

(19)



(11)

EP 1 880 837 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

23.01.2008 Patentblatt 2008/04

(51) Int Cl.:

B30B 15/14 (2006.01)**B21D 43/05 (2006.01)**(21) Anmeldenummer: **07012985.3**(22) Anmeldetag: **03.07.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

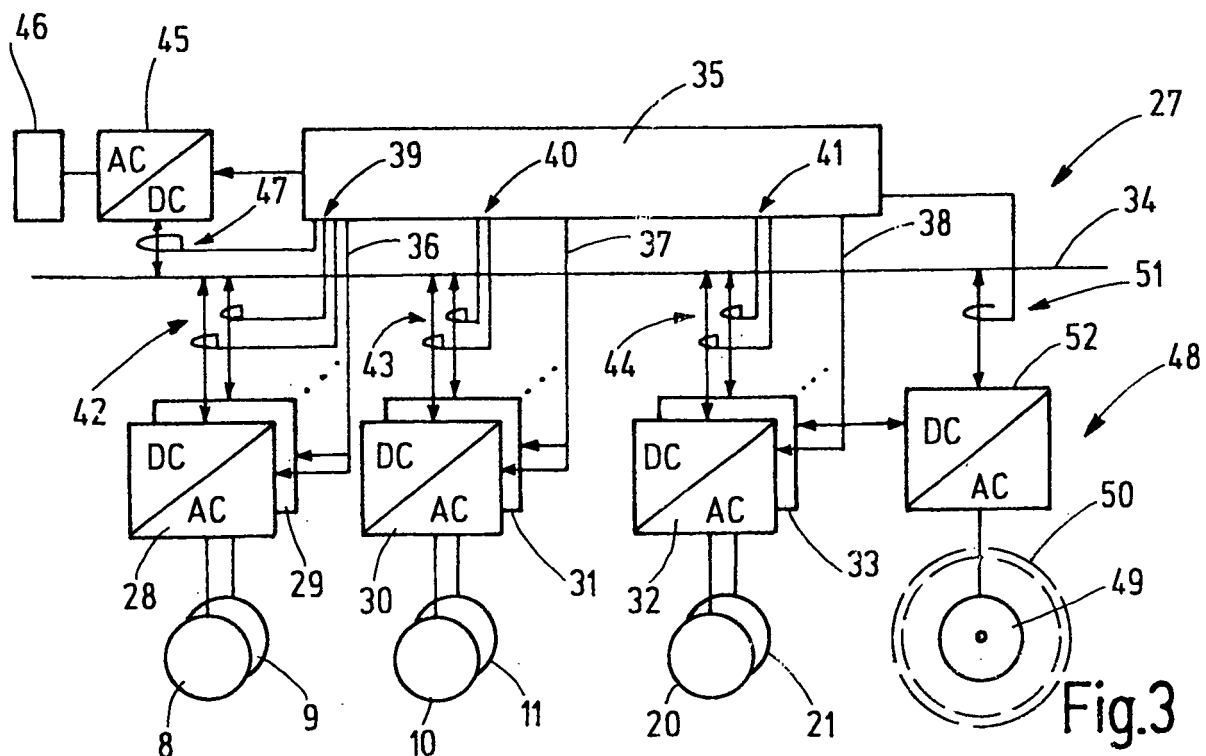
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU(30) Priorität: **20.07.2006 DE 102006033562**(71) Anmelder: **Schuler Pressen GmbH & Co. KG**
73033 Göppingen (DE)(72) Erfinder: **Schmeink, Martin**
73084 Salach (DE)(74) Vertreter: **Rüger, Barthelt & Abel**
Patentanwälte
Postfach 10 04 61
73704 Esslingen a.N. (DE)(54) **Servopresse mit Energiemanagement**

(57) Eine Pressenanlage mit Energiemanagementsystem weist einen Schwungradspeicher auf, der einerseits ausreichend Kapazität zur Aufnahme der bei einem Nothalt aufzunehmenden Energie hat und andererseits so betrieben wird, dass er zu jedem Zeitpunkt ausrei-

chend Energie aufweist, um einen beliebigen angefangenen Pressenzyklus geordnet zu Ende zu führen. Eine zentrale Steuereinrichtung überwacht den Betrieb aller an einen Gleichspannungszwischenkreis (34) angeschlossenen Servoantriebseinrichtungen (20) und den Schwungradspeicher (48).

**Fig.3**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pressenanlage sowie ein Verfahren zum Betrieb einer solchen. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf Großteilpressenanlagen, beispielsweise in Form von Pressenlinien, Pressenstrassen oder Mehrstufen-Großteilepressen in Form von Transferpressen.

[0002] Konventionelle Pressen weisen einen mechanischen Pressenantrieb mit einem Elektromotor und einem Schwungrad auf, das als Energiespeicher dient. Ein Kurbeltrieb, Exzentertrieb, Kniehebelgetriebe oder dergleichen wandelt die Drehbewegung der Schwungradwelle in eine hin und her gehende Stößelbewegung. Das Schwungrad wird so groß dimensioniert, dass seine Drehzahlschwankungen erträglich bleiben. Es speichert somit wesentlich mehr Energie als z.B. für einen einzigen Umformvorgang erforderlich. Zumindest wenn das Schwungrad fest mit dem Exzentergetriebe verbunden ist, muss beim Anhalten der Presse entsprechend viel Energie vernichtet werden.

[0003] In letzter Zeit werden zunehmend Überlegungen zu Servopressen bekannt, die zum Antrieb des Stößels und gegebenenfalls auch von Nebenaggregaten Servomotoren aufweisen. Diese Servomotoren treiben den Stößel oder die entsprechenden anderen Aggregate der Presse ohne Zuhilfenahme eines zusätzlichen Schwungrads an. Deshalb muss der betreffende Servomotor die von dem Stößel oder sonstigen Aggregat geforderten Leistungsspitzen aufbringen.

[0004] Z.B. offenbart die DE 10 2005 026 818 A1 dazu eine Presse mit einem Ziehkissen, das mit Elektroantrieben versehen ist. Die Elektroantriebe sind mit den Antrieben für die Hauptbewegung des Stößels und/oder den Nebenbewegungen von Werkstücktransportelementen über eine zumindest sequentiell nutzbare Leitwelle und andererseits über Energiespeicher und/oder Energieaustauschmodule verbunden.

[0005] Die Verbindung zwischen Hauptantrieben und Nebenantrieben sowie Ziehkissen durch Leitwellen und Energieaustauschmodule stellt einen erheblichen Aufwand dar.

[0006] Des Weiteren offenbart die DE 198 21 159 A1 eine Tiefziehpresse, deren Stößel durch Servomotoren über Spindeln angetrieben ist. Das Ziehkissen ist ebenfalls über Spindeln durch Servomotoren angetrieben. Die verschiedenen Servomotoren des Stößels sind untereinander durch elektrische Wellen verbunden. Ebenso sind die Servomotoren des Ziehkissens durch elektrische Wellen verbunden. Beide Servomotorgruppen sind programmgesteuert ansteuerbar.

[0007] Von servomotorgesteuerten Maschinen gehen schwankende Netzbelastungen aus. Dies kann im Einzelfall schon bei einer Einzelmaschine zu Schwierigkeiten führen und stört spätestens dann, wenn mehrere parallel arbeitende Maschinen gleichzeitig Spitzenlast haben. Trotz effizienter Antriebstechnik können dadurch Energieverluste auftreten, die es zu vermeiden gilt.

[0008] Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Pressenanlage zu schaffen.

