

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-138553

(P2014-138553A)

(43) 公開日 平成26年7月28日(2014.7.28)

(51) Int.Cl.

H02J 3/00 (2006.01)
H02J 13/00 (2006.01)
G06Q 50/06 (2012.01)

F 1

HO2J 3/00
HO2J 13/00
HO2J 13/00
GO6Q 50/06

テーマコード(参考)

K
G
301A
GO6Q

5G064
5G066

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-5536 (P2014-5536)
(22) 出願日 平成26年1月16日 (2014.1.16)
(31) 優先権主張番号 13/745,000
(32) 優先日 平成25年1月18日 (2013.1.18)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390041542
ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタディ、リバーロード、1番
(74) 代理人 100137545
弁理士 荒川 智志
(74) 代理人 100105588
弁理士 小倉 博
(74) 代理人 100129779
弁理士 黒川 俊久
(74) 代理人 100113974
弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】予測される負荷に基づいて電力を復旧する方法及びシステム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】送配電網において、電力を復旧する結果として電力障害を連鎖発生する危険性及び付加的な網再構築の必要性を減少させる逆供給経路を識別する電力を復旧するシステムを提供する。

【解決手段】予測される負荷に基づいて電力を復旧する方法が記載される。この方法は、配電網の範囲内の少なくとも一つの地域を識別するステップと、少なくとも一つの地域の第一のエネルギー需要を予想するステップとを含んでいる。この方法はまた、少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別するステップと、少なくとも一つの代替電源から少なくとも一つの地域へ電力を供給することが可能な配電網の範囲内の少なくとも一つのスイッチを識別するステップと、少なくとも一つの地域への電力を復旧するための復旧計画を生成するステップとを含んでいる。

【選択図】図3

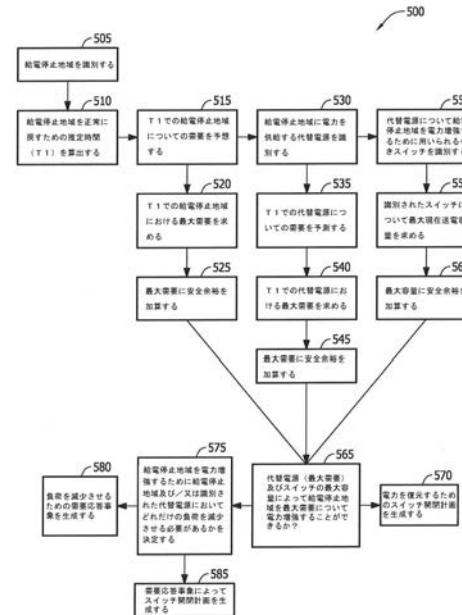


FIG. 3

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

配電網への電力を復旧するのに用いられるシステムであって、
前記配電網についての予測情報を生成するように構成されている予測システムと、
前記配電網に結合された故障検知、分離、及び回復（FDIR）システムと
を備えており、該FDIRシステムは、
前記配電網における少なくとも一つの地域についての故障情報を生成し、
前記予測システムから予測情報を受け取り、
前記少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別して、
前記故障情報及び前記予測情報に基づいて復旧計画を生成する
ように構成されている、システム。

【請求項 2】

前記FDIRシステムに結合された需要応答システムをさらに含んでおり、前記FDIRシステムは、負荷低減要求を前記需要応答システムへ送信するようにさらに構成されている、請求項1に記載のシステム。

【請求項 3】

前記需要応答システムは、前記負荷低減要求に基づいて少なくとも一つの需要家負荷低減要求を少なくとも一つの需要家拠点へ送信するように構成されており、前記需要家負荷低減要求は、需要家負荷を減少させることが可能である、請求項2に記載のシステム。

【請求項 4】

前記FDIRシステムは、前記予測情報に基づいて前記負荷低減要求を生成するようにさらに構成されている、請求項3に記載のシステム。

【請求項 5】

前記FDIRシステムに結合されて、前記地域、前記配電網、及び地図を表示するように構成されている表示器をさらに含んでいる請求項1に記載のシステム。

【請求項 6】

前記予測システムは、利用履歴情報を用いて前記配電網についての予測情報を生成するようにさらに構成されている、請求項1に記載のシステム。

【請求項 7】

前記復旧計画は、前記配電網におけるスイッチの集合を含んでいる、請求項1に記載のシステム。

【請求項 8】

前記復旧計画は、前記配電網における前記スイッチの集合の各々を開閉する予め決められた順序をさらに含んでいる、請求項7に記載のシステム。

【請求項 9】

配電網に結合された電力復旧システムと共に用いられる故障検知、分離、及び回復（FDIR）システムであって、

前記配電網における少なくとも一つの地域についての故障情報を生成し、
前記配電網についての予測情報を受け取り、
前記少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別して、
前記故障情報及び前記予測情報に基づいて復旧計画を生成する
ように構成されている故障検知、分離、及び回復（FDIR）システム。

【請求項 10】

前記制御FDIRは、負荷低減要求を需要応答システムへ送信するようにさらに構成されている、請求項9に記載の故障検知、分離、及び回復（FDIR）システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示の分野は一般的には、電気の発電及び送電に関し、さらに具体的には、予測される負荷に基づいて電力を復旧する方法及びシステムに関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

