

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6566525号
(P6566525)

(45) 発行日 令和1年8月28日(2019.8.28)

(24) 登録日 令和1年8月9日(2019.8.9)

| | | | | | |
|---------------|------|-----------|------|------|-----|
| (51) Int. Cl. | | F I | | | |
| HO2J | 3/00 | (2006.01) | HO2J | 3/00 | 170 |
| HO2J | 3/36 | (2006.01) | HO2J | 3/36 | |
| HO2J | 3/38 | (2006.01) | HO2J | 3/38 | 110 |

請求項の数 42 (全 43 頁)

| | | | |
|--------------------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2016-527306 (P2016-527306) | (73) 特許権者 | 513227479 |
| (86) (22) 出願日 | 平成26年11月4日 (2014.11.4) | | リアクティブ テクノロジーズ リミテッド |
| (65) 公表番号 | 特表2016-536960 (P2016-536960A) | | REACTIVE TECHNOLOGIES LIMITED |
| (43) 公表日 | 平成28年11月24日 (2016.11.24) | | イギリス, オーエックス4 2エイチエヌ, オックスフォード, オックスフォード ビジネス パーク, ガージントンロード 9400 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/EP2014/073694 | (74) 代理人 | 100107456 |
| (87) 国際公開番号 | W02015/067602 | | 弁理士 池田 成人 |
| (87) 国際公開日 | 平成27年5月14日 (2015.5.14) | (74) 代理人 | 100162352 |
| 審査請求日 | 平成29年9月27日 (2017.9.27) | | 弁理士 酒巻 順一郎 |
| (31) 優先権主張番号 | 1319624.1 | (74) 代理人 | 100123995 |
| (32) 優先日 | 平成25年11月6日 (2013.11.6) | | 弁理士 野田 雅一 |
| (33) 優先権主張国・地域又は機関 | 英国 (GB) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 グリッド周波数応答

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定システムにおいて、電力グリッドの同期領域内の周波数応答特性、グリッド周波数に応じて前記グリッド内を流れる電気を決定する方法において、

前記電力グリッドは、第1グループの1つ又は複数の電力ユニットに接続され、前記電力ユニットの各々は、前記電力グリッドからの電力を消費および/または前記電力グリッドへの電力を提供するようにアレンジされ、

前記第1グループの1つ又は複数の電力ユニットによる電力提供および/または電力消費の変化が、前記電力グリッド内の電力流の変化になり、

前記電力ユニットの各々への電力流および/または前記電力ユニットの各々からの電力流は、制御信号のシーケンスに基づいて変調され、

もって、前記制御信号のシーケンスに従って周波数変調された信号を与えるように前記グリッド周波数を変調する方法であって、

前記測定システムにおいて、前記電力グリッド内を流れる電気の周波数に関連した周波数特性を測定するステップと、

前記1つ又は複数の電力ユニットの電力特性に関連したデータを記憶するデータベースにアクセスし、それに基づき、前記電力流変調に関連した特性を決定するステップであって、前記電力特性は、前記1つ又は複数の電力ユニットに対する電力流変化の大きさを含む、前記ステップと、

前記測定された周波数特性および前記決定された電力流変調の特性に基づき、前記電力

10

20

グリッドのうち少なくとも1つの領域と関係付けられた周波数応答特性を決定するステップと、
が含まれる、方法。

【請求項2】

前記周波数応答特性を決定するステップには、前記測定された周波数特性を前記電力流変調特性に相関させる工程が含まれる、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記周波数応答特性を決定するステップには、前記電力流変調特性と前記測定された周波数特性のレートを決める工程が含まれる、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記電力流変調特性には、前記電力流変調に関連した大きさ特性が含まれる、請求項1～3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】

前記大きさ特性には、電力流の振幅が含まれる、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記測定された周波数特性は、
電力グリッド内を流れる電力の測定された周波数、交流電圧の周波数、交流電流の周波数；
周波数の変化レート；
交流電流又は電圧の周期；
のうち、1つ又は複数に基づいて測定される、請求項1～5のいずれか一項に記載の方法。

【請求項7】

前記測定された周波数特性には、前記変調された信号と関係付けられた周波数の時間変動が含まれる、請求項1～6のいずれか一項に記載の方法。

【請求項8】

前記周波数応答特性には、慣性特性が含まれる、請求項1～7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

前記慣性特性には、前記周波数変調された信号と関係付けられた立ち下がり時刻および立ち上がり時刻のうち少なくとも一つが含まれる、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

前記周波数応答特性には、電力バランスにおいてユニット変更当たりのグリッド周波数の変動の大きさと関係付けられた特性が含まれる、請求項1～7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項11】

前記第1グループの電力ユニットは、分散されたグループの電力ユニットであり、前記方法は、

制御パターンに従う前記第1グループの各電力ユニットへの電力流および/または前記第1グループの各電力ユニットからの電力流を変調するステップを含み、

集合的に周波数変調された信号を与えるように前記複数の電力ユニットによる電力の提供および/または消費が調和され、前記集合的に周波数変調された信号は、測定システムによって検出可能な集合的周波数特性を含む、請求項1～10のいずれか一項に記載の方法。

【請求項12】

前記制御パターンを特定する信号を電力ユニットの前記第1グループの各電力ユニットに送信するステップを含む、請求項11に記載の方法。

【請求項13】

前記制御パターンには、繰り返しパターンが含まれる、前記方法には、前記繰り返しパターンに応じて連続して前記第1グループの1つ又は複数の電力ユニットへの電力および

10

20

30

40

50

／または前記第 1 グループの 1 つ又は複数の電力ユニットからの電力を制御するステップが含まれる、請求項 1 1 または 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記制御パターンに従って断続的に前記第 1 グループの 1 つ又は複数の電力ユニットへの電力および／または前記第 1 グループの 1 つ又は複数の電力ユニットからの電力を制御するステップを含む、請求項 1 1 または 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記集合的に変調された信号は、前記グループの電力ユニットを識別する識別子を含み、前記方法は、

各々が前記第 1 グループの 1 つ又は複数の電力ユニットと関係付けられる、1 つ又は複数の識別子を記憶するデータベースにアクセスするステップと、

前記集合的に変調された信号に含まれた識別子と前記データベースに記憶された 1 つ又は複数の識別子との間の対応関係を決定し、もって、前記第 1 グループの 1 つ又は複数の電力ユニットを識別するステップと、

を含む、請求項 1 1 ~ 1 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記データベースに記憶された各識別子が前記電力グリッドの少なくとも 1 つの領域と関係付けられ、前記方法には、前記決定された周波数応答特性が前記決定された識別子の対応関係に基づいて関係付けられる領域を決定するステップが含まれる、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記電力グリッドからの電力を消費および／または前記電力グリッドに電力を提供するようにアレンジされた第 2 グループの 1 つ又は複数の電力ユニットに前記電力グリッドが接続され、前記方法は、

決定された周波数応答特性に基づいて、前記第 2 グループの 1 つ又は複数の電力ユニットによる電力の消費および／または提供の変化をトリガーするのに使用される 1 つ又は複数のパラメータを決定するステップと、

前記第 2 グループの電力ユニットにおける受信の為に、前記 1 つ又は複数のパラメータを送信するステップと、

を含む、請求項 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記第 2 グループの電力ユニットにおいて前記 1 つ又は複数のパラメータを受信するステップと、

前記受信されたパラメータに基づいて、トリガー条件を導出するステップと、

前記グリッド内をローカルに第 2 グループの電力ユニットに流れる電力の測定された周波数特性に基づいて、前記トリガー条件が満足されるかを決定するステップと、

前記トリガー条件が満足されるという決定に応じて、前記第 2 グループの電力ユニットへの電力流および／または前記第 2 グループの電力ユニットからの電力流を変更するステップと、

を含む、請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記測定システムにおいて、第 1 の時間周期の間に前記周波数特性と関係付けられた第 1 系列の値と、後の第 2 の時間周期の間に前記周波数特性と関係付けられた第 2 系列の値とを定義するステップと、

前記測定システムにおいて、前記第 1 系列の値に基づいて第 1 組の係数を有する第 1 の多項式関数と、前記第 2 系列の値に基づいて第 2 組の係数を有する第 2 の多項式関数とを決定するステップと、

前記測定システムにおいて、前記第 1 組の係数および前記第 2 組の係数の間の差異に基づいて、前記トリガー条件が満足されるかを決定するステップと、

を含む、請求項 1 8 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 20】

前記電力グリッドが、前記電力グリッドからの電力を消費および/または前記電力グリッドに電力を提供するようにアレンジされた第2グループの1つまたは複数の電力ユニットに接続される、請求項1～16のいずれか一項に記載の方法であって、

前記第2グループの電力ユニットと関係付けられた領域と関係付けられた、決定された周波数応答特性に基づいて、前記第2グループの1つ又は複数の電力ユニットによる電力の消費および/または提供の変化をトリガーするのに使用される1つ又は複数のパラメータを決定するステップと、

測定された周波数応答特性に基づいてトリガー条件を導出するステップと、

前記第2グループの電力ユニットと関係付けられた領域において、前記電力グリッド内を流れる電気の周波数と関係付けられた周波数特性を測定するステップと、

前記第2グループの電力ユニットと関係付けられた前記領域内で測定された測定周波数特性を前記測定システムに通信するステップと、

前記通信された測定周波数特性に基づいて、前記トリガー条件が満足されるかを決定するステップと、

前記トリガー条件が満足されるという決定に応じて、前記第2グループの電力ユニットへの電力流および/または前記第2グループの電力ユニットからの電力流を変更するように、前記第2グループの電力ユニットに要求を送信するステップと、
を含む、方法。

【請求項 21】

前記第2グループの電力ユニットは、前記第1グループの電力ユニットと同一である、請求項17～20のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 22】

前記電力変調には、有効電力および無効電力のうち少なくとも一つの変調が含まれる、請求項1～21のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 23】

電力グリッドの同期領域内の周波数応答特性を決定する為の測定システムにおいて、

グリッド周波数に応じて前記グリッド内を電気が流れ、前記電力グリッドが、1つ又は複数の電力ユニットに接続され、1つ又は複数の電力ユニットの各々は、前記電力グリッドからの電力を消費および/または前記電力グリッドに電力を提供するようにアレンジされ、前記電力ユニットによる電力提供および/または消費は、前記グリッド内の電力流の変化を生じ、前記電力ユニットの各々への電力流および/または前記電力ユニットの各々からの電力流は、制御信号のシーケンスに基づいて変調され、もって、周波数変調された信号を与えるように前記グリッド周波数を変調する、測定システムであって、

前記電力グリッド内を流れる電気の周波数に関連した周波数特性を測定し、

前記1つ又は複数の電力ユニットの電力特性に関連したデータを記憶するデータベースにアクセスし、それに基づいて、前記1つ又は複数の電力ユニットに対する電力流変化の大きさを含む、前記電力流変調に関連した特性を決定し、

前記測定された周波数特性および前記決定された電力流変調特性に基づいて、前記電力グリッドの少なくとも一つの領域と関係付けられた周波数応答特性を決定するようにアレンジされている、測定システム。

【請求項 24】

電力グリッドの同期型領域に流れる電気の周波数の変化に対する応答を与えるように、1つ又は複数の関係付けられた電力ユニットと共に使用される電力制御デバイスにおいて、

前記電力グリッドは、測定システムに接続され、前記領域内の前記グリッドの周波数応答特性を決定し、前記決定された周波数応答特性に基づいて1つ又は複数のトリガーパラメータを決定するようにアレンジされている、電力制御デバイスであって、

前記決定された周波数応答特性から導出される1つ又は複数のパラメータを断続的に前記測定システムから受信し、

10

20

30

40

50

前記受信された1つ又は複数のパラメータに基づいて、トリガー条件を導出し、
前記グリッド内を流れる電力の測定された周波数特性に基づいて、前記トリガー条件が満足されるかを決定し、

前記トリガー条件が満足されるかという決定に応じて、前記電力ユニットへの電力流および/または前記電力ユニットからの電力流を変更するようにアレンジされている、電力制御デバイス。

【請求項25】

前記受信された1つ又は複数のパラメータのうちの一つには、前記トリガー条件が含まれる、請求項24に記載の電力制御デバイス。

【請求項26】

前記周波数応答特性には、慣性特性が含まれる、請求項24または25に記載の電力制御デバイス。

【請求項27】

前記周波数応答特性には、電力バランスにおいてユニット変更当たりのグリッド周波数の変動の大きさに関連した特性が含まれる、請求項24または25に記載の電力制御デバイス。

【請求項28】

第1時間周期の間に前記周波数特性と関係付けられた第1系列の値と、後の第2時間周期の間に前記周波数特性と関係付けられた第2系列の値とを定義し、

前記第1系列の値に基づいて第1組の係数を有する第1の多項式関数と、前記第2系列の値に基づいて第2組の係数を有する第2の多項式関数とを決定し、

前記第1組の係数および第2組の係数の差異に基づいて、前記トリガー条件が満足されるかを決定するようにアレンジされる、請求項24～27のいずれか一項に記載の電力制御デバイス。

【請求項29】

前記第1の多項式関数および第2の多項式関数は、二次多項式関数である、請求項28に記載の電力制御デバイス。

【請求項30】

前記トリガー条件は、前記第1組の対応係数と所定量以上に異なる前記第2組の係数のうち少なくとも一つの係数の値に基づいて、満足される、請求項28または29に記載の電力制御デバイス。

【請求項31】

多項式外挿技術および/または円錐外挿技術に従って、前記系列の値を測定するようにアレンジされた請求項28～30のいずれか一項に記載の電力制御デバイス。

【請求項32】

フェーザ測定に基づいて前記測定された周波数特性を測定するようにアレンジされたフェーザ測定機器類を備える、請求項24～31のいずれか一項に記載の電力制御デバイス。

【請求項33】

前記フェーザ測定機器類は、前記電力グリッド内で測定された電圧のベクトルと関係付けられた位相を、絶対時間基準点を参照して測定する、請求項32に記載の電力制御デバイス。

【請求項34】

前記測定された周波数特性は、
交流電圧の周波数、
交流電流の周波数、
前記電力グリッド内を流れる電力の周波数、
周波数の変化レート、
交流電流の周期、
のうち、1つ又は複数を含む、請求項24～33のいずれか一項に記載の電力制御デバイス

10

20

30

40

50

ス。

【請求項 35】

電力流が制御可能な時間周期を表示する信号を受信するようにアレンジされる、請求項 24 ~ 34 のいずれか一項に記載の電力制御デバイス。

【請求項 36】

前記電力変更には、有効電力および無効電力のうち少なくとも一つの変更が含まれる、請求項 24 ~ 35 のいずれか一項に記載の電力制御デバイス。

【請求項 37】

電力グリッド内の周波数変化に応答する為のシステムであって、前記システムは、請求項 24 ~ 請求項 36 のいずれか一項に従う、分散された複数の電力制御デバイスであって

10

、各々が前記電力グリッドに接続された、それぞれの電力ユニットを制御する、分散された複数の電力制御デバイスと、

分散された前記複数の電力制御デバイスの各々に 1 つ又は複数のトリガーパラメータを送信する測定システムと、
を備える、システム。

【請求項 38】

前記測定システムは、

分散された前記複数の電力制御デバイスから、電力制御デバイスの複数のグループを限定し、

20

前記複数のグループの各々に、異なる、それぞれのトリガー条件を割り当て、
割り当てられる前記グループに割り当てられたトリガー条件を、電力制御デバイスの各々に、送信するようにアレンジされる、請求項 37 に記載のシステム。

【請求項 39】

前記測定システムは、

前記電力制御デバイスと関係付けられた前記電力ユニットによる電力の提供および / または消費に関連したプロファイル情報を記憶する電力ユニットデータベースにアクセスし、

前記アクセスされたプロファイル情報に基づいて、前記複数のグループを限定するようにアレンジされる、請求項 38 に記載のシステム。

30

【請求項 40】

前記測定システムは、

測定された周波数特性を表す多項式関数を示すデータを受信し、

前記多項式関数に基づいて、前記測定された周波数特性と関係付けられた将来の期待値を外挿し、

前記外挿された将来の期待値に基づいて、グリッド周波数の期待される変更に応答して期待される電力流要件を決定するようにアレンジされる、請求項 37 に記載のシステム。

【請求項 41】

前記測定システムは、

前記電力ユニットによる電力の提供および / または消費に関連したプロファイル情報を含む電力ユニットデータベースにアクセスし、

40

前記期待される電力流要件および前記プロファイル情報に基づいて、前記期待される電力流要件を満足する為に 1 つ又は複数のグループの 1 つ又は複数の電力ユニットを限定するようにアレンジされる、請求項 40 に記載のシステム。

【請求項 42】

前記測定システムは、電力制御デバイスと関係付けられた前記電力ユニットによる電力の提供および / または消費を制御し、もって、前記領域内の電気エネルギーの正味消費を変えるように、前記限定されたグループの前記電力制御デバイスにおける受信の為に、1 つ又は複数の要求を送信するようにアレンジされる、請求項 41 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力グリッド内の周波数応答特性を決定する為の方法および装置に関する。

