

(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
8. August 2013 (08.08.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/113629 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2013/051463
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
25. Januar 2013 (25.01.2013)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2012 201 315.6
31. Januar 2012 (31.01.2012) DE
- (71) **Anmelder:** SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) **Erfinder:** BUSSER, Jens-Uwe; Gustav-Heinemann-Ring
98, 81739 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, BN, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, 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, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
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).

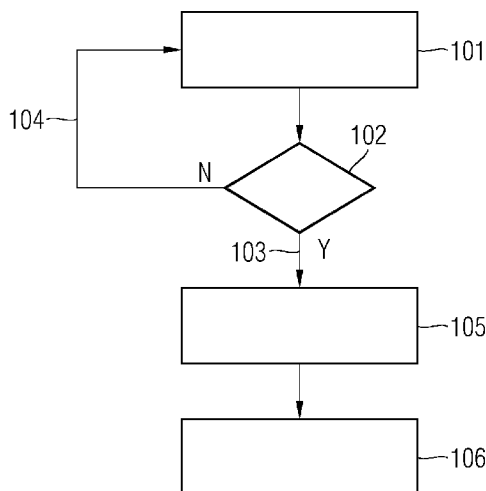
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) **Title:** METHOD FOR STABILIZING A VOLTAGE SUPPLY NETWORK

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUR STABILISIERUNG EINES SPANNUNGSVERSORGNUNGSNETZES

FIG 1



(57) **Abstract:** In conventional voltage supply networks, the balance between the power fed in by the generators and the power drawn by the loads is controlled by means of the frequency of the alternating voltage. In future intelligent voltage supply networks (smart grids) having many small decentralized plants, such control by means of the network frequency will become more and more difficult. Instead, a central electronic control signal is transmitted in a separate communication network to devices in order to control the decentralized generators and also loads. However, there is a risk of network instability if many decentralized plants are simultaneously switched upon reaching a preset threshold value. Therefore, according to the invention, preset threshold values are not directly used as threshold values, but rather suitable effective threshold values are derived therefrom. Thus, the threshold values assume different values for different devices in the smart grid, and an undesired simultaneous reaction of all control devices in the smart grid is prevented.

(57) **Zusammenfassung:** In konventionellen Spannungsversorgungsnetzen wird das Gleichgewicht zwischen eingespeister Leistung der Erzeuger und entnommener Leistung der Verbraucher über die Frequenz der Wechselspannung geregelt. In zukünftigen intelligenten Spannungsversorgungsnetzen (Smart Grids) mit vielen, kleinen dezentralen Anlagen wird eine solche Regelung über die Netzfrequenz immer schwieriger. Stattdessen wird ein zentrales elektronisches Steuersignal in einem separaten Kommunikationsnetz an Geräte zur Steuerung der dezentralen Erzeuger

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/113629 A2

und auch Verbraucher übermittelt. Hierbei besteht jedoch die Gefahr einer Netzinstabilität, wenn viele dezentrale Anlagen bei Erreichen eines voreingestellten Schwellenwertes gleichzeitig schalten. Die Erfindung sieht daher vor, dass voreingestellte Schwellenwerte nicht direkt als Schwellenwerte verwendet werden, sondern geeignete effektive Schwellenwerte davon abgeleitet werden. Dadurch nehmen die Schwellenwerte bei unterschiedlichen Geräten im Smart Grid verschiedene Werte an, und ein unerwünschtes simultanes Reagieren aller Steuergeräte im Smart Grid wird verhindert.

Beschreibung

Verfahren zur Stabilisierung eines Spannungsversorgungsnetzes

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Gateway zur Stabilisierung eines Spannungsversorgungsnetzes eines Verteilnetzbetreibers.

10 In konventionellen Netzen zur Übertragung und Verteilung elektrischer Energie mittels Wechselspannung (im Folgenden kurz "Stromnetze" genannt) wird das Gleichgewicht zwischen eingespeister Leistung der Erzeuger und entnommener Leistung der Verbraucher über die Frequenz der Wechselspannung geregelt.

15 Diese beträgt -im Mittel- in Europa 50 Hz bzw. in USA 60 Hz. Wird aus dem Stromnetz mehr Leistung entnommen als die Erzeuger einspeisen, so werden die Rotoren in den elektrischen Generatoren stärker gebremst. Durch diese Verlangsamung sinkt die Frequenz der erzeugten Wechselspannung im Stromnetz. Wird dagegen weniger Leistung entnommen als generiert, so beschleunigen die Rotoren und die Netzfrequenz erhöht sich. Die Trägheit der rotierenden Massen der Rotoren wirkt dabei stabilisierend für das Stromnetz, da sie durch Änderung ihrer Rotationsfrequenz Energie abgeben und aufnehmen können (Primärregelung).