公知の配電網は、故障又は他の電力障害の後に故障を分離して電力を復旧するために用いられる故障検知、分離、及び回復（FDIR）システムを含んでいる。公知のシステムは、現在の負荷情報に基づいて復旧計画を生成する。

【発明の概要】

【0003】

しかしながら、負荷は短時間内に変化し得るため、かかる計画は一般的には限定される。例えば、負荷が変化すると、変化した負荷を収容するためにさらなる網再構築が必要とされる。

10

【0004】

加えて、故障前の網トポロジに依存して、代替電源から一連のスイッチを通じて1又は複数の切り離された負荷まで電力が流れ得るような1よりも多い代替経路、又は逆供給経路が識別される場合がある。従って、電力を復旧する結果として電力障害を連鎖発生する危険性及び付加的な網再構築の必要性を減少させる逆供給経路を識別する電力を復旧するシステムが必要とされる。

【0005】

一実施形態では、配電網への電力を復旧するシステムが提供される。このシステムは、配電網についての予測情報を生成するように構成されている予測システムと、配電網に結合された故障検知、分離、及び回復（FDIR）システムとを含んでいる。FDIRシステムは、当該FDIRシステムから配電網における少なくとも一つの地域（ゾーン）についての故障情報を生成し、上述の予測システムから予測情報を受け取り、少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別して、故障情報及び予測情報に基づいて復旧計画を生成するように構成されている。

20

【0006】

もう一つの実施形態では、配電網に結合された電力復旧システムと共に用いられる故障検知、分離、及び回復（FDIR）システムが提供される。このFDIRシステムは、配電網における少なくとも一つの地域についての故障情報を生成し、配電系統についての予測情報を受け取り、少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別して、故障情報及び予測情報に基づいて復旧計画を生成するように構成されている。

30

【0007】

さらにもう一つの実施形態では、配電網への電力を復旧する方法が提供される。この方法は、配電網の範囲内の少なくとも一つの地域を識別するステップと、少なくとも一つの地域の第一のエネルギー需要を予想するステップと、少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別するステップと、少なくとも一つの代替電源から少なくとも一つの地域へ電力を供給することが可能な配電網の範囲内の少なくとも一つのスイッチを識別するステップと、少なくとも一つの地域への電力を復旧するための復旧計画を生成するステップとを含んでいる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

40

【図1】配電網の一例のブロック図である。

【図2】図1の網と共に用いられ得る予測に基づく電力復旧システムの一例のブロック図である。

【図3】図2の電力復旧システムを用いる方法の一例を示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本書に記載される各実施形態は、配電網と共に用いられる電力復旧システムの一例を含んでいる。本書に記載されるこれらの実施形態は、予測されるエネルギー負荷に基づいて網の給電停止（de-energized）部分の電力復旧の管理を容易にする。

【0010】

50

本書に記載されるこれらの実施形態の技術的効果としては、(a)配電網の範囲内の少なくとも一つの地域を識別すること、(b)少なくとも一つの地域のエネルギー需要を予想すること、(c)少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別すること、(d)少なくとも一つの代替電源から少なくとも一つの地域へ電力を供給することが可能な配電網の範囲内の少なくとも一つのスイッチを識別すること、及び(e)少なくとも一つの地域への電力を復旧する復旧計画を生成することが少なくとも挙げられる。

【0011】

先ず図1を参照すると、配電網の一例が参考番号100に全体的に示されている。配電網100は複数の変電所10、20及び30を含んでおり、これらの変電所の各々に、参考番号11、12、13、21、22及び31として示される1又は複数の送電線が付設されている。変電所の一例は、電力を1又は複数の送電系統(例えば高電圧送電線又は網)から網100の1又は複数の地域へ伝達するように構成されている配電変電所を含んでいる。各々の変電所10、20及び30が、1又は複数の電源又は送電線11、12、13、21、22及び31を含んでいる。各々の変電所10、20、30はまた、1又は複数の回路遮断器すなわち変電所回路遮断器(又は単純に「遮断器」)301、311、316、327、328、及び340を含んでいてよく、これらの遮断器の各々が、送電線11、12、13、21、22及び31の一つに接続されている。本文の便宜のために、変電所遮断器を「ルート(root)」とも呼ぶ場合がある。本書で用いられる「送電線(feeder)」との用語は、電力を網100の1又は複数の部分に与える配電線又は他の導体を指す。図1に示す実施形態の例では、変電所10には送電線11、12及び13が付設されており、これらの送電線の各々が、それぞれ遮断器301、316、及び328に接続されている。変電所20には送電線21及び22が付設されており、これらの送電線の各々が、それぞれ遮断器311及び327に接続されている。変電所30には送電線31が付設されており、この送電線は遮断器340に接続されている。この例では三つの変電所のみを図示しているが、網100は任意の数の変電所を含んでいてよく、これらの変電所の各々が任意の数の送電線を含んでいてよい。

10

20

30

30

40

【0012】

実施形態のこの例では、網100は、エネルギー伝送を制御するように構成されているコンピュータ・システム360を含んでいる。コンピュータ・システム360は、網100の内部に含まれているものとして図示されているが、網100の外部に位置して(例えば遠隔に配置される)網100と連絡していくてもよい。さらに、コンピュータ・システムとして記載されているが、コンピュータ・システム360は、網100が本書に記載されるように作用することを可能にする任意の適当な処理装置であってよい。例えば、コンピュータ・システム360は、協働するように構成されている複数の処理装置を含み得る。

