Kurbelwelle erzeugt, eine elektrische Maschine, die mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein zweites Drehmoment T_2 auf die Kurbelwelle aufbringt, und ein Teilsystem für mechanische Zubehöreinrichtungen, das mit der Kurbelwelle gekoppelt ist und ein drittes Zubehördrehmoment T_3 auf die Kurbelwelle aufbringt, aufweist, wobei das Verfahren umfasst, dass:
während eines Betriebs des Fahrzeugs im Leerlauf ein Betriebsmodus aus mehreren Systemmodi gewählt wird, welche einen Auflademodus und einen Entlademodus umfassen, um ein Nettodrehmoment T_4 zu stabilisieren, das eine Summe aus dem ersten, zweiten und dritten Drehmoment ist ($T_4 = T_1 + T_2 + T_3$); und
ein Betrieb der elektrischen Maschine und der Kraftmaschine gemäß dem gewählten Modus gesteuert wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

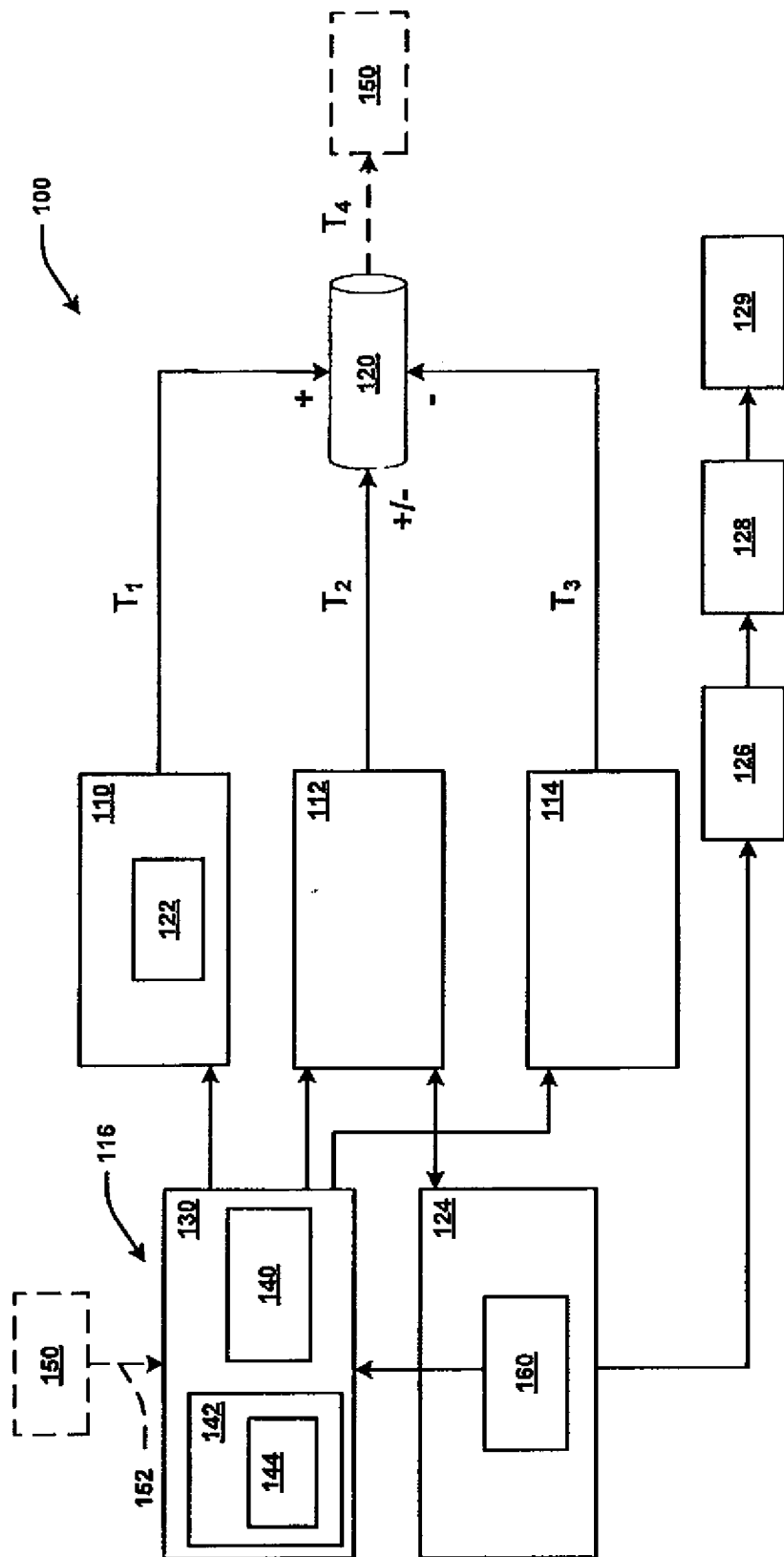


FIG. 1

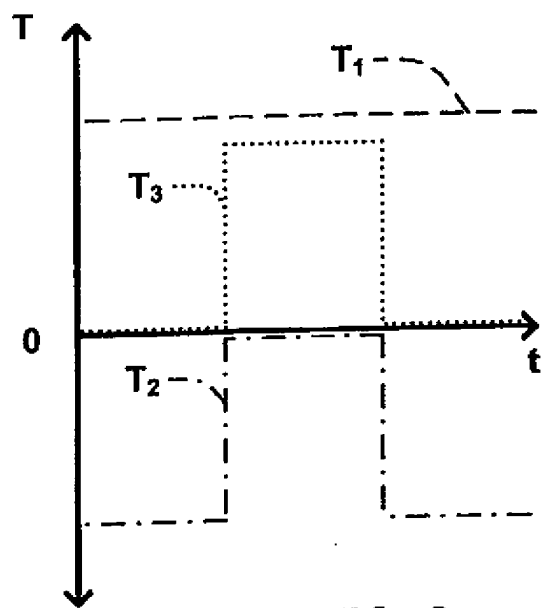


FIG. 2

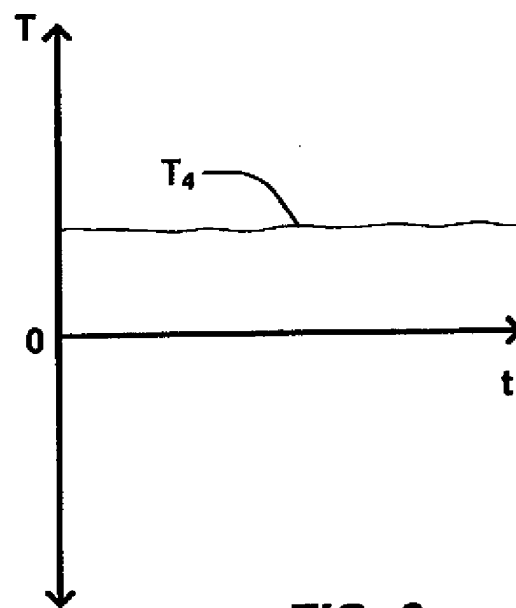


FIG. 3

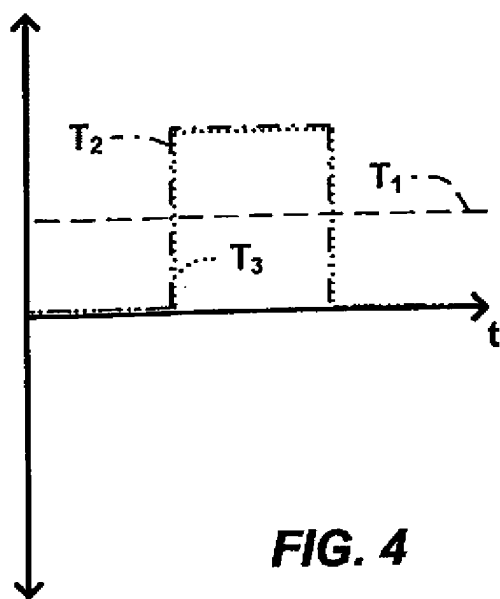


FIG. 4

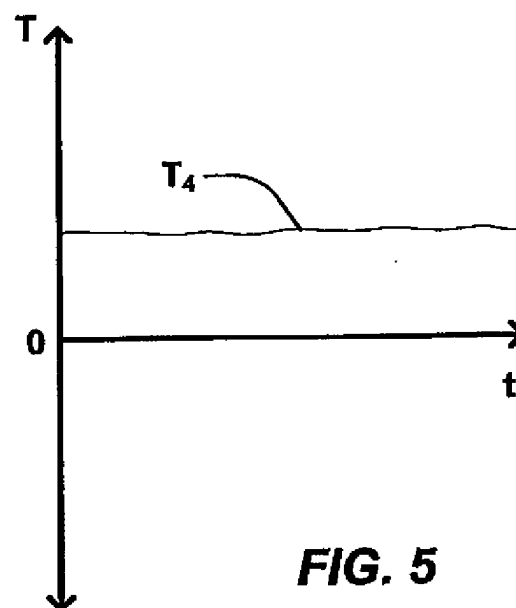


FIG. 5

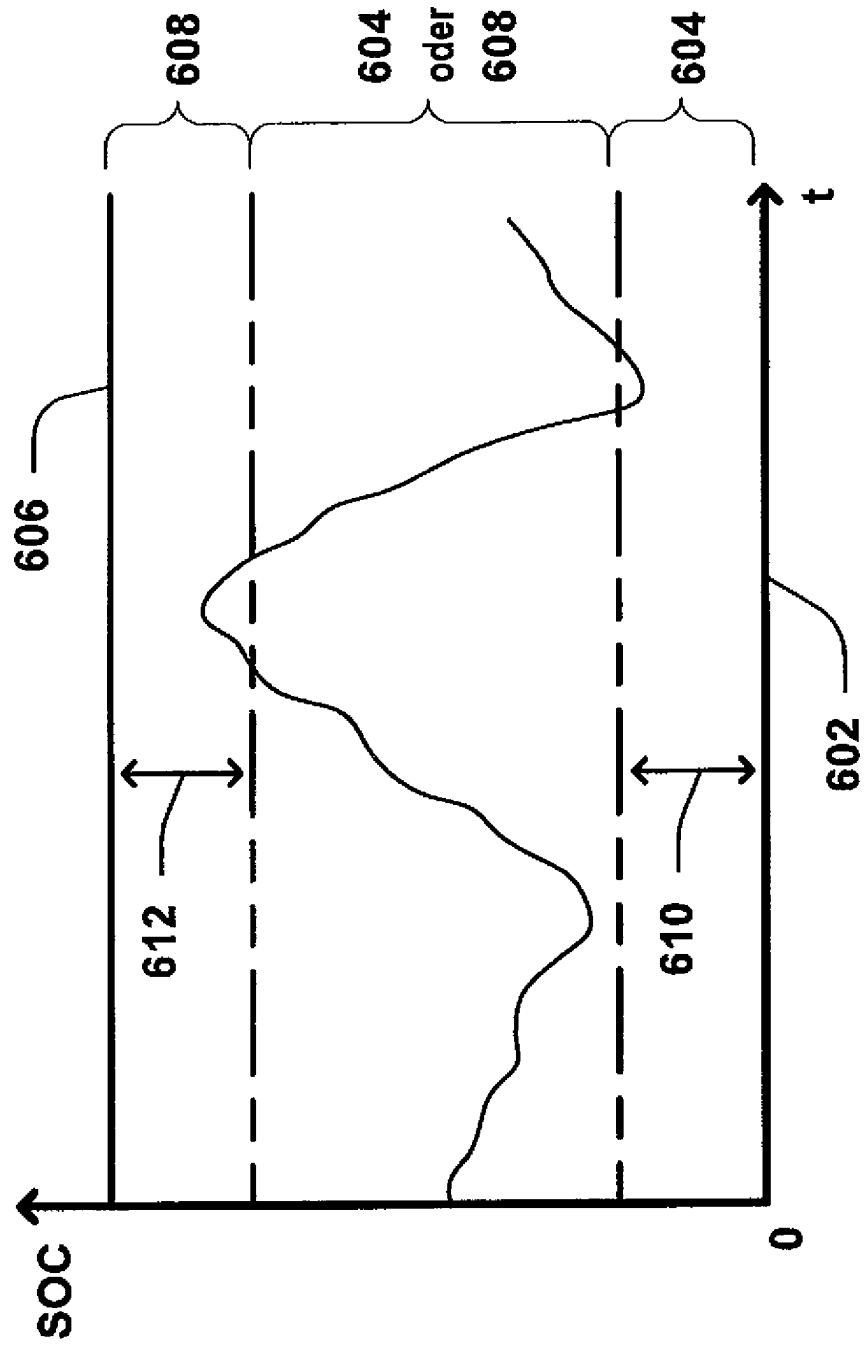


FIG. 6