

(19)



(11)

EP 3 940 155 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.01.2022 Patentblatt 2022/03

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E02F 9/20^(2006.01) E02F 9/22^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21181629.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**E02F 9/2062; E02F 9/2079; E02F 9/2246;
E02F 9/2253**

(22) Anmeldetag: **25.06.2021**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **30.06.2020 DE 102020208103**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **Mutschler, Steffen
89233 Neu-Ulm (DE)**
• **Mast, Michael
88433 Schemmerhofen (DE)**
• **Bender, Frank
70190 Stuttgart (DE)**
• **Brix, Norman
89340 Leipheim (DE)**
• **Spang, Joerg
89233 Neu-Ulm (DE)**
• **Schepers, Claus
89182 Bernstadt (DE)**

(54) **STEUERUNGSSTRUKTUR FÜR EINE MOBILE ARBEITSMASCHINE, MOBILE
ARBEITSMASCHINE MIT DER STEUERUNGSSTRUKTUR, VERFAHREN MIT DER
STEUERUNGSSTRUKTUR**

(57) Offenbart ist eine Steuerungsstruktur für eine mobile Arbeitsmaschine mit Leistungsteilnehmern, von denen wenigstens je einer eine Leistungsquelle, ein Fahrverbraucher und ein hydraulischer Arbeitsverbraucher ist, mit Energiekoordinatoren, die jeweils mit einer dem jeweiligen Verbraucher zugeordneten Steuerung si-

gnalverbunden sind, wobei ein Sollwert vom Energiekoordinator an die Steuerung übergeben ist, über die in Abhängigkeit des Sollwerts eine Leistung des Verbrauchers begrenzt ist.

Offenbart sind zudem eine mobile Arbeitsmaschine und ein Verfahren mit der Steuerungsstruktur.

EP 3 940 155 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht aus von einer Steuerungsstruktur für eine mobile Arbeitsmaschine. Des Weiteren geht die Erfindung von einer mobilen Arbeitsmaschine mit einer derartigen Steuerungsstruktur und einem Verfahren mit einer derartigen Steuerungsstruktur aus.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Steuerungsstrukturen mit Energiemanagementstrategien für Personenkraftwagen (PKW) und Lastkraftwagen (LKW) bekannt, die auf die Optimierung eines Triebstrangs inklusive seiner Hybridkomponenten fokussieren. Neben- oder Arbeitskomponenten stellen einen nur sehr geringen Anteil der Leistungsaufnahme.

[0003] Das Energiemanagement mobiler Arbeitsmaschinen steht hingegen vor der Aufgabe, die jeweils bedeutende Leistungsaufnahme des Fahrtriebes und einer Arbeitshydraulik zu organisieren.

[0004] Eine grundlegende Art, in einer mobilen Arbeitsmaschine Leistung zu verteilen, ist beispielsweise ein als "Inchpedal" bekanntes Bedienelement. Durch die vom Bediener gewählte Einstellung des Pedals wird die Antriebsleistung, die der Arbeitsmaschine zur Verfügung steht, zwischen der Fahr- und den Arbeitsfunktionen, insbesondere in Form einer Leistungsreduzierung der Fahrfunktion, aufgeteilt.

[0005] Für eine Leistungsbegrenzung greifen bekannte Energiemanagement-Strategien reaktiv ein, indem bei beginnender Überlastung ein betroffener Leistungsteilnehmer individuell durch Eingriff seiner funktionalen Steuerung in der Leistungsaufnahme limitiert wird. Im Falle hydrostatischer Fahrtriebe erfolgt diese Begrenzung der Leistungsaufnahme indirekt, über eine Begrenzung des Verdrängungsvolumens der Hydromaschine(n).

[0006] Eine solche Lösung ist beispielsweise aus dem Hause der Anmelderin als LLC Load Limit Control für einen Fahrtrieb mit Arbeitshydraulik bekannt.

[0007] Seitens der Antriebsmaschine sind Lösungen bekannt, bei denen eine Drehzahl-Vorgabe für die Antriebsmaschine einer fest vorgegebenen Interpretation eines Fahrerwunsches folgt, wobei eine anschließende Drehzahlreduzierung beispielsweise in einem gewählte "Eco-Mode" möglich ist. Ein Leistungsmanagement findet hierbei nicht statt.

[0008] Die Druckschrift DE 10 2013 214 732 A1 der Anmelderin zeigt demgegenüber ein proaktives Energie- bzw. Leistungsmanagement des Fahrtriebes und der Arbeitshydraulik einer mobilen Arbeitsmaschine. Dafür sind ein übergeordneter Gesamtenergiekoordinator (GEK) und mit ihm signalverbundene, untergeordnete Verbraucherenergiekoordinatoren (VEK) vorgesehen. Letztgenannte sind jeweils einem oder mehreren Verbrauchern zugeordnet, die beispielsweise hydrostatischer, mechanischer oder elektrischer Natur sind, und die die Fahrfunktion, Arbeitsfunktionen und sonstige Hilfsfunktionen erfüllen. Der GEK kommuniziert mit den VEKs und mit einer Steuerung der Antriebsmaschine und

ermittelt einen Gesamtleistungsbedarf der Verbraucher und eine verfügbare Gesamtleistung der Antriebsmaschine. Der GEK greift insbesondere im Falle einer Leistungs-Unterversorgung der Verbraucher ein und begrenzt deren Leistungsaufnahme, sodass nicht mehr Leistung verbraucht wird, als zur Verfügung steht.

[0009] Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Steuerungsstruktur für eine mobile Arbeitsmaschine zu schaffen, die eine dynamische Leistungsbegrenzung ermöglicht. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine mobile Arbeitsmaschine mit einer derartigen Steuerungsstruktur, sowie ein Verfahren zur Steuerung dieser mobilen Arbeitsmaschine zu schaffen.

[0010] Die Aufgabe hinsichtlich der Steuerungsstruktur wird gelöst gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1, hinsichtlich der mobilen Arbeitsmaschine gemäß den Merkmalen des Anspruchs 21 und hinsichtlich des Verfahrens gemäß den Merkmalen des Anspruchs 22.

[0011] Eine Steuerungsstruktur ist für eine mobile Arbeitsmaschine, beispielsweise einen Radlader, Mobilbagger, Gabelstapler, Telehandler oder eine Landmaschine oder dergleichen, vorgesehen. Die Arbeitsmaschine weist Leistungsteilnehmer auf, von denen wenigstens je einer eine Leistungsquelle, ein Fahrverbraucher und ein hydraulischer Arbeitsverbraucher ist. Die Steuerungsstruktur hat Energie- oder Leistungskoordinatoren, zumindest für die Verbraucher, die jeweils mit einer dem Verbraucher oder einer Gruppe der Verbraucher zugeordneten Steuerung signalverbunden sind. Ein dem Verbraucher zugeordneter Sollwert ist vom Energiekoordinator an die Steuerung übergeben, sodass über die Steuerung in Abhängigkeit des Sollwerts eine Leistung des Verbrauchers steuerbar oder regelbar und somit begrenzbare, insbesondere begrenzt ist. Erfindungsgemäß ist der jeweilige Sollwert für den Fahrverbraucher ein Soll-Drehmoment und für den Arbeitsverbraucher ein Soll-Druckmittelvolumenstrom

[0012] Durch die Sollwertvorgabe des Drehmoments durch den Energiekoordinator ist eine besonders dynamische Regelung und Begrenzung der Leistung des Fahrverbrauchers möglich. Dessen Leistung ist grundlegend geschwindigkeits- und drehmomentabhängig. Die Drehzahl oder Geschwindigkeit der mobilen Arbeitsmaschine und damit des Fahrverbrauchers lässt sich aber vergleichsweise langsam kontrollieren, bzw. reagiert träge. Das Drehmoment als zugkraftbestimmender Faktor der Leistung reagiert hingegen vergleichsweise schnell, da bereits vergleichsweise kleine Differenz in der Volumenstrombilanz des Fahrverbrauchers zu einer vergleichsweise großen Änderung des Drucks führt. Dieser bestimmt als ein Faktor das Drehmoment und maßgeblich das vom Fahrer oder der Fahrerin wahrgenommene Fahrverhalten.

[0013] Der Einsatz von Energiekoordinatoren entkoppelt die Leistungssteuerung, -regelung und -begrenzung von der jeweils funktional wirksamen Steuerung des jeweiligen Leistungsteilnehmers und bietet so die Möglichkeit eines Leistungsmanagements und einer Leistungs-

verteilung, unabhängig von der funktionalen Bedarfserfüllung durch den oder die Leistungsteilnehmer.

[0014] Grundslegend kann eine oder können mehrere Leistungsquellen gleicher oder unterschiedlicher Art vorgesehen sein. So sind als Leistungsquelle beispielsweise ein Verbrennungs-, insbesondere Dieselmotor, ein dieselelektrischer Antrieb, insbesondere zur Versorgung eines als Hochvolt-Bordnetz ausgebildeten Leistungsteilnehmers, eine Brennstoffzelle, welche elektrische Leistung bereitstellt, eine Batterie mit Leistungselektronik, ein elektrischer Hybridantrieb, welcher über eine elektrische Maschine eine Batterie lädt und umgekehrt die so gespeicherte chemische Energie wieder in mechanische Energie umwandelt und bereitstellt, ein hydraulischer Hybridantrieb, der mechanische Energie in hydraulische Energie wandelt und speichert und diese wieder als mechanische Energie bereitstellt, möglich. Bevorzugte oder verbreitete Kombinationen sind beispielsweise in der Landtechnik zwei oder mehrere Verbrennungsmotoren, im Falle des Hybridantriebs ein elektrischer Hybrid oder ein hydraulischer Hybrid, im Falle eines Range Extenders eine Kombination beispielsweise aus Batterie, Dieselmotor und Generator.

