

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
18. Oktober 2012 (18.10.2012)



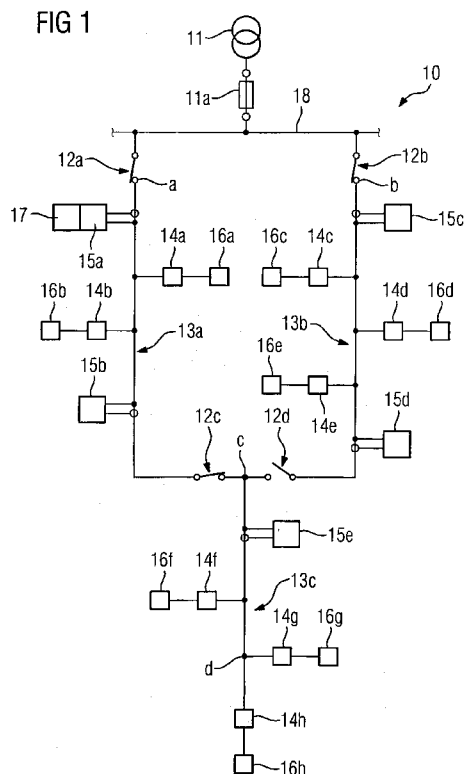
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/139656 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H02J 13/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/056016
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
15. April 2011 (15.04.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KUSSYK, Jaroslav** [AT/AT]; Angergasse 14, A-1170 Wien (AT).  
**LICHTNEKERT, Johann** [AT/AT]; Steingasse 55/5, A-1230 Wien (AT).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ENERGY DISTRIBUTION NETWORK AND METHOD FOR OPERATING SAME

(54) Bezeichnung : ENERGIEVERTEILNETZ UND VERFAHREN ZU DESSEN BETRIEB



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an energy distribution network (10) having a plurality of network participants, wherein the network participants comprise at least one energy output device and wherein the network participants have a uni-directional or bi-directional communication connection to a central device (17) that monitors the energy distribution network. In order to be able to ensure robust and secure operation of the energy distribution network (10), according to the invention a topology of the energy distribution network (10) is monitored by the central device (17) and, when a change in the topology of the energy distribution network (10) is recognized, the electrical energy supply of at least one energy output device arranged in a distribution network region affected by the topology change is increased, reduced or stopped by the central device (17) in the affected distribution network region of the energy distribution network (10).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Energieverteilnetzes (10) mit einer Mehrzahl von Netzteilnehmern, wobei die Netzteilnehmer mindestens eine Energieabgabereinrichtung umfassen, und wobei die Netzteilnehmer mit einer das Energieverteilnetz überwachenden Zentraleinrichtung (17) in einer uni- oder bidirektionalen Kommunikationsverbindung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/139656 A1



CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,  
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,  
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

---

stehen. Um einen robusten und sicheren Betrieb des Energieverteilnetzes (10) gewährleisten zu können, wird vorgeschlagen, das mittels der Zentraleinrichtung (17) eine Topologie des Energieverteilnetzes (10) überwacht wird, und bei einer erkannten Veränderung der Topologie des Energieverteilnetzes (10) die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in einem von der Topologieänderung betroffenen Verteilnetzbereich angeordneten Energieabgabereinrichtung in den betroffenen Verteilnetzbereich des Energieverteilnetzes (10) durch die Zentraleinrichtung (17) erhöht, reduziert oder gestoppt wird.

Beschreibung

Energieverteilnetz und Verfahren zu dessen Betrieb

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines  
Energieverteilnetzes mit einer Mehrzahl von Netzteilnehmern,  
wobei die Netzteilnehmer mindestens eine Energieabgabeein-  
richtung umfassen und die Netzteilnehmer mit einer das Ener-  
gieverteilnetz überwachenden Zentraleinrichtung in einer uni-  
10 oder bidirektionalen Kommunikationsverbindung stehen. Die Er-  
findung betrifft zudem eine Zentraleinrichtung zur Überwa-  
chung eines elektrischen Energieverteilnetzes und ein Ener-  
gieverteilnetz mit einer solchen Zentraleinrichtung.

15 Mit einer zunehmenden Dezentralisierung der Energieerzeugung  
(beispielsweise durch Photovoltaikanlagen oder kleine Kraft-  
Wärme-Kopplungsanlagen insbesondere in privaten Haushalten)  
verändert sich die Art der Nutzung der Verteilnetze von einer  
zentralisierten Stromverteilung (von einer oder mehreren  
20 Transformatorstationen in Richtung zum Energieverbraucher) in  
eine zumindest zeitweise dezentrale Stromverteilung (z.B. von  
einem Haushalt zu anderen Haushalten oder von mehreren priva-  
ten Energieerzeugern in Richtung Transformatorstation bzw.  
ins Mittelspannungsnetz). Künftig wird es auch möglich sein,  
25 die überschüssige Energie bei einzelnen Netzteilnehmern zu  
speichern, beispielsweise in nicht vollständig geladenen Bat-  
terien von Elektroautos.

Die Planung und der Ausbau der meisten Niederspannungsver-  
30 teilnetze fanden oft vor Jahren oder sogar Jahrzehnten statt.  
Während der nachfolgenden Zeit erfolgte eine weitere evoluti-  
onäre Entwicklung der Verteilnetze, welche die Topologie der  
Netze durch einen Zu-, Um- und Ausbau veränderte. Die Doku-

mentation über die Topologie der Netze wurde oft nicht vollständig aktualisiert. Dazu kommt noch die Tatsache, dass innerhalb von Niederspannungsnetzen üblicherweise schaltbare Trennstellen (Schalteinrichtungen) vorgesehen sind, beispielsweise zur Netzumschaltung bei Servicearbeiten, die oft nicht den Anforderungen der dezentralen Energieerzeugung gewachsen sind.

Obwohl der Anteil der dezentral erzeugten Energie stetig wächst, ist er vielerorts noch relativ gering. Dadurch wird in der Praxis vorerst die Dimensionierungsreserve der Verteilnetze ausgenutzt bzw. stichprobenartig die Spannungsqualität insbesondere in Niederspannungsverteilsnetzen überwacht. Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass die insbesondere in einem Niederspannungsnetz erzeugte Energie anteilmäßig geringer ist als der gleichzeitige Stromverbrauch anderer Netzteilnehmer.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Energieverteilnetzes anzugeben, das einen robusten und sicheren Betrieb gewährleisten kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem mittels der Zentraleinrichtung eine Topologie des Verteilsnetzes überwacht wird und bei einer erkannten Veränderung der Topologie des Verteilsnetzes die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in einem von der Topologieänderung betroffenen Verteilsnetzbereich angeordneten Energieabgabereinrichtung in den betroffenen Verteilsnetzbereich des Energieverteilnetzes durch die Zentraleinrichtung erhöht, reduziert oder gestoppt wird.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht beispielsweise darin, dass es einen adaptiven Betrieb des Energieverteilnetzes ermöglicht, indem der jeweilige Betriebszustand der mindestens einen Energieabgabeeinrichtung dynamisch an die jeweilige Netztopologie angepasst wird. Unter der Topologie wird einerseits ein Aufbau des Energieverteilnetzes mit daran angeschlossenen Netzteilnehmern in Form von Energieabgabeeinrichtungen und Energieverbrauchseinrichtungen verstanden. Eine Topologieänderung entsteht in diesem Fall beispielsweise, wenn neue Energieverbrauchseinrichtungen und/oder -abgabeeinrichtungen an das Energieverteilnetz angeschlossen werden oder bestehende Energieverbrauchseinrichtungen und/oder -abgabeeinrichtungen vom Energieverteilnetz (temporär oder dauerhaft) getrennt werden. Auch eine Veränderung der Leitungsführung wird als Topologieänderung angesehen. Andererseits soll unter der Topologie des Verteilnetzes aber auch sein durch jeweilige Schaltzustände von im Verteilnetz vorgesehenen Schalteinrichtungen verstanden werden. Solche Schalteinrichtungen umfassen beispielsweise Leistungsschalter, Trennschalter und/oder Wartungsschalter, die automatisiert oder manuell geöffnet oder geschlossen werden können und so die Verschaltung einzelner Netzstränge des Verteilnetzes - und damit den elektrischen Energiefluss im Verteilnetz - beeinflussen. Erfindungsgemäß steuert die Zentraleinrichtung bei einer erkannten Topologieänderung die Einspeisung elektrischer Energie durch die Energieabgabeeinrichtung so, dass eine Netzininstabilität, z.B. durch zu hohe Stromflüsse in einer nach der Abschaltung einer ersten Energieversorgungsleitung verbleibenden zweiten Energieversorgungsleitung, vermieden wird.

Eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass mittels der Zentraleinrichtung auch

eine Auslastung von Energieversorgungsleitungen in einzelnen Verteilnetzbereichen überwacht wird, wobei die Auslastung durch einen in der jeweiligen Energieversorgungsleitung fließenden Strom und/oder eine an der jeweiligen Energieversorgungsleitung anliegende Spannung angegeben wird, und auch bei einer Auslastung einer Energieversorgungsleitung in einem Verteilnetzbereich, die oberhalb einer zulässigen Maximalauslastung liegt, die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in dem betreffenden Verteilnetzbereich angeordneten Energieabgabereinrichtung in den Verteilnetzbereich durch die Zentraleinrichtung reduziert oder gestoppt wird.

Auf diese Weise kann eine überhöhte Auslastung einzelner Energieversorgungsleitungen in dem Energieverteilnetz wirksam vermieden werden, da sich die Einspeisesituation in dem Verteilnetzbereich, der von der überhöhten Auslastung betroffen ist, in einem solchen Fall dynamisch anpassen lässt, so dass in der Folge eine Reduzierung oder Abschaltung der Energieeinspeisung der zumindest einen Energieabgabereinrichtung stattfindet, um die Auslastung der betreffenden Energieversorgungsleitung zu verringern. Das Energieverteilnetz wird hierbei quasi in einen "sicheren" Zustand überführt, in dem die Energieeinspeisung der in dem betroffenen Verteilnetzbereich liegenden Energieabgabereinrichtungen zurückgefahren wird. Dadurch wird vermieden, dass unkontrolliert zu viel Energie in das Energieverteilnetz eingespeist wird und dieses in einen instabilen Zustand gerät.

Die Auslastungssituation kann z.B. durch Messung eines in der jeweiligen Energieversorgungsleitung fließenden Stromes und/oder einer daran anliegenden Spannung erkannt bestimmt werden, die ins Verhältnis zu einem maximal erlaubten Strom und/oder einer maximal erlaubten Spannung auf der Energiever-

sorgungsleitung gesetzt werden. Außerdem kann die Auslastungssituation auch die Spannungsqualität bzw. die Merkmale der Netzspannung betreffen, also insbesondere Spannungsschwankungen, -einbrüche, -unterbrechungen, -flicker und  
5 -überschwingungen.

Außerdem kann gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform vorgesehen sein, dass mittels der Zentraleinrichtung auch eine Auslastung von Energieversorgungsleitungen in einzelnen Verteilnetzbereichen überwacht wird, wobei die Auslastung durch einen in der jeweiligen Energieversorgungsleitung fließenden Strom und/oder eine an der jeweiligen Energieversorgungsleitung anliegende Spannung angegeben wird, und auch bei einer Auslastung einer Energieversorgungsleitung in einem Verteilnetzbereich, die unterhalb einer Mindestauslastung  
10 liegt, die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in dem betreffenden Verteilnetzbereich angeordneten Energieabgabebereinrichtung in den Verteilnetzbereich durch die Zentraleinrichtung erhöht wird.

Auf diese Weise kann vermieden werden, dass einige Verteilnetzbereiche eine zu geringe Auslastung aufweisen, wodurch möglicherweise in anderen Verteilnetzbereichen eine zu hohe Auslastungssituation erzeugt wird. Auf die beschriebene Weise lässt sich quasi eine möglichst gleichmäßige Auslastung bzw.  
20 eine maximal mögliche Energieeinspeisung in allen Verteilnetzbereichen erreichen.

