



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 025 110 A1** 2007.12.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 025 110.5**

(22) Anmeldetag: **30.05.2006**

(43) Offenlegungstag: **06.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H02M 1/12 (2006.01)**

(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Eckardt, Dieter, Dr., 91074 Herzogenaurach, DE

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

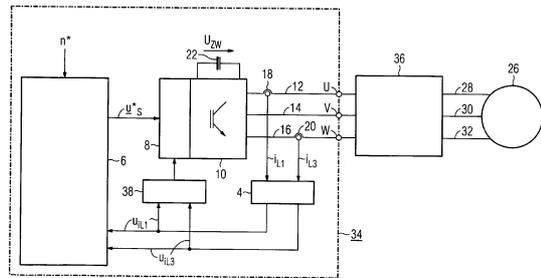
DE 196 12 920 A1
US2005/00 63 202 A1
US 62 08 537 B1
US 61 54 379

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Umrichter mit einem Dämpfungsregelkreis**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf einen Umrichter (34) mit einer Regeleinrichtung (6) mit nachgeschaltetem Pulsweitenmodulator (8), der ausgangsseitig mit Steuereingängen eines lastseitigen Stromrichters (10) verknüpft ist, und mit einer Strommesseinrichtung (4), die eingangsseitig mit zwei Anschlüssen des lastseitigen Stromrichters (10) und ausgangsseitig mit zwei Messeingängen der Regeleinrichtung (6) verbunden ist. Erfindungsgemäß ist ein zweikanaliger Dämpfungsregelkreis (38) vorgesehen, deren Regelkreiskanäle (56, 58) eingangsseitig jeweils mit einem Ausgang der Strommesseinrichtung (4) und ausgangsseitig mit einem negierenden Addierer (54) verknüpft sind und die Ausgänge der beiden Regelkreiskanäle (56, 58) und der Ausgang des negierenden Addierers (54) mit Eingängen des Pulsweitenmodulators (8) verbunden sind. Somit erhält man einen Umrichter (34), der aktiv ein angeschlossenes ungedämpftes Umrichter-Ausgangsfiler (36) dämpfen kann, ohne dass eine zusätzliche Regelungs-Totzeit auftritt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Umrichter gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] In der [Fig. 1](#) ist ein gattungsgemäßer Umrichter **2** schematisch dargestellt. In dieser Darstellung sind mit **4** eine Strommesseinrichtung, mit **6** eine Regeleinrichtung, mit **8** ein Pulsweitenmodulator und mit **10** ein lastseitiger Pulsstromrichter bezeichnet. Die wechsellspannungsseitigen Ausgänge des lastseitigen Pulsstromrichters **10** sind mittels Leitungen **12**, **14** und **16** jeweils mit einem Ausgang U, V und W des Umrichters **2** verknüpft. In den Leitungen **12** und **16** sind jeweils ein Stromwandler **18** und **20** angeordnet, die ausgangsseitig jeweils mit einem Eingang der Strommesseinrichtung **4**, insbesondere einer integrierenden Strommesseinrichtung, verbunden sind. Mittels dieser beiden Stromwandler **18** und **20** werden die Umrichter-Ausgangsströme i_{L1} und i_{L3} gemessen. Mittels der integrierenden Strommesseinrichtung **4** werden aus diesen gemessenen Umrichter-Ausgangsströmen i_{L1} und i_{L2} stromproportionale Signale u_{iL1} und u_{iL3} bestimmt, die jeweils einen Messeingang der Regeleinrichtung **6** zugeführt sind. Aufgrund dieser stromproportionalen Signale u_{iL1} und u_{iL3} und wenigstens eines vorgegebenen Sollwertes, beispielsweise ein Drehzahl-Sollwert n^* , berechnet diese Regeleinrichtung **6**, beispielsweise eine feldorientierte Regeleinrichtung, eine Stellgröße für einen zum Drehzahl-Sollwert n^* korrespondierenden Ständer-Spannungs-Sollwert \underline{u}_s^* . Mittels des Pulsmodulators **8** wird diese Stellgröße \underline{u}_s^* , der in dieser Darstellung ein Spannungs-Vektor \underline{u} ist, in Steuersignale für die Stromrichterventile des lastseitigen Pulsstromrichters **10** umgesetzt. Elektrisch parallel zu gleichspannungsseitigen Anschlüssen des Pulsstromrichters **10** ist ein Zwischenkreiskondensator **22** geschaltet, an dem eine Zwischenkreis-Gleichspannung U_{ZW} ansteht. Somit handelt es sich bei diesem Umrichter **2** um einen handelsüblichen Spannungszwischenkreis-Umrichter, der auch als Frequenzumrichter bezeichnet wird.

[0003] Damit die vom Umrichter **2** generierten Umrichter-Ausgangsströme i_{L1} , i_{L2} und i_{L3} möglichst oberwellenfrei sind, wird ein Umrichter-Ausgangsfilter **24** verwendet, das eingangsseitig mit den Ausgängen U, V und W des Umrichters **2** und ausgangsseitig mit einer Last **26**, beispielsweise einem Elektromotor, verknüpft ist. Als Umrichter-Ausgangsfilter **24** ist ein LC-Filter, insbesondere ein symmetrisch aufgebautes LC-Filter, vorgesehen. Wird die Last **26** beispielsweise mittels ungeschirmter Motorleitungen **28**, **30** und **32** an einen handelsüblichen Umrichter **2** angeschlossen, so muss ein Ausgangsfilter **24** verwendet werden. Wird ein geräuscharmer Betrieb eines derartigen Antriebs, bestehend aus Frequenzumrichter **2** und Last **26**, verlangt, so ist ebenfalls ein Ausgangsfilter **24** vorteilhaft.