Durch Kontrolle der Wechselspannung im Stromnetz ist es somit einfach möglich, Erzeugung und Verbrauch zu balancieren:

30 Sinkt die Frequenz, so werden neue Erzeuger aktiviert. Bei einem sehr starken Absinken können auch Verbraucher zwangsweise abgeschaltet werden (Lastabwurf). Steigt die Frequenz, so werden Erzeuger heruntergefahren oder eventuell weitere Verbraucher zugeschaltet (Sekundär- und Tertiärregelung).

35 Im langfristigen Mittel kann die Netzfrequenz, die auch als Takt für Uhren (Radiowecker etc.) verwendet wird, sehr stabil zwischen 49.990 und 50.010 Hz gehalten werden.

In das europäische Verbundnetz wird zunehmend auch Leistung aus regenerativen Quellen eingespeist, beispielsweise aus zu-
meist kleinen, dezentralen Photovoltaik-Anlagen. Diese verfü-
5 gen über keine rotierenden Massen. Stattdessen wird der er-
zeugte Gleichstrom der PV-Zellen mittels eines
leistungselektronischen Wechselrichters in Wechselstrom
transformiert. Dieser wird synchron in das
lokale Niederspannungsnetz eingespeist. Um starke Abweichun-
10 gen von der gewünschten Netzfrequenz zu vermeiden, müssen
auch diese Anlagen - die in einigen bestimmten Netzsegmenten
für einen erheblichen Teil der lokal erzeugten Leistung ver-
antwortlich sind und deren Einspeisung
aufgrund lokal sehr ähnlicher Sonneneinstrahlung üblicherwei-
15 se stark korreliert ist - frequenzabhängig regelbar sein.

Gemäß [1] müssen sich Erzeugungsanlagen bei Netzfrequenzen
größer als 50.2 Hz innerhalb von 200 ms vom Niederspannungs-
netz trennen. Durch diese Vorgabe besteht allerdings durch
20 den starken Ausbau der Photovoltaik in Europa mittlerweile
die Gefahr, dass sich an sonnigen Tagen beim Erreichen von
50.2 Hz mehrere GW Einspeiseleistung schlagartig vom Strom-
netz trennen, was die
Stabilität des europäischen Verbundnetzes erheblich gefährden
25 kann [2,3].

Daher wurde bereits kurzfristig eine Übergangsregelung erlas-
sen, welche eine stufenweise Reduktion
der Einspeisung vorsieht [3,4]:

30 1. Anstelle einer festen, für alle Anlagen gleichen Überfre-
quenzabschaltung bei 50.2 Hz sollen
Hersteller und Errichter von PV -Anlagen verschiedene Fre-
quenzen zwischen 50.3 und 51.5 Hz als Abschaltfrequenzen ih-
35 rer Anlagen verwenden. Diese sollen gleich verteilt sein.

2. Anlagen reduzieren ihre Einspeiseleistung frequenzabhängig
gemäß einer definierten Kennlinie [5].

Treten Überfrequenzen häufiger auf, so sind Betreiber einer Anlage mit niedriger Abschaltfrequenz gemäß 1 eventuell wirtschaftlich benachteiligt, da ihre Anlagen früher und öfter
5 abschalten und sie dadurch weniger Solarstrom verkaufen können. Sie könnten daher versucht sein, die Abschaltfrequenz durch Manipulation der Einstellung ihrer Anlage zu erhöhen. Treten solche Manipulationen gehäuft auf, so reduziert sich die Wirksamkeit der Stabilisierungsregelung.

10

Eine weitere Regelung ist über die lokal am Einspeisepunkt gemessene Netzspannung möglich: Sobald diese einen gewissen Wert übersteigt (Überspannung), muss die Einspeisung abgeschaltet oder zumindest reduziert werden.

15

Werden Erzeuger mit rotierenden Massen in zukünftigen intelligenten Stromnetzen (Smart Grids) immer mehr durch kleine, dezentrale Anlagen ohne rotierende Massen verdrängt, so wird eine Regelung über die Netzfrequenz immer schwieriger. Stattdessen könnte beispielsweise ein
20 elektronisches Steuersignal (Preissignal, Erzeugungs-Verbrauchs-Quotient, oder ähnliches) in einem separaten Kommunikationsnetz an Geräte (personal energy agent PEA, Energie-Gateway, Steuergerät, etc.) zur Steuerung der
25 dezentralen Erzeuger und auch Verbraucher verwendet werden. Auch hier ist darauf zu achten, dass es zu keinen abrupten Änderungen in Einspeisung und Verbrauch kommt, um die Netzstabilität nicht zu gefährden.