Die Auslastungssituation kann z.B. durch Messung eines in der jeweiligen Energieversorgungsleitung fließenden Stromes  
30 und/oder einer daran anliegenden Spannung erkannt bestimmt werden, die ins Verhältnis zu einem seitens des Netzbetreibers vorgegebenen minimalen Strom und/oder einer minimal er-

laubten Spannung auf der Energieversorgungsleitung gesetzt werden.

Bei den Energieabgabeeinrichtungen kann es sich beispielsweise um Energieerzeugungseinrichtungen oder um Energiespeicher-  
5 einrichtungen handeln. Hierbei wird auch die Sekundärseite eines Transformators, z.B. eines in das Energieverteilnetz elektrische Energie einspeisenden Mittelspannungstransformators, als Energieerzeugungseinrichtung angesehen.

10

Ist neben der Energieabgabeeinrichtung mindestens eine weitere Energiespeichereinrichtung in dem Verteilnetzbereich oder einem angrenzenden Verteilnetzbereich vorhanden, so kann gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen sein, dass die Zentraleinrichtung die elektrische Energie der mindestens einen in dem  
15 betreffenden Verteilnetzbereich angeordneten Energieerzeugungseinrichtung ganz oder zum Teil in die Energiespeichereinrichtung lenkt und dort zwischenspeichert.

20

Ist in dem betreffenden Verteilnetzbereich zumindest eine zuschaltbare Energieverbrauchseinrichtung verfügbar, so kann gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zudem vorgesehen sein, dass die Zentraleinrichtung die zuschaltbare Energieverbrauchseinrichtung  
25 zuschaltet und die elektrische Energie der Energieerzeugungseinrichtung ganz oder zum Teil mit der Energieverbrauchseinrichtung verbraucht. Dies kann z.B. eine nützliche Maßnahme sein, um im Fall einer überhöhten Spannung in einem Verteilnetzbereich die Spannung zu reduzieren.  
30

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht zudem vor, dass bei erkannter Veränderung

der Topologie des Verteilnetzbereiches und/oder einer Auslastung einer Energieversorgungsleitung in dem betreffenden Verteilnetzbereich, die oberhalb einer zulässigen Maximalauslastung oder unterhalb einer Mindestauslastung der Energieversorgungsleitung liegt, die Zentraleinrichtung auch die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer Energieabgabeeinrichtung in einem anderen Verteilnetzbereich, der von dem betreffenden Verteilnetzbereich verschieden ist, erhöht, reduziert oder stoppt.

10

Hierbei kann die Zentraleinrichtung nicht nur auf den von der Topologieänderung und/oder der zu hohen oder zu niedrigen Auslastung jeweils betroffenen Verteilnetzbereich einwirken, sondern auch in anderen Verteilnetzbereichen geeignete Maßnahmen durchführen, die zur Stabilisierung des gesamten Energieverteilnetzes geeignet sind. Dies kann beispielsweise auch die Beeinflussung eines in den anderen Verteilnetzbereich einspeisenden Generators oder Transformators betreffen.

20

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist zudem vorgesehen, dass regelmäßig oder unregelmäßig geprüft wird, ob die Kommunikationsverbindung zwischen einem Netzteilnehmer und der Zentraleinrichtung unterbrochen ist oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindung einen vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet, und die Energieeinspeisung der mindestens einen Energieabgabeeinrichtung in das Energieverteilnetz reduziert oder gestoppt wird, wenn die Kommunikationsverbindung unterbrochen ist oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindung den vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet.

30

Hierdurch kann eine überhöhte Energieeinspeisung in das Energieverteilnetz im Falle einer Kommunikationsstörung vermieden werden. Kommt es zum Beispiel aufgrund einer Störung von Kommunikationsverbindungen dazu, dass Energieabgabeeinrichtungen  
5 gar nicht oder zumindest nicht mehr ausreichend von der übergeordneten Zentraleinrichtung gesteuert werden können, so wird das Energieverteilnetz in einen "sicheren" Zustand überführt, in dem die Energieeinspeisung derjenigen Energieabgabeeinrichtungen, die von der Zentraleinrichtung nicht oder  
10 nur noch schlecht erreichbar sind, zurückgefahren wird. Dadurch wird vermieden, dass unkontrolliert zu viel Energie in das Energieverteilnetz eingespeist wird und dieses in einen instabilen Zustand gerät.

15 Wenn die Kommunikationsverbindung zwischen der Zentraleinrichtung und einer oder mehreren der Steuereinrichtungen unterbrochen ist oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindungen den vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet, können die betroffenen Steuereinrichtungen be-  
20 spielsweise die Energieerzeugung der mit ihnen in Verbindung stehenden Energieerzeugungseinrichtungen reduzieren oder drosseln. Alternativ können die von einem Kommunikationsausfall betroffenen Steuereinrichtungen auch die Energie der mit ihnen in Verbindung stehenden Energieerzeugungseinrichtungen  
25 ganz oder zum Teil in zugeordnete Energiespeichereinrichtungen umlenken und dort zwischenspeichern.

In diesem Zusammenhang kann gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung zudem vorgesehen sein, dass die Zentraleinrichtung  
30 bei einer erkannten Unterbrechung der Kommunikationsverbindung oder einem Absinken der Übertragungsqualität unter den vorgegebenen Mindestqualitätswert die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer Energieabgabeeinrichtung in einem

anderen Verteilnetzbereich, der von dem betreffenden Verteilnetzbereich verschieden ist, erhöht, reduziert oder stoppt und/oder die elektrische Energieaufnahme einer mit dem anderen Verteilnetzbereich verbundenen Energieverbrauchseinrichtung drosselt oder abschaltet.

Hierbei wird vorteilhaft ausgenutzt, dass der Zentraleinrichtung das Bestreben der Energieabgabeeinrichtungen bekannt ist, bei einer Kommunikationsstörung in einen sicheren Betriebszustand überzugehen. Folglich kann die Zentraleinrichtung geeignete Maßnahmen durchführen, um die Netzstabilität positiv zu beeinflussen. Dies kann beispielsweise durch gezielte Beeinflussung der Energieeinspeisung einer weiteren Energieabgabeeinrichtung in einem anderen Verteilnetzbereich, für die keine Kommunikationsstörung erkannt worden ist, oder durch gezieltes Abwerfen oder Zuschalten von elektrischen Lasten erfolgen. Dabei muss jedoch - z.B. durch Überwachung einer Netzspannung und/oder einer Stromauslastung der Energieversorgungsleitungen - darauf geachtet werden, dass diese Maßnahmen selbst keine negativen Auswirkungen auf die Netzstabilität haben.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass zur Überwachung der Topologie des Verteilnetzes eine Gruppe von mindestens zwei in einen Verteilnetzbereich des Verteilnetzes derart elektrisch abgrenzenden Strommesseinrichtungen ausgewählt wird, dass der abgegrenzte Verteilnetzbereich frei von elektrischen Lasten und Quellen ist, wobei die Strommesseinrichtungen mit der Zentraleinrichtung in Kommunikationsverbindung stehen, mit den Strommesseinrichtungen jeweils der Strom unter Bildung eines Strommesswerts gemessen wird, die Strommesswerte an die Zentraleinrichtung übermittelt und dort unter Berücksichtigung

der Stromflussrichtung unter Bildung einer Stromsumme addiert werden, eine Topologieänderungsinformation gebildet wird, die angibt, dass in dem abgegrenzten Verteilnetzbereich eine Topologieänderung aufgetreten ist, wenn die Stromsumme einen  
5 vorgegebenen Schwellenwert betragsmäßig überschreitet, und bei Vorliegen der Topologieänderungsinformation die Zentraleinrichtung eine Veränderung der Topologie des entsprechenden Verteilnetzbereichs erkennt.

10 Ein wesentlicher Vorteil dieser vorteilhaften Ausführungsform besteht darin, dass die Topologieüberwachung automatisch, beispielsweise rechnergestützt, durchgeführt werden kann und dazu lediglich Strommesseinrichtungen an geeigneten Stellen im Energieverteilnetz angeordnet werden müssen. Ist eine  
15 Vielzahl an Strommesseinrichtungen vorhanden und liegt demgemäß eine Vielzahl an Strommesswerten vor, so kann durch eine automatisierte Auswertung der Strommesswerte der vorhandenen Stromeinrichtungen festgestellt werden, welche Teilgruppen der Strommesseinrichtungen einen last- und quellenfreien Ab-  
20 schnitt des Energieverteilnetzes elektrisch abgrenzen, und zwar auch ohne vorherige Kenntnis des inneren Aufbaus und der inneren Verschaltung des Energieverteilnetzes. Die Topologieänderungsinformationen können also nachträglich allein anhand der vorliegenden Strommesswerte gebildet werden. Mit anderen  
25 Worten ist eine Topologieüberwachung ohne Vorkenntnisse möglich. Das beschriebene Verfahren ermöglicht es eine Topologieänderung leicht zu detektieren: Überschreitet nämlich die Stromsumme eines zuvor quellen- und lastenfreien Abschnitts des Energieverteilnetzes später betragsmäßig den vorgegebenen  
30 Schwellenwert, so steht fest, dass es zu einer Veränderung der Topologie gekommen ist und entsprechend eine Topologieänderungsinformation erzeugt werden muss. Eine Topologieänderung kann beispielsweise dadurch hervorgerufen werden, dass

in einen zuvor last- und quellenfreien Abschnitt ein Strom eingespeist wird oder aus einem zuvor last- und quellenfreien Abschnitt ein Strom entnommen wird; eine solche Topologieänderung kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass ein innerhalb des zuvor quellen- und lastenfreien Abschnitts vorhandener offener Trennschalter - aus welchen Gründen auch immer - geschlossen wird und somit ein zusätzlicher Stromfluss ermöglicht wird.

10 Die oben genannte Aufgabe wird auch durch eine Zentraleinrichtung zur Überwachung eines elektrischen Energieverteilnetzes gelöst, die zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 eingerichtet ist.

15 Außerdem wird die Aufgabe auch durch ein elektrisches Energieverteilnetz mit einer Mehrzahl von Netzteilnehmern, die mindestens eine Energieabgabeeinrichtung umfassen, gelöst, das eine mit den Netzteilnehmern in einer uni- oder bidirektionalen Kommunikationsverbindung stehende Zentraleinrichtung  
20 gemäß Anspruch 11 aufweist.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Energieverteilnetzes kann vorgesehen sein, dass die Energieabgabeeinrichtung eine Energieerzeugungseinrichtung und/oder eine Energiespeichereinrichtung ist.  
25

Außerdem kann gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung vorgesehen sein, dass das Energieverteilnetz zumindest eine zuschaltbare Energieverbrauchseinrichtung aufweist.

30

Zudem kann vorgesehen sein, dass das Energieverteilnetz ein Niederspannungsverteilnetz ist.

Schließlich kann eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Energieverteilnetzes vorsehen, dass das Energieverteilnetz zumindest zwei Verteilnetzbereiche aufweist, die von mindestens zwei Strommesseinrichtungen derart elektrisch abgegrenzt werden, dass der jeweilige abgegrenzte Verteilnetzbereich frei von elektrischen Lasten und Quellen ist, und die Strommesseinrichtungen mit der Zentraleinrichtung in Kommunikationsverbindung stehen.

10 Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, dabei zeigen beispielhaft

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel für ein Energieverteilnetz, anhand dessen auch das erfindungsgemäße Verfahren beispielhaft erläutert wird;

Figur 2 einen Teilnetzstrang des Energieverteilnetzes gemäß Figur 1 näher im Detail;

20 Figur 3 das Energieverteilnetz gemäß Figur 1, nachdem zwei Schalter umgeschaltet worden sind;

Figuren 4-5 ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein Energieverteilnetz, anhand dessen ein weiteres Ausführungsbeispiel für das erfindungsgemäße Verfahren erläutert wird.