[0015] In einer Weiterbildung ist ergänzend wenigstens ein Energiekoordinator mit zugeordneter Steuerung für wenigstens einen der folgenden Leistungsteilnehmer der mobilen Arbeitsmaschine vorgesehen: elektrisches Niederspannungs- oder Hochspannungs-Bordnetz, elektrischer Energiespeicher, hydraulischer Energiespeicher.

[0016] Zur Erfassung einer Anforderung an den jeweiligen Verbraucher, und somit eines Bedarfs, weist die Steuerungsstruktur in einer Weiterbildung Bedarfschnittstellen zumindest für den wenigstens einen Fahrer und den wenigstens einen Arbeitsverbraucher auf. Eingangsseitig sind diese zur Aufnahme der Anforderung oder des Bedarfs mit einem insbesondere manuell betätigbaren Bedienelement und/oder mit einer maschinellen oder automatisierten Steuereinrichtung signalverbindbar oder signalverbunden. So ist zum einen der Bedarf des Bedieners oder der Bedienerin der mobilen Arbeitsmaschine und alternativ oder ergänzend der Bedarf der Steuereinrichtung erfassbar.

[0017] Im letztgenannten Fall ist insbesondere ein automatisiertes oder autonomes Fahren und/oder Arbeiten ermöglicht.

[0018] Ausgangsseitig ist die jeweilige Bedarfschnittstelle mit dem Energiekoordinator des ihr zugeordneten Verbrauchers signalverbunden.

[0019] Konkret ist das Bedienelement beispielsweise für den Arbeitsverbraucher ein Joystick, für den Fahrer ein Fahrpedal oder Fahrhebel (HMI) und die maschinelle oder automatisierte Steuereinrichtung ist eine Automatisierungsfunktion (automatic function), im Falle des Fahrer/Verbrauchers beispielsweise ein Geschwindigkeitsbegrenzer oder eine Funktion automatisierten oder autonomen Fahrens.

[0020] Die Automatisierungsfunktion ist insbesondere für den Arbeitsverbraucher in einer Weiterbildung über

ein Bewegungsmuster des Bedienelements und/oder über einen Schalter oder Taster ausgelöst. Die Automatisierungsfunktion hat insbesondere die Aufgabe, ein Bewegungsmuster des oder der Arbeitsverbraucher umzusetzen. Dies kann eine einzelne Arbeits-Achse, beispielsweise ein Ausrichten einer Schaufel oder eines Löffels, oder mehrere Arbeits-Achsen, beispielsweise gleichzeitiges Absenken und Ausrichten der Schaufel oder des Löffels, umfassen.

[0021] Ein erfasster Bedarf für den Arbeitsverbraucher besteht vorzugsweise - unabhängig davon, ob vom Bediener oder der maschinellen Schnittstelle eingegeben - aus einer angeforderten Achsengeschwindigkeit für jede Achse, insbesondere des oder der Arbeitsverbraucher. Diese ist insbesondere eine Achsengeschwindigkeit eines tool center points, beispielsweise im Falle einer Heben- oder Kippen-Achse. Bei einer weiteren Achse kann es sich um eine Zylindergergeschwindigkeit und alternativ um eine Drehzahl handeln. Eine solche Achskombination bildet beispielsweise den Antrieb eines Kehrbesens ab.

[0022] Der erfasste Bedarf kann optional zusätzliche eine Kraft-Begrenzung aufweisen, um so beispielsweise eine Hubkraft, Klemmkraft oder Schließkraft des Arbeitsverbraucher zu begrenzen.

[0023] In einer Weiterbildung der Steuerungsstruktur ist in Abhängigkeit einer Fahrpedalposition und einer aktuellen Geschwindigkeit der mobilen Arbeitsmaschine, insbesondere aus einem Zugkraft-Geschwindigkeitsdiagramm, eine Bedarfs-Zugkraft ermittelt.

[0024] In einer Weiterbildung der Steuerungsstruktur ist von der Bedarfschnittstelle des Fahrer/Verbrauchers an dessen Energiekoordinator die Bedarfs-Zugkraft, ein Bedarfs-Drehmoment oder ein davon abhängiges Drehmoment, beispielsweise eines mit dem Fahrer/Verbraucher gekoppelten Getriebes, übergeben.

[0025] Von der Bedarfschnittstelle des Arbeitsverbraucher ist in einer Weiterbildung an dessen Energiekoordinator eine Bedarfs-Geschwindigkeit des Arbeitsverbraucher oder eine davon abhängige Betriebsgröße übergeben.

[0026] Um ein sicheres und für den Fahrer oder die Fahrer/Verbraucher nachvollziehbareres Antwort-Verhalten der mobilen Arbeitsmaschine auf den erfassten Bedarf zu bewirken, ist in einer Weiterbildung, insbesondere zumindest in vorbestimmten Betriebssituationen oder Fahrzuständen oder Fahrbereichen des Fahrer/Verbrauchers, über dessen Bedarfschnittstelle zudem eine Bedarfs- oder Grenz-Geschwindigkeit übergeben. Beispielfhaft genannt sei eine Geschwindigkeitsbegrenzungsfunktion (speedlimiter) oder eine Bergabfahrt oder dergleichen.

[0027] In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der Steuerungsstruktur ist ein Gesamtenergiekoordinator vorgesehen, der zumindest mit den Energiekoordinatoren der Verbraucher, sowie mit einer Steuerung oder einem Energiekoordinator der wenigstens einen Leistungsquelle signalverbunden ist.

[0028] Eine besonders hohe Flexibilität und Dynamik der Steuerungsstruktur bezüglich der Steuerung oder

Regelung und der Begrenzung ist gegeben, wenn in einer Weiterbildung zumindest die Koordinatoren, Steuerungen und Bedarfsschnittstellen elektronifiziert sind. Das hat besonders bei dynamischen Vorgängen den Vorteil, dass die elektronifizierten Komponenten sehr schnell kommunizieren, was in äußerst kurzen Antwortzeiten resultiert. Die Dynamik und Präzision der Steuerung, Regelung und Begrenzung nimmt so zu, sodass die Leistungsteilnehmer ihre Leistung insbesondere nur dann abrufen, wenn diese auch seitens der Leistungsquelle und/oder anderer Leistungsteilnehmer zur Verfügung steht.

[0029] Vorzugsweise sind die Leistungsteilnehmer derart ausgestaltet, dass sie über den zugeordneten Energiekoordinator ihre benötigte Leistung kommunizieren und nicht mehr Leistung aufnehmen, als von ihnen als benötigt angefordert ist, und die vorrichtungstechnisch ausgestattet sind, eine Begrenzung ihrer Leistung einzuhalten.

[0030] In einer bevorzugten Weiterbildung sind von den Energiekoordinatoren an den Gesamtenergiekoordinator die vom jeweiligen Leistungsteilnehmer bereitstellbare Leistung, aufnehmbare Leistung und/oder benötigte Leistung übergeben. Konkret sind dies vorzugsweise zumindest die jeweils bereitstellbare Leistung und aufnehmbare oder abstützbare Leistung der einen oder mehreren Leistungsquellen, und im Falle der Verbraucher deren jeweils benötigte Leistungen und optional aufnehmbare Leistung. Diese kann die erstgenannte, insbesondere im Falle des Arbeitsverbrauchers, durchaus überschreiten, was später bezüglich einer Retarderfunktion weiter erläutert wird.

[0031] Vorzugsweise sind die Leistungen mit einem Vorzeichen übergeben. Eine mögliche Konvention ist, dass eine beschleunigende- oder Zug-Leistung mit positivem und eine abbremsende- oder Schub-Leistung mit negativen Vorzeichen berücksichtigt ist. Ein möglicher Bezugspunkt für die Vorzeichenübergabe ist eine gemeinsame Triebwelle der mobilen Arbeitsmaschine, insbesondere die einer der Leistungsquellen oder die einer hydraulischen Pumpe der Arbeitshydraulik.

[0032] Durch die Vorzeichenbehaftung sind die Leistungen vom Gesamtenergiekoordinator bilanzierbar. Die Unterscheidung zwischen beschleunigender und abbremsender Leistung ermöglicht, die Leistung zwischen den Leistungsteilnehmern bedarfsgerecht auszutauschen oder "fließen" zu lassen. Daraus ergibt sich ein Potential zur Verbrauchersparnis, da der Verbrauch von Primärenergie durch die Leistungsquellen minimiert werden kann.

[0033] In einer Weiterbildung ist daher über den Gesamtenergiekoordinator eine Leistungsbilanz zumindest aus den bereitstellbaren Leistungen, aufnehmbaren Leistungen und benötigten Leistungen ausgeführt und in Abhängigkeit davon ist die Leistung wenigstens eines der Leistungsteilnehmer, insbesondere Verbraucher, begrenzt, oder nicht. Dabei kann über den Gesamtenergiekoordinator in Zusammenwirken mit den Energieko-

ordinatoren sowohl eine Zugleistung als auch eine Schubleistung wenigstens eines der Leistungsteilnehmer, insbesondere Verbraucher, begrenzt sein.

[0034] In einer Weiterbildung ist die über den Energiekoordinator des Leistungsteilnehmers, insbesondere Verbrauchers, an den Gesamtenergiekoordinator übergebene, aufnehmbare Leistung vorgesehen, am Verbraucher, insbesondere Arbeitsverbraucher, Arbeit zu leisten.

[0035] Alternativ oder ergänzend kann sie zumindest anteilig zur Dissipation vorgesehen sein. Das kann beispielsweise über eine Retarderfunktion oder ein Retarderventil der Steuerungsstruktur, insbesondere des Arbeitsverbrauchers, erfolgen. So kann ergänzend zu oder unabhängig von der bestimmungsgemäßen Arbeitsleistung des Verbrauchers überschüssige Leistung der mobilen Arbeitsmaschine, die insbesondere vom Fahrverbraucher im Schubbetrieb generiert wird, abgebaut werden. Im einfachsten Fall ist die Retarderfunktion schaltbar, in performanterer Ausführung proportional betätigbar.

[0036] Alternativ oder ergänzend ist dem hydraulischen Arbeitsverbraucher ein Hybrid-System zugeordnet, welches Energie speichern kann.

