

Patentanmeldung: **Aktenzeichen noch nicht zugewiesen**
Priorität: 05.09.2019 (DE 10 2019 123 864.1)
Titel: **Vorrichtung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung mit einem
Energiespeicher und einer rotierenden elektrischen Maschine**
Anmelder: **Piller Group GmbH**

VORRICHTUNG ZUR UNTERBRECHUNGSFREIEN STROMVERSORGUNG MIT EINEM ENERGIESPEICHER UND EINER ROTIERENDEN ELEKTRISCHEN MASCHINE

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung mit einer Generatorwicklung und einer von der Generatorwicklung elektrisch isolierte Motorwicklung aufweisenden rotierenden elektrischen Maschine und mit mindestens einem Energiespeicher für elektrische Energie, der über einen Wechselstrom ausgebenden Wandler an die
5 mindestens eine Motorwicklung angeschlossen ist.

Mit einer solchen Vorrichtung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung, die hier kurz auch als USV bezeichnet wird, kann nicht nur eine elektrische Last bei Ausfall eines Versorgungsnetzes zumindest vorübergehend mit elektrischer Leistung versorgt werden. Wenn die Generatorwicklung beispielsweise an einen Abzweig einer Netzdrossel zwischen dem Versorgungsnetz und der Last angeschlossen wird, verbessert die Vorrichtung auch die Qualität der Energieversorgung der Last durch das Versorgungsnetz, indem sie dessen Spannungsschwankungen nivelliert.
10

Wenn die USV die Stromversorgung der Last bei ausfallendem Versorgungsnetz übernimmt, entnimmt sie die dafür benötigte elektrische Energie dem Energiespeicher. Auch beim Zuschalten des Energiespeichers wirkt sich die Verbesserung der Qualität der Stromversorgung durch die rotierende elektrische Maschine positiv aus.
15

STAND DER TECHNIK

Das Produkt UBTD+ der Anmelderin ist eine USV mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1. Die Generatorwicklung ist zum Anschluss an einen Abzweig

einer Netzdrossel vorgesehen, der näher an einer zu versorgenden Last als an einem Versorgungsnetz liegt. An die Generatorwicklung wird über den Wandler entweder ein Schwungrad oder eine Batterie als Energiespeicher angeschlossen. Der Rotor der elektrischen Maschine ist zudem an einen Dieselmotor ankuppelbar, um die Last nicht nur kurzfristig sondern auch über längere
5 Zeiträume mit elektrischer Energie versorgen zu können. Der Energiespeicher kann jeweils über die Generatorwicklung und die Motorwicklung aus dem Versorgungsnetz aufgeladen werden. Dazu ist der Wandler über den der Energiespeicher an die Motorwicklung angeschlossen ist, bidirektional auszubilden, und während des Aufladevorgangs wird die Generatorwicklung als Motorwicklung und die Motorwicklung als Generatorwicklung genutzt. Es ist aber auch möglich,
10 den Energiespeicher über einen weiteren Wandler direkt aus dem Versorgungsnetz aufzuladen. Bei der bekannten USV sind die Generatorwicklung und die Motorwicklung für Niederspannungen von unter 1000 V, typischerweise etwa 600 Volt ausgelegt. Wenn die bekannte USV an ein Mittelspannungsnetz angeschlossen wird, wird zwischen die Generatorwicklung und die Netzdrossel ein Transformator geschaltet. Das bekannte Produkt UBTD+ kann Leistungen bis zu
15 etwa 3.000 kW bereitstellen. Um einen größeren Leistungsbedarf zu decken, werden mehrere derartige Produkte parallel gestaltet, wobei dann die von den einzelnen USV bereitgestellten elektrischen Leistungen aufeinander abzustimmen sind.

AUFGABE DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung der eingangs beschriebenen Art aufzuzeigen, die zur Bereitstellung größerer elektrischer Leistungen und im Weiteren auch zum direkten Anschluss an ein Mittelspannungsnetz geeignet
20 ist.

