



(10) **DE 10 2012 103 292 A1** 2013.10.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 103 292.0**

(22) Anmeldetag: **17.04.2012**

(43) Offenlegungstag: **17.10.2013**

(51) Int Cl.: **B60L 15/20 (2012.01)**

(71) Anmelder:

**Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft, 70435,
Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Basler, Alexander, 71229, Leonberg, DE;
Gemander, Axel, 73527, Schwäbisch Gmünd, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

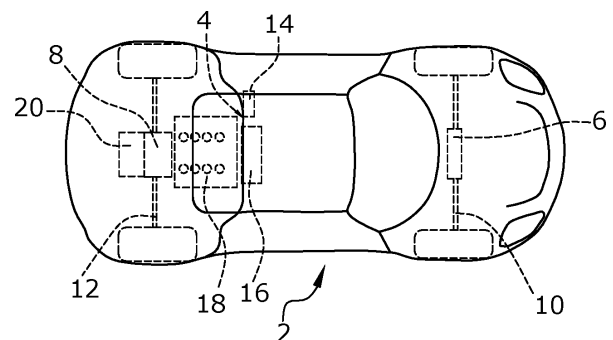
DE 10 2007 023 164	A1
DE 10 2007 056 302	A1
DE 10 2008 052 923	A1
DE 10 2010 020 906	A1
EP 1 202 895	B1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges eines Fahrzeuges sowie elektrischer Antriebsstrang für ein Fahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges (4) eines Fahrzeuges, mit mindestens zwei Elektromotoren (6, 8), die jeweils mit einer Antriebsachse (10, 12) in Wirkverbindung stehen, mit einer Steuereinrichtung (14), die den elektrischen Antriebsstrang (4) ansteuert und mindestens einer Spannungsquelle (16), dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Schritt ein Fahrerwunschloment M_F für einen motorischen oder generatorischen Betrieb ermittelt wird, dass in einem zweiten Schritt vor dem Hintergrund einer vorliegenden Abtriebsdrehzahl n eine erforderliche Gesamtleistung P_{Ges} des elektrischen Abtriebsstranges (4) ermittelt wird und dass in einem dritten Schritt die Leistungen P_{EM1} , P_{EM2} , etc. der einzelnen Elektromotoren (6, 8) ermittelt werden, wobei die sich ergebenden Verlustleistungen P_{VGes} und P_{VEM1} , P_{VEM2} , etc. der einzelnen Elektromotoren (6, 8) auf Basis von hinterlegten Verlustleistungskennfeldern für die einzelnen Elektromotoren (6, 8) minimiert werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges eines Fahrzeuges mit mindestens zwei Elektromotoren, die jeweils mit einer Antriebsachse in Wirkverbindung stehen, mit einer Steuereinrichtung, die den elektrischen Antriebsstrang ansteuert und mit mindestens einer Spannungsquelle sowie einen elektrischen Antriebsstrang für ein Fahrzeug.

[0002] Elektrische Antriebsstränge für Fahrzeuge mit mindestens zwei Elektromotoren und Verfahren zum Betrieb derartiger elektrischer Antriebsstränge sind aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt. So ist beispielsweise aus der DE 10 2010 020 906 A1 ein Antriebsstrang für Schwerlast-Transportfahrzeuge mit mindestens zwei Elektromotoren bekannt, wobei die zwei Elektromotoren kennfeldoptimiert vor dem Hintergrund der Betriebsbedingungen des Schwerlast-Transportfahrzeuges betrieben werden sollen. Hierbei werden insbesondere auf Basis der Leistungsanforderung ein oder mehrere Elektromotoren im laufenden Betrieb zu- oder abgeschaltet. Hierdurch soll eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades des elektrischen Antriebsstranges erreicht werden.

[0003] Darüber hinaus ist es aus der EP 1 202 895 B1 bekannt, einen elektrischen Antriebsstrang, insbesondere für einen Zug, vorzusehen, der mindestens zwei Elektromotoren aufweist. Hierbei soll ein optimaler Wirkungsgrad des Antriebsstranges dadurch gewährleistet werden, dass in der Steuereinrichtung eine Gesamtfunktion aller Elektroantriebe hinsichtlich des Wirkungsgrades oder der Verlustleistung zusammengefasst werden und dementsprechend die Steuerung des Antriebsstranges vorgenommen wird. Des Weiteren ist es aus dieser Druckschrift bekannt, repräsentative bzw. durchschnittliche Funktionen des Wirkungsgrades oder der Verlustleistung von autarken Elektromaschinen zu berücksichtigen. Auch sieht diese Druckschrift ein ggfs. Ein-/Ausschalten der einzelnen Elektromotoren vor.