[0009] Diese Aufgabe wird mit der Pressenanlage nach Anspruch 1 und dem Verfahren zum Betrieb einer Pressenanlage gemäß Anspruch 12 gelöst:

[0010] Die erfindungsgemäße Pressenanlage weist einen Gleichspannungszwischenkreis auf, der über eine gesteuerte Gleichrichtereinrichtung aus einem Versorgungsnetz gespeist ist. Dieser Gleichspannungszwischenkreis versorgt alle Servoantriebseinrichtungen der Pressenanlage, d.h. die Servoantriebseinrichtungen der Stößel als auch die Servoantriebseinrichtungen der Nebenaggregate, wie beispielsweise Teiletransporteinrichtungen oder auch Zwischenablagen, Ziehkissen und dergleichen. Die betreffenden Servoantriebseinrichtungen werden aus dem Gleichspannungszwischenkreis vorzugsweise über Umrichtereinrichtungen mit Leistung versorgt. An dem Gleichspannungszwischenkreis ist außerdem ein Schwungradspeicher angeschlossen, der aus dem Gleichspannungszwischenkreis Energie entnimmt und gespeicherte Energie in den Gleichspannungszwischenkreis zurückspeisen kann. Eine übergeordnete Steuereinrichtung kontrolliert den Betrieb der Umrichtereinrichtungen und steuert diese. Durch diese Maßnahmen wird es möglich, die Schwankungen der dem Netz entnommenen Leistung zu vermindern bzw. zu minimieren. Somit ergibt sich eine nahezu konstante Stromaufnahme der Pressenanlage. Dies vermindert wiederum die vom Quadrat der Stromstärke abhängigen ohmschen Leitungsverluste in den Zuleitungen zu der Pressenanlage. Außer der Verminderung der Netzverluste ergibt sich auch eine Erhöhung der Netzqualität, d.h. eine Verminderung von lastschwankungsinduzierten Spannungsschwankungen. Außerdem vermindern sich die Kosten für den Energieanschluss, denn die installierte Leistung muss nun nicht mehr der Spitzenleistung der Presse sondern lediglich der mittleren Leistungsaufnahme derselben entsprechen. Durch den Gleichspannungszwischenkreis und die Umrichter zwischen dem Pressenantrieb und dem Schwungrad kann sichergestellt werden, dass die Servomotoren des Pressenantriebs und das Schwungrad mit unterschiedlichen und voneinander unabhängigen Drehzahlen betrieben werden können. Die Umrichter bilden ein elektrisches stufenloses Getriebe.

[0011] Die Steuereinrichtung steuert die Gleichrichtereinrichtung (sie auch als "Versorgungseinheit" bezeichnet wird) und legt fest, ob diese Energie in den Gleichspannungszwischenkreis (auch als "DC-Bus" bezeichnet) einspeist oder rückspeist. Dabei beachtet sie gegebene Stromgrenzen. Die Stromgrenzen können dynamisch festgelegt werden. Die Steuereinrichtung kann außerdem die Drehzahl des Schwungradspeichers und die Zwischenkreisspannung überwachen. Dabei kann sie das Einspeisen und Rückspeisen von Energie aus dem Netz in den DC-Bus und zurück anhand folgender Größen regulieren:

- Obere Grenze der Schwungradspeicherdrehzahl
- Untere Grenze der Schwungradspeicherdrehzahl
- Sollwert der Schwungradspeicherdrehzahl
- Istwert der Schwungradspeicherdrehzahl
- Sollwert der Zwischenkreisspannung
- Istwert der Zwischenkreisspannung

[0012] Die Regelung erfolgt dabei vorzugsweise mit dem Ziel der Minimierung der Netz-Lastspitzen, d.h. der Vergleichmäßigung der Netzbelastung. Zur Aktivierung des Schwungradspeichers kann das Sinken und Steigen der Zwischenkreisspannung erfasst und genutzt werden, das sich durch Unterschiede zwischen Energieverbrauch und Energielieferung aus dem Netz ergibt. Werden für die Energieentnahme aus dem Netz und die Rückspeisung in das Netz jeweils Obergrenzen festgesetzt, bleiben bei Lastspitzen oder Rückspeisespitzen Differenzbeträge übrig, die aus dem Schwungradspeicher entnommen oder in diesen rückgespeist werden.

[0013] Sinkt die Zwischenkreisspannung, wird der Bremsvorgang für den Schwungradspeicher eingeleitet. Das Schwungrad wird so lange abgebremst, bis die Zwischenkreisspannung den ursprünglichen Wert erreicht hat. Steigt die Zwischenkreisspannung, wird der Beschleunigungsvorgang für den Schwungradspeicher eingeleitet. Das Schwungrad wird so lange beschleunigt, bis die Zwischenkreisspannung den ursprünglichen (Soll-)Wert erreicht hat.

[0014] Die Stromgrenzen für das Einspeisen der Energie in den DC-Zwischenkreis und für das Rückspeisen von Energie in das Netz werden vorzugsweise so festgelegt, dass die langfristige, über mehrere Pressenhübe gemittelte Drehzahl des Schwungradspeichers konstant bleibt:

[0015] Mittels der dynamischen Änderbarkeit der Stromgrenzen für das Einspeisen und Rückspeisen von Energie in das oder aus dem Netz kann die speisende bzw. rückspeisende Energie beeinflusst werden. Die Stromgrenzen für das Einspeisen und Rückspeisen sind getrennte Parameter und von extern dynamisch ansteuerbar. Durch Änderung der Stromgrenze der Versorgungseinheit kann der Einsatzpunkt der Energie-Unterstützung vom Schwungradspeicher variiert werden. Durch Änderung der Rückspeise-Stromgrenze der Versorgungseinheit kann der Einsatzpunkt der Energie-Aufnahme vom Schwungradspeicher variiert werden.

[0016] Hinsichtlich der Schwungradrehzahl kann z.B. wie folgt gearbeitet werden: Nach dem Einschalten der Servopresse wird zuerst das Schwungrad des Schwungradspeichers auf die Solldrehzahl, d.h. ungefähr 2/3 der maximalen Drehzahl beschleunigt. Mit 2/3 Drehzahl ist der Schwungradspeicher bereit für eine Energieentnahme unter Drehzahlreduzierung oder für eine Energieaufnahme durch das Beschleunigen der Schwungradmasse von 2/3 auf die maximale Drehzahl. Um eine möglichst gleichförmige Netzbelastung zu erreichen, werden die Stromgrenzen so weit abgesenkt, dass die Stromspitzen so weit wie möglich von dem Schwungradspeicher ge-

liefert werden. Damit wird sein Drehzahlhub maximal. Die Schwungradrehzahl schwankt zwischen der Maximaldrehzahl und einer Minimaldrehzahl nahe Null.

[0017] Das Energieprofil (Zeitverlauf des Energiebedarfs) einer Servopresse ist abhängig von:

- der Umformarbeit
- dem Bewegungsprofil
- der Anzahl der Zyklen pro Minute.

[0018] Deshalb ist eine optimale Festlegung der Stromgrenzen für die Herstellung eines Teils möglicherweise nicht optimal für die Herstellung eines anderen Teils. Zur Abhilfe können die Stromgrenzen der Versorgungseinheit ausgehend von einer Grundeinstellung iterativ festgelegt werden. Die Stromgrenzen werden beim Einarbeiten so weit und so lange verringert, bis der Schwungradspeicher bei seiner Arbeit die obere und die untere Grenzdrehzahl erreicht. Dabei kann auch überwacht werden, ob das Schwungrad innerhalb eines Pressenzyklus die Solldrehzahl wieder erreicht.

[0019] Die für ein bestimmtes Teil (Werkstück) einmal ermittelten Daten, insbesondere die Stromgrenzen für das Speisen des DC-Busses aus dem Netz und für das Rückspeisen von Energie aus dem DC-Bus in das Netz können werkstückspezifisch in einem Werkstückdatenspeicher abgelegt werden. Später kann auf diese Daten zurückgegriffen werden, ohne die Presse neu einzurichten zu müssen.

[0020] Anstelle von Stromgrenzen (=Grenzwerte für den Strom) können auch Leistungsgrenzen (=Grenzwerte für die Leistung) herangezogen werden, wobei die vorige Beschreibung dann entsprechend gilt. Der Vorzug der Benutzung von Leistungsgrenzen liegt in der Unabhängigkeit der Gültigkeit der abgespeicherten Grenzwerte für die bei der Einarbeitung vorhandene, möglicherweise nicht konstante Netzspannung.

