



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 032 173 A1** 2006.02.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 032 173.6**

(22) Anmeldetag: **02.07.2004**

(43) Offenlegungstag: **02.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B60W 20/00** (2006.01)
B60W 10/06 (2006.01)

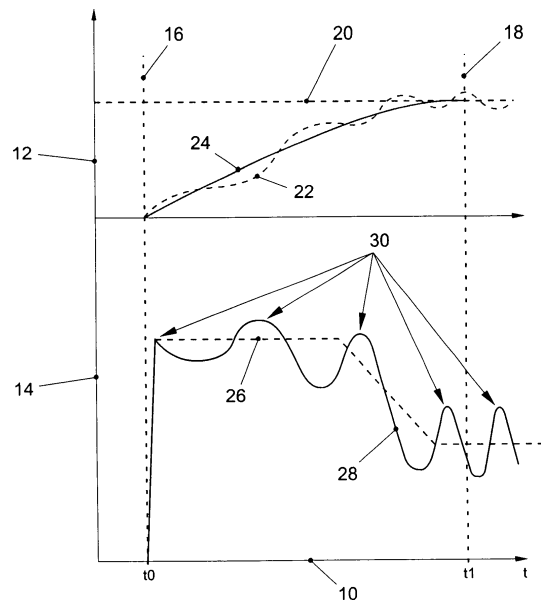
(71) Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

(72) Erfinder:
**Zillmer, Michael, Dr., 38173 Sickinge, DE; Holz,
Matthias, 38165 Lehre, DE; Pott, Ekkehard, Dr.,
38518 Gifhorn, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Hybrid-Kraftfahrzeuges**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Hybrid-Kraftfahrzeuges, welches eine Brennkraftmaschine und mindestens eine E-Maschine aufweist. Hierbei wird beim Abschalten der Brennkraftmaschine und/oder beim Starten der Brennkraftmaschine ein Momentenverlauf der E-Maschine zum Starten der Brennkraftmaschine oder beim Abschalten der Brennkraftmaschine vorgesteuert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Hybrid-Kraftfahrzeuges, welches eine Brennkraftmaschine und mindestens eine E-Maschine aufweist, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Es sind im Stand der Technik Hybridfahrzeuge bekannt, die zwischen einer Brennkraftmaschine und einem Getriebe eine E-Maschine (z.B. Startergenerator) aufweisen. Die E-Maschine ist üblicherweise bei Handschaltgetrieben gegenüber dem Getriebe mit einer Kupplung trennbar, wobei diese Kupplung auch als Anfahrkupplung dient.

[0003] Zumindest im Fahrzeugstillstand, aber auch in Verzögerungsphasen, kann bei solchen Fahrzeugen die Brennkraftmaschine zur Kraftstoffeinsparung abgeschaltet werden. Hierzu ist beispielsweise aus der DE 100 40 094 A1 eine automatische Start-Stopp-Steuer/Regelvorrichtung für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges bekannt. Der Wiederstart der Brennkraftmaschine erfolgt über die E-Maschine, auch Startergenerator genannt, spätestens bei Vorliegen eines Fahrerwunschmomentes. Da Hybridfahrzeuge über im Vergleich zu einem konventionellen Anlasser deutlich leistungsstärkere Elektromotoren verfügen, ist der Motorwiederstart mit hohem Komfort möglich. Aufgrund des hohen elektromotorischen Momentes kann der Verbrennungsmotor in kurzer Zeit auf seine Startdrehzahl bzw. auf Leerlaufdrehzahl hoch geschleppt werden, sodass für den Fahrer eine kaum merkliche Startverzögerung entsteht. Zudem ist der Startvorgang auch akustisch komfortabler, da das typische Einspur- und Laufgeräusch eines konventionellen Anlassers entfällt.