【0002】

【背景】

【0003】

プロバイダおよび消費者の間の電力送受は、配電網または電力グリッドを経て行われる。そのような電量グリッドにおいて、電力は、通常、比較的大容量の発電所と比較的小容量の再生可能なエネルギー源の組合せによって供給される。

【0004】

化石燃料燃焼または原子力発電所のような大型発電所内の発電機は、通常、比較的に高い速度で回転する（よって、スピニング発生という。）比較的に高い質量を有する回転部品を備える。それらの正常動作の過程で、スピニング発電機は、比較的大容量の運動エネルギーを蓄積する。風力タービンや太陽熱発電器のような小さな再生可能エネルギー源は、非常に少量のエネルギー、まったくゼロのエネルギーでさえ蓄積する。

【0005】

通常、電力グリッドは、グリッドの同期領域の至る所で均一である公称グリッド周波数で動作する。たとえば、UK送電線供給は、名目上、50Hzで動作する。グリッド管理者は、通例、所定限度内にグリッド周波数を維持する義務を負わされており、たとえば、英国送電線供給は、公称50Hzグリッド周波数の0.4%以内に保たれるべきである。電気エネルギーの発生および消費のバランスが維持されない場合（たとえば、全体量の発生が高い受領期間の消費を満足できない場合、あるいは、発電機の故障のため、発電機からの出力が変化する場合）、グリッドの発電機内に蓄積された正味のエネルギーが変わり得る。これは、スピニング発電機の回転速度の変化およびグリッド内の動作周波数の対応した変化になる。そのため、グリッド管理者は、グリッド内の電力の消費および発生の間でバランスを取る対策として、システム動作周波数を使用する。

【0006】

周波数応答特性は、グリッド内の電力の発生および消費の間のバランスの変化に対するグリッド周波数の応答を評する。そのような周波数応答特性の例は、グリッド「剛性」およびグリッド「慣性」を含む。

【0007】

グリッド剛性は、所与の電力バランス変化に対するグリッド周波数応答の程度（すなわち、大きさ）を評するグリッドの特性である。比較的高い剛性を備えた同期型電力グリッドは、たとえば、所与の電力バランス変化に対し、比較的小さなグリッド周波数の変化を示す。剛性があり強いグリッドは、通常、低いグリッドインピーダンスを有し、通常、システム発電能力が大きなグリッドを代表する。剛性は、一般に、所与のグリッドの静的特性であるが、実際、たとえば、大きなグリッドにおいて、発生および消費能力が頻繁に変化し、たとえば、グリッドおよび/または、風、ソーラーのような断続的ソースに新しいプロバイダが追加または除去されることに留意されたい。これは、実際、グリッド剛性は実質的にグリッドの動的特性であり得ることを意味する。

【0008】

グリッド慣性は、電力グリッド内に蓄積されるエネルギー量の対策であり、グリッドバランスの変化にตอบสนองしてグリッドの動作周波数が変化するレートに影響を与える。高い割合のスピニング発電を有する同期型電力グリッドの区域は、発電機内に回転運動エネルギーとして大量のエネルギーを有する（それらの区域は高い慣性を有する）ので、公称グリッド周波数でグリッドの動作周波数を維持する大きな能力を有する。対照的に、低い割合のスピニング発電を有する同期型電力グリッドの区域は、比較的低量の蓄積エネルギーを有する（それらの区域は低い慣性を有する）ので、公称グリッド周波数でグリッドの動作周波数を維持する能力は小さい。したがって、高い慣性領域のグリッド内の周波数の変化レートは、低い慣性領域のグリッド内の周波数の変化レートより小さく、「慣性」は、周波数の変

10

20

30

40

50

化レートを指してもよい。

【0009】

グリッド内の周波数応答特性は、消費または発生の突然の変化に対し、どのようにグリッドが応答するかの表示を提供することができるので、周波数応答特性は、どのようにグリッド周波数応答特性が電力グリッドにわたって変わるかをグリッド管理者が理解するのに有用である。従来、グリッド周波数応答特性は、グリッド動作周波数の高精度かつ高精度測定をなすフェーズ測定機器類を使用して決定される。そのような機器は高額であることから、広く配給することは実用的ではなく、通常、送電グリッド内の限定された中央ノードにおいて、測定が行われる。これは、測定がグリッド内のローカル変動に対して比較的鈍感であることを意味する。

10

【0010】

さらに、測定が生み出す大量データのため、測定は、しばしば、オフラインで分析される。これは、周波数応答特性の決定に遅れがあることを意味し、これは、ネットワーク管理者および同等者がタイミング良く周波数応答特性の変化に対応することを難しくする。

【0011】

本発明は、従来技術の一部の問題を少なくとも緩和することを目的とする。

【0012】

【概要】

【0013】

第1態様の発明によると、測定システムにおいて、電力グリッドの同期領域内の周波数応答特性、グリッド周波数に従ってグリッド内を流れる電気を決定する方法が提供され、電力グリッドは第1グループの1つ又は複数の電力ユニットに接続され、各々の電力ユニットは電力グリッドからの電力を消費および/または電力グリッドに電力を与え、前記第1グループの1つ又は複数の電力ユニットによる電力提供および/または消費の変化が電力グリッド内の電力流の変化をもたらし、各電力ユニットへの電力流および/または各電力ユニットからの電力流が制御信号のシーケンスに基づいて変調され、それによって、グリッド周波数を変調し、制御信号のシーケンスに従う周波数変調された信号を与える方法であって、測定システムにおいて、

20

【0014】

電力グリッド内を流れる電気の周波数に関連した周波数特性を測定するステップと、

30

【0015】

前記1つ又は複数の電力ユニットの電力特性に関連したデータを記録するデータベースにアクセスし、それに基づいて、前記電力流変調に関連した特性を決定するステップと、

【0016】

測定された周波数特性および前記決定された電力流変調特性に基づいて、前記電力グリッドのうち少なくとも1つの領域と関係付けられた周波数応答特性を決定するステップと、を含む、方法が提供される。

【0017】

比較的単純な必要な周波数特性測定デバイスのため、電力グリッドの同期領域内で既知の電力特性を用いて既存電力ユニットにより生成された周波数変調された信号の特性を測定することにより、リアルタイム又はほぼリアルタイムの、グリッド内の多くの地点で周波数応答特性を決定することを比較的到低コストで可能にする。

40

【0018】

一部の実施形態において、周波数相当特性の決定には、測定された周波数特性を前記電力流変調特性に相関させることが含まれる。

【0019】

一部の実施形態において、周波数応答特性を決定するステップには、測定された周波数特性を前記電力流変調特性に相関させることが含まれる。

【0020】

一部の実施形態において、周波数応答特性を決定するステップには、前記電力流変調特

50

性と測定された周波数特性とのレートを決定することが含まれる。

【 0 0 2 1 】

一部の実施形態において、前記電力流変調特性には、前記電力流変調に関連した大きさ特性が含まれる。

【 0 0 2 2 】

一部の実施形態において、前記大きさ特性には、電力流の振幅が含まれる。

【 0 0 2 3 】

一部の実施形態において、前記測定された周波数特性は、交流電圧の周波数、交流電流の周波数、電力グリッド内に流れる電力の測定された周波数、周波数の変化レート、交流電流または電圧の周期のうちの1つ又は複数に基づいて、測定される。

10

【 0 0 2 4 】

一部の実施形態において、前記測定された周波数特性には、前記変調された信号と関係付けられた周波数の時間変動が含まれる。

【 0 0 2 5 】

一部の実施形態において、前記周波数応答特性には、慣性特性が含まれる。

【 0 0 2 6 】

一部の実施形態において、前記慣性特性には、前記周波数変調された信号と関係付けられた立ち上がりの時刻、立ち下りの時刻のうち少なくとも一つが含まれる。

【 0 0 2 7 】

一部の実施例において、前記周波数応答特性には、電力バランスにおいて、ユニット変更当たりのグリッド周波数における変動の大きさと関連した特性が含まれる。

20

【 0 0 2 8 】

一部の実施形態において、第1グループの電力ユニットは、電力ユニットの分散されたグループであり、当該方法は、

【 0 0 2 9 】

制御パターンに従う第1グループの電力ユニットの各々への電力流および/または第1グループの電力ユニットの各々からの電力流を変調するステップを含み、複数の電力ユニットによる電力の消費および/または提供が調和され、集合的周波数特性を有する集合的に周波数変調された信号を与えるが、これは、測定システムによって検出可能である。

【 0 0 3 0 】

制御パターンに従う複数の電力ユニットの各々への電力流および/または複数の電力ユニットの各々からの電力流を変調するステップは、電力グリッドに接続された電力流の変調が可能で、1つから全てに至る電力ユニットによる測定システムに対する集合的通信の方法を可能にする。これは、少量の電力を引き出す電力ユニットを使用するとき有利であり、この電力ユニットは、他の信号やグリッドノイズにわたって測定システムによって検出できる十分に強い周波数変調信号を個別に生成することができないが、調和されたとき、集合的には、電力グリッド内の所望地点において検出の為に十分に強い周波数変調信号を生成することができる。そのように、周波数応答特性が決定される多数のローカルが増えてもよい。

30

【 0 0 3 1 】

一部の実施形態において、第1グループの各電力ユニットに対する前記制御パターンを特定する信号が送られる。

40

【 0 0 3 2 】

一部の実施形態において、制御パターンには、繰り返しパターン、その繰り返しパターンに連続して従う第1グループの1つ又は複数の電力ユニットへの電力および/またはその繰り返しパターンに連続して従う第1グループの1つ又は複数の電力ユニットからの電力が含まれる。

【 0 0 3 3 】

繰り返しパターンを含む制御パターンは、測定システムが電力流の特性を測定する為に多くの機会を提供する点、たとえば、電力グリッド内の慣性の決定において高精度を可能

50

にする測定システムによる連続した同一電力流パターンの平均化の点で有利である。

【0034】

一部の実施形態において、第1グループの1つ又は複数の電力ユニットへの電力および/または第1グループの1つ又は複数の電力ユニットからの電力は、制御パターンに従って断続的に制御される。

【0035】

断続的制御は、電力節約のために有利であり、たとえば、必要でないときに電力ユニットをオフにしたままにすることを可能にする。これは、同様に、電力流制御パターンへとデータを符号化するのに有利であり、このため、結果として生じる電力グリッド内の電力流パターンによる測定システムにデータを通信するのに有利である。

10

【0036】

一部の実施形態において、前記集合的に変調された信号が電力ユニットの前記グループを識別する識別子を含む方法であって、

【0037】

各々が前記第1グループの1つ又は複数の電力ユニットと関係付けられた1つ又は複数の識別子を記憶するデータベースにアクセスするステップと、

【0038】

集合的に変調された信号に含まれる識別子と、データベース内に記憶されている1つ又は複数の識別子との対応関係を決定し、前記第1グループの1つ又は複数の電力ユニットを識別するステップと、を含む、方法が提供される。

20

【0039】

一部の実施形態において、データベースに記憶された各識別子は、電力グリッドの少なくとも1つの領域と関係付けられ、当該方法には、決定された周波数応答特性が、決定された識別子対応関係に基づいて関係付けられる領域を決定するステップが含まれる。

【0040】

一部の実施形態において、電力グリッドが第2グループの1つ又は複数の電力ユニットに接続され、電力グリッドからの電力消費および/または電力グリッドへの電力を与えるようにアレンジされる、方法であって、

【0041】

決定された周波数応答特性に基づいて、第2グループの1つ又は複数の電力ユニットによる電力の消費および/または第2グループの1つ又は複数の電力ユニットによる電力の提供の変化をトリガーするのに使用される1つ又は複数のパラメータを決定するステップと、

30

【0042】

前記第2グループの電力ユニットにおける受信の為に前記1つ又は複数のパラメータを送信するステップと、を含む方法が提供される。

【0043】

一部の実施形態において、

【0044】

前記第2グループの電力ユニットにおいて前記1つ又は複数のパラメータを受信するステップと、

40

【0045】

受信されたパラメータに基づいて、トリガー条件を導出するステップと、

【0046】

グリッド内をローカルに第2グループの電力ユニットに流れる電力の測定された周波数特性に基づいて、トリガー条件が満足されるかを決定するステップと、

【0047】

トリガー条件が満足されるという決定に応じて、第2グループの電力ユニットへの電力流および/または前記第2グループの電力ユニットからの電力流を変更するステップと、を含む、方法が提供される。

50

【 0 0 4 8 】

電力ユニットによる電力の消費および/または提供の変化をトリガーすることは、グリッド周波数でグリッド内のどこかを流れる電力の変化の衝撃を限定するのに有用である。トリガーするパラメータの導出に周波数応答特性を取り入れることは、周波数応答特性が、たとえば、電力流の変化にตอบสนองするグリッド周波数の変化レートに関連した情報を与えることから、都合がよい。そのため、電力ユニットに対してトリガーするパラメータは、たとえば、ローカルグリッド慣性がたとえば比較的到低い場合には比較的早い応答、ローカルグリッド慣性がたとえば比較的に高い場合には比較的に遅い応答を与えるように調整可能である。これは有利な調整である。なぜなら、たとえば、許容できないグリッド周波数シフトに導く可能性がある低慣性環境における遅すぎる応答、たとえば、電力ユニットの使用に対して不必要な混乱を引き起こすであろう高慣性環境にとって早すぎる応答の両方の応答を避けるからである。同様に、たとえば、トリガーパラメータの導出に剛性特性を取り込むことが有利である。なぜなら、それは、たとえば、所与の同様な電力バランス変化に対し測定された周波数特性変化の同様の大きさの表示を与えるからである。

10

【 0 0 4 9 】

一部の実施形態において、

【 0 0 5 0 】

測定システムにおいて、第1の時間周期の間に周波数特性と関係付けられた第1系列の値と、後の第2の時間周期の間に周波数特性と関係付けられた第2系列の値とを定義するステップと、

20

【 0 0 5 1 】

測定システムにおいて、第1系列の値に基づいて第1組の係数を有する第1の多項式関数と、第2系列の値に基づいて第2組の係数を有する第2の多項式関数とを決定するステップと、

【 0 0 5 2 】

測定システムにおいて、第1組の係数および第2組の係数の間の差異に基づいて、トリガー条件が満足されるかを決定するステップと、を含む方法が提供される。

【 0 0 5 3 】

電力グリッドが、電力グリッドからの電力を消費および/または電力グリッドに電力を提供するようにアレンジされた第2グループの1つまたは複数の電力ユニットに接続される方法であって、

30

【 0 0 5 4 】

前記第2グループの電力ユニットと関係付けられた領域と関係付けられた決定された周波数応答特性に基づいて、前記第2グループの1つ又は複数の電力ユニットによる電力の消費および/または提供の変化をトリガーするのに使用される1つ又は複数のパラメータを決定するステップと、

【 0 0 5 5 】

測定された周波数応答特性に基づいてトリガー条件を導出するステップと、

【 0 0 5 6 】

第2グループの電力ユニットと関係付けられた領域において、電力グリッド内を流れる電気の周波数と関係付けられた周波数特性を測定するステップと、

40

【 0 0 5 7 】

第2グループの電力ユニットと関係付けられた領域内で測定された測定周波数特性を測定システムに通信するステップと、

【 0 0 5 8 】

通信された測定周波数特性に基づいて、トリガー条件が満足されるかを決定するステップと、

【 0 0 5 9 】

トリガー条件が満足されるという決定に応じて、第2グループの電力ユニットへの電力流および/または第2グループの電力ユニットからの電力流を変更するように、第2グル

50

ープの電力ユニットに要求を送信するステップと、を含む方法が提供される。

【0060】

上記実施形態は、トリガー条件が満足されるか否かの決定を、たとえば、電力グリッドの一部または全部の役に立つ中央制御センタで実施可能にする。これは有利である。なぜなら、トリガーすることの集中化制御、トリガーすることの集中化オーバーライド、電力ユニットにおける電力流の集中化制御手段が可能になるので、あらゆるデバイスにおいて、これらの機能の為に装置を要する従来技術の方法と比較して、トリガー条件の決定の、より費用効果的な方法が可能になるからである。

【0061】

一部の実施形態において、第2グループの電力ユニットは第1グループの電力ユニットと同一である。

10

【0062】

一部の実施形態において、電力変調には、有効電力および無効電力のうち少なくとも一つの変調が含まれる。

【0063】

本発明の第2態様によると、電力グリッドの同期領域内で周波数応答特性を決定する為の測定システムにおいて、電力ユニットによる電力提供および/または消費の変化がグリッド内の電力流の変化を生じさせるように、グリッド周波数に応じてグリッド内を電気が流れ、電力グリッドが、1つ又は複数の電力ユニットのグループに接続され、1つ又は複数の電力ユニットの各々は、電力グリッドからの電力を消費および/または電力グリッドに電力を提供するようにアレンジされ、電力ユニットの各々への電力流および/または電力ユニットの各々からの電力流は、制御信号のシーケンスに基づいて変調され、もって、周波数変調された信号を与えるようにグリッド周波数を変調する、測定システムであって、