[0021] Durch die Begrenzung der Stromaufnahme bzw. Leistungsaufnahme der Gleichrichtereinrichtung und durch die Begrenzung des Strom und/oder der Leistung beim Rückspeisen ins Netz können für die Gleichrichtereinrichtung Bauelemente mit Nennströmen und Spitzenströmen verwendet werden, die geringer sind als die von der Pressenanlage geforderten Spitzenströme. Dies gestattet die Verkleinerung der Gleichrichtereinrichtung und die Verminderung des Investitionsaufwandes.

[0022] Die Schwungradspeichereinrichtung ist hinsichtlich der Speicherkapazität vorzugsweise so dimensioniert, dass ein festgelegter Teilbetrag ihrer Maximalkapazität ausreicht, alle in der Pressenanlage auftretenden Lastschwankungen zu puffern. Die Differenz zwischen diesem Teilbetrag und der maximalen Aufnahmekapazität des Schwungradspeichers entspricht der von dem Schwungradspeicher bei einem Nothalt der Pressenanlage maximal aufzunehmenden Bremsenergie. Auf diese Weise wird einerseits sichergestellt, dass der Schwungradspeicher zu einer vollkommenen Vergleichmäßigung der Netzbelastung herangezogen

werden kann, während andererseits ein schnelles, dabei aber kontrolliertes und synchronisiertes Stillsetzen aller Antriebe der Pressenanlage möglich wird. Nach einem Nothalt der Presse läuft der Schwungradspeicher mit maximaler Drehzahl. Eine Rückspeisung ins Netz musste nicht erfolgen.

[0023] Alternativ kann der Schwungradspeicher etwas kleiner dimensioniert werden, um bei einem Nothalt wenigstens einen großen Teil der von der Pressenanlage rückgelieferten Bremsenergie aufzunehmen und die Netzbelastung kontrolliert von Leistungsaufnahme auf Leistungsabgabe zu überführen.

[0024] Die Steuereinrichtung kann dabei dazu eingerichtet sein, die an den Servoantriebseinrichtungen umgesetzte Leistung zu erfassen. Dies kann beispielsweise durch Messung der Zeitverläufe der Spannungen und Ströme an den Servomotoren geschehen. Ergänzend oder alternativ können Leistungserfassungseinrichtungen an den Umrichtereinrichtungen vorgesehen sein. Werden beispielsweise die in die Umrichtereinrichtungen fließenden Gleichströme und die anliegenden Gleichspannungen überwacht, ergibt dies eine einfache und sichere Möglichkeit der Wirkleistungserfassung.

[0025] Die Steuereinrichtung kann einerseits die an jeder Umrichtereinrichtung bzw. jedem Servomotor während eines Pressenzyklus auftretenden Augenblicksleistungen integrieren und somit die in einem Pressenzyklus von dem betreffenden Antrieb aufgewandte oder auch rückgespeiste Arbeit bestimmen. Die Summe dieser an den einzelnen Antrieben gemessenen bzw. errechneten Energiemengen ist die zur Durchführung eines Pressenzyklus erforderliche, dem Netz zu entnehmende Energiemenge. Wird diese durch die Zeitdauer eines Pressenzyklus geteilt, ergibt sich die an der Gleichrichtereinrichtung einzustellende Leistungseinspeisung in den Gleichspannungszwischenkreis und somit die Netzbelastung. Unter Pressenzyklus wird in diesem Zusammenhang ein vollständiger Aufwärts- und Abwärts- hub des Stößels d.h. ein Arbeitstakt der Presse bezeichnet. Anfang und Ende dieses Pressenzyklus müssen nicht in einem Stößeltotpunkt liegen sondern können beliebig gewählt werden. Bei einer mehrstufigen Pressenanlage gelten Anfangs- und Endzeitpunkt für einen Arbeitszyklus einheitlich für alle Elemente und somit alle Servoantriebseinrichtungen der Pressenanlage.

[0026] Während die Steuereinrichtung somit einerseits die Gleichrichtereinrichtung in Abhängigkeit von dem für einen Pressenzyklus zu verzeichnenden Energiebedarf steuert, kann sie andererseits den Schwungradspeicher in Abhängigkeit von der Augenblicksleistung der einzelnen Servoantriebseinrichtungen steuern. Ergibt sich die Steuerung der Gleichrichtereinrichtung aus der Energiebilanz wird der Schwungradspeicher entsprechend der Leistungsbilanz gesteuert. Er ergänzt in jedem Augenblick die Differenz zwischen der tatsächlichen Leistungsaufnahme der Presse und der dem Netz entnommenen Leistung.

[0027] Die Steuereinrichtung kann außerdem die

Spannung des Gleichspannungszwischenkreises überwachen. Diese muss nicht notwendigerweise konstant gehalten werden. Es ist jedoch zweckmäßig, sie innerhalb vernünftiger Grenzen zu halten, um keine zu hohen Spannungen auftreten zu lassen und um andererseits zu verhindern, dass zu wenig Spannung für den Betrieb der Umrichter ansteht.

[0028] Bei der Festlegung der Steuerstrategie aller Umrichter wird vorzugsweise zunächst davon ausgegangen, dass alle Servoantriebseinrichtungen ausschließlich entsprechend den Bearbeitungsablauf der Werkstücke angesteuert, d.h. ohne Rücksicht auf etwaige auftretende Spitzenlasten angesteuert werden. Die auftretenden Lastspitzen werden durch den Schwungradspeicher aufgefangen. Somit hat der Bediener bei der Festlegung von Hubzahlen, Umformkräften, Beschleunigungen und dergleichen volle Gestaltungsfreiheit. Er kann das Leistungsvermögen aller Antriebe maximal ausnutzen, ohne dabei Rücksicht auf die Leistungsaufnahme der Pressenanlage insgesamt nehmen zu müssen.

[0029] Weitere Einzelheiten vorteilhafter Ausführungsformen ergeben sich aus den entsprechenden Verfahrensansprüchen sowie der Zeichnung und der Beschreibung.

[0030] In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung veranschaulicht. Es zeigen:

- Figur 1 eine Pressenanlage als Pressenlinie mit Servoantriebseinrichtungen für die Stößel und Nebenaggregate in schematisierter Darstellung,
- Figur 2 eine Pressenanlage, ausgebildet als Transferpresse mit mehreren servomotorgetriebenen Pressenstufen und servomotorgetriebenen Nebenaggregaten,
- Figur 3 das elektrische Schema der Pressenanlage nach Figur 1 oder Figur 2,
- Figur 4 Diagramme zur Veranschaulichung des Leistungsbedarfs verschiedener Servoantriebseinrichtungen und des Schwungradspeichers und
- Figur 5 ein Diagramm zur Darstellung der Dimensionierung der Kapazität des Schwungradspeichers.

[0031] In Figur 1 ist eine Pressenanlage 1 veranschaulicht, zu der zumindest eine, im vorliegenden Ausführungsbeispiel aber mehrere einzelne Pressen 2, 3, 4 gehören. Diese dienen der stufenweisen Umformung eines Werkstücks, z.B. eines Blechteils, wie eines Karosserieteils oder dergleichen, das die Pressen 2, 3, 4 nacheinander durchläuft. Die Presse 2 ist als Ziehpresse ausgebildet während die Pressen 3, 4 Folgepressen darstellen. Jede Presse 2, 3, 4 weist jeweils einen Stößel 5, 6, 7 auf. Zum Antrieb des Stößels 5 dienen zumindest ein, vorzugsweise mehrere Servomotoren 8, 9. Entsprechend sind die Stößel 6, 7 von Servomotoren 10, 11, 12,

13 angetrieben. Die Servomotoren 8 bis 13 treiben den Stößel 5, 6, 7 über ein geeignetes Getriebe an, wie beispielsweise ein Spindelhubgetriebe. Es können auch Direktantriebe, Linearmotoren oder anderweitige Konfigurationen zur Anwendung kommen. Unterhalb der Stößel 5 bis 7 ist jeweils ein Pressentisch 14, 15, 16 angeordnet. Zur Umformung der Werkstücke dienen Werkzeuge 17, 18, 19, deren Unterwerkzeug 17a, 18a, 19a auf dem Pressentisch 14, 15, 16 ruht. Das zugehörige Oberwerkzeug 17b, 18b, 19b ist an dem jeweiligen Stößel 5, 6, 7 befestigt. Das Werkzeug 17 ist ein Ziehwerkzeug. Das Unterwerkzeug 17a arbeitet mit einem Ziehkissen zusammen, zu dem ein oder mehrere Servoantriebe 20, 21 gehören können.