[0004] Dennoch ist auch der Start bzw. Wiederstart des Verbrennungsmotors nach einer Stopp-Phase in Hybridfahrzeugen spürbar, was vorrangig auf die beim Durchdrehen des Verbrennungsmotors entstehenden Wechseldrehmomente zurückzuführen ist. Die Wechseldrehmomente sind auf die einzelnen Arbeitstakte des Verbrennungsmotors – vorrangig die Verdichtungs- und anschließende Expansionsphase – zurückzuführen. Sie sind insbesondere von der Taktzahl (Zwei- oder Viertaktmotor), von der Zylinderzahl, den Steuerzeiten und dem Verdichtungsverhältnis abhängig. Des Weiteren werden Wechseldrehmomente durch die oszillierenden Massenkräfte hervorgerufen.

[0005] In bekannten Steuerungen von hybriden Antriebssystemen wird der Hochlauf des Verbrennungsmotors beim Start durch ein drehzahl- oder momentengeregtes Verfahren durchgeführt, um einem vor-

gegebenen Sollverlauf mit möglichst geringen Abweichungen zu folgen. Die globale Soll-drehzahl- oder Sollmomentenverlauf gibt dabei vor, wie der Verbrennungsmotor vom Stillstand auf seine Start- bzw. Leerlaufdrehzahl hoch läuft. In diesem globalen Sollverlauf ist der Einfluss der Wechseldrehmomente nicht enthalten. Durch eine überlagerte Regelungen werden Abweichungen vom Sollverlauf zwar grundsätzlich ausgeglichen, praktisch erzeugen die Wechseldrehmomente jedoch Störgrößen für die Regelung, sodass insbesondere bei der Drehzahlregelung der E-Maschine – aber auch bei einer Momentenregelung – Regelabweichungen entstehen (auch bei konstanter Momentenvorsteuerung entstehen durch die wechselnden Reaktionsmomente des Verbrennungsmotors Momentenschwankungen). Aus diesem Grunde besteht für den nur sehr kurzzeitig andauernden, hochdynamischen Start-Vorgang der Brennkraftmaschine Potenzial für die Komfortverbesserung.

[0006] Aus der DE 198 14 402 C2 ist es bekannt, bei einem Antriebssystem mit elektrischer Maschine dieser in der ersten Phase des Anfahrvorgangs eine Doppelfunktion zu geben. Einerseits dient die elektrische Maschine zum Anfahren der Fahrzeugbeschleunigung und andererseits dreht die elektrische Maschine den Verbrennungsmotor zum Starten hoch. Zusätzlich erzeugt die elektrische Maschine ein Wechseldrehmoment, welches betragsgleich gegenphasig zu Drehmomentschwankungen ist, welche der Verbrennungsmotor beim Mitschleppen erzeugt.

[0007] Aus der DE 102 01 278 A1 ist ein Verfahren zum Abstellen einer Brennkraftmaschine mit einer definierten Stellung der Kurbelwelle bekannt.

Aufgabenstellung

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Betriebsverhalten eines Hybrid-Kraftfahrzeuges im Start- bzw. Abschaltbetrieb zu verbessern.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

[0010] Dazu ist es bei einem Verfahren der o.g. Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass beim Abschalten der Brennkraftmaschine und/oder beim Starten der Brennkraftmaschine ein Momentenverlauf der E-Maschine zum Starten der Brennkraftmaschine oder beim Abschalten der Brennkraftmaschine vorgesteuert wird.

[0011] Dies hat den Vorteil, dass als subjektiv störend empfundene Einwirkungen auf die Karosserie

des Kraftfahrzeugs während des Startens oder Abschaltens der Brennkraftmaschine unmittelbar minimiert werden.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform werden die über Motorlager und/oder Getriebelager und/oder weitere Aggregatelager in eine Fahrzeugkarosserie eingeleiteten Kräfte gemessen, wobei die Messung nur Vorab zur Optimierung des Drehmoment-Vorsteuerverlaufes und/oder dauerhaft durch im Fahrzeug angeordnete Messaufnehmer erfolgt. Ein Momentenverlauf der E-Maschine zum Starten der Brennkraftmaschine oder beim Abschalten der Brennkraftmaschine wird dabei derart vorgesteuert, dass die Kräfte an den Motorlagern und/oder Getriebelagern und/oder weiteren Aggregatelager minimale Amplituden aufweisen. Hierdurch ist es möglich, einen Maßstab für das subjektive Komfortempfinden zu gewinnen, um darauf basierend einen komfortoptimierten Motorstart durchführen bzw. applizieren zu können.