LÖSUNG

Die Aufgabe der Erfindung wird durch eine Vorrichtung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung mit dem Merkmal des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Die abhängigen Patentansprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
25

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung weist eine rotierende elektrische Maschine eine Generatorwicklung und mehrere von der Generatorwicklung und voneinander elektrisch isolierte Motorwicklungen auf. Je Motorwicklung sind ein Energiespeicher für elektrische Energie und ein einen Wechselstrom ausgebender Wandler vorhanden,
5 über den der Energiespeicher an die jeweilige Motorwicklung angeschlossen ist.

Indem die erfindungsgemäße USV mehrere Energiespeicher an mehreren Motorwicklungen aufweist, die über jeweils einen Wandler miteinander verbunden sind, kann die elektrische Leistung der USV unter Verwendung bisheriger Energiespeicher, also auch ohne Steigerung der Leistung der einzelnen Energiespeicher, vervielfacht werden. Auch die den einzelnen Energiespeichern zugeordneten Wandler und Motorwicklungen können dabei gleich bleiben. Sie müssen jeweils nicht für eine höhere Leistung ausgelegt werden als bisher. Auf die höhere Leistung muss im Wesentlichen nur die Generatorwicklung abgestimmt werden. Da die über die Generatorwicklung fließende elektrische Leistung aber nicht mehr über einen Wandler fließen muss, sondern
10 insoweit direkt bzw. über eine Netzdrossel zu der zu versorgenden Last fließen kann, ist dies mit bekannten Mitteln zu beherrschen. Die höhere elektrische Leistung der neuen USV wird statt durch eine Vervielfachung aller ihrer Bestandteile ausschließlich durch eine Vervielfachung ihrer Motorwicklungen und ihrer Energiespeicher samt zugehöriger Wandler erreicht.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind die mehreren Motorwicklungen vorzugsweise gleich oder äquivalent ausgebildet. Auch die daran angeschlossenen Energiespeicher können gleich oder zumindest äquivalent sein, ebenso wie die Wandler, die die Energiespeicher mit den Motorwicklungen verbinden. Bei gleicher Ausbildung der einzelnen Energiespeicher können diese in gleicher Weise angesteuert werden. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, verschiedene Energiespeicher in der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu kombinieren,
25 beispielsweise ein Schwungrad, womit hier immer das Schwungrad einschließlich seiner elektrischen Maschine zu verstehen ist, und eine Batterie, um einerseits sehr schnell und andererseits längerfristig elektrische Leistung bereitstellen zu können oder um die Batterie vor Leistungsschwankungen zu schützen.

Ebenso wie die Generatorwicklung können die Motorwicklungen und die daran angeschlossene
30 Wandler der erfindungsgemäßen Vorrichtung jeweils einphasig oder dreiphasig ausgebildet sein. Grundsätzlich ist auch eine zweiphasige Ausbildung oder eine Mischung von unterschiedlich

phasigen Motorwicklungen möglich. Bevorzugt ist jedoch eine einheitlich ein- oder dreiphasige Ausbildung. Ob eine ein- oder eine dreiphasige Ausbildung günstiger ist, hängt von der elektrischen Leistung der einzelnen Energiespeicher ab. Für eine höhere elektrische Leistung ist eine dreiphasige Ausbildung der einzelnen Motorwicklungen wegen der dann bei gleicher
5 Spannung geringeren Ströme durch die einzelnen Phasenwicklungen günstiger.

Die einzelnen Motorwicklungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung können zur phasenversetzten oder zur phasensynchronen Bestromung ausgebildet sein. Mit einer phasenversetzten Bestromung kann der Gleichlauf der rotierenden elektrischen Maschine optimiert werden. Motorwicklungen für eine phasensynchrone Bestromung können in einen einfacheren Gesamtaufbau
10 der rotierenden elektrischen Maschine resultieren.

