



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.07.2002 Patentblatt 2002/28

(51) Int Cl.7: **F02N 11/04, F02N 11/08**

(21) Anmeldenummer: **01126825.7**

(22) Anmeldetag: **10.11.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
 • **Ackermann, Manfred**
71570 Oppenweiler (DE)
 • **Pushkolli, Beqir**
71642 Ludwigsburg (DE)

(30) Priorität: **08.01.2001 DE 10100525**

(54) **Verfahren zur Steuerung von Startmoment und Startleistung einer Verbrennungskraftmaschine**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Optimierung des Startmomentes und zur Reduzierung der elektrischen Leistungsaufnahme eines Starter-Generators einer Verbrennungskraftmaschine. Der Starter-Generator ist als eine elektrische Maschine ausgebildet, die mit einem Wechselrichter oder einem Puls-Wechselrichter betrieben wird, wobei die elektrische Leistung P_{el} durch eine Fahrzeugbatterie bereitgestellt

wird. Vor Erreichen eines fiktiven Eckpunktes (31) auf der Momentenkennlinie (4) des Starter-Generators wird der Phasenstrom der elektrischen Maschine begrenzt. Die elektrische Maschine wird ab Erreichen eines Abregelpunktes (32) entlang einer elektrischen Grenzleistungskurve (30) ($P=const$) derart gesteuert, daß die elektrische Leistung P_{el} derjenigen im stationären Arbeitspunkt (25) der elektrischen Maschine entspricht.

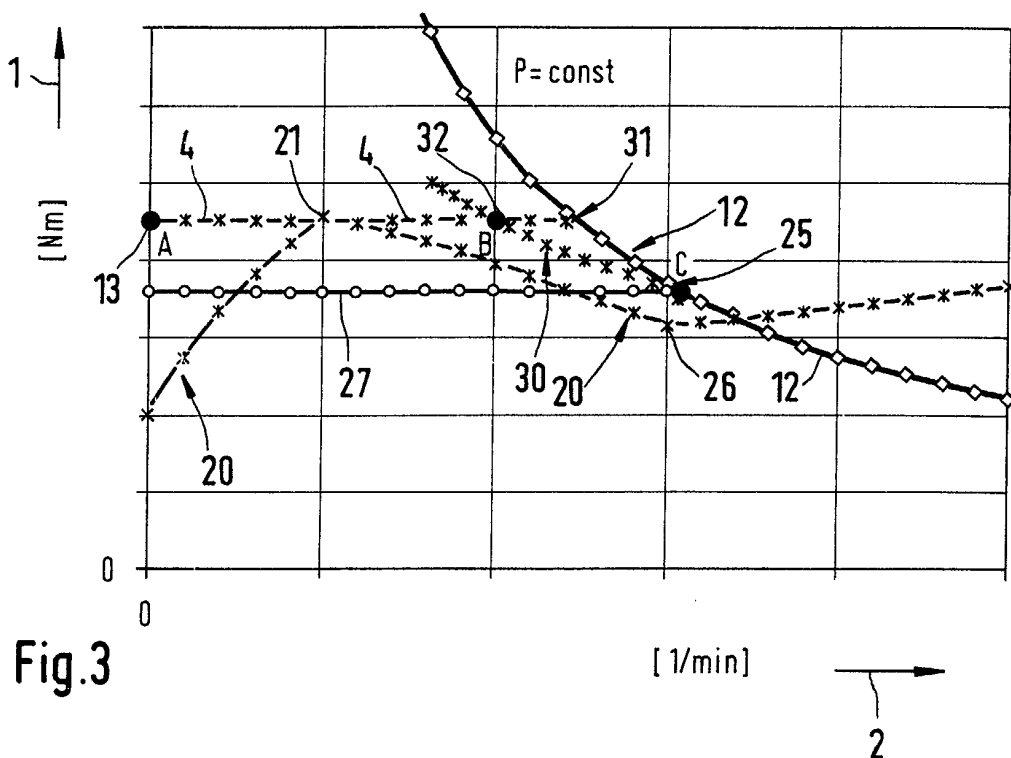


Fig.3

[1/min]

2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] An Kraftfahrzeugen eingesetzte Verbrennungsmotoren werden laufend hinsichtlich der Abgasemission und des Kraftstoffverbrauches optimiert. Eine Quelle vermeidbaren Kraftstoffverbrauches sowie vermeidbarer Abgas- und Geräuschemission stellt der Stadtverkehr dar. Im Stadtverkehr laufen Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen aufgrund häufigen Anhaltens an Ampeln und Kreuzungen einen nicht unerheblichen Teils ihrer Betriebszeit im Leerlauf. Dies stellt eine erhebliche Ressourcenverschwendung und Umweltbelastung dar, da es einen unnützen Mehrverbrauch an Kraftstoff und damit einhergehender Emission giftiger, klimarelevanter und schädlicher Abgase mit sich bringt. Um diesen unnötigen Leerlaufphasen abzu-
helfen, sind Kraftfahrzeuge mit Start/Stop-Automatik ausgerüstet worden, wobei der Verbrennungsmotor bei Vorliegen bestimmter Stoppbedingungen abgestellt und bei Vorliegen bestimmter Startbedingungen elektrisch wieder angelassen wird. Mittels solcher Start/Stop-Systeme lassen sich die Leerlaufphasen von Verbrennungskraftmaschinen im Stadtverkehr erheblich reduzieren.