[0013] Zweckmäßigerweise ist eine Start-Stopp-Automatik vorgesehen, welche die Brennkraftmaschine in vorbestimmten Betriebssituationen abschaltet und bei Lastanforderung durch einen Fahrer wieder mittels des Startergenerators startet.

[0014] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird der Momentenverlauf der E-Maschine bzw. des Startergenerators derart vorgesteuert, dass eine Anregung von Eigenfrequenzen der Fahrzeugkarosserie minimiert wird.

[0015] Zur weiteren Minimierung von Drehungleichförmigkeiten aufgrund von Gaskräften in Zylindern der Brennkraftmaschine wird der Momentenverlauf des Startergenerators derart vorgesteuert, dass einem vorbestimmten Grunddrehmomentverlauf zur Überwindung einer mittleren Reibung und Gewährleistung einer vorbestimmten Winkelgeschwindigkeit einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine ein von der Stellung der Kurbelwelle abhängiges Wechselmoment überlagert wird.

[0016] Zweckmäßigerweise wird im Falle des Startens der Brennkraftmaschine das Verfahren bis zum Erreichen einer vorbestimmten Startdrehzahl, bei der eine Kraftstoffeinspritzung beginnt, oder einer vorbestimmten Leerlaufdrehzahl ausgeführt.

[0017] Eine weitere Komforterrhöhung beim Starten der Brennkraftmaschine mit besonders weich einsetzendem verbrennungsmotorischen Betrieb erzielt man dadurch, dass das Verfahren zusätzlich nach Erreichen der Startdrehzahl über eine vorbestimmte Zeitspanne hinaus weiter ausgeführt wird, wobei zusätzlich dem vorgesteuerten Drehmomentverlauf der E-Maschine bzw. des Startergenerators ein Gegenmoment überlagert wird, welches Drehmoment-

schwankungen aufgrund von ersten einsetzenden Verbrennungsprozessen bedämpft.

[0018] Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Diese zeigt in der einzigen Fig. einen Verlauf der Motordrehzahl und eines Drehmomentes der elektrischen Maschine über die Zeit zwischen einem Starten der Brennkraftmaschine und einem Erreichen einer Start- bzw. Leerlaufdrehzahl.

Ausführungsbeispiel

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise beim Abschalten beziehungsweise Starten einer Brennkraftmaschine eines Hybrid-Kraftfahrzeuges mit einer Brennkraftmaschine und einer elektrischen Maschine (z. B. Startergenerator) angewendet, wobei in vorbestimmten Betriebssituationen, beispielsweise beim Halten an einer Ampel oder im Schubbetrieb, eine Start-Stopp-Automatik die Brennkraftmaschine zur Kraftstoffeinsparung abschaltet (Stopp-Phase) und bei Anforderung durch einen Fahrer mittels der elektrischen Maschine wieder startet. Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand der einzigen Fig. für das Starten veranschaulicht und beschrieben. Dies ist jedoch nicht als Einschränkung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf das Starten der Brennkraftmaschine zu verstehen.