20

【0064】

前記電力グリッド内を流れる電気の周波数に関連した周波数特性を測定し、

【0065】

前記1つ又は複数の電力ユニットの電力特性に関連したデータを記憶するデータベースにアクセスし、それに基づいて、前記電力流変調に関連した特性を決定し、

【0066】

測定された周波数特性および前記決定された電力流変調特性に基づいて、前記電力グリッドの少なくとも一つの領域と関係付けられた周波数応答特性を決定するようにアレンジされている、測定システムが提供される。

30

【0067】

一部の実施形態において、本発明の第2の態様は、本発明の第1態様に関する前述した様々な実施形態と関係付けられた特徴の全てに対応する特徴を含む。

【0068】

本発明の第3の態様によると、電力グリッドの同期領域に流れる電気の周波数の変化に対する応答を与えるように、1つ又は複数の関係付けられた電力ユニットと共に使用される電力制御デバイスにおいて、電力グリッドは、測定システムに接続され、領域内のグリッドの周波数応答特性を決定し、測定された周波数応答特性に基づいて1つ又は複数のトリガーパラメータを決定するようにアレンジされており、電力制御デバイスは、

40

【0069】

決定された周波数応答特性から導出される1つ又は複数のパラメータを断続的に測定システムから受信し、

【0070】

受信された1つ又は複数のパラメータに基づいて、トリガー条件を導出し、

【0071】

グリッド内を流れる電力の測定された周波数特性に基づいて、トリガー条件が満足されるかを決定し、

50

【0072】

トリガー条件が満足されるかという決定に応じて、電力ユニットへの電力流および/または電力ユニットからの電力流を変更するようにアレンジされている、電力制御デバイスが提供される。

【0073】

一部の実施形態において、受信された1つ又は複数のパラメータの一つには、前記トリガー条件が含まれる。

【0074】

一部の実施形態において、前記周波数応答特性には、慣性特性が含まれる。

【0075】

一部の実施形態において、前記周波数応答特性には、電力バランスにおいて、ユニット変更当たりのグリッド周波数の大きさ変動に関連した特性が含まれる。

【0076】

一部の実施形態において、電力制御デバイスは、

【0077】

第1時間周期の間に周波数特性と関係付けられた第1系列の値と、後の第2時間周期の間に周波数特性と関係付けられた第2系列の値とを定義し、

【0078】

第1系列の値に基づいて第1組の係数を有する第1の多項式関数、第2系列の値に基づいて第2組の係数を有する第2の多項式関数を決定し、

【0079】

第1組の係数および第2組の係数の差異に基づいて、トリガー条件が満足されるかを決定するようにアレンジされる。

【0080】

上記実施形態は、周波数が時間の関数として変化する方法にトリガー条件が基礎をおくことを可能にする。これは、有利である。なぜなら、電力グリッド周波数の急速復旧を可能にすることになる、周波数特性の比較的速い変化に対し比較的早い応答を与えることができ、あるいは、電力ユニットに対する不必要な混乱を避ける、周波数特性の比較的遅い変化に対し比較的遅い応答を与えるからである。これも有利である。なぜなら、それは、所与の時間の尺度において生じる周波数特性の揺らぎをフィルタで除去する手段を与えるが、揺らぎは、ノイズや、トリガーする条件が満足されるかを決定する際に重要ではない他の揺らぎを表す。

【0081】

一部の実施形態において、第1および第2多項式関数は、二次の多項式関数である。

【0082】

一部の実施形態において、周波数変件事象は、第1組の対応係数と所定量以上に異なる第2組の係数のうち少なくとも一つの係数の値に基づいて、識別される。

【0083】

一部の実施形態において、電力制御デバイスは、多項式外挿技術および/または円錐外挿技術に従って、前記系列の値を測定するようにアレンジされる。

【0084】

一部の実施形態において、電力制御デバイスは、フェーザ測定に基づいて前記測定された周波数特性を測定するようにアレンジされたフェーザ測定機器類を備える。

【0085】

一部の実施形態において、フェーザ測定機器類は、電力グリッド内で測定された電圧のベクトルと関係付けられた位相を、絶対時間基準点を参照して測定する。

【0086】

一部の実施形態において、測定された周波数特性は、交流電圧の周波数、交流電流の周波数、電力グリッド内を流れる電力の周波数、周波数の変化レート、交流電流の周期のうち、1つ又は複数を含む。

10

20

30

40

50

【0087】

一部の実施形態において、電力制御デバイスは、電力流が制御可能な時間周期を表示する信号を受信するようにアレンジされる。

【0088】

一部の実施形態において、電力変調には、有効電力および無効電力のうち少なくとも一つの変調が含まれる。

【0089】

本発明の第4態様によると、電力グリッドの周波数変化に応答する為のシステムが提供され、そのシステムには、

【0090】

電力グリッドに接続されたそれぞれの電力ユニットを各々が制御する、分散された複数の電力制御デバイスと、

【0091】

分散された複数の電力制御デバイスの各々に1つ又は複数のトリガーパラメータを送信する為の測定システムと、を備える。一部の実施形態において、測定システムは、

【0092】

前記分散された複数の電力制御デバイスから複数のグループの電力制御デバイスを限定し、

【0093】

複数のグループの各々に、異なる、それぞれのトリガー条件を割り当て、

【0094】

割り当てられるグループに割り当てられたトリガー条件を、電力制御デバイスの各々に、送信するようにアレンジされる。

【0095】

一部の実施形態において、測定システムは、

【0096】

電力制御デバイスと関係付けられた電力ユニットによる電力の提供および/または消費に関連したプロファイル情報を記憶する電力ユニットデータベースにアクセスし、

【0097】

アクセスされたプロファイル情報に基づいて、前記複数のグループを限定するようにアレンジされる。一部の実施形態において、測定システムは、

【0098】

測定された周波数特性を表す多項式関数を示すデータを受信し、

【0099】

前記多項式関数に基づいて、測定された周波数特性と関係付けられた将来の期待値を外挿し、

【0100】

外挿された将来の期待値に基づいて、周波数変化事象に応答して期待される電力流要件を決定するようにアレンジされる。

【0101】

上記実施形態において提供される周波数特性の予測は有利である。なぜなら、それは、満足されるトリガー条件に至る周波数特性の変化に対して効率の良い応答を体系付けるように、より多くの時間を可能にするからである。この予測も、また有利である。なぜなら、それは、既に起こった変化を補償するのではなく、近い将来に起こりそうな周波数特性変化を補償する手段を与えるからであり、これは、周波数特性のトリガー条件を考慮に入れる。

【0102】

一部の実施形態において、測定システムは、

【0103】

電力ユニットによる電力の提供および/または消費に関連したプロファイル情報が含ま

10

20

30

40

50

れる電力ユニットデータベースにアクセスし、

【0104】

期待される電力流要件および前記プロファイル情報に基づいて、周波数変件事象にตอบสนองする為に1つ又は複数のグループの1つ又は複数の電力ユニットを限定するようにアレンジされる。

【0105】

一部の実施形態において、測定システムは、電力制御デバイスと関係付けられた電力ユニットによる電力の提供および/または消費を制御し、もって、前記領域内の電気エネルギーの正味消費を変えるように、限定されたグループの電力制御デバイスにおける受信の為に、1つ又は複数の要求を送信するようにアレンジされる。

10

【0106】

本発明の第5態様によると、グリッド周波数に従って電力グリッド内を電気が流れる場合、電力グリッド内を流れる電気の周波数変化に対する応答を与えるように1つ又は複数の関係付けられた電力ユニットを使用する為の電力制御デバイスが提供され、電力制御デバイスは、周波数測定デバイスを備え、

【0107】

前記周波数測定デバイスを使用して、電力制御デバイスで前記グリッド周波数の変化をモニタし、

【0108】

前記モニタリングに少なくとも部分的に基づいてトリガー条件を決定し、

20

【0109】

グリッド内を流れる電力の、測定された周波数特性に基づいて、トリガー条件が満足されるかを決定し、

【0110】

トリガー条件が満足されるかの決定にตอบสนองして、電力ユニットへの電力流および/または電力ユニットからの電力流を変更するようにアレンジされている。

【0111】

一部の実施形態において、電力制御デバイスは、閾値を横切る前記測定された周波数特性にตอบสนองして、

【0112】

前記閾値が横切られる前の時刻において測定された周波数特性の分析を実行し、

30

【0113】

前記分析に基づいて少なくとも部分的に前記トリガー条件を決定するようにアレンジされる。

【0114】

一部の実施形態において、電力制御デバイスは、

【0115】

前記周波数測定デバイスを使用して、前記トリガー条件の導出の後に電力制御デバイスにおけるグリッド周波数の変化をモニタし、

【0116】

後のモニタリングに基づいて、更新されたトリガー条件を導出するようにアレンジされる。

40

【0117】

一部の実施形態において、更新されたトリガー条件の導出は、前記最初のトリガー条件に部分的に基づく。

【0118】

上記実施形態において、デバイスは、それ自体が導出したトリガー条件に基づいて、電力流を清書することができる。このデバイスは、たとえば、通信ネットワークにアクセスしないかもしれない電力グリッドの領域において、あるいは、これらのネットワークを経た命令が費用効果的でない場合に有利であろう。

50

【0119】

本発明の更なる特徴および利点は、添付された図面を参照して、例としてのみ与えられた、以下の本発明の好ましい実施形態の説明から明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0120】

【図1】図1は、本発明が実施されてもよい同期型電力グリッドを示す概略図である。

【図2a】図2aは、周波数変調装置を示す概略図である。

【図2b】図2bは、電力グリッドにおいて結果として生じるグリッド周波数変調と変調される電力生成/消費バランスとの間の関係を示す図である。

【図3】図3は、測定装置を示す概略図である。

10

【図4a】図4aは、例示的矩形波電力変調信号を示すグラフである。

【図4b】図4bは、電力グリッドの低慣性地域における周波数変調信号を示すグラフである。

【図4c】図4cは、電力グリッドの中慣性地域における周波数変調信号を示すグラフである。

【図4d】図4dは、電力グリッドの高慣性地域における周波数変調信号を示すグラフである。

【図5】図5は、グリッド領域における周波数応答特性を決定する為の実施例の方法および装置を示す概略図である。

【図6a】図6aは、測定された周波数特性の為に定義された一連のインターバルを示す図である。

20

【図6b】図6bは、測定された周波数特性が多項式関数に適合可能であることを示す図である。

【図6c】図6cは、測定された周波数特異性が多項式関数に適合可能であることを示す図である。

【図6d】図6dは、測定された周波数特異性が多項式関数に適合可能であることを示す図である。

【図6e】図6eは、測定された周波数特異性が多項式関数に適合可能であることを示す図である。

【図6f】図6fは、測定された周波数特異性が多項式関数に適合可能であることを示す図である。

30

【図7】図7は、グリッドバランスの突然の変化にตอบสนองした3つの例示的地域における周波数変化を示すグラフである。

【図8】図8は、電力制御装置を示す概略図である。

【詳細な説明】

【0121】

発電所のようなプロバイダから、国内家庭及び店舗のような消費者への電気の供給は、通常、配電網または電力グリッドを経て行われる。図1は、本発明の実施形態が実装可能であり、送信グリッド102および配電グリッド104を備える、例示的電力グリッド100を示す。

40

【0122】

送電グリッド102は、発電機106に接続されており、発電機106は、例えば、原子力発電所又は火力発電所でもよく、そこから、送電グリッド102は、架空電力線などの電力線にかけられた非常に高い電圧（通常、数100kV程度）で、大量の電気エネルギーを配電グリッド104に送る。

【0123】

送電グリッド102は、変圧器108を経て配電グリッド104にリンクされ、変圧器108は、配電グリッド104内での配電の為に給電を低い電圧（通常、50kV程度）に変換する。

【0124】

50

配電グリッド104は変電所110を経てローカルネットワークに接続されているが、変電所110は、さらに低い電圧に変換する為に更なる変圧器を備え、ローカルネットワークは、電力グリッド100に接続された電力消費装置に電力を与える。ローカルネットワークは、都市ネットワーク112のような家庭消費者のネットワークを含んでもよく、都市ネットワーク112は、数kW程度の比較的少量の電力を引き出す個人住宅113内部で家庭電気機器に電力を供給する。個人住宅113は、光電装置117を使用して、その住宅における電気機器による消費またはグリッドに電力を提供する為、比較的少量の電力を与えてもよい。ローカルネットワークは、工場114のような産業構内を含んでもよく、ここでは、産業構内で動作する大型電気機器が、数kWからMW程度の大量の電力を引き出す。ローカルネットワークは、電力を電力グリッドに与える風力発電所116のような小さな電力発電機のネットワークを含んでもよい。

10

【0125】

簡略のため、一つの送電グリッド102および一つの配電グリッド104だけが図1に示されているが、実際、通常送電グリッド102は、多数の配電グリッド104に電力を供給し、一つの送電グリッド102は、一つ又は複数の他の送電グリッド102と相互接続されてもよい。

【0126】

電力は、電力グリッド100を交流(AC)として流れ、交流(AC)は、グリッド周波数(国に依存するが、通常は50又は60Hz)と呼ばれる場合があるシステム周波数で流れる。電力グリッド100は、その周波数がグリッドの各地点で実質的に同一になるように、同期された周波数で動作する。

20

【0127】

電力グリッド100は、一つ以上の直流(DC)相互接続部117を含んでもよく、相互配線117は、電力グリッド100および他の電力グリッドの間にDC結線を与える。通常、DC相互配線117は、電力グリッド100の概して高電圧の送電グリッドに接続する。DC相互配線117は、様々な電力グリッド間にDC結合を与え、電力グリッド100が、所与の、同期された、グリッド周波数で動作する領域を限定するが、グリッド周波数は、他の電力グリッドのグリッド周波数の変化によって影響されない。例えば、UK送電グリッドは、DC相互配線を経てヨーロッパ大陸の同期型グリッドに接続されている。

30

【0128】

電力グリッド100は、電力グリッド100の動作周波数を変調するのに使用する為の一つ以上の装置(ここでは、「周波数変調装置」118という)と、グリッドの動作周波数(ここでは、グリッド周波数という)に関連した特性を測定するようにアレンジされた測定装置120の形式の測定システムをも含む。

【0129】

図2aを参照して以下に説明されるように、それぞれの周波数変調装置118は、(電力グリッド100から電力を消費しても、電力グリッド100に電力を提供してもよい)電力ユニット119またはパワーユニット119のグループと関係付けられており、パワーユニット119またはパワーユニット119のグループへの電力流を変調さらに/またはパワーユニット119またはパワーユニット119のグループからの電力流を変調するようにアレンジされている。周波数変調装置118は、パワーユニット119とは別個に提供されても、さらに/または、パワーユニット119に組み込まれてもよい。パワーユニット119は、発電機106、住宅構内113または産業構内114内の電気機器および/または風力タービン116またはソーラーパネルのような小規模発電機を含んでもよい。この点で、パワーユニット119が低慣性を有し電力流の有効な変調を可能にすることが有利である。

40

【0130】

一つ以上の周波数変調デバイス118は、配電グリッド104内の電力ユニット119に、或いは、電力グリッド100の他の任意の場所に置かれてもよい。周波数変調デバイ

50

ス118は、電力ユニット119と共に作動し、電力グリッド100内にコードシーケンスを送信する。単純化のために、7つの周波数変調デバイス118のみが図1に示されているが、実際、電力グリッド100は、周波数変調デバイス118が関係付けられる電力ユニット119の容量に依存して、数百又は数千の、このようなデバイスを備えてもよいことが分かる。さらに、単純化のために、1つの測定デバイス120だけが図1に示されているが、実際、複数の測定デバイス120は、同一の同期型電力グリッド100内で作動してもよいことが分かる。周波数変調デバイス118は、(産業構内の電力ユニットのような)大容量電力ユニット119と関係付けられる場合、電力グリッド100内には少数の周波数変調デバイス118だけが存在してもよい。一部の実施形態において、電力グリッド100には一つだけ周波数変調デバイス118があってもよい。

10

【0131】

周波数変調デバイス118は、(各々が、例えば、数Wから数十kWを提供し、各電力ユニット119による周波数変調に対する寄与は小さいが、組み合わせられた周波数変調信号は、単一の大きな電力ユニット119と同一強度を有する)比較的多数の小容量の電力ユニット119の間に分散されてもよい。周波数変調デバイス118の分散は、小さな負荷のスイッチングが、高価な電力スイッチング装置を必要とせずに行うことができるという利点を有し(スイッチングは、例えば、大量生産可能な半導体に基づくスイッチを用いて代わりに実行可能である)、小さな負荷のスイッチングは、例えば、供給電圧が制限内にとどまるように、ローカルグリッド環境に比較的少量の電圧ノイズを導入するにすぎない。

【0132】

通常、電力グリッド100にわたって周波数変調信号を送信するのに必要な、全体の変調された負荷は、以下に説明するように、情報を送信する為に使用される特定コーディング方式に依存する。異なるコーディング方式は、測定デバイス120において異なる利得の量になるので、変調の為に必要な電力は、例えば、WからMWへと、著しい範囲に及ぶことがある。