[0032] Um den Teiletransport zu bewirken, ist eine Teiletransporteinrichtung 22 vorgesehen, zu der ein oder mehrere Feeder 23 und Handlingeinheiten 24 gehören können. Diese sind mit Greifermitteln versehen, um Blechteile in die Werkzeuge 17, 18, 19 hinein und aus diesen heraus zu schaffen. Zwischen den Pressen 2, 3 und 3, 4 können Zwischenablageeinrichtungen 25, 26 vorgesehen sein. Auch diese Zwischenablagen sind Aggregate, die mit eigenen Servoantrieben versehen sein können.

[0033] Die in Figur 2 veranschaulichte Pressenanlage 1' wird durch eine Transferpresse gebildet. Sie unterscheidet sich dadurch, dass die Pressen 2, 3, 4 keine gesonderten Pressengestelle aufweisen, sondern zu einer Transferpresse vereinigt sind, indem sie ein gemeinsames Pressengestell aufweisen. In diesem sind ein oder mehrere Stößel 5, 6, 7 angeordnet. Die vorstehende Beschreibung gilt für die Ausführungsform der Pressenanlage 1' nach Figur 2 entsprechend, wobei jedoch auf die Zwischenablagen 25, 26 verzichtet werden kann.

[0034] Figur 3 veranschaulicht schematisch das elektrische Antriebssystem 27 der Pressenanlage 1, mit dem ein Energiemanagement durchgeführt wird. Zu dem Antriebssystem 27 gehören alle in das Energiemanagement einbezogenen Servomotoren. In Figur 3 sind dazu beispielhaft die Servomotoren 8, 9, 10, 11 der Pressen 2 und 3 für den Antrieb der Stößel 5, 6 und die Servoantriebe 20, 21 des Ziehkissens veranschaulicht. Diese Servomotoren 8 bis 11 sowie 20, 21 werden über Umrichtereinheiten 28, 29, 30, 31, 32, 33 aus einem gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreis 34 gespeist. Die Umrichtereinheiten 28 bis 33 wandeln dabei die Gleichspannung in eine Wechselspannung gewünschter Frequenz und Stromstärke um, um die angeschlossenen Servomotoren 8, 9, 10, 11, 20, 21 zu betreiben. Eine Steuereinrichtung 35 ist dazu vorgesehen, die einzelnen Umrichtereinheiten 28 bis 33 zu steuern. Sie weist dazu entsprechende Steuerausgänge 36, 37, 38 auf. Außerdem weist die Steuereinrichtung 35 Eingänge 39, 40, 41 auf, die mit Einrichtungen 42, 43, 44 zur Leistungserfassung in den Servomotoren 8, 9, 10, 11, 20, 21 auf. Beispielsweise können die Einrichtungen 42 bis 44 Mittel sein, mit denen der aus dem Gleichspannungszwischenkreis 34 den Umrichtern 28 bis 33 zufließende Strom

erfasst wird.

[0035] Der Gleichspannungszwischenkreis wird über einen im einfachsten Fall ungesteuerten, vorzugsweise aber gesteuerten Gleichrichter aus einem Versorgungsnetz 46 mit Spannung und Leistung versorgt. Eine Leistungserfassungseinrichtung 47 kann dazu dienen, die von dem Gleichrichter 45 an den Gleichspannungszwischenkreis 34 gelieferte Leistung in ein kennzeichnendes Signal umzusetzen, das an die Steuereinrichtung 35 geliefert wird.

[0036] Zu dem Antriebssystem 27 gehört außerdem ein Schwungradspeicher 48, der eine aus einem Motor 49 und einem Schwungrad 50 gebildete Einheit aufweist. Die von dem Schwungradspeicher 48 aufgenommene oder abgegebene Leistung kann durch eine Leistungserfassungseinrichtung 51 an der Verbindungsleitung zwischen dem Gleichspannungszwischenkreis 34 und einem Umrichter 52 erfasst und über eine Leitung an die Steuereinrichtung 35 gemeldet werden.

[0037] Während in Figur 3 lediglich einige ausgewählte Servomotoren und deren zugehörige Umrichter veranschaulicht sind, versteht es sich, dass das Antriebssystem 27 alle vorhandenen Servomotoren einbeziehen kann, die aus dem Gleichspannungszwischenkreis zu speisen sind.

[0038] Die Pressenanlage 1 sowie 1' und das Antriebssystem 27 arbeiten wie folgt.

[0039] Um die Pressenanlage 1 in Betrieb zu setzen, werden zunächst die Bewegungskurven der einzelnen Servomotoren 8, 9, 10, 11, 20, 21 in Abhängigkeit von einem zentralen Pressentakt festgelegt, indem sie beispielsweise als Datensatz eingegeben oder auch von Hand programmiert werden. Die Presse wird dann in Betrieb gesetzt, indem der Gleichrichter 45 aktiviert wird und den Gleichspannungszwischenkreis 34 mit Gleichspannung versorgt. Über den Umrichter 52 wird der Schwungradspeicher 48 mit einer Pufferenergie aufgeladen, d.h. einem Energiebetrag, der erforderlich ist, um an den Servomotoren 8, 9, 10, 11, 20, 21 auftretende Lastspitzen zu puffern. Die Pufferenergie P ist in Figur 5 als Teilbetrag einer maximalen Speicherenergie M dargestellt, die der Schwungradspeicher 48 aufnehmen kann. Sie ist höchstens so groß wie ein maximaler Pufferwert $P_{\max}$. Dieser ist so bemessen, dass eine in voller Geschwindigkeit laufende Pressenanlage 1 notgebremst werden kann und die verbleibende Differenz zwischen Maximalenergie M und maximaler Pufferenergie $P_{\max}$ ausreicht, um den beim Bremsen frei werdenden Energiebetrag aufzunehmen.

[0040] Es werden dann die einzelnen Umrichter 28, 29, 30, 31, 32, 33 so angesteuert, dass die angeschlossenen Servomotoren die gewünschten Bewegungen vollführen. Figur 4 veranschaulicht dabei beispielsweise die Leistungsaufnahme und -abgabe der Servomotoren 8, 9, aufgetragen über dem Pressenwinkel α , der einem zentralen Pressentakt entspricht. 360° des Pressenwinkels α entsprechen der Umdrehung einer Exzenterwelle einer herkömmlichen Presse und somit bei den Pressen-

anlagen nach Figur 1 und 2 einem vollen Hub und Rückhub des jeweiligen Stößels 5, 6, 7.

[0041] Wie ersichtlich, weist die Leistungsaufnahme des Stößelantriebs gemäß Kurve I ein ausgeprägtes Maximum auf, das beispielsweise bei der Blechumformung auftritt. Außerdem kann ein negativer Teil vorhanden sein, was Energierückspeisung bedeutet. Die Servoantriebe der einzelnen Pressen 2, 3, 4 können unterschiedliche Kurven aufweisen und zueinander phasenversetzt arbeiten.