Stand der Technik

[0002] Start/Stop-Systeme zum automatischen Abstellen von Verbrennungskraftmaschinen sind aus EP 0 233 738 A1, DE 33 43 018 C1 sowie DE 44 21 512 C1 bekannt geworden. Obwohl Antriebssysteme mit Start/Stop-Automatik ihre grundsätzliche Alltagstauglichkeit unter Beweis gestellt haben, sind sie dennoch mit einigen Nachteilen behaftet. Dazu zählt das laute Startergeräusch, was hauptsächlich von den Getriebegeräuschen der Ritzelübersetzung des hochübersetzten Startermotors herrührt (Ritzel-Zahnkreuz-Übersetzung 1:9 bis 1:15, Vorgelege-Übersetzung 1:3 bis 1:6, Gesamt-Übersetzung 1:30 bis 1:60). Aufgrund der im Stadtverkehr häufig auftretenden Starterbetätigung für die Verbrennungskraftmaschine entsteht eine erhöhte Geräuschbelastung für die Fahrzeuginsassen sowie der Anwohner von Ampeln- und Kreuzungsbereichen im innerstädtischen Bereich. Ferner unterliegen die Komponenten wie Magnetschalter, Ritzel, Einspurmittel sowie Elektromotor bei häufiger Betätigung im Stadtverkehr einem enormen Verschleiß. Um den Verschleiß zu begrenzen, werden bei bekannten Antriebssystemen überdimensionierte Anlasser eingesetzt, die viel Bau-
raum beanspruchen und aufgrund ihres hohen Eigengewichtes einen Teil der erzielten Kraftstoffeinsparung durch Abschalten der Verbrennungskraftmaschine wieder egalisieren.

[0003] FR-A-2563280 ist zu entnehmen, bei einem Antriebssystem für ein Kraftfahrzeug dessen Verbrennungsmotor in Antriebspausen nicht stillzusetzen, son-

dern ihn mit Hilfe einer elektrischen Maschine weiter durchzudrehen, um Zusatzaggregate weiterhin mit mechanischer Antriebsenergie zu versorgen. Die elektrische Maschine gemäß dieser Lösung dient außerdem als Starter für den Verbrennungsmotor.

[0004] US-A-4,797,602 offenbart einen Starter/Generator, der im Zusammenhang mit einer Start/Stop-Steuerung arbeitet. Der Starter/Generator ist gegenüber dem Verbrennungsmotor im Verhältnis 4:1 über-
setzt. Der Starter/Generator läuft auf einer gegenüber einem Fahrzeugbordnetz erhöhten Spannung, wobei ein Energiespeicher auf dem erhöhten Spannungsniveau vorgesehen ist.

[0005] EP 0 847 494 B1 bezieht sich auf ein Antriebssystem, insbesondere für ein Kraftfahrzeug sowie auf ein Betriebsverfahren. Das vorgeschlagene Antriebssystem umfaßt einen Verbrennungsmotor als Antriebsaggregat, ferner eine direkt mit der Triebwelle des Antriebsaggregates gekoppelte oder koppelbare elektrische Drehfeldmaschine. Diese dreht mit der gleichen Drehzahl wie die Triebwelle und ist so ausgebildet, daß sie als Antriebsaggregat im Zusammenlauf aus dem Stand starten kann. Es ist wenigstens ein Wechselrichter vorgesehen, der die für die magnetischen Felder der elektrischen Maschine benötigten Spannungen und/oder Ströme variabler Frequenz, Amplitude und/oder Phase erzeugt. Der Wechselrichter weist einen Zwischenkreis mit einem gegenüber einem Bordnetz des Kraftfahrzeuges erhöhten Spannungsniveau auf, wobei in diesem Bordnetz ein Energiespeicher zum Speichern elektrischer Energie vorgesehen ist. Ferner ist ein weiterer Energiespeicher vorgesehen, dem zum Starten Energie entnommen wird und bei dem es sich um einen auf dem erhöhten Spannungsniveau des Zwischenkreises liegenden elektrischen Energiespeicher und/oder um einen durch Parallelschaltung zu einem auf dem erhöhten Spannungsniveau liegenden Zwischenkreis-kondensator elektrisch mit dem Zwischenkreis verbundenen, elektrisch betriebenen Schwungradspeicher handelt. Ferner ist eine automatische Start/Stop-Steuerung vorgesehen, in deren Rahmen das Antriebsaggregat durch die elektrische Maschine gestartet wird.

Darstellung der Erfindung

[0006] Der mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren erzielbare Vorteil liegt vor allem darin, daß unter den Randbedingungen, eine sichere Startfunktion bei Kaltstart und einen schnellen, weitestgehend geräuschlosen Warmstart zu erzielen, die benötigte elektrische Leistung, die von der Fahrzeugbatterie aufzubringen ist, um bis zum 20% reduziert werden kann. Die als Starter/Generator eingesetzte elektrische Maschine, die an einem Wechselrichter oder an einem Puls-Wechselrichter betrieben werden kann, wird vor Erreichen eines fiktiven Eckpunktes, d.h. dem Schnittpunkt der Kennlinie für die mechanische Leistung des Starter-Generators mit der Startmomentkennlinie durch

Begrenzung des Phasenstromes der elektrischen Maschine abgeregelt. Durch die Abregelung wird erreicht, daß die elektrische Leistung, die mit Hilfe der Fahrzeugbatterie bereitzustellen ist, die am stationären Arbeitspunkt benötigte elektrische Leistung P_{el} zu keinem Zeitpunkt überschreitet. So wird erreicht, daß der Energiespeicher in optimaler Weise auf die elektrische Leistung P_{el} des Starter-Generators in dessen stationärem Arbeitspunkt abgestimmt werden kann.