[0004] In den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) sind jeweils eine Ausführungsform eines LC-Filters **24** schematisch dargestellt. In der [Fig. 2](#) ist das LC-Filter **24** in Sternschaltung, wogegen in der [Fig. 3](#) dieses LC-Filter **24** in Dreieckschaltung veranschaulicht sind. Bei einem symmetrisch aufgebauten LC-Filter **24** weisen alle Filterdrosseln L1, L2 und L3 und alle Filterkondensatoren C1, C2 und C3 des LC-Filters **24** jeweils gleiche Werte auf. Da durch den Betrieb des Antriebs, insbesondere beim vektorgeregelten Betrieb, eine Resonanzfrequenz des LC-Filters **24** angeregt werden kann, weisen handelsübliche Umrichter-Ausgangsfilter **24** Dämpfungswiderstände R1, R2 und R3 auf. Diese Dämpfungswiderstände R1, R2 und R3 erzeugen jedoch auch im normalen Betrieb des Antriebs Verlustleistung, die als Verlustwärme abgeführt werden muss. Mit steigender Schaltfrequenz des Umrichters **2** nimmt das Bauvolumen des Umrichter-Ausgangsfilters **24** ab, so dass dieses Filter **24** in das Umrichtergerät integriert werden kann. Dadurch wird die Verlustleistung der Dämpfungswiderstände R1, R2 und R3 des LC-Filters **24** ins Innere dieses Umrichtergerätes abgegeben, wodurch die Innentemperatur des Umrichtergerätes erhöht wird. Damit die Signalelektronik des Umrichters nicht gestört wird, müssen Maßnahmen ergriffen werden, wodurch sich die Innentemperatur des Umrichtergerätes nicht wesentlich erhöht. Durch die Integration des Umrichter-Ausgangsfilters **24** in das Umrichtergehäuse wird Platz eingespart und der Verdrahtungsaufwand gesenkt, jedoch muss der Innenraum des Umrichtergerätes entwärmt werden.

[0005] Handelsübliche Umrichter **2**, insbesondere Standardumrichter, weisen eine Abtastfrequenz der Stromregelung von beispielsweise 2–4 kHz auf. Handelsübliche Umrichter-Ausgangsfilter **24** weisen eine Resonanzfrequenz von beispielsweise 4 kHz auf. Für eine aktive Bedämpfung eines Umrichter-Ausgangsfilters **24** mit einer Resonanzfrequenz von 4 kHz durch die Regeleinrichtung **6** des Umrichters **2** müsste diese mit einer Abtastrate von mehr als 8 kHz arbeiten, für ein wirkungsvolles Bedämpfen sind 16 kHz anzustreben, was maximal eine Verachtfachung der Abtastrate für den Stromregler handelsüblicher Umrichter **2** bedeuten würde. Außerdem würde sich eine zusätzliche Regelungs-Totzeit ergeben, die einer wirkungsvollen Dämpfung eines Umrichter-Ausgangsfilters **24** entgegenstehen würde. Darüber hinaus würde sich auch eine sehr hohe Prozessorlast ergeben, die nur dadurch verringert werden könnte, wenn ein Prozessor mit einer wesentlich höheren Taktfrequenz verwendet werden würde. Dadurch steigen jedoch die Herstellungskosten und damit der Verkaufspreis des Umrichtergerätes.

[0006] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen Umrichter anzugeben, der aktiv ein ungedämpftes Umrichter-Ausgangsfilter dämpfen kann, ohne dass die genannten Nachteile auftreten.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Dadurch, dass im Umrichter ein zweikanaliger Dämpfungsregelkreis vorgesehen ist, der der Regelung des Umrichters unterlagert angeordnet ist, kann dieser aktiv eingreifen, ohne die im Umrichter vorhandene Regeleinrichtung zu beeinflussen. Durch diese Anordnung des zweikanaligen Dämpfungsregelkreises ist dieser von der Regeleinrichtung des Umrichters entkoppelt. Dadurch kann als Umrichter-Ausgangsfilter ein handelsübliches ungedämpftes LC-Filter verwendet werden.

[0009] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Umrichters weisen die beiden Regelkreiskanäle des Dämpfungsregelkreises jeweils eine einstellbare Reglerverstärkung auf. Dadurch kann einerseits der Dämpfungsregelkreis an ein an den Ausgängen des Umrichters angeschlossenes LC-Filter angepasst und andererseits eine gewünschte Dämpfung realisiert werden. Außerdem kann mittels der einstellbaren Reglerverstärkung des Dämpfungsregelkreises dieser auch deaktiviert werden.

[0010] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des Umrichters weist jeder Regelkreiskanal des Dämpfungsregelkreises einen Regler auf, der folgende Differenzgleichung:

$$y(k) = -a \cdot y(k-1) + u(k) - u(k-1) \quad 0 \leq a \leq 1$$

erfüllt. Mit $a = 0,5$ kann der Regler eines jeden Regelkreiskanals des Dämpfungsregelkreises besonders einfach aufgebaut werden, so dass dieser hardwaremäßig realisiert werden kann. Außerdem wird dadurch aus einem ermittelten Stromwert umgehend eine Spannungsamplitude bestimmt, die einer Spannungsstellgröße der Regeleinrichtung des Umrichters überlagert werden kann, so dass für den laufenden Abtastschritt eine auftretende Resonanzschwingung bedämpft werden kann.

[0011] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen des Umrichters sind den Unteransprüchen 8 bis 14 entnehmbar.

[0012] Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Umrichters schematisch veranschaulicht ist.

[0013] [Fig. 1](#) zeigt ein Ersatzschaltbild eines handelsüblichen Antriebs, bestehend aus einem handelsüblichen Umrichter, einem handelsüblichen gedämpften Ausgangsfilter und einer Last, in der

[0014] [Fig. 2](#) ist ein Ersatzschaltbild eines handelsüblichen gedämpften Umrichter-Ausgangsfilters in

Sternschaltung, wogegen in der

[0015] [Fig. 3](#) ein Ersatzschaltbild eines derartigen Umrichter-Ausgangsfilters in Dreieckschaltung dargestellt sind, die

[0016] [Fig. 4](#) zeigt ein Ersatzschaltbild eines Antriebs mit einem erfindungsgemäßen Umrichter und einem ungedämpften Ausgangsfilter, in der

[0017] [Fig. 5](#) ist ein Ersatzschaltbild einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Dämpfungsregelkreises dargestellt, die

[0018] [Fig. 6](#) zeigt ein Ersatzschaltbild einer Realisierung eines Reglers des Dämpfungsregelkreises nach [Fig. 5](#) und in der

[0019] [Fig. 7](#) ist ein Ersatzschaltbild einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Dämpfungsregelkreises dargestellt.