20

【0133】

複数の周波数変調デバイス118は、各々が、それぞれ関係付けられた電力ユニット119への電力流および/またはそれぞれ関係付けられた電力ユニット119からの電力流を変調する。一つ又は複数の周波数変調デバイスがある場合、一つ又は複数の周波数変調デバイスの各々は、周波数変調デバイス118が電力グリッド100内の電力流の集積的変調を生じさせるように、他の周波数変調デバイスの各々と同調し、制御パターンに従って電力流を変調するようにアレンジされてもよい。すなわち、周波数変調デバイス118は、電力グリッド100内の電力バランスの変調された変化を集積的に生じさせ、電力バランスの変化は、関係付けられた周波数変調デバイスを有する電力ユニット119の各々への変調された電力流/その電力ユニット119の各々からの変調された電力流の組み合わせた効果である。

30

【0134】

周波数変調デバイス118は、関係付けられた電力ユニット119への無効電力流を変調するようにアレンジされ、更に/又は、それらの関係付けられた電力ユニット119からの無効電力流を変調するようにアレンジされてもよい。例えば、周波数変調デバイス118は、関係付けられた電力ユニット119の無効電力寄与を修正する為のインバータを含んでもよい。電力ユニットの無効電力寄与の修正は、利用可能な無効電力の対応する変調を伴う電力グリッド100の効率のローカル変調を引き起こす。同様に、これらは、前述したようにグリッド周波数の変調を引き起こすグリッドバランスの変調を引き起こす。

40

【0135】

一定の実施形態において、周波数変調デバイス118は、有効電力だけ、あるいは、無効電力だけ、あるいは、有効電力および無効電力の両方を変調するようにアレンジされてもよい。

【0136】

図2aは、周波数変調デバイス118の例示的配置を示す。周波数変調デバイス118

50

は、電力グリッド100および一つ又は複数の電力ユニット119の間にインタフェースを形成し、電力グリッド100内で周波数変調信号を伝播するように、一つ又は複数の電力ユニット119と共に動作する。周波数変調デバイス118は、入力/出力(I/O)インタフェース202、データ記憶装置204、プロセッサ206、変調器208、クロック210を備える。

【0137】

周波数変調デバイス118は、I/Oインタフェース202を経てコントローラからデータを受信するようにアレンジされている。コントローラは、測定デバイス120の一部でもよい。これに対して、コントローラは、電力グリッド100に直接接続されない場合があり、その代わりに、データはI/Oインタフェース202を経て受信されてもよい。I/Oインタフェース202は、固定または無線通信ネットワークを経て情報を受信するようにアレンジされ、無線通信ネットワークは、移動体通信用グローバルシステム(GSM)、ユニバーサル移動体電気通信システム(UMTS)、ロングタームエボリューション(LTE)、固定式無線アクセス(IEEE802.16 WiMaxなど)、無線ネットワーク(IEEE802.11 Wifiなど)のうちの1つ又は複数を含んでもよい。

10

【0138】

I/Oインタフェース202を経て受信された情報は、データ記憶装置204に記憶されてもよい。データ記憶装置204に記憶された情報は、制御シーケンスの表記を含んでもよく、制御シーケンス(以下、「コード」という)に従って、グリッド周波数は、周波数変調デバイス118によって変調される。コードは、所定制御パターンに従って、変調器208を制御する為の制御信号を表してもよい。

20

【0139】

プロセッサ206は、データ記憶装置204からコードを検索し、変調器208を制御する為の制御信号を生成するようにアレンジされている。プロセッサ206は、データ記憶装置204にアクセスし、コードを検索し、そのコードに基づき、制御信号を生成し、これらの制御信号を変調器208に送信し、電力ユニット119への電力流/電力ユニット119からの電力流を制御する。制御信号は、電力グリッド100内を伝播されるべき信号のビットパターン形式でもよい。コードは、通常、クロック210を参照して与えられる制御信号の時変パターンを定義する。クロック210は、電源グリッド100に接続された周波数変調デバイス118の各々が他の各々の周波数変調デバイス118と同期されるように、他の周波数変調デバイス118のクロックと同期させてもよい。これが、各々の周波数変調デバイス118において周波数変調信号が同時に伝播し始めることを可能にする。クロック210の同期は、(I/O)インタフェース206を経て、或いは、他の手段によって受信される同期信号に基づき、実行されてもよい。

30

【0140】

変調器208は、プロセッサ206によって生成される制御信号に応答して、電力ユニット119への電力流/電力ユニット119からの電力流を変調するようにアレンジされる。変調器208は、電力グリッド100への電力ユニット119/電力グリッド100からの電力ユニット119の接続/切断する為のスイッチ、および/または、電力ユニット119への電力流/電力ユニット119からの電力流が変調されることを可能にする電気または電子手段を備えてもよい。例えば、電力ユニット119は、変調中、必ずしも完全に切断されなくてもよいが、電力消費および/または提供の設定点の間で変調されてもよい。変調器208は、電力ユニット119(例えば、電気自動車及び/又は他の電気装置用インバータに基づく充電器、熱起電力発電機用グリッドインバータ、熱電供給(CHP)発電機、または風力発電機)による電力消費/提供を変更する為の減衰器又は何らかの他の手段でもよい。

40

【0141】

グリッド電力バランスの変調は、同期電力グリッド内で全体の電力グリッドを通じて同一であるグリッド周波数の変調を誘発する。

50

【 0 1 4 2 】

例えば、理論的慣性が小さい電力グリッドを表す図 2 b を考慮すると、電力グリッド 100 は、A 点においてバランスがとれている（すなわち、電力に対する全需要が、およそ、電力グリッド 100 内で生成される電力の全量または電力グリッド 100 に与えられる電力の全量に等しい。）。B 点において、グリッド電力バランスは、B 点から C 点まで過剰な消費があるようにシフトされている。これにより、B' 点においてグリッド周波数の対応する低下をもたらし、これが C' 点まで維持されている。C 点において、グリッド電力バランスは、D 点において過剰な生成があるようにシフトされ、これが E 点まで維持されている。これにより、C' 点および D' 点の間で、グリッド周波数の対応する上昇をもたらしており、これが D' 点から E' 点まで維持されている。グリッド周波数がグリッド電力バランスにおける所与の変更に応じて変化する程度は、グリッド剛性によって特徴付けられ、図 2 b のグラフにおいて直線の傾斜として表記される。すなわち、例えば、図 2 b において、相対的に剛性のグリッドは、比較的小さな勾配を備えたラインを有し、比較的大きなグリッド電力バランス変化は、比較的小さなグリッド周波数変化を生じるにすぎない。グリッド周波数変化およびグリッド電力バランスの変化の間の関係は一般的に単調であるが、図 2 b に描かれるように直線性から離れて、例えば、同時に幾つかの曲線を有してもよいことに注意されたい。

10

【 0 1 4 3 】

例えば、D' 点および E' 点の間で増加したグリッド周波数の大きさは、変調周波数（すなわち、電力流が変調される周波数）に依存する。特に、変調周期（変調周波数の逆数）が、自動訂正の為の特性対応時間および/またはグリッド管理者がグリッド電力バランスの変化に対応する為の特性対応時間より短い場合、増加されたグリッド周波数が維持される場合がある。電力流が比較的素早く変調される実施形態では、自動的に使用される電力バランス補償機構および/またはグリッド管理者によって使用される電力バランス補償機構は、その変調を和らげる為に十分に素早く対応できないが、電力流が比較的ゆっくりと変調される場合には、電力バランス補償機構は、補償機構の反動によって意図された変調効果を劣化させ始めることができる。

20

【 0 1 4 4 】

通常、グリッド周波数変調の振幅は、 μHz から数 mHz に至るまでの範囲であり、グリッド管理者がグリッド周波数（公称システム周波数）を維持しなければならない取り決められた限度を越えず、その範囲内では、その変調に回答して何らかの手動または自動のグリッドバランス対策をグリッド管理者に始めさせることはない。さらに、グリッド周波数未満のレートでグリッド周波数を変調することによって、電力グリッド 100 内の変圧器 108, 110 による周波数変調信号の減衰を避ける。

30

【 0 1 4 5 】

変調器 208 は、通常、（各電力グリッドの性質に依存するが） 10Hz までの変調周波数で、電力ユニット 119 への電力流/電力ユニット 119 からの電力流を変調するようにアレンジされる。一部の実施形態では、電力ユニット 119 への電力流および/または電力ユニット 119 からの電力流は、所定のグリッド周波数の 2 分の 1 未満の変調周波数で変調される。一部の実施形態では、電力流は、所定のグリッド周波数の 4 分の 1 未満の変調周波数で変調される。一部の実施形態では、電力流は、所定のグリッド周波数の 10 分の 1 未満の変調周波数で変調される。

40

【 0 1 4 6 】

この周波数範囲において、適度に高い負荷の切り替えが可能である。変調器 208 がグリッド周波数未満の変調周波数で電力ユニット 119 への電力流/電力ユニット 119 からの電力流を変調するという理由で、変調された信号は、変調されない AC 電力が抑制される以上には電力グリッド 100 のインフラによって抑制されない。これは、電力配線通信システムによって要求されるような、変圧器 108, 110 のようなデバイスの周りの追加の通信経路を提供する必要性をなくしているが、電力配線通信システムは、ベースシステム（例えば、 50Hz ）周波数に高周波（ 100 台の Hz から MHz ）信号をかぶせ

50

る。

【 0 1 4 7 】

AC波形のゼロ交差で、電力ユニットへの電力流 / 電力ユニットからの電力流を変調することが有利であることは留意すべきである。例えば、変調にデバイスへの電力流 / デバイスからの電力流のオン・オフが含まれる場合、オン・オフ間の移行は、ゼロ交差点で行われてもよい。これが、電力グリッドに後に配電される不要な高調波成分の生成を最小限にするので、変調による不要なグリッドノイズを最小限にする。

【 0 1 4 8 】

周波数変調デバイス 1 1 8 は図 2 a に電力ユニット 1 1 9 と分離して示されているが、一部の実施形態において、周波数変調デバイス 1 1 8 が電力ユニット 1 1 9 に統合されてもよいことが理解されるであろう。

10

【 0 1 4 9 】

コードが周波数変調デバイス 1 1 8 のデータ記憶装置 2 0 4 に記憶されるように前述されているが、一部の実施形態において、コードが遠隔で記憶され、必要なときに周波数変調デバイス 1 1 8 によってアクセスされてもよいことが留意されるべきである。例えば、コードは周波数変調デバイス 1 1 8 に送信されてもよく、この場合、コードは周波数変調デバイス 1 1 8 に記憶されなくてもよく、或いは、一時的データ記憶装置にだけ記憶されてもよい。

【 0 1 5 0 】

周波数変調デバイス 1 1 8 による電力流の変調は、グリッド周波数の対応する変調を引き起こすが、これは、所与の同期型電力グリッド 1 0 0 の全体を通して同一である。

20

【 0 1 5 1 】

以下、図 4 を参照して説明するように、所与の電力流変調の為の周波数応答は、電力変調を与える周波数変調デバイスに対してローカルな周波数応答特性に依存する。

【 0 1 5 2 】

グリッド周波数は電力グリッド 1 0 0 の全体を通じて同一であるので、変調された周波数も電力グリッド 1 9 9 の全体を通じて同一であり、そのため、変調されたグリッド周波数を検出することができる測定デバイス 1 2 0 は、それがグリッド 1 0 0 に接続可能な任意点で変調された周波数信号を測定することができる。

【 0 1 5 3 】

図 3 は、電力グリッド 1 0 0 内部に伝播された変調周波数信号を測定するように構成された例示的測定デバイス 1 2 0 を示す図である。測定デバイス 1 2 0 は、検出器 3 0 2 , データ記憶装置 3 0 4 , プロセッサ 3 0 6 , 入出力 (I / O) インタフェース 3 0 8 , クロック 3 1 0 を備える。

30

【 0 1 5 4 】

検出器 3 0 2 は、十分な精度でグリッド周波数に関連した特性を検出または測定できる、どのようなデバイスでもよい。

【 0 1 5 5 】

一部の実施形態において、グリッド周波数に関連する期間がグリッド周波数の特性対策として使用されている。例えば、電圧が 0 V を横切る時刻の期間である半周期の測定値は、グリッド周波数に関連した特性として使用されてもよい。

40

【 0 1 5 6 】

一部の実施形態において、瞬間的グリッド周波数が完全な半周期 (又は全周期) を完了する時間の逆数に対応する瞬間的グリッド周波数が決定されてもよい。周波数データは、既知の所望範囲の信号周波数の以外の周波数成分を除去するようにデジタル的にフィルタ処理され、均一化されてもよい。例えば、グリッド周波数に対応した周波数成分および / またはノイズに関連した周波数成分が除去されてもよい。

【 0 1 5 7 】

ある実施形態において、検出器 3 0 2 は、グリッド周波数より高い周波数で電圧をサンプリングするようにアレンジされた電圧検出器と、サンプリングされた電圧をデジタル電

50

圧信号に変換するようにアレンジされたアナログ - デジタル変換器とを備えてもよい。例えば、電圧検出器は、周期毎に1000回の電圧をサンプリングするようにアレンジされてもよい。その後、デジタル信号は、電圧が0Vを横切る時刻を高精度で(μsからmsの範囲内で)決定するように処理されてもよい。

【0158】

他の実施形態において、検出器302は、グリッド周波数より高い周波数で電流をサンプリングするようにアレンジされた電流検出器と、サンプリングされた電流をデジタル電流信号に変換するようにアレンジされたアナログデジタル変換器とを備えてもよく、その後、デジタル電流信号は、電流が0Vを横切る時刻、又は、電流波形と関係付けられた他の特性を高精度で(例えば、μsからmsの範囲内で)決定するように処理されてもよい。

10

【0159】

更に他の実施形態において、検出器302は、電圧検出器および電流検出器の両方を備えてもよい。電圧及び電流の両方が0Vを横切る時刻を測定することによって、測定デバイス120は電圧および電流の相対位相の変化を決定することができるので、測定デバイス120がグリッド内の無効電力の変化を補償することができる。これは、同様に、より高精度の周波数(又は、周波数に関連した特性)測定を可能にする。

【0160】

前述したように、グリッド周波数を測定することに加えて或いは代えて、検出器302は、電圧および/または電流の測定値に基づき、グリッド内に流れる電力流の周波数変化のレートを測定してもよい。

20

【0161】

図4a - 図4dに関連して後述されるように、データ記憶装置304は、一つ又は複数の周波数変調デバイス118によって使用された電力変調パターン(例えば、そのパターンは矩形波形パターンを表示してもよい)を表示するデータを記憶してもよい。プロセッサ306は、記憶されたデータパターンフォーマットを使用し、記憶されたデータパターンフォーマットを測定された周波数信号に相関させることによって、測定周波数信号からの変調された周波数信号の抽出を助けてもよい。測定デバイス120は、デジタル周波数変調信号における高い状態および低い状態の間の移行を識別するように、測定された周波数信号を既知の変調パターンに相関させるようにアレンジされた相関器を含んでもよい。(前述されるように、最大で数mHzである)変調された信号の振幅が(通常、10~200mHzの範囲内にある)グリッド周波数内のノイズのレベル未満であるときでも、これが、測定された周波数から、変調された信号を抽出することを可能にする。一つの同期型グリッドから他の同期型グリッド、時間にわたって所与の同期型グリッド内で、これらの通常の値は著しく変わる。

30

【0162】

データ記憶装置304は、一つ又は複数の電力ユニット119、または、一つ又は複数のグループの電力ユニット119(或いは、それらと関係付けられた周波数変調デバイス118)に関連した識別データを記憶してもよい。そのような識別データ(以下、識別子)は、後述するように、周波数変調信号のソースを識別するように使用されてもよい。識別子は、前述した「コード」に対応してもよく、換言すると、電力ユニット119(または、それらの関係付けられた周波数変調デバイス)のグループは、それらが生成する周波数変調パターンによって識別されてもよい。

40

【0163】

データ記憶装置304は、電力ユニットの一つ以上の電力特性に関連したデータを記憶し、それらの電力消費および/または提供は、周波数変調デバイス118、このデータおよび識別子の間の関係付けによって変調される。データ記憶装置304は、周波数変調デバイス118が置かれる(国、群、市、郵便番号のような)グリッドの領域、このデータおよび前述した識別子の間の関係付けを表示する記憶データを記憶してもよい。

【0164】

50

データ記憶装置 304 は、電力グリッド内を伝播されてきた、測定および抽出された周波数変調信号データを記憶する為に使用されてもよい。

【0165】

プロセッサ 306 は、電力グリッド 100 内を流れる電気の周波数特性に関連したデータを処理できる、任意のプロセッサでもよい。プロセッサは、特定用途向け集積回路 (ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA)、デジタル信号プロセッサ (DSP)、汎用プログラマブルプロセッサのうちの 1 つ又は複数を含んでもよいが、これらに限定されるものではない。

