



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 035 451 A1 2009.03.19

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 035 451.1

(22) Anmeldetag: 30.07.2008

(43) Offenlegungstag: 19.03.2009

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B60W 20/00** (2006.01)

**B60W 10/08** (2006.01)

**B60W 10/06** (2006.01)

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

(71) Anmelder:  
Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE

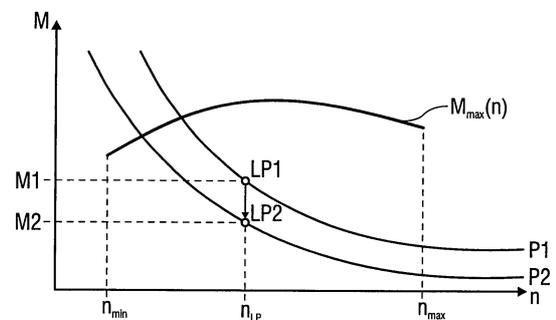
(72) Erfinder:  
Zuschrott, Markus, Dipl.-Ing., 71065 Sindelfingen, DE;  
Fröhlich, Michael, Dr., 73733 Esslingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Optimierung eines Hybridbetriebs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung eines Hybridbetriebs eines Hybridfahrzeugs.

Erfindungsgemäß wird eine Leistungsabgabe oder Leistungsaufnahme eines Elektromotors derart gesteuert bzw. geregelt, dass eine Leistungsabgabe eines Verbrennungsmotors optimalen Lastpunkt (LP2, LP3) gesteuert bzw. geregelt wird, wobei eine Gesamtleistung des Hybridfahrzeugs, welche sich aus der Leistung des Elektromotors und der Leistung des Verbrennungsmotors (P2, P3) zusammensetzt, konstant bleibt bzw. weiterhin der Vorgabe des Fahrzeugführers entspricht.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung eines Hybridbetriebs nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist, wie in EP 1 007 383 B1 beschrieben, ein Verfahren zum Betrieb eines parallelen Hybridantriebs bekannt. Ein Verbrennungsmotor ist über eine Kupplung und ein Schaltgetriebe mit einer Antriebswelle verbunden. Eine Drehstrommaschine ist mit ihrem Läufer direkt an eine Vorgelegewelle des Schaltgetriebes angekoppelt und über einen Drehstromumrichter mit einem elektrischen Energiespeicher verbunden.

**[0003]** Von einer Hybridantriebssteuereinheit wird ein zeitlicher Mittelwert des während eines jeweiligen vorgebbaren Fahrzeitintervalls benötigten Antriebsmomentes ermittelt. Der Verbrennungsmotor sowie die Drehstrommaschine werden in ihrer Leistungsabgabe so gesteuert, dass der Verbrennungsmotor das dem ermittelten zeitlichen Mittelwert entsprechende Antriebsmoment und die Drehstrommaschine die Differenz zwischen dem aktuell benötigten und dem vom Verbrennungsmotor gelieferten Antriebsmoment abgibt.

**[0004]** In DE 44 22 647 A1 wird ein Verfahren zur automatischen Steuerung der Bereitstellung von Leistung in Kraftfahrzeugen mit Hybridantrieb beschrieben. Bei diesem Verfahren zur automatischen Steuerung der Bereitstellung von Leistung durch eine Brennkraftmaschine und/oder durch einen über einen elektrischen Energiespeicher antreibbaren Elektromotor in Kraftfahrzeugen mit Hybridantrieb wird in einer Betriebsweise des Hybridantriebs grundsätzlich die angeforderte Antriebsleistung ausschließlich durch die Brennkraftmaschine bereitgestellt. Jedoch wird bei ausreichender Ladung des elektrischen Energiespeichers additiv ein Teil der Antriebsleistung durch den Elektromotor bereitgestellt, wenn die angeforderte Antriebsleistung größer als eine vorgegebene Grundleistung ist.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Optimierung eines Hybridbetriebs anzugeben.