[0020] Die [Fig. 4](#) zeigt ein Ersatzschaltbild eines Antriebs, bestehend aus einem erfindungsgemäßen Umrichter **34** und einem ungedämpften Umrichter-Ausgangsfilter **36**. Ein Ersatzschaltbild dieses ungedämpften Ausgangsfilters **36** ist der [Fig. 5](#) zu entnehmen. Dieser erfindungsgemäße Umrichter **34** unterscheidet sich vom handelsüblichen Umrichter **2** gemäß [Fig. 1](#) dadurch, dass dieser einen Dämpfungsregelkreis **38** aufweist. Dieser Dämpfungsregelkreis **38** ist eingangsseitig mit den beiden Ausgängen der integrierenden Strommesseinrichtung **4** und ausgangsseitig mit dem Pulsweitenmodular **8** elektrisch leitend verbunden. Da der Dämpfungsregelkreis **38** mit dem Pulsweitenmodulator **8** verknüpft ist, erfolgt der Eingriff des Dämpfungsregelkreises **38** dadurch, dass entweder eine steigende oder eine fallende Flanke eines jeweiligen Pulsweitesignals verzögert wird. Die jeweils andere Flanke dieses Pulsweitesignals bleibt unverändert. Das bedeutet, dass eine Verzögerung einer Einschaltflanke (steigende Flanke) eines Pulsweitesignals zu einer Verkleinerung der Spannungszeitfläche führt, wogegen eine Verzögerung einer Ausgangsschaltflanke (fallende Flanke) eines Pulsweitesignals zu einer Vergrößerung der Spannungszeitfläche führt. Durch eine Verkleinerung bzw. Vergrößerung der Spannungszeitfläche eines Pulsweitesignals wird eine zugehörige erzeugte Spannungsamplitude verkleinert bzw. vergrößert. Dieser Eingriff des Dämpfungsregelkreises **38** hat den Vorteil, dass das Timing im Modular **8** unkritisch ist.

[0021] In der [Fig. 5](#) ist ein Ersatzschaltbild einer ersten Ausführungsform des Dämpfungsregelkreises **38** näher dargestellt. Bei dieser Darstellung ist die Regeleinrichtung **6** des Umrichters **34** und die Last **26** aus Übersichtlichkeitsgründen nicht explizit dargestellt. Außerdem ist der lastseitige Pulsstromrichter **10** mit

Pulsweitenmodulator **8** durch drei Spannungsquellen **40**, **42** und **44** ersetzt worden, die jeweils eine Spannung u_{L1} , u_{L2} und u_{L3} generieren. In dieser Darstellung ist der Dämpfungsregelkreis **38** ausgangsseitig nicht mit dem Pulsweitenmodulator **8** des lastseitigen Stromrichters **10**, sondern mit einer Überlagerungseinrichtung **46** verknüpft, an der außerdem eine von der Regeleinrichtung **6** generierte Stellgröße \underline{u}_s^* ansteht. Da in jeder Umrichter-Ausgangsphase eine Resonanzschwingung auftreten kann, muss der Dämpfungsregelkreis **38** auch für jede Umrichter-Ausgangsphase ein Korrektursignal u_{D1} , u_{D2} und u_{D3} liefern. Damit die Überlagerungseinrichtung **46** möglichst einfach ausfällt, liefert die Regeleinrichtung **6** die generierte Stellgröße \underline{u}_s^* nicht als Vektor, sondern als Phasensignale u_{S1D}^* und u_{S3}^* . Dadurch weist die Überlagerungseinrichtung **46** nur drei Addierer **48**, **50** und **52** auf, an denen jeweils ein Phasensignal u_{S1}^* bzw. u_{S2}^* bzw. u_{S3}^* und ein Korrektursignal u_{D1} bzw. u_{D2} bzw. u_{D3} anstehen. Die korrigierten Phasensignale u_{S1D}^* , u_{S2D}^* und u_{S3D}^* , die jeweils an einem Ausgang der drei Addierer **48**, **50** und **52** anstehen, werden anschließend dem Pulsweitenmodulator **8** des lastseitigen Pulsstromrichters **10** zugeführt.

[0022] Von diesen drei Korrektursignalen u_{D1} , u_{D2} und u_{D3} werden nur zwei Korrektursignale u_{D1} und u_{D3} direkt vom Dämpfungsregelkreis **38** generiert. Das Korrektursignal u_{D2} wird mittels eines negierenden Addierers **54** ermittelt. Das heißt, es gilt folgende Gleichung:

$$u_{D2} = -(u_{D1} + u_{D3})$$

[0023] Dadurch wird kein Nullsystem in das Umrichter-Ausgangsfilter **36** eingespeist und die Entkopplung der beiden Regelpfade (Stromregelpfad, Dämpfungsregelpfad) bleiben dadurch erhalten.

[0024] Zur Generierung der beiden Korrektursignale u_{D1} und u_{D3} weist der Dämpfungsregelkreis **38** zwei Regelkreiskanäle **56** und **58** auf, die identisch aufgebaut sind. Jeder Regelkreiskanal **56** und **58** ist eingangsseitig mit einem Ausgang der integrierenden Strommessenrichtung **4** und ausgangsseitig mit einem Eingang des negierenden Addierers **54** und einem Ausgangs-Anschluss des Dämpfungsregelkreises **38** verbunden. Jeder Regelkreiskanal **56** und **58** weist einen Multiplizierer **60**, einen Regler **62**, einen Negierer **64** und einen Begrenzer **66** auf. Der Multiplizierer **60** ist eingangsseitig mit einem Eingang **68** bzw. **70** des Dämpfungsregelkreises **38** und mit einem einstellbaren Reglerverstärkungsfaktor **72** und ausgangsseitig mit einem Eingang des Reglers **62** verknüpft. Ausgangsseitig ist dieser Regler **62** mittels des Negierers **64** mit einem Eingang des Begrenzers **66** verbunden, der ausgangsseitig mit einem Eingang des negierenden Addierers **54** und einem Ausgang des Dämpfungsregelkreises **38** verknüpft ist. Der Aufbau des Reglers **62** ist in der [Fig. 6](#) schematisch