Die Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Anordnung zur Überwachung und/oder Regelung der Energieverteilung in einem Teilbereich eines Drehstromnetzes mit dezentraler Energieeinspeisung und/oder -speicherung. Ein Verteilnetz 10 umfasst einen Netztransformator 11 mit einer Transformatorsi-

cherung 11a, eine Sammelschiene 18 mit in der Figur 1 geschlossenen Schalteinrichtungen 12a und 12b sowie Verteilnetzstränge 13a (zwischen Punkten a und c), 13b (zwischen Punkten b und c) und 13c (zwischen Punkten c und d). In der  
5 Übersichtsdarstellung in der Figur 1 sind die Netzstränge samt allen dazugehörigen Elementen als ein Leitungsbündel dargestellt, das Phasenleitungen L1 bis L3 und den Nullleiter symbolisieren soll.

10 Verteilnetzteilnehmer sind mittels Energiezähler 14a bis 14h an das Verteilnetz 10 angeschlossen. In der in Figur 1 dargestellten Netztopologie ist der Netzstrang 13c mittels einer geschlossenen Schalteinrichtung 12c mit dem Strang 13a verbunden. Eine Schalteinrichtung 12d ist geöffnet, so dass die  
15 Netzstränge 13b und 13c voneinander getrennt sind.

Zur Überwachung der Netzstränge 13a-13c sind im Verteilnetz 10 Strommesseinrichtungen 15a bis 15e installiert, welche die Verteilnetztopologie in drei Verteilnetzbereiche eingrenzen.

20

Bei den Verteilnetzteilnehmern handelt es sich beispielsweise um Energieabgabeeinrichtungen in Form von Energieerzeugungseinrichtungen 16d, 16g und 16h und Energiespeichereinrichtungen 16a, 16e, 16f sowie um Energieverbrauchseinrichtungen 16b  
25 und 16c. In den Energieerzeugungseinrichtungen 16d, 16g und 16h und in den Energiespeichereinrichtung 16a, 16e und 16f ist jeweils eine - in Figur 1 nicht explizit dargestellte - lokale Steuereinrichtung integriert. Die lokalen Steuereinrichtungen haben die Aufgabe, die jeweils zugeordnete Energieerzeugungseinrichtung 16d, 16g und 16h bzw. Energiespeichereinrichtung 16a, 16e, 16f lokal zu steuern.  
30

Eine Integration der Steuereinrichtungen in die Energieerzeugungseinrichtungen 16d, 16g und 16h bzw. in die Energiespeichereinrichtungen 16a, 16e, 16f ist hier nur beispielhaft zu verstehen. Stattdessen können die Steuereinrichtungen auch  
5 separate Einrichtungen bilden, die von der oder den zu steuernden Energieerzeugungseinrichtungen 16d, 16g und 16h bzw. Energiespeichereinrichtungen 16a, 16e, 16f getrennt sind. Auch ist es möglich, dass einer oder mehreren Steuereinrichtungen jeweils eine oder mehrere Energieerzeugungseinrichtungen  
10 16d, 16g und 16h, eine oder mehrere Energiespeichereinrichtungen 16a, 16e, 16f und/oder eine oder mehrere Energieverbrauchseinrichtungen 16b und 16c zugeordnet sind.

Über in der Figur 1 aus Gründen der Übersicht nicht näher gezeigte uni- oder bidirektionale Kommunikationsverbindungen  
15 stehen die Steuereinrichtungen mit einer Zentraleinrichtung 17 zur Netzführung in Verbindung. Die Zentraleinrichtung 17 befindet sich beispielsweise in der Strommesseinrichtung 15c. Die Kommunikationssignale der Kommunikationsverbindungen können  
20 mittels eines PLC-Verfahrens (PLC = Power Line Communication) über das Verteilnetz 10 oder über ein separates Kommunikationsnetz übertragen werden.

Die Messdaten der Strommesseinrichtungen 15a bis 15e gelangen  
25 zu der Zentraleinrichtung 17, die die Messdaten auswertet und zentral die Steuerung der Energieerzeugungseinrichtungen 16d, 16g und 16h sowie der Energiespeichereinrichtungen 16a, 16e, 16f vornimmt. Hierzu steuert die Zentraleinrichtung 17 die  
30 lokalen Steuereinrichtungen an, die den Energieerzeugungseinrichtungen 16d, 16g und 16h sowie den Energiespeichereinrichtungen 16a, 16e, 16f zugeordnet sind. Die Steuersignale werden von der Zentraleinrichtung 17 über die oben genannten  
Kommunikationsverbindungen übertragen. In dieser Weise kann

die Zentraleinrichtung 17 den Energiefluss in den Netzsträngen 13a, 13b und 13c getrennt voneinander durch eine gezielte Steigerung oder Drosselung der Energieerzeugung in einzelnen Netzbereichen und bei Bedarf durch eine vorübergehende Energiespeicherung steuern.

Um den Betrieb des Energieverteilnetzes 10 möglichst robust auszugestalten und gleichzeitig adaptiv auf sich verändernde Netzsituationen eingehen zu können, wird mittels der Zentraleinrichtung 17 die Topologie des Verteilnetzes 10 überwacht. Bei einer erkannten Veränderung der Topologie des Verteilnetzes 10 wird die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in einem von der Topologieänderung betroffenen Verteilnetzbereich angeordneten Energieabgabeeinrichtung, also einer der Energieerzeugungseinrichtungen 16d, 16g, 16h und/oder einer der Energiespeichereinrichtungen 16a, 16e, 16f in den betroffenen Verteilnetzbereich des Energieverteilnetzes 10 durch die Zentraleinrichtung 17 erhöht, reduziert oder gestoppt wird. Wird beispielsweise eine den Netzstrang 13c betreffende Topologieänderung erkannt, so sendet die Zentraleinrichtung 17 an die Steuereinrichtungen zumindest einer der in diesem Netzstrang 13c vorhandenen Energieabgabeeinrichtungen (Energieerzeugungseinrichtungen 16g, 16h und/oder Energiespeichereinrichtung 16f) ein Steuersignal, das eine Beeinflussung der von der jeweiligen Energieabgabeeinrichtung in den Netzstrang 13c erfolgenden Energieeinspeisung bewirkt.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Betriebsweise besteht beispielsweise darin, dass hierdurch ein adaptiver Betrieb des Energieverteilnetzes 10 ermöglicht wird, indem der jeweilige Betriebszustand der mindestens einen Energieabgabeeinrichtung dynamisch an die jeweilige Netztopologie angepasst wird.

Unter der Topologie wird einerseits ein Aufbau des Energieverteilnetzes mit daran angeschlossenen Netzteilnehmern in Form von Energieabgabeeinrichtungen und Energieverbrauchseinrichtungen verstanden. Eine Topologieänderung entsteht in diesem Fall beispielsweise, wenn neue Energieverbrauchseinrichtungen und/oder -abgabeeinrichtungen an das Energieverteilnetz angeschlossen werden oder bestehende Energieverbrauchseinrichtungen und/oder -abgabeeinrichtungen vom Energieverteilnetz (temporär oder dauerhaft) getrennt werden. Auch eine Veränderung der Leitungsführung wird als Topologieänderung angesehen. Andererseits soll unter der Topologie des Verteilnetzes aber auch sein durch jeweilige Schaltzustände von im Verteilnetz vorgesehenen Schalteinrichtungen verstanden werden. Solche Schalteinrichtungen umfassen beispielsweise Leistungsschalter, Trennschalter und/oder Wartungsschalter, die automatisiert oder manuell geöffnet oder geschlossen werden können und so die Verschaltung einzelner Netzstränge des Verteilnetzes - und damit den elektrischen Energiefluss im Verteilnetz - beeinflussen. Die Zentraleinrichtung steuert bei einer erkannten Topologieänderung die Einspeisung elektrischer Energie durch die Energieabgabeeinrichtung so, dass eine Netzin stabilität, z.B. durch zu hohe Stromflüsse in einer nach der Abschaltung einer ersten Energieversorgungsleitung verbleibenden zweiten Energieversorgungsleitung, vermieden wird.

Anhand von Figuren 2 und 3 soll beispielhaft erläutert werden, wie eine Erkennung einer Topologieänderung durchgeführt werden kann.

Hierzu ist in Figur 2 der Netzstrang 13a detaillierter dargestellt. Die Strommesseinrichtungen 15a und 15b umfassen jeweils eine Vorrichtung 21 zur Erfassung und Bearbeitung von

Strömen und eine Kommunikationsvorrichtung 22, die mit Phasenleitern L1, L2 und L3 und/oder dem Nullleiter N des Netzstranges 13a verbunden ist und über diese kommuniziert. Die Energiezähler 14a und 14b beinhalten jeweils eine Vorrichtung 5 23, die neben der eigentlichen Energiezählung auch eine Erfassung und Bearbeitung von Strömen einzelner Netzleitungen durchführt. Außerdem umfassen die Energiezähler 14a, 14b ebenfalls Kommunikationsvorrichtungen 22. Sowohl die Energiezähler 14a und 14b als auch die Strommesseinrichtung 15b kommunizieren mit der Strommesseinrichtung 15a, insbesondere mit 10 einer Zentraleinrichtung 17, die in der Strommesseinrichtung 15a enthalten ist und unter anderem den Netzstrang 13a überwacht.

15 Die Überwachung der Ströme im Verteilnetzstrang 13a erfolgt in aneinander reihenden Messzyklen, die durch die Zentraleinrichtung 17 initiiert werden. Zu Beginn eines Messzyklus sendet die Zentraleinrichtung 17 an alle Vorrichtungen 21, 23 entweder direkt, wie in der Strommesseinrichtung 15a, oder 20 unter Verwendung eines PLC-Verfahrens (PLC = Power Line Communication) über die Kommunikationsvorrichtungen 22 ein Starttelegramm, das eine Messung und deren Dauer initiiert. Am Ende der Messung werden in den Vorrichtungen 21, 23 der Energiezähler 14a und 14b und in der Strommesseinrichtung 15a 25 Mittelwerte der Beträge der Wirkströme in den Phasenleitern der überwachten Verteilnetzabzweige ( $I_{1.1}$ ,  $I_{2.1}$ ,  $I_{3.1}$ ,  $I_{1.2}$ ,  $I_{2.2}$ ,  $I_{3.2}$ ,  $I_{1.3}$ ,  $I_{2.3}$ ,  $I_{3.3}$ ,  $I_{1.4}$ ,  $I_{2.4}$  bzw.  $I_{3.4}$ ) gebildet. Diese Werte werden nach der Messung über dieselben Kommunikationsverbindungen an die Zentraleinrichtung 17 in der Strommesseinrichtung 30 15a übermittelt.

In der Zentraleinrichtung 17 kann eine Erkennung durchgeführt werden, ob der von den beteiligten Strommesseinrichtungen

15a, 15b und Energiezählern 14a, 14b abgegrenzte Bereich last- und quellenfrei ist, also ob an keiner weiteren Stelle Wirkstrom in den Bereich hinein- oder aus diesem herausfließt. Wenn nämlich die jeweils aus allen Wirkstromwerten eines Phasenleiters gebildete Wirkstromsumme betragsmäßig einen Schwellenwert nicht überschreitet - also nahe am Wert Null liegt - wird ein von den Strommesseinrichtungen 15a und 15b und den Energiezählern 14a und 14b vollständig abgegrenzter last- und quellenfreier Bereich erkannt.

10

Auf die gleiche Art und Weise erfolgt die Überwachung der Netzstränge 13b und 13c durch die Strommesseinrichtungen 15c und 15d sowie die Energiezähler 14c bis 14e bzw. durch die Strommesseinrichtung 15e und die Energiezähler 14f bis 14h.

