



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 010 988 A1** 2005.09.29

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 010 988.5**

(22) Anmeldetag: **03.03.2004**

(43) Offenlegungstag: **29.09.2005**

(51) Int Cl.7: **B60L 11/12**

(71) Anmelder:  
**Noell Mobile Systems & Cranes GmbH, 97080 Würzburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Lüdtke, F., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 30853 Langenhagen**

(72) Erfinder:  
**Bauer, Reinhard, Dipl.-Ing., 97280 Remlingen, DE**

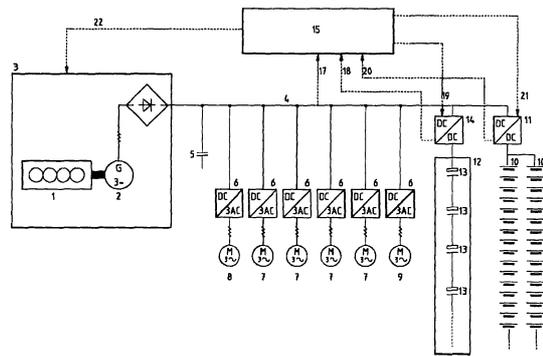
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Hybridantriebssystem für einen Portalhubstapler**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Hybridantriebssystem für Portalhubstapler mit einem Stromerzeugungsaggregat 3, das aus einem Verbrennungsmotor 1, der einen angekoppelten Drehstromgenerator 2 antreibt, dessen elektrische Energie an einem Gleichspannungszwischenkreis und über mehrere Wechselrichter 6 an die daran angeschlossenen Fahr-, Hub- und Hilfsmotoren 7, 8, 9 übertragen wird, und der weiterhin mit einem statischen elektrischen Energiespeicher 10 verbunden ist, wobei eine elektronische Steuereinrichtung 15 zur Steuerung der einzelnen Komponenten angeordnet ist.

Erfindungsgemäß ist an dem Gleichspannungszwischenkreis 4 ein weiterer elektrischer Energiespeicher angeschlossen, welcher als Kurzzeitenergiespeicher 12 ausgebildet ist und aus einem oder mehreren zusammengeschalteten Ultrakondensatoren 13 besteht und insbesondere zur Abdeckung von kurzzeitigen Energiebedarfsspitzen, wie sie beim Heben und Senken des Hubwerks oder beim Anfahren und Bremsen des Fahrwerks entstehen, verwendbar ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Erfindung betrifft ein Hybridantriebssystem für einen Portalhubstapler nach den Merkmalen des ersten Patentanspruches und ein Verfahren zum Betreiben des Hybridantriebssystems

**[0002]** Portalhubstapler auch „Straddle Carrier“ genannt, werden weltweit in großen Stückzahlen in Seehäfen und Containerterminals zum Transportieren und Stapeln von Containern eingesetzt. So sind z. B. in Hafestädten wie Hamburg oder Bremerhaven tagtäglich hunderte solcher dieselgetriebenen Fahrzeuge im Einsatz, die entsprechende Mengen Kraftstoff verbrauchen und mit ihren Abgasen die (oft städtische) Umwelt belasten. Eine Technik, die den Energieverbrauch und Schadstoffausstoß dieser Fahrzeuge bis auf ein absolut notwendiges Mindestmaß reduziert, ist daher sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll.

**[0003]** Dieselelektrische Antriebssysteme für solche Straddle Carrier sind bekannt. Im allgemeinen bestehen sie aus einem Dieselgeneratorsatz zur Erzeugung elektrischer Energie, einem Gleichspannungszwischenkreis, und mehreren, daran angeschlossenen regelbaren Wechselrichtern zur Drehstromspeisung von Fahr- und Hubwerksmotoren. Diese bisher bekannten Antriebssysteme haben jedoch den Nachteil, dass die elektrische Energie, welche beim generatorischen Bremsen der Fahr- und Hubmotoren (z. B. beim Absenken der Last, oder beim elektrischen Bremsen des Fahrwerks) in den Zwischenkreis zurückgespeist wird, mit Bremswiderständen vernichtet wird und so für immer verloren geht.