[0007] Das rechtzeitige Abregeln der elektrischen Maschine an einem Abregelpunkt und das Betreiben derselben an einer abhängig von den Zustandsparametern einer Kraftfahrzeugbatterie ermittelten elektrischen Grenzleistungskurve verhindert ein Betreiben der als Starter-Generator dienenden elektrischen Maschine in einem fiktiven Arbeitspunkt, an welchem eine weit höhere elektrische Leistung P_{el} erforderlich ist, verglichen mit der im stationären Arbeitspunkt der elektrischen Maschine tatsächlich benötigten elektrischen Leistung P_{el} . Das Verlassen der Momentenkennlinie des Starter-Generators und dessen Betrieb entlang der elektrischen Grenzleistungskurve bewirken eine Verringerung des Startmomentes in einem schmalen Drehzahlbereich der Verbrennungskraftmaschine. Oberhalb einer Drehzahl von ca. 50 min^{-1} liegt das notwendige Startmoment unterhalb dem Wert am stationären Arbeitspunktes und stets oberhalb der Momentenanforderung, so daß die Startfunktion der Verbrennungskraftmaschine auch bei Kaltstartbedingungen gesichert ist.

[0008] Eine Verbesserung der Kaltstartfunktion bzw. eine Leistungsreduktion kann in Abstimmung mit der thermischen Auslegung des Wechselrichters der elektrischen Maschine erzielt werden, indem bei kleinen Drehzahlen ein erhöhtes Drehmoment unterhalb der elektrischen Grenzleistungskurve eingestellt wird.

[0009] Die Steuerung/Regelung der Leistungsbegrenzung der elektrischen Maschine erfolgt dadurch, daß die maximale elektrische Batterieleistung aus einer Messung der Batterieklemmenspannung in Verbindung mit einer Grenzwertregelung des Phasenstromes an der Spannungsuntergrenze vorgenommen wird. Die erhaltene maximale elektrische Batterieleistung bestimmt den Verlauf der elektrischen Grenzleistungskurve und die Lage des Abregelpunktes auf der Momentenkennlinie des Starter-Generators.

[0010] Wird eine Klauenpolmaschine als Starter-Generator eingesetzt, kann der Strangstrom an dieser ab Erreichen einer bestimmten Drehzahl reduziert werden. Eine andere Möglichkeit der Leistungsbegrenzung einer Klauenpolmaschine mit Puls-Wechselrichter besteht darin, den Winkel (Lastwinkel) zwischen Strangspannungs- und Strangstromraumzeiger ab Erreichen einer bestimmten Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine zu beeinflussen.

Zeichnung

[0011] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung

nachstehend näher erläutert.

[0012] Es zeigt:

Figur 1 ein Diagramm, in welchem die Verläufe der Startmomente eines konventionellen Starters und eines Starter-Generators über der Drehzahl aufgetragen sind.

Figur 2 die vom aufzubringenden Startmoment abzudeckenden Verlustmomentanteile wie Kompressionsverluste, Reibung und Beschleunigungsmomentenanteil und

Figur 3 ein Auslegungsbeispiel eines Kurbelwellen-Starter-Generators mit minimierter elektrischer Leistungsaufnahme im stationären Arbeitspunkt.

Ausführungsvarianten

[0013] Der Darstellung gemäß Figur 1 ist ein Diagramm zu entnehmen, in welchem die Startmomentverläufe eines konventionellen Starters und eines Starter-Generators über der Drehzahl einander gegenübergestellt sind.

[0014] Das Diagramm gemäß Figur 1 zeigt den Startmomentenverlauf 3 eines konventionellen Starters, aufgetragen über der Drehzahl 2. Die Kennlinie des Startmomentenverlaufes 3 ist durch einen linearen Verlauf 9 gekennzeichnet und zeigt eine lineare Abnahme des Startmomentes mit zunehmender Drehzahl 2. Das Leistungsmaximum 8 des konventionellen Starters fällt mit der Lage des Arbeitspunktes 6 zusammen, an welchem die Lastkennlinie 5 einer Verbrennungskraftmaschine die Kennlinie 3 des Startmomentenverlaufes schneidet. Im Diagramm gemäß Figur 1 repräsentiert die Lastkennlinie 5 die Kennlinie 3 einer Verbrennungskraftmaschine mit 3 l Hubraum und 6 Zylindern.