【0013】

一実施形態では、配電網100は、階層的な送配電網の一部である。送電網は高レベル階層に位置して、配電網100に電力を供給する。変電所10、20、30は中間レベル階層に位置して、送配電網の低レベル階層に位置する複数の現場装置に接続される。一実施形態では、制御器は少なくとも変電所のレベルにある階層レベルすなわち中間レベル階層に位置し、「現場内(in field)」位置を含むさらに低い階層レベルよりも高い階層にある。

【0014】

網100は、例えば、低レベル階層に位置する複数のノード301～340を含んでおり、これらのノードの各々が網100のトポロジイを生成して、1又は複数の送電線の各部分を接続している。「ノード」との用語は、網100における任意のアドレス指定可能な点を指す。ノード301～340は、回路スプリット、センサ若しくは他の測定点のような任意の形式の現場装置、及び/又は回路遮断器、再閉路器(recloser)、若しくは断路器(sectionalizer)のような制御自在型スイッチを含み得る。一実施形態では、ノードは、ローカルな制御器を含まない装置のような「非インテリジェント」型現場装置を含んでいる。現場装置は、例えば現場敷設装置であってよい。制御自在型スイッチは通常閉

50

又は通常開の何れであってもよい。ノード301～340は、能動型又は受動型の何れの特徴のものであってもよい。「能動型ノード」は、トポロジ変化を起こすように制御され得る任意のノードを指す。能動型ノードは再閉路器、回路遮断器及び制御自在型スイッチ（例えば遠隔制御自在型スイッチを含む）を含んでおり、これらの装置は断路及び復旧に関連する自動化機能を全く有する必要はない。また、能動型ノードは、三相制御又は個別相制御が可能であってよい。「受動型ノード」は、網スプリット又は任意の非制御自在の項目を含むノードを指し、トポロジ変化を生じない。受動型ノードは、網地域の範囲内での経路再設定の可能性による負荷容量の考慮のため所在確認され得る。ノードはまた、網において形成されている回路が多数の付加的な回路に分割されるような様々な分岐を画定し得る。分岐は、単相分岐又は多相分岐として生じ得る。関連する変電所遮断器側に位置して分割が生じているノードは「分岐ルート」とも記載される。

10

【0015】

網100は、関連する「レイアウト」又は「トポロジ」を画定し、これらの用語は、静的地理的分布、並びに網100でのノードの数、形式、及び分布を含めた網の接続の分布を指す。また、網100を1又は複数の「区画（セグメント）」に分割してもよく、この用語は、単一のノード、接続されたノード群、及び／又は重要な能動型網ノード若しくは受動型網ノードの間に位置する送電線の部分を指す。レイアウトに依存して、区画は、多数の変電所に跨がって多数の送電線からの電力を受け入れることが可能であり得る。各々の区画が、関連する構成設定された「負荷容量」を有することができ、この負荷容量は、当該区画によって扱われ得る最大負荷を表わす。

20

【0016】

図1に戻り、この実施形態の例では、ノード301～340は、受動型網ノード、通常閉スイッチ、通常開スイッチ、及びセンサを含んでいる。ノードの数に対して予め構成設定される限度はない。ノード302、303、307、309、317、319、321、325、326、329、333、334、及び338は通常閉スイッチであって、例えば故障区画を分離するために開かれ得る。ノード305、312、313、323、335、及び337は通常開スイッチであって、交差送電（cross power transmission）を防いで網100の各地域を画定するように作用する。ノード304、306、308、310、315、318、320、322、324、330、332、336、及び339は受動型網ノードであり、ノード314及び331はセンサである。本実施形態に示されている網100のレイアウト、並びにノードの形式及び数の特定の構成は例示するものに過ぎない。本書に記載されるシステム及び方法は、所望の任意のトポロジ、並びに任意の数、形式及び構成のノードを有する任意の配電網に適用可能である。

30

【0017】

網100はまた、複数の地域を含んでおり、これらの地域の各々に個々の送電線によって供給を行なうことができ、またこれらの地域の各々が、関連するレイアウト又はトポロジを有する。「地域（zone）」との用語は、遮断器、スイッチ、及び再閉路器のような有限数の能動型ノードを付設した配電下位網を言う。地域を「電力エリア」又は「セクタ」とも呼ぶ。区画が地域と同じであってもよい。地域のトポロジは、制御器及び／若しくは制御器の電源に接続された又はこれらと連絡しているノードの数、形式、及び相対的な位置を指す。各々の地域に、個々の送電線又は多数の送電線が付設され得る。一実施形態では、各々の地域は、単一の送電線に接続された変電所の単一の遮断器と全ての通常開スイッチとの間の区画の全てを含んでいる。地域の「エッジ」は、変電所の遮断器及び通常開スイッチを指す。図1の実施形態の例では、網100は六つの地域211、212、213、221、222、及び230を含んでおり、各々の地域に個々の送電線が付設されて、これらの地域は変電所遮断器及び少なくとも一つの通常開スイッチによって境界付けられている。地域のエッジを画定して隣接する地域を共に接続している通常開スイッチのようなノードを「エッジ・ノード」とも呼ぶ。図1に示される地域は例示するものに過ぎず、付加的な地域が地域211、212、213、221、222、及び230の一部又は全てを含む網100の範囲内に画定され得ることを認められたい。さらに具体的には