30

Dies wird beispielsweise dann passieren, wenn das Steuersignal einen Wert erreicht, der für viele
(oder alle) Gateways im Smart Grid ein Schwellenwert ist, bei dem sie ihr Verhalten ändern. Das kann beispielsweise ein Schwellenwert für eine Komfortstufe sein, mit dem eingestellt
35 wird, unter welchen Bedingungen steuerbare Verbraucher (Gefrierschrank, Klimaanlage, ...) mit elektrischer Energie versorgt werden:

- Komfortstufe "Niedrig" = Stromkauf für steuerbare Verbraucher nur falls Preis unter 15c/kWh
- Komfortstufe "Hoch" = Stromkauf auch für steuerbare Verbraucher immer, unabhängig vom aktuellen Preis

5

Ist dieser Schwellenwert für viele Gateways im lokalen Smart Grid gleich, so würden sie (wenn Komfortstufe "Niedrig" eingeschaltet ist) beim Unterschreiten dieses Schwellenwertes alle gleichzeitig ihre lokalen Verbraucher einschalten. Eine solche starke Verbrauchssteigerung kann dann leicht zu einer Gefährdung der Netzstabilität führen, ähnlich wie beim Erreichen einer Netzfrequenz von 50,2 Hz und dem damit verbundenen Abschalten der PV-Anlagen.

15 Ursachen für identische Schwellenwerte von Gateways können beispielsweise sein:

- Gesetzliche Vorgaben (wie bei PV -Anlagen)
- Gleicher Hersteller oder sogar gleiche Geräte-Serie: Die Geräte werden mit identischen Schwellenwerten vorkonfiguriert
- 20 • Setzen der Schwellenwerte durch zentrale Kontrollstelle
- Setzen der Schwellenwerte durch Installateur / Anwender, wenn zu erwarten ist, dass häufig die gleichen Werte eingestellt werden, z.B.:
 - o Durch häufige Verwendung gerundeter Werte (wie 50 statt 49
 - 25 oder 51), oder
 - o Werte, die sich leicht einstellen lassen (z.B. durch Tastenwiederholung), oder
 - o wenn die Anzahl der möglichen Stellen sehr begrenzt ist (10 statt 10,7).

30

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, die eine Netzstabilisierung in einem Smart Grid Spannungsversorgungsnetz ermöglicht.

35

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren und ein Gateway mit dem in Patentanspruch 1 und 9 angegebenen

Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Stabilisierung eines Spannungsversorgungsnetzes weist die Schritte auf: Empfangen eines Steuersignals durch ein Gateway mindestens eines Teilnehmers; Generieren von lokalen Steuerbefehlen zum An- oder Abschalten von an dem Gateway angeschlossenen Energieverbrauchs- oder Energieerzeugungsgeräten durch das Gateway des Teilnehmers in Abhängigkeit des empfangenen Steuersignals; und Übertragen des generierten lokalen Steuerbefehls über ein lokales Netzwerk an mindestens ein an dem Gateway angeschlossenes Energieverbrauchs- oder Energieerzeugungsgerät. Das Gateway weist einen effektiven Schwellenwert auf; bei Über- oder Unterschreiten des effektiven Schwellenwertes durch einen mit dem Steuersignal übertragenen Wert werden die lokalen Steuerbefehle zum An- oder Abschalten generiert; der effektive Schwellenwert wird aus einem voreingestellten Schwellenwert und einem Korrekturparameter gebildet.

Das Steuersignal wird beispielsweise von einer zentralen Steuereinheit eines Verteilnetzbetreibers übertragen. Das Steuersignal kann auch lokal gemessen werden und an das Gateway übertragen werden oder mit einer Messung durch das Gateway selbst ermittelt werden (Spannung, Frequenz). Weiterhin kann das Steuersignal dezentral entstehen und/oder dezentral verteilt werden. Dabei reagiert das Gateway in geeigneter Weise auf Steuersignale von mehrfach vorkommenden oder dezentralen Einheiten (Substation-Controller, lokale Strommarkt-Plattformen) oder auf lokal gemessene Parameter (Netzfrequenz, lokale Spannung).

In vorteilhafter Weise werden die eingestellten Parameter (voreingestellte Schwellenwerte) nicht direkt als Schwellenwerte verwendet, sondern effektive Schwellenwerte davon abgeleitet. Dadurch nehmen die Schwellenwerte bei unterschiedlichen Geräten im Smart Grid verschiedene Werte an, und ein un-

erwünschtes simultanes Reagieren aller Steuergeräte (Gateways) im Smart Grid wird verhindert.

Gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist der
5 Korrekturparameter eine Zufallszahl und der effektive Schwellenwert wird durch eine Multiplikation des voreingestellten Schwellenwertes mit der Zufallszahl gebildet. Wird die Zufallszahl zufällig erzeugt, beispielsweise basierend auf internen, für die verschiedenen Gateways unterschiedlichen Zufallszahlen-Startzahlen ("Seeds"), wie sie auch für kryptographische Operationen benötigt werden, und einer über den
10 gewünschten Bereich konstanten Wahrscheinlichkeitsverteilung (Gleichverteilung), so erhält man aus stochastischen Gründen auch ohne zentrale Koordination eine ungefähre Gleichverteilung der effektiven Schwellenwerte.
15