[0004] Auch wenn die beschriebenen Verfahren für elektrische Antriebsstränge eine Verbesserung des Wirkungsgrades ermöglichen, werden diese dennoch nicht den Anforderungen, insbesondere des Individualverkehrs hinsichtlich der Ansteuerung des Antriebsstranges vor dem Hintergrund von unterschiedlichsten Leistungsanforderungen gerecht. Darüber hinaus ist es auch nur schwer möglich, verschiedenartige Motorenkonzepte miteinander zu verbinden und anzusteuern.

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges sowie einen elektrischen Antriebs-

strang an sich bereitzustellen, wodurch die oben genannten Nachteile vermieden werden können.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges dadurch gelöst, dass in einem ersten Schritt ein Fahrerwunschkmoment M_F für einen motorischen oder generatorischen Betrieb ermittelt wird, wobei in einem zweiten Schritt vor dem Hintergrund einer vorliegenden Abtriebsdrehzahl n eine erforderliche Gesamtleistung P_{ges} des elektrischen Antriebsstranges ermittelt wird und dass in einem dritten Schritt die Leistung P_{EM1} , P_{EM2} , etc. der einzelnen Elektromotoren ermittelt werden, wobei die sich ergebenden Verlustleistungen $P_{V_{Ges}}$ und P_{VEM1} , P_{VEM2} , etc. der einzelnen Elektromotoren auf Basis von hinterlegten Verlustleistungskennfeldern für die einzelnen Elektromotoren minimiert werden. Durch ein derartiges Verfahren können insbesondere hohe Verlustleistungen in niedrigen Lastbereichen, also auch Leerlaufverluste, auf einfache Weise vermieden werden. Auch ist es hierdurch besonders einfach, verschiedene Motorenkonzepte miteinander zu verbinden.

[0007] Ein besonders einfaches und vorteilhaftes Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges sieht vor, dass eine Minimierung der Verlustleistungen $P_{V_{Ges}}$ und P_{VEM1} , P_{VEM2} , etc. der einzelnen Elektromotoren durch die Gleichungen $dP_{VEM1}/dP_{EM1} = 0$, $dP_{VEM2}/dP_{EM2} = 0$ und damit auch $dP_{V_{Ges}}/dP_{Ges} = 0$ vorgenommen werden, wobei die Bedingung $d^2P_{V_{Ges}}/d^2P_{Ges} > 0$ zu erfüllen ist. Hierdurch können auf einfache Weise die Lastpunkte der Elektromaschinen vorgegeben und eingestellt werden.

[0008] Auf besondere Art und Weise zeichnet sich hierbei ein Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges aus, bei dem in niedrigen Lastbereichen ein erster Elektromotor im motorischen Betrieb und ein zweiter Elektromotor im generatorischen Betrieb betrieben werden. Hierdurch ist es insbesondere in niedrigen Lastbereichen möglich, den Betrieb von Wirkungsgrad-verringern den Losbrechmomenten zu umgehen, wobei eine Elektromaschine in leichtem generatorischen Betrieb, also mit Rekupe-ration betrieben wird. Darüber hinaus ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auch noch möglich, bei der Bestimmung der Verlustleistung $d_{V_{Ges}}$ weitere Komponenten, wie zum Beispiel Getriebe, Differential, Kupplung, Achswellen, etc. zu berücksichtigen.

[0009] Des Weiteren wird die Erfindung durch einen elektrischen Antriebsstrang für ein Fahrzeug mit mindestens zwei Elektromotoren dadurch gelöst, dass in der Steuereinrichtung ein Verlustleistungskennfeld für jeden Elektromotor hinterlegt ist, wobei die Steuereinrichtung Mittel aufweist, um eine Verlustleistung $P_{V_{Ges}}$ des gesamten elektrischen Antriebsstranges und Verlustleistung P_{VEM1} , P_{VEM2} , etc. der einzelnen

Elektromotoren auf Basis der hinterlegten Verlustleistungskennfelder zu minimieren.

[0010] Eine vorteilhafte Ausführungsform eines derartigen elektrischen Antriebsstranges zeichnet sich dadurch aus, dass verschiedenartige Elektromotoren, wie zum Beispiel Synchronmaschinen, Reluktanzmaschinen, Asynchronmaschinen je nach Einsatzgebiet vorgesehen sind. Hierdurch ist es möglich, den elektrischen Antriebsstrang auf einfache Weise für ein betreffendes Einsatzgebiet eines Fahrzeuges zu optimieren.