[0042] Ein weiteres Diagramm zeigt eine Kurve II, die die Leistungsaufnahme und -abgabe des Servomotors 21 des Ziehkissens charakterisieren kann. Ein ausgeprägter rückspeisender Abschnitt ist beispielsweise gerade dort vorhanden, wo der Servomotor des Stößels erheblich Positivleistung fordert.

[0043] Eine weitere Kurve III kennzeichnet beispielhaft die Leistungsaufnahme weiterer Aggregate, beispielsweise der Zwischenablagen 25, 26 oder der Teiletransporteinrichtung 22.

[0044] Die Steuereinrichtung 35 kann beispielsweise so beschaffen sein, dass sie die Leistungsaufnahmen gemäß der Kurven I, II und III integriert und somit die aufzunehmende Gesamtarbeit bestimmt. Dieses Integral ist in Figur 4 für die Kurven I, II, III jeweils gesondert veranschaulicht (Kurven Ia, IIa und IIIa). Das Gesamtintegral, d.h. die Summe der Kurven Ia, IIa, IIIa ergibt die von der Pressenanlage 1 für einen Pressentakt aufzunehmende elektrische Arbeit, die, wenn sie auf den Pressenwinkel α bezogen wird, als konstante Leistung IV aufgefasst werden kann. Diese Leistung IV ist dem Netz zu entnehmen. Um dies zu erreichen, puffert der Schwungradspeicher 48 in jedem Pressentakt die Leistung, was in Figur 4 eine Kurve VII veranschaulicht. Mit anderen Worten, der Umrichter 52 wird gerade so gesteuert, dass zu jedem Zeitpunkt die von dem Gleichspannungszwischenkreis 34 abgehende Leistung einem Wert entspricht, der gleich der gesamten, für einen Pressenzyklus erforderlichen Arbeit geteilt durch die für den Pressenzyklus zur Verfügung stehende Zeit ist.

[0045] Wie ersichtlich, durchläuft der Schwungradspeicher 48 Phasen der Energieaufnahme und Phasen der Energieabgabe. Dabei wird sein Füllstand von der Steuereinrichtung 35 überwacht. Sie legt fest und stellt sicher, dass der Schwungradspeicher 48 zu Anfang und zu Ende jedes Pressenzyklus mit der gleichen Drehzahl läuft, so dass er sich mit der Zeit weder auflädt noch entlädt. Außerdem stellt sie sicher, dass sein Speichergehalt zu keinem Zeitpunkt einen Wert $P_{\max}$ überschreitet. Somit steht in jedem Zeitpunkt eine Leistungsreserve R (siehe Figur 5) zur Verfügung, die ausreicht, bei einem Nothalt die Bremsenergie der gesamten Pressenanlage 1 aufzunehmen. Außerdem wird das Energiemanagement durch die Steuereinrichtung 35 vorzugsweise so betrieben, dass der Inhalt des Schwungradspeichers 42 zu keinem Zeitpunkt des Pressenzyklus einen Minimalwert $P_{\min}$ unterschreitet. Der Minimalwert $P_{\min}$ ist so festgelegt, dass bei einem zu einem beliebigen Zeitpunkt

stattfindenden Ausfall des Versorgungsnetzes die in dem Schwungradspeicher 48 zur Verfügung stehende Energie ausreicht, um den angefangenen Pressenzyklus zu Ende zu führen, so dass alle Antriebe geordnet und synchron in eine sichere Lage fahren und Kollisionen vermieden werden. Die minimal gespeicherte und somit in dem Schwungradspeicher dauerhaft vorhandene elektrische Arbeit ist mindestens so groß wie die zur Durchführung eines Pressenzyklus erforderliche elektrische Arbeit. Vorzugsweise ist die gespeicherte Energie etwas höher, um auch nach Vollendung des Pressenzyklus angeschlossene informationstechnische Anlagen, beispielsweise Computer und dergleichen, noch ausreichend mit Spannung weiter versorgen zu können.

[0046] Eine Pressenanlage mit Energiemanagementsystem weist einen Schwungradspeicher auf, der einerseits ausreichend Kapazität zur Aufnahme der bei einem Nothalt aufzunehmenden Energie hat und andererseits so betrieben wird, dass er zu jedem Zeitpunkt ausreichend Energie aufweist, um einen beliebigen angefangenen Pressenzyklus geordnet zu Ende zu führen. Eine zentrale Steuereinrichtung überwacht den Betrieb aller an einen Gleichspannungszwischenkreis angeschlossenen Servoantriebseinrichtungen und den Schwungradspeicher. Die Pufferung der elektrischen Energie aus dem Gleichspannungszwischenkreis ergibt einen guten Wirkungsgrad. Alterung, wie sie bei Kondensatoren auftritt, wird vermieden. Es wird eine hohe Energiedichte und eine Reaktionsgeschwindigkeit im Millisekundenbereich erhalten, wobei eine beliebige Anzahl von Lade- und Entladezyklen möglich ist. Der Schwungradspeicher ist modularisierbar. Leistungserhöhung kann durch Parallelschaltung von Schwungradspeichern erhalten werden. In jedem Fall ergibt sich eine lange Lebensdauer. Für kurze Zeiten, beispielsweise 60 Sekunden, kann der Schwungradspeicher überlastfähig gestaltet werden. Beispielsweise kann seine Leistungsaufnahme auf bis zu 160 Prozent gespeichert werden, was beispielsweise für die Durchführung einer Notabschaltung ausgenutzt werden kann. Ist der Schwungradspeicher überladen, kann seine Energie ins Netz rückgespeist werden, wenn der zur Versorgung des Gleichspannungszwischenkreises 34 dienende Gleichrichter entsprechend als steuerbarer Umrichter ausgebildet ist.

[0047] Der Schwungradspeicher 48 kann, wie beschrieben, über die Bestimmung der Leistungsbilanz der einzelnen Antriebe gesteuert werden. Es ist auch möglich, den Schwungradspeicher anhand der im Gleichspannungszwischenkreis 34 gemessenen Spannung zu betreiben. Steigt diese wird der Gleichspannungszwischenkreis 34 durch den Schwungradspeicher 48 belastet - er nimmt somit Energie auf. Sinkt sie, gibt die Steuereinrichtung aus dem Schwungradspeicher 48 Energie auf den Gleichspannungszwischenkreis 34 zurück, so dass sie wieder ansteigt. Lastspitzen innerhalb der Pressenanlage 1 werden somit vom Versorgungsnetz 46 fern gehalten.

[0048] Bei einer bevorzugten Ausführungsform steu-

ert die Steuereinrichtung die Gleichrichtereinrichtung (sie auch als "Versorgungseinheit" bezeichnet wird) und legt fest, ob diese Energie in den Gleichspannungszwischenkreis (auch als "DC-Bus" bezeichnet) einspeist oder rückspeist. Dabei beachtet sie gegebene Leistungsgrenzen. Die Leistungsgrenzen können dynamisch festgelegt werden. Die Steuereinrichtung kann außerdem die Drehzahl des Schwungradspeichers und die Zwischenkreisspannung überwachen. Dabei kann sie das Einspeisen und Rückspeisen von Energie aus dem Netz in den DC-Bus und zurück anhand folgender Größen regulieren:

- Obere Grenze der Schwungradspeicherdrehzahl
- Untere Grenze der Schwungradspeicherdrehzahl
- Sollwert der Schwungradspeicherdrehzahl
- Istwert der Schwungradspeicherdrehzahl
- Sollwert der Zwischenkreisspannung
- Istwert der Zwischenkreisspannung

[0049] Die Regelung erfolgt dabei vorzugsweise mit dem Ziel der Minimierung der Netz-Lastspitzen, d.h. der Vergleichmäßigung der Netzbelastung. Zur Aktivierung des Schwungradspeichers kann das Sinken und Steigen der Zwischenkreisspannung erfasst und genutzt werden, das sich durch Unterschiede zwischen Energieverbrauch und Energielieferung aus dem Netz ergibt. Werden für die Energieentnahme aus dem Netz und die Rückspeisung in das Netz jeweils Obergrenzen festgesetzt, bleiben bei Lastspitzen oder Rückspeisespitzen Differenzbeträge übrig, die aus dem Schwungradspeicher entnommen oder in diesen rückgespeist werden.