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung werden die Zufallszahl und der effektive Schwellenwert in vorgebbaren Zeitabständen neu ermittelt werden. In vorteilhafter Weise wird damit wirksam vermieden, dass ein Gateway-Betreiber durch einen ungünstigen Wert dauerhaft benachteiligt wird.
20

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung
25 ist der Korrekturparameter eine zeitlich veränderliche Funktion und der effektive Schwellenwert wird zeitabhängig durch eine Verknüpfung, wie beispielsweise einer Multiplikation, des voreingestellten Schwellenwertes mit der zeitlich veränderlichen Funktion gebildet. Vorteilhafterweise wird somit
30 eine möglichst gleichmäßige Verteilung der effektiven Schwellenwerte sowohl zwischen den verschiedenen Gateways als auch für das einzelne Gateway im zeitlichen Verlauf erreicht.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung
35 ist die Periodendauer im Vergleich zu einer Änderungsfrequenz des Steuersignals groß. Dies ist vorteilhaft, da dann bei einer Änderung des Steuersignals die Anzahl der betroffenen Gateways möglichst proportional zu dieser Änderung ist.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weist das Steuersignal eine Information über eine Netzspannung oder eine Netzfrequenz und/oder eine Information über
5 einen Strompreis oder einen Erzeugungs-Verbrauchs-Quotienten auf.

Das erfindungsgemäße Gateway zur Netzstabilisierung eines Spannungsversorgungsnetzwerkes eines Verteilnetzbetreibers
10 generiert in Abhängigkeit von einem empfangenen Steuersignal lokale Steuerbefehle zum An- oder Abschalten von Energieverbrauchs- und Energieerzeugungsgeräten und überträgt diese über ein lokales Netzwerk an die Energieverbrauchs- und Energieerzeugungsgeräte. Das Gateway weist einen effektiven
15 Schwellenwert auf. Bei Über- oder Unterschreiten des effektiven Schwellenwertes durch einen mit dem Steuersignal übertragenen Wert werden die lokalen Steuerbefehle zum An- oder Abschalten generiert. Der effektive Schwellenwert wird aus einem voreingestellten Schwellenwert und einem Korrekturparameter
20 gebildet.

Im Weiteren werden Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Gateways und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Netzwerkestabilisierung eines Spannungsversorgungsnetzwerkes unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben.
25

Es zeigen:

Figur 1 ein Ablaufdiagramm einer möglichen Ausführungsform
30 des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Stabilisierung eines Spannungs- Versorgungsnetzes,

Figur 2 eine Darstellung verschiedener Korrekturfunktionen zur erfindungsgemäßen Ermittlung eines effektiven
35 Schwellenwertes,

Figur 3 eine Darstellung eines zeitlichen Verlaufs von Steuersignal und Korrekturfunktionen im Vergleich.

Figur 1 zeigt ein Ablaufdiagramm einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Stabilisierung eines Spannungs-Versorgungsnetzwerkes eines Verteilnetzbetreibers.
5

In einem ersten Schritt 101 wird ein Steuersignal von einer zentralen Steuereinheit des Verteilnetzbetreibers zu mindestens einem Gateway eines Teilnehmers übertragen.
10

In einem zweiten Schritt 102 vergleicht das Gateway einen mit dem Steuersignal übertragenen Wert mit einem lokalen effektiven Schwellenwert.

15 Wird der effektive Schwellenwert durch den übertragenen Wert überschritten 103, generiert das betroffene bzw. adressierte Gateway einen oder mehrere lokale Steuerbefehle zum An- oder Abschalten der an dem Gateway angeschlossenen Energieverbrauchs- und Energieerzeugungsgeräte 105.

20 Alternativ generiert das Gateway bei Unterschreiten des effektiven Schwellenwertes durch den übertragenen Wert einen oder mehrere lokale Steuerbefehle zum An- oder Abschalten der an dem Gateway angeschlossenen Energieverbrauchs- und Energieerzeugungsgeräte.
25

Wird der Schwellenwert durch den übertragenen Wert jedoch unterschritten (bzw. in der alternativen Ausführungsform überschritten) empfängt das Gateway ein nächstes Steuersignal 104
30 und es werden keine Steuerbefehle generiert.

In einem weiteren Schritt 106 wird der generierte lokale Steuerbefehl -beispielsweise über ein lokales stromleitungs-basiertes Netzwerk oder ein lokales IP (Internet Protokoll)
35 basiertes Netzwerk- an die an dem Gateway angeschlossenen Energieverbrauchs- und Energieerzeugungsgeräte übertragen.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele zur Ermittlung der effektiven Schwellenwerte beschrieben. Diese Gateway-internen effektiven Schwellenwerte sollen sich von den eingestellten Schwellenwerten unterscheiden. Durch geeignete Wahl von zufälligen Parametern für die Ermittlung der effektiven Schwellenwerte kann dann selbst bei identischer Konfiguration von Gateways (PEAs und ähnlichen Steuergeräten) verhindert werden, dass es zu den oben beschriebenen Problemen durch gleichzeitiges An- oder Abschalten von beispielsweise ganzen Geräteklassen kommt.