Entsprechend der Ausbildung der Motorwicklungen sind die einzelnen Wandler der Mehrzahl von Energiespeichern der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit oder ohne Phasenversatz aufeinander zu synchronisieren.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es besonders bevorzugt, wenn die rotierende elektrische Maschine als rotierender Transformator ausgebildet ist, der über den Motorwicklungen
15 anliegende Motorwechselspannungen in eine mindestens dreimal so hohe Generatorwechselspannung umspannt, die über der Generatorwicklung anliegt. Das Umspannverhältnis kann auch bei mindestens fünf oder mindestens zehn liegen. Das Umspannverhältnis der rotierenden elektrischen Maschine der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt sich daran, dass die Generatorwicklung
20 mindestens 3-mal oder mindestens 5-mal oder mindestens 10-mal so viele Windungen je Phase aufweist wie jede der Motorwicklungen.

Insbesondere kann die erfindungsgemäße Vorrichtung so ausgelegt sein, dass die Wandler Niederspannungen als Motorwechselspannungen an den Motorwicklungen bereitstellen und dass die elektrische Maschine an der Generatorwicklung eine Mittelspannung als Generatorwechselspannung ausgibt. So kann die Generatorwicklung auch ohne einen Transformator direkt
25 an ein Mittelspannungsnetz angeschlossen werden.

Neben der Umspannung kann die elektrische Maschine der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch eine Frequenzwandlung zwischen den Motorwicklungen und der Generatorwicklung bewirken. So könnten beispielsweise die Wandler jeweils für Motorwechselspannungen von 400 Hz

ausgelegt sein, die von der rotierenden elektrischen Maschine in eine Generatorwechselspannung von 50hz herabgesetzt werden.

Wie schon erwähnt wurde, wird die Generatorwicklung typischerweise an einen Abzweig einer Netzdrossel angeschlossen, die zwischen ein Versorgungsnetz und einer abzusichernde Last schaltbar ist, wobei der Abzweig regelmäßig näher an der Last als an dem Versorgungsnetz liegt.

Bei der Netzdrossel kann es sich konkret um eine Mittelspannungsnetzdrossel handeln, die zwischen ein Mittelspannungsnetz und einer Mittelspannungslast schaltbar ist.

Im Detail kann die elektrische Maschine der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Synchronmaschine mit einem mit den mehreren Motorwicklungen und der Generatorwicklung bewickelten gemeinsamen Stator und einem bürstenlos erregten gemeinsamen Rotor für die Motorwicklungen und die Generatorwicklung aufweisen. Aufgrund der verschiedenen Motorwicklungen handelt es sich bei der elektrischen Maschine um eine Sondermaschine. Jede einzelne der Wicklungen kann aber einen konventionellen Aufbau aufweisen.

Wie schon angedeutet wurde, können die Energiespeicher zum Beispiel statische Energiespeicher, wie beispielsweise Batterien und rotierende Energiespeicher, wie beispielsweise Schwungräder umfassen. In diesem Zusammenhang sind auch Superkondensatoren zu den Batterien zu zählen. In jedem Fall ist die vorliegende Erfindung nicht auf eine bestimmte Art von Energiespeicher beschränkt. Insbesondere müssen die Energiespeicher keine Gleichspannung bereitstellen, die dann von dem zugeordneten Wandler in eine Wechselspannung gewandelt wird. Der Energiespeicher kann auch eine Wechselspannung liefern, wie beispielsweise ein Schwungrad mit einer elektrischen Maschine in Form eines Wechselstromgenerators.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann eine Kupplung vorhanden sein, über die eine Antriebswelle einer Brennkraftmaschine an den Rotor der elektrischen Maschine kuppelbar ist, um diesen angetrieben von der elektrischen Maschine längerfristig als Generator zu betreiben, als dies aus dem an die Motorwicklungen angeschlossenen Energiespeicher möglich ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Die in der Beschreibung genannten Vorteile von Merkmalen und von Kombinationen mehrerer Merkmale sind lediglich beispielhaft und können alternativ oder kumulativ zur Wirkung kommen, ohne dass die Vorteile zwingend von erfindungsgemäßen Ausführungsformen erzielt werden müssen.