[0015] Mit Bezugszeichen 4 ist die Startmomentenkennlinie eines Starter-Generators bezeichnet, welche ausgehend von einem Antriebspunkt 13 ($n=0$) ein konstantes Moment bis zu einem Eckpunkt 11 liefert. Ab dem Eckpunkt 11 ist der Starter-Generator auf eine konstante mechanische Leistung P_{mech} von etwa 3 KW ausgelegt. Der Arbeitspunkt 7 des Starter-Generators wird durch den Schnittpunkt seiner Startmoment-Kennlinie 4 mit der Lastkennlinie 5 der Verbrennungskraftmaschine definiert. Verglichen mit dem Arbeitspunkt 5 eines konventionellen Starters liegt der Arbeitspunkt 7 des Starter-Generators bei einer höheren Drehzahl 2, da das deutlich geringere Startträgheitsmoment des Starter-Generators eine erhöhte mittlere Drehzahl 10 verlangt. Damit läßt sich eine erhöhte maximale Drehzahl 10 realisieren, die ähnlich dessen Wert des konventionellen Starters oberhalb einer Mindestdrehzahl liegt, so daß die Anforderungen an die Kaltstartfähigkeit erfüllt sind. Die minimale Drehzahl 10 liegt im Bereich von etwa 80 min^{-1} . Im Unterschied zum Arbeitspunkt 5 des konven-

tionellen Starters liegt im Arbeitspunkt 7 des Starter-Generators ein erhöhtes Lastmoment 1 vor. Dies wird durch erhöhte Reibmomente sowie die bei einer höheren Drehzahl vorliegenden Drehzahlwechselamplitude verursacht, bei welcher erhöhte Wandwärmeverluste und Leckageverluste an der Verbrennungskraftmaschine auftreten.

[0016] Der Figur 2 ist die Momentenanforderung an einen Starter-Generator in Abhängigkeit vom Drehzahlverlauf zu entnehmen.

[0017] Das Diagramm gemäß Figur 2 verdeutlicht den Verlauf 20 des Startdrehmomentes, welches beim Anlassen der Verbrennungskraftmaschine vom Starter-Generator zu erbringen ist. Das vom Starter-Generator aufzubringende Startmoment muß zusätzlich zu einem Reibmoment 22 Momentenanteile abdecken, die aus Beschleunigungsdrehmomenten und Gasfedermomenten aufgrund der unterschiedlichen Gemischfüllungsgrade der einzelnen Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine herrühren. Je nach Zylinderzahl der anzulassenden Verbrennungskraftmaschine können diese Momentenanteile Schwankungen unterliegen, die vom Startmoment des Starter-Generators aufzubringen sind. Bei Verbrennungskraftmaschinen mit kleiner Zylinderzahl führt das kleinere Trägheitsmoment und die fehlende Kompensation der Kompressionsmomente durch Dekompressionsmomente sich vom oberen Totpunkt in den unteren Totpunkt bewegender Kolben der Zylinder zu einer Erhöhung dieser Momentenanteile. Bei Verbrennungskraftmaschinen mit höherer Zylinderzahl treten hohe Kompressions-Verlustmomente auf.

[0018] Hat der Starter-Generator beim Durchdrehen der Kurbelwelle der Verbrennungskraftmaschine hingegen einen quasi-stationären Arbeitspunkt erreicht, entfallen Beschleunigungsmomentanteile sowie Gasfedermomentanteile; andererseits erhöhen sich die Reibmomentanteile aufgrund der erhöhten Drehzahl.

[0019] Das vom Starter-Generator aufzubringende Startmoment verläuft entsprechend der Kurve 20, ausgehend von der Drehzahl 2 $n=0$. Die Verläufe der Verlustmomente 22, 23 und die Kompressionsverluste 28 sind abhängig von der steigenden Drehzahl 2 der Verbrennungskraftmaschine wiedergegeben. Die Momentenanteile 22, 23 und die Kompressionsverluste 28 der Verbrennungskraftmaschine sind abhängig vom Startsystem einer Verbrennungskraftmaschine, sei es ein Otto-Motor oder ein Dieselmotor. Die Momentenanteile 22, 23 und die Kompressionsverluste 28 sind ferner abhängig von Leckage- oder Wandwärmeverlusten, die sich an den Zylinder/Kolbenanordnungen der Verbrennungskraftmaschine einstellen.

[0020] Ein Maximum 21 des Startmomentes stellt sich bei einer Drehzahl 2 der Verbrennungskraftmaschine von etwa 50 min^{-1} ein. Bei dieser Drehzahl 2 herrschen bereits hohe Kompressionsdrücke, andererseits nehmen die Kompressionsverluste bei Maximum 21 des aufzubringenden Drehmomentes 20 ihr Maximum ein.

[0021] Mit Bezugszeichen 22 ist der Verlauf des Reib-

momentes über der Drehzahl 2 wiedergegeben. Das Reibmoment ist im wesentlichen proportional zum Gesamthubvolumen der Verbrennungskraftmaschine. Beim Dieselmotor liegen die Reibmomente prinzipbedingt um ca. 30% höher als bei vergleichbaren Otto-Motoren, was seine Ursache in den beim Dieselmotor auftretenden höheren Kompressionsdruckniveau und der enger tolerierten Kolbenring/Zylinderwandpassung findet.

[0022] Mit 23 ist der Verlauf des Beschleunigungsmomentes wiedergegeben, wobei gewährleistet sein muß, daß im Andrehpunkt 13, d.h. bei $n=0$, ein genügend hohes Moment zum Durchdrehen der Kurbelwelle der Verbrennungskraftmaschine verfügbar ist. Beim Maximum 24 erreicht die Drehbeschleunigungsmomentenanforderung ihren Maximalwert, da die Gasfedermomente durch das in den Zylindern der Verbrennungskraftmaschine zu verdichtende Gemisch bereits 70% ihrer Maximalwerte erreichen, bei einer Drehzahl 2 der Verbrennungskraftmaschine von etwa 50 min^{-1} .