40

50

、網 100 の範囲内での故障の結果として、網 100 のトポロジイを調節して、網 100 の範囲内の各地域を画定し直すことができ、このことについては後にあらためて説明する。

【0018】

網 100 での様々なノード、変電所、又は他の構成要素の相対的な位置は互いに關して記載されており、他のノード、遮断器、送電線、又は変電所に関する網経路での位置に關して記載され得る。例えば、第二のノードに対して「前方」若しくは「前」、第二のノードに「先立つ」、及び／又は第二のノードの「上流」と記載される第一のノードは、遮断器から地域のエッジへ向けて回路経路を構成解析したときに第一のノードが第二のノードの前に位置している、すなわち第一のノードが遮断器又は変電所と第二のノードとの間に位置していることを示す。同様に、「次のノード」、第二のノードの「後方」若しくは「後」、又は第二のノードの「下流」と記載される第一のノードは、遮断器から地域のエッジへ向けて回路経路を構成解析したときに第一のノードが第二のノードに続いている、すなわち第一のノードが第二のノードと地域エッジ・ノードとの間に位置していることを示す。

10

【0019】

各々の変電所 10、20、及び 30 が、例えば中間レベル階層に位置するそれぞれの制御器 101、102、及び 103 を含んでおり、様々な網ノードを制御している。各々の制御器 101、102、及び 103 がコンピュータ・システム 360 と結合して連絡している。図 1 に示すように、制御器 101 は変電所 10 に含まれ、制御器 102 は変電所 20 に含まれ、制御器 103 は変電所 30 に含まれている。一実施形態では、各々の制御器 101、102、及び 103 は配電自動化 (DA) 制御器である。本実施形態では、各々の変電所が一つの制御器を含んでいる。しかしながら、変電所は所望があれば 1 よりも多い制御器を含んでいてよい。各々の制御器 101、102、及び 103 はまた、必要に応じて監視制御及びデータ取得 (SCADA) 遠隔端末ユニット (RTU) として作用するものであってもよい。各々の制御器 101、102、及び 103 は、それぞれの変電所から給電される電力区画に位置する能動型ノード及びセンサと、予め構成設定されており一実施形態では動的に変更不能なクライアント - サーバ (マスター - スレーブ) 関係として連絡する。各々の制御器 101、102、及び 103 は、予め構成設定された設定を用いずに他の制御器を自動的に発見して、アド・ホックなデータ交換を確立することが可能である。一実施形態では、制御器とノードとの間の連絡は、IP 型サービスによって達成される。

20

【0020】

各々の制御器 101、102、及び 103 は、送電線又は他の電源に接続された少なくとも一つの地域を制御する。一実施形態では、地域は、自身のそれぞれの送電線及び／又は遮断器によって画定され、1 又は複数のそれぞれの開スイッチによってさらに画定され得る。図 1 に示す例では、網 100 は、地域 211、212、213、221、222、及び 230 に分割されている。地域 211 は、遮断器 301 及び通常開スイッチ 305 及び 312 によって画定されるエッジを有し、地域 212 は、遮断器 316 及び通常開スイッチ 312、323、及び 337 によって画定されるエッジを有し、地域 213 は、遮断器 328 及び通常開スイッチ 335 によって画定されるエッジを有する。地域 211、212、及び 213 は制御器 101 によって制御される。地域 221 は、遮断器 311 及び通常開スイッチ 305 及び 313 によって画定されるエッジを有し、地域 222 は、遮断器 327 及び通常開スイッチ 313 及び 323 によって画定されるエッジを有する。地域 221 及び 222 は制御器 102 によって制御される。地域 230 は、遮断器 340 及び通常開スイッチ 335 及び 337 によって画定されるエッジを有し、制御器 103 によって制御される。

30

【0021】

図 2 は、網 100 と共に用いられ得る予測方式の電力復旧システム 400 の一例のプロック図である。電力復旧システム 400 は、故障検知、分離、及び回復 (FDIR) シス

40

50

システム 405 と、予測システム 415 とを含んでいる。実施形態のこの例では、FDIR システム 405 はコンピュータ・システム 360 である。代替的には、コンピュータ・システム 360 は、1 又は複数の FDIR システム 405 及び予測システム 415 を含んでいる。例えば、システム 405 及び 415 は各々、1 又は複数の処理装置を用いたコンピュータ・システム 360 において具現化され得る。