[0011] Darüber hinaus ist es in vorteilhafter Weise möglich, dass zumindest ein Elektromotor über eine Kupplungsvorrichtung mit einer Antriebsachse verbunden ist, derart, dass auch ein weiterer Motor, beispielsweise ein Verbrennungsmotor, mit der Antriebsachse in Wirkverbindung steht.

[0012] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert, hierbei zeigt:

[0013] **Fig. 1** eine schematische Ansicht eines Kraftfahrzeuges, das als Allradantrieb ausgestattet ist, mit dem erfindungsgemäßen elektrischen Antriebsstrang, und

[0014] **Fig. 2** ein exemplarisches Beispiel für ein Verlustleistungskennfeld, bei dem die Verlustleistung P_V über der Leistung P abgebildet ist und die Kurven für jeweils konstante Drehzahlen n dargestellt sind.

[0015] **Fig. 1** zeigt ein Kraftfahrzeug **2**, das als Allrad-Kraftfahrzeug ausgebildet ist. Das Kraftfahrzeug **2** weist einen schematisch dargestellten elektrischen Antriebsstrang **4** auf. Dieser elektrische Antriebsstrang besitzt zwei Elektromotoren **6**, **8**, die jeweils mit einer Antriebsachse **10**, **12** in Wirkverbindung stehen. Die Antriebsachse **10** ist hierbei als Vorderachse und die Antriebsachse **12** als Hinterachse ausgebildet. Des Weiteren weist der elektrische Antriebsstrang **4** eine Steuereinrichtung **14** auf, die die Ansteuerung des gesamten elektrischen Antriebsstranges **4** vornimmt. Nicht dargestellt sind hier mögliche Leistungselektronikmodule, die die Steuerbefehle an die Elektromotoren **6**, **8** übermitteln. Mit **16** ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Spannungsquelle gekennzeichnet, die hier als Lithium-Ionen-Batteriepack ausgeführt ist.

[0016] Das Kraftfahrzeug **2** weist des Weiteren einen Verbrennungsmotor **18** auf, der über eine Kupplungsvorrichtung **20** mit der Antriebsachse **12** in Wirkverbindung steht. Die Kupplungsvorrichtung **20** ermöglicht auf bekannte Weise auch ein Entkuppeln des Elektromotors **8** von der Antriebsachse **12**.

[0017] Die Erfindung soll nun näher anhand eines Beschleunigungsvorganges dargestellt werden.

Hierbei wird von einem rein elektrischen Betrieb des Kraftfahrzeuges **2** ausgegangen. Aufgrund einer Gaspedalbetätigung eines Fahrers wird in einem ersten Schritt ein Fahrerwunschmoment M_F , im vorliegenden Fall für einen motorischen Betrieb des Kraftfahrzeuges ermittelt. Es sollte in diesem Zusammenhang jedoch deutlich sein, dass die Erfindung nicht auf den motorischen Betrieb eines Kraftfahrzeuges **2** beschränkt ist, sondern auch im generatorischen Betrieb genutzt werden kann. Aufgrund der Beziehung $P_{ges} = M_F \cdot n$, wobei n für eine aktuelle Abtriebsdrehzahl steht, kann eine erforderliche Gesamtleistung P_{ges} des elektrischen Abtriebsstranges für die Beschleunigung des Kraftfahrzeuges **2** ermittelt werden. Hierzu sollen nun in einem dritten Schritt die Leistungen P_{EM1} für den ersten Elektromotor **6** und P_{EM2} für den zweiten Elektromotor **8** ermittelt werden. Um eine entstehende gesamte Verlustleistung $P_{V_{Ges}}$ so gering wie möglich zu halten, werden hierbei die Verlustleistung $P_{V_{EM1}}$ des ersten Elektromotors **6** und $P_{V_{EM2}}$ des zweiten Elektromotors **8** auf Basis von hinterlegten Verlustleistungskennfeldern minimiert. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der Einfachheit halber davon ausgegangen, dass die Elektromotoren **6**, **8** baugleich ausgeführt sind, so dass die Erfindung anhand eines in **Fig. 2** schematisch dargestellten Verlustleistungskennfeld weiter erklärt werden kann. Jede der dargestellten, mathematisch nicht exakt zu definierenden Kurven steht für eine bestimmte Drehzahl der Elektromotoren **6**, **8**. Die Kurve der momentan vorliegenden Drehzahl der Elektromotoren **6**, **8**, auf der eine Lastpunkteinstellung vorgenommen werden soll, ist fett dargestellt. Eine Minimierung der Verlustleistungen $P_{V_{Ges}}$ und $P_{V_{EM1}}$ und $P_{V_{EM2}}$ wird durch die Gleichungen $dP_{V_{EM1}}/dP_{EM1} = 0$ und $dP_{V_{EM2}}/dP_{EM2} = 0$ vorgenommen. Damit ist sichergestellt, dass auch $dP_{V_{Ges}}/dP_{Ges} = 0$ ist. Die jeweiligen Lastpunkte sind mit **22** für die Gesamtleistung, **24** für die Leistung P_{EM1} des ersten Elektromotors **6** und **26** für die Leistung P_{EM2} des zweiten Elektromotors **8** gekennzeichnet. Um sicherzugehen, dass es sich bei der gefundenen Lastpunktstelle **22** auch wirklich um ein Minimum handelt, muss zudem noch die Gleichung $d^2P_{V_{Ges}}/d^2P_{Ges} > 0$ erfüllt sein.