[0050] Sinkt die Zwischenkreisspannung, wird der Bremsvorgang für den Schwungradspeicher eingeleitet. Das Schwungrad wird so lange abgebremst, bis die Zwischenkreisspannung den ursprünglichen Wert erreicht hat. Steigt die Zwischenkreisspannung, wird der Beschleunigungsvorgang für den Schwungradspeicher eingeleitet. Das Schwungrad wird so lange beschleunigt, bis die Zwischenkreisspannung den ursprünglichen (Soll-)Wert erreicht hat.

[0051] Die Leistungsgrenzen für das Einspeisen der Energie in den DC-Zwischenkreis und für das Rückspeisen von Energie in das Netz werden vorzugsweise so festgelegt, dass die langfristige, über mehrere Pressenhübe gemittelte Drehzahl des Schwungradspeichers konstant bleibt:

[0052] Mittels der dynamischen Änderbarkeit der Leistungsgrenzen für das Einspeisen und Rückspeisen von Energie in das oder aus dem Netz kann die speisende bzw. rückspeisende Energie beeinflusst werden. Die Leistungsgrenzen für das Einspeisen und Rückspeisen sind getrennte Parameter und von extern dynamisch ansteuerbar. Durch Änderung der Leistungsgrenzen der Versorgungseinheit kann der Einsatzpunkt der Energie-Unterstützung vom Schwungradspeicher variiert werden. Durch Änderung der Rückspeise-Leistungsgrenzen der Versorgungseinheit kann der Einsatzpunkt der Energie-

Aufnahme vom Schwungradspeicher variiert werden.

[0053] Hinsichtlich der Schwungradrehzahl kann z.B. wie folgt gearbeitet werden: Nach dem Einschalten der Servopresse wird zuerst das Schwungrad des Schwungradspeichers auf die Solldrehzahl, d.h. z.B. ungefähr 2/3 der maximalen Drehzahl beschleunigt. Mit Erreichen der Solldrehzahl ist der Schwungradspeicher bereit für eine Energieentnahme unter Drehzahlreduzierung oder für eine Energieaufnahme durch das Beschleunigen der Schwungradmasse von Solldrehzahl auf die maximale Drehzahl. Um eine möglichst gleichförmige Netzbelastung zu erreichen, werden die Leistungsgrenzen so weit abgesenkt, dass die Leistungsspitzen so weit wie möglich von dem Schwungradspeicher geliefert werden. Damit wird sein Drehzahlhub maximal. Die Schwungradrehzahl schwankt zwischen der Maximaldrehzahl und einer Minimaldrehzahl nahe Null.

[0054] Das Energieprofil (Zeitverlauf des Energiebedarfs) einer Servopresse ist abhängig von:

- der Umformarbeit
- dem Bewegungsprofil
- der Anzahl der Zyklen pro Minute.

[0055] Deshalb ist eine optimale Festlegung der Leistungsgrenzen für die Herstellung eines Teils möglicherweise nicht optimal für die Herstellung eines anderen Teils. Zur Abhilfe können die Leistungsgrenzen der Versorgungseinheit ausgehend von einer Grundeinstellung iterativ festgelegt werden. Die Leistungsgrenzen werden beim Einarbeiten so weit und so lange verringert, bis der Schwungradspeicher bei seiner Arbeit die obere und die untere Grenzdrehzahl erreicht. Dabei kann auch überwacht werden, ob das Schwungrad innerhalb eines Pressenzyklusses die Solldrehzahl wieder erreicht.

[0056] Die für ein bestimmtes Teil (Werkstück) einmal ermittelten Daten, insbesondere die Leistungsgrenzen für das Speisen des DC-Busses aus dem Netz und für das Rückspeisen von Energie aus dem DC-Bus in das Netz können werkstückspezifisch in einem Werkstückdatenspeicher abgelegt werden. Später kann auf diese Daten zurückgegriffen werden, ohne die Presse neu einarbeiten zu müssen.

[0057] Bei Netzausfall werden alle Servoantriebe kontrolliert gebremst. Die kinetische Energie der bewegten Massen wird durch Generatorbetrieb der Servomotoren in den Gleichspannungszwischenkreis 34 gebracht und letztendlich in den Schwungradspeicher 48 überführt. Beim kontrollierten Bremsen wird somit die Synchronisation aller Servomotoren und somit insbesondere die Synchronisation zwischen Teiletransport und Stößelbewegung aufrecht erhalten. Die Stößel können in eine sichere Ruheposition gefahren werden, in der sie beispielsweise zu verriegeln sind. Daten können geordnet abgespeichert werden. Datenverarbeitungsanlagen können mit der Energie aus dem Schwungradspeicher 48 weiter betrieben werden. Eine Zerstörung von Umrichter- und Antriebselektronik durch unkontrollierten An-

stieg der Zwischenkreisspannung wird wirksam vermieden. Ebenso wird eine Desynchronisation einzelner Antriebe mit der Gefahr von Kollision von Teilen der Pressenanlage vermieden.

Patentansprüche

1. Pressenanlage (1), insbesondere Großteile-Pressenanlage, mit einem Gleichspannungs-Zwischenkreis (34), der über eine Gleichrichtereinrichtung (45) aus einem Versorgungsnetz (46) gespeist ist, mit zumindest einer elektrischen, über eine Umrichtereinrichtung (28) aus dem Gleichspannungs-Zwischenkreis (34) gespeiste Servoantriebseinrichtung (8) für zumindest eine Pressenstufe (2), zu der ein von der Servoantriebseinrichtung (8) angetriebener Stößel (5) und ein bezüglich des Stößels (5) ortsfest angeordneter Pressentisch (14) gehören, mit zumindest einer Teiletransporteinrichtung (22), die wenigstens ein Werkstückgreifermittel aufweist, dem zumindest eine elektrische, über eine Umrichtereinrichtung (32) aus dem Gleichspannungs-Zwischenkreis (34) gespeiste Servoantriebseinrichtung (20) zugeordnet ist, mit einem Schwungradspeicher (48), der über eine Umrichtereinrichtung (52) an den Gleichspannungs-Zwischenkreis (34) angeschlossen ist, um Energie aus diesem zu entnehmen und Energie in diesen zurück zu speisen, und mit einer Steuereinrichtung (35), die an die Umrichtereinrichtungen (28, 32, 52) und, falls diese steuerbar ist, an die Gleichrichtereinrichtung (45) angeschlossen ist, um diese zu steuern.
2. Pressenanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) außerdem mit dem Gleichspannungs-Zwischenkreis (34) verbunden ist, um die Spannung in diesem zu erfassen.
3. Pressenanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) die Servoantriebseinrichtungen (8, 20) dem Bearbeitungsablauf der Werkstücke entsprechend steuert.
4. Pressenanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) die Gleichrichtereinrichtung (45) und den Schwungradspeicher (48) während des Betriebs der Pressenanlage (1) so steuert oder regelt, dass die Netzleistungsaufnahme innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten wird.
5. Pressenanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) die Gleichrichtereinrichtung (45) Stromgrenzen oder

Leistungsgrenzen sowohl für die Strom-bzw. Leistungsentnahme aus dem Netz sowie auch für die Strom-bzw. Leistungsrückspeisung in das Netz enthält.

5

6. Pressenanlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strom- bzw. Leistungsgrenzen so festgelegt sind, dass der Drehzahlhub des Schwungradspeichers (48) maximal wird.

10

7. Pressenanlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strom- bzw. Leistungsgrenzen so festgelegt sind, dass der Drehzahlverlauf des Schwungradspeichers in allen aufeinander folgenden Pressenzyklen der gleiche ist.

15

8. Pressenanlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strom- bzw. Leistungsgrenzen so festgelegt sind, dass die Netzbelastung minimiert ist.