15

Aus den übermittelten Wirkstrommittelwerten kann in der Zentraleinrichtung 17 beispielsweise festgestellt werden, wie der momentane Schaltzustand der Schalteinrichtungen 12c und 12d und die aktuelle Netzkonfiguration/-topologie ist. So kann festgestellt werden, ob der Netzstrang 13c mit dem Netzstrang 13a oder mit dem Netzstrang 13b oder mit beiden verbunden ist und wie sich der Stromfluss zwischen den genannten Netzbereichen aufteilt. Es können also beispielsweise Topologieinformationen über das elektrische Energieverteilnetz gewonnen werden, indem eine Gruppe von mindestens zwei an unterschied-

20

lichen Stellen des Energieverteilnetzes angeordneten Strommesseinrichtungen ausgewählt wird, mit den Strommesseinrichtungen jeweils der Strom unter Bildung eines Strommesswerts gemessen wird, die Strommesswerte unter Berücksichtigung der Stromflussrichtung unter Bildung einer Stromsumme addiert

25

werden und eine Topologieinformation gebildet wird, die angibt, dass die Strommesseinrichtungen einen last- und quellenfreien Abschnitt des Niederspannungsverteilnetzes elektrisch abgrenzen, wenn die Stromsumme einen vorgegebenen

Schwellenwert unterschreitet. Über solche Topologieinformationen als last- und quellenfrei erkannte Bereiche können dann beispielsweise in einer Netzleitstelle zur Gewinnung eines Topologieabbildes herangezogen werden.

5

Ebenso können Änderungen der Topologie erkannt werden, wenn zu einem bisher als last- und quellenfrei erkannten Bereich eine Überschreitung des Stromschwellenwertes erkannt wird, was bedeutet, dass neben den durch die Strommesseinrichtungen und die Energiezähler begrenzten Abzweigen noch weitere Einspeisungen bzw. Abzapfungen elektrischer Energie aus dem Verteilnetzbereich erfolgen. Entsprechend bildet die Zentraleinrichtung eine Topologieänderungsinformation. Eine solche Topologieänderung wird beispielsweise beim Übergang von dem in

10 Figur 1 gezeigten Fall in den in Figur 3 gezeigten Fall erkannt: Hier erkennt die Zentraleinrichtung 17 eine Änderung der Schaltzustände der Schalteinrichtungen 12c und 12d. Schalteinrichtung 12c wird geöffnet, während Schalteinrichtung 12d in den geschlossenen Zustand übergeht, so dass Netz-

15 strang 13c nunmehr anstelle mit Netzstrang 13a mit Netzstrang 13b verbunden ist. Entsprechend erzeugt die Zentraleinrichtung 17 eine Topologieänderungsinformation, bei deren Vorliegen in oben beschriebener Weise eine Einwirkung auf die im Netzstrang 13c vorhandenen Energieabgabeeinrichtungen er-

20 folgt.

25

Die Strommesseinrichtungen 15a - 15e können in mindestens einem Teil eines Energieverteilnetzes an denjenigen Netzstellen installiert werden, die für die Überwachung der topologischen

30 Eigenschaften des Energieverteilnetzes und/oder des Verteilnetzbereichs besonders wichtig sind, wie beispielsweise Netzleitungsabzweige, -gabelungen, -knoten, -trennstellen und

ähnliche Komponenten, und mit mindestens einer gemeinsamen Netzleitung (Phasenleiter oder Nullleiter) verbunden sind.

5 Eine synchrone Erfassung der zusammengehörigen Ströme sowie anderer für die Verteilung der elektrischen Energie relevanten Parameter kann im System je nach Bedarf fortlaufend, über eine begrenzte Zeitdauer einmal oder mehrmals sporadisch oder stichprobenartig durchgeführt werden.

10 Die Steuerung der synchronen Erfassung im System erfolgt vorzugsweise entweder zeitgesteuert (z. B. mit Beginn zu jeder vollen Stunde) oder per Befehl von einem führenden Stromwächter oder einer der weiteren Vorrichtungen. Im Fall einer zeitgesteuerten Erfassung werden die internen Zeitreferenzen/  
15 Uhren in den Strommesseinrichtungen vorher vorzugsweise aus der Ferne oder per lokaler Einstellung synchronisiert.

Durch eine Installation mehrerer Strommesseinrichtungen in einem Verteilnetz können auch mehrere eventuell sich überlap-  
20 pende, aneinander grenzende oder unabhängige Bilanzgruppen gebildet werden. Dabei können einige Strommesseinrichtungen mehreren Strombilanzgruppen und/oder mehreren Netztrennstellen angehören. In dem Fall kann beispielsweise ein besonderes Augenmerk auf die Stromflussrichtung in einem solchen Strom-  
25 wächter gelegt werden, die für benachbarte Bilanzgruppen unterschiedlich zu werten sein kann.

Die oben beschriebene mindestens eine Zentraleinrichtung 17 kann auch eine Teilfunktionalität einer Strommesseinrichtung  
30 sein. Eine Strommesseinrichtung kann auch die Funktionalität mehrerer der vorherbeschriebenen Strommesseinrichtungen umfassen. Die oben beschriebene Funktionalität einer Strommesseinrichtung und/oder einer weiteren Vorrichtung kann auch als

eine Teilfunktionalität eines Energiezählers, eines Spannungsqualitätsmessgerätes, eines Datenkonzentrators oder eines Automatisierungsgerätes realisiert werden.

- 5 Als Kommunikationsmedium für die Kommunikationsvorrichtungen bzw. Kommunikationsinfrastruktur kann das Verteilnetz selbst oder ein separates Kommunikationsnetz dienen.

Zusammengefasst ist eine automatische Überwachung der Topologie eines elektrischen Energieverteilnetzes, insbesondere dessen Schaltzustände sowie Veränderungen in der Topologie einzelner Verteilnetzbereiche/-abschnitte, durch den Einsatz der Strommesseinrichtungen möglich. Diese können in einem Verteilnetz so platziert werden, dass eine exakte Kenntnis der Netztopologie nicht notwendig ist und nur eine relativ grobe Struktur der Netztopologie, wie beispielsweise Netzleitungsstränge zwischen den wichtigen Netzknoten/-trennstellen sowie deren Schaltzustand, zumindest im überwachten Netzbereich bekannt ist. Solche Netzbereiche/-abschnitte können als "Ganzes" hinsichtlich der ein-, aus- und durchfließenden Ströme und unter der Berücksichtigung der Spannungsqualität überwacht werden. Vorteilhaft ist hierbei insbesondere, dass man entlang eines Stranges keine Strommesseinrichtungen benötigt, sondern nur an dessen Enden/Trennstellen. Die restlichen Ströme von/zur den einzelnen Energieverbrauchern/-lieferanten können beispielsweise durch sogenannte "Smart-Grid-Energiezähler" mit entsprechender Funktionalität erfasst und der Zentraleinrichtung übermittelt werden.

- 30 Durch den Einsatz der Strommesseinrichtungen ist es außerdem möglich, die überwachten Verteilnetzbereiche in deren Größe nahezu beliebig zu skalieren oder nur bestimmte örtlich begrenzte Teile des Verteilnetzes zu überwachen.

Außerdem kann das beschriebene Verfahren unter Verwendung von in einem Verteilnetz bereits ohnehin installierter Infrastruktur, wie E-Zählern, Spannungsqualitätsmessgeräten oder  
5 Automatisierungsgeräten, realisiert werden.

Aus den übermittelten Wirkstrommittelwerten kann in der Zentraleinrichtung 17 außerdem auch abgeschätzt werden, ob die in die Phasenleitung L2 einfließenden Ströme  $I_{2.1}$  und  $I_{2.3}$  in der  
10 Summe einen gewissen Planwert (Schwellenwert)  $I_{2.max}$  überschreiten. Wenn die Stromsumme einen überhöhten Wert ergibt und auch der aus dem Strang ausfließende Strom  $I_{2.2}$  und  $I_{2.4}$  nicht vernachlässigbar gering ist, könnte die Zentraleinrichtung 17 eine Alarmnachricht an die den Netzbetrieb führende  
15 Stelle versenden, um damit zu signalisieren, dass der Netzabschnitt mit dem Strang 13c nicht mehr über den Strang 13a, sondern besser über den Strang 13b versorgt werden soll. Dies kann durch ein Öffnen der Schalteinrichtung 12c und ein Schließen der Schalteinrichtung 12d erfolgen. Außerdem kann  
20 die Erkennung einer überhöhten Auslastung im Netzstrang 13a auch zu einer Beeinflussung der in diesem Netzstrang vorhandenen Energieabgabeeinrichtungen in der oben beschriebenen Weise führen. In entsprechender Weise kann auch eine zu geringe Auslastung eines Verteilnetzbereiches (z.B. Netzstrang  
25 13a) erkannt werden und darauf folgend von der Zentraleinrichtung 17 eine Erhöhung der Einspeisung elektrischer Energie durch die Energieabgabeeinrichtungen im entsprechenden Verteilnetzbereich veranlasst werden.

30 Eine synchrone Erfassung der Ströme und die nachfolgende Analyse der Ströme und deren Bilanzen erlauben somit eine Überwachung der Transportkapazität einzelner Verteilnetzbereiche, um eine ausreichende Versorgungsspannungsqualität und einen

sicheren Verteilnetzbetrieb, insbesondere bei vielen verteilten Energieerzeugern, zu sichern.

Besitzen die Strommesseinrichtungen 15a - 15e zudem die Möglichkeit einer Spannungserfassung und -verarbeitung, so kann  
5 zusätzlich eine Überwachung der Spannungshöhe, der Spannungsqualität bzw. der Merkmale der Netzspannung, insbesondere der Spannungsschwankungen, -einbrüche, -unterbrechungen, -flicker, -überschwingungen u.ä., erfolgen gepaart mit der Überwachung der Verteilnetztopologie und/oder der Stromverteilung  
10 insbesondere der Wirk- und/oder Blindströme in der mindestens einen Zentraleinrichtung und/oder dem weiteren System (z. B. einem Verteilnetzmanagementsystem). Dies hat zum Ziel, die Leistungstransportfähigkeit des Verteilnetzes bzw. dessen  
15 Schwachstellen zu überwachen, indem die Spannungsqualitätsmerkmale insbesondere bei erhöhter Strombelastung der abgegrenzten Verteilnetzbereiche/-abschnitte oder einzelner Netzleitungen analysiert und bewertet werden, um gegebenenfalls  
20 Maßnahmen zum Schutz des Verteilnetzes zu ergreifen (wie z. B. eine zeitweilige Lastenreduktion im Netz oder einen nachhaltigen Ausbau der zu schwach dimensionierten Netzleitungen). Entsprechend kann bei einer erkannten zu hohen oder zu geringen spannungsbezogenen Auslastung eines Verteilnetzbereiches die Zentraleinrichtung entsprechende Maßnahmen zur  
25 Beeinflussung der Energieabgabeeinrichtungen ergreifen.

Somit ist neben der Auswertung einer Topologieänderung durch die Zentraleinrichtung 17 zusammengefasst auch vorgesehen,  
dass mittels der Zentraleinrichtung 17 auch eine Auslastung  
30 von Energieversorgungsleitungen in einzelnen Verteilnetzbereichen überwacht wird, wobei die Auslastung durch einen in der jeweiligen Energieversorgungsleitung fließenden Strom

und/oder eine an der jeweiligen Energieversorgungsleitung anliegende Spannung angegeben wird.

Bei einer Auslastung einer Energieversorgungsleitung in einem Verteilnetzbereich, die oberhalb einer zulässigen Maximalauslastung liegt, wird die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in dem betreffenden Verteilnetzbereich angeordneten Energieabgabereinrichtung in den Verteilnetzbereich durch die Zentraleinrichtung 17 reduziert oder gestoppt. Auf diese Weise kann eine überhöhte Auslastung einzelner Energieversorgungsleitungen in dem Energieverteilnetz wirksam vermieden werden, da sich die Einspeisesituation in dem Verteilnetzbereich, der von der überhöhten Auslastung betroffen ist, in einem solchen Fall dynamisch anpassen lässt, so dass in der Folge eine Reduzierung oder Abschaltung der Energieeinspeisung der zumindest einen Energieabgabereinrichtung stattfindet, um die Auslastung der betreffenden Energieversorgungsleitung zu verringern. Das Energieverteilnetz wird hierbei quasi in einen "sicheren" Zustand überführt, in dem die Energieeinspeisung der in dem betroffenen Verteilnetzbereich liegenden Energieabgabereinrichtungen zurückgefahren wird. Dadurch wird vermieden, dass unkontrolliert zu viel Energie in das Energieverteilnetz eingespeist wird und dieses in einen instabilen Zustand gerät. Die Auslastungssituation kann hierbei z.B. durch Messung eines in der jeweiligen Energieversorgungsleitung fließenden Stromes und/oder einer daran anliegenden Spannung erkannt bestimmt werden, die ins Verhältnis zu einem maximal erlaubten Strom und/oder einer maximal erlaubten Spannung auf der Energieversorgungsleitung gesetzt werden.