[0037] Dieses kann zwar eine Leistung aufnehmen, jedoch weist es ggf. eine vergleichsweise geringe Energiekapazität auf.

[0038] Mit Vorteil ist daher in einer Weiterbildung vom Energiekoordinator an den Gesamtenergiekoordinator ein Signal der aufnehmbaren Leistung des jeweiligen Arbeitsverbrauchers übergeben. So ist der Gesamtenergiekoordinator informiert, welche Leistung die Arbeitshydraulik zum aktuellen Zeitpunkt, unabhängig von ihrer für produktive Arbeit mindestens benötigten Leistung, insbesondere durch beschriebene Dissipation, aufnehmen kann. Im Bedarfsfall, beispielsweise der abzubauenen Schubleistung des Fahrantriebes, ist über den Gesamtenergiekoordinator an den oder die Energiekoordinatoren der Arbeitsverbraucher eine Anforderung oder ein Signal einer solchen Leistungsaufnahme übergeben.

[0039] Über die dem oder den Arbeitsverbrauchern zugeordnete Steuerung ist diese angeforderte Leistungsaufnahme umgesetzt. Dies kann insbesondere über eine kombinierte Druckmittelvolumenstrom- und Druck-Anforderung umgesetzt sein, die zu der angeforderten Leistungsaufnahme führt.

[0040] Die benötigte hydraulische Leistung für den jeweiligen Arbeitsverbraucher ergibt sich im Falle eines Hydrozylinders aus einem ihm zugeordneten erfassten Bedarf einer Achsengeschwindigkeit und im Falle eines Hydromotors aus einem ihm zugeordneten erfassten Bedarf an eine Drehgeschwindigkeit, sowie in Abhängigkeit der bekannten Kolben-Geometrie, bzw. des bekannten Schluckvolumens des Hydromotors und des Lastdrucks. Für die Arbeitsverbraucher ist über den oder die zugeordneten Energiekoordinatoren in einer Weiterbildung eine Summe der benötigten Druckmittelvolumenströme gebildet. Die mindestens benötigte Leistung der Arbeits-

verbraucher ist in Folge aus dem Produkt dieser Summe und dem höchsten der Lastdrücken der Arbeitsverbraucher ermittelt.

[0041] In einer Weiterbildung ist diese mindestens benötigte hydraulische Leistung der Arbeitsverbraucher um eine statische Leistungsreserve erhöht. Diese erlaubt ein gedämpftes Verhalten der Arbeitsverbraucher, vor allem im Falle eines Anstiegs des erfassten Bedarfs. Insbesondere ist sie mit zunehmender, mindestens benötigter Leistung der Arbeitsverbraucher abnehmend definiert, sodass eine Gesamtleistung der einen oder mehreren, insbesondere als Verbrennungskraftmaschinen ausgebildeten Leistungsquellen, bei Bedarf tatsächlich genutzt werden kann.

[0042] In einer Weiterbildung der Steuerungsstruktur ist oder sind an den Gesamtenergiekoordinator für den jeweiligen Verbraucher zumindest dessen notwendige Mindest-Drehzahl und/oder dessen mögliche Maximal-Drehzahl übergeben. Die Mindest-Drehzahl ist vorzugsweise diejenige Eingangs-Drehzahl des Verbrauchers, die zur Erfüllung einer angeforderten Aufgabe des Verbrauchers, unabhängig von dessen benötigter oder angeforderter Leistung mindestens notwendig ist. Die Maximal-Drehzahl ist die Eingangs-Drehzahl des Verbrauchers, die beispielsweise sicherheits- oder gerätebedingt nicht überschritten werden darf. Gründe hierfür sind insbesondere die mechanische Beanspruchbarkeit der Komponenten, eine Betriebsstrategie - wie z.B. ein silent mode - oder eine temperaturbedingte Limitierung.

[0043] Eine mögliche Mindest-Drehzahl einer dem Verbraucher zugeordneten Hydropumpe ergibt sich aus dem Quotienten des Druckmittelvolumenstroms und des maximalen Fördervolumens. Damit kann jedoch nur noch über die vergleichsweise träge Erhöhung der Drehzahl der beispielsweise als Verbrennungskraftmaschine ausgestalteten Antriebsmaschine auf einen erhöhten Leistungsbedarf reagiert werden. Insbesondere im Falle des Fahrverbrauchers entspricht dies jedoch nicht den Erwartungen an die Dynamik.

[0044] In einer Weiterbildung ist daher bei wenigstens einer dem oder den Verbrauchern zugeordneten Hydropumpe eine Fördervolumenreserve in Form eines submaximal eingestellten Fördervolumens, insbesondere eines submaximalen Schwenkwinkels im Falle einer verstellbaren Axialkolbenpumpe, vorgehalten. In anderen Worten ist die Hydropumpe abseits ihres mechanischen Endanschlags betrieben und kann bei entsprechend erhöhtem Bedarf ihr Fördervolumen und damit ihren Druckmittelvolumenstrom schnell erhöhen.

[0045] In einer Weiterbildung ist wenigstens die Leistungsquelle, über die die genannte Mindest-Drehzahl bestimmt ist, mit einer ans submaximal eingestellte Fördervolumen überproportional angepassten und erhöhten Drehzahl betrieben. Hieraus ergibt sich vorteilhaft eine Leistungsreserve der Leistungsquelle, sodass das schnelle Erhöhen des Fördervolumens nicht zu einem Einbruch der Drehzahl der Leistungsquelle führt. Auch kann so diese Drehzahl ruhiger oder einfacher konstant

geführt sein. Diese Weiterbildung eignet sich insbesondere für einen vergleichsweise geringen bis mittleren Druckmittelvolumenstrom.

[0046] Im Falle eines mittleren bis hohen Druckmittelvolumenstroms ist in einer Weiterbildung wenigstens die Leistungsquelle, über die die genannte Mindest-Drehzahl bestimmt ist, mit einer ans submaximal eingestellte Fördervolumen unterproportional angepassten und erhöhten Drehzahl betrieben, sodass insbesondere bei maximalem Volumenstrom die theoretische und tatsächliche Drehzahl übereinstimmen. Dadurch wird erreicht, dass unnötig hohen Drehzahlen vermieden und in Folge Verbrauch und Geräusch verringert sind.

[0047] In einer Weiterbildung ist über den Gesamtenergiekoordinator aus den an ihn übergebenen, vorzeichenbehafteten benötigten Leistungen, aufnehmbaren Leistungen und bereitstellbaren Leistungen eine benötigte verzögernde Leistung der Leistungsteilnehmer und eine bereitstellbare beschleunigende Leistung der Leistungsteilnehmer ermittelt. Aus den an ihn übergebenen Mindest- und Maximal-Drehzahlen ist von ihm ein zulässiger Drehzahlbereich ermittelt.

[0048] In Abhängigkeit der ermittelten Größen, ist oder sind über den Gesamtenergiekoordinator die eine oder mehreren Leistungsquellen angesteuert.

[0049] Ist die vom Gesamtkoordinator ermittelte benötigte Leistung kleiner als die bereitstellbare und aufnehmbare Leistung, so ist über den Gesamtenergiekoordinator die eine oder sind die mehreren Leistungsquellen mit einer Soll-Drehzahl angesteuert, bei der über die eine oder mehreren Leistungsquellen die benötigte Leistung bereitgestellt ist. In diesem Fall können die einzelnen Leistungsteilnehmer, insbesondere Verbraucher ihre jeweilige Leistung uneingeschränkt, insbesondere ohne Leistungsbegrenzung, abrufen oder einspeisen. Insbesondere ist dies der Fall, wenn die Leistungsquelle oder -quellen jeweils als Verbrennungskraftmaschine ausgebildet ist oder sind.

[0050] Ist die vom Gesamtkoordinator ermittelte benötigte Leistung größer als die bereitstellbare Leistung, so wird eine Begrenzung der Leistungsaufnahme notwendig. Vom Gesamtenergiekoordinator kann die bereitstellbare Leistung gemäß einem Schlüssel oder Verfahren auf die Leistungsteilnehmer aufgeteilt werden. In einer besonders einfachen Weiterbildung ist die Leistung proportional zum jeweiligen Bedarf der Leistungsteilnehmer aufgeteilt und somit jeweils begrenzt. Je nach Anwendung oder Anwenderwunsch kann dazu eine Priorisierung oder Gewichtung durch den Gesamtenergiekoordinator umgesetzt sein, sodass wichtige Verbraucher nicht oder unproportional weniger in ihrer Leistungsaufnahme begrenzt sind. Einem jeweiligen Leistungsteilnehmer ist über den Gesamtenergiekoordinator an den zugeordneten Energiekoordinator ein Signal der maximal aufnehmbaren Zug- oder Schubleistung des Leistungsteilnehmers übergeben.

[0051] Ist die vom Gesamtkoordinator ermittelte benötigte Leistung größer als die aufnehmbare Leistung, so

ist vom Gesamtenergiekoordinator die aufnehmbare Leistung auf die einzelnen Leistungsteilnehmer aufgeteilt. Im einfachsten Fall ist diese Leistung proportional zum Bedarf der Leistungsteilnehmer aufgeteilt. Je nach Anwendung oder Anwenderwunsch kann dazu eine Priorisierung oder Gewichtung durch den Gesamtenergiekoordinator umgesetzt sein. Einem jeweiligen Leistungsteilnehmer ist über dem Gesamtenergiekoordinator an den zugeordneten Energiekoordinator ein Signal übergeben, wieviel Leistung er einspeisen darf. Beispielsweise kann dies bedeuten, dass der Fährantrieb weniger stark verzögern darf als es dem zugeordneten erfasste Bedarf entspricht.

[0052] Eine Begrenzung der Leistung des oder der hydraulischen Arbeitsverbraucher ist vom Gesamtenergiekoordinator in einer ersten Variante über eine Begrenzung eines Gesamt-Druckmittelvolumenstroms aus einer oder mehreren Hydropumpen umgesetzt.