**[0004]** Ein weiterer Nachteil bei den bisher bekannten Straddle Carriers ist, dass der Dieselgeneratorsatz, also das Stromerzeugungsaggregat, für die ausreichende Versorgung der Hub- und Fahrtriebe mit ihrer Spitzenleistung dimensioniert werden muss. Diese Spitzenleistung wird aber von den Hubantrieben nur sekundenlang, von den Fahrtrieben höchstens einige Minuten lang gefordert. Die benötigte mittlere Dauerleistung für die Energieversorgung des Fahrzeuges ist jedoch erheblich geringer, da das Fahrzeug bei langsamen Fahrgeschwindigkeiten, etwa beim Stapeln oder bei Leerfahrten oder beim Heben von nicht voll beladenen Containern, erheblich weniger Leistung braucht. Trotzdem muss zur Abdeckung der Leistungsspitzen ein überdimensioniertes, großes und schweres Stromerzeugungsaggregat auf dem Fahrzeug mitgeführt werden, was einen erhöhten Energie- und damit auch einen erhöhten Kraftstoffbedarf zur Folge hat.

**[0005]** Für andere Fahrzeuge sind daher schon lange Antriebssysteme entwickelt worden, welche die Bremsenergie in einem elektrischen Energiespeicher zwischenspeichern und so beim Beschleunigen wie-

der nutzbar machen. Eine Vielzahl von derartigen Patenten ist bekannt. So ist aus der DE 197 45 094 A1 eine Steuerung für ein Hybridfahrzeug bekannt, welches seine Antriebsenergie aus wenigsten zwei Energiequellen bezieht. Bei diesem bekannten Antriebssystem für Hybridelektrofahrzeuge ist an dem Gleichspannungs-Zwischenkreis eine Batterie angeschlossen und eine Energieflussregelung die das Laden und Entladen der Batterie steuert. Als Steuerungsparameter sind wird der jeweilige Energiebedarf des Fahrzeugs verwendet.

**[0006]** Zahlreiche weitere Lösungen zu diesem Thema benutzen ebenfalls Batterien als Energiespeicher. Der Nachteil von Batterien als alleiniger Energiespeicher besteht insbesondere darin, dass Batterien nur eine begrenzte Lebensdauer, einen relativ hohen Wartungsaufwand und nur eine begrenzte Leistungsaufnahme beim Laden haben. Die häufigen kurzzeitigen Lade-Entladezyklen beispielsweise im Sekundenbereich beim Heben/Senken von Lasten im Sekundenbereich oder beim Positionieren des Fahrwerks führen zu einem beschleunigtem Alterungsprozess und erfordern ihren häufigen Austausch bei Wartungsarbeiten. Wegen Ihrer begrenzten Leistungsaufnahme beim Laden, können ihre gewünschten Vorteile von Kraftstoffeinsparungen durch Nutzung und Zwischenspeicherung von generatorisch erzeugten Brems- und Senkenergien nur in geringem Umfang erreicht werden. Eine erhebliche Überdimensionierung der Batterien als Alternative, würde diese Vorteile wiederum wegen ihres hohen Gewichtes und der nicht möglichen Gewichtseinsparungen beim Stromerzeugeraggregat wieder zunichte machen, so dass man damit keine Vorteile gewonnen hätte. Die bisher als Traktionsbatterien üblichen Blei-Säure-Akkumulatoren haben außerdem ein sehr hohes spezifischen Leistungsgewicht. Batterien kommen daher auf Portalstaplern bisher nicht zum Einsatz.

**[0007]** Als allgemeiner Stand der Technik sind auch wartungsfreie, langlebige und leichte Energiespeicher mit hoher Leistungsdichte bekannt. Dabei handelt es sich um Doppelschicht-Kondensatoren mit sehr hohen Kapazitäten, die unter den Namen „Ultra-Kondensatoren“ oder „Ultracaps“ inzwischen zu halbwegs akzeptablen Preisen auf dem Markt erhältlich sind. Erste Versuche mit einem dieselelektrischen Omnibus, der mit Ultracaps als Bremsenergiespeicher ausgerüstet war, haben erhebliche Kraftstoffeinsparungen (10–15%) und Emissionsreduktionen im Stadtverkehr ergeben.

**[0008]** Ultrakondensatoren weisen aber insbesondere gegenüber Batterien den Nachteil auf, dass zwar sehr gut geeignet sind, kurzzeitig im Sekundenbereich hohe Leistungen bereitzustellen oder aufzunehmen, aber um längerfristig im Minutenbereich hohe Energien zu liefern, müssten wiederum eine

große Anzahl von Ultrakondensatoren zum Einsatz kommen, die auf einem Fahrzeug nur schwer unterzubringen wären.