Die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen ermöglichen dies ohne zentrale Koordination:

1. Variante: Konstanter Korrekturfaktor

Es muss sichergestellt sein, dass nicht alle Gateways die gleichen effektiven Schwellenwerte besitzen, da sie sonst alle gleichzeitig reagieren würden. Daher soll der Gateway bei Einstellung eines (neuen) Schwellenwertes S_{set} - und natürlich auch während der ersten Inbetriebnahme bei Übernahme eines werkseitig voreingestellten Anfangswertes - diesen Wert mit einer Zufallszahl Z im Intervall $[1 - P\%, 1 + P\%]$ multiplizieren. P ist dabei abhängig von der Granularität des übertragenen Steuersignals (z.B. Preissignal). Der effektive Schwellenwert S_{eff} beträgt dann

$$S_{eff} = Z * S_{set}$$

und ist nicht direkt von außen ablesbar oder beeinflussbar, um Manipulationen zu vermeiden.

Wird Z zufällig erzeugt basierend auf internen, für die verschiedenen Gateways unterschiedlichen Zufallszahlen-Startzahlen ("Seeds"), wie sie auch für kryptographische Operationen benötigt werden, und einer über den gewünschten Bereich konstanten Wahrscheinlichkeitsverteilung

(Gleichverteilung), so erhält man aus stochastischen Gründen auch ohne zentrale Koordination eine ungefähre Gleichverteilung der effektiven Schwellenwerte.

5 2. Variante: Regelmäßig neu festgelegter Korrekturfaktor

Vorzugsweise wird der zufällige Multiplikationsfaktor in bestimmten zeitlichen Abständen (z.B. nach
10 einigen Tagen) automatisch oder nach Aufforderung einer Steuerzentrale immer wieder neu zufällig errechnet, damit kein Gateway-Betreiber durch einen einmal festgelegten, ungünstigen Wert dauerhaft benachteiligt wird.

Alternativ kann der Korrekturfaktor auch in der Zentrale er-
15 rechnet und dann verteilt werden.

3. Variante: Zeitlich variierende Korrekturfunktion

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung einer zeitabhängigen
20 Korrekturfunktion $Z(t)$, die den Korrekturfaktor praktisch kontinuierlich ändert:

$$S_{\text{eff}}(t) = Z(t-t_0) * S_{\text{set}}$$

25 Dies ist in Figur 2 an einigen Funktionen gezeigt. Zum besseren Vergleich sind alle gezeigten Funktionen über zwei Periodendauern gezeichnet; die Amplitude ($2P$) beträgt jeweils 0.05. Die dadurch erzielte Häufigkeitsverteilung ihrer Werte ist im rechten Teil von Figur 2 dargestellt; die Flächen der
30 Häufigkeitsverteilung sind dabei für alle Funktionen gleich.

Wichtig ist, dass die Häufigkeitsverteilungen der angenommenen Werte 202 möglichst niedrig über den gesamten möglichen Wertebereich sind. Aufgrund der konstanten Gesamtfläche ist
35 daher eine breite, konstante Verteilung ideal.

Gut geeignet sind daher besonders periodische Funktionen wie Sägezahnkurven 203 oder Zickzackkurven 205. Diese sollten

vorzugsweise relativ glatt (stetig) sein. Dadurch wird eine über den gesamten Bereich möglichst gleichmäßige und niedrige Verteilung erreicht. Die relative Häufigkeit der Werte ist im Beispiel konstant ca. 50 (beliebige Einheiten - diese hängen vom "binning", d.h. der Einteilung der Datenkanäle, ab).

Die Zickzackkurve 205 hat gegenüber der Sägezahnkurve 203 zudem den Vorteil, dass sie den unstetigen Sprung bei $t = (n + 0.5) * T$ vermeidet.

Gestufte Funktionen 204, 206 sind auch gut geeignet, sofern die Stufenhöhe niedrig genug ist, um ausreichend viele unterschiedliche Werte zu ermöglichen. Hier wurde die Stufenhöhe zu Demonstrationszwecken etwas zu hoch gewählt. Dies führt dazu, dass der für mögliche Werte zur Verfügung stehende Bereich nicht gleichmäßig verwendet wird. Dadurch entstehen Lücken in der Häufigkeitsverteilung, was - wegen der Konstanz der Gesamtfläche - zu höheren Häufigkeitswerten von ca. 100 (beliebige Einheiten) führt.

Sinusförmige Funktionen 207 sind wegen ihrer nicht konstanten Häufigkeitsverteilung weniger gut geeignet, da hier besonders große und besonders kleine Werte häufiger vorkommen. Hier werden gerade am Rand besonders hohe Häufigkeiten von fast 150 (beliebige Einheiten) erreicht. Allerdings ist natürlich selbst eine sinusförmige Verteilung immer noch besser als die Konzentration auf einen einzigen festen Wert.