【0166】

プロセッサ 306 は、測定された周波数特性に関連したデータを処理するように構成され、電力グリッド 100 の同期領域内で周波数応答特性を決定する。特に、プロセッサ 306 は、電力消費および/または提供が周波数変調デバイス 118 によって変調される 1 つ又は複数の電力ユニット 119 の電力特性に関連したデータを検索する為にデータ記憶装置 304 にアクセスするように、さらに、1 つ又は複数の電力ユニット 119 の電力流の変調に関連した特性を決定するように構成される。測定された周波数特性および決定された電力流特性に基づき、プロセッサは、電力グリッド 100 の少なくとも一つの領域と関係付けられた周波数応答特性を決定する。

10

【0167】

図 4 a は、周波数変調デバイス 118 によって与えられた例示的電力変調の信号図を示し、図 4 b、図 4 c、図 4 d は、低量、中量、高量の慣性を有する同期型電力グリッドの地域の為の周波数変調の対応した信号図を示す。特に、図 4 a は、一定周期およびデューティサイクル 50% の矩形波電力変調信号を示す。

20

【0168】

図 4 b、図 4 c、図 4 d の各々において、点線は、電力流における変動の波形を表し、実線は、対応した周波数の変動を示す。図 4 b、図 4 c、図 4 d の各々に対する電力グリッドは同一の剛性を有するが、同一の剛性とは、電力バランスにおける所与の変化にตอบสนองする周波数の変化の程度や所与の十分な時間が同一であることを意味する点に注意されたい。しかしながら、これらのグラフに表記された電力グリッドは、変化する慣性を有し、これが、所与の電力流の変動に対して周波数応答の変化する形式の根拠である。

【0169】

図 4 b は、比較的低い慣性を有する電力グリッドの地域において、電力変調から生じる周波数変動を示す。周波数変調された信号は、電力変調された信号に密接に対応する。

30

【0170】

図 4 c は、中位の量の慣性を有する電力グリッドの地域において、電力変調から生じる周波数変動を示す。周波数変調された信号は、電力変調された信号と比べると修正されているので、図 4 b より電力変調された信号とあまり密接には対応していない。特に、周波数が変化するレートは、図 4 b に示されたものより遅いので、周波数変調された信号は、遅れたように見え、図 4 a の入力電力変調された信号に関して円滑化される。

【0171】

図 4 d は、比較的高い慣性を有する電力グリッドの地域において、電力変調から生じる周波数変動を示す。周波数変調された信号は、電力変調された信号と比べると、かなり修正されている。示された特定の実施例において、遅延及び円滑の程度は、電力変調された信号のタイムフレームにおいて、周波数変調された信号は、電力変調が次に切り替わる前に最大値に達しない。

40

【0172】

そのため、識別された電力ユニット 119 (又は、そのグループ) から生じる周波数変調された信号の形式に関するパラメータを決定することにより、これを (データ記憶装置 304 にアクセスすることによって識別されるように) 信号を生成する電力流変調の既知の特性と比較することにより、測定デバイス 120 は、電力デバイス 119 (又はそのグループ) が置かれるグリッドの領域内の慣性を決定することができる。さらに、既知の電

50

力変調された信号にตอบสนองする周波数変化の程度の分析は、同様に、測定デバイスがグリッド剛性を決定することを可能にする。

【0173】

前述した測定方法を使用することによって、グリッドシステム管理者（又は、他の関係者）は、全体の同期型電力グリッド100および/またはローカルな地域領域の同期型電力グリッドを示す周波数応答特性を決定することができる。そのため、グリッドシステム管理者は、電力グリッド100の様々な地域で周波数応答特性にアクセスでき、これらの特性に基づき、グリッドバランスの将来の変化に対して計画を立てることができる。さらに、決定された周波数応答特性は、後述するように、グリッド周波数の変化に対し善後策を与えるために、電力グリッド100内の電力ユニットの自動または半自動制御用測定デバイスによって使用可能である。

10

【0174】

前述した周波数応答特性測定値は、地理的に隣接した領域において、周波数応答特性の将来の変化を予測する為に使用されてもよく、地理的に隣接した領域は、測定された周波数応答特性と、利用可能な追加の情報を利用し、追加の情報は、例えば、（再生可能な発電源は、例えば、比較的低い慣性を有する傾向がある点に基づいて）その時点の予測された気象情報および/または再生可能な発電源から非再生可能な発電源の混合のような関係領域における発電特性を含む。

【0175】

前に参照された周波数応答特性は、電力流変調に関する相対的周波数応答に基づく、例えばグリッドの慣性または剛性の相対的表示でもよい。そのような表示は、それらの絶対的定量値を必然的に決定することなく、グリッドの慣性や剛性に関する定性的情報を与えてもよい。周波数応答特性の表示は、相互相関または他の相関処理を使用して、例えば、測定された周波数特性を電力流変調の大きさの特性と相関させることによって決定してもよい。あるいは、剛性の表示は、大きさの特性と測定された周波数特性とのレートを決定することによって、決定されてもよい。

20

【0176】

代替え又は追加で、周波数応答特性には、慣性および/または剛性の絶対的数値が含まれてもよい。

【0177】

実施例として、慣性特性は、周波数特性の時間変化を分析することによって、電力グリッド内の電力流の既知の変調から生じるインパルスから生じるグリッド周波数のインパルス応答を分析することによって、決定されてもよい。時間の関数としてグリッド周波数の応答性は、例えば、特性時定数を用いて指数関数によって適合されてもよい。電力流インパルスが電力流の増加に対応する場合、時定数は「立ち上がり時間」に対応し、電力流インパルスが電力流の減少に対応する場合、時定数は「立ち下がり時間」に対応する。慣性に関する特性は、その後、この立ち上がり時間または立ち下がり時間に比例するように定義され、立ち上がり及び/又は立ち下がり時間が長くなるほど、より大きな慣性を備えた電力グリッドの地域を表示させてもよい。

30

【0178】

更なる実施例において、剛性の特性は、電力バランス変化の既知の大きさにตอบสนองする周波数特性変化の大きさを分析することによって決定されてもよい。これには、たとえば、Hz/Wの単位で剛性特性に対して（この実施例では）立ち上がりを与える、それを引き起こした電力流のインパルスの既知の大きさに対して（たとえば、Hzの単位で）グリッド周波数のインパルス応答の測定された大きさのレートの決定が含まれ得る。

40

【0179】

前に参照された1つ又は複数の電力ユニット119によって与えられた電力流変調に関する大きさの特性は、例えば、1つの電力ユニット119およびその対応した周波数変調ユニット119によって与えられた電力変調の振幅であり、或いは、より詳細に後述されるように、2つ以上の周波数変調デバイス118およびその関係付けられた1つ又は複数

50

の周波数変調デバイス 118 が周波数変調信号を与える為に使用される場合、大きさの特性は、変調された全ての電力ユニット 119 の変調の合計された振幅でもよい。

【0180】

一部の実施形態において、電力ユニット 119 の、配電されたグループのようなグループの電力流は、単一の制御パターンに応じて、それらの対応する周波数変調デバイス 118 によって、調和された方法で変調されてもよい。このように、グループの電力ユニット 119 による電力の消費および/または提供が調和され、測定デバイス 120 によって測定可能/検出可能な集合的に測定された周波数特性を有する集合的に周波数変調された信号を与える。前述したように、これが、高価な電力切り替え装置を必要とすることなく、小さな負荷の切り替えが実行され(その代わりに、切り替えは半導体ベースのスイッチで実行され、これは、量産可能である。)、ローカルなグリッド環境に比較的少量の電圧ノイズを導入するにすぎない。

10

【0181】

当該グループの各構成員から結果として生じる周波数変調された信号が他のグループからの構成員と建設的に結合するため、コードの使用は同期、すなわち、各グループ構成員が同調して(例えば、実質的に同時に)当該コードを当該グループの他の構成員と共に作動させてもよい。これは数多くの方法で達成されるが、例えば、各周波数変調デバイス 118 のクロック 210 は、同期可能であり、デバイス 118 は所定時刻で当該コードを作動させる。

【0182】

グループのデバイスからの周波数変調された信号を調整することによって、測定デバイス 120 によって、より容易に検出可能な大きさの信号を生成することが可能である。

20

【0183】

グループの電力ユニット 119 (および/または、それらの対応した周波数変調デバイス 118) は、電力グリッド 100 内の特定の場所あるいは特定領域または地域内の電力ユニット 119 が集合的に変調されて同時に集合的に周波数変調された信号を伝播するように、それらの場所に基づきグループ分けされてもよい。この方法でグループ化される電力ユニット 119 (または、それらの関係する周波数変調デバイス 118) は、測定デバイス 120 が、電力グリッド 100 内の場所あるいは特定の領域または地域に対し、ローカルな周波数応答特性を決定することを可能にする。

30

【0184】

前述されたように、所与のグループによって伝播される周波数変調される信号を、グリッド周波数内のバックグラウンド変動から、さらに/または、他のグループからの周波数変調された信号から区別し得るため、測定デバイス 120 は、データ記憶装置 304 に、複数のコード(以下、識別子)を記憶してもよく、各々は、1つ又は複数の周波数変調デバイス 118 と関係付けられ、周波数変調デバイス 118 は、それらの各識別子に関連した情報を、電力グリッド 100 内で伝播された周波数変調された信号に含む。

【0185】

各周波数変調デバイス 118 は、所与のグループ内で、その周波数変調デバイス 118 と関係付けられた識別子を表示するデータが与えられてもよく、制御信号を生成してもよく、それらの制御信号に応じて、そのグループ内の電力ユニット 119 の各々が変調されるが、それらは、そのグループに割り当てられた識別子に対応するか識別子を含む。このように、周波数変調デバイス 118 は、電力グリッド 100 内を伝播される周波数変調された信号に識別子を含む。グループの電力ユニットを識別するため、測定デバイス 120 は、当該グループの電力ユニット 119 (又は、それらの関係付けられた周波数変調デバイス 118) と関係付けられた1つ又は複数の識別子を記憶するデータベース(例えば、測定デバイス 120 のデータ記憶装置 304)にアクセスし、測定された集合的に周波数変調された信号に含まれる識別子と、データベースに記憶された1つ又は複数の識別子との間の対応関係を決定してもよい。例えば、測定システムデバイス 120 は、(識別子を含む)周波数変調された信号を、その記憶された識別子と関連させ、この識別を実行して

40

50

もよい。

【0186】

測定デバイス120が、異なるグループからの又は異なる特定領域からの周波数変調された信号を区別することを可能にするため、識別子が直交または擬似直交しており、直交または擬似直交した周波数変調された信号が生じることが有用であり、すなわち、所与のグループに相関された、それぞれのパターンが、他のグループに相関されたパターンと相関されないか、非常に弱く相関されるにすぎない。さらに、異なるグループまたは異なる領域のグリッドと関係付けられたコードは、直交または擬似直交してもよい。

【0187】

制御パターンは、製造又は据付け時に各周波数変調デバイス118にプログラムされてもよい。代替え又は追加で、制御パターンは、電力ユニットの周波数変調デバイス118に、通信ネットワークを経て測定デバイス120によって与えられてもよい。例えば、制御パターンは、周波数変調デバイス118のデータ記憶装置204に記憶された既存の制御パターンに対する更新として与えられてもよい。

10

【0188】

制御パターンは、繰り返しパターンを含んでもよく、その繰り返しパターンに応じて、周波数変調デバイス118は、連続して、電力ユニット119に流れる電力および/または電力ユニット119から流れる電力を制御する。あるいは、周波数変調デバイス118は、断続的に、制御パターンに従って、電力ユニットに流れる電力および/または電力ユニットから流れる電力を制御してもよい。

20

【0189】

周波数変調された、グループの周波数変調デバイスまたは周波数変調デバイス118の各々によって伝播された信号は、時間の違いに基づいて(時間で直交または擬似直交であるかを)区分されてもよい。グループの周波数変調デバイス118の各々は、ランダムな開始時刻に、測定デバイス129によって測定可能な電力グリッド内で、周波数変調された信号を伝播し始めてもよい。例えば、異なる地理的領域に置かれた周波数変調デバイス118は、特定時刻または特定時間フレーム内に、周波数変調された信号を伝播するようにアレンジまたは要求されてもよい。周波数変調デバイス118の各々が同時に周波数変調された信号を伝播することを防止するため、分散された周波数変調デバイス118が、それぞれ、他の周波数変調デバイス118のそれぞれに対して十分に異なる変調開始時刻を有するように、測定デバイス120がアレンジされてもよい。例えば、周波数変調デバイス118は、それらが周波数変調された信号を伝播する要求を受ける時刻に、ランダムな時間遅延を加えるようにアレンジされてもよい。これは、十分に隔てられた時間(すなわち、信号を伝播するのに要する期間より長く隔てられた時間)に周波数変調デバイス118の各々による周波数変調された信号が測定デバイス120によって測定される可能性を高めるので、測定デバイス120は、異なる周波数変調デバイス118によって伝播される複数の信号を区別することができる。

30

【0190】

各周波数変調デバイス118は、周波数変調デバイス118に対して固有の情報に基づいてランダム時間遅延を決定してもよい。例えば、ランダム時間遅延は、周波数変調デバイス118の連続番号に基づいて決定されてもよい。これは、同一の時間遅延を使用する2つ以上の周波数変調デバイス118の可能性を減少させるので、異なる周波数変調デバイス118によって伝播される信号の測定デバイス120における分離を容易にする。

40

【0191】

所与の時刻におけるグリッドの所与の領域の周波数応答特性(例えば、慣性または剛性)を決定する為の実例方法は、図5を参照して提示されている。

【0192】

図5は、変調デバイス118を経て同期型電力グリッド504の一部に接続された電力ユニット119を示す。変調デバイス118は、図2aに示されたものと同じでもよいが、図5には、明確にするために、データ記憶装置204および変調器208の構成要素だ

50

けが示されている。変調デバイス118のデータ記憶装置204は、その中に、グループの電力ユニット119と共に使用されるために割り当てられたコード502を記憶しており、このコード502が変調器208に送信され、電力変調された信号を生成し、これが、変調デバイスがグリッドに接続する地点506で、グリッドの残りの電力流に加えらる。

【0193】

前述したように、この電力変調は、対応する周波数変調に立ち上がりを与える。これらの変調信号は、グリッド508の測定領域を通して伝播する。距離や如何なるフィルタリングに伴う減衰にもかかわらず、これらの信号は、理論的に、全体の同期型グリッドにわたって伝播する。

10

【0194】

測定領域508と関係付けられた周波数応答特性は、例えば、図4cおよび参照符合510によって示されるように、周波数変調された信号の修正部に立ち上がりを与える。

【0195】

修正周波数変調された510は、測定デバイス120によって測定され、処理される。測定デバイス120は、図3に提示されたものと同じでもよいが、図5には、検出器302、アナログデジタルコンバータ512、データ記憶装置304、相関器514から成るように示されている。(相関器514は、専用デバイスでなくてもよく、図3に示されるプロセッサ306の一部(例えば、ソフトウェア又はファームウェア)として実施されてもよい。)

20

【0196】

検出器302は、周波数変調された信号を検出し、それを、アナログデジタルコンバータを経て相関器514に送る。

【0197】

前述したように、変調された信号は、電力ユニットを識別する識別子を含む。測定デバイス120は、識別子を記憶するデータ記憶装置304にアクセスし、変調された信号510およびデータ記憶装置304に記憶された1つ又は複数の識別子間の対応関係を決定するので、電力ユニットを識別する。電力ユニットを識別する際、測定デバイス120は、データ記憶装置304にアクセスし、関係付けられる電力流特性を確立するが、これが、検出された周波数変調された信号510を生成するために使用される。

30

【0198】

前述された電力流特性は、例えば、以下のものを含んでもよい。

【0199】

・ユニットの消費および/または提供能力、

【0200】

・個々のユニットに対する電力流変化の大きさ、

【0201】

・グループのユニットの電力流変化の全体の大きさ、

【0202】

・ユニットの消費および/提供能力の分数としての電力変調の大きさ、

40

【0203】

・物理的、電気的なユニット等級および/または地理的属性の詳細、

【0204】

・ユニットが電力のプロバイダまたは消費者であるかの表示、

【0205】

・変調に使用される各電力流レベルの時間的持続

【0206】

・変調中の異なるレベルの電力消費および/または提供の間の切り替えと関係付けられた立ち上がり及び/又は立ち下がり時間

【0207】

50

・ユニットの電力流変調に使用された変調の正確な形、

【0208】

・変調された電力に対する無効電力寄与（例えば、力率を変える能力）

【0209】

データ記憶装置304に記憶された識別子および関係付けられた電力流特性は、例えば、制御パターン、ユーザインタフェース、通信インタフェース、工場設定、他の手段によって、設定され、更新される。形式、グループ分けおよび/またはユニットの電力流特性を測定デバイス120に通信する代替手段も、例えば、ユーザインタフェース、通信インタフェース、工場設定によるものでもよい。

【0210】

前述した電力ユニットの識別、電力流特性の確立の結果、測定デバイス120は、送信された電力変調された信号のコピーを作成する。

【0211】

デジタル化された検出周波数変調信号および送信された電力変調信号のコピーは、相関器514に送られる。

【0212】

相関器514は、その後、2つの信号を相関させ、所与の電力流変調に対して検出された周波数変調信号において、グリッド508の測定領域の影響を描く関数 $h(t)$ のパラメータを適合させる（すなわち、 $h(t)$ は、グリッドの測定領域のインパルス応答を描く）。