**[0006]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0007]** Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0008]** In einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Optimierung eines Hybridbetriebs eines Hybridfahrzeugs wird eine Leistungsabgabe oder Leistungsauf-

nahme eines Elektromotors derart gesteuert bzw. geregelt, dass eine Leistungsabgabe eines Verbrennungsmotors auf einen für einen Betriebszustand des Verbrennungsmotors optimalen Lastpunkt gesteuert bzw. geregelt wird, wobei eine Gesamtleistung des Hybridfahrzeugs, welche sich aus der Leistung des Elektromotors und der Leistung des Verbrennungsmotors zusammensetzt, konstant bleibt.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine abgasoptimierte und/oder energetisch optimierte Steuerung bzw. Regelung eines Betriebspunktes des Verbrennungsmotors. Mittels dieses Verfahrens kann der von einem Fahrzeugführer des Hybridfahrzeugs über eine Fahrpedalanforderung eingestellte Betriebspunkt bzw. Lastpunkt des Verbrennungsmotors unter Zuschaltung des Elektromotors in einen für die Verbrennung und den jeweiligen Betriebszustand des Hybridfahrzeugs optimalen Bereich verschoben werden.

**[0010]** Auf diese Weise kann die Verbrennung im Verbrennungsmotor derart gesteuert bzw. geregelt werden, dass beispielsweise Spitzen im Druckverlauf eines berechneten Mitteldrucks bzw. eines indizierten Brennraumdrucks in Brennräumen des Verbrennungsmotors mittels eines gezielten Einsatzes des Elektromotors reduziert werden, wodurch Treibstoffverbrauch und/oder Abgasemissionen des Verbrennungsmotors reduziert werden können. Der Verbrennungsmotor wird in dem Lastpunkt gehalten, in welchem der Verbrennungsprozess hinsichtlich Treibstoffverbrauch und Abgasemissionen optimal verläuft, womit eine konstante Leistungsabgabe des Verbrennungsmotors verbunden ist.

**[0011]** Schwankungen in einer vom Fahrzeugführer mittels des Fahrpedals angeforderten Gesamtleistung des Hybridfahrzeugs werden mittels des Elektromotors ausgeglichen, d. h. durch Zuschaltung und Leistungsabgabe des Elektromotors bei Anforderung zusätzlicher Leistung des Hybridfahrzeugs, welche über die Leistungsabgabe des Verbrennungsmotors im optimalen Lastpunkt hinausgeht, oder zum Beispiel durch Einsatz des Elektromotors als Generator zum Aufladen von elektrischen Speichern (z. B. Batterien) des Hybridfahrzeugs, um die Gesamtleistung des Hybridfahrzeugs zu erhöhen, wenn vom Fahrzeugführer weniger Leistung zum Betrieb des Hybridfahrzeugs angefordert wird, als der Verbrennungsmotor im optimalen Lastpunkt zur Verfügung stellt.

**[0012]** Des Weiteren lässt sich dieses Verfahren auch zur Lastpunktverschiebung zum Zwecke einer gezielten Aufheizung einer Abgasanlage des Hybridfahrzeugs einsetzen, um beispielsweise eine Betriebstemperatur eines Abgasnachbehandlungssystems (z. B. Katalysator) schneller zu erreichen, womit eine Reduzierung der Abgasemissionen des Verbrennungsmotors verbunden ist. Das Verfahren kann

auch zur Lastpunktverschiebung zum Zwecke einer Regeneration eines in der Abgasanlage verbauten Partikelfilters eingesetzt werden, d. h. beispielsweise die Abgasanlage aufzuheizen, um ein früheres Abbrennen von Partikeln im Partikelfilter zu erreichen. In diesen Fällen kann beispielsweise der Elektromotor abgeschaltet werden, so dass die gesamte Leistung des Hybridfahrzeugs vom Verbrennungsmotor zu erbringen ist, oder der Elektromotor wird in den Generatorbetrieb geschaltet und seine Generatorleistung gezielt gesteuert bzw. geregelt, so dass der Verbrennungsmotor eine zusätzliche Leistung zum Betrieb des Generators erbringen muss, wodurch der Lastpunkt des Verbrennungsmotors gezielt erhöht wird.

**[0013]** Auch zur Aufladung eines elektrischen Speichers für den Elektromotor lässt sich der Verbrennungsmotor mittels der Lastpunktverschiebung in Bezug auf Treibstoffverbrauch und Abgasemissionen optimieren.

**[0014]** Der für den jeweiligen Betriebszustand des Verbrennungsmotors vorherrschende Lastpunkt wird mittels des rechnerisch ermittelten Mitteldrucks oder mittels des indizierten Brennraumdrucks des Verbrennungsmotors ermittelt. Der Brennraumdruck wird mittels entsprechender Sensoren am Verbrennungsmotor bestimmt. Der Mitteldruck wird aus den spezifischen Kenngrößen des Verbrennungsmotors berechnet.