näher dargestellt. Mit dem einstellbaren Reglerverstärkungsfaktor **72** kann der Wert für die Reglerverstärkung K_{pr} zwischen Null und einer maximalen Reglerverstärkung K_{prmax} wählbar eingestellt werden. Wird der einstellbare Reglerverstärkungsfaktor **72** so eingestellt, dass der Wert der Reglerverstärkung K_{prmax} Null ist, sind die Regler **62** der beiden Regelkreiskanäle **56** und **58** des Dämpfungsregelkreises **38** deaktiviert. Wird dagegen mittels des Reglerverstärkungsfaktors **72** der Wert der Reglerverstärkung K_{pr} auf einen maximalen Wert K_{prmax} eingestellt, so befindet sich der Dämpfungsregelkreis **38** am Stabilitätsrand. Der einzustellende Wert der Reglerverstärkung K_{pr} hängt vom verwendeten ungedämpften LC-Filter **36** und von einer gewünschten Dämpfung ab. In Abhängigkeit eines Wertes für die Reglerverstärkung K_{pr} steht am Eingang des Reglers **62** ein Signal u an, das gleich dem Produkt aus stromproportionalem Signal u_{iL1} bzw. u_{iL3} und der Reglerverstärkung K_{pr} ist. Aus diesem Regler-Eingangssignal u generiert dieser Regler **62** ein Regler-Ausgangssignal y , das negiert am Eingang des Begrenzers **66** ansteht. Am Ausgang dieses Begrenzers **66** steht dann ein Korrektursignal u_{D1} bzw. u_{D3} an. Aus diesen beiden direkt durch den Regelkreis bestimmten Korrektursignalen u_{D1} und u_{D3} wird das dritte Korrektursignal u_{D2} derart generiert, dass kein Nullsystem in das am Umrichter **34** angeschlossene ungedämpfte LC-Filter **36** eingespeist werden kann. Dazu muss das Summensignal der drei Korrektursignale u_{D1} , u_{D2} und u_{D3} gleich Null sein. Dies wird erreicht, wenn das berechnete Korrektursignal u_{D2} gleich der negativen Summe der beiden durch den Regelkreis bestimmten Korrektursignale u_{D1} und u_{D3} ist. Da kein Nullsystem in das am Umrichter **34** angeschlossene ungedämpfte LC-Filter **36** eingespeist wird, bleibt die Entkopplung der beiden Regelpfade, nämlich der Stromregelpfad und der Dämpfungsregelpfad, erhalten. Aus diesem Grunde muss die Berechnung des dritten Korrektursignals u_{D2} auch nach den Begrenzern **66** erfolgen.

[0025] In der [Fig. 6](#) ist eine Realisierung des Reglers **62** schematisch dargestellt. Dieser Regler **62** weist eingangsseitig einen negierenden Addierer **74** und ausgangsseitig einen Addierer **76** auf. Der Eingang **78** des Reglers **62** ist einerseits mit einem Eingang des eingangsseitigen negierenden Addierers **74** und andererseits mit einem Eingang des ausgangsseitigen Addierers **76** verknüpft. Ausgangsseitig ist dieser ausgangsseitige Addierer **76** mit einem Ausgang **80** des Reglers **62** verbunden. Dieser Ausgang **80** des Reglers **62** ist mittels eines Gewichtungsfaktors **82** mit einem zweiten eingangsseitigen negierenden Addierers **74** verknüpft. Der Ausgang dieses negierenden Addierers **74** ist mittels einer Einrichtung **84** mit einem zweiten Eingang des ausgangsseitigen Addierers **76** verbunden. Diese Einrichtung **84** weist eine Übertragungsfunktion z^{-1} auf. Dadurch führt diese Einrichtung **84** eine reine Verschiebung um einen Abtasttakt durch. Eine derartige

Wirkung weist ein parallel arbeitendes, synchron getaktetes Register auf. Durch den Gewichtungsfaktor **82** wird das Ausgangssignal y des ausgangsseitigen Addierers **76** auf den zweiten Eingang des eingangsseitigen negierenden Addierers **74** zurückgekoppelt. Dieser Regler **62** weist folgende Übertragungsfunktion:

$$H(z) = \frac{z - 1}{z + a}$$

auf. Die Koeffizienten des Reglers **62** betragen 1 und a , wobei der Koeffizient a beliebig einen Wert zwischen Null und Eins annehmen kann. Vorzugsweise wird der Koeffizient a zu 0,5 gewählt. Dadurch wird die Ausgangsspannung y des Reglers **62** mit 0,5 multipliziert. Die Multiplikation mit $a = 0,5$ ist in Zweierkomplement-Arithmetik eine arithmetische Verschiebung um eine Dual-Stelle nach rechts. Die Weite dieser Verschiebung variiert nicht, so dass diese durch direkte Verdrahtung realisierbar ist. Durch diese Ausführungsform des Reglers **62** kann dieser in Hardware realisiert werden. Für diese Hardware-Realisierung können programmierbare Logikschaltungen oder digitale ASIC's verwendet werden. Durch die hardwaremäßige Realisierung des Reglers **62** und damit auch des Dämpfungsregelkreises **38** entsteht keine zusätzliche Totzeit.

[0026] Wie ein anstehendes Regler-Eingangssignal u am Eingang **78** des Reglers **62** verarbeitet wird, zeigt die folgende Differenzgleichung:

$$y(k) = -0,5 \cdot y(k-1) + u(k) - u(k-1)$$

mit k = Abtastschritt

$k-1$ = vorheriger Abtastschritt.

[0027] Sobald zu Beginn eines neuen Abtastschrittes ein Strommesswert des vorhergehenden Abtastschrittes ansteht, liefert dieser Regler **62** unmittelbar darauf ein Regler-Ausgangssignal y , das als Korrektursignal u_{D1} bzw. u_{D2} bzw. u_{D3} einem Phasensignal u_{S1}^* , u_{S2}^* bzw. u_{S3}^* überlagert wird.