[0020] In der einzigen Fig. sind auf der horizontalen Achse **10** die Zeit, auf der vertikalen Achse **12** die Drehzahl der Brennkraftmaschine und auf der vertikalen Achse **14** das Drehmoment der elektrischen Maschine aufgetragen. Mit **16** ist ein Zeitpunkt t_0 bezeichnet, bei dem ein Motorstart beginnt. Mit **18** ist ein Zeitpunkt t_1 bezeichnet, bei dem eine Startdrehzahl, bei der eine Kraftstoffeinspritzung sowie ggf. eine Zündung beim Ottomotor erfolgt, bzw. eine Leerlaufdrehzahl erreicht ist. Eine gestrichelte Linie **20** gekennzeichnet diese Start- bzw. Leerlaufdrehzahl. Ein mit gestrichelter Linie gezeichneter erster Graph **22** veranschaulicht den zeitlichen Verlauf der Drehzahl der Brennkraftmaschine zwischen dem Zeitpunkt t_0 **16** und dem Zeitpunkt t_1 **18** bei konventioneller Drehmomentvorsteuerung der elektrischen Maschine. Ein mit durchgezogener Linie gezeichneter zweiter Graph **24** veranschaulicht den zeitlichen Verlauf der Drehzahl der Brennkraftmaschine zwischen dem Zeitpunkt t_0 **16** und dem Zeitpunkt t_1 **18** bei erfindungsgemäßer Drehmomentvorsteuerung der elektrischen Maschine. Ein mit gestrichelter Linie gezeichneter dritter Graph **26** veranschaulicht den zeitlichen Verlauf einer konventionellen Drehmomentvorsteuerung der elektrischen Maschine zwischen dem Zeitpunkt t_0 **16** und dem Zeitpunkt t_1 **18**. Ein mit durchgezogener Linie gezeichneter vierter Graph **28** veranschaulicht den zeitlichen Verlauf einer erfindungsgemäßen Drehmomentvorsteuerung der elektrischen Maschine zwischen dem Zeitpunkt t_0 **16** und dem Zeitpunkt t_1 **18**. Mit **30** sind Momentenerhöhung

des erfindungsgemäßen zeitlichen Verlaufes der Drehmomentvorsteuerungen der elektrischen Maschine bezeichnet, um Drehmomentungleichförmigkeiten aufgrund der Verdichtungsarbeit durch die Brennkraftmaschine auszugleichen.

[0021] Erfindungsgemäß wird eine Verbesserung der Qualität des Motorhochlaufs dadurch erreicht, dass schon in der Momentenvorsteuerung der elektrischen Maschine bekannte Wechseldrehmomenteinflüsse berücksichtigt werden. Erfindungsgemäß ist es daher vorgesehen, dass der Start der Brennkraftmaschine in der Art erfolgt, dass die elektrische Maschine anhand eines im Steuergerät der elektrischen Maschine abgelegten, Kurbelwellenwinkel bezogenen Drehmomentverlaufs vorgesteuert wird, welcher die durch die Wechseldrehmomente hervorgerufenen Schwankungen derart berücksichtigt, dass ein vorgegebener Solldrehzahlverlauf (auch Sollmomentenverlauf) mit möglichst geringen Abweichungen eingehalten wird. Diesem Verfahren kann weiterhin eine Regelung überlagert werden, um restliche Abweichungen auszugleichen.

[0022] Der Vorgabe-Drehmomentverlauf kann im Vorfeld durch Versuche am Verbrennungsmotor ermittelt werden, indem das Drehmoment und die Winkelstellung der Kurbelwelle bei Startvorgängen oder auch bei Betrieb mit unterschiedlichen konstanten Drehzahlen zeitaufgelöst gemessen wird. Alternativ kann der Vorgabe-Drehmomentverlauf auch berechnet werden. Dabei wird Idealerweise auch der Einfluss unterschiedlicher Motortemperaturen (z.B. durch Bestimmung von Kühlmittel- oder Öltemperatur) und/oder des Ansaugluftdruckes und/oder des Ansaugluftmassenstroms und/oder der Zylinderfüllung und/oder der Ansauglufttemperatur und/oder der Ventilsteuerzeiten und/oder Ventilhuber berücksichtigt, wodurch sich das Reibverhalten, das Wärmeübergangsverhalten und die Verdichtungsarbeit infolge unterschiedlicher Motorfüllungen verändern können. Des Weiteren kann auch der Einfluss verschiedener Aggregate berücksichtigt werden, die ihrerseits zusätzliche konstante oder auch wechselnde Drehmomente aufprägen (zum Beispiel Ansaugluftkompressoren, Klimakompressor usw.), die ebenfalls zumindest temperaturabhängig sein können. Da die Kompressionsarbeit des ersten verdichtenden Zylinders aufgrund der Leckage bei stehendem Motor abhängig von der Kolben- bzw. Kurbelwellenstellung geringer ausfallen kann, ist hier ggf. eine zusätzliche Korrektur vorgesehen.