**[0009]** Mit Ultrakondensatoren in vernünftiger Baugröße allein könnte man also das Stromerzeugungsaggregat wiederum nicht kleiner auslegen.

**[0010]** Weiterhin ist aus der DE 102 35 431 A1 eine elektrische Antriebsquelle für den Antrieb von Gebrauchsfahrzeugen, z. B. Hubstaplern bekannt, in der statt der häufig verwendeten Lithium-Ionen-Batterien Brennstoffzellen verwendet werden.

**[0011]** Da Brennstoffzellen selbst keine Energie speichern können, wird die Verwendung von Ultrakondensatoren als Zwischenspeicherung vorgeschlagen. Zur besseren Nutzung dieser elektrischen Antriebsquelle wird eine Vorladeschaltung für Ultrakondensatoren offenbart, welche die Verwendung eines Gleichspannungswandlers überflüssig macht.

**[0012]** Allgemeine Aussagen zur Verwendung von Ultrakondensatoren für Transportaufgaben finden sich auch in einem Artikel zur „Alternativen Antriebstechnik“ aus der Zeitschrift „Auto & Elektronik“ 1/2002.

**[0013]** Insgesamt ist nach dem Stand der Technik weder mit dem Einsatz von Batterien alleine noch mit Ultracaps alleine als Energiespeicher auf Portalstaplern eine vernünftige, nützliche Verkleinerung des Stromerzeugungsaggregats ermöglichen.

**[0014]** Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, speziell für die Erfordernisse und das übliche Lastspiel eines Portalhubstaplers zur Energie- und Kosteneinsparung ein Hybridantriebssystem mit elektrischen Energiespeichern zu entwickeln, daß das es erlaubt das verwendete Stromerzeugungsaggregat, insbesondere den Dieselgenerator erheblich kleiner und leichter auszuführen, wobei die benötigten Energiespeicher nicht zu groß und zu schwer ausfallen und eine akzeptable Alterungsverhalten aufweisen sollen.

**[0015]** Diese Aufgabe wird durch ein Hybridantriebssystem nach den Merkmalen des ersten Patentanspruchs und ein Verfahren zum Betreiben des Systems gelöst. Die Unteransprüche geben besondere Ausgestaltungen der Erfindung wieder. Die erfindungsgemäße Lösung sieht vor, daß am Gleichspannungszwischenkreis zwei unterschiedliche Energiespeicher angeschlossen sind wobei ein erster Energiespeicher als statische elektrischer Energiespeicher ausgebildet ist und ein weiterer elektrischer Energiespeicher angeschlossen ist, welcher als Kurzzeitenergiespeicher ausgebildet ist. Dieser besteht aus einem oder mehreren zusammengeschalteten Ultrakondensatoren und soll im Wesentlichen

kurzzeitige Energiebedarfsspitzen, wie sie beim Heben und Senken des Hubwerks oder beim Anfahren und Bremsen des Fahrwerks entstehen, abdecken.

**[0016]** Vorzugsweise besteht der erste an den Gleichspannungszwischenkreis angeschlossene Energiespeicher aus leichten Hochenergiebatterien, wie etwa Kochsalz-Nickel-, Natrium-Schwefel- oder Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren. Durch die Verwendung von Hochenergiebatterien können besonders mittlere Leistungsbedarfsspitzen im Minutenbereich, wie bei Fahrten mit hoher Geschwindigkeit auf längeren Wegstrecken im Containerlager energiemäßig abgedeckt werden.

**[0017]** Die Erfindung beinhaltet weiterhin ein Verfahren zum Betreiben eines Hybridantriebssystems bei welchem zur Abdeckung von mittleren Leistungsbedarfsspitzen der Elektromotoren, z. B. bei Fahrten im Minutenbereich, im Wesentlichen der erste Energiespeicher aus leichten Hochenergiebatterien angesteuert und verwendet wird, und zur Abdeckung von kurzzeitigen Leistungsbedarfsspitzen der zweite Energiespeicher aus zusammengeschalteten Ultrakondensatoren angesteuert und verwendet wird.