[0028] In der [Fig. 7](#) ist ein Ersatzschaltbild einer zweiten Ausführungsform des Dämpfungsregelkreises **38** näher dargestellt. Diese zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform gemäß [Fig. 5](#) dadurch, dass an Stelle von zwei Begrenzern **66** drei Begrenzer **66**, ein Vergleichsglied **86**, ein Proportionalglied **88** und zwei Addierer **90** vorgesehen sind. Jeder Addierer **90** ist in einem Regelkreiskanal **56** bzw. **58** dem Negierer **64** nachgeschaltet. Ausgangsseitig sind diese beiden Addierer **90** jeweils mit einem Eingang des negierenden Addierers **54** verknüpft. Jeweils ein zweiter Eingang dieser beiden Addierer **90** ist mit einem Ausgang des Proportionalgliedes **88**, das auch als P-Glied bezeichnet wird, verbunden. Jedem Ausgang der beiden Addierer **90** und des negierenden Addierers **54** ist ein Begrenzer

66 nachgeschaltet, deren Ausgänge mit den Ausgängen des Dämpferregelkreises **38** verknüpft sind. Der Ausgang des negierenden Addierers **54** ist ebenfalls mit einem nichtinvertierenden Eingang des Vergleichers **86** verbunden. Der Begrenzer **66** am Ausgang des negierenden Addierers ist ausgangsseitig mit dem invertierenden Eingang des Vergleichers **86** verknüpft. Sobald das Ausgangssignal des negierenden Addierers **54** den Wert des Ausgangssignals des Begrenzers **66** überschreitet, steht am Ausgang des Vergleichers **86** ein Signal an, das mit dem Proportionalitätsfaktor K_{PR} multipliziert wird. Als Proportionalitätsfaktor K_{PR} ist ein Wert von beispielsweise 0,5 vorgesehen. Dieses Ausgangssignal des P-Gliedes **88** wird mittels eines Addierers **90** dem Ausgangssignal des Negierers **64** eines jeden Regelkreiskanals **56** bzw. **58** überlagert. Durch diese Ausführungsform des Dämpfungsregelkreises **38** wird erreicht, dass die Werte der Korrektursignale u_{D1} , u_{D2} und u_{D3} maximal gleich dem Begrenzerwert des Begrenzers **66** werden können.

[0029] Durch diesen Dämpfungsregelkreis **38** im Umrichter **34**, der nur die ohnehin vorhandenen Strommesssignale i_{L1} und i_{L3} verwendet, kann im am Umrichter **34** angeschlossenen LC-Filter **36** auf Dämpfungswiderstände $R1$, $R2$ und $R3$ verzichtet werden, so dass dieses LC-Filter **36** selbst im normalen Betrieb annähernd keine Verlustwärme mehr produziert. Dadurch entstehen auch keine Nachteile mehr für den Umrichter **34**, wenn dieses LC-Filter **36** in das Umrichtergehäuse integriert wird. Weiterhin können LC-Filter **36** in Stern- oder Dreieckschaltung verwendet werden. Selbst bei einer Stellgrößenbegrenzung bleibt der Dämpfungsregelkreis **38** stabil. Lediglich der Grad der Dämpfung geht mit dem Ansprechen der Begrenzer **66** zurück.

Patentansprüche

1. Umrichter (**34**) mit einer Regeleinrichtung (**6**) mit nachgeschaltetem Pulsweitenmodulator (**8**), der ausgangsseitig mit Steuereingängen eines lastseitigen Stromrichters (**10**) verknüpft ist, und mit einer Strommesseinrichtung (**4**), die eingangsseitig mit zwei Anschlüssen des lastseitigen Stromrichters (**10**) und ausgangsseitig mit zwei Messeingängen der Regeleinrichtung (**6**) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zweikanaliger Dämpfungsregelkreis (**38**) vorgesehen ist, deren Regelkreiskanäle (**56**, **58**) eingangsseitig jeweils mit einem Ausgang der Strommesseinrichtung (**4**) und ausgangsseitig mit einem negierenden Addierer (**54**) verknüpft sind, und dass die Ausgänge der beiden Regelkreiskanäle (**56**, **58**) und der Ausgang des negierenden Addierers (**54**) mit Eingängen des Pulsweitenmodulators (**8**) verbunden sind.

2. Umrichter (**34**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgänge der beiden Regel-

kreiskanäle (56, 58) und der Ausgang des negierenden Addierers (54) mit Eingängen einer Überlagerungseinrichtung (46) verknüpft sind, deren zweiten Eingängen mit Stellausgängen der Regeleinrichtung (6) verbunden sind, und deren Ausgängen mit Eingängen des Pulsweitenmodulators (8) verknüpft sind.

3. Umrichter (34) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Regelkreiskanäle (56, 58) des Dämpfungsregelkreises (38) jeweils einen Regler (62), einen Multiplizierer (60) und einen Negierer (64) aufweisen, wobei der Multiplizierer (60) ausgangsseitig mit dem Regler (62) und dieser ausgangsseitig mit dem Negierer (64) verknüpft sind, wobei der Multiplizierer (60) mit einem Eingang (68, 70) des zweikanaligen Dämpfungsregelkreises (38) verbunden ist, und wobei jeweils ein zweiter Eingang dieser beiden Multiplizierer (60) einem einstellbaren Reglerverstärkungsfaktor (72) verknüpft sind.

4. Umrichter (34) nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Negierer (64) eines jeden Regelkreiskanals (56, 58) ein Begrenzer (66) nachgeschaltet ist, der ausgangsseitig einerseits mit einem Eingang des negierenden Addierers (54) und andererseits mit einem Ausgang des zweikanaligen Dämpfungsregelkreises (38) verknüpft ist.