[0023] Der für den Motorstart vorzugebende Drehmomentverlauf wird dann ermittelt, indem einem Grunddrehmomentverlauf zur Überwindung der mittleren Reibung und Gewährleistung der gewünschten Winkelbeschleunigung der Motorkurbelwelle ein auf den Kurbelwellenwinkel bezogenes, gewichtetes Wechseldrehmoment derart überlagert wird, dass die

Drehzahlabweichungen (bzw. Momentschwankungen) minimal werden.

[0024] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Solldrehmomentverlauf bestimmt, indem während eines Startvorgangs die über die Motor- und/oder Getriebelager in die Fahrzeugkarosserie eingeleiteten Kräfte gemessen werden und der vorzugebende Momentenverlauf der E-Maschine derart vorgegeben wird, dass die Lagerkräfte minimale Amplituden aufweisen. Alternativ kann der Momentenverlauf auch in der Art abgestimmt werden, dass die Anregung von Karosserieeigenfrequenzen möglichst gering ist. Beispielsweise wird die von einem Fahrer oder Fahrzeuginsassen subjektiv als störend empfundene Einwirkung auf die Karosserie detektiert und durch Abbildung im Vorgabe-Drehmomentverlauf für den Motorstart minimiert.

[0025] Für das vorgeschlagene Verfahren ist es erforderlich, dass der Solldrehmomentverlauf der Kurbelstellung des Motors zugeordnet wird. Dazu kann eine Auslauferkennung verwendet werden, die die Winkellage der Kurbelwelle beim Abstellen des Motors detektiert bzw. ein Verfahren eingesetzt werden, dass die Brennkraftmaschine in einer definierten Winkellage abstellt. Ein bekanntes Verfahren zur Einstellung einer definierten Kurbelwellenstellung ist beispielsweise in der DE 102 01 278 A1 offenbart.

[0026] In erweiterter Form kann das Verfahren auch eine vorbestimmte Zeitspanne über den Zeitpunkt des Erreichens der Startdrehzahl **20** hinaus eingesetzt werden. Die Startdrehzahl **20** ist dabei diejenige Drehzahl, bei der eine Kraftstoffeinspritzung sowie ggf. eine Zündung beginnt bzw. erfolgt (Ottomotor). Dabei werden zusätzlich auch die durch die ersten einsetzenden Verbrennungsprozesse verursachten Drehmomentschwankungen berücksichtigt und mit entsprechenden elektromotorischen Gegenmomenten der E-Maschine im vorzusteuern den Drehmomentverlauf bedämpft, um ein besonders weiches Einsetzen des verbrennungsmotorischen Betriebs beim Start der Brennkraftmaschine zu gewährleisten. Diese Vorsteuermomente werden dann in einer anschließenden zweiten Zeitspanne abgesteuert.

[0027] Zusammenfassend wird ein Verfahren zur Verfügung gestellt, bei dem ein optimaler Drehzahlanstieg während des Startvorgangs der Brennkraftmaschine bzw. Drehzahlabfall während des Abschaltens der Brennkraftmaschine erzielt werden kann (Vorgabe eines zeitlichen Verlaufes in einer Instationärphase). Erfindungsgemäß wird dabei der optimale Verlauf des Drehzahlanstiegs bzw. des Drehzahlabfalls durch eine Auswertung der über die Aggregatelagerung in die Karosserie eingeleiteten Kräfte ermittelt. Hierdurch ist es möglich, einen Maßstab für das subjektive Komfortempfinden zu gewinnen, um

darauf basierend einen komfortoptimierten Start bzw. ein Abschalten der Brennkraftmaschine durchzuführen bzw. zu applizieren.