[0053] Gemäß einer zweiten Variante ist sie vom Gesamtenergiekoordinator über eine Begrenzung des Druckmittelvolumenstroms des jeweiligen Arbeitsverbrauchers umgesetzt. Eine dritte Variante ist eine Kombination aus den erstgenannten.

[0054] Die Begrenzung ist in erster Variante über eine Begrenzung des Fördervolumens einfach umgesetzt. Das begrenzte Fördervolumen ergibt sich in Abhängigkeit der begrenzten Gesamtleistung, der Drehzahl der Hydropumpe und dem Druckverlust der Hydropumpe.

[0055] Die Hydropumpe ist in einer Weiterbildung zu diesem Zweck mit einem elektrisch proportionalen Regler zur Begrenzung ihres Fördervolumens ausgestaltet. Ergänzend kann ein Druck-Förderstromregler vorgesehen sein.

[0056] Alternativ ist die Hydropumpe vollständig elektronifiziert, wie sie beispielsweise als sowohl im Pumpen- als auch im Motorbetrieb betreibbare EOC-Hydrumaschine der Anmelderin bekannt ist, und hat eine Druckregelung und/oder Fördervolumenregelung und/oder eine Drehmomentregelung oder -begrenzung.

[0057] Vorzugsweise ist die Hydropumpe beidseitig ihres Nullvolumens verstellbar, sodass sie bei gleichbleibender Drehrichtung wahlweise als Pumpe oder als Motor arbeiten kann. So ist Regeneration von Senkleistung des Arbeitsverbrauchers realisierbar, die in einer Weiterbildung vom Gesamtenergiekoordinator bergenzbar ist.

[0058] Eine solche Hydropumpe ist vorzugsweise lastführend in ein LS- oder LUDV-System eingebunden.

[0059] Gemäß der zweiten Variante der Begrenzung der Leistungsaufnahme ist über den Energie- oder Gesamtenergiekoordinator für den jeweiligen Arbeitsverbraucher ein begrenzter Druckmittelvolumenstrom bei Lastdruck des Arbeitsverbrauchers ermittelt und übergeben. Im einfachsten Fall ist ein Quotient aus begrenztem zu benötigtem Druckmittelvolumenstrom für alle Arbeitsverbraucher gleich. Ein aufwändigerer Schlüssel erlaubt die Priorisierung.

[0060] In einer Weiterbildung ist eine Kombination der beschriebenen Begrenzungen der Leistungsaufnahme

des Arbeitsverbrauchers vom Gesamtenergiekoordinator umgesetzt.

[0061] Der Fahrverbraucher ist in einer Weiterbildung als wenigstens ein Hydromotor und/oder wenigstens ein Elektromotor ausgestaltet. Erstgenannter kann mit konstantem oder mit verstellbarem Schluckvolumen ausgestaltet sein.

[0062] Der Hydromotor ist in einer Weiterbildung in ein hydrostatisches Getriebe aus Hydropumpe und Hydromotor, der Elektromotor in ein elektrisches Getriebe aus Generator und Elektromotor, eingebunden. Ein derartiges Getriebe kann jeweils als Variator bezeichnet werden.

[0063] In einer Weiterbildung ist aus der Bedarfs-Zugkraft des Fahrverbrauchers ein Bedarfs-Drehmoment ermittelt und an den Energiekoordinator oder eine damit verbundene Ermittlungseinrichtung übergeben. Über diesen oder diese ist aus dem Bedarfs-Drehmoment ein Bedarfs-Getriebe-Drehmoment ermittelt, das am Ausgang des Variators anliegen soll, sodass der Bedarf erfüllt ist.

[0064] Ist zusätzlich zum Variator ein mechanisches oder hybrides Getriebe, wie es weiter unten beschrieben ist vorgesehen, so ist das Bedarfs-Getriebe-Drehmoment zudem in Abhängigkeit einer aktuellen Übersetzung dieses Getriebes ermittelt.

[0065] Der Elektromotor ist in einer alternativen Weiterbildung nicht von einem Generator, sondern direkt bestromt und angetrieben.

[0066] Parallel und/oder in Reihe zum hydrostatischen oder elektrischen Variator oder zum direkt angetriebenen Elektromotor ist in einer Weiterbildung ein mechanisches oder hybrides Getriebe vorgesehen. Alternativen zu einem Schaltgetriebe sind dabei ein Getriebe mit fester Übersetzung, ein Stillstandsschaltgetriebe, ein sogenanntes "2+1-Getriebe", mit 2 Hydromotoren und einer Kupplung bei denen im unteren Drehzahlbereich ein weiterer Hydromotor zugeschaltet wird, ein sogenanntes "2+3-Getriebe", welches 2 Hydromotoren und drei Kupplungen aufweisen, um verschiedene Übersetzungen und Hydromotor-Kombinationen zu realisieren, oder ein Schaltgetriebe mit Lastschaltkupplungen, einem sogenannten "Powershift-Getriebe", möglich.

[0067] In einer Weiterbildung ist vom Energiekoordinator die benötigte Leistung des Fahrverbrauchers aus dem Bedarfs-Getriebe-Drehmoment und einer aktuellen Geschwindigkeit der mobilen Arbeitsmaschine oder einer aktuellen Drehzahl des Fahrverbrauchers ermittelt und als benötigte Leistung des Fahrverbrauchers an den Gesamtenergiekoordinator übergeben. Hierbei kann es sich erfindungsgemäß um eine benötigte Zug- aber auch Schubleistung handeln.

[0068] Für den Fahrverbraucher sind in einer Weiterbildung eine Mindest-Drehzahl und eine Maximal-Drehzahl an den Gesamtenergiekoordinator übergeben.

[0069] Für die Hydropumpe des hydrostatischen Variators ist, insbesondere analog zur Hydropumpe des Arbeitsverbrauchers, eine Fördervolumenreserve, von ins-

besondere etwa 5%, vorgesehen, die in einer Ermittlung der Mindest-Drehzahl berücksichtigt ist.

[0070] In einer Weiterbildung ist vom Gesamtenergiekoordinator im Falle einer Bergabfahrt in Abhängigkeit der an ihn von den Verbrauchern übergebenen, aufnehmbaren Leistungen ein automatisiertes Abbremsen der Arbeitsmaschine mittels zumindest anteiliger Zuteilung der Schubleistung der Antriebsmaschine an die Verbraucher umgesetzt. So kann kinetische Energie oder Leistung der Arbeitsmaschine einem anderen Leistungsteilnehmer zur Verfügung gestellt werden, von einer Bremseinrichtung zu stellende Bremsleistung verringert und der Fahrer / die Fahrerin bei der Steuerung der Arbeitsmaschine entlastet werden.

[0071] In einer Weiterbildung ist über den Gesamtenergiekoordinator an den jeweiligen Energiekoordinator eine maximal von diesem aufnehmbare Leistung als Vorgabe übergeben. Die Umsetzung dieser Vorgabe erfolgt dann über den jeweiligen Energiekoordinator durch Sollwertvorgabe an die ihm zugeordnete oder zugeordneten funktionalen Steuerungen des oder der Verbraucher. Insbesondere ist so über den Energiekoordinator das Fördervolumen der den Verbraucher mit Druckmittel versorgenden Hydropumpe in Abhängigkeit der Übersetzung begrenzt.

[0072] In einer Weiterbildung ist über einen mit dem Gesamtenergiekoordinator signalverbundenen Regler, die Bedarfs-Zugkraft korrigiert.

[0073] Eine bevorzugte Geschwindigkeitsbegrenzung, insbesondere bergab, die ohne Regelung auskommt, ist über die Begrenzung des Fördervolumens der Hydropumpe des hydrostatischen Variators realisiert.

[0074] Dazu ist in einer Weiterbildung in einer Variator- oder Getriebe-Steuerung eine maximale Drehzahl des Fahrverbrauchers abgelegt, insbesondere variabel oder statisch für einen oder mehrere Fahrbereiche der Arbeitsmaschine. Die variable maximale Drehzahl ist in einer Weiterbildung insbesondere von einer Stellung des Fahrpedals oder einem Wert der Automatisierungsfunktion abhängig.

[0075] Eine Leistung des Fahrverbrauchers ist in einer Weiterbildung über den Gesamtenergiekoordinator mittelbar begrenzt, indem erfindungsgemäß mittelbar über den Energiekoordinator das Soll-Drehmoment begrenzt ist, insbesondere indem der Druck der den Fahrverbraucher mit Druckmittel versorgenden Hydropumpe reduziert wird. Auf diese Weise ist ein "free wheeling" erreichbar, bei dem der Fahrverbraucher nicht zwingend in den Schubbetrieb wechselt, also keine Abstützung an der Antriebsmaschine erfolgt.

[0076] Im Falle des elektrischen Variators ist die Leistung des Fahrverbrauchers über den Gesamtenergiekoordinator vorzugsweise durch eine Stromreduzierung begrenzt.

[0077] Die Begrenzung der Schubleistung des Fahrverbrauchers erfolgt in Analogie und gespiegelt zur bisher beschriebenen Begrenzung seiner Zugleistung. Für den hydrostatischen Variator gilt dabei, dass im Schub-

betrieb das Fördervolumen vergrößert werden muss, um den Systemdruck zu reduzieren. Für den elektrischen Variator gilt, dass im Schubbetrieb der Generator in den Motorbetrieb und der Motor in den Generatorbetrieb wechselt.

[0078] Die Betrachtungen zur Begrenzung der Leistung des Fahrverbrauchers gelten auch für rotatorische Arbeitsverbraucher, wie beispielsweise einen Drehwerksantrieb für einen Bagger, einen Windenantrieb im geschlossenen Kreis oder einen Lüfterantrieb.