5. Umrichter (34) nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Negierer (64) eines jeden Regelkreiskanals (56, 58) ein Addierer (90) nachgeschaltet ist, der ausgangsseitig einerseits mit einem Eingang des negierenden Addierers (54) und andererseits mit einem Ausgang eines Regelkreiskanals (56, 58) verknüpft ist, dass jedem Ausgang eines Regelkreiskanals (56, 58) und dem Ausgang des negierenden Addierers (54) jeweils ein Begrenzer (66) nachgeschaltet sind, dass der negierende Addierer (54) ausgangsseitig mit einem nichtinvertierenden Eingang eines Vergleichers (86) verbunden ist, der ausgangsseitig mittels eines Proportionalgliedes (88) jeweils mit einem zweiten Eingang eines Addierers (90) verknüpft ist, und dass der negierende Eingang des Vergleichers (86) mit einem Ausgang des Begrenzers (66) verbunden ist, der dem negierenden Addierer (54) nachgeschaltet ist.

6. Umrichter (34) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert des Proportionalitätsfaktors (K_{PR}) gleich 0,5 ist.

7. Umrichter (34) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Regelkreiskanal (56, 58) des Dämpfungsregelkreises (38) einen Regler (62) aufweisen, die jeweils folgende Differenzgleichung:

$$y(k) = -a \cdot y(k-1) + u(k) - u(k-1) \quad 0 \leq a \leq 1$$

erfüllt.

8. Umrichter (34) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (62) eines jeden Regelkreiskanals (56, 58) des Dämpfungsregelkreises (38) einen Addierer (76), einen negierenden Addierer (74), eine Einrichtung (84) und einen Gewichtungsfaktor (82) aufweist, dass ein Eingang (78) dieses Reglers (62) einerseits mit einem Eingang des negierenden Addierers (74) und andererseits mit einem Eingang des Addierers (76) verknüpft ist, dass ein Ausgang (80) dieses Reglers (62) mittels des Gewichtungsfaktors (82) mit einem zweiten Eingang des negierenden Addierers (74) verbunden ist, und dass ein Ausgang des negierenden Addierers (74) mittels der Einrichtung (84) mit einem zweiten Eingang des Addierers (76) verknüpft ist.

9. Umrichter (34) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Einrichtung (84) ein parallel arbeitendes, synchron getaktetes Register vorgesehen ist.

10. Umrichter (34) nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Strommesseinrichtung (4) eine integrierende Strommesseinrichtung vorgesehen ist.

11. Umrichter (34) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der zweikanalige Dämpferregelkreis (38) hardwaremäßig aufgebaut ist.

12. Umrichter (34) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass für die hardwaremäßige Realisierung des zweikanaligen Dämpfungsregelkreises (38) wenigstens eine programmierbare Logikschaltung vorgesehen ist.

13. Umrichter (34) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass für die hardwaremäßige Realisierung des zweikanaligen Dämpfungsregelkreises (38) wenigstens ein ASIC vorgesehen ist.

14. Umrichter (34) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass für die hardwaremäßige Realisierung des zweikanaligen Dämpfungsregelkreises (38) ein Signalprozessor vorgesehen ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