Bezugszeichenliste

10	horizontale Achse: Zeit
12	vertikale Achse: Drehzahl der Brennkraftmaschine
14	vertikale Achse: Drehmoment der elektrischen Maschine
16	Zeitpunkt t_0 : Motorstart
18	Zeitpunkt t_1 : Start- bzw. Leerlaufdrehzahl erreicht
20	gestrichelten Linie: Start- bzw. Leerlaufdrehzahl
22	erster Graph: zeitlicher Verlauf der Drehzahl (gemäß StdT)
24	zweiter Graph: zeitlicher Verlauf der Drehzahl (gemäß Erfindung)
26	dritte Graph: zeitlicher Verlauf einer konventionellen Drehmomentvorsteuerung
28	viertes Graph: zeitlicher Verlauf einer erfindungsgemäßen Drehmomentvorsteuerung
30	Momentenerhöhungen

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Hybrid-Kraftfahrzeuges, welches eine Brennkraftmaschine und mindestens eine E-Maschine aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Abschalten der Brennkraftmaschine und/oder beim Starten der Brennkraftmaschine ein Momentenverlauf der E-Maschine zum Starten der Brennkraftmaschine oder beim Abschalten der Brennkraftmaschine vorgesteuert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die über Motorlager und/oder Getriebelager und/oder weitere Aggregatlagern in eine Fahrzeugkarosserie eingeleiteten Kräfte gemessen werden, wobei die Messung nur Vorab zur Optimierung des Drehmoment-Vorsteuerverlaufes und/oder dauerhaft durch im Fahrzeug angeordnete Messaufnehmer erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Momentenverlauf der E-Maschine zum Starten der Brennkraftmaschine oder beim Abschalten der Brennkraftmaschine derart vorgesteuert wird, dass die Kräfte an den Motorlagern und/oder Getriebelagern und/oder weiteren Aggregatlagern minimale Amplituden aufweisen.

4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Start-Stopp-Automatik die Brennkraftmaschine in vorbestimmten Betriebssituationen abschaltet und bei Anforderung durch einen Fahrer wie-

der mittels der E-Maschine startet.

5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Momentenverlauf der E-Maschine derart vorgesteuert wird, dass eine Anregung von Eigenfrequenzen der Fahrzeugkarosserie minimiert wird.

6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Momentenverlauf der E-Maschine derart vorgesteuert wird, dass einem vorbestimmten Grunddrehmomentverlauf zur Überwindung einer mittleren Reibung und Gewährleistung einer vorbestimmten Winkelgeschwindigkeit einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine ein von der Stellung der Kurbelwelle abhängiges Wechsellagermoment überlagert wird.

7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorsteuerung des Momentenverlaufes der E-Maschine zusätzlich eine Regelung überlagert wird, um die Lagerkräfte zu minimieren.

8. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle des Startens der Brennkraftmaschine das Verfahren bis zum Erreichen einer vorbestimmten Startdrehzahl, bei der eine Kraftstoffeinspritzung beginnt, oder einer vorbestimmten Leerlaufdrehzahl ausgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zusätzlich nach Erreichen der Startdrehzahl über eine vorbestimmte Zeitspanne hinaus weiter ausgeführt wird, wobei zusätzlich dem vorgesteuerten Drehmomentverlauf der E-Maschine ein Gegenmoment überlagert wird, welches Drehmomentschwankungen aufgrund von ersten einsetzenden Verbrennungsprozessen bedämpft.

10. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die E-Maschine ein Startergenerator ist.

11. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die E-Maschine eine Leistung von 7kW bis 25kW, bevorzugt 8kW bis 20kW, besonders bevorzugt von etwa 15kW hat.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

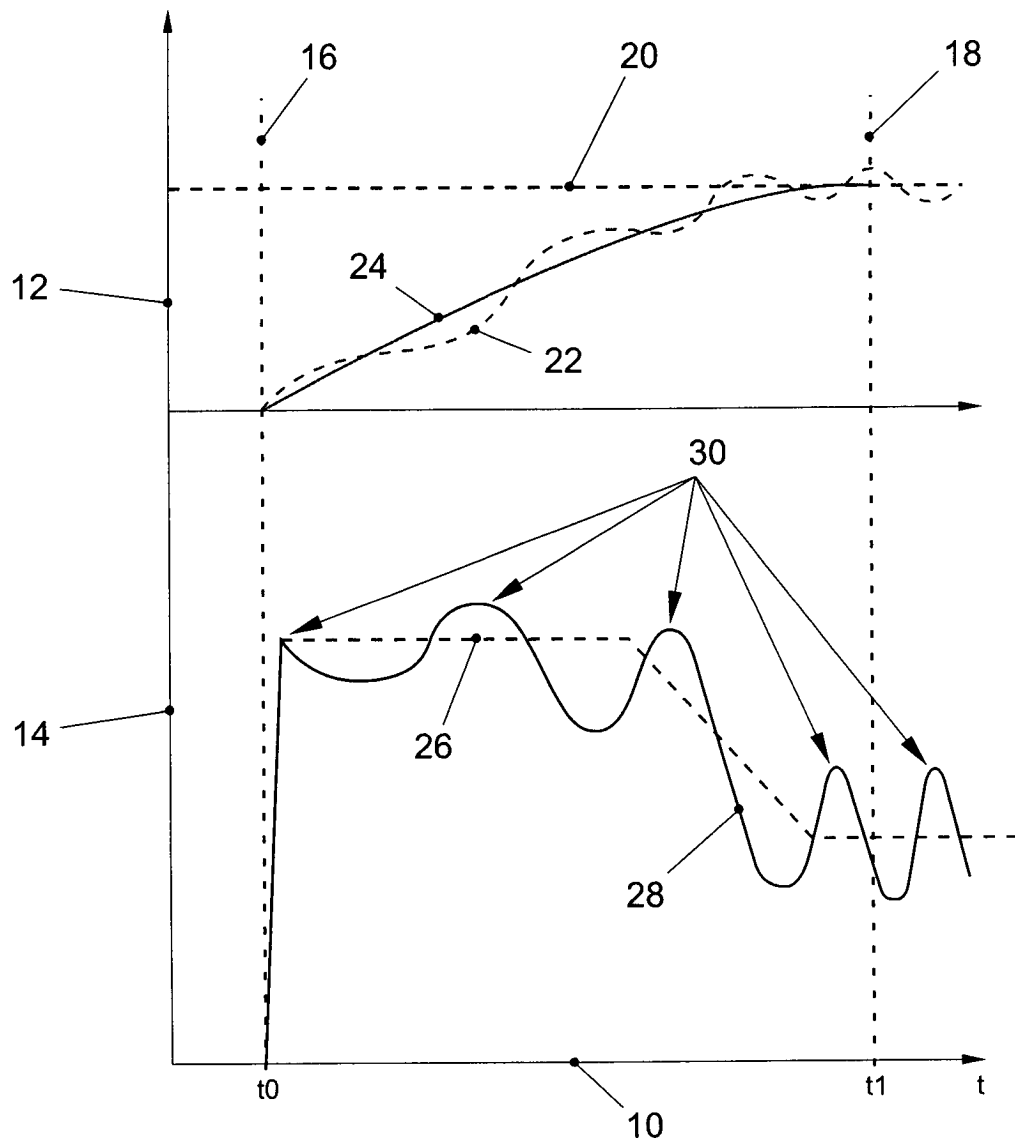


FIG.