【0213】

$h(t)$ をパラメータ化する適合パラメータは、例えば、 h_{max} （ $h(t)$ の最大値）を含み、これは、所与の電力バランス変化に対するグリッド周波数変化の大きさを特徴付け、このように、グリッドの測定領域の剛性を特徴付ける。パラメータ h_{max} は、グリッド剛性の絶対的な大きさでもよく、例えば、 Hz/W の単位のものでされる。

【0214】

$h(t)$ の適合パラメータは、例えば、 t_{fall} （ h_{max} 後に生じる t 値において $h(t)$ に適合された指数関数型崩壊関数の特性時定数）を含んでもよい。この t_{fall} は、電力流バランスのインパルスの後のグリッド周波数変化の遅れを特徴付け、このように、グリッドの測定領域の慣性の特徴である。この t_{fall} は、必要に応じて代数で操作されて標準化され、例えば、 kgm^2 の単位で、ローカルグリッド慣性の絶対的な大きさを与える。

【0215】

そのため、前述した例示的实施例における測定デバイス120によるインパルス応答関数 $h(t)$ のパラメータの適合は、例えば、所与の時間におけるグリッドの所与の領域に対し、慣性および剛性を含む、様々な周波数応答特性の同時決定を与える。前に示された実施例は、本発明の態様の実施形態の非限定的実施例であることに留意されたい。例えば、上記実施例における一定のステップは、提示された順番で必ず行われなくてもよく、同時に生じてもよい。

【0216】

前に参照された電力は、有効電力および/または無効電力でもよい。有効電力の変調は、（交番）電圧および電流の間の位相差がゼロに近いままになるように、混じりけなく抵抗性負荷を使用する変調から生じることになる。この場合、変調の大きさは有効電力流の変動に関する。無効電力の変動の場合、変調の大きさは、無効寄与の大きさを参照してもよいが、無効寄与は、例えば、電圧および電流の間の位相差、または、力率を変化させることによって変えられる。代替え又は追加で、有効電力変調および無効電力変調を使用する変調が使用されることになる。

【0217】

たとえば、グリッド管理にとって、頻繁に更新されるグリッド剛性特性が有用である。なぜなら、グリッド剛性の著しい変化は、絶対的な見地、相対的な見地、および/または国または地域（例えば、配電ネットワーク）的な見地において、グリッド容量に著しい変

10

20

30

40

50

化があったことを示し、これがグリッド管理者に変化の識別および訂正へのステップを取るよう警告することが可能であり、また、グリッド管理者が作りたいグリッド剛性に対する意図された変化の実際の結果を効率良くモニタすることも可能になるからである。

【0218】

従来、(取り決められた限度内でグリッド周波数を制御するための)グリッドバランスの変化にตอบสนองする措置は、例えば、ローカルに配電された測定デバイスによって測定されるように、閾値に達するグリッド周波数によってトリガーされる。例えば、UKにおいて、グリッド周波数の減少にตอบสนองする為の従来のトリガーポイントは、49.8 Hzである。図7を参照して以下に説明するように、そのような従来のトリガーポイントに達し、これによってグリッド周波数の変化にตอบสนองし始めるのに要する時間は、通常、数秒程度である。

10

【0219】

本発明の態様によると、そのようなグリッドバランスの変化にตอบสนองするのに要する時間を減少させるため、一部の実施形態において、ローカルに測定された周波数特性が分析され、グリッド周波数の著しい変化の早期識別を可能にすることになる。この分析は、以下に説明されるように、例えば、ローカルデバイス内の計器から集められたデータに基づき、測定デバイスにおいて実行されることになる。分析は、多項式外挿関数および/または円錐外挿関数のような数学的関数を測定された(例えば、時間インターバルにわたる連続した時間で測定された)周波数特性の系列の値に適合させることによって実行されることになる。これは、「スライドインターバル」アプローチを使用して関数を、第1インターバルにおよぶ測定周波数特性の第1系列の値に適合することを含んでもよい。このインターバルは、その後、第2の、後の時間インターバルに及ぶ測定周波数特性の第2系列の値に関数を適合させるように移動される。この数学的関数は、関数の形式を定義するパラメータ又は係数を関係付けている。そのため、各時間インターバルに対し、関係付けられた係数が決定され、一つの時間インターバルに対する係数が、他の時間インターバルに対する係数と比較され、適合された数学的関数の形に変化があるかを決定する。測定された周波数特性の変化を識別する、そのような方法は、変化が、単純な閾値の比較を用いて検出される別の方法よりも、通常、早く検出される点で都合がよい。

20

【0220】

さらに、異なる重み付けが、異なる時間インターバルで測定された周波数特性の為に与えられるので、例えば、最も最近の時間インターバルで最大の重み付けが測定値に与えられる。適合された関数の係数を決定する際、それが、測定された周波数特性のあやしい成分の影響を減少することができる点で、この重み付け手順はフィルタとして作用する。

30

【0221】

測定された周波数特性の値を適合することによって、検出または予測された変化に対応するのに利用される必要がある電力グリッド100におけるリソース量の予測を同様に可能にする周波数特性の将来値の外挿も可能になる。

【0222】

さらに、固定された閾値との比較を行うことより、適合された数学的関数の係数を分析することによって、比較的小さな周波数レベル変化に基づき、異なるローカルな周波数応答特性を有する領域において、測定された周波数特性に対する著しい変化を予想することが可能である。

40

【0223】

例えば、電力ユニット119において、ローカルで測定される時の時間tに伴う周波数の変動を示す図6aから図6fに示されるような特別な実施例において、測定された周波数特性の値は、二次多項式関数を用いて適合される。二次多項式関数の関数形式は、 $2 + bt + c$ であり、関数形式を定義するパラメータは、係数a、b、cである。多項式関数は、毎回のインターバルに対する周波数特性測定に連続して適合されるが、適合させる目的のため、各々の連続した時間インターバル内の一貫した地点に「t = 0」が連続して再定義される。この例示的な実施において、グリッド周波数の変化は、a、b、cの値の変

50

化を決定することによって識別可能である。

【 0 2 2 4 】

図 6 a は、1 ~ 10 まで分類された 10 の時間インターバルの期間にわたって、測定された周波数特性を示す。10 の時間インターバルの過程にわたって、周波数特性の変化があることが分かる。特に、周波数特性は、時間インターバル 1, 2, 3 の間は安定しており、その後、時間インターバル 4 で数値が減少し始める。周波数特性が変化するレートは、インターバル 6 における最大の変化のレートまで僅かに増加し、その後、変化のレートは、インターバル 10 まで減少している。

【 0 2 2 5 】

図 6 b から図 6 f は、図 6 a に示された、測定された周波数特性への二次多項式関数の適合を示す。

10

【 0 2 2 6 】

時間インターバル 2 (図 6 b) の間、周波数特性は安定しており、適合された多孔性関数は、傾斜がゼロに近い線形関数に減少される。

【 0 2 2 7 】

時間インターバル 4 (図 6 c) の間、周波数特性は減少し始める。このインターバルにおいて、点線曲線で表示されているように、逆放物線を描く多項式関数に周波数特性測定値は最も良く適合されることになる。この逆放物線は、おそらく、例えば係数「a」の負の値によって特徴付けられるであろう。時間インターバル 5 (図 6 d) の間、周波数特性の変化のレート(減少のレート)は増える。そのため、例えば、インターバル 5 (図 6 d) の周波数特性測定値は、インターバルにわたって、より急な傾斜で鋭い逆放物線を描く多項式で最も良く適合されることになる。この急な傾斜は、例えば、係数「b」の大きさの増加によって特徴付けられる可能性がある。

20

【 0 2 2 8 】

時間インターバル 6 (図 6 e) の間、周波数特性は更に、しかし実質的に単調な方式で減少するので、線形関数で最も良く適合されることになる。線形関数は、係数 $a = 0$ を有するが、これが、周波数特性の概念上の関数形式で変曲点をマークする。

【 0 2 2 9 】

時間インターバル 8 (図 6 f) の間、周波数特性は、変曲点を過ぎ、周波数特性の変化のレートは減少する。したがって、周波数特性測定値は、非逆放物線(non-inverted parabola)で最も良く適合することになる。この非逆放物線は、例えば、係数「a」の正の値によって特徴付けられることになる。例えば、一つの時間インターバルに対する測定された周波数特性値に適合された多項式関数の係数を、後の時間インターバルと比較することによって、(係数がゼロでない値を有することを検出することによって)周波数特性の減少(又は、実際は増加)の開始、(係数の大きさの変化を検出することによって)周波数特性の変化のレート、(1つ又は複数の係数の符合の変化を検出することによって)周波数特性の転換点又は変曲点のような適合された関数の形式の著しい変化を検出することが可能である。

30

【 0 2 3 0 】

さらに、どのように時間インターバル間で多項式関数の係数が変化するかを決定することによって、周波数特性が変化しそうな量を外挿することが可能である。通常、周波数特性の全体の減少(又は増加)の正確な推定は、周波数特性が転換点(図 6 e)に近づくととき行うことができ、これは、通常、約 500 ms の周波数特性の減少開始後の時間に対応し、これは、閾値(例えば、数秒程度)に達するのに要する時間よりも著しく短い時間フレームである。

40

【 0 2 3 1 】

決定された地域慣性特性は、グリッド周波数の変化にตอบสนองする一部の応答をトリガーするのに同様に使用されてもよいパラメータを決定するのに使用されてもよい。例えば、グリッド周波数の変化にตอบสนองして、測定デバイス 120 から信号を送り、電力消費および/または提供動作を変更するようにグループの電力ユニット 119 を制御することが望まし

50

い場合がある。

【0232】

(例えば、発電能力の突然の喪失または電力消費の突然の増加のため)グリッド周波数の突然の低下がある場合、動作を停止するようにグループ内で電力を消費する電力ユニット119を制御および/または動作を開始して電力グリッド100内の正味電力消費を減少させ、それによって、電力消費および発電のバランスを公称レベルに復旧させるように電力提供の電力ユニットを制御する信号を送ることが望ましい場合がある。

【0233】

しかしながら、(例えば、発電源の再接続または電力消費の突然の減少のため)グリッド周波数の突然の上昇がある場合、動作を開始するようにグループ内で電力を消費する電力ユニット119を制御および/または動作を停止して電力グリッド100内の正味電力消費を増加させ、それによって、電力消費および発電のバランスを公称レベルに復旧させるように電力提供の電力ユニットを制御する信号を送ることが望ましい場合がある。

10

【0234】

電力消費および/または提供がグリッド周波数の変化に対する応答として変化する、これらの電力ユニット119は、電力消費および/または提供が周波数応答特性測定システムの一部として変調される同一の電力ユニットである必要がないことに留意されたい。確かに、電力消費および/または提供がグリッド周波数の変化に対する応答として変化する電力ユニットは、それらの電力消費および/または提供の動作変化が、その公称レベルにグリッド周波数を復旧させる際、より実質的なインパクトを有するように、電力消費および/または提供が測定システムの一部として変調されるべきものより多く集められた電力が利用できるように選択されるであろう。

20

【0235】

測定デバイスは、復旧措置が講じられるとき、電力グリッド100の領域と関係付けられた測定周波数特性に基づいて、グリッド周波数の状態に関連したトリガーする条件を導出してもよい。トリガーする条件は、測定された周波数特性自身のレベルでもよく、図6を参照して説明されたように、例えば、測定周波数特性に適用された適合関数に関連するパラメータまたはこれらのパラメータに対する変化のような1つ又は複数のパラメータに基づいてもよい。

【0236】

図7は、電力バランスの突然のシフトに対する電力グリッド100の例示的周波数応答を示すプロットである。図7に示された特定のデータは、電力グリッドに隣接する連絡管における突然の切断に関する。図7のグラフは、グリッドの一つの3地域で検出された周波数応答、すなわち、領域A、領域B、領域Cを示す。これらの地域の各々は、異なる混合の電力発電を有するので、異なる量のグリッド慣性を有する。

30

【0237】

仮定のトリガーポイントである49.8Hzは、グリッド内の周波数変化に反応して措置が講じられる周波数を表すが、これは、図7に示されている。グリッドバランスの突然の変化に続き、トリガーポイントに達するのに要する時間は、数秒程度の時間であることが分かる。描かれた特定結合点の場合、従来のトリガーポイントに達するのに要する時間は3秒である。

40

【0238】

比較的高い比率のスピニング発電のため比較的高い慣性を有する領域Aにおいて、周波数は、グリッドバランスの同一変化であるが、非常に減少したレートの変化で応答する。

【0239】

領域Bでは、領域Aにおける比率のスピニング発電より大きい比率のスピニング発電が存在するため、グリッドバランスの突然の変化に対する応答は、即時であるが、非常にスムーズである。

【0240】

50

領域Cには、比較的に低い比率の、いわゆる「スピニング」発電が存在するが、これは、従来の大規模発電所による発電であり、これらの発電所は、関係付けられたタービンで比較的大量の機械的エネルギーを貯蔵する。結果的に、グリッドバランスの突然の変化に対する応答は、即時かつ急速である

【0241】

そのため、グリッドバランスの突然の変化に対する同期型電力グリッドの初期の周波数応答の特質は、ローカルグリッド慣性に依存して地域的に変化することが分かる。したがって、異なる地域に適用されるトリガー条件は、応答の一貫したトリガーを可能にするため、異なっている必要がある。例えば、比較的に高い慣性を備えた領域では、比較的に小さな周波数の慣性変化は、次の比較的に大きな周波数の変化を示すが、比較的に低い慣性を備えた領域では、同一の次の周波数の変化は、比較的に大きな周波数の変化によって表示されることになる。したがって、前述したようにグリッドの異なる領域に対して決定された慣性値、および/または、例えば、グリッド剛性のような他の周波数応答特性に基づき、測定デバイス120は、図6a~図6fに関連した前述された多項式の係数に関連した異なる条件を決定してもよく、これに基づき、対応グループの1つ又は複数の電力ユニットの電力提供および/または電力消費の復旧の変更が、後述されるように実行される。慣性特性は、周波数特性応答の時間依存性の予測を可能にするので、これは、特に有用な周波数応答特性であり、このため、有用なトリガー条件も慣性特性に基づき単独で導出されることになる点に留意されたい。剛性特性は、測定された周波数特性が所定の有望な或いは一般的な電力バランス変化を変更し得る範囲の予測を通知することができるので、これもトリガー条件を通知する為に有用な周波数応答特性であることに留意されたい。

【0242】

図7に関する特定実施例および領域Cにおけるグリッド周波数の応答の特定の場合、例えば、500msで0.08Hzの周波数の初期減少の後、まだ、適合された多項式の「a」の係数が負であったなら、トリガー条件は満足されるであろう。負の「a」係数は、周波数の減少が、屈曲ポイントに達しなかったことを示し、このため、より早いレートで減少し続ける可能性があり、これは、領域Cにおいて高い慣性のグリッドと結合されるとき、トリガー条件を満足するのに著しく十分な周波数変件事象を示す。

【0243】

一部の実施形態において、周波数特性のローカル測定は、グループの電力ユニット119内の1つ又は複数の電力ユニット119と関係付けられた(フェーザのような)測定機器によって行われてもよく、本願で参照されたグループの電力ユニットは、変調された周波数信号を生成させるものとして前に参照されたものと同一グループであるか、異なるグループの電力ユニット119でもよい。この場合、各測定機器は、測定された周波数特性を測定デバイス120に通信する為に通信インタフェースを含んでもよい。測定デバイス120は、その後、測定機器から受信された、測定された周波数特性が、決定されたトリガー条件を満足するかを決定し、トリガー条件が満足されるという決定に応じて、測定機器120は、グループ内の1つ又は複数の電力ユニット119に要求を送り、それらの電力の消費または提供を変更してもよい。

【0244】

あるいは、測定デバイス120は、グループの電力ユニット119での受領の為にパラメータを送信してもよいが、パラメータは、測定周波数特性に適用される適合関数に関し、決定された周波数応答特性に基づいて決定される。その後、パラメータは、グループの電力ユニット119で受信され、トリガー条件を導出する為に使用されてもよい。トリガー条件が満足されるかは、グループの電力ユニット119で、当該グループにローカルで測定された周波数特性に基づいて決定可能である。トリガー条件が満足されるという決定に応じて、当該グループ内の電力ユニット119への電力流および/または当該グループ内の電力ユニット119からの電力流が変更されてもよい。

【0245】

電力ユニット119への電力流および/または電力ユニット119からの電力流を変更

10

20

30

40

50

するため、電力ユニット 119 が、関係付けられた電力制御デバイスを有してもよい。電力制御デバイス 800 の例示的配置は、図 8 に示されている。電力流制御デバイス 800 は、図 2 を参照して前述された周波数変調デバイス 118 と同一または類似の方法で、関係付けられた電力ユニット 119 と協働する。周波数変調デバイス 118 と同様に、電力制御デバイス 800 は、電力ユニット 119 に対して外付けでもよく、電力ユニット 119 に統合されてもよい。一部の実施例において、電力制御デバイスおよび周波数変調デバイス 118 の機能は、単一デバイスによって実行されてもよい。