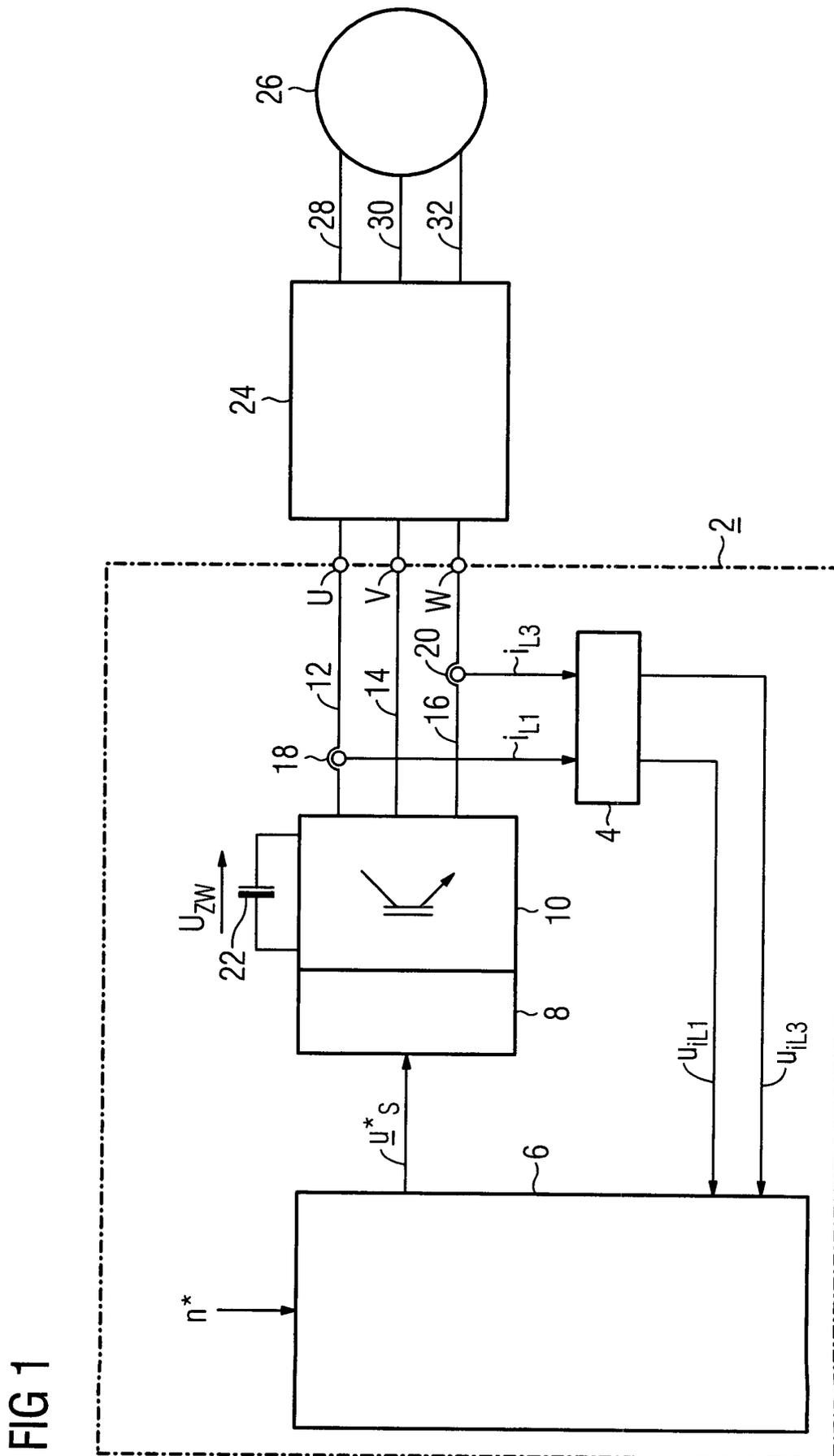


FIG 1

FIG 2

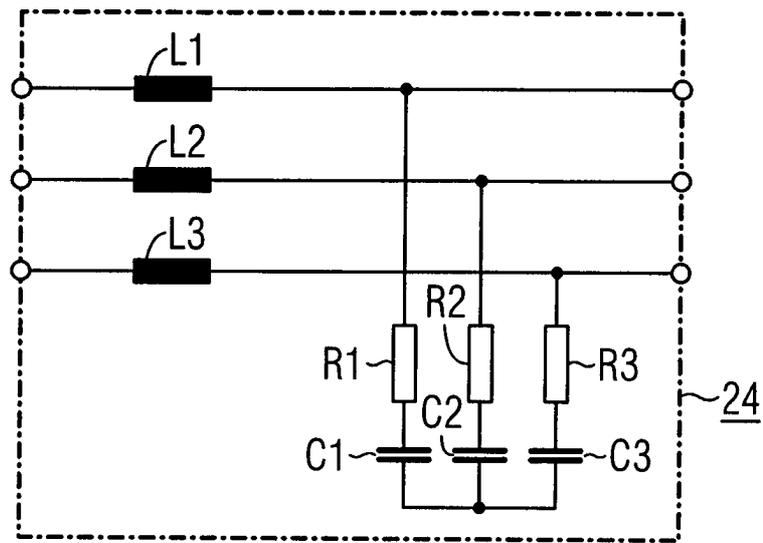


FIG 3

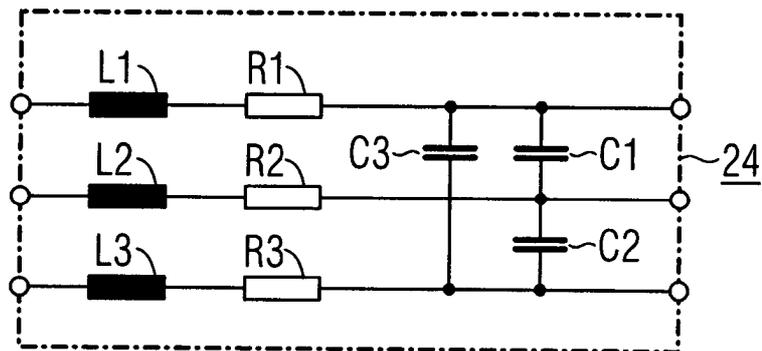


FIG 6

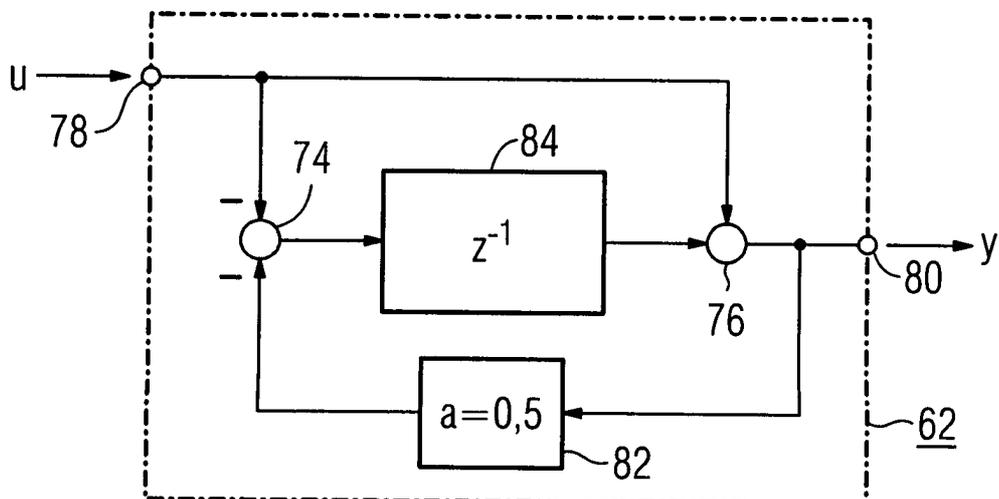
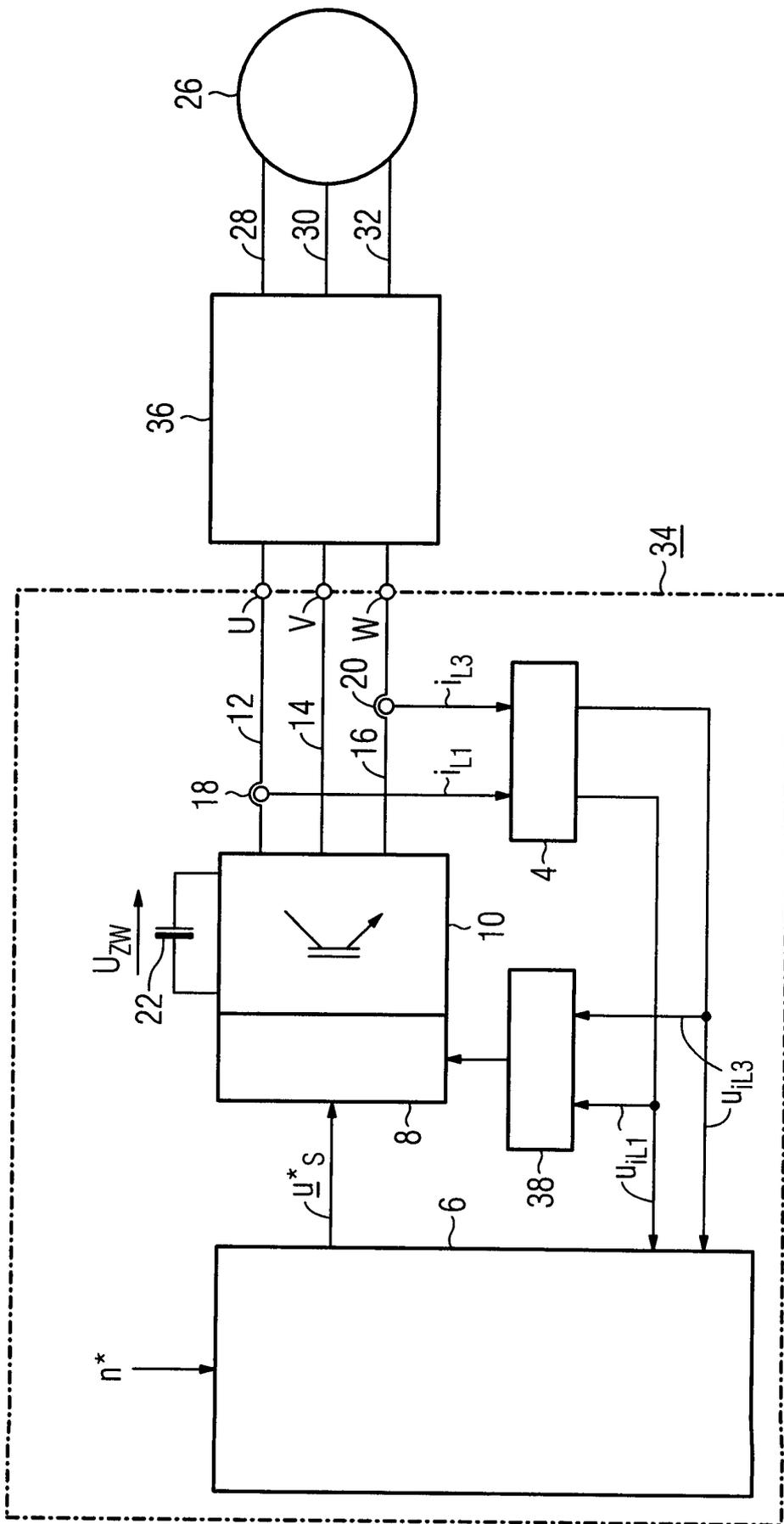