[0079] Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Steuerungsstruktur ist in den Figuren beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 einen schematischen Überblick über die Steuerungsstruktur für eine mobile Arbeitsmaschine, Komponenten der Steuerungsstruktur und möglichen Signalfüsse zwischen den Komponenten, Figur 2 einen Abschnitt der Steuerungsstruktur mit einem Gesamtenergiekoordinator und einem Energiekoordinator eines Arbeitsverbrauchers, sowie den Signalfüssen,

Figur 3 einen Abschnitt der Steuerungsstruktur mit einem Energiekoordinator eines Fahrverbrauchers mit hydrostatischem Variator und eines Fahrverbrauchers mit elektrischem Variator, sowie den Signalfüssen, und

Figur 4 einen Abschnitt der Steuerungsstruktur mit einem Energiekoordinator eines Fahrverbrauchers mit direkt angetriebenem Elektromotor.

[0080] Eine mobile Arbeitsmaschine hat wenigstens eine hydraulische Pumpe, die in Abhängigkeit von ihrer Eingangswellendrehzahl n_{HP} einen hydraulischen Druckmittelvolumenstrom für mehrere hydraulische Arbeitsverbraucher 4 bereitstellt. Der Druckmittelvolumenstrom wird über eine hydraulische bzw. elektrisch betätigbare Ventileinrichtung (Main Control Valve) auf die Arbeitsverbraucher 4 zur Wandlung von hydraulischer in mechanische Leistung verteilt.

[0081] Die Arbeitsmaschine hat zudem einen Fahrtrieb mit wenigstens einem Fahrverbraucher 6 oder sonstigem rotatorischem Verbraucher. Zudem ist ein hydrostatisches und/oder ein elektrisches Getriebe, ein sogenannter Variator, vorgesehen, über den mittels einer Änderung des Übersetzungsverhältnisses r eine Wandlung der mechanischen Eingangsleistung in Bezug auf eine Drehmomenterhöhung bzw. Drehmomentreduktion durchführbar ist. Der hydrostatische Variator weist als Fahrverbraucher wenigstens einen verstellbaren oder konstanten Hydromotor auf. Alternativ ist ein elektrischer Variator möglich. In diesem Fall ist anstelle der Hydropumpe ein elektrischer Generator und an Stelle des Hydromotors ein elektrischer Motor verwendet. Kombiniert werden können die elektrischen Maschinen zu den gleichen Topologien wie bei den Hydrostatischen Einheiten.

[0082] Die Hydro- oder Elektromotoren des Variators oder der Variatoren sind mit einem mechanischen Ge-

triebe verbunden, welches in der einfachsten Ausprägung eine einfache Übersetzungsstufe aufweist. Es sind darüber hinaus Getriebevarianten mit mehreren schaltbaren Übersetzungsstufen, sowie Getriebevarianten mit mehreren aktivier- und deaktivierbaren Getriebeeingängen, möglich.

[0083] Die Getriebesteuerung hat die Aufgabe, das Soll-Drehmoment $T_{\text{reqvarset}}$ und ggf. eine Geschwindigkeitslimitierung zu realisieren. Zusätzlich hat sie die Aufgabe, bei mehreren Variatoren deren Einzelkomponenten so zu steuern, dass das Soll-Drehmoment $T_{\text{reqvarset}}$ erzeugt wird.

[0084] Gemäß Figur 1 hat eine erfindungsgemäße Steuerungsstruktur 1 für die mobile Arbeitsmaschine wenigstens eine Leistungsquelle 2, je wenigstens einen von dieser mit Arbeitsleistung versorgten hydraulischen Arbeitsverbraucher 4 und mit Fahrleistung versorgten Fahrverbraucher 6, Bedarfsschnittstellen 8, 10 zur Erfassung eines an den jeweiligen Verbraucher 4, 6 gerichteten Bedarfs eines Fahrers oder einer Fahrerin oder einer automatisierten Funktion zum automatisierten oder autonomen Arbeits- oder Fahrbetrieb der Arbeitsmaschine, sowie den Verbrauchern 4, 6 zugeordnete, funktionale Steuerungen 12, 14, 16, 18. Für ein Leistungsmanagement, insbesondere der von den Leistungsquellen 2 bereitstellbaren P_{cpsy} und von den Verbrauchern 4, 6 benötigten Leistungen P_{req} , ist dem jeweiligen Verbraucher 4, 6 ein Energiekoordinator 20, 22 zugeordnet. Diesen ist ein Gesamtenergiekoordinator 24 übergeordnet. Die Pfeilverbindungen gemäß Figur 1 zeigen Signalverbindungen und -flüsse zum Leistungsmanagement, die insbesondere zwischen dem Gesamtenergiekoordinator 24 einerseits und den Energiekoordinatoren 20, 22 und den Leistungsquellen 2 andererseits bidirektional ausgebildet sind.

[0085] Figur 2 zeigt einen Abschnitt der Steuerungsstruktur 1 gemäß Figur 1 mit detaillierterem Signalfluss. Die Bedarfsschnittstelle 8 erfasst über eine HMI Schnittstelle 26 und/oder eine maschinelle, automatisierte Schnittstelle 28 einen an den Arbeitsverbraucher 4 gerichteten Bedarf des Fahrers oder der Fahrerin und/oder einer automatisierten Funktion der Arbeitsmaschine und übergibt eine in Abhängigkeit davon ermittelte Bedarfs-Geschwindigkeit v_{req} , sowie optional eine entsprechend ermittelte Bedarfs-Kraft F_{req} des Arbeitsverbrauchers 4 an dessen Energiekoordinator 20. Der Arbeitsverbraucher 4 besteht aus einer bis hin zu n Achsen, sodass die Bedarfsschnittstelle 8 den Bedarf aufgelöst auf alle Achsen 1 bis n erfasst und entsprechend für jede Achse n die zugeordnete Bedarfs-Geschwindigkeit $v_{\text{req}(1...n)}$ erfasst und übergibt. Der Energiekoordinator 20 ermittelt daraus und aus einem aktuellen Druck p , den Lastdrücken p_i , sowie einer Drehzahl n_{HP} einer dem Arbeitsverbraucher 4 zugeordneten Hydropumpe eine vom Arbeitsverbraucher 4 benötigte Leistung P_{req} zur Erfüllung des Bedarfs v_{req} , F_{req} . Diese benötigte Leistung P_{req} übergibt er dem Gesamtenergiekoordinator 24. Zudem werden eine vom Arbeitsverbraucher aufnehmbare Leistung

P_{cns} und seine jeweils minimal notwendige und maximal zugelassene Drehzahl n_{min} , n_{max} übergeben. Später wird über den Energiekoordinator 20 der jeweilige Druckmittelvolumenstrom $Q_{\text{set}(1...n)}$ der Achsen ermittelt.

[0086] Gemäß den Figuren 1 und 3 erfasst die Bedarfsschnittstelle 10 (vgl. Figur 1) über die HMI-Schnittstelle 30 und/oder die automatisierte Schnittstelle 32 einen an den Fahrverbraucher 6 gerichteten Bedarf und ermittelt ein Bedarfs-Drehmoments T_{req} , und optional eine Bedarfs-Geschwindigkeit v_{req} , des Fahrverbrauchers 6, den sie mittelbar über eine Getriebe- oder Variator-Drehmoment-Berechnung 34 an den Energiekoordinator 22 übergibt. Die Getriebe- oder Variator-Drehmoment-Berechnung 34 ermittelt aus T_{req} , und optional v_{req} , in Abhängigkeit einer aktuellen Übersetzung r_{act} des mechanischen Getriebes ein benötigtes Variator- oder Getriebe-Drehmoment T_{reqvar} und übergibt dieses an den Energiekoordinator 22. Dieser 22 ermittelt aus T_{reqvar} und in Abhängigkeit einer aktuellen Drehzahl $n_{\text{act mot}}$ des Fahrverbrauchers 6 oder einer aktuellen Geschwindigkeit v der Arbeitsmaschine das Soll-Drehmoment $T_{\text{reqvarset}}$.

[0087] Dieses $T_{\text{reqvarset}}$ geht zusammen mit $n_{\text{act mot}}$ und v in eine Variator- oder Getriebe-Steuerung 36 ein.

[0088] Für den Fall des hydrostatischen Variators mit Hydropumpe HP und Hydromotor HM ermittelt die Variator- oder Getriebe-Steuerung 36 Signale p_{HP} , V_{gHM} und optional V_{gHPlim} zur Übergabe an die Steuerungen 16, 18, die dann der Hydropumpe HP und dem Hydromotor HM zugeordnet und entsprechend als Pumpensteuerung und Hydromotorsteuerung ausgestaltet sind. Diese 16, 18 ermitteln in Abhängigkeit der Betriebsgrößen Δp , Drehzahl der Hydropumpe n_{HP} , des Hydromotors n_{HM} und ggf. der Temperatur T die notwendigen Ansteuerströme i_{HPA} , i_{HPB} und i_{HM} zur Ansteuerung der jeweiligen Verstellereinrichtung zum Verstellen des Fördervolumens V_{gHP} der Hydropumpe HP und des Schluckvolumens V_{gHM} des Hydromotors HM.

[0089] Für den Fall des elektrischen Variators mit Elektrogenerator EG und Elektromotor EM ermittelt die Variator- oder Getriebe-Steuerung 36 Signale U_{req} , $T_{\text{EM}(1...t)}$ und $n_{\text{lim}(1...t)}$ zur Übergabe an die Steuerungen 16, 18, die dann der Elektrogenerator EG und dem Elektromotor EM zugeordnet und entsprechend als Generatorsteuerung und Elektromotorsteuerung ausgestaltet sind. Diese 16, 18 ermitteln für den Generator spezifische Ansteuergrößen, wobei an die jeweilige Steuerung für den Generator EG die Generator-Drehzahl n_{Gen} und Spannung U_{Gen} und für den Elektromotor EM der Motorstrom $I_{\text{act EM}}$ und die Motordrehzahl $n_{\text{act EM}}$ zurückgemeldet sind.