**[0015]** Die für den jeweiligen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors optimalen Lastpunkte sind in Abhängigkeit von Betriebszuständen des Hybridfahrzeugs aus entsprechenden Kennfeldern, welche in einem Steuergerät zur Steuerung bzw. Regelung des Verfahrens hinterlegt sind, ermittelbar, d. h. der jeweils optimale Lastpunkt ist abhängig von der Leistungsanforderung des Fahrzeugführers, dem Betriebszustand des Hybridfahrzeugs und einem Ladezustand des elektrischen Speichers des Hybridfahrzeugs.

**[0016]** Beispielsweise kann, um den Treibstoffverbrauch und/oder die Abgasemissionen zu reduzieren, der Lastpunkt des Verbrennungsmotors nur soweit abgesenkt werden, wie der Elektromotor in der Lage ist, einen Unterschied zwischen der Leistung des Verbrennungsmotors und der vom Fahrzeugführer angeforderten Gesamtleistung auszugleichen. Sind beispielsweise die elektrischen Speicher des Elektromotors entladen, kann der Lastpunkt des Verbrennungsmotors nicht bzw. nur geringfügig abgesenkt werden. Dementsprechend wird aus den hinterlegten Kennfeldern im Steuergerät der für diesen Betriebszustand optimale Lastpunkt ermittelt.

**[0017]** Analog dazu kann beispielsweise der Elektromotor nur geringfügig als Generator eingesetzt werden, wenn die elektrischen Speicher des Hybrid-

fahrzeugs weitestgehend geladen sind, um diese nicht zu beschädigen. Das heißt der als Generator fungierende Elektromotor kann nicht bzw. nur in geringem Maße einen Teil der Leistung des Verbrennungsmotors aufnehmen, dies gilt auch wenn der Lastpunkt des Verbrennungsmotors gezielt erhöht werden soll, da die vom Fahrzeugführer angeforderte Leistung geringer ist als die optimale Leistung des Verbrennungsmotors.

**[0018]** Mittels einer in das Verfahren integrierten Lernfunktionalität zur schnelleren und besseren Anpassung an das jeweilige Fahrprofil des Hybridfahrzeugs bzw. des Fahrzeugführers kann das erfindungsgemäße Verfahren noch weiter optimiert werden.

**[0019]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

**[0020]** Dabei zeigen:

**[0021]** [Fig. 1](#) ein Diagramm mit einer Lastpunktabsenkung, und

**[0022]** [Fig. 2](#) ein Diagramm mit einer Lastpunkterhöhung.

**[0023]** Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0024]** [Fig. 1](#) zeigt ein Diagramm mit einer Lastpunktabsenkung. In dem Diagramm dargestellt ist ein Verlauf eines maximal möglichen Drehmomentes  $M_{\max}(n)$  über ein Drehzahlband von einer minimalen Drehzahl  $n_{\min}$  bis zu einer maximalen Drehzahl  $n_{\max}$  eines Verbrennungsmotors sowie zwei Leistungskurven des Verbrennungsmotors mit jeweils konstanter Leistung P1 und P2. Eine Lastpunktabsenkung von einem Lastpunkt LP1 auf einen Lastpunkt LP2 bedeutet eine Absenkung einer Leistung des Verbrennungsmotors von einer Leistung P1 auf eine Leistung P2 durch Reduzierung des Drehmomentes von einem Drehmoment M1 auf ein Drehmoment M2 bei einer konstanten Drehzahl  $n_{LP}$ . Dies wird mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch erreicht, dass mittels einer gezielten Zuschaltung eines Elektromotors in einem Hybridfahrzeug die Leistung des Verbrennungsmotors abgesenkt werden kann. Eine Leistungsreduktion des Verbrennungsmotors von der Leistung P1 auf die Leistung P2 wird durch den Elektromotor kompensiert, so dass eine Gesamtleistung eines Hybridfahrzeugs konstant bleibt.

**[0025]** Dabei wird mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens die Höhe einer Leistungsabgabe des Elektromotors derart gesteuert bzw. geregelt, dass die Leistung P1 im Lastpunkt LP1 des Verbrennungsmotors auf eine Leistung P2, d. h. bis zu einem Lastpunkt LP2, abgesenkt wird, bei dem ein Verbren-

nungsprozess im Verbrennungsmotor hinsichtlich Treibstoffverbrauch und Abgasemissionen optimiert ist. Dieser optimale Lastpunkt LP2 wird mittels eines Mitteldrucks oder mittels eines indizierten Brennraumdrucks des Verbrennungsmotors in der Steuereinheit ermittelt.