**[0018]** In vorteilhafter Weise steuert die elektronische Steuerung den Ladezustand der elektrische Energiespeicher derart, daß die im Bremsbetrieb von den Fahr- und Hubmotoren generatorisch zurückgepeiste elektrische Energie in die beiden Energiespeicher zwischengespeichert wird und beim anschließenden motorischen Betrieb wieder in den Gleichspannungszwischenkreis zurückgeführt und an die Fahr-Hub- und Hilfsantriebe abgegeben wird.

**[0019]** Diese erfinderischen Maßnahmen erlauben es, den Energiebedarf des Hybridantriebssystems derart zu steuern, daß das Stromerzeugungsaggregat nur die erforderliche mittlere Dauerleistung in den Gleichspannungszwischenkreis einspeisen muß.

**[0020]** Erfindungsgemäß ist die elektronische Steuerung derart konfiguriert und ausgelegt, daß der Ladezustand der Energiespeicher entsprechend den Betriebsanforderungen des Portalhubstaplers nach kurzzeitigen, mittleren und dauerhaftem Leistungsbedarf organisiert und gesteuert wird.

**[0021]** Mit der vorgeschlagenen erfinderischen Lösung werden zahlreiche Vorteile erzielt.

**[0022]** So kann das Stromerzeugungsaggregat leistungsmäßig um ca. 50% kleiner ausgeführt und entsprechende Einsparungen an Gewicht und Baugröße gewonnen werden.

**[0023]** Im Wesentlichen können handelsübliche, seriengefertigte und sehr kompakte Stromaggregate aus der Massenproduktion eingesetzt werden.

**[0024]** Zur Realisierung des erfinderischen Hybridantriebssystems werden nicht übermäßig große und schwere Batterien gebraucht, da die kurzfristigen Leistungsspitzen, vor allem bei der generatorischen Energierückspeisung der Antriebe, von den Ultrakondensatoren übernommen werden.

**[0025]** Daraus folgend ist eine erhöhte Lebensdauer der Akkumulatoren wird zu erwarten, da die häufigsten Lade/Entladezyklen von den Ultrakondensatoren übernommen werden und damit die Batterien einer nur geringeren Anzahl Lade-/Entladezyklen unterworfen sind.

**[0026]** Weiterhin ist mit Kraftstoffeinsparungen und der Verminderung von Schadstoffemissionen zu rechnen, da die bei der Nutzbremmung bisher verlorene Energie nun durch Zwischenspeicherung und Wiederverwendung der Senk- und Bremsenergien genutzt werden kann.

**[0027]** Schlussendlich wird auch das Leergewicht des Fahrzeuges vermindert und es ist in der Lage bei ausgefallenem Stromaggregat noch alleine mit den Batterien seine Arbeit fertig verrichten und dann zur Werkstatt fahren (kein abschleppen).

**[0028]** Die Erfindung soll im Weiteren anhand eines Ausführungsbeispiels und einer Figur näher erläutert werden. Die Figur zeigt ein Blockschaltbild mit der erfindungsgemäßen Anordnung der beiden elektrischen Energiespeicher.

**[0029]** Am Gleichspannungs-Zwischenkreis **4** des Frequenzumrichtersystems sind neben dem einspeisenden Stromerzeugungsaggregat **3**, welches aus einem Dieselmotor **1** und dem Generator **2** besteht und mit den Wechselrichtern **6** für die Fahr-, Hub- und Hilfsmotoren **7, 8, 9** verbunden ist zwei verschiedenen Energiespeicher **10, 12** über regelbare DC/DC-Wandler **11, 14** angeschlossen. Der erste Energiespeicher **10** besteht aus zwei Batterien von zusammen-geschalteten Kochsalz-Nickel-Akkumulatorzellen, während der erfindungsgemäße zusätzliche elektrische Speicher aus zusammengeschalteten Ultrakondensatoren **13** besteht.

**[0030]** Mit den beiden regelbaren zwei-quadranten-DC/DC-Wandlern **11, 14**, in denen je eine pulswellenmodulierte zwei-quadranten-Leistungsstufe mit IGBT's (Insulated Gate Bipolar Transistor) und einem Messwandler zur Erfassung der Lade/Entladeströme sowie ein Stromregler integriert sind, kann der Lade/Entladestrom des jeweils angeschlossenen Speichers auf einen von der übergeordneten elektronischen Steuerung (**15**) vorgegebenen Sollwert **19, 21** geregelt werden.