[0090] Über eine Übersetzungsberechnung 38 ergeht ein Signal $r(1...n)$ an einer Kupplungssteuerung 40, die in Abhängigkeit davon eine oder mehrere Kupplungen (clutches) mit einem Ansteuerstrom i_{clutch} ansteuert.

[0091] Figur 4 zeigt abweichend von Figur 3 einen elektrischen Variator mit direkt angetriebenem Elektromotor EM, also ohne den zwischengeschalteten Generator EG. Dementsprechend sind hier von der Variator-

oder Getriebe-Steuerung 36 lediglich die Signale $T_{EM(1...t)}$ und $n_{lim(1...t)}$ zur Übergabe an die Elektromotorsteuerungen 16, 18, des oder singulären Elektromotoren berücksichtigt, die die bereits besprochenen elektromotorspezifischen Signale berücksichtigen. Auch in diesem Fall ergeht über eine Übersetzungsberechnung 38 ein Signal $r(1...n)$ an die Kupplungssteuerung 40, die in Abhängigkeit davon eine oder mehrere Kupplungen (clutches) mit dem Ansteuerstrom i_{clutch} ansteuert. Falls der Antrieb kein Schaltgetriebe aufweist, entfallen die Elemente zur Ansteuerung einer Kupplung.

[0092] Der Energiekoordinator 22 des Fahrverbrauchers 6 ermittelt in Abhängigkeit des Bedarfs und zumindest einer aktuellen Drehzahl oder Geschwindigkeit der Arbeitsmaschine 1 die vom Fahrverbraucher 6 benötigte Leistung P_{req} , welche er gemäß Figur 3 und 2 zusammen mit den Drehzahlen n_{min} und n_{max} des Fahrverbrauchers 6 an den Gesamtenergiekoordinator 24 übergibt. Für den Fahrverbraucher 6 ist darüber hinaus, anders als für den Arbeitsverbraucher 4, keine aufnehmbare Leistung P_{cns} vorgesehen und folglich nicht übergeben.

[0093] Die Leistungsquellen 2, genauer gesagt deren Steuerungen oder Energiekoordinatoren, übergeben gemäß Figur 2 jeweils die von ihnen bereitstellbare Leistung P_{cpby} und eine von ihnen aufnehmbare Leistung P_{cns} .

[0094] Der Gesamtenergiekoordinator 24 bilanziert die Leistungen und verteilt, priorisiert oder begrenzt gemäß wenigstens einem Aspekt der vorangegangenen Beschreibung die den einzelnen Verbrauchern 4, 6 bereitgestellten Leistungen durch Übergabe entsprechender Leistungsgrenzen $P_{lim up}$ oder $P_{lim low}$ an die Energiekoordinatoren 20, 22. Diese verarbeiten die Signale so, dass über die funktionalen Steuerungen 12, 14, 16, 18 die Leistung entsprechend eingehalten ist.

Patentansprüche

1. Steuerungsstruktur für eine mobile Arbeitsmaschine mit Leistungsteilnehmern (2, 4, 6), von denen wenigstens je einer eine Leistungsquelle (2), ein Fahrverbraucher (6) und ein hydraulischer Arbeitsverbraucher (4) ist, mit Energiekoordinatoren (20, 22), die jeweils mit einer dem jeweiligen Verbraucher (4, 6) zugeordneten Steuerung (12, 14, 16, 18) signalverbunden sind, wobei ein Sollwert vom Energiekoordinator an die Steuerung (12, 14, 16, 18) übergeben ist, über die in Abhängigkeit des Sollwerts eine Leistung ($P_{lim up}$, $P_{lim low}$) des Verbrauchers (4, 6) begrenzt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert für den Fahrverbraucher (6) ein Soll-Drehmoment ($T_{reqvarset}$) und für den Arbeitsverbraucher (4) ein Soll-Druckmittelvolumenstrom (Q_{set}) ist.
2. Steuerungsstruktur nach Anspruch 1 mit Bedarfschnittstellen (8, 10) für die Verbraucher (4, 6), die eingangsseitig zur Aufnahme eines jeweiligen Bedarfs mit einem oder mehreren Bedienelementen (26, 30) und/oder mit einer maschinellen oder automatisierten Steuereinrichtung (28, 32) signalverbunden sind, und die ausgangsseitig jeweils mittelbar oder unmittelbar mit dem Energiekoordinator (20, 22) des Verbrauchers (4, 6) signalverbunden sind.
3. Steuerungsstruktur nach Anspruch 2, wobei von der Bedarfschnittstelle (10) an den Energiekoordinator (22) des Fahrverbrauchers (6) ein Bedarfs-Drehmoment (T_{req}) oder ein davon abhängiges Drehmoment (T_{reqvar}) übergeben ist, und/oder wobei von der Bedarfschnittstelle (8) an den Energiekoordinator (20) des Arbeitsverbrauchers (4) eine Bedarfs-Geschwindigkeit (v_{req}) übergeben ist.
4. Steuerungsstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem Gesamtenergiekoordinator (24), der zumindest mit den Energiekoordinatoren (20, 22) der Verbraucher (4, 6), sowie mit einer Steuerung oder einem Energiekoordinator der Leistungsquelle (2) signalverbunden ist.
5. Steuerungsstruktur zumindest nach Anspruch 2 und 4, wobei die Koordinatoren (20, 22, 24), Steuerungen (12, 14, 18) und Bedarfschnittstellen (8, 10) elektronifiziert sind.
6. Steuerungsstruktur nach Anspruch 4 oder 5, wobei an den Gesamtenergiekoordinator (24) für den jeweiligen Leistungsteilnehmer (2, 4, 6) zumindest eine von diesem bereitstellbare Leistung (P_{cpby}), aufnehmbare Leistung (P_{cns}) und/oder benötigte Leistung (P_{req}) übergeben ist oder sind.
7. Steuerungsstruktur zumindest nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei an den Gesamtenergiekoordinator (24) wenigstens eine bereitstellbare Leistung (P_{cpby}) und eine aufnehmbare Leistung (P_{cns}) der Leistungsquelle (2), benötigte Leistungen (P_{req}) der Verbraucher (4, 6) und eine aufnehmbare Leistung (P_{cns}) wenigstens eines (4) der Verbraucher (4, 6), insbesondere zumindest des Arbeitsverbrauchers (4), übergeben sind.
8. Steuerungsstruktur nach Anspruch 6 oder 7, wobei vom Gesamtenergiekoordinator (24) an den Energiekoordinator (20) ein Signal zur Leistungsaufnahme (P_{reqdem}) durch den Verbraucher (4), insbesondere Arbeitsverbraucher (4), unabhängig von dessen benötigter Leistung (P_{req}) übergeben ist.
9. Steuerungsstruktur nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei von der aufnehmbaren Leistung (P_{cns}) am Leistungsteilnehmer, insbesondere am Verbraucher, insbesondere Arbeitsverbraucher (4), zumindest anteilig Arbeit leistbar ist, und/oder wobei die aufnehmbare Leistung (P_{cns}) über eine Retardereinrichtung des Leistungsteilnehmers, insbesondere

des Verbrauchers, insbesondere Arbeitsverbraucher (4), zumindest anteilig dissipierbar ist.

10. Steuerungsstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die jeweilige Leistung (P_{cpby} , P_{cns} , P_{req}) mit einem Vorzeichen übergeben ist. 5
11. Steuerungsstruktur zumindest nach Anspruch 4, wobei an den Gesamtenergiekoordinator (24) für den jeweiligen Verbraucher (4, 6) zumindest dessen notwendige Mindest-Drehzahl (n_{min}) und/oder dessen mögliche Maximal-Drehzahl (n_{max}) übergeben ist oder sind. 10
12. Steuerungsstruktur nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei über den Gesamtenergiekoordinator eine Leistungsbilanz aus den bereitstellbaren Leistungen (P_{cpby}), aufnehmbaren Leistungen (P_{cns}) und benötigten Leistungen (P_{req}) ausgeführt ist und in Abhängigkeit davon die Leistung ($P_{lim up}$, $P_{lim low}$) wenigstens eines der Leistungsteilnehmer (4, 6) begrenzt ist. 15 20
13. Steuerungsstruktur zumindest nach Anspruch 4, wobei über den Gesamtenergiekoordinator (24) eine Zugleistung und/oder Schubleistung wenigstens eines der Leistungsteilnehmer (4, 6) begrenzt ist. 25
14. Steuerungsstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der wenigstens eine Fahrverbraucher (6) ein Hydromotor oder ein Elektromotor ist. 30
15. Steuerungsstruktur Anspruch 14, wobei vom Hydromotor mit einer Hydropumpe ein hydrostatisches Getriebe () ausgebildet ist, oder wobei vom Elektromotor mit einem Elektrogenerator ein elektrisches Getriebe () ausgebildet ist, oder wobei der Elektromotor direkt bestromt oder angetrieben ist. 35 40
16. Steuerungsstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem mechanischen Konstant-, Schalt- oder Variatorgetriebe, () das dem Fahrverbraucher (6), insbesondere dem Hydromotor oder Elektromotor, parallel oder in Reihe zuschaltbar oder zugeschaltet ist. 45
17. Steuerungsstruktur zumindest nach Anspruch 3 und 16, wobei dem Energiekoordinator (22) des Fahrverbrauchers (6) ein vom Bedarfs-Drehmoment (T_{req}) und einer Übersetzung (r_{act}) des Getriebes () abhängiges Bedarfs-Getriebe-Drehmoment (T_{reqvar}) übergeben ist. 50
18. Steuerungsstruktur nach Anspruch 17, wobei vom Energiekoordinator (22) des Fahrverbrauchers (6) das Soll-Drehmoment ($T_{reqvarset}$) in Abhängigkeit vom Bedarfs-Getriebe-Drehmoment (T_{reqvar}) und ei-

ner vom Gesamtenergiekoordinator 24 zugeteilten Leistung (P_{limup} , P_{limlow}) ermittelt ist.