【0022】

実施形態のこの例では、FDIR システム 405 は、故障検知エンジン 406 と、該故障検知エンジン 406 に結合された故障分離エンジン 407 とを含んでいる。故障分離エンジン 407 は、例えば、給電停止地域を分離するのに用いられるスイッチのように、故障検知エンジン 406 から網 100 の範囲内の給電停止地域についての情報を含む故障分離情報 420 を生成する。「給電停止地域」は、エネルギー需要がエネルギー供給を上回った網 100 の地域又は部分を指し、限定しないが、停電状態若しくは電力削減状態、故障状態、及び / 又は任意の異常動作条件にある地域を含む。「給電停止地域」は、図 1 に示す地域の 1 又は複数を必ずしも指す訳ではない。寧ろ、給電停止地域は、ノード及び / 又はエッジによって画定されることが可能な網 100 の任意の部分であってよい。FDIR システム 405 は、網 100 における給電停止地域を解析して各々の給電停止地域毎に復旧計画 430 を生成する復旧エンジン 425 を含んでいる。故障分離エンジン 407 からの故障分離情報 420 を網トポロジ情報 435 及び実時間網測定 440 と組み合わせて用いて、復旧エンジン 425 は給電停止地域 445 を解析する。

10

【0023】

実施形態のこの例では、復旧エンジン 425 は、網 100 から網 100 のトポロジを表わす網トポロジ情報 435 を入力として受け取る。代替的には、FDIR システム 405 が網 100 の予め決められたトポロジ表現を含んでいる。トポロジ情報 435 は、網 100 の各地域の間の接続を含む各々の地域の定義を含んでいる。トポロジ情報 435 は、地域及び / 又はスイッチを節点とし、地域同士の間を辺として含むグラフとして表わされ得る。実時間網測定 440 は、現在の負荷のような制御器 101、102、103、及び / 又はセンサ 314、331 からのデータを含み得る。

20

【0024】

復旧エンジン 425 は、給電停止地域 445 の識別内容を代替電源エンジン 450 及び予測システム 415 へ送信する。実施形態のこの例では、代替電源エンジン 450 はコンピュータ・システム 360 を用いて具現化される。代替的には、電源エンジン 450 は、独立したコンピュータ・システムにおいて且つ / 又は予測システム 415 と共に具現化され得る。電源エンジン 450 は、各々の給電停止地域 445 を解析して、地域 445 に隣接する地域のような少なくとも一つの代替電源 455 を、各々の給電停止地域 445 について現在利用不能な電源の代替として決定する。各々の代替電源 455 は、スイッチ (1 又は複数)、及び当該スイッチを通して利用可能な電力量によって識別され、このスイッチは、代替電源 455 から給電停止地域 445 へ電力を流すことを可能にするように閉じられなければならない。代替電源 455 は、例えば地域 211、212、213、221、222、及び 230 を含み得る。

30

【0025】

予測システム 415 は、各々の給電停止地域 445 及び / 又は各々の代替電源 455 毎に負荷を予想する。予測システム 415 は、見積もられた負荷又は需要を含む予測負荷情報 460 を復旧エンジン 425 へ送信する。予測負荷情報 460 は、利用履歴、予め決められた予定利用 (例えば会議及び / 又はスポーツ競技会)、並びに天気予報等に基づくものであってよい。また、予測負荷情報 460 は、数時間、数日のような予め決められた時間間隔、及び / 又は給電停止地域 445 が正常動作状態に復旧されるまでの推定時間に基づくものであってもよい。

40

【0026】

復旧エンジン 425 は、予測システム 415 からの予測負荷情報 460 を、FDIR システム 405 に入力された復旧規準 465 と組み合わせて解析して、各々の給電停止地域

50

445 毎に電力復旧計画 430 を生成する。代替的には、各々の給電停止地域 445 毎に 1 又は複数の計画 430 を生成してもよい。電力復旧計画 430 は、修正されるべきスイッチ、及びスイッチを修正する順序を含む。復旧規準 465 は、少なくとも一つのヒューマン・インタフェイス装置 470 を用いて、又は網（不図示）を用いて FDIR システム 405 に接続された遠隔システム（不図示）を用いて、FDIR システム 405 に入力されてもよい。ヒューマン・インタフェイス装置 470 は、例えばキーボード、マウス、タッチスクリーン、又は FDIR システム 405 が本書に記載されるように作用することを可能にする他の任意のヒューマン・インタフェイス装置であってよい。復旧規準 465 としては、限定しないが電力復旧されるべき需要家の数、需要家の相対的な重要性、及び／又は要求されるスイッチ開閉ステップ数の要件等が含まれ得る。

10

【0027】

実施形態のこの例では、電力復旧システム 400 は需要応答発生システム 475 を含んでいる。需要応答発生システム 475 は網 100 に結合された 1 又は複数の需要家拠点（不図示）と連絡して、一定の地域、例えば給電停止地域 445 及び／又は代替電源 455 の範囲内での負荷を低減する。さらに具体的には、復旧エンジン 425 は、電力復旧計画 430 に基づく負荷低減要求 480 を需要応答発生システム 475 へ送信することができる。需要応答発生システム 475 は、負荷低減要求 480 に基づいて、何れの需要家拠点が需要家負荷低減要求 485 を受けるかを決定する。例えば、負荷低減要求 480 は、1 又は複数の需要家拠点を指定してもよいし、地域 445 又は電源 455 についての目標負荷を指定してもよい。需要家負荷低減要求 485 は、需要家拠点に設けられている末端利用者のメータ又はスマート機器のような需要家需要応答システム（不図示）へ送信される。需要家需要応答システムは、需要家負荷低減要求 485 に応答して需要家拠点での需要家負荷を選択的に低減し又は切断するように構成されている。