【0246】

電力制御デバイス 800 は、電力グリッド 100 および 1 つ又は複数の電力ユニット 119 の間のインタフェースを形成し、電力グリッド 100 への電力流および/または電力グリッド 100 からの電力流を変更するように 1 つ又は複数の電力ユニット 119 と共に動作する。電力制御デバイス 800 は、検出器 802、データ記憶装置 804、入力/出力装置 (I/O) インタフェース 806、プロセッサ 808、スイッチ 810 を備える。

10

【0247】

検出器 802 は、十分な精度でグリッド周波数に関する特性を検出または測定できる、どんなデバイスでもよい。

【0248】

一部の実施形態において、グリッド周波数に関する期間はグリッド周波数の特性対策として使用される。例えば、半サイクルは、電圧が 0 V を横切る時刻の間の期間であるが、グリッド周波数に関する特性として使用されてもよい。

20

【0249】

一部の実施形態において、半サイクル (又は、1 サイクル) を完了するのに要する時間の逆数に対応する、実際の瞬間的なグリッド周波数が、決定されてもよい。周波数データは、既知の所望範囲の信号周波数の外側の周波数成分を除去する為に、等化され、デジタル的にフィルタ処理されてもよい。例えば、グリッド周波数に対応する周波数成分および/またはノイズに関する周波数成分は、除去されてもよい。

【0250】

一実施形態において、検出器 802 は、グリッド周波数より高い周波数でサンプリングするようにアレンジされた電圧検出器と、サンプリングされた電圧をデジタル電圧信号に変換するようにアレンジされたアナログデジタル変換器とを備えてもよい。たとえば、電圧検出器は、1 周期当たり 1000 回電圧をサンプリングするようにアレンジされてもよい。デジタル電圧信号は、その後、電圧が 0 V を横切る時刻を高精度で (μs から ms の範囲内で) 決定するように処理されてもよい。

30

【0251】

他の実施形態において、検出器 802 は、グリッド周波数より高い周波数で電流のサンプリングするようにアレンジされた電流検出器と、サンプリングされた電流をデジタル電流信号に変換するようにアレンジされたアナログデジタル変換器とを備え、デジタル電流信号は、その後、電流が 0 V を横切る時刻を高精度で (μs から ms の範囲内で) 決定するように処理される。

【0252】

また更なる実施形態において、検出器 802 は、電圧検出器および電流検出器の両方を備えてもよい。電圧および電流の両方が 0 V を横切る時刻を測定することによって、検出器 802 が、電圧および電流の相対的な位相の変化を決定することを可能にするので、検出器 802 がグリッド内の無効電力の変化を補償することを可能にする。これは、同様に、より高精度の周波数 (又は、周波数に関する特性) 測定を可能にする。

40

【0253】

グリッド周波数の測定に追加または代用で、検出器 802 は、電圧および/または電流の測定値に基づき、グリッド内を流れる電流の周波数の変化のレートを測定してもよい。

【0254】

検出器 802 は、フェーザ測定に基づき、前記周波数特性を測定する為にアレンジされ

50

たフェーザ測定機器類を含んでもよく、ここで、電力グリッド内で測定された電圧のベクトルと関係付けられた位相が、絶対時間基準点を参照して測定される。

【0255】

電力制御デバイス800のI/Oインタフェース806は、電力制御デバイスおよび測定デバイス120の間の通信を可能にする。電力制御デバイス800は、前述したように、電力グリッド100の周波数応答特性から導出された1つ又は複数のパラメータを断続的に受信する。特に、電力制御デバイス800は、一定領域または場所に特有の周波数応答特性に基づいて導出されるパラメータを受信するが、ここには、電力制御デバイスが、受信されたパラメータに基づきトリガー条件を導出することができるように配置され、これは、それが動作する領域または場所に特有である。トリガー条件は、受信された1つ又は複数のパラメータ自身でもよく、受信された1つ又は複数のパラメータから導出される他の条件でもよい。

10

【0256】

トリガー条件および/または受信されたパラメータに関するデータは、データ記憶装置804に記憶されてもよい。同様に、電力グリッド100内を流れる電力の測定された周波数特性は、データ記憶装置804に記憶されてもよい。

【0257】

データ記憶装置804は、電力制御デバイス800、電力制御デバイスが関係付けられる一つ又は複数の電力ユニット119、一つ又は複数の電力ユニット119が属するグループに関する識別データを記憶させてもよい。識別データは電力制御デバイス800のデータ記憶装置804に記憶されるように前述したが、一部の実施形態では、コードが、例えば、測定デバイスから電力制御デバイス800に送信されてもよく、この場合、これらのコードは電力制御デバイス800に記憶されなくてもよく、一時的にデータ記憶装置に記憶されるにすぎないことに留意されたい。電力制御デバイス800に記憶される識別子は、電力制御デバイス800の製造または据付け地点で規定されるか、I/Oインタフェース806を経て電力制御デバイス800に通信されてもよい。

20

【0258】

プロセッサ808は、トリガー条件に関するデータにアクセスするため、データ記憶装置804にアクセスし、(データ記憶装置804からもアクセスされてもよい)測定された周波数特性に基づき、トリガー条件が満足されるかを決定する。

30

【0259】

トリガー条件が満足されるという決定にตอบสนองして、プロセッサ808は、制御信号をスイッチ810に送信し、電力ユニット119への電力の流れを制御する。

【0260】

スイッチ810は、単純なリレーデバイスでもよく、これが、プロセッサ808からの制御信号にตอบสนองして、電力供給のスイッチをオン、オフにする。代替え又は代用で、スイッチ810は、電力ユニット119に流れる有効または無効電力または電力ユニット119から流れる有効または無効電力を減衰させるのに使用される減衰器または位相インバータなどを備えてもよい。そのため、スイッチ810の措置は、電力ユニット119に流れる電力または電力ユニット119から流れる電力に対して変化を与え、これが、グリッドバランスに対応した効果を有し、したがって、グリッド周波数に対応した効果を有する。その効果の振幅は、電力ユニット119の電力消費に依存する。正味グリッドバランスの組み合わせられた変化が、取り決められた限度内にグリッド周波数を維持する(又は、復元する)のに十分であるように電力制御デバイスを調和させるため、グループの1つ又は複数の電力制御デバイスは、各々が、トリガー条件を満足する決定にตอบสนองし、その結果、各々が、それぞれの電力ユニット119又は複数の電力ユニット119への電力流又は電力ユニット119又は複数の電力ユニット119からの電力流を変えてもよい。

40

【0261】

トリガー条件が満足されるという決定に続き、ユニット119への電力流の減衰のスケジューリング、所要時間、範囲を決定するデータ記憶装置内に記憶された異なる規則があ

50

ってもよい。これらの規則は、例えば、周波数特性が、公称グリッド周波数を中心とする所定範囲外である限り、電力流の減衰が維持されるという、測定された周波数特性における条件を含んでもよい。減衰の範囲や所要時間は、例えば、周波数特性変化の激しさ (severity) を示す特性に基づいてもよい。例えば、スケジューリングを定義する規則 (減衰が認可されて行われる回数に関するもの) があってもよい。これらの規則は、トリガー条件が満足されたとき、或いは、他のときにプロセッサ 808 がアクセスするデータ記憶装置 804 に記憶されてもよい。データ記憶装置 804 に保持された、これらの規則は、時々、I/Oインタフェース 806 および通信ネットワークを経て更新されてもよい。代替え又は代用で、これらの規則は、デバイスの製造又は据付け地点で規定されてもよい。

【0262】

電力ユニット 119 に対して分離されたデバイスとして、電力制御デバイス 800 が図 8 に示されているが、一部の場、電力制御デバイスは電力ユニット 119 に統合されてもよい。さらに、スイッチ 810 は、電力ユニット 119 の外に配置されているが、その代わり、当該ユニット内に据え付けられ、デバイスの内部からの電力供給を制御するようにアレンジされてもよく、この後者の場合は、電力ユニット 119 が場所から場所に移動する場合 (例えば、電力ユニットが自家用電気自動車または他のデバイス内の電力ユニットである場合) に有利である。

【0263】

電力制御デバイス 800 は、測定されたデータを処理するようにアレンジされてもよい。例えば、プロセッサは、図 6 a - 図 6 f を参照して説明されたように、測定された周波数特性にそれが適合するようにデータ記憶装置 804 に記憶されたコンピュータプログラムを実施してもよい。

【0264】

図 3 を参照して前述された測定デバイス 120 は、分散された複数の電力制御デバイス 800 と組み合わせられて使用され、グリッド周波数の変化にตอบสนองするようにシステムを形成してもよい。そのようなシステムにおいて、測定デバイス 120 は、電力グリッド 100 の各領域と関係付けられた周波数応答特性を決定し、各領域の為のトリガー条件を決定し、電力制御デバイスの各々に領域特定のトリガー条件を送信する。

【0265】

電力制御デバイス 800 は、各々が、ローカル周波数特性を測定し、ローカル周波数特性を表す多項式関数を示すデータを測定デバイス 120 に送信してもよい。測定デバイス 120 は、その後、多項式関数に基づき、周波数特性と関係付けられた将来の期待値を外挿し、例えば、グリッド周波数の期待される変化にตอบสนองする為、期待される電力流要件を決定してもよい。

【0266】

幾つかの実施において、測定デバイス 120 は、周波数特性自身を受信し、測定された周波数特性を適合する多項式関数を決定してもよいことが分かる。さらに、幾つかの実施において、電力制御デバイス 119 が将来の期待値の外挿および/または期待される電力流要件の決定を実行してもよく、この情報を測定デバイス 120 に送信してもよいことが分かる。

【0267】

測定デバイス 120 は、電力グリッド 100 に接続された電力ユニット 119 の電力消費および/または提供特性に関するプロファイル情報を記憶するデータベースにアクセスしてもよい。測定デバイス 120 は、プロファイル情報を使用し、プロファイル情報および期待される電力流の要件に基づき、グループの電力ユニット 119 が、電力流要件を満足できる正味電力消費および/または提供能力を有するように、1つ又は複数のグループの電力ユニット 119 を限定してもよく、それに従って、限定された1つ又は複数のグループに信号を送信してもよい。

【0268】

測定デバイス 120 は、例えば、電力制御デバイス 800 と関係付けられた電力ユニッ

10

20

30

40

50

ト 1 1 9 によって電力の消費および/または提供を制御するように、限定されたグループの電力制御デバイス 8 0 0 に要求または命令を送信してもよい。このように、当該システムは、電力グリッド 1 0 0 内の各領域における電気エネルギーの正味消費を、これらの領域における周波数の変化に応じて、増減することができる。

【 0 2 6 9 】

更なる例示的实施形態において、グリッド周波数の変化に対して動的応答を与える為のシステムが提供される。当該システムは、前述された測定デバイス 1 2 0 のような測定デバイスを備え、この測定デバイスは、前述された電力ユニットデータ記憶装置 3 0 4 のようなデータベースにアクセスするようにアレンジされ、電力ユニットデータ記憶装置 3 0 4 は、例えば、電力ユニット 1 1 9 および/またはそれらの場所またはグリッドの場所によって電力の提供および/または消費に関するプロファイル情報を備える。

10

【 0 2 7 0 】

測定デバイス 1 2 0 は、その後、プロファイル情報に基づき、電力制御デバイス 1 1 8 と関係付けられた電力ユニット 1 1 9 の 1 つ又は複数のグループを限定するようにアレンジされる。例えば、各々が同様の等級の電力ユニットの同様の数を備えた所与のグリッド領域の為に限定された 3 つのグループがあり得る。当該システムは、その後、異なるグループの各々に対して異なるトリガー条件を割り当て、割り当てられたトリガー条件をそのグループに送信するようにアレンジされる。

【 0 2 7 1 】

前述したように、トリガー条件は、例えば、ローカルグリッド慣性および剛性と関係付けられたような周波数応答特性の測定値から導出することができるであろう。

20

【 0 2 7 2 】

トリガー条件は、1 つ又は複数のグループが、同時に、又は、ほとんど同時に満足される、それらのトリガー条件を有するように設定され、所与の周波数の特性変化の事象に釣り合う応答を与えてもよい。実施例において、3 つのグループの電力ユニットに対するトリガー条件は、低い、中間、高いトリガー感度に対応するように設定可能である。これによって、少数の周波数特性応答変化の事象のみに対しては、高感度のトリガー条件を備えたグループだけが、満足されたトリガー条件を有することになるので、関連付けられたユニットへの電力流の変化および関連付けられたユニットからの電力流の変化を受ける。中間の激しさの周波数特性変化事象に対しては、高感度トリガー条件を備えたグループおよび中間感度トリガー条件を備えたグループの両方が、満足したトリガー条件を有することになるので、それらの関連付けられた電力ユニットへの電力流およびそれらの関連付けられた電力ユニットからの電力流を変更する。激しい周波数特性の周波数変化事象に対しては、低感度トリガー条件を備えたグループを含む、3 つのグループの全てが、満足されたトリガー条件を有することになるので、それらの関連付けられた電力ユニットへの電力流およびそれらの関連付けられた電力ユニットからの電力流を変更する。異なるグループのトリガー条件の満足性は、同時またはほとんど同時でもよく、互いに時間でオフセットされてもよい。

30

【 0 2 7 3 】

あるいは、周波数特性変更事象の間、その周波数特性変更事象に釣り合う応答を与えるためにグループが後にトリガーされるように、異なるグループをトリガーする条件が設定されてもよい。例えば、周波数特性変更事象が十分に、第 1 のグループをトリガーすることによって与えられる初期応答によって修正されない場合、更なるグループがトリガーされて修正に向かって強化された応答を可能にするように、トリガーする条件が設定されてもよい。さらなるグループは、例えば、所定限度の応答まで、或いは、周波数特性が正常値に修正されるまで、更にトリガーされてもよい。

40

【 0 2 7 4 】

グループの電力ユニットは、必ずしも、同様の数または等級でなくてもよい。各グループの電力等級が、例えば、所望の動的応答を達成するために定義されてもよい。例えば、高い電力流等級のユニットを含む、限定されたグループは、高感度事象によって満足され

50

るトリガー条件を割り当てられてもよい。また、例えば、各グループ内の電力ユニットの数、あるいは、グループの数は、異なる形式の動的応答に備えるように変更されてもよい。

【0275】

そのように、電力制御デバイスに接続された所与の領域内のグループの電力ユニットは、周波数変化事象に対し、設計された動的修正応答を与え、割り当てられたトリガー条件の初期通信の後、それを自律的に行ってもよい。それは、事象に釣り合う周波数変化事象に対して、修正応答を与え、このために、必要以上に、ユニットへの電力流/ユニットからの電力流の変更を避けることから、好都合である。

【0276】

上記実施形態は、本発明の例示的实施例として理解されるべきである。本発明の更なる実施形態が予想される。例えば、前述において、トリガー条件は、測定デバイス120において導出され、或いは、定義されるが、一部の実施形態においては、電力制御デバイス自身がローカル周波数応答特性の測定または決定が可能であり、これらの測定された特性に基づき、適したトリガー条件を導出してよいことが理解される。電力制御デバイス800は、周波数特性を測定し、その周波数特性がトリガー条件を満足するかを決定し、それが満足する事象において、電力制御デバイス800は、その関係付けられた電力ユニットまたは複数の電力ユニット119へ流れる有効および/または無効電力、その関係付けられた電力ユニットまたは複数の電力ユニット119から流れる有効および/または無効電力を変更してもよい。

【0277】

更なる実施形態において、自律的電力制御デバイス800は、それが置かれるグリッド領域の為の適したトリガー条件を「学習」し、検出器802において、電力グリッド100内を流れる電力の周波数特性を測定し、トリガーする条件を、測定された周波数特性が満足するかを決定し、トリガー条件が満足されるという決定にตอบสนองして、スイッチ810を使用して、一定量の時間に対し、1つ又は複数の関連付けられた電力ユニット119への電力流および/または1つ又は複数の関連付けられた電力ユニット119からの電力流を変更する。

【0278】

電力流が変更されるべきである時間量は、他の実施形態で検討されたように、例えば、工場設定でもよく、ユーザインタフェース、或いは、その正常値の所定限度内に戻るグリッド周波数に依存して、設定可能である。

【0279】

トリガー条件が満足されたかを決定するため、先の実施形態で説明された任意の方法が使用されてもよく、例えば、多項式関数のパラメータをモニタすることにより、周波数特性の連続測定に適合させてもよい。

【0280】

より簡単に、測定された周波数応答特性が一定量の時間内で一定の範囲に変更された場合にトリガー条件は満足されると設定してもよい。

【0281】

初期の「枠を越える」場合にトリガーする条件は、例えば、工場設定でもよく、或いは、ユーザインタフェースによって設定されてもよい。最初の場合、何もトリガー条件がなくともよい。