[0023] Bei dieser geringen Drehzahl 2 der Verbrennungskraftmaschine steht jedoch noch keine ausreichende Reserve an Rotationsenergie der Verbrennungskraftmaschine zur Verfügung. Sich an das Maximum 24 anschließend, nimmt das aufzubringende Beschleunigungsmoment 23 linear ab, während das Reibmoment entsprechend seines Verlaufes 23 kontinuierlich mit steigender Drehzahl 2 zunimmt.

[0024] Aus der Überlagerung der Momentenanteile 22, 23 und der Kompressionsverluste 28 resultiert der Verlauf 20 des vom Starter-Generator aufzubringenden Startmomentes. Gemäß des mit Bezugszeichen 20 in Figur 2 bezeichneten Kurvenzuges ergibt sich ein charakteristisches Momentenanforderungsprofil, welches durch ein Maximum 21 bei einer Drehzahl 2 von ca. 50 min^{-1} und einem relativen Minimum im Bereich zwischen 120 und 180 min^{-1} gekennzeichnet ist. Ein weiteres Kriterium für die Momentenanforderung gemäß des Momentenverlaufes 20 gemäß Figur 1 ist der Umstand, daß zu jedem Zeitpunkt das Startmoment, welches vom Starter-Generator aufzubringen ist, oberhalb des notwendigen quasi-stationären Schleppmomentes 27 liegen muß. Gemäß den Parametern einer Verbrennungskraftmaschine wie beispielsweise Trägheitsmomente und Zylinderanzahl ist das Startmoment so auszulegen, daß die für die Startfähigkeit einer Verbrennungskraftmaschine erforderliche "obere Totpunkt"-Drehzahl auch unter ungünstigsten Bedingungen, d.h. beim Kaltstart, erreicht werden kann.

[0025] Aus der Darstellung gemäß Figur 3 geht ein Auslegungsbeispiel eines Kurbelwellen-Starter-Generators mit minimierter elektrischer Leistungsaufnahme hervor.

[0026] Vom Andrehpunkt 13, d.h. einer Drehzahl $n=0$ der Verbrennungskraftmaschine verläuft der Startmomentenverlauf 4 des Starter-Generators bis zu einem fiktiven Eckpunkt auf einem konstanten Niveau. Im fiktiven Eckpunkt 31 des Startmomentverlaufes 4 des

Starter-Generators erreicht dessen mechanische Leistung einen konstanten Wert, welcher dem Kennlinienabschnitt 12 für $P=\text{const}$ im Diagramm gemäß Figur 3 entspricht. Die an die eingesetzte elektrische Maschine, die als Starter-Generator dient, gestellte Momentenanforderung verläuft gemäß des Kurvenzuges 20 entsprechend der Darstellung in Figur 2. Das aufzubringende Drehmoment 20 läßt sich aus einer Überlagerung der in Figur 2 beschriebenen Momentenanteile 22, 23 und Kompressionsverluste 28 ermitteln, wobei zu berücksichtigen ist, ob die anzulassende Verbrennungskraftmaschine ein Otto-Motor oder ein Dieselmotor ist; ferner ist bei der Ermittlung der Drehmomentenanforderung an den Starter-Generator die Zylinderzahl von entscheidender Bedeutung.

[0027] Der mit Bezugszeichen 27 identifizierte Wert des Schleppmomentes, welches unterhalb des vom Starter-Generators aufzubringenden Startmomentes liegt, würde nicht sicherstellen, daß auch unter ungünstigsten Bedingungen das Erreichen der OT-Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine gewährleistet ist.

[0028] Mit Bezugszeichen 30 ist in der Darstellung des Diagrammes gemäß Figur 3 die elektrische Grenzleistungskurve eingezeichnet. Diese läßt sich aus der maximalen elektrischen Batterieleistung durch eine Messung der Batterieklemmenspannung in Verbindung mit einer Grenzwert-Regelung des Phasenstromes an der Spannungsuntergrenze der als Starter-Generator fungierenden elektrischen Maschine ermitteln. Die elektrische Grenzleistungskurve 30 schneidet die Kennlinie des Startmomentenverlaufes 4 sowie die Kennlinie 27 des Schleppmomentes. Im Schnittpunkt 32 von Startmomentenverlauf 4 und elektrischer Grenzkurve 30 liegt der Abregelpunkt, welcher vor dem fiktiven Eckpunkt 31 liegt, bei welchem der Starter-Generator eine höhere elektrische Leistung benötigt. Wird der Starter-Generator im Abregelpunkt 32 entsprechend der elektrischen Grenzkurve 30 gesteuert, erreicht dieser seinen stationären Arbeitspunkt 25, der im in Figur 3 dargestellten Auslegungsbeispiel bei einer Drehzahl von etwa $n=150 \text{ min}^{-1}$ liegt. Im stationären Arbeitspunkt 25 nimmt der Starter-Generator die gemäß der elektrischen Grenzleistungskurve 30 zur Verfügung stellbare elektrische Leistung P_{el} auf, die nie größer wird als im stationären Arbeitspunkt 25 des Starter-Generators. Dadurch ist sichergestellt, daß der im Kraftfahrzeug eingesetzte Energiespeicher lediglich auf die elektrische Leistungsaufnahme im stationären Arbeitspunkt 25 des Starter-Generators auszulegen ist und keine Überdimensionierung des Energiespeichers auftritt. Im stationären Arbeitspunkt 25 ist sichergestellt, daß das vom Starter-Generator aufzubringende Drehmoment 4 gerade noch oberhalb des mit Bezugszeichen 27 identifizierten Verlauf des Schleppmomentes liegt. So wird einerseits ein hinsichtlich der aufgenommenen elektrischen Leistung P_{el} und des abzugebenden Startmomentes optimaler Betrieb eines Starter-Generators innerhalb eines Startsystems für eine Verbrennungskraftmaschine

erzielt.