**[0026]** Der Mitteldruck wird aus den spezifischen Kenngrößen des Verbrennungsmotors ermittelt. Der indizierte Brennraumdruck wird mittels entsprechender Sensoren am Verbrennungsmotor ermittelt. In Abhängigkeit von dem aktuell ermittelten Mitteldruck oder Brennraumdruck wird mittels in einem Steuergerät hinterlegter Kennfelder ein für diesen Betriebszustand des Hybridfahrzeugs optimaler Lastpunkt LP2 des Verbrennungsmotors ermittelt. Der Verbrennungsmotor wird durch Änderung der Kraftstoffeinspritzung zu diesem neuen Lastpunkt LP2 gesteuert bzw. geregelt und gleichzeitig die Leistungsabgabe des Elektromotors entsprechend der in dem optimalen Lastpunkt LP2 reduzierten Leistung P2 des Verbrennungsmotors erhöht, so dass die dem Hybridfahrzeug zur Verfügung stehende Gesamtleistung konstant bleibt. Das heißt die Leistung des Verbrennungsmotors kann nur soweit abgesenkt werden, wie diese durch den Elektromotor ausgleichbar ist. Es sind also in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand des Hybridfahrzeugs unterschiedliche, jeweils optimale Lastpunkte möglich.

**[0027]** Bei einer geringen Leistungsanforderung über eine Fahrpedalanforderung des Fahrzeugführers und ausreichender Leistungsmöglichkeit des Elektromotors, zum Beispiel bei vollständig geladenen elektrischen Speichern des Hybridfahrzeugs, kann der Lastpunkt des Verbrennungsmotors sehr weit abgesenkt werden, so dass der Elektromotor die angeforderte Leistung des Hybridfahrzeugs vollständig bzw. zu einem sehr großen Teil erbringt. Wird andererseits vom Fahrzeugführer mittels des Fahrpedals eine sehr hohe Leistung angefordert oder kann der Elektromotor aufgrund eines geringen Ladezustands der elektrischen Speicher nur eine geringe Leistung erbringen, so kann der Lastpunkt des Verbrennungsmotors nur gering, auf einen für diesen Betriebszustand optimalen Lastpunkt abgesenkt werden. Diese jeweiligen optimalen Lastpunkte sind in Kennfeldern eines Steuergeräts hinterlegt, welches sowohl den Verbrennungsmotor auf den jeweils optimalen Lastpunkt mittels Veränderung der Kraftstoffeinspritzung steuert bzw. regelt als auch die Leistungsabgabe des Elektromotors entsprechend steuert bzw. regelt, um die Gesamtleistung des Hybridfahrzeugs konstant zu halten.

**[0028]** Der Verbrennungsmotor wird solange in dem jeweils optimalen Lastpunkt gehalten, im hier dargestellten Ausführungsbeispiel im Lastpunkt LP2, wie es möglich ist, die im Fahrbetrieb des Hybridfahrzeugs auftretenden Schwankungen in der Leistungs-

anforderung durch den Fahrzeugführer mittels des Elektromotors auszugleichen. Erst wenn beispielsweise mehr Leistung angefordert wird als vom Verbrennungsmotor in dem jeweiligen Lastpunkt, im hier dargestellten Ausführungsbeispiel im Lastpunkt LP2, und vom Elektromotor zu erbringen sind, wird der Lastpunkt des Verbrennungsmotors vom Lastpunkt LP2 auf einen neuen, für den neuen Betriebszustand optimalen Lastpunkt erhöht. Da auf diese Weise der Lastpunkt des Verbrennungsmotors über längere Zeit konstant gehalten werden kann, im hier dargestellten Ausführungsbeispiel also für längere Zeit, d. h. über eine längere Fahrstrecke des Hybridfahrzeugs im Lastpunkt LP2, wodurch auch der Mitteldruck bzw. der Brennraumdruck des Verbrennungsmotors relativ konstant bleibt, können Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen des Verbrennungsmotors reduziert werden.

**[0029]** [Fig. 2](#) zeigt ein Diagramm mit einer Lastpunkterhöhung vom Lastpunkt LP1 auf einen Lastpunkt LP3, d. h. eine Erhöhung der Leistung des Verbrennungsmotors von der Leistung P1 auf eine Leistung P3 durch Erhöhung des Drehmomentes des Verbrennungsmotors vom Drehmoment M1 auf ein Drehmoment M3 bei konstanter Drehzahl  $n_{LP}$ . Diese Lastpunkterhöhung erfolgt beispielsweise zu einer gezielten Freisetzung thermischer Energie, um Komponenten des Fahrzeugs, wie beispielsweise eine Abgasanlage bzw. Teile einer Abgasanlage (z. B. Katalysator), schneller auf eine optimale Betriebstemperatur zu bringen, wodurch Abgasemissionen reduziert werden bzw. zur Regeneration der Abgasanlage, d. h. beispielsweise zum Abbrennen von Schadstoffablagerungen im Partikelfilter.