Bei einer Auslastung einer Energieversorgungsleitung in einem Verteilnetzbereich, die unterhalb einer Mindestauslastung

liegt, erhöht die Zentraleinrichtung 17 die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in dem betreffenden Verteilnetzbereich angeordneten Energieabgabeeinrichtung in den Verteilnetzbereich. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass einige Verteilnetzbereiche eine zu geringe Auslastung aufweisen, wodurch möglicherweise in anderen Verteilnetzbereichen eine zu hohe Auslastungssituation erzeugt wird. Auf die beschriebene Weise lässt sich quasi eine möglichst gleichmäßige Auslastung in allen Verteilnetzbereichen erreichen. Die Auslastungssituation kann hierbei z.B. durch Messung eines in der jeweiligen Energieversorgungsleitung fließenden Stromes und/oder einer daran anliegenden Spannung erkannt bestimmt werden, die ins Verhältnis zu einem seitens des Netzbetreibers vorgegebenen minimalen Strom und/oder einer minimal erlaubten Spannung auf der Energieversorgungsleitung gesetzt werden.

Ist neben der Energieabgabeeinrichtung mindestens eine weitere Energiespeichereinrichtung in dem Verteilnetzbereich oder einem angrenzenden Verteilnetzbereich vorhanden, so kann die Zentraleinrichtung 17 die elektrische Energie der mindestens einen in dem betreffenden Verteilnetzbereich angeordneten Energieerzeugungseinrichtung ganz oder zum Teil in die Energiespeichereinrichtung lenken und dort zwischenspeichern. Ist in dem betreffenden Verteilnetzbereich zumindest eine zuschaltbare Energieverbrauchseinrichtung verfügbar, so kann die Zentraleinrichtung 17 die zuschaltbare Energieverbrauchseinrichtung zuschalten und die elektrische Energie der Energieerzeugungseinrichtung ganz oder zum Teil mit der Energieverbrauchseinrichtung verbrauchen.

Um die Stabilität des gesamten Energieversorgungsnetzes zu gewährleisten kann die Zentraleinrichtung 17 zusätzlich zu

der oben beschriebenen Vorgehensweise bei erkannter Veränderung der Topologie des Verteilnetzbereiches und/oder einer Auslastung einer Energieversorgungsleitung in dem betreffenden Verteilnetzbereich, die oberhalb einer zulässigen Maximalauslastung oder unterhalb einer Mindestauslastung der Energieversorgungsleitung liegt, auch die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer Energieabgabereinrichtung in einem anderen Verteilnetzbereich, der von dem betreffenden Verteilnetzbereich verschieden ist, erhöhen, reduzieren oder 5 stoppen. Hierbei kann die Zentraleinrichtung nicht nur auf den von der Topologieänderung und/oder der zu hohen oder zu niedrigen Auslastung jeweils betroffenen Verteilnetzbereich einwirken, sondern auch in anderen Verteilnetzbereichen geeignete Maßnahmen durchführen, die zur Stabilisierung des gesamten Energieverteilnetzes geeignet sind. 10 15

Der oben beschriebene Betrieb des Energieverteilnetzes 10 ist nur möglich, solange die Kommunikationsverbindungen bestehen oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindungen einen vorgegebenen Mindestqualitätswert erreicht oder überschreitet. Daher kann, um die Sicherheit beim Betrieb des Energieverteilnetzes weiter zu erhöhen, außerdem regelmäßig oder unregelmäßig geprüft werden, ob die Kommunikationsverbindung zwischen einem Netzteilnehmer und der Zentraleinrichtung 20 unterbrochen ist oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindung einen vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet. Wenn die Kommunikationsverbindung unterbrochen ist oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindung den vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet, 25 wird die Energieeinspeisung der mindestens einen Energieabgabereinrichtung in das Energieverteilnetz reduziert oder gestoppt. Hierdurch kann eine überhöhte Energieeinspeisung in das Energieverteilnetz im Falle einer Kommunikationsstörung 30

vermieden werden. Kommt es zum Beispiel aufgrund einer Störung von Kommunikationsverbindungen dazu, dass Energieabgabeeinrichtungen gar nicht oder zumindest nicht mehr ausreichend von der übergeordneten Zentraleinrichtung gesteuert werden können, so wird das Energieverteilnetz in einen "sicheren" Zustand überführt, in dem die Energieeinspeisung derjenigen Energieabgabeeinrichtungen, die von der Zentraleinrichtung nicht oder nur noch schlecht erreichbar sind, zurückgefahren wird. Dadurch wird vermieden, dass unkontrolliert zu viel Energie in das Energieverteilnetz eingespeist wird und dieses in einen instabilen Zustand gerät. Wenn die Kommunikationsverbindung zwischen der Zentraleinrichtung und einer oder mehreren der Steuereinrichtungen unterbrochen ist oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindungen den vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet, können die betroffenen Steuereinrichtungen beispielsweise die Energieerzeugung der mit ihnen in Verbindung stehenden Energieerzeugungseinrichtungen reduzieren oder drosseln. Alternativ können die von einem Kommunikationsausfall betroffenen Steuereinrichtungen auch die Energie der mit ihnen in Verbindung stehenden Energieerzeugungseinrichtungen ganz oder zum Teil in zugeordnete Energiespeichereinrichtungen umlenken und dort zwischenspeichern.

Wenn eine oder mehrere Kommunikationsverbindungen unterbrochen sind oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindungen einen vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet, werden die lokalen Steuereinrichtungen die Ansteuerung der zugeordneten Energieerzeugungseinrichtungen 16d, 16g und 16h und der Energiespeichereinrichtungen 16a, 16e, 16f selbst übernehmen, und zwar in der Weise, dass das Verteilnetz 10 in einen stabilen, sicheren Zustand überführt wird.

Ist eine von einem Kommunikationsproblem betroffene Steuer-  
einrichtung einer Energieerzeugungseinrichtung 16d, 16g, 16h  
zugeordnet, so wird die betroffene Steuereinrichtung vorzugs-  
5 weise die Energieerzeugung der Energieerzeugungseinrichtung  
16d, 16g, 16h reduzieren oder stoppen, sobald die Kommunika-  
tionsverbindung unterbrochen ist oder die Übertragungsquali-  
tät der Kommunikationsverbindung den vorgegebenen Mindestqua-  
litätswert unterschreitet.

10

Ist eine von einem Kommunikationsproblem betroffene Steuer-  
einrichtung einer Energieerzeugungseinrichtung 16d, 16g, 16h  
und einer Energiespeichereinrichtung 16a, 16e, 16f zugeord-  
net, so kann die Steuereinrichtung die Energie der Energieer-  
zeugungseinrichtung 16d, 16g, 16h drosseln und/oder in die  
15 Energiespeichereinrichtung 16a, 16e, 16f lenken und dort zwischenspeichern, sobald die Kommunikationsverbindung unterbrochen ist oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindung den vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet.

20

Ist eine von einem Kommunikationsproblem betroffene Steuer-  
einrichtung einer Energieerzeugungseinrichtung 16d, 16g, 16h  
und einer Energieverbrauchseinrichtung 16b, 16c zugeordnet,  
so kann die Steuereinrichtung die Energieerzeugung der Ener-  
gieerzeugungseinrichtung 16d, 16g, 16h drosseln und/oder die  
25 Energieverbrauchseinrichtung 16b, 16c zuschalten und die  
Energie der Energieerzeugungseinrichtung 16d, 16g, 16h ganz  
oder zum Teil mit der Energieverbrauchseinrichtung 16b, 16c  
verbrauchen, wenn die Kommunikationsverbindung unterbrochen  
30 ist oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbin-  
dung den vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet.

Ist eine von einem Kommunikationsproblem betroffene Steuer-  
einrichtung nur einer oder mehreren Energiespeichereinrich-  
tungen 16a, 16e, 16f zugeordnet, so wird die Steuereinrich-  
tung die Energie vorzugsweise gespeichert halten und eine  
5 Einspeisung in das Verteilnetz vermeiden.

Außerdem kann vorgesehen sein, dass die Zentraleinrichtung 17  
bei einer erkannten Unterbrechung der Kommunikationsverbin-  
10 dung oder einem Absinken der Übertragungsqualität unter den  
vorgegebenen Mindestqualitätswert die elektrische Energieein-  
speisung mindestens einer Energieabgabereinrichtung in einem  
anderen Verteilnetzbereich, der von dem betreffenden Verteil-  
netzbereich verschieden ist, erhöht, reduziert oder stoppt  
15 und/oder die elektrische Energieaufnahme einer mit dem ande-  
ren Verteilnetzbereich verbundenen Energieverbrauchseinrich-  
tung drosselt oder abschaltet. Hierbei wird vorteilhaft aus-  
genutzt, dass der Zentraleinrichtung 17 das Bestreben der  
Energieabgabereinrichtungen bekannt ist, bei einer Kommunika-  
20 tionsstörung in einen sicheren Betriebszustand überzugehen.  
Folglich kann die Zentraleinrichtung geeignete Maßnahmen  
durchführen, um die Netzstabilität positiv zu beeinflussen.  
Dies kann beispielsweise durch gezielte Beeinflussung der  
Energieeinspeisung einer weiteren Energieabgabereinrichtung in  
25 einem anderen Verteilnetzbereich, für die keine Kommunika-  
tionsstörung erkannt worden ist, oder durch Abwerfen von elekt-  
rischen Lasten erfolgen. Dabei muss jedoch - z.B. durch Über-  
wachung einer Netzspannung und/oder einer Stromauslastung der  
Energieversorgungsleitungen - darauf geachtet werden, dass  
30 diese Maßnahmen selbst keine negativen Auswirkungen auf die  
Netzstabilität haben.

Zusammengefasst erlaubt die Anordnung gemäß der Figur 1 die Steuerung der Energieverteilung für einzelne Verteilnetzbe-  
reiche/-abschnitte, die durch die Strom- und/oder Spannungs-  
messeinrichtungen 15a bis 15e abgegrenzt sind. Die Steuerung  
5 des Energieflusses im Netz kann primär durch das lokale Spei-  
chern der überschüssigen Energie bei den Netzteilnehmern ein-  
zelner Netzbereiche und das Abrufen der gespeicherten Energie  
bei einem Mangel der lokal erzeugten Energie oder durch ein  
Drosseln der Energieproduktion bei einem Produktionsüber-  
10 schuss und nicht vorhandener Energietransportkapazität im  
Verteilnetz erfolgen. Dabei wird die momentane Menge der bei  
den Netzteilnehmern gespeicherten Energie permanent von der  
Zentraleinrichtung 17 überwacht. Im Falle eines Ausfalls von  
Kommunikationsverbindungen erfolgt eine Stabilisierung des  
15 Verteilnetzes 10 vorzugsweise durch eine lokal gesteuerte  
Drosselung der Energieeinspeisung.

In den Figuren 4 und 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel  
für eine Anordnung zur Überwachung und/oder Regelung der  
20 Energieverteilung in einem Teilbereich eines Drehstromnetzes  
mit dezentraler Energieeinspeisung und/oder -speicherung dar-  
gestellt. Ein Verteilnetz 40 besteht aus einem Netztransfor-  
mator 41 mit einer Transformatorsicherung 41a, einer Sammel-  
schiene 42 mit Abzweigschalteneinrichtungen 43a und 43b, und  
25 Verteilnetzsträngen, von denen in der Figur 4 nur einer näher  
dargestellt und mit dem Bezugszeichen 44 (zwischen Punkten a  
und b) gekennzeichnet ist.