【0282】

自律的電力制御デバイス118は、測定された周波数特性の閾値条件の満足時点あたりの時刻で、測定される測定周波数特性を分析するようにアレンジされる。この閾値の条件は、測定された周波数特性が公称値付近に設定された範囲外にあるときに満足されるように設定されてもよい。分析時間も、例えば、閾値の条件が満足される時刻の一方の側で数秒に設定されてもよい。分析は、例えば、閾値条件の満足あたりの設定時間窓に対し測定された周波数特性に、多項式または指数関数を適合することを含んでもよい。他の分析が

10

20

30

40

50

、例えば、測定された周波数特性変化の全範囲、測定された周波数特性が2つの実質的に安定した値の間で変化する合計時間、および/または、2つの実質的に安定した値の間で、測定された周波数特性の変化の平均レートに関する特性を決定可能である。

【0283】

いずれの場合でも、自律性電力制御デバイス800は、閾値条件の満足時点あたりの周波数特性の変化を特徴付ける前記分析から1つ又は複数のパラメータを導出するようにアレンジされている。

【0284】

自律性電力制御デバイス800は、その後、前記分析から導出されたパラメータに基づき、トリガー条件を導出するようにアレンジされる。例えば、測定された周波数特性が比較的短時間で比較的大きな量を変えたことを分析が決定してもよい。(これは、例えば、比較的低い慣性および比較的低い剛性によって特徴付けられたグリッドの領域における場合かもしれない。)そのため、トリガー条件は、所与の時間間隔にわたる比較的小さな変化に対応する測定された周波数特性の変化によって満足されるように設定されてもよい。

【0285】

自律性制御デバイス800は、その分析によって導出されたトリガー条件で、電力制御デバイス800で先に使用された任意の既存トリガー条件を更新するようにアレンジされる。当該デバイスで先に設定されたトリガー条件がない場合、導出されたトリガー条件が初期トリガー条件を定義してもよい。更新されたトリガー条件は、以前に決定されたトリガー条件、および/または、これら以前に決定されたトリガー条件と関連付けられた統計値に基づき、部分的に基づいてもよい。これは、トリガー条件の疑似決定の労力を減らすのに役立つかもしれない。例えば、新しいトリガー条件が、デバイスによって決定された全てのトリガー条件の平均から形成されてもよい。この平均は、例えば、最近決定されたトリガー条件のセットだけ、例えば、最後の10個を含み、トリガー条件が、グリッドがローカルであるグリッド領域のグリッド特性の変化に簡単に適合してもよい。

【0286】

前述された学習アルゴリズムは、単に実施例として考えられるべきである。前述されたアルゴリズムのような比較的単純なアルゴリズムは、それらが比較的小さな計算資源を要する点で好都合であろう。しかしながら、例えば、より複雑なアルゴリズムが予想される。特に、従来技術水準である自己組織化マップ(例えば、コホネンSOM)および他のニューラルネットワークおよび/または人工知能アルゴリズムが使用されてもよい。

【0287】

自律性電力制御デバイス800は、測定された周波数特性のあらゆる連続した変化を分析すること、導出すること、更新することを繰り返すようにアレンジされ、その周波数特性が、満足される閾値条件に結びつく。そのため、自律性電力制御デバイス800は、周波数特性変更事象の性質を独自分析することによって、グリッドが配備されるグリッドの領域の為に最も適した効率的なトリガー条件を「学習」する。

【0288】

学習の反復毎に使用される閾値条件は、トリガー条件にリンクされてもよく、例えば、更新されたトリガー条件は、先行するトリガー条件より感度が高く、そのとき、閾値条件も、正常値付近の周波数特性の狭い範囲に対応するように更新されてもよい。

【0289】

自律性電力制御デバイス800は、トリガー条件を定義することなく、一定回数だけ閾値の満足付近の時刻に、測定された周波数特性を分析するようにアレンジされてもよい。これは、デバイスにトリガー条件を実装する前に当該デバイスが置かれる領域に適したトリガー条件を導出する為に使用されるパラメータを当該デバイスが学習することを可能にするであろう。これは、所与のグリッド領域における自律性電力制御デバイスの早期段階の配備において、誤ったトリガー条件満足を避けることになる。

【0290】

10

20

30

40

50

電力制御デバイス 800 の前述した実施形態は、自律性独立型デバイスであり、通信手段を必要とせず、そのため、その動作は比較的費用効果がよく、実施が容易であることから、好都合である。

【0291】

前述において詳細に説明された様々な実施形態において、単一測定デバイス 120 の形式の測定システムが参照されている。しかしながら、一部の実施形態において、分散された測定システムが使用されてもよいことに留意されたい。この分散された測定システムは、分散された方法で配置される、例えば、図 3 で参照された測定デバイスの構成要素、すなわち、データ記憶装置 304、クロック 310、I/O インタフェース 308、プロセッサ 306、検出器 302 の組合せを備える。測定システムは、1 つ又は複数の中心に集められた制御ユニットを含んでもよい。これらの制御ユニットは、例えば、測定デバイスによって考えられた測定、又は、本願で説明された任意の他のデバイスの処理を中心に集める為に、さらに / または、前述された特性、パラメータ及び / 又は条件の、前述された任意のデバイスからの受信、および、前述された特性、パラメータ及び / 又は条件の、前述された任意のデバイスへの送信を実行する為に使用されてもよい。中心に集められた制御ユニットは、前述された様々なデバイスで別の方法で実施されるデータ記憶装置の機能を実行してもよい。測定システムは、図 3 を参照して説明された例示的实施形態に類似した非分散型デバイスの形式をとってもよい。

10

任意の実施形態に関連して説明された任意の特徴は単独で使用されてもよく、或いは、説明された他の特徴と組み合わせられて使用されてもよく、任意の他の実施形態、あるいは、他の任意の実施形態の任意の組合せの 1 つ又は複数の特徴と組み合わせられて使用されてもよいことに留意されたい。さらに、先に説明されなかった均等物および変形例も、以下に添付される請求の範囲で規定される発明の範囲を逸脱することなく使用可能である。

20

【図 1】

【図 2 a】

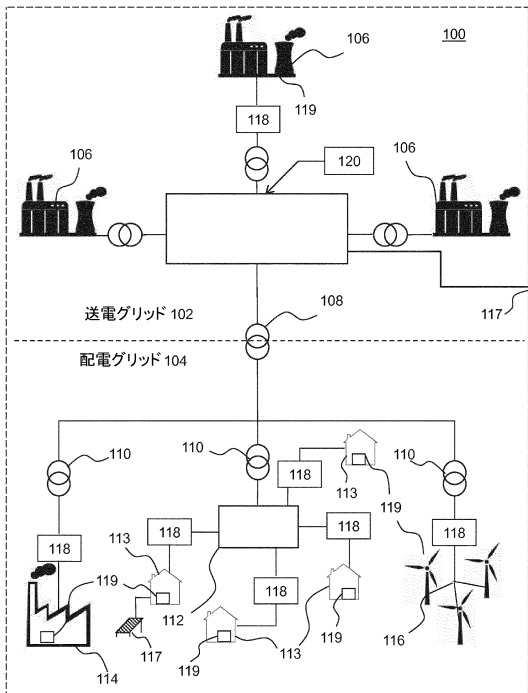


Figure 1

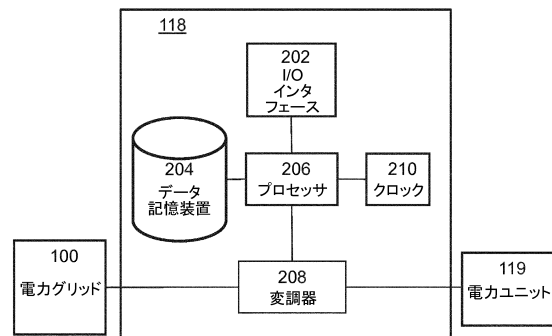


Figure 2a

【図 2 b】

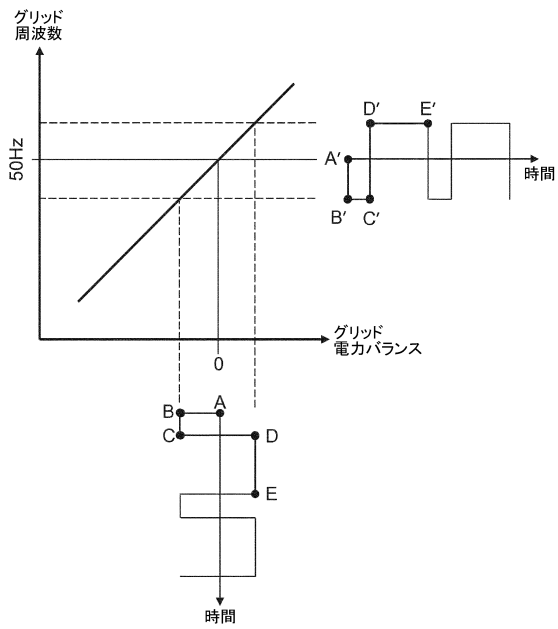


Figure 2b

【図 3】

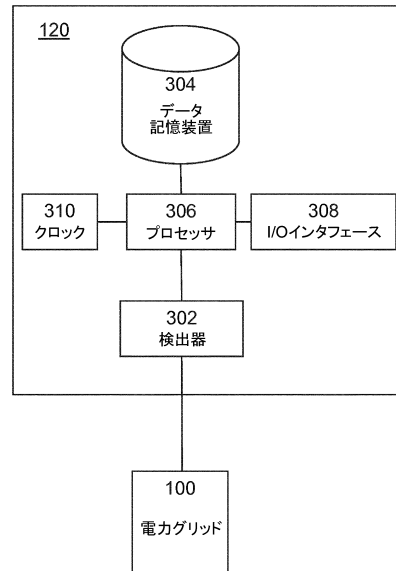


Figure 3

【図 4 a】

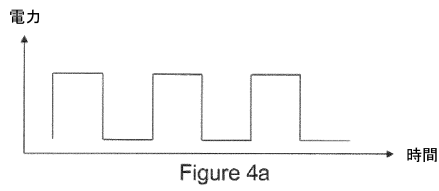


Figure 4a

【図 4 b】

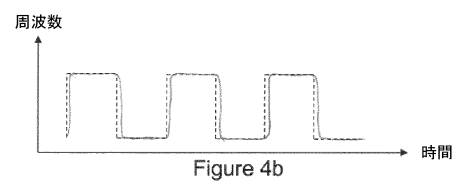
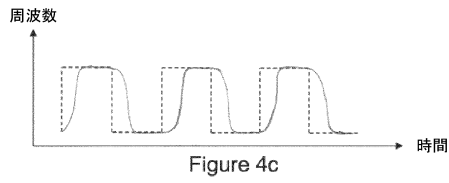
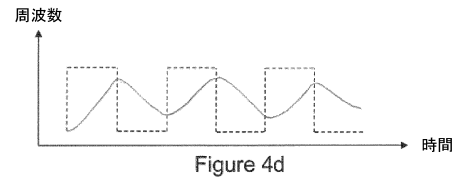


Figure 4b

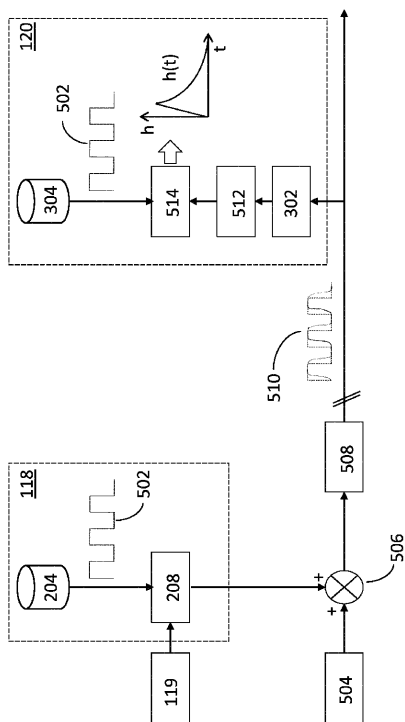
【 図 4 c 】



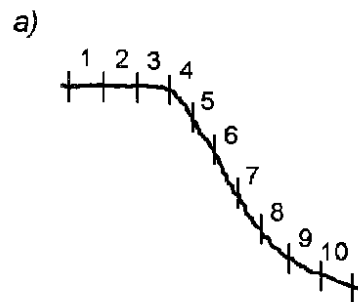
【 図 4 d 】



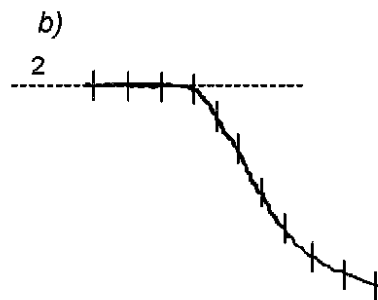
【 図 5 】



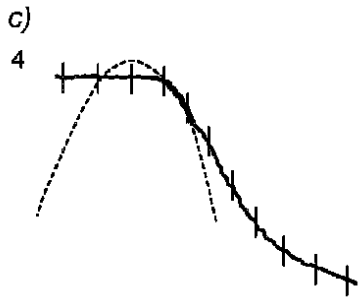
【 図 6 a) 】



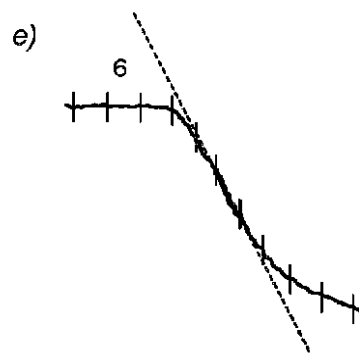
【 図 6 b) 】



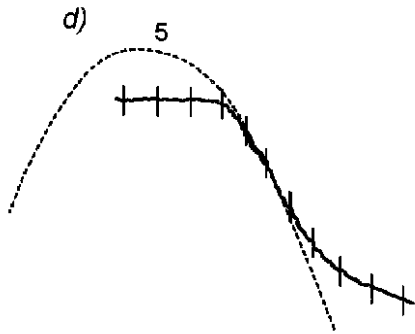
【図6c)】



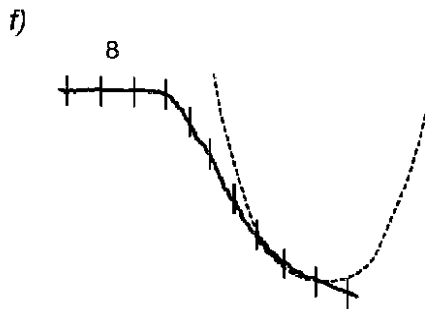
【図6e)】



【図6d)】



【図6f)】



【図7】

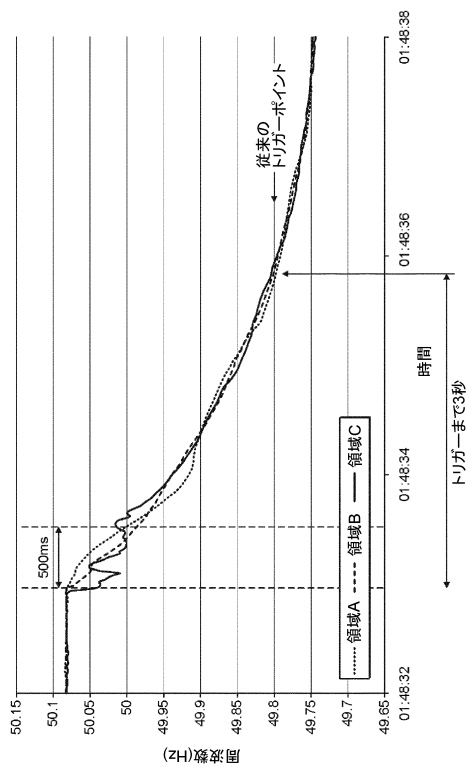


Figure 7

【図8】

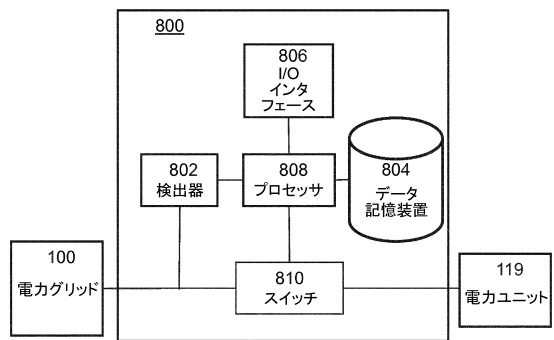


Figure 8

フロントページの続き

(74)代理人 100148596

弁理士 山口 和弘

(72)発明者 ウォモ, ヘイキ

フィンランド, エフアイ 90590 オウル, トゥキヤンティー 4ビー

(72)発明者 アラコンティオラ, ユッカ

フィンランド, エフアイ 90590 オウル, トゥキヤンティー 4ビー

審査官 原 嘉彦

(56)参考文献 特表2013-531961(JP,A)

特開2011-166890(JP,A)

米国特許出願公開第2011/0181109(US,A1)

特開2001-103669(JP,A)

特開2005-020916(JP,A)

特開2007-060742(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 11/00 - 11/66

19/00 - 23/20

35/00 - 35/06

H02H 3/32 - 3/52

H02J 3/00 - 5/00

13/00