**[0030]** Diese höhere Leistungsanforderung an den Verbrennungsmotor wird zum Beispiel hervorgerufen, indem der Elektromotor beispielsweise abgeschaltet bzw. nicht zugeschaltet wird, so dass der Verbrennungsmotor die gesamte Antriebsleistung des Hybridfahrzeugs allein aufbringen muss, oder indem der Elektromotor als Generator eingesetzt wird, so dass der Verbrennungsmotor zusätzlich zum Antrieb des Hybridfahrzeugs noch den Generator antreiben muss, wozu eine Erhöhung der Leistung des Verbrennungsmotors von der Leistung P1 auf die Leistung P3 notwendig ist.

**[0031]** Die derart hervorgerufene Lastpunkterhöhung vom Lastpunkt LP1 auf den Lastpunkt LP3 ist zwar zunächst ineffizient, da damit ein erhöhter Kraftstoffverbrauch und somit erhöhte Abgasemissionen verbunden sind, da aber dadurch beispielsweise der Katalysator sehr schnell auf seine optimale Betriebstemperatur gebracht wird, werden die Abgasemissionen im Vergleich zu einer längeren Aufwärmehase des Katalysators, in welcher die Abgase nicht optimal gereinigt werden, erheblich reduziert.

**[0032]** Durch die bestehende Notwendigkeit die Abgasanlage in bestimmten Betriebsmodi an bestimmte Betriebstemperaturen heranzuführen, kann durch die Nutzung eines Elektromotors als Generator der erhöhte Kraftstoffeinsatz anteilig in Form elektrischer Energie für eine spätere Nutzung gespeichert werden.

## Bezugszeichenliste

<b>LP1</b>	Lastpunkt 1
<b>LP2</b>	Lastpunkt 2
<b>LP3</b>	Lastpunkt 3
<b>M</b>	Drehmoment
<b>M1</b>	Drehmoment Lastpunkt 1
<b>M2</b>	Drehmoment im Lastpunkt 2
<b>M3</b>	Drehmoment im Lastpunkt 3
<b>M<sub>max</sub>(n)</b>	maximales Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahl
<b>n</b>	Drehzahl
<b>n<sub>LP</sub></b>	Drehzahl in den Lastpunkten
<b>n<sub>min</sub></b>	minimale Drehzahl
<b>n<sub>max</sub></b>	maximale Drehzahl
<b>P1</b>	Leistung im Lastpunkt 1
<b>P2</b>	Leistung im Lastpunkt 2
<b>P3</b>	Leistung im Lastpunkt 3

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 1007383 B1 [\[0002\]](#)
- DE 4422647 A1 [\[0004\]](#)

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung eines Hybridbetriebs eines Hybridfahrzeugs, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Leistungsabgabe oder Leistungsaufnahme eines Elektromotors derart gesteuert bzw. geregelt wird, dass eine Leistungsabgabe eines Verbrennungsmotors auf einen für einen Betriebszustand des Verbrennungsmotors optimalen Lastpunkt (LP2, LP3) gesteuert bzw. geregelt wird, wobei eine Gesamtleistung des Hybridfahrzeugs, welche sich aus der Leistung des Elektromotors und der Leistung des Verbrennungsmotors (P2, P3) zusammensetzt, konstant bleibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor auf einen Lastpunkt (LP2) gesteuert bzw. geregelt wird, in welchem ein Verbrennungsprozess des Verbrennungsmotors hinsichtlich Treibstoffverbrauch und/oder Abgasemissionen optimiert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor auf einen Lastpunkt (LP3) gesteuert bzw. geregelt wird, in welchem der Verbrennungsprozess des Verbrennungsmotors hinsichtlich einer schnellen Aufheizung von Aggregaten des Hybridfahrzeugs auf ihre Betriebstemperatur optimiert ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor auf einen Lastpunkt (LP3) gesteuert bzw. geregelt wird, in welchem der Verbrennungsprozess des Verbrennungsmotors hinsichtlich eines Regenerationsprozesses in der Abgasanlage des Hybridfahrzeugs optimiert ist.