**[0031]** Der aktuelle Ladezustand wird beim Ultracap-Speicher **12** durch Erfassung des Ladespan-

nungs-Istwertes **18** mit einem Spannungsmesswandler ermöglicht und der Steuerung **15** zugeführt. Bei den Batteriespeichern **10** wird der Ladezustand und die aktuelle Batteriespannung durch das bei handelsüblichen Kochsalz-Nickel-Akkus schon mitgelieferte „Battery Management Interface“ (BMI), welches an den Batterien vom Hersteller schon angebaut ist, erfasst und der Steuerung **15** über einen Feldbus, z. B. den auf Fahrzeugen üblichen CAN-Bus, als digitaler Istwert **20** mitgeteilt.

**[0032]** Ebenfalls über den Feldbus können handelsübliche Wechselrichter **6** den Istwert der Zwischenkreisspannung **17** und ihren aktuellen Wirkstromverbrauch der zentralen Steuerung **15** ohne nennenswerte Zeitverzögerung übermitteln. Die Steuerung kann durch Vorgabe von Steuersignalen **22**, z. B. Solldrehzahl des Dieselmotors oder Sollerregung des Synchrongenerators, die Einspeisespannung und damit auch den Einspeisestrom des Stromerzeugers **3** beeinflussen, wenn auch nicht unbedingt hochdynamisch.

**[0033]** Die elektronische Steuerung für das Energiespeicher-Management **15** steuert nun den Energiefluss zwischen Stromerzeugeraggregat **3**, dem stromverbrauchenden Wechselrichtern **6** und den Energiespeichern **10, 12** folgendermaßen:

Das Stromerzeugeraggregat **3** wird auf eine konstante Einspeisespannung geregelt, es sei denn, alle Energiespeicher **10, 12** sind voll geladen und das Fahrzeug bewegt sich nicht, dann kann die Einspeisespannung z. B. über die Dieseldrehzahl oder die Generatorerregung abgesenkt werden. Die Einspeisespannung ergibt einen Nenn-Zwischenkreisspannung von z. B. 650 V DC auf der Zwischenkreisschiene **4**, wenn die Wechselrichter **6** in Summe motorisch arbeiten, also Energie verbrauchen. Wenn sie nur wenig oder keine Energie verbrauchen, z. B. bei langsamer Fahrt oder Stillstand, steigt die Zwischenkreisspannung über die Nennspannung hinaus bis auf die Leerlaufspannung des Stromaggregates an. Die Steuerung erfasst diesen Vorgang und gibt nun dem DC/DC-Wandler **11** den max. Ladestromsollwert **21** zur Ladung der Batterien vor, sofern noch nicht der Ladezustand **20** als „voll“ gemeldet worden ist.

**[0034]** Wenn nun allerdings die Wechselrichter **6** (z. B. bei schneller Fahrt, oder beim schnellen Heben schwerster Lasten) mehr Energie benötigen, als der kleine Stromerzeuger **3** liefern kann, so sinkt die Zwischenkreisspannung **17** unter die Nennspannung von 650 V DC ab. Die Steuerung **15** merkt dieses, und gibt dem DC/DC-Wandler **11** für die Batterien nun einen Entladestromsollwert derart vor, daß die Zwischenkreisspannung auf ihrer Nennspannung gehalten wird, obwohl dem Zwischenkreis mehr Leistung entnommen wird, als der Stromerzeuger **3** einspeisen kann. Zusätzlich kann die Steuerung **15** auch dem DC/DC-Wandler **14** für den Ultracap-Speicher

**12** einen Entladestromsollwert **19** vorgeben, sofern dieser geladen ist.

**[0035]** Werden beiden Speichern Entladeströme vorgegeben, so entlädt sich zuerst der Speicher mit der höheren aktuellen Spannung in den Zwischenkreis.