20

【0028】

例えば、負荷低減要求 480 は、計画 430 におけるスイッチが、予測される負荷を供給するのに十分な容量を有しているか否か、及び／又は計画 430 における代替電源 455 が、給電停止地域 445 での最大負荷について十分な電力を有しているか否かに基づいて生成され得る。さらに具体的には、負荷低減要求 480 は、負荷低減が、給電停止地域 445 及び／又は代替電源 455 において生ずべきであることを示すことができる。

30

【0029】

実施形態のこの例では、FDIR システム 405 は表示器 460 を含んでいる。FDIR システム 405 は、表示器 490 を用いて、給電停止地域 445、代替電源エリア 455、及び／又は地域 445 とエリア 455 とを接続するスイッチの多次元視覚化を表示するように構成されている。例えば、トポロジイ 435 が、対応する地図の上部に表示され得る。給電停止地域 445 及び／又は代替電源エリア 455 が、トポロジイ 435 及び地図の上部に表示され得る。FDIR システム 405 の操作者は、ヒューマン・インタフェイス装置 470 を用いて、FDIR システム 405 からの付加的な情報を表示せよと要求することができる。例えば、操作者が表示されたスイッチをクリックすると、表示器 490 はスイッチの現在容量を表示することができる。もう一つの例としては、操作者が表示された地域をクリックすると、表示された地域の現在負荷及び／又は予測負荷を表示することができる。

40

【0030】

FDIR システム 405 は、復旧計画 430 に含まれるスイッチに命令を選択的に送信する。さらに具体的には、計画 430 によって指定された順序で、FDIR システム 405 は計画 430 に従って動作状態（すなわち開、閉、入、及び切等）を変化させることをスイッチに指示する。FDIR システム 405 は、制御器 101、102、及び／又は 103 を介してスイッチと連絡することができる。代替的には、FDIR システム 405 は、表示器 490 を用いて計画（1 又は複数）430 を表示する。さらに具体的には、計画 430 の各々のステップは、操作者が負荷潮流、及び計画 430 の連鎖的影響等を視認し得るように選択的に表示され得る。例えば、操作者は、各々のステップを視覚化するよう

50

に計画 430 を順方向又は反対方向に「再生」することができる。操作者は、計画 430 の 1 若しくは複数のステップ及び / 又は 1 若しくは複数の計画 430 をインタフェイス装置 470 を用いて選択的に実行することができる。

【0031】

電力復旧システム 400 の一つの可能な動作を示すために、故障がノード 318 に生じてスイッチ 312、323、及び 337 が開いた例を挙げる。故障は故障検知エンジン 406 によって検出されて、分離エンジン 407 に連絡される。分離エンジン 407 は、スイッチ 317、319、及び 321 を開くことにより故障を分離する。従って、地域 212 は、ノード 318 を含む分離された故障エリアと、送電線 12 から電力を受けることができるエリアと、ノード 320 を含む停電地域と、322 を含む停電地域との四つの地域に実効的に分割される。復旧エンジン 425 はスイッチ 323 を閉じて、これによりノード 322 を地域 222 と結合することにより、ノード 322 への電力を復旧する計画 430 を生成することができる。同様に、復旧エンジン 425 は、スイッチ状態を変化させ、且つ / 又は需要応答事象又は需要家負荷低減要求を生成することにより、ノード 322 への電力を復旧する計画 430 を生成することができる。

10

【0032】

さらにもう一つの例として、上の例に続くが、地域 222 が、例えばノード 322 にエネルギーを供給するには不十分な電力を有していることが予測システム 415 及び / 又は復旧エンジン 425 によって決定されたためスイッチ 323 が閉じられない場合には、復旧エンジン 425 は、限定しないが地域 222 を分割するためにスイッチ 326 を開くこと、需要応答発生システム 475 を用いてノード 324 を含む地域 222 の分割エリアの負荷を低下させると共に地域 221 の負荷を低下させること、スイッチ 313 及び 323 を閉じてノード 322 及び 324 を地域 221 と結合することの 1 又は複数を含む計画 430 を生成することができる。以上の例は、説明のためのみのものであって、これにより制限を意図するものではない。しかしながら、以上の例から、復旧計画 430 は、一つの地域から給電停止地域へ電力を供給するために単にスイッチを閉じるという命令に留まらないものを含み得ることを認められたい。寧ろ、地域は復旧エンジン 425 によって再構築されることが可能、故障前の構成に限定されない。

20

【0033】

図 3 は、電力復旧システム 400 を用いる方法の一例を示す流れ図 500 である。一実施形態では、流れ図 500 の各ステップは、コンピュータ可読の媒体に記憶されたコンピュータ実行可能なコードとして具現化され得る。代替的には又は加えて、処理装置が流れ図 500 の各ステップを実行するように構成されていてもよい。給電停止地域を識別した 505 後に、給電停止地域への給電停止を起こした故障又は障害の前に給電停止地域に電力を供給していた電源から給電停止地域への電力を復旧する推定時間 T を算出する 510 。換言すると、時間 T は、給電停止地域を正常に復旧するのに必要とされる時間の推定値である。時間 T は、システム 400 によって算出されてもよいし、操作者によってシステム 400 又は FDIR システム 405 に入力されてもよい。