19. Steuerungsstruktur nach Anspruch 18, mit einer dem Fahrverbraucher (6) zugeordneten Getriebe-steuerung (36), über die in Abhängigkeit des Soll-Drehmoments ($T_{reqvarset}$), sowie der Drehzahl (n_{act}) des Fahrverbrauchers (6), insbesondere Elektromotors oder Hydromotors, oder der Geschwindigkeit (v_{act}) der mobilen Arbeitsmaschine
 - ein Soll-Druck (p_{HP}), und insbesondere ein Grenz-Verdrängungsvolumen (V_{gHPlim}), der Hydropumpe an eine Steuerung der Hydropumpe und ein Soll-Schluckvolumen (V_{gHM}) des Hydromotors an eine Steuerung des Hydromotors des hydrostatischen Getriebes (HP, HM) übergeben ist, und/oder
 - eine Soll-Spannung (U_{req}) an eine Steuerung des Elektrogenerators und ein Soll-Drehmoment (T_{Mot}) und insbesondere eine Grenz-Drehzahl (n_{lim}) an eine Steuerung des Elektromotors des elektrischen Getriebes (EG, EM) übergeben ist, und/oder
 - ein Soll-Drehmoment (T_{EM}), und insbesondere eine Grenz-Drehzahl (n_{lim}), an eine Steuerung des direkt angetriebenen Elektromotors (EM) übergeben ist.
20. Steuerungsstruktur nach Anspruch 19, wobei von der jeweiligen Steuerung wenigstens
 - ein Ansteuerstrom (i_{HPA} , i_{HPB}) einer Verstell-einrichtung der Hydropumpe (HP) in Abhängigkeit des Soll-Drucks (p_{HP}), und insbesondere des Grenz-Verdrängungsvolumens (V_{gHPlim}), der Hydropumpe (HP), und ein Ansteuerstrom (i_{HM}) des Hydromotors (HM) in Abhängigkeit des Soll-Schluckvolumens (V_{gHM}),
 - und/oder ein Ansteuersignal des Elektrogenerators (EM) in Abhängigkeit der Soll-Spannung (U_{req}) und ein Soll-Strom (I_{EM}) des Elektromotors in Abhängigkeit des Soll-Drehmoments (T_{EM}), und insbesondere der Grenz-Drehzahl (n_{lim}), des Elektromotors (EM),
 - und/oder ein Soll-Strom (I_{EM}) des Elektromotors in Abhängigkeit des Soll-Drehmoments (T_{EM}), und insbesondere der Grenz-Drehzahl (n_{lim}), des Elektromotors (EM).übergeben sind.
21. Mobile Arbeitsmaschine mit Leistungsteilnehmern (2, 4, 6), von denen wenigstens je einer eine Leistungsquelle (2), ein Fahrverbraucher (6) und ein hydraulischer Arbeitsverbraucher (4) ist, und mit einer Steuerungsstruktur (1), die gemäß wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche ausgestaltet

ist, und deren Energiekoordinatoren (20, 22) jeweils zumindest mit einer dem jeweiligen Verbraucher zugeordneten Steuerung (12, 14, 16, 18) signalverbunden sind.

5

- 22.** Verfahren zur Steuerung einer mobilen Arbeitsmaschine, die gemäß Anspruch 21 ausgestaltet ist, **gekennzeichnet durch** Schritte

- Begrenzen einer Leistung ($P_{\text{lim up}}$, $P_{\text{lim low}}$) eines Fahrverbrauchers (6) der Arbeitsmaschine mittels einem Soll-Drehmoment ($T_{\text{reqvarset}}$), und
- Begrenzen einer Leistung ($P_{\text{lim up}}$, $P_{\text{lim low}}$) eines Arbeitsverbrauchers (4) der Arbeitsmaschine mittels einem Soll-Druckmittelvolumenstroms (Q_{set}).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