Für die Periodendauer der verwendeten Funktionen ist zu beachten:

- Sind Periodendauern bei verschiedenen Gateways deutlich unterschiedlich, so kommt es bei ausreichend vielen Gateways nur äußerst selten vor, dass viele Gateways gleichzeitig das Maximum(oder Minimum) ihrer Korrekturfunktion erreichen.

- Sind die Gateways zeitlich synchronisiert und haben sie zudem gleiche Periodendauern ihrer Funktion, so ist eine zufällige, möglichst gleichmäßige Verteilung der Startzeitpunkte (t_0)

5 wichtig. Der Zeitpunkt der (ersten) Inbetriebnahme alleine eignet sich dabei nicht als Startzeitpunkt, weil diese üblicherweise in die Zeit 9:00 bis 17:00 fällt - hier sollte zumindest noch eine zufällige, gleichverteilte Zeitdauer von 0 bis 24h (besser: 0 bis $7 \cdot 24h$) hinzuaddiert werden.

10

- Die Periodendauern sind dabei ausreichend lang (Stunden, Tage) zu wählen, d. h. deutlich viel größer als die typischen Änderungen des Steuersignals im Smart Grid. Dies ist notwendig, damit bei einer Änderung des Steuersignals die Anzahl

15 der betroffenen Gateways möglichst proportional zu dieser Änderung ist.

Dies ist in Figur 3 veranschaulicht. Gezeigt wird in zwei Beispielen 301 und 302 die zeitliche Variation eines Steuersignals 303a, 303b im Vergleich zur zeitlichen Variation der Korrekturfunktion $Z(t)$ 304a-307a und 304b-307b unterschiedlicher Gateways.

20

Im ersten Beispiel 301 variieren die Korrekturfunktionen $Z(t)$ 304a-307a nur langsam im Vergleich zum Steuersignal 303a. Je nach Stärke der Änderung des Steuersignals 303a werden vergleichsweise wenig Gateways aktiviert. Im dargestellten Beispiel die zwei Gateways 304a und 305a.

25

30 Im zweiten Beispiel 302 variieren die Korrekturfunktionen $Z(t)$ 304b-307b schnell im Vergleich zum Steuersignal 303b. Hier treffen in kurzer Zeit (max. eine Periodendauer) die Schwellenwerte aller Gateways 304b-307b mit dem Steuersignal 303b zusammen, und alle Gateways werden - zumindest kurz -

35 aktiviert. Diese würde zu einem häufigen An- und Abschalten der zugehörigen Verbraucher bzw. Erzeuger führen oder - falls ein schnelles Wiederausschalten nicht durchführbar ist - zu

einer Aktivierung einer großen Anzahl von Verbrauchern bzw. Erzeugern. Beides ist nicht gewünscht.

• Die Periodendauern (und ihre Vielfachen) sollten nicht mit
5 typischen Rhythmen (genau 1 Tage oder genau 1/8 Woche) im
Energienetz übereinstimmen, sondern davon etwas abweichen,
um zu vermeiden, dass z.B. ein bestimmtes Gateway über länge-
re Zeit immer zur Mittagszeit (oder jeden Sonntag Mittag) ei-
nen besonders hohen Schwellenwert hat und dadurch besonders
10 teuren Strom einkauft.

Vorteilhafterweise ist vorgesehen, dass unterschiedliche,
aber voneinander abhängige Schwellenwerte innerhalb eines Ga-
teways in geeigneter Weise modifiziert werden. Wird z.B. der
15 effektive Schwellenwert für "Einschalten" durch die oben be-
schriebenen Maßnahmen um 3% reduziert, so ist auch der zuge-
hörige Schwellenwert für "Ausschalten" entsprechend in glei-
cher Weise zu korrigieren.

20 In vorteilhafter Weise schalten bei kontinuierlichen Änderun-
gen des Steuersignals zur Balancierung zwischen Erzeugung und
Verbrauch beim Erreichen eines Schwellenwertes nicht viele
Gateways gleichzeitig, sondern nacheinander beim Erreichen
unterschiedlicher Schwellenwerte über eine gewisse
25 Bandbreite des Steuersignals.

Wird der Korrekturfaktor zudem variiert, so erhält jedes Ga-
teway mal "günstige" und mal "ungünstige" Schwellenwerte. Es
wird daher - im zeitlichen Mittel - kein Gateway dauerhaft
30 durch die Vergabe "ungünstiger" Schwellenwerte benachteiligt.

Durch die vorliegende Erfindung wird die Netzstabilität im
Smart Grid erhöht, insbesondere beim Einsatz vieler gleicher-
artiger Geräte. Des Weiteren ist die erfindungsgemäße Lösung
35 kompatibel zu einer regulatorischen Maßnahme (ähnlich der
Übergangsregelung für die PV-Anlagen bei 50,2 Hz), sofern
bzw. sobald eine solche beschlossen wird.