**[0036]** Wird nun gebremst oder die Last abgesenkt, so das also die Fahr- und Hubantriebe generatorisch arbeiten und deren Wechselrichter **6** in Summe Energie in den Zwischenkreis **4** zurückspeisen, so wird dadurch die Zwischenkreisspannung **17** nicht nur über die Nennzwischenkreisspannung, sondern sogar über die Leerlaufspannung des Stromaggregates hinaus bis auf ca. 800 V DC angehoben. Die Steuerung **15** gibt nun dem DC/DC-Wandler **14** einen Ladestromsollwert **19** vor, der so bemessen ist, daß die maximale Zwischenkreisspannung von 800 V DC nicht überschritten wird. Der Ultracap-Speicher **12** wird so mit diesem Ladestrom des generatorischen Bremsens/Senkens aufgeladen. Zusätzlich kann auch der Batteriespeicher **10** geladen werden. Da aber dessen Ladestrom begrenzt und deutlich kleiner als der mögliche Ladestrom des Ultracap-Speichers **12** ist, kann er natürlich nur einen Bruchteil der Bremsenergie aufnehmen.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Dieselmotor
<b>2</b>	Drehstromgenerator
<b>3</b>	Stromerzeugungsaggregat
<b>4</b>	Sammelschiene des Gleichspannungszwischenkreises
<b>5</b>	Zwischenkreiskondensatoren
<b>6</b>	Wechselrichter
<b>7</b>	Fahrwerksmotore
<b>8</b>	Hubwerksmotor
<b>9</b>	Hilfsmotore (Kühlerpumpen, Lüfter, Klimageräte, Heizungen etc.)
<b>10</b>	Energiespeicher mit Batterien (Hochenergie-Akkumulatoren)
<b>11</b>	Lade/Entladeregler für Akkumulatoren (Hoch/Tiefsetzsteller, DC/DC-Wandler)
<b>12</b>	Kurzzeit-Energiespeicher mit Ultrakondensatoren
<b>13</b>	Ultra-Kondensatoren
<b>14</b>	Lade/Entladeregler für Ultrakondensatoren (Hoch/Tiefsetzsteller, DC/DC-Wandler)
<b>15</b>	Elektronische Steuerung mit Energiespeicher-Management
<b>16</b>	

<b>17</b>	Steuersignal: Istwert der Zwischenkreisspannung
<b>18</b>	Steuersignal: Ladezustand des Energiespeichers (Istwert der Ultrakondensatorspannung)
<b>19</b>	Steuersignal: Sollwert des Lade/Entladestromes für die Ultrakondensatoren
<b>20</b>	Steuersignal: Ladezustand der Batterien/Batteriespannung
<b>21</b>	Steuersignal: Sollwert des Lade/Entladestromes für die Batterien Steuersignale für Stromaggregat (Sollspannung, Sollstrom)

#### Patentansprüche

1. Hybridantriebssystem für einen Portalhubstapler, umfassend ein Stromerzeugungsaggregat (**3**), mit einem Verbrennungsmotor (**1**), welcher einen Drehstromgenerator (**2**) antreibt, welcher seine erzeugte elektrische Energie, einem Gleichspannungszwischenkreises (**4**) der die elektrische Energie über ein oder mehrere Wechselrichter (**6**) an die daran angeschlossenen Fahr-, Hub-, und Hilfsmotoren (**7**, **8**, **9**) überträgt und mit einem statischen elektrischen Energiespeicher (**10**) verbunden ist, wobei eine elektronische Steuereinrichtung (**15**) zur Steuerung der einzelnen Komponenten angeordnet ist, und an dem Gleichspannungszwischenkreis (**4**) ein weiterer elektrischer Energiespeicher angeschlossen ist, welcher als Kurzzeitenergiespeicher (**12**) ausgebildet ist und aus einem oder mehreren zusammengeschalteten Ultrakondensatoren (**13**) besteht und zur Abdeckung von kurzzeitigen Energiebedarfsspitzen, wie sie beim Heben und Senken des Hubwerks oder beim Anfahren und Bremsen des Fahrwerks entstehen, verwendbar ist.

2. Hybridantriebssystem nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der erste Energiespeicher (**10**) aus leichten Hochenergiebatterien besteht, insbesondere aus Kochsalz-Nickel-, Natrium-Schwefel- oder Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren, und vorzugsweise zur Abdeckung von mittleren Leistungsbedarfsspitzen verwendbar ist.

3. Hybridantriebssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Stromerzeugungsaggregat (**3**) konstruktiv so dimensionierte ist, dass nur die erforderliche mittlere Dauerleistung zum Betrieb der Elektromotoren (**7**, **8**, **9**) des Portalhubstaplers in den Gleichspannungszwischenkreis (**4**) eingespeist werden muß.