[0029] Das im stationären Arbeitspunkt 25 wirksame Startmoment ist nur in einem sehr schmalen Drehzahlbereich kleiner als das Startmoment und liegt in einem Drehzahlbereich von $n > 50 \text{ min}^{-1}$ immer über der durch den Kurvenverlauf 20 repräsentierten Momentenanforderung, so daß die Startfunktion gewährleistet bleibt. Zur Verbesserung der Kaltstartfunktion des Starter-Generators bzw. zur Leistungsreduzierung kann in Abstimmung mit der thermischen Auslegung des Wechselrichters, mit welchem die als Starter-Generator dienende Maschine betrieben wird, bei kleinen Drehzahlen ein erhöhtes Drehmoment unterhalb der elektrischen Grenzleistungskurve 30 eingestellt werden. Dieses erhöhte Drehmoment steht im Kaltstart als Reserve zur Verfügung, um einen sicheren Start der Verbrennungskraftmaschine auch unterhalb der Auslegungstemperaturen (-25°C) zu gewährleisten.

[0030] Wird als Starter-Generator eine Klauenpolmaschine eingesetzt, welche mit einem Puls-Wechselrichter betrieben wird, so kann die Leistungsbegrenzung im Abregelpunkt 32 wie folgt realisiert werden. Der maximal vorgegebene Sollstrom in einer Klauenpolmaschine kann ab einer bestimmten Drehzahl beispielsweise der im Abregelpunkt 32 vorliegenden Drehzahl 2 reduziert werden. Andererseits kann eine Leistungsbegrenzung der Klauenpolmaschine dadurch realisiert werden, daß der Winkel (Lastwinkel) zwischen Strangspannungs- und Strangstromraumzeiger ab einer bestimmten Drehzahl 2 im Abregelpunkt 32 beeinflußt wird. Das von der Klauenpolmaschine abgegebene Drehmoment ist von diesem Winkel abhängig. Die elektrische Grenzleistungskurve 30 läßt sich auch unter Einfluß einer Leistungsreserve ermitteln, so daß die Funktion anderer Bauteile und Komponenten im Bordnetz eines Kraftfahrzeuges gewährleistet bleibt und eine abhängig von den Belastungen des Bordnetzes bemessene Leistungsreserve zur Verfügung gestellt werden kann. Maßgeblich dabei ist stets die Sicherstellung der Startfunktion im Kaltstart sowie die Realisierung eines schnellen geräuschlosen Warmstartes der Verbrennungskraftmaschine mit dem erfindungsgemäß optimierten Starter-Generator.

45 Bezugszeichenliste

[0031]

- | | |
|----|--|
| 1 | Drehmomentverlauf |
| 2 | Drehzahl |
| 3 | Startmomentverlauf konventioneller Starter |
| 4 | Startmomentverlauf Starter-Generator |
| 5 | Lastkennlinie Verbrennungskraftmaschine |
| 6 | Arbeitspunkt konventioneller Starter |
| 7 | Arbeitspunkt Starter-Generator |
| 8 | Leistungsmaximum |
| 9 | linearer Verlauf |
| 10 | mittlere Drehzahl |

- 11 Eckpunkt
 12 Kennlinienabschnitt Starter-Generator ($P=\text{const}$)
 13 Andrehpunkt ($n=0$)
- 20 Aufzubringendes Drehmomentstarter-Generator 5
 21 Drehmomentmaximum (50 min^{-1})
 22 Reibmomenten-Verlauf
 23 Beschleunigungsmomenten-Verlauf
 24 Maximum (50 min^{-1})
 25 stationärer Arbeitspunkt Starter-Generator (150 min^{-1}) 10
 26 relatives Minimum ($120 \text{ bis } 180 \text{ min}^{-1}$)
 27 Schleppmomentenwert im Thab. A.P.
 28 Kompressionsverluste 15
- 30 elektrische Grenzleistungskurve
 31 fiktiver Eckpunkt
 32 Abregelpunkt Starter-Generator 20

Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung des Startmomentes und zur Reduzierung der elektrischen Leistungsaufnahme eines Starter-Generators für eine Verbrennungskraftmaschine, wobei der Starter-Generator als eine elektrische Maschine ausgebildet ist, die mit einem Wechselrichter betrieben wird und die die elektrische Leistung P_{el} durch eine Batterie aufgebracht wird, **gekennzeichnet durch** 25
- das Begrenzen des Phasenstromes der elektrischen Maschine für das Erreichen eines fiktiven Eckpunktes (31) auf einer Momentenkennlinie (4) der elektrischen Maschine, 30
 - dem Steuern der elektrischen Maschine ab einem Abregelpunkt (32) entlang einer elektrischen Grenzleistungskurve (30) ($P_{el}=\text{const}$) derart, 35
- das die elektrische Leistung P_{el} derjenigen im stationären Arbeitspunkt (25) der elektrischen Maschine entspricht 40
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die als Starter-Generator vorgesehene elektrische Maschine an einem Wechselrichter betrieben wird. 45
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Starter-Generator eine Klauenpolmaschine eingesetzt wird, die an einem Puls-Wechselrichter betrieben wird. 50
4. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die elektrische Grenzleistungskurve (30) durch Messung der Spannung der Batterie-

klemmen und einer Grenzwertregelung des Phasenstromes an der Spannungsuntergrenze erhalten wird.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** am Abregelpunkt (32) eine Begrenzung der elektrischen Leistung P_{el} des Starter-Generators entlang der elektrischen Grenzleistungskurve (30) mit $P_{el}=\text{const}$ erfolgt, so daß stets $P_{el} \leq P_{el}$ im stationären Arbeitspunkt (25) erfüllt ist.

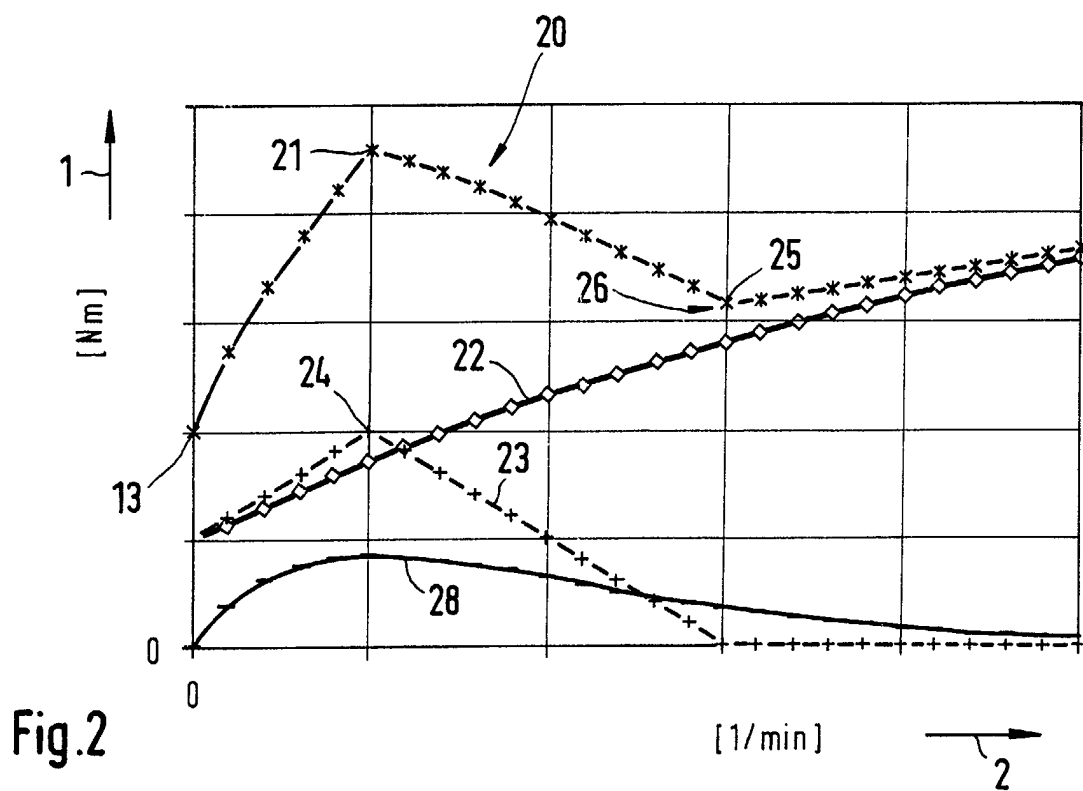
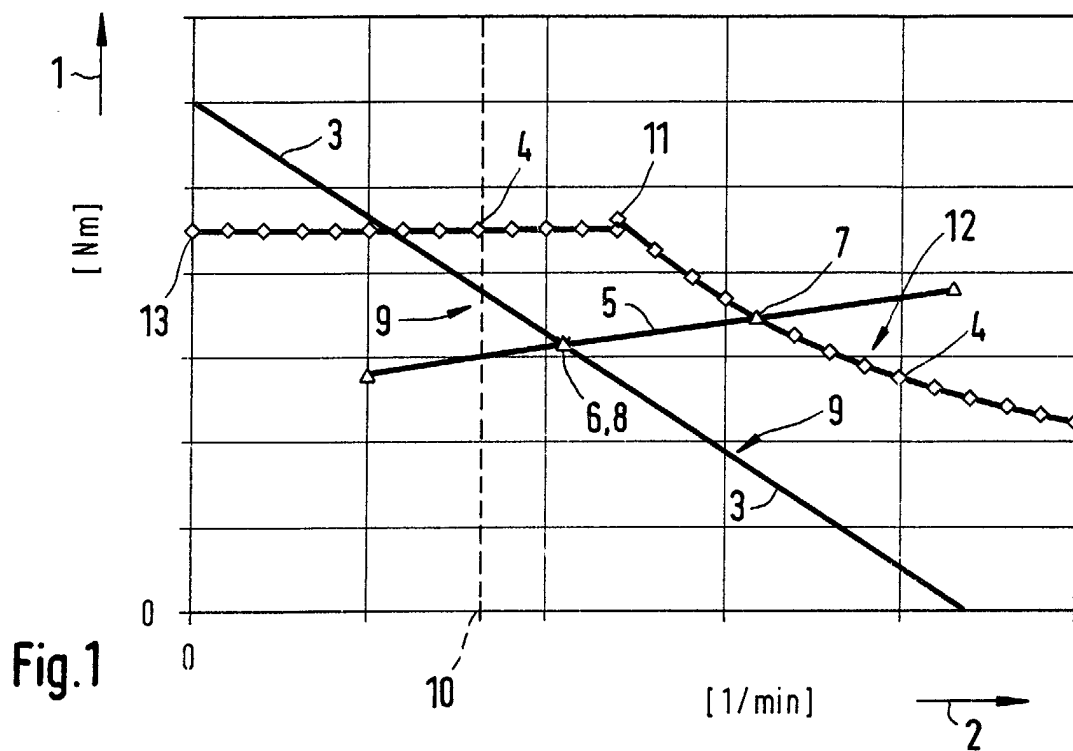
6. Verfahren gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Verbesserung der Kaltstartfunktion am der elektrischen Maschine zugeordneten Wechselrichter an diese ein erhöhtes Startmoment eingestellt werden kann.