[0018] Mit 0 ist in dem schematischen Beispiel für ein Verlustleistungskennfeld die Leistung bei $P = 0$ gekennzeichnet. Das heißt, der Bereich rechts von der 0 kennzeichnet den motorischen Betrieb des Kraftfahrzeuges **2** und der Bereich links von der 0 den generatorischen Betrieb des Kraftfahrzeuges **2**. Die oben beschriebene Vorgehensweise ist also in gleicher Weise auch bei einem generatorischen Betrieb, bei dem das Kraftfahrzeug **2** abgebremst werden soll, anzuwenden.

[0019] Insbesondere im niedrigen Lastbereich sind hohe Verlustleistungen zu erkennen, die unter anderem auf Losbrechmomente der Elektromotoren **6**, **8** zurückzuführen sind. Somit kann es in bestimm-

ten Betriebssituationen sinnvoll erscheinen, eine Beschleunigungsanfrage des Fahrers mit einem generatorischen Betrieb des einen Elektromotors und einem motorischen Betrieb des anderen Elektromotors zu erfüllen.

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

- DE 102010020906 A1 [[0002](#)]
- EP 1202895 B1 [[0003](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges (4) eines Fahrzeuges, mit mindestens zwei Elektromotoren (6, 8), die jeweils mit einer Antriebsachse (10, 12) in Wirkverbindung stehen, mit einer Steuereinrichtung (14), die den elektrischen Antriebsstrang (4) ansteuert und mindestens einer Spannungsquelle (16), wobei in einem ersten Schritt ein Fahrerwunschmoment M_F für einen motorischen oder generatorischen Betrieb ermittelt wird, dass in einem zweiten Schritt vor dem Hintergrund einer vorliegenden Abtriebsdrehzahl n eine erforderliche Gesamtleistung P_{Ges} des elektrischen Abtriebsstranges (4) ermittelt wird und dass in einem dritten Schritt die Leistungen P_{EM1} , P_{EM2} , etc. der einzelnen Elektromotoren (6, 8) ermittelt werden, wobei die sich ergebenden Verlustleistungen P_{VGes} und P_{VEM1} , P_{VEM2} , etc. der einzelnen Elektromotoren (6, 8) auf Basis von hinterlegten Verlustleistungskennfeldern für die einzelnen Elektromotoren (6, 8) minimiert werden.

2. Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Minimierung der Verlustleistungen P_{VGes} und P_{VEM1} , P_{VEM2} , etc. der einzelnen Elektromotoren (6, 8) durch die Gleichungen $dP_{VEM1}/dP_{EM1} = 0$, $dP_{VEM2}/dP_{EM2} = 0$ und damit auch $dP_{VGes}/dP_{Ges} = 0$ vorgenommen wird, wobei die Bedingung $d^2P_{VGes}/d^2P_{Ges} > 0$ zu erfüllen ist.

3. Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in niedrigen Lastbereichen ein erster Elektromotor (6) im motorischen Betrieb und ein zweiter Elektromotor (8) im generatorischen Betrieb betrieben werden.

4. Verfahren zum Betrieb eines elektrischen Antriebsstranges nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung der Verlustleistung P_{VGes} weitere Komponenten, wie zum Beispiel Getriebe, Differential, Kupplung (20), Achswellen, etc., berücksichtigt werden.