20

9. Pressenanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) die Gleichrichtereinrichtung (45) und den Schwungradspeicher (48) während des Betriebs der Pressenanlage (1) so steuert oder regelt, dass die Netzleistungsaufnahme konstant bleibt.

25

10. Pressenanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Umrichtereinrichtung (28, 32, 52) eine Leistungserfassungseinrichtung (42, 44, 51) zugeordnet ist, die mit der Steuereinrichtung (35) verbunden ist, um ein die aktuell umgesetzte Leistung kennzeichnendes Signal an diese zu senden.

30

35

11. Pressenanlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) die von allen Servoantriebseinrichtungen (28, 32, 52) während eines Pressenzyklus umgesetzten Leistungen über einen Pressenzyklus integriert, um die an jeder Servobetriebseinrichtung (28, 32, 52) umgesetzte Arbeit zu bestimmen.

40

12. Pressenanlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung die Summe der an den Servoantriebseinrichtungen (28, 32, 52) umgesetzten Arbeit bestimmt und die Gleichrichtereinrichtung (45) so steuert, dass während eines Pressenzyklus dem Versorgungsnetz (46) eine dieser entsprechende Energiemenge entnimmt.

45

50

13. Pressenanlage nach Anspruch 1 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) den Schwungradspeicher (48) so steuert, dass die in ihm gespeicherte Energie bei stationärem Betrieb der Pressenanlage (1) zu Beginn eines Pressenzyklus gleich der in ihm gespeicherten Energie zu Ende eines Pressenzyklus ist.

55

14. Pressenanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) den Schwungradspeicher (48) so steuert, dass er zu jedem Zeitpunkt des Pressenzyklus ein verbleibendes Fassungsvermögen aufweist, das ausreicht, um die bei einem Nothalt der Pressenanlage (1) von den Servoantriebseinrichtungen (28, 32, 52) zurück gespeiste Energie aufzunehmen.
15. Pressenanlage nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) den Schwungradspeicher (48) so steuert, dass dieser bei einem Nothalt der Pressenanlage außerdem Netzenergie aufnehmen kann, um die Netzbelastung kontrolliert von dem Betriebswert auf Null zu fahren.
16. Verfahren zum Betrieb einer Pressenanlage (1), insbesondere Großteile-Pressenanlage, mit einem Gleichspannungs-Zwischenkreis (34), der über eine gesteuerte Gleichrichtereinrichtung (45) aus einem Versorgungsnetz (46) gespeist ist, wobei an der Gleichrichtereinrichtung (45) die dem Versorgungsnetz (46) entnommene Leistung erfasst wird, mit zumindest einer elektrischen, über eine Umrichtereinrichtung (28) aus dem Gleichspannungs-Zwischenkreis (34) gespeiste Servoantriebseinrichtung (8) für zumindest eine Pressenstufe (2), zu der ein von der Servoantriebseinrichtung (8) angetriebener Stößel (5) und ein bezüglich des Stößels (5) ortsfest angeordneter Pressentisch (14) gehören, wobei an der Umrichtereinrichtung (29) die in die oder aus der Servobetriebseinrichtung (8) fließende Leistung erfasst wird, mit zumindest einer Teiletransporteinrichtung (22), die wenigstens ein Werkstückgreifermittel aufweist, dem zumindest eine elektrische, über eine Umrichtereinrichtung (32) aus dem Gleichspannungs-Zwischenkreis (34) gespeiste Servoantriebseinrichtung (20) zugeordnet ist, wobei an der Umrichtereinrichtung (32) die in die oder aus der Servobetriebseinrichtung (20) fließende Leistung erfasst wird, mit einem Schwungradspeicher (48), der über eine Umrichtereinrichtung (52) an den Gleichspannungs-Zwischenkreis (34) angeschlossen ist, um Energie aus diesem zu entnehmen und Energie in diesen zurück zu speisen, wobei an der Umrichtereinrichtung (52) die in den oder aus dem Schwungradspeicher (48) fließende Leistung erfasst wird, und mit einer Steuereinrichtung (35), die die Umrichtereinrichtungen (28, 32, 52) und, falls sie steuerbar ausgebildet ist, die Gleichrichtereinrichtung (45) anhand der erfassten Leistungen steuert.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) außerdem mit dem Gleichspannungs-Zwischenkreis (34) verbunden ist und die Spannung in diesem erfasst.
18. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) die Servoantriebseinrichtungen (28, 32, 52) dem Bearbeitungsablauf der Werkstücke entsprechend steuert.
19. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) die Gleichrichtereinrichtung (45) und den Schwungradspeicher (48) während des Betriebs der Pressenanlage (1) so steuert oder regelt, dass die Netzleistungsaufnahme innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten wird.
20. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) die Gleichrichtereinrichtung (45) und den Schwungradspeicher (48) während des Betriebs der Pressenanlage (1) so steuert oder regelt, dass die Netzleistungsaufnahme konstant bleibt.
21. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Umrichtereinrichtung (28, 32, 52) eine Leistungserfassungseinrichtung (42, 44, 51) zugeordnet ist, die mit der Steuereinrichtung (35) verbunden ist und ein die aktuell umgesetzte Leistung kennzeichnendes Signal an diese sendet.
22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) die von allen Servoantriebseinrichtungen (28, 32, 52) während eines Pressenzyklus umgesetzten Leistungen über einen Pressenzyklus integriert, um die an jeder Servobetriebseinrichtung (28, 32, 52) umgesetzte Arbeit zu bestimmen.
23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung die Summe der an den Servoantriebseinrichtungen (28, 32, 52) umgesetzten Arbeit bestimmt und die Gleichrichtereinrichtung (45) so steuert, dass während eines Pressenzyklus dem Versorgungsnetz (46) eine dieser entsprechende Energiemenge entnimmt.
24. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) den Schwungradspeicher (48) so steuert, dass die in ihm gespeicherte Energie bei stationärem Betrieb der Pressenanlage (1) zu Beginn eines Pressenzyklus gleich der in ihm gespeicherten Energie zu Ende eines Pressenzyklus ist.
25. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (35) den Schwungradspeicher (48) so steuert, dass er zu jedem Zeitpunkt des Pressenzyklus ein verbleibendes Fassungsvermögen aufweist, das ausreicht, um die bei einem Nothalt der Pressenanlage (1) von den Servoantriebseinrichtungen (28, 32, 52) zurück ge-

speiste Energie aufzunehmen.

26. Verfahren nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung () den Schwungradspeicher so steuert, dass dieser bei einem Nothalt der Pressenanlage außerdem Netzen-
ergie aufnehmen kann, um die Netzbelastung kon-
trolliert von dem Betriebswert auf Null zu fahren.