Die einzelnen Verteilnetzteilnehmer sind mittels Energiezäh-  
30 ler 45a bis 45c an das Netz 40 angeschlossen, wobei der Ener-  
giezähler 45c einem 3-phasigen steuerbaren Stromerzeuger 46  
vorgeschaltet ist. Bei den Verteilnetzteilnehmern 47a und 47b  
kann es sich um beliebige Energieerzeugungseinrichtungen,

Energiespeichereinrichtungen oder Energieverbrauchseinrichtungen handeln. Zusätzlich zur Überwachung des Netzstranges 44 ist im Netz 40 eine Strommesseinrichtung 48 installiert. Auf der Übersichtsdarstellung in der Figur 4 sind die Netzstränge samt allen dazugehörigen Elementen als ein Leitungs-  
5 bündel dargestellt, das Phasenleitungen L1 bis L3 und den Nullleiter symbolisieren soll.

Der Verteilnetzbereich mit dem Netzstrang 44 ist in der Figur  
10 5 detaillierter dargestellt. Dabei wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Darstellung des Netzteilnehmers 47b und des Energiezählers 45b verzichtet. Die Strommesseinrichtung 48 besteht aus einer Vorrichtung 50 zur Erfassung und Bearbeitung von Strömen und ggf. auch Spannungen und einer  
15 Kommunikationsvorrichtung 51, die mit Phasenleitern L1, L2 und L3 und/oder dem Nullleiter N verbunden ist und über diese kommuniziert.

Die Energiezähler 45a und 45c (Energiezähler 45b ist wie erwähnt nicht dargestellt) beinhalten jeweils eine Vorrichtung  
20 52, die neben der eigentlichen Energiezählung auch eine Erfassung und Bearbeitung von Strömen und/oder Spannungen einzelner Netzleitungen L1, L2, L3 durchführt, und jeweils eine Kommunikationsvorrichtung 53.

Die Energiezähler 45a und 45c kommunizieren mit der Strom-  
25 messeinrichtung 48, insbesondere mit einer Zentraleinrichtung 54, die in der Strommesseinrichtung 48 enthalten ist und unter anderem den Netzstrang 44 überwacht.

Der Energiezähler 45c enthält zusätzlich eine Abschaltein-  
30 richtung 55 und eine mit einer Steuerungseinheit 57 verbunde-

ne Steuerungsschnittstelle 56 zum Energieerzeuger 46, der 3-phasig über den Energiezähler 45c ans Netz angeschlossen ist.

Gemäß dem in der Figur 5 gezeigten Ausführungsbeispiel sendet  
5 die zentrale Steuerungseinheit 54 in der Strommesseinrichtung  
48 über die Kommunikationsvorrichtung 51 zur Steuerungsein-  
heit 57 im Energiezähler 45c periodisch Steuerungstelegramme  
aus, die Soll-Vorgabewerte für den Energieerzeuger 46 enthal-  
ten. Ausgehend von den Werten steuert die Steuerungseinheit  
10 57 über die Steuerungsschnittstelle 56 die Energieerzeugung  
im Stromerzeuger 46 und überwacht über dieselbe Steuerungs-  
schnittstelle 56 den Betriebszustand des Energieerzeugers 46.

Erkennt die Zentraleinrichtung 54 eine den Netzstrang 44  
15 betreffende Topologieänderung, eine zu hohe oder zu geringe  
Auslastung der Energieversorgungsleitungen des Netzstrangs 44  
oder fällt die Kommunikationsverbindung zwischen der Zentral-  
einrichtung 54 und der Steuerungseinheit 57 dauerhaft aus,  
beeinflusst die Steuerungseinheit 57 den Energieerzeuger 46  
20 in bereits zu Figur 1 näher erläuteter Weise.

Wenn die Steuerungsschnittstelle 56 zwischen der Steuerungs-  
einheit 57 und dem Energieerzeuger 46 ausfällt, wird die  
Netzverbindung des Energieerzeugers 46 mittels der Abschalt-  
25 einrichtung 55 getrennt, um einen möglicherweise größeren  
Schaden beim Energieerzeuger 46 oder einen möglichen Netz-  
kurzschluss abzuwenden.

Zusätzlich kann bei einer erkannten Kommunikationsstörung  
30 auch die Zentraleinrichtung 57 selbst Maßnahmen zur Netzsta-  
bilisierung ergreifen. Dabei kann sie entweder die Energie-  
einspeisung in das Verteilnetz erhöhen, verringern oder stop-  
pen oder steuerbare Lasten aus dem Verteilnetz abwerfen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Energieverteilnetzes (10) mit einer Mehrzahl von Netzteilnehmern, wobei

- 5 - die Netzteilnehmer mindestens eine Energieabgabereinrichtung umfassen; und wobei
- die Netzteilnehmer mit einer das Energieverteilnetz überwachenden Zentraleinrichtung (17) in einer uni- oder bidirektionalen Kommunikationsverbindung stehen,
- 10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- mittels der Zentraleinrichtung (17) eine Topologie des Energieverteilnetzes (10) überwacht wird; und
- bei einer erkannten Veränderung der Topologie des Energieverteilnetzes (10) die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in einem von der Topologieänderung betroffenen Verteilnetzbereich angeordneten Energieabgabereinrichtung in den betroffenen Verteilnetzbereich des Energieverteilnetzes (10) durch die Zentraleinrichtung (17) erhöht, reduziert oder gestoppt wird.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
- mittels der Zentraleinrichtung (17) auch eine Auslastung von Energieversorgungsleitungen in einzelnen Verteilnetzbereichen überwacht wird, wobei die Auslastung durch einen in der jeweiligen Energieversorgungsleitung fließenden Strom und/oder eine an der jeweiligen Energieversorgungsleitung anliegende Spannung angegeben wird; und
- 25 - auch bei einer Auslastung einer Energieversorgungsleitung in einem Verteilnetzbereich, die oberhalb einer zulässigen Maximalauslastung liegt, die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in dem betreffenden Verteilnetzbereich angeordneten Energieabgabereinrichtung in den Verteilnetzbere-
- 30

reich durch die Zentraleinrichtung (17) reduziert oder gestoppt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
- mittels der Zentraleinrichtung (17) auch eine Auslastung von Energieversorgungsleitungen in einzelnen Verteilnetzbereichen überwacht wird, wobei die Auslastung durch einen in der jeweiligen Energieversorgungsleitung fließenden Strom  
10 und/oder eine an der jeweiligen Energieversorgungsleitung anliegende Spannung angegeben wird; und  
- auch bei einer Auslastung einer Energieversorgungsleitung in einem Verteilnetzbereich, die unterhalb einer Mindestauslastung liegt, die elektrische Energieeinspeisung mindestens einer in dem betreffenden Verteilnetzbereich angeordneten Energieabgabereinrichtung in den Verteilnetzbereich  
15 durch die Zentraleinrichtung (17) erhöht wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
- die Energieabgabereinrichtung eine Energieerzeugungseinrichtung (16d, 16g, 16h) und/oder eine Energiespeichereinrichtung (16a, 16e, 16f) ist.

25 5. Verfahren nach Anspruch 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
- die Zentraleinrichtung (17) die elektrische Energie der mindestens einen in dem betreffenden Verteilnetzbereich angeordneten Energieerzeugungseinrichtung (16d, 16g, 16h)  
30 ganz oder zum Teil in eine Energiespeichereinrichtung (16a, 16e, 16f) lenkt und dort zwischenspeichert.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- in dem betreffenden Verteilnetzbereich eine zuschaltbare  
Energieverbrauchseinrichtung (16b, 16c) mit mindestens ei-  
ner Energieerzeugungseinrichtung (16d, 16g, 16h) verbunden  
5 ist; und

- die Zentraleinrichtung (17) die zuschaltbare Energie-  
verbrauchseinrichtung zuschaltet (16b, 16c) und die elekt-  
rische Energie der Energieerzeugungseinrichtung (16d, 16g,  
16h) ganz oder zum Teil mit der Energieverbrauchseinrich-  
10 tung (16b, 16c) verbraucht.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- bei erkannter Veränderung der Topologie des Verteilnetzbe-  
15 reiches und/oder einer Auslastung einer Energieversorgungs-  
leitung in dem betreffenden Verteilnetzbereich, die ober-  
halb einer zulässigen Maximalauslastung oder unterhalb ei-  
ner Mindestauslastung der Energieversorgungsleitung liegt,  
die Zentraleinrichtung (17) auch die elektrische Energie-  
20 einspeisung mindestens einer Energieabgabereinrichtung in  
einem anderen Verteilnetzbereich, der von dem betreffenden  
Verteilnetzbereich verschieden ist, erhöht, reduziert oder  
stoppt.

25 8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- regelmäßig oder unregelmäßig geprüft wird, ob die Kommuni-  
kationsverbindung zwischen einem Netzteilnehmer und der  
Zentraleinrichtung (17) unterbrochen ist oder die Übertra-  
30 gungsqualität der Kommunikationsverbindung einen vorgegebenen  
Mindestqualitätswert unterschreitet, und

- die Energieeinspeisung der mindestens einen Energieabgabe-  
einrichtung in das Energieverteilnetz reduziert oder ge-

stoppt wird, wenn die Kommunikationsverbindung unterbrochen ist oder die Übertragungsqualität der Kommunikationsverbindung den vorgegebenen Mindestqualitätswert unterschreitet.

5 9. Verfahren nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
- die Zentraleinrichtung (17) bei einer erkannten Unterbre-  
chung der Kommunikationsverbindung oder einem Absinken der  
Übertragungsqualität unter den vorgegebenen Mindestquali-  
10 tätswert die elektrische Energieeinspeisung mindestens ei-  
ner Energieabgabereinrichtung in einem anderen Verteilnetz-  
bereich, der von dem betreffenden Verteilnetzbereich ver-  
schieden ist, erhöht, reduziert oder stoppt und/oder die  
elektrische Energieaufnahme einer mit dem anderen Verteil-  
15 netzbereich verbundenen Energieverbrauchseinrichtung (16b,  
16c) drosselt oder abschaltet.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
20 - zur Überwachung der Topologie des Verteilnetzes eine Gruppe  
von mindestens zwei einen Verteilnetzbereich des Verteil-  
netzes derart elektrisch abgrenzenden Strommesseinrichtun-  
gen (15a-15e) ausgewählt wird, dass der abgegrenzte Ver-  
teilnetzbereich frei von elektrischen Lasten und Quellen  
25 ist, wobei die Strommesseinrichtungen (15a-15e) mit der  
Zentraleinrichtung (17) in Kommunikationsverbindung stehen;  
- mit den Strommesseinrichtungen 15a-15e) jeweils der Strom  
unter Bildung eines Strommesswerts gemessen wird;  
- die Strommesswerte an die Zentraleinrichtung (17) übermit-  
30 telt und dort unter Berücksichtigung der Stromflussrichtung  
unter Bildung einer Stromsumme addiert werden;  
- eine Topologieänderungsinformation gebildet wird, die an-  
gibt, dass in dem abgegrenzten Verteilnetzbereich eine To-

pologieänderung aufgetreten ist, wenn die Stromsumme einen vorgegebenen Schwellenwert betragsmäßig überschreitet; und  
- bei Vorliegen der Topologieänderungsinformation die Zentraleinrichtung (17) eine Veränderung der Topologie des entsprechenden Verteilnetzbereichs erkennt.

11. Zentraleinrichtung (17) zur Überwachung eines elektrischen Energieverteilnetzes (10),  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
10 - die Zentraleinrichtung (17) zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 eingerichtet ist.

12. Elektrisches Energieverteilnetz (10) mit einer Mehrzahl von Netzteilnehmern, die mindestens eine Energieabgabereinrichtung umfassen, und einer mit den Netzteilnehmern in einer uni- oder bidirektionalen Kommunikationsverbindung stehenden Zentraleinrichtung (17) gemäß Anspruch 11.