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der für den Verbrennungsprozess des Verbrennungsmotors optimale Lastpunkt (LP2, LP3) mittels eines rechnerisch ermittelten Mitteldrucks ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der für den Verbrennungsprozess des Verbrennungsmotors optimale Lastpunkt (LP2, LP3) mittels eines indizierten Brennraumdrucks ermittelt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

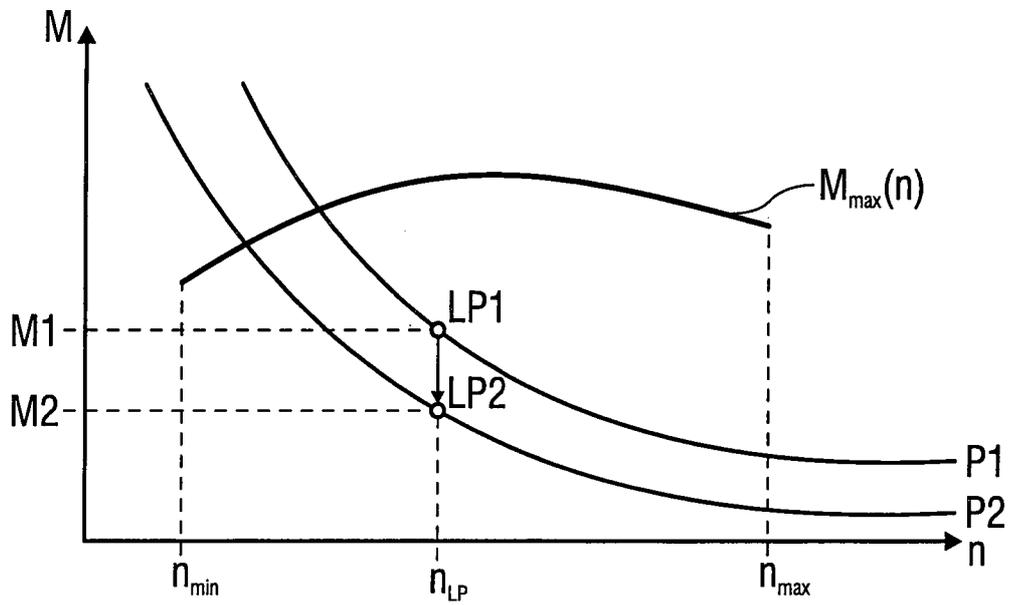


FIG 1

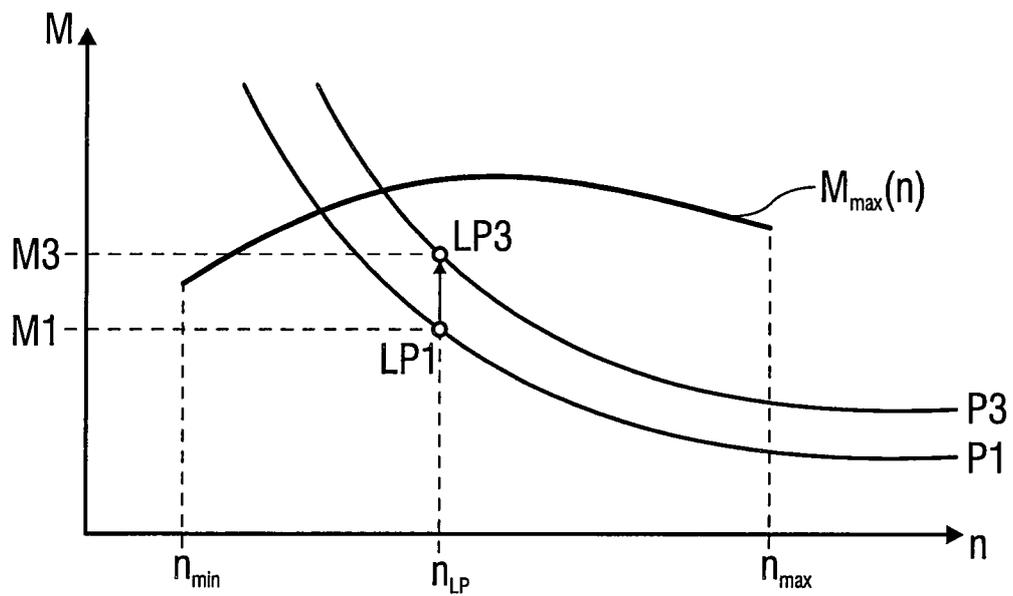


FIG 2