4. Verfahren zum Betrieb eines Hybridantriebssystems nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abdeckung von mittleren Leistungsbedarfsspitzen der Elektromotoren (**7**, **8**, **9**), z. B. bei Fahrten im Minutenbereich, im Wesentlichen der erste Energiespeicher (**10**) aus leichten Hochenergiebatterien

angesteuert und verwendet wird, und zur Abdeckung von kurzzeitigen Leistungsbedarfsspitzen der zweite Energiespeicher (12) aus zusammengeschalteten Ultrakondensatoren (13) angesteuert und erwendet wird.

5. Verfahren zum Betrieb eines Hybridantriebsystems nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (15) den Ladezustand der elektrischen Energiespeicher (10, 12) derart steuert, dass die im Bremsbetrieb von den Fahr- und Hubmotoren (7, 8) generatorisch zurückgespeiste elektrische Energie in den beiden Energiespeichern (10, 12) zwischengespeichert wird und beim anschließenden motorischen Betrieb wieder in den Gleichspannungszwischenkreis (4) zurückgeführt und an die Fahr- Hub- und Hilfsantriebe (7, 8, 9) abgegeben wird.

6. Verfahren zum Betrieb eines Hybridantriebsystems nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Steuerung (15) den Ladezustand der Energiespeicher (10, 12) entsprechend diesen Anforderungen nach kurzzeitigem, mittlerem und dauerhaftem Leistungsbedarf regelt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

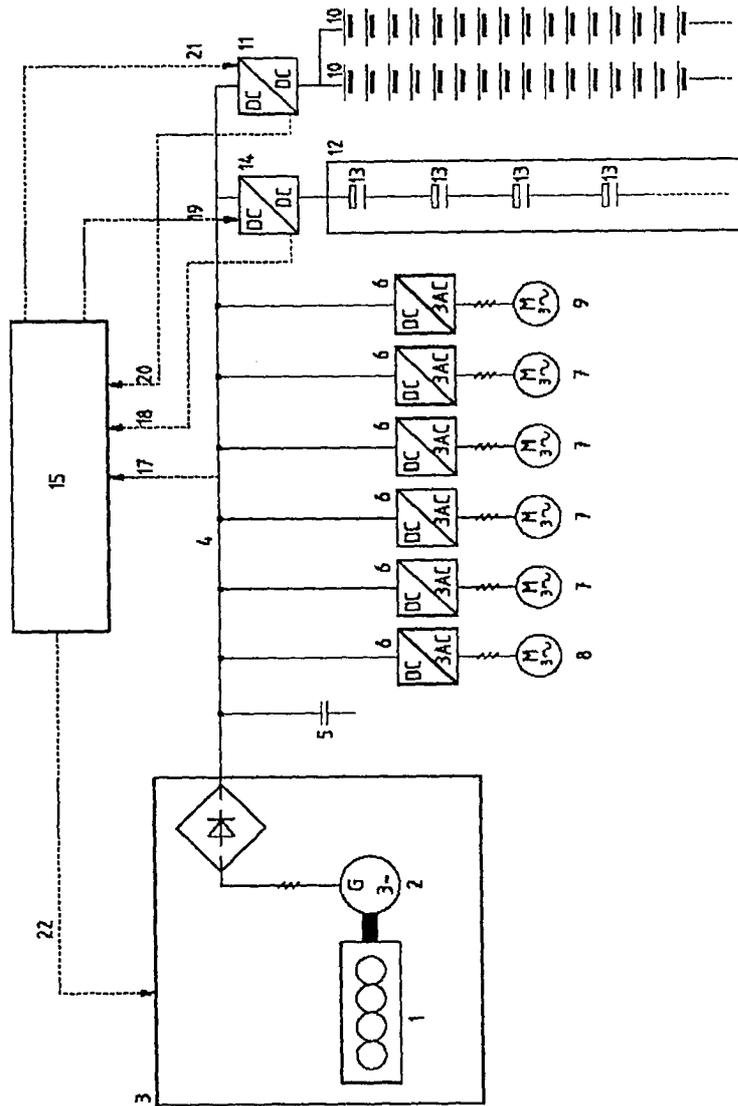


Fig.