30

【0034】

例えば予測システム 415 を用いて、時間 T について給電停止地域についての予測需要又は予測負荷を生成する 515 。時間 T にわたる給電停止地域についての最大予測需要を識別する 520 。識別された最大予測需要に安全余裕を加算する 525 。安全余裕は、最大予測需要の 5%、10%、15%、20%、又は 25% のような百分率であってもよいし、予め決められたワット数及び / 又はアンペア数であってもよい。

40

【0035】

例えば代替電源エンジン 450 を用いて、給電停止地域のための代替電源を識別する 530 。例えば予測システム 415 を用いて、時間 T についての各々の代替電源毎の予測需要を生成する 535 。各々の代替電源毎の最大予測需要を識別する 540 。各々の代替電源毎の識別された最大予測需要に安全余裕を加算する 545 。

【0036】

50

給電停止地域及び代替電源についての予測需要は、例えば実時間測定システム440からの現在の測定、例えば一日の時刻による負荷変化のような履歴値見積もり、及び／又は例えば多数の故障が網100の様々な地域に生じ得る暴風雨時のような他の発令構成計画に基づくものであってよく、一つの故障の復旧は、他の地域において電力を復旧するに利用可能な負荷に影響を及ぼし得る。時間Tについて1よりも多い予測が生成される場合もあり515、535、この場合には、全ての予測の中で最大のものを給電停止地域について識別し520、且つ／又は代替電源について識別する540。

【0037】

各々の代替電源から給電停止地域に電力を供給するために用いられるべきスイッチを識別する550。各々の識別されたスイッチについての最大の現在電力容量を決定する555。一実施形態では、容量検査アルゴリズムを用いて実際の電源容量を算出する。FDI Rシステム405は、実時間測定システム440、並びに／又は制御器101、102及び／若しくは103と連絡して、識別されたスイッチの実際の電源容量限度を取得することができる。さらに具体的には、システム400は、FDI Rシステム405を用いて、例えば電力潮流及び偶発事故解析を用いて実時間測定を解析することにより、実際の電源容量限度を決定することができる。かかる実時間測定を用いて、システム400は、時間T又は他の何らかの期間について各々の識別されたスイッチについての実際の容量限度を予想することができる。もう一つの実施形態では、実測容量又は算出容量ではなく各々の識別されたスイッチの定格最大容量を用いる。各々の識別されたスイッチの最大容量に安全余裕を加算する560。例えば、最大容量を実際の最大容量又は定格最大容量の一定百分率だけ減少させることができる。

10

20

30

【0038】

電力復旧システム400は、例えば復旧エンジン425及び／又はFDI Rシステム405を用いて、給電停止地域の最大需要が識別された代替電源によって供給され得るか否かを、各々の代替電源の最大需要及び各々の識別されたスイッチの最大容量に基づいて決定する565。給電停止地域の最大需要が供給され得る場合には、復旧計画を生成する570。復旧計画は、代替電源の1又は複数から給電停止地域に電力を供給するために開かなければならない又は閉じなければならない識別されたスイッチ、及びスイッチを開閉する順序を含んでいる。代替電源、スイッチ、及びスイッチ開閉順序の選択は、給電停止地域の電力増強時に電力障害が連鎖発生する危険性を低下させることを容易にする。電力復旧システム400が代替電源を用いて代替電源が供給し得るよりも大きい負荷を供給することを試みた場合には、網100は電圧降下を蒙る場合があり、このことがさらに、電圧の急激な低下又は電力潮流不能化のきっかけとなる場合がある。かかる状態は、実時間測定システム440から復旧エンジン425に戻して連絡されて、新たな計画を生成するのに用いることができる。

【0039】

しかしながら、代替電源又は識別されたスイッチが給電停止地域の最大予測需要を満たすことができない場合には、電力復旧システム400は、給電停止地域の最大予測需要を満たすために給電停止地域及び／又は代替電源において減少させる必要のある負荷の量を決定する575ことができる。決定された減少させるべき負荷量に基づいて、負荷低減要求、例えば負荷低減要求480を生成する580。負荷低減要求は、例えば需要応答システム475を介して需要家拠点に送信されて、給電停止地域及び／又は代替電源において負荷を減少させることができる。負荷低減要求によって減少させられた予測需要に基づいて、スイッチ開閉計画を生成する585。さらに具体的には、スイッチ開閉計画は、需要家拠点に送られる負荷低減要求のタイミングをスイッチ開閉動作と連動させる予定を含み得る。

40

【0040】

本書に記載される方法及びシステムは、配電網への電力を復旧する効率及び費用効果の高い手段を提供する。開示されるシステムは、実行して成功する確率が高く、将来の再構築を殆ど必要としない復旧計画を生成し、このようにして、操作者介入の必要を少なくし

50

、復旧計画を再計算しなければならない見込みを最小にする。結果は、さらに速やかな復旧時間、公益事業会社にとってさらに少ない不利益、及び配電網の最適化された再構築を含み得る。

【0041】

本書で用いられる処理装置との用語は、中央処理ユニット、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、縮小命令セット回路（RISC）、特定応用向け集積回路（ASIC）、論理回路、並びに本書に記載される作用を果たすことが可能な他の任意の回路、プロセッサ、及び／又はコンピュータを指す。