5

10

15

20

25

30

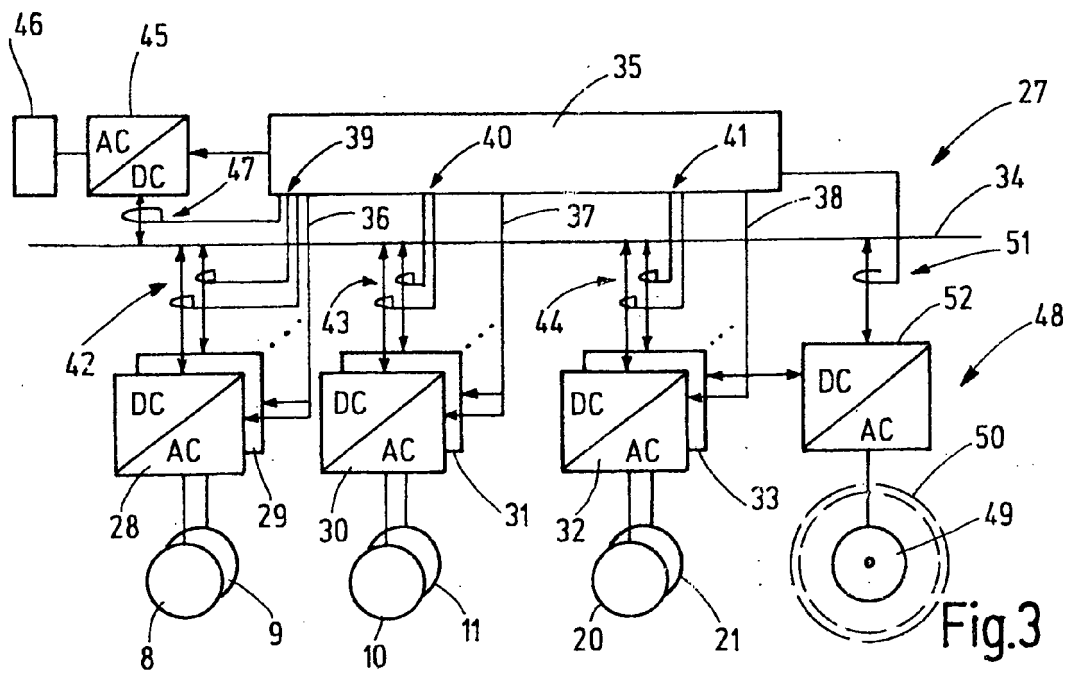
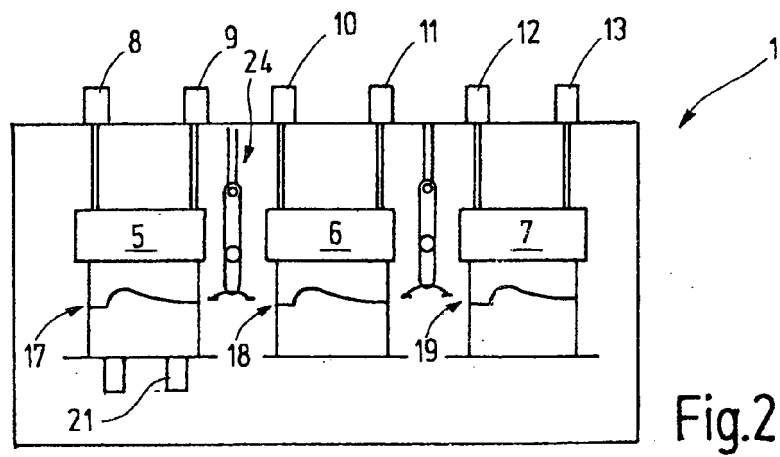
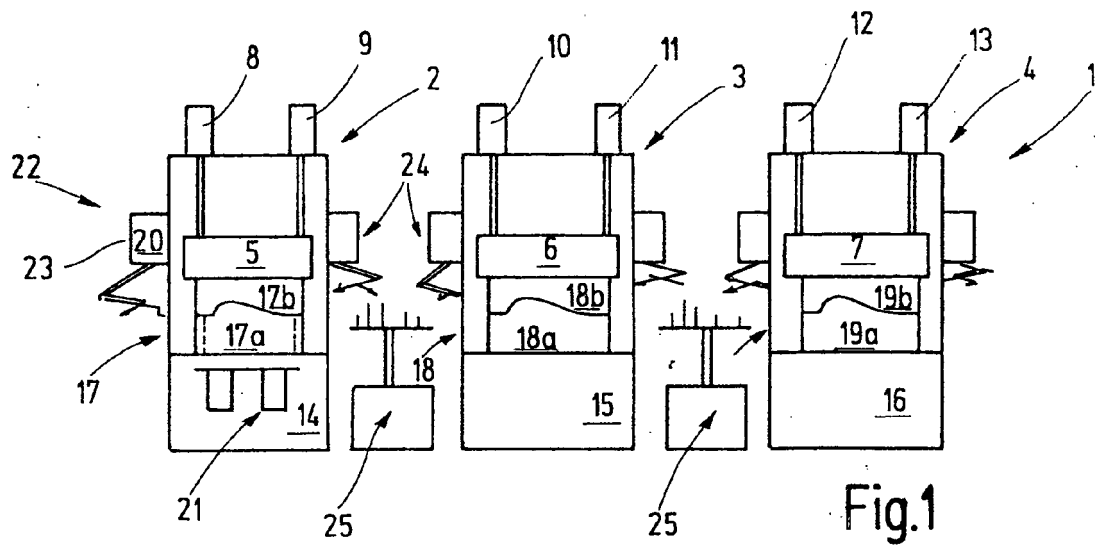
35

40

45

50

55



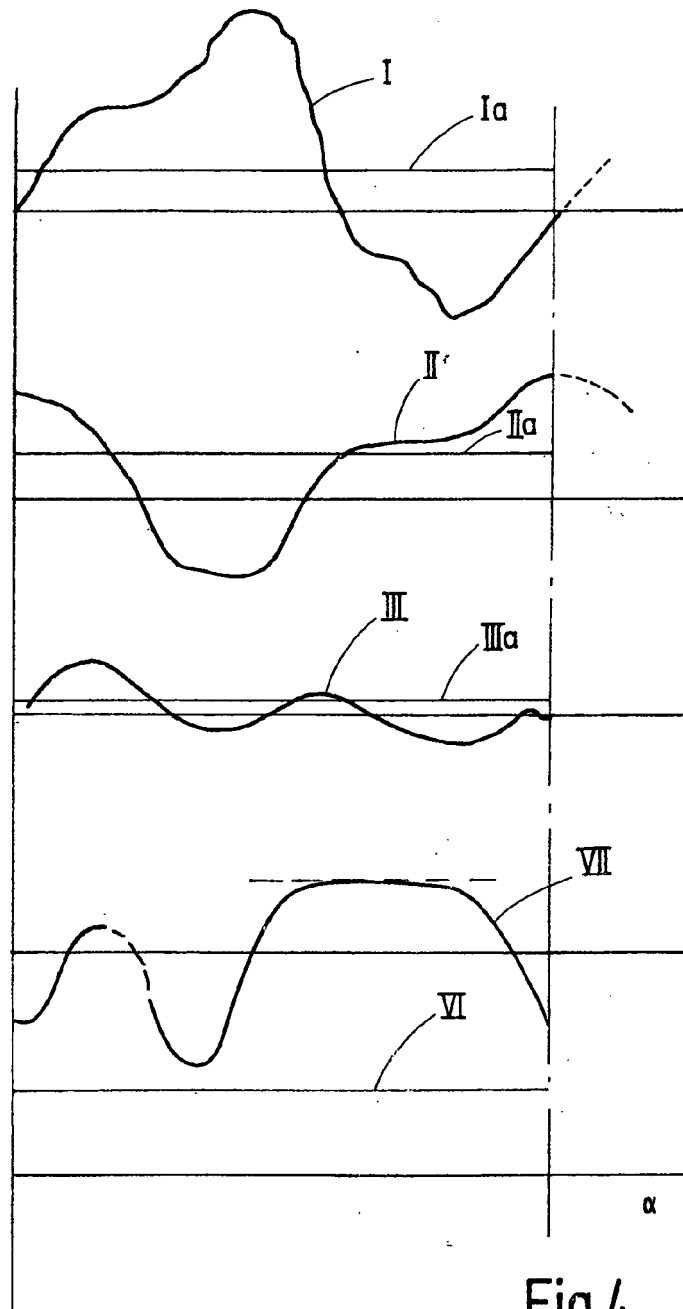


Fig.4

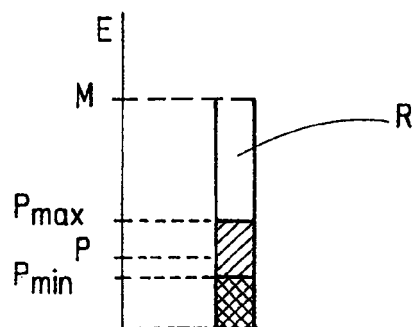


Fig.5

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 102005026818 A1 **[0004]**
- DE 19821159 A1 **[0006]**