- 5 Hinsichtlich des Offenbarungsgehalts - nicht des Schutzbereichs - der ursprünglichen Anmeldungsunterlagen und des Patents gilt Folgendes: Weitere Merkmale sind den Zeichnungen - insbesondere den dargestellten Geometrien und den relativen Abmessungen mehrerer Bauteile zueinander sowie deren relativer Anordnung und Wirkverbindung - zu entnehmen. Die Kombination von Merkmalen unterschiedlicher Ausführungsformen der Erfindung oder von Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche ist ebenfalls abweichend von den gewählten Rückbeziehungen der Patentansprüche möglich und wird hiermit angeregt. Dies betrifft auch solche Merkmale, die in separaten Zeichnungen dargestellt sind oder bei deren Beschreibung genannt werden. Diese Merkmale können auch mit Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche kombiniert werden. Ebenso können in den Patentansprüchen aufgeführte Merkmale für weitere Ausführungsformen der Erfindung entfallen, was aber nicht für die unabhängigen Patentansprüche des erteilten Patents gilt.

- Die in den Patentansprüchen und der Beschreibung genannten Merkmale sind bezüglich ihrer Anzahl so zu verstehen, dass genau diese Anzahl oder eine größere Anzahl als die genannte Anzahl vorhanden ist, ohne dass es einer expliziten Verwendung des Adverbs "mindestens" bedarf. Wenn also beispielsweise von einem Wandler die Rede ist, ist dies so zu verstehen, dass genau ein Wandler, zwei Wandler oder mehr Wandler vorhanden sind. Die in den Patentansprüchen angeführten Merkmale können durch weitere Merkmale ergänzt werden oder die einzigen Merkmale sein, die das jeweilige Erzeugnis aufweist.

- Die in den Patentansprüchen enthaltenen Bezugszeichen stellen keine Beschränkung des Umfangs der durch die Patentansprüche geschützten Gegenstände dar. Sie dienen lediglich dem Zweck, die Patentansprüche leichter verständlich zu machen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

Im Folgenden wird die Erfindung anhand in den Figuren dargestellter bevorzugter Ausführungsbeispiele weiter erläutert und beschrieben.

Fig. 1 ist ein schematisches Einlinienschaltbild einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung und

Fig. 2 ist ein schematisches Einlinienschaltbild einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

5

FIGURENBESCHREIBUNG

Die in **Fig. 1** dargestellte Vorrichtung 1 zur unterbrechungsfreien Stromversorgung, im Folgenden auch kurz USV 1 genannt, umfasst als zentrales Element eine rotierende elektrische Maschine 2 mit einer Generatorwicklung 3 bzw. G und hier vier Motorwicklungen 4 bis 7 bzw. M1 bis M4. Die Generatorwicklung 3 und die Motorwicklungen 4 bis 7 sind elektrisch gegeneinander isoliert und es kann sich jeweils um einphasige oder mehrphasige Wicklungen handeln. Typischerweise ist sowohl die Generatorwicklung 3 als auch jede der Motorwicklungen 4 bis 7 eine dreiphasige
10 Wicklung. Die Wicklungen 3 bis 7 sind auf einem gemeinsamen Stator der elektrischen Maschine 2 gewickelt. Dabei ist die Generatorwicklung 3 mit den Motorwicklungen 4 bis 7 über einen Rotor 30 der elektrischen Maschine 2 gekoppelt. Die elektrische Maschine 2 ist als rotierender
15 Transformator konstruiert, der an den Motorwicklungen 4 bis 7 anliegende Motorwechselspannungen im Niederspannungsbereich von beispielsweise 600 V auf eine Generatorwechselspannung an der Generatorwicklung 3 im Mittelspannungsbereich von beispielsweise 10 kV hochspannt. Die elektrische Maschine 2 ist so zum Anschluss an einen
Abzweig 8 einer Mittelspannungsnetz-drossel 9 vorgesehen. Die Mittelspannungsnetz-drossel 9 ist
20 zwischen ein Mittelspannungsversorgungsnetz 10 und eine Mittelspannungslast 11 geschaltet. Dabei liegt der Abzweig näher an der Mittelspannungslast 11 als an dem Versorgungsnetz 10, und ein Trennschalter 12, der im Falle eines Ausfalls des Mittelspannungsversorgungsnetzes 10 zu öffnen ist, liegt auf der die Mittelspannungsversorgungsnetz 10 zugekehrten Seite der
Mittelspannungsnetz-drossel 9. In einem optionalen Bypass 13 zu der Mittelspannungs-
25 netzdrossel 9 ist ein Bypassschalter 29 zur Aktivierung und Deaktivierung des Bypasses vorgesehen. Im Netzbetrieb liegt die Netzwechselspannung des Mittelspannungsnetzes 10 an der Generatorwicklung 3 an, auch wenn nur der Bypassschalter 29 geschlossen ist. Dann wirkt die
Generatorwicklung 3 als Motorwicklung für die elektrische Maschine 2. Unter Betrieb der
Motorwicklungen 4 bis 7 als Generatorwicklungen können über bidirektionale AC/AC-Wandler 14
30 bis 17 Energiespeicher 18 bis 21 für elektrische Energie aufgeladen werden. Diese elektrische
Energie steht dann bei einem Ausfall des Versorgungsnetzes 10 zur Verfügung. Je nach Typ des