【0042】

本書で用いられる「ソフトウェア」及び「ファームウェア」との用語は互換的であり、RAMメモリ、ROMメモリ、EPROMメモリ、EEPROMメモリ、及び不揮発性RAM（NVRAM）メモリを含めたメモリに実行のために記憶される任意のコンピュータ・プログラムを含んでいる。以上のメモリ形式は例示のためのみのものであり、従って、コンピュータ・プログラムの記憶に利用可能なメモリの形式について限定するものではない。

10

【0043】

以上の明細書に基づいて認められるように、本開示の上述の各実施形態は、コンピュータ・ソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア、又はこれらの任意の組み合わせ若しくは部分集合を含むコンピュータ・プログラミング手法又はエンジニアリング手法を用いて具現化ことができ、この場合の技術的效果は、予測される負荷に基づいて電力を復旧する方法のためのものである。コンピュータ可読のコード手段を有する得られる任意のかかるプログラムは、1又は複数のコンピュータ可読の媒体の内部に実装され又は提供されることができ、これにより本開示の議論された各実施形態によるコンピュータ・プログラム・プロダクトすなわち製造品を作製する。コンピュータ可読の媒体は、例えば限定しないが固定式（ハード）ドライブ、ディスクケット、光ディスク、磁気テープ、読み出し専用メモリ（ROM）のような半導体メモリ、並びに／又はインターネット若しくは他の通信網若しくは通信リンクのような任意の送受信媒体であってよい。コンピュータ・コードを含む製造品は、一つの媒体から直接コードを実行する、一つの媒体からもう一つの媒体へコードを複製する、又は網を介してコードを送信することにより、作製され且つ／又は利用され得る。

20

【0044】

本書に図示され記載される本発明の各実施形態の動作の実行又は実施の順序は、特に記載のない限り本質的ではない。すなわち、これらの動作は、特に記載のない限り任意の順序で実行されてよく、本発明の各実施形態は、本書に開示されるものに付加的な動作を含んでいてもよいし、より少ない動作を含んでいてもよい。例えば、特定の動作をもう一つの動作の前に、同時に、又は後に実行し又は実施することも、本発明の各観点の範囲内にあると思量される。

30

【0045】

この書面の記載は、最適な態様を含めて発明を開示し、また任意の装置又はシステムを製造して利用すること及び任意の組み込まれた方法を実行することを含めてあらゆる当業者が発明を実施することを可能にするように実例を用いている。特許付与可能な発明の範囲は特許請求の範囲によって画定されており、当業者に想到される他の実例を含み得る。かかる他の実例は、特許請求の範囲の書字言語に相違しない構造要素を有する場合、又は特許請求の範囲の書字言語と非実質的な相違を有する等価な構造要素を含む場合には、特許請求の範囲内にあるものとする。

40

【0046】

最後に、本発明の代表的な実施態様を以下に示す。

[実施態様1]

配電網への電力を復旧するのに用いられるシステムであって、

前記配電網についての予測情報を生成するように構成されている予測システムと、

50

前記配電網に結合された故障検知、分離、及び回復（FDIR）システムとを備えており、該FDIRシステムは、

前記配電網における少なくとも一つの地域についての故障情報を生成し、

前記予測システムから予測情報を受け取り、

前記少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別して、

前記故障情報及び前記予測情報に基づいて復旧計画を生成する

ように構成されている、システム。

[実施態様2]

前記FDIRシステムに結合された需要応答システムをさらに含んでおり、前記FDIRシステムは、負荷低減要求を前記需要応答システムへ送信するようにさらに構成されている、実施態様1に記載のシステム。

10

[実施態様3]

前記需要応答システムは、前記負荷低減要求に基づいて少なくとも一つの需要家負荷低減要求を少なくとも一つの需要家拠点へ送信するように構成されており、前記需要家負荷低減要求は、需要家負荷を減少させることが可能である、実施態様2に記載のシステム。

[実施態様4]

前記FDIRシステムは、前記予測情報に基づいて前記負荷低減要求を生成するようにさらに構成されている、実施態様3に記載のシステム。

[実施態様5]

前記FDIRシステムに結合されて、前記地域、前記配電網、及び地図を表示するように構成されている表示器をさらに含んでいる実施態様1に記載のシステム。

20

[実施態様6]

前記予測システムは、利用履歴情報を用いて前記配電網についての予測情報を生成するようにさらに構成されている、実施態様1に記載のシステム。

[実施態様7]

前記復旧計画は、前記配電網におけるスイッチの集合を含んでいる、実施態様1に記載のシステム。

[実施態様8]

前記復旧計画は、前記配電網における前記スイッチの集合の各々を開閉する予め決められた順序をさらに含んでいる、実施態様7に記載のシステム。

30

[実施態様9]

配電網に結合された電力復旧システムと共に用いられる故障検知、分離、及び回復（FDIR）システムであって、

前記配電網における少なくとも一つの地域についての故障情報を生成し、

前記配電網についての予測情報を受け取り、

前記少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別して、

前記故障情報及び前記予測情報に基づいて復旧計画を生成する

ように構成されている故障検知、分離、及び回復（FDIR）システム。

[実施態様10]

前記制御FDIRは、負荷低減要