Literatur

- [1] BDEW: Technische Richtlinie "Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz - Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, Ausgabe Juni 2008, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
- [2] http://www.sfv.de/artikel/das_502_hertz~roblem.htm
- [3] Forum Netztechnik / Netzbetrieb im VDE: Rahmenbedingungen für eine Übergangsregelung zur frequenzabhängigen Wirkleistungssteuerung von PV -Anlagen am NS-Netz
- [4] EON: Übergangsregelung für PV-Anlagen - Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz
- [5] BDEW-Richtlinie "Erzeugungseinheiten am Mittelspannungsnetz", Kap. 2.5.3 und Bild 2.5.3-1

Patentansprüche

1. Verfahren zur Stabilisierung eines Spannungsversorgungsnetzes mit den Schritten:

- 5 - Empfangen eines Steuersignals durch ein Gateway mindestens eines Teilnehmers;
- Generieren von lokalen Steuerbefehlen zum An- oder Abschalten von an dem Gateway angeschlossenen Energieverbrauchs- oder Energieerzeugungsgeräten durch das Gateway
- 10 des Teilnehmers in Abhängigkeit des empfangenen Steuersignals; und
- Übertragen des generierten lokalen Steuerbefehls über ein lokales Netzwerk an mindestens ein an dem Gateway angeschlossenes Energieverbrauchs- oder Energieerzeugungsgerät,
- 15 dadurch gekennzeichnet, dass
- das Gateway einen effektiven Schwellenwert aufweist, bei Über- oder Unterschreiten des effektiven Schwellenwertes durch einen mit dem Steuersignal übertragenen Wert die lokalen Steuerbefehle zum An- oder Abschalten generiert werden,
- 20 der effektive Schwellenwert aus einem voreingestellten Schwellenwert und einem Korrekturparameter gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei

der Korrekturparameter eine Zufallszahl ist,

25 der effektive Schwellenwert durch eine Verknüpfung des voreingestellten Schwellenwertes mit der Zufallszahl gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei

30 die Zufallszahl und der effektive Schwellenwert in vorgebbaren Zeitabständen neu ermittelt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei

der Korrekturparameter eine zeitlich veränderliche Funktion

35 ist,

der effektive Schwellenwert zeitabhängig durch eine Multiplikation des voreingestellten Schwellenwertes mit der zeitlich veränderlichen Funktion gebildet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die zeitlich veränderliche Funktion periodisch mit einer Periodendauer ist.
- 5
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Periodendauer im Vergleich zu einer Änderungsfrequenz des Steuersignals groß ist.
- 10
7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Steuersignal eine Information über eine Netzspannung oder eine Netzfrequenz aufweist.
8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei
- 15
- das Steuersignal eine Information über einen Strompreis oder einen Erzeugungs-Verbrauchs-Quotienten aufweist.
9. Gateway zur Netzstabilisierung eines Spannungsversorgungsnetzwerkes,
- 20
- wobei das Gateway in Abhängigkeit von einem empfangenen Steuersignal lokale Steuerbefehle zum An- oder Abschalten von Energieverbrauchs- und Energieerzeugungsgeräten generiert und über ein lokales Netzwerk an die Energieverbrauchs- und Energieerzeugungsgeräte überträgt,
- 25
- dadurch gekennzeichnet, dass das Gateway einen effektiven Schwellenwert aufweist, bei Über- oder Unterschreiten des effektiven Schwellenwertes durch einen mit dem Steuersignal übertragenen Wert die lokalen Steuerbefehle zum An- oder Abschalten generiert werden,
- 30
- der effektive Schwellenwert aus einem voreingestellten Schwellenwert und einem Korrekturparameter gebildet wird.