5. Elektrischer Antriebsstrang für ein Fahrzeug mit mindestens zwei Elektromotoren (6, 8), die jeweils mit einer Antriebsachse (10, 12) in Wirkverbindung stehen, mit einer Steuereinrichtung (14), die den elektrischen Antriebsstrang (4) ansteuert und mindestens einer Spannungsquelle, dadurch gekennzeichnet, dass in der Steuereinrichtung ein Verlustleistungskennfeld für jeden Elektromotor hinterlegt ist, wobei die Steuereinrichtung Mittel aufweist, um eine Verlustleistung P_{VGes} des gesamten elektrischen Antriebsstranges und Verlustleistungen P_{VEM1} , P_{VEM2} , etc. der einzelnen Elektromotoren (6, 8) auf Basis der hinterlegten Verlustleistungskennfelder zu minimieren.

6. Elektrischer Antriebsstrang nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedenartige Elektromotoren, wie zum Beispiel Synchronmaschinen, Reluktanzmaschinen, Asynchronmaschinen je nach Einsatzgebiet vorgesehen sind.

7. Elektrischer Antriebsstrang nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Elektromotor (8) über eine Kupplungsvorrichtung (20) mit einer Antriebsachse verbunden ist, derart, dass auch ein weiterer Motor (18), beispielsweise ein Verbrennungsmotor, mit der Antriebsachse (12) in Wirkverbindung steht.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

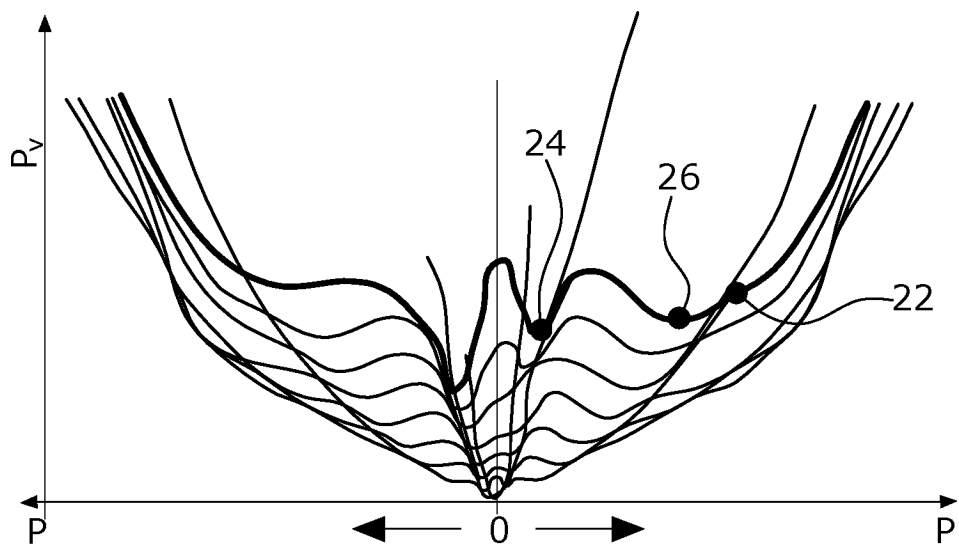
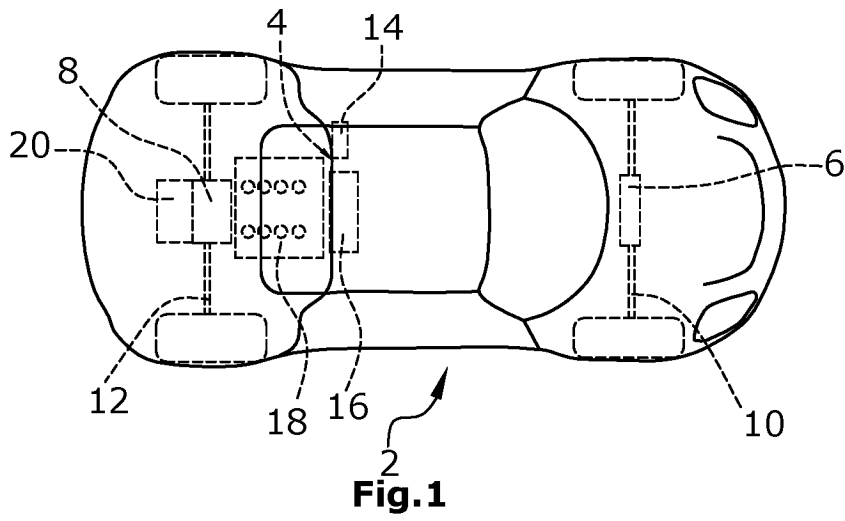


Fig. 2