13. Elektrisches Energieverteilnetz (10) nach Anspruch 12,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
- die Energieabgabereinrichtung eine Energieerzeugungseinrichtung (16d, 16g, 16h) und/oder eine Energiespeichereinrichtung (16a, 16e, 16f) ist.

25 14. Elektrisches Energieverteilnetz (10) nach Anspruch 12 oder 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
- das Energieverteilnetz zumindest eine zuschaltbare Energieverbrauchseinrichtung (16b, 16c) aufweist.

30 15. Elektrisches Energieverteilnetz (10) nach einem der Ansprüche 12 bis 14,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- das Energieverteilnetz (10) ein Niederspannungsverteilnetz ist.

16. Elektrisches Energieverteilnetz (10) nach einem der Ansprüche 12 bis 15,  
5     d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t,     d a s s

- das Energieverteilnetz (10) zumindest zwei Verteilnetzbe-  
reiche aufweist, die von mindestens zwei Strommesseinrich-  
tungen (15a-15e) derart elektrisch abgegrenzt werden, dass  
10     der jeweilige abgegrenzte Verteilnetzbereich frei von  
elektrischen Lasten und Quellen ist, und
- die Strommesseinrichtungen (15a-15e) mit der Zentralein-  
richtung (17) in Kommunikationsverbindung stehen.