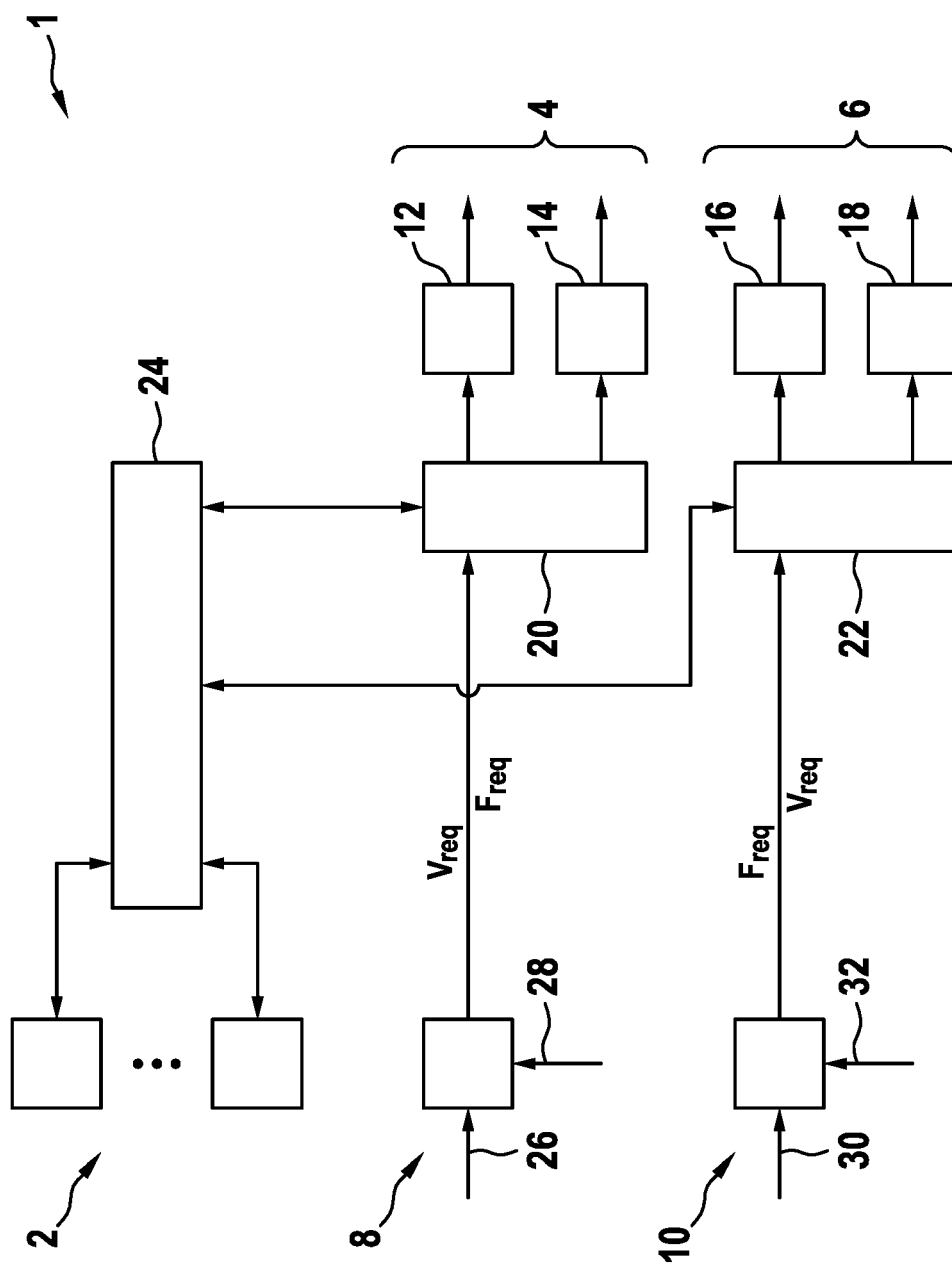


Fig. 2

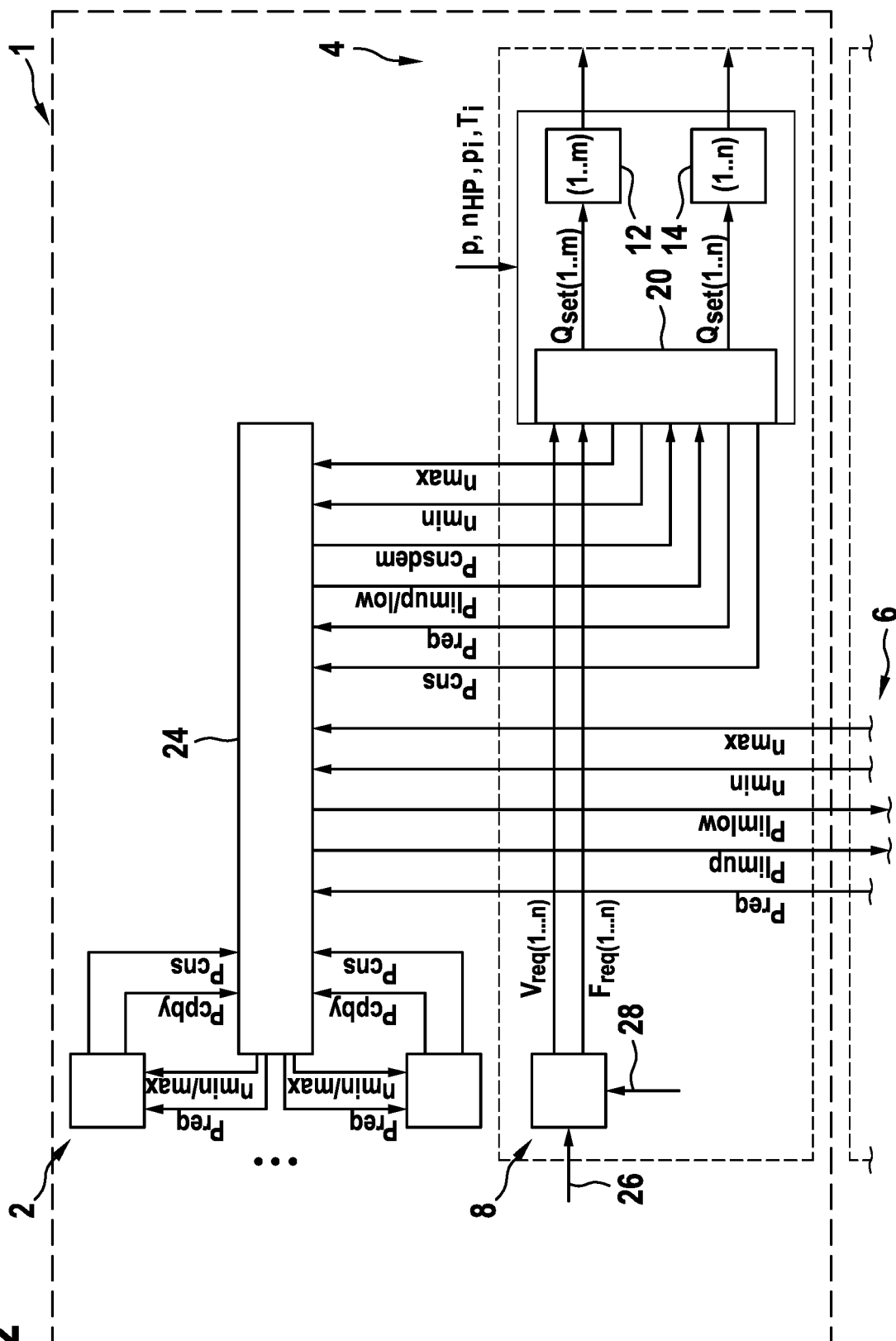


Fig. 3

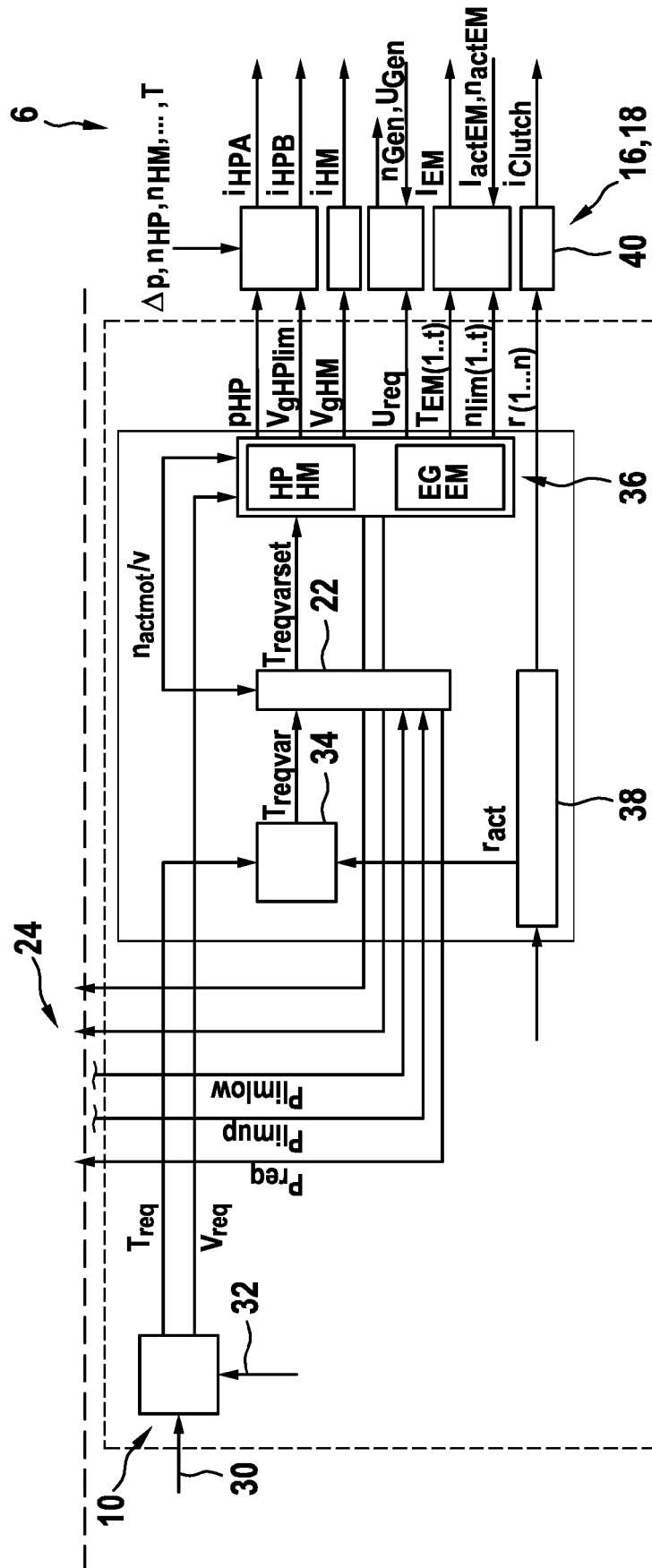
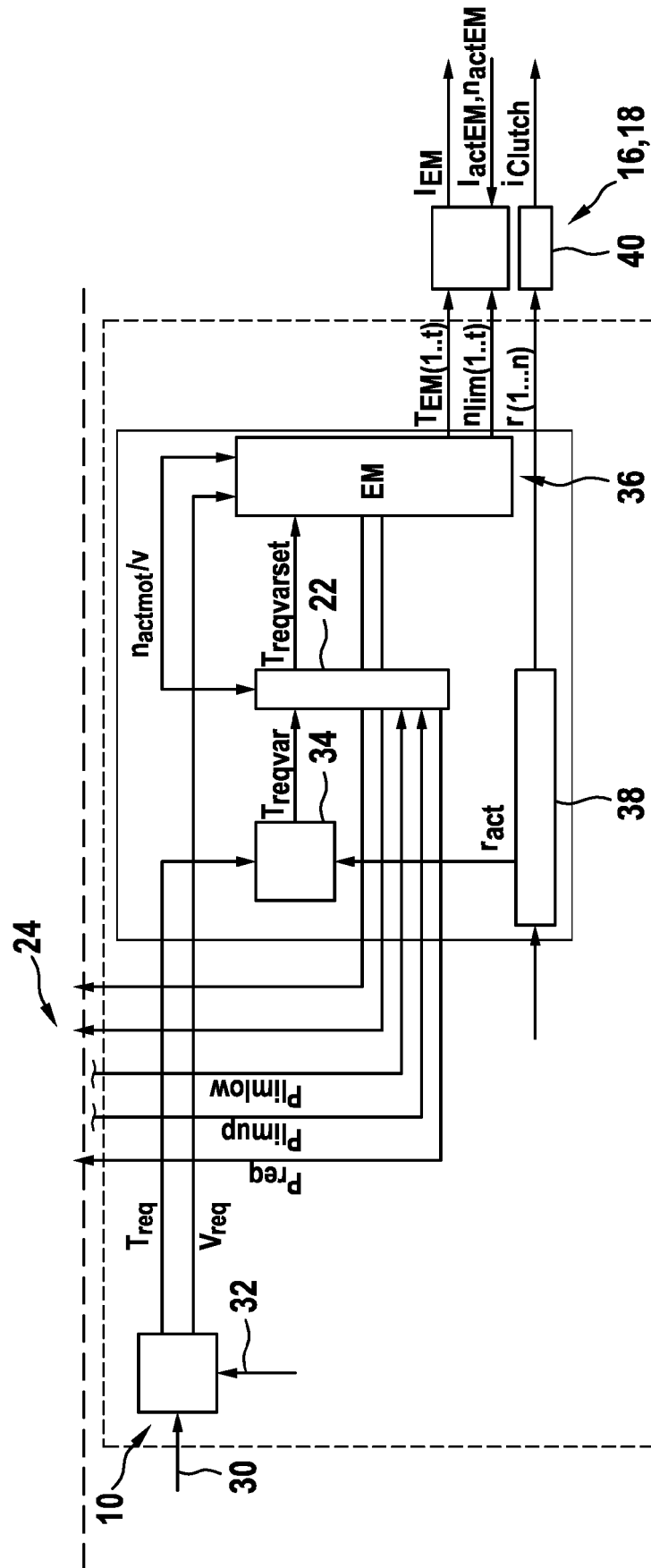


Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 18 1629

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 857 600 A1 (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY [JP]) 8. April 2015 (2015-04-08) * Absatz [0053] - Absatz [0059] * * Absatz [0059] - Absatz [0069] * -----	1-22	INV. E02F9/20 E02F9/22
X	US 2017/284316 A1 (HANSEN R S; YOUNG C L) 5. Oktober 2017 (2017-10-05) * Absatz [0007] - Absatz [0012] * * Absatz [0046] - Absatz [0052] * * Absatz [0053] - Absatz [0061] * * Absatz [0062] - Absatz [0069] * * Absatz [0070] - Absatz [0073] * -----	1-22	
A	EP 3 318 681 A1 (GUANGXI LIUGONG MACHINERY CO LTD) 9. Mai 2018 (2018-05-09) * Absatz [0006] - Absatz [0012] * * Absatz [0013] - Absatz [0014] * * Absatz [0014] - Absatz [0022] * -----	1-22	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E02F
1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Dezember 2021	Prüfer Faymann, L
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 18 1629

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-12-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	EP 2857600	A1	08-04-2015	CN	104395535 A	04-03-2015
				EP	2857600 A1	08-04-2015
				JP	5965482 B2	03-08-2016
				JP	WO2013183595 A1	28-01-2016
				US	2015139767 A1	21-05-2015
				WO	2013183595 A1	12-12-2013
20	US 2017284316	A1	05-10-2017	CA	3017602 A1	05-10-2017
				CN	109072577 A	21-12-2018
				EP	3436643 A1	06-02-2019
				KR	20180130100 A	06-12-2018
				US	2017284316 A1	05-10-2017
				WO	2017173338 A1	05-10-2017
25	EP 3318681	A1	09-05-2018	CN	108060695 A	22-05-2018
				EP	3318681 A1	09-05-2018
				US	2018230677 A1	16-08-2018
				WO	2018085974 A1	17-05-2018
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102013214732 A1 [0008]