FIG 4



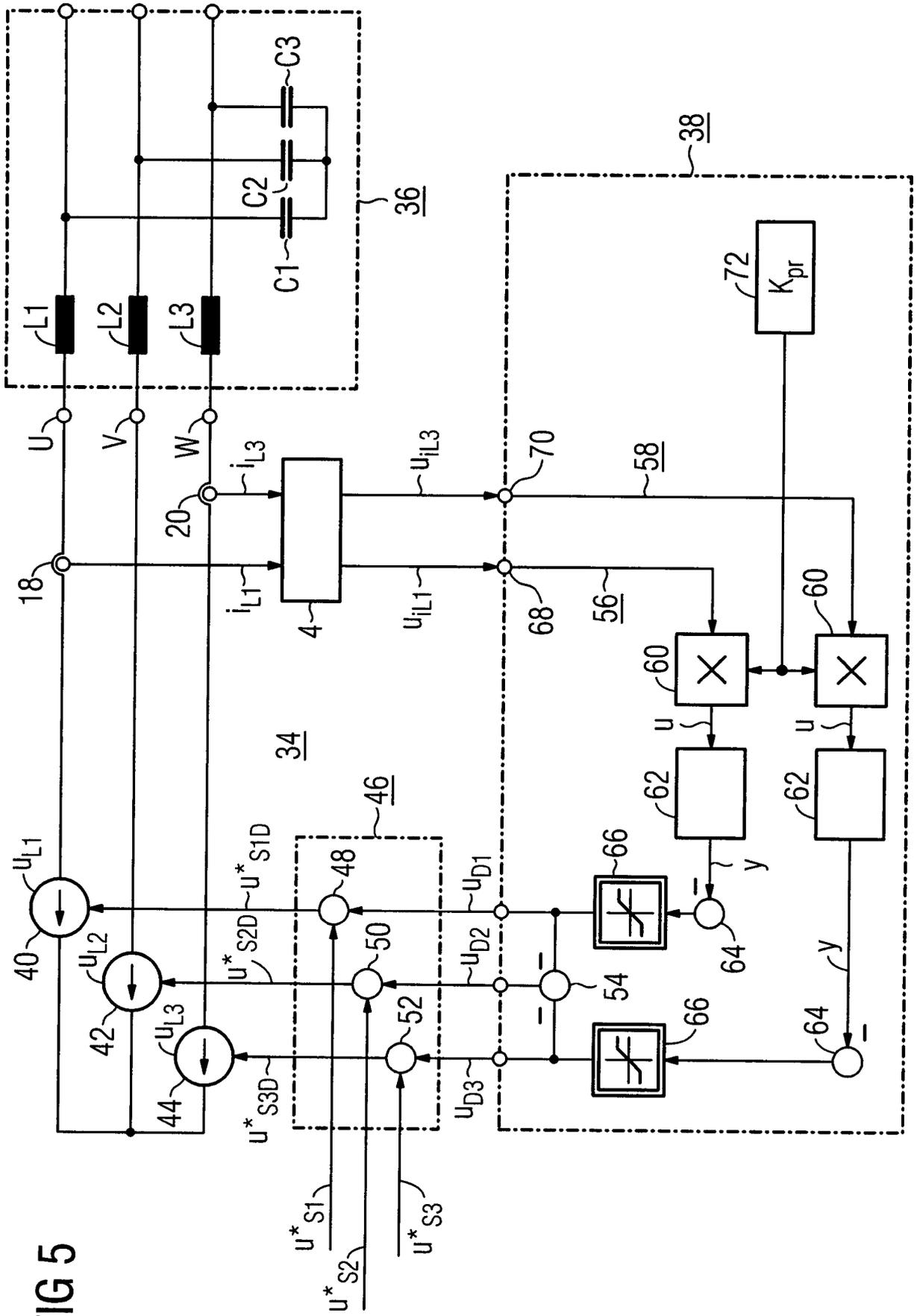


FIG 5