- Energiespeichers können die Wandler 14 bis 17 auch DC/AC-Wandler sein. Hier sind die AC/AC-Wandler auf rotierende Energiespeicher 18 bis 21 in Form von elektrischen Maschinen mit an ihre Rotoren angekoppelten Schwungmassen abgestimmt. Bei einem Ausfall des Versorgungsnetzes 10 wird die elektrische Energie aus den Energiespeichern 18 bis 21 über die ihnen zugeordneten Wandler 14 bis 17 in die Motorwicklungen 4 bis 7 eingespeist und über die Generatorwicklung 3 und die Mittelspannungsnetzdrossel 9 der Last 11 zur Verfügung gestellt. Zusätzlich ist über eine Kupplung 22 eine Brennkraftmaschine 23 an den Rotor 30 der elektrischen Maschine 2 ankuppelbar, um auch längerfristige Ausfälle des Versorgungsnetzes 10 mit der USV 1 überbrücken zu können. Durch die Mehrzahl der Motorwicklungen 4 bis 7 und der angeschlossenen Energiespeicher 18 bis 21 ist die Leistung der USV 1 gegenüber nur einer einzigen Motowicklung mit einem einzigen Energiespeicher vervielfacht. Zugleich ersetzt die als rotierender Transformator ausgebildete elektrische Maschine einen zusätzlichen statischen Transformator, um die eingangsseitige Niederspannung der elektrischen Maschine 2 in eine ausgangsseitige Mittelspannung zu transformieren.
- Die in **Fig. 2** dargestellte Ausführungsform der USV 1 unterscheidet sich in folgenden Details von der Ausführungsform gemäß Fig. 1. Die elektrische Maschine 2 weist hier nicht vier sondern drei Motorwicklungen 4 bis 6 bzw. M1 bis M3 auf, an die drei Energiespeicher 18 bis 20 über jeweils einen Wandler 14 bis 16 angeschlossen sind. Außerdem ist der optionale Bypass 13 zu der Mittelspannungsnetzdrossel 9 nicht vorhanden. Bei den Energiespeichern 18 bis 20 handelt es sich hier um zwei Batterien 24 beziehungsweise Batteriebänke und ein Schwungrad 25 mit einer an den Rotor 26 einer elektrischen Maschine 27 angekoppelten Schwungmasse 28. Dabei kann das Schwungrad 25 insbesondere zur kurzfristigen Bereitstellung schwankender elektrischer Leistung vorgesehen sein, während die Batterien 24 eine relativ konstante Basisleistung zur Verfügung stellen.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Vorrichtung zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV)
2	Rotierende elektrische Maschine
3	Generatorwicklung
4 bis 7	Motorwicklung
8	Abzweig
9	Mittelspannungsnetzdrössel
10	Mittelspannungsnetz
11	Mittelspannungslast
12	Trennschalter
13	Bypass
14 bis 17	Wandler
18 bis 21	Energiespeicher
22	Kupplung
23	Brennkraftmaschine
24	Batterie
25	Schwungrad
26	Rotor
27	Elektrische Maschine
28	Schwungmasse
29	Bypass Schalter
30	Rotor