FIG 1

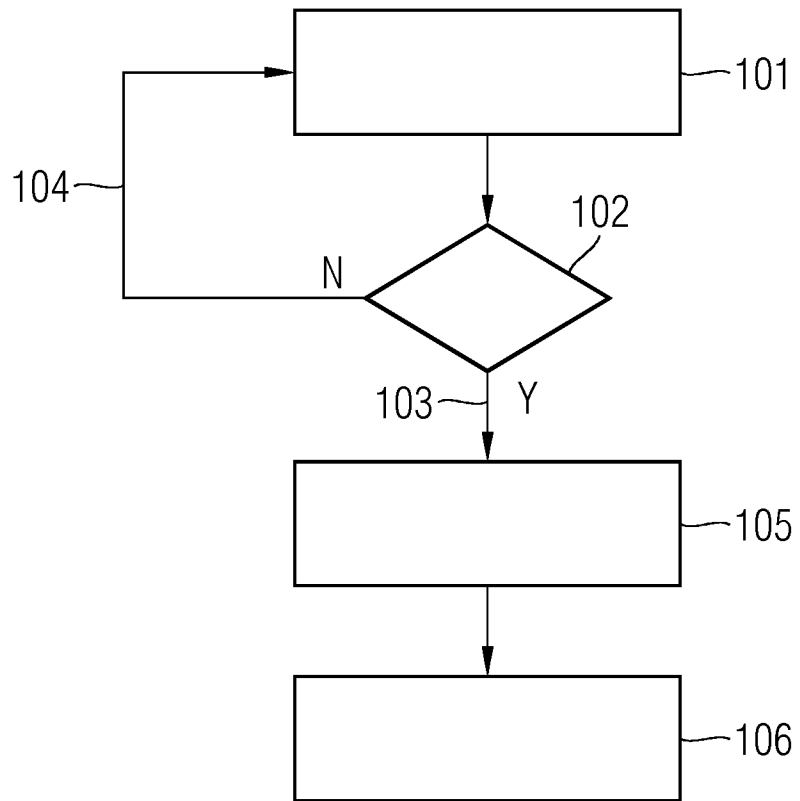


FIG 2

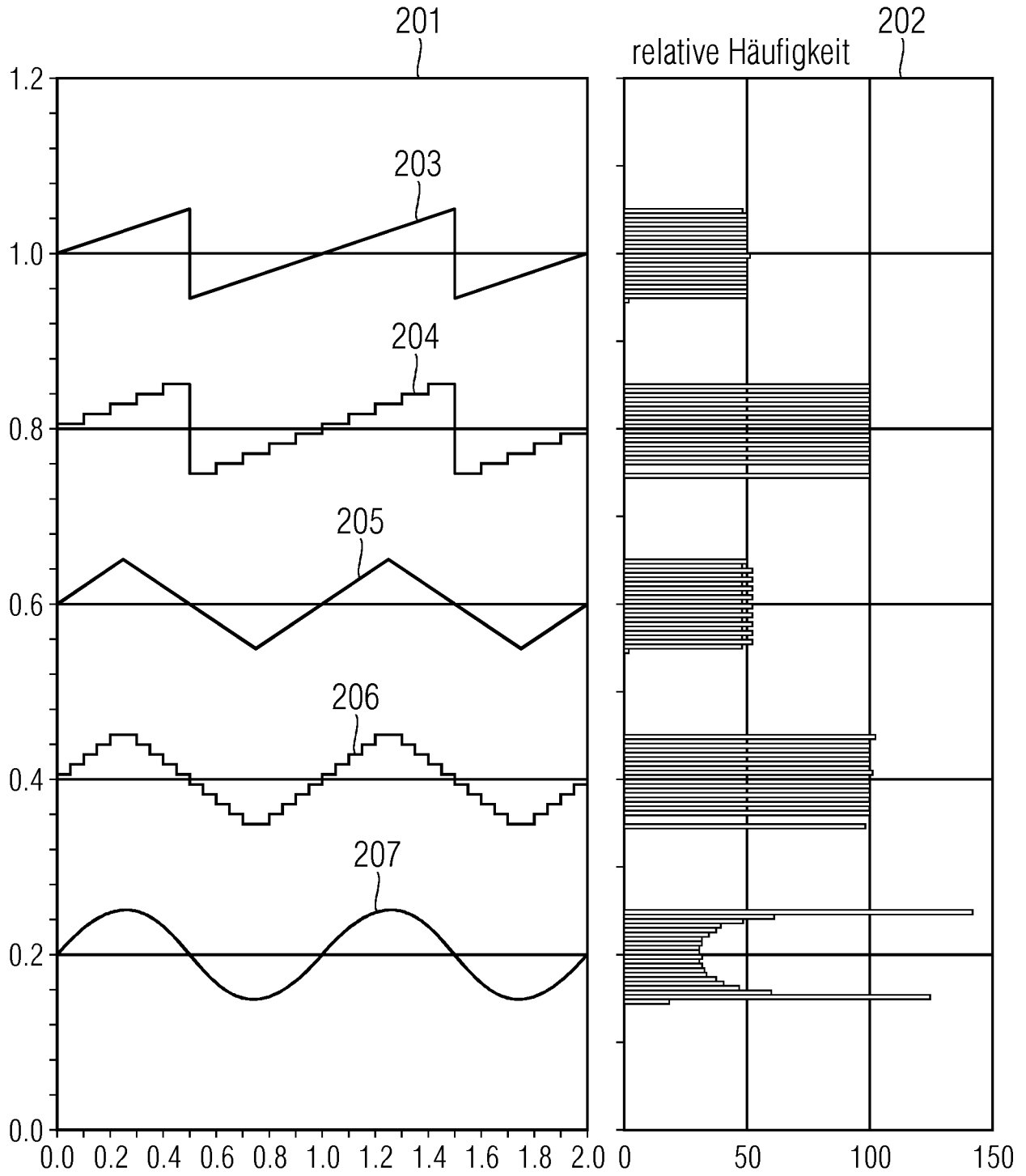


FIG 3