7. Verfahren gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Leistungsbegrenzung der an einem Puls-Wechselrichter betriebenen Klauenpolmaschine im Abregelpunkt (32) ab der diesem entsprechenden Drehzahl (2) der Verbrennungskraftmaschine durch Reduktion des Sollstrangstromes der Klauenpolmaschine erfolgt.

8. Verfahren gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Winkel zwischen Strangspannungs- und Strangstromraumzeiger ab einer bestimmten, dem Abregelpunkt (32) entsprechenden Drehzahl (2) der Verbrennungskraftmaschine beeinflusst wird.

9. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die maximale elektrische Grenzleistung und der dieser entsprechende minimale Batteriespannungsverlauf als temperaturabhängiger Kennlinienzusammenhang abgespeichert wird.

10. Verfahren gemäß einem oder mehrerer der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** am stationären Arbeitspunkt (25) des Starter-Generators dessen elektrischer Wirkungsgrad η_{el} anstelle des Wirkungsgrades η am fiktiven Eckpunkt (31) der Momentenkennlinie (4) die maximale Batterieleistung bestimmt.



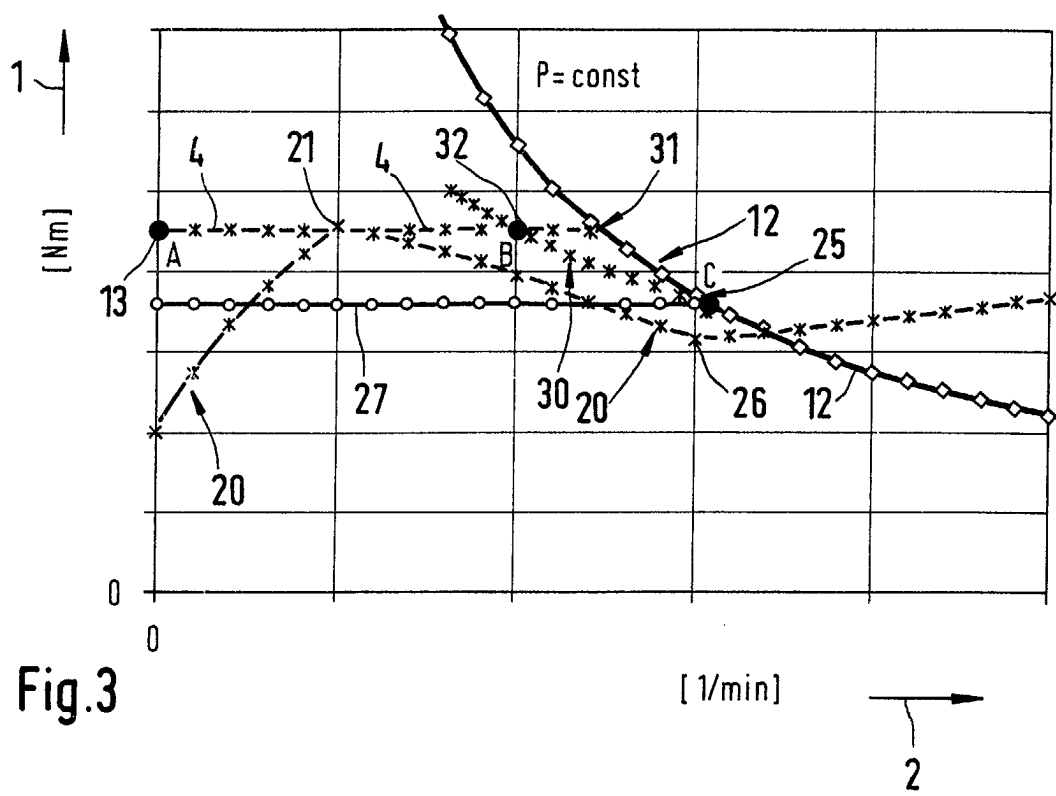


Fig.3