FIG 1

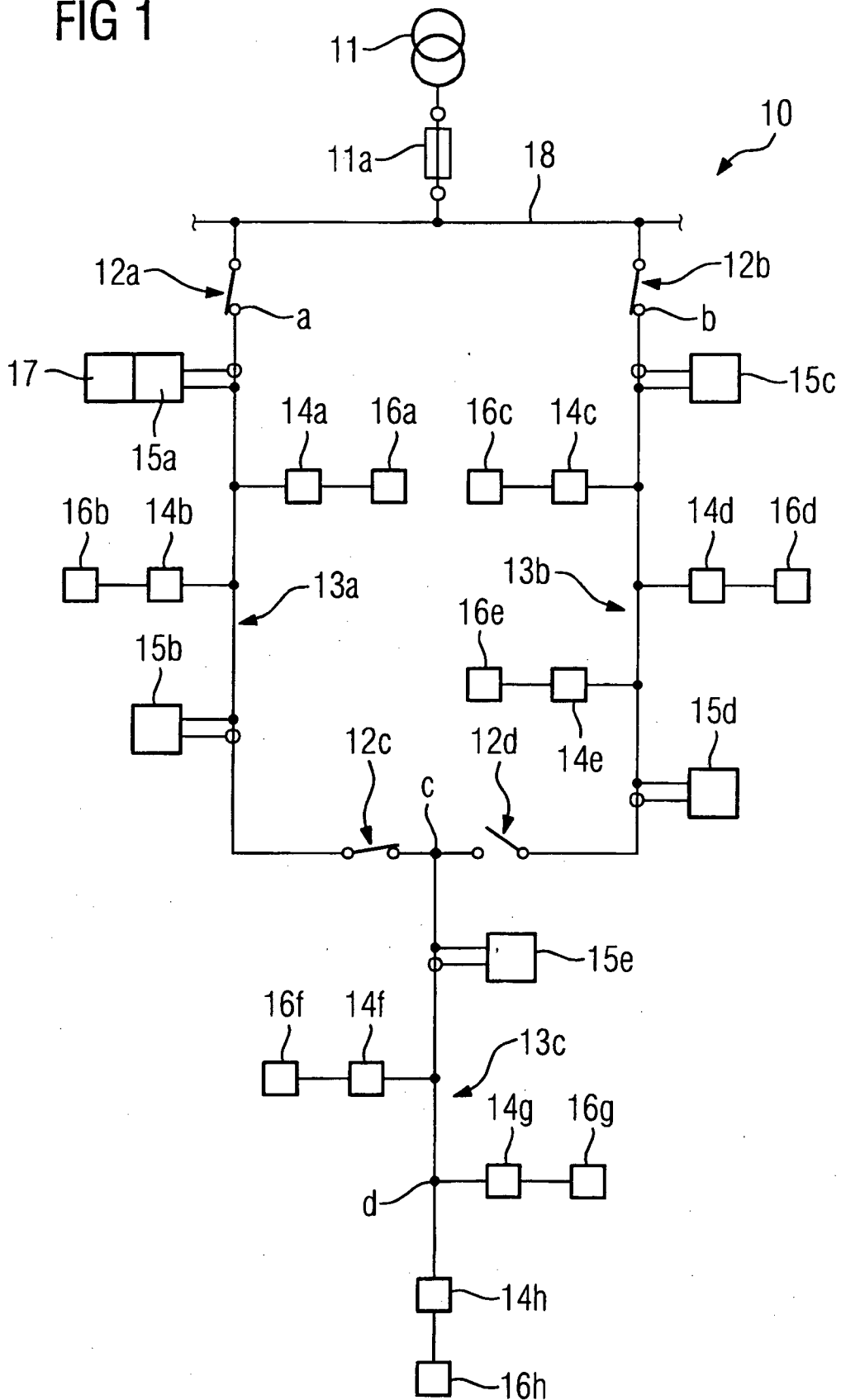


FIG 2

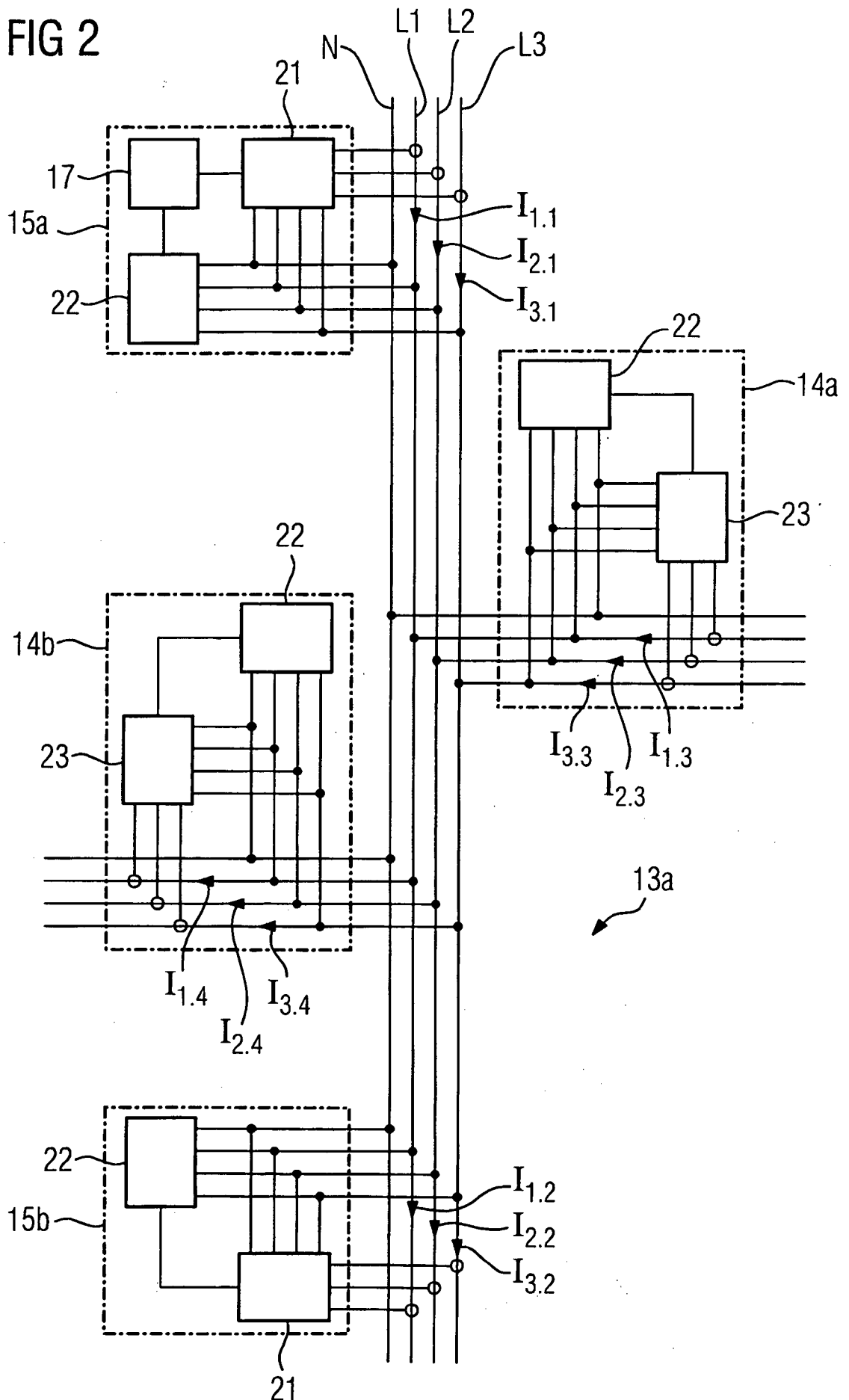


FIG 3

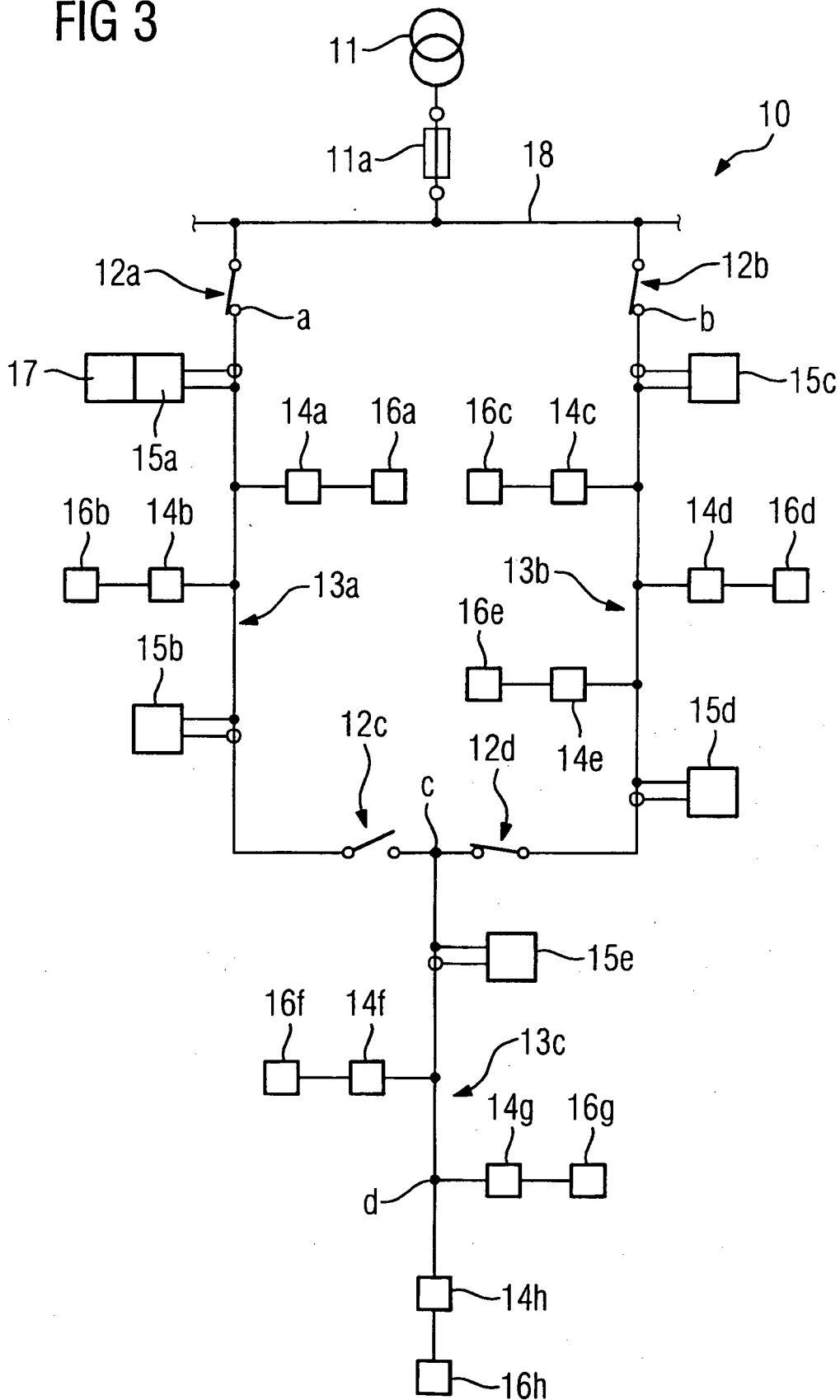


FIG 4

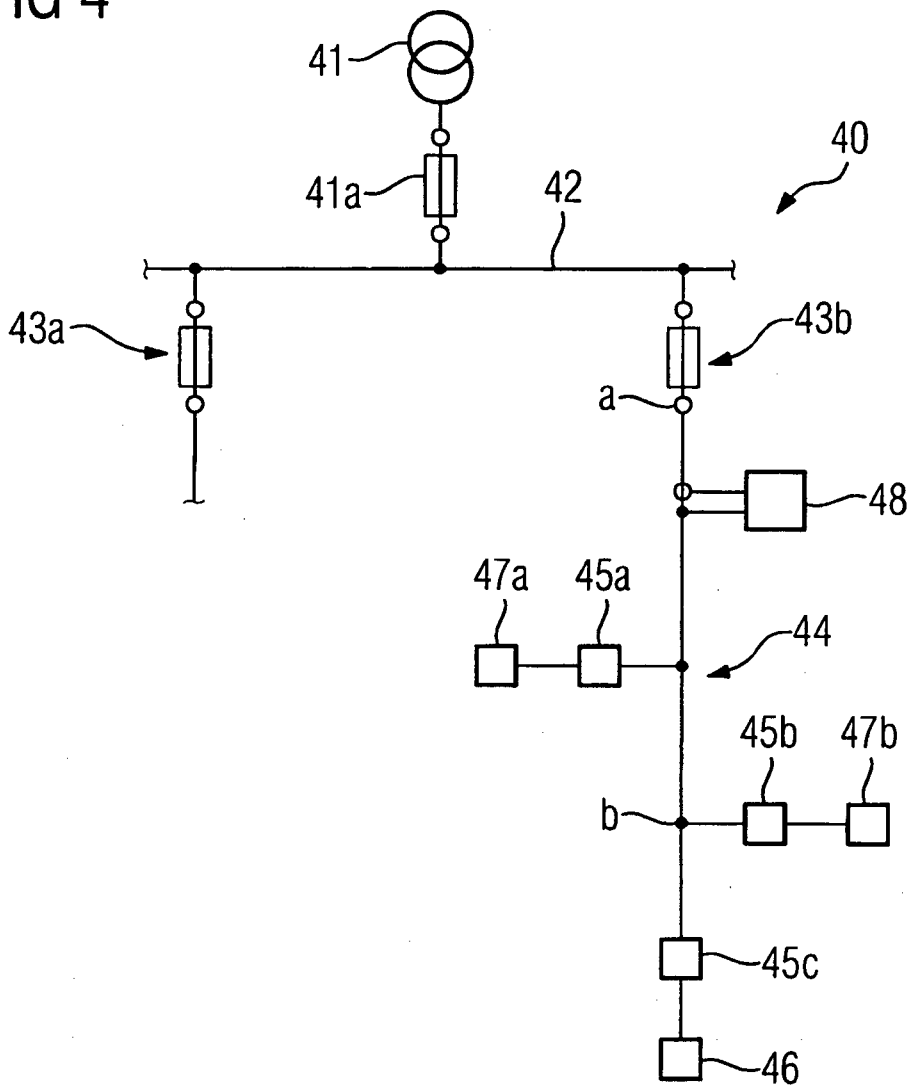
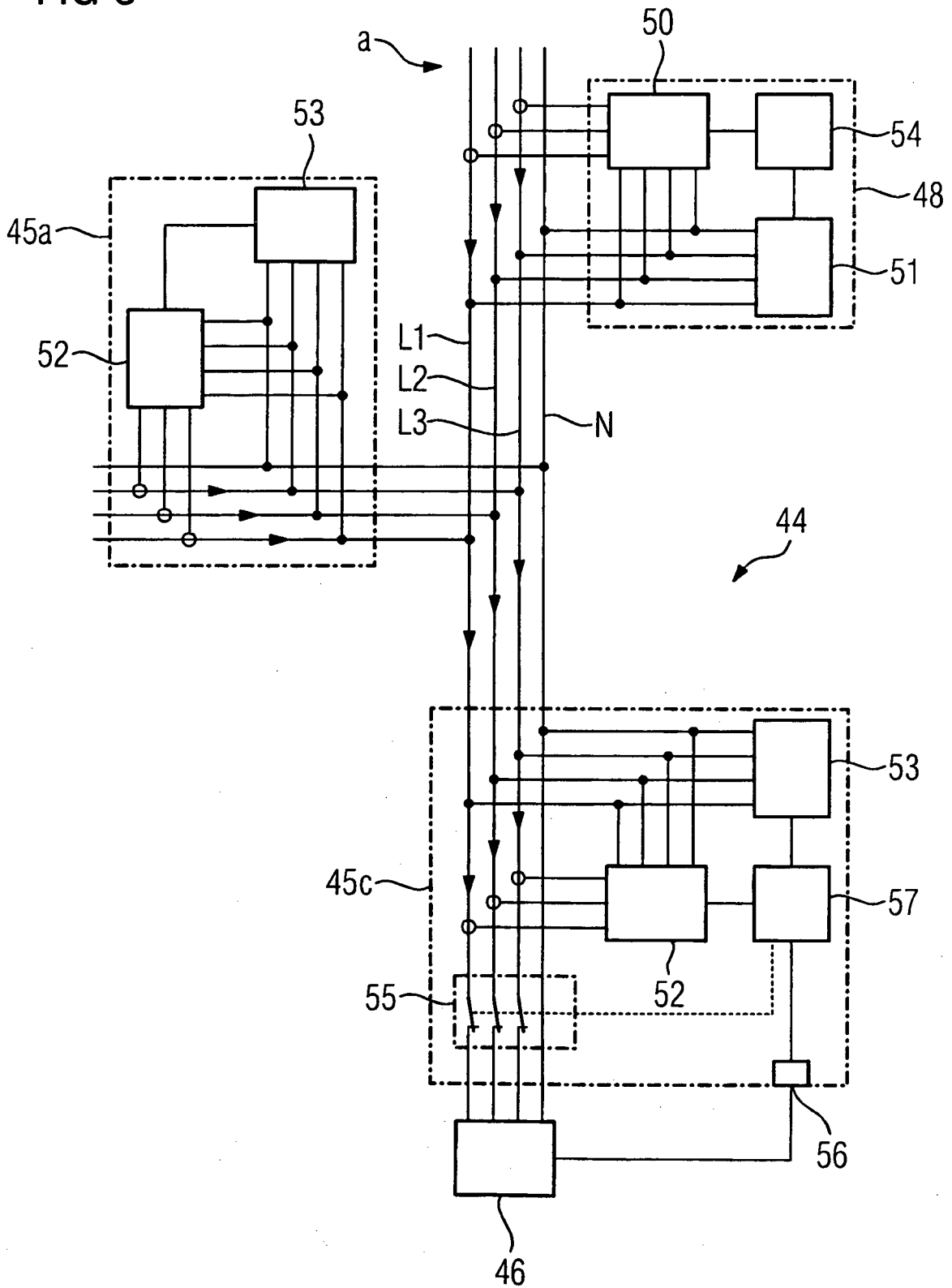


FIG 5



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2011/056016

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. H02J13/00  
ADD.  
  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2009/016038 A2 (ABB RES [CH]; YUEN CHERRY [CH]; PAICE ANDREW [CH]; LARSSON MATS [CH];) 5 February 2009 (2009-02-05) abstract figures 1-3 page 2, line 32 - page 3, line 12 page 7, line 17 - line 30 -----	1-16
X	DE 103 27 344 A1 (REPOWER SYSTEMS AG [DE]) 27 January 2005 (2005-01-27) abstract figure 1 paragraph [0078] - paragraph [0082] -----	1
X	US 2011/066296 A1 (NELSON WILLIAM CHRISTIAN TRACY [US] ET AL) 17 March 2011 (2011-03-17) abstract figures 1,2,12,15-20 -----	1-16

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  13 December 2011	Date of mailing of the international search report  27/12/2011
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Hartmann, Martin
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2011/056016
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2009016038	A2	05-02-2009	CN 101809839 A	18-08-2010
			EP 2101387 A1	16-09-2009
			EP 2171822 A2	07-04-2010
			RU 2010107287 A	10-09-2011
			US 2010204851 A1	12-08-2010
			WO 2009016038 A2	05-02-2009
			-----	
DE 10327344	A1	27-01-2005	DE 10327344 A1	27-01-2005
			EP 1634365 A2	15-03-2006
			US 2006214428 A1	28-09-2006
			WO 2004114493 A2	29-12-2004
-----				
US 2011066296	A1	17-03-2011	AU 2003286462 A1	25-05-2004
			BR 0314881 A	02-08-2005
			CA 2503583 A1	13-05-2004
			CN 1726626 A	25-01-2006
			CN 101325326 A	17-12-2008
			EP 1556936 A1	27-07-2005
			JP 4157554 B2	01-10-2008
			JP 2006504390 A	02-02-2006
			KR 20050070084 A	05-07-2005
			MX PA05004409 A	26-07-2005
			NZ 539409 A	26-01-2007
			US 2005251296 A1	10-11-2005
			US 2007005193 A1	04-01-2007
			US 2011066296 A1	17-03-2011
WO 2004040731 A1	13-05-2004			
-----				

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/056016

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. H02J13/00  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTER GEBIETE**  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 H02J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/016038 A2 (ABB RES [CH]; YUEN CHERRY [CH]; PAICE ANDREW [CH]; LARSSON MATS [CH];) 5. Februar 2009 (2009-02-05) Zusammenfassung Abbildungen 1-3 Seite 2, Zeile 32 - Seite 3, Zeile 12 Seite 7, Zeile 17 - Zeile 30 -----	1-16
X	DE 103 27 344 A1 (REPOWER SYSTEMS AG [DE]) 27. Januar 2005 (2005-01-27) Zusammenfassung Abbildung 1 Absatz [0078] - Absatz [0082] -----	1
X	US 2011/066296 A1 (NELSON WILLIAM CHRISTIAN TRACY [US] ET AL) 17. März 2011 (2011-03-17) Zusammenfassung Abbildungen 1,2,12,15-20 -----	1-16

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
13. Dezember 2011	27/12/2011
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Hartmann, Martin

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/056016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009016038 A2	05-02-2009	CN 101809839 A	18-08-2010
		EP 2101387 A1	16-09-2009
		EP 2171822 A2	07-04-2010
		RU 2010107287 A	10-09-2011
		US 2010204851 A1	12-08-2010
		WO 2009016038 A2	05-02-2009
-----			
DE 10327344 A1	27-01-2005	DE 10327344 A1	27-01-2005
		EP 1634365 A2	15-03-2006
		US 2006214428 A1	28-09-2006
		WO 2004114493 A2	29-12-2004
-----			
US 2011066296 A1	17-03-2011	AU 2003286462 A1	25-05-2004
		BR 0314881 A	02-08-2005
		CA 2503583 A1	13-05-2004
		CN 1726626 A	25-01-2006
		CN 101325326 A	17-12-2008
		EP 1556936 A1	27-07-2005
		JP 4157554 B2	01-10-2008
		JP 2006504390 A	02-02-2006
		KR 20050070084 A	05-07-2005
		MX PA05004409 A	26-07-2005
		NZ 539409 A	26-01-2007
		US 2005251296 A1	10-11-2005
		US 2007005193 A1	04-01-2007
		US 2011066296 A1	17-03-2011
WO 2004040731 A1	13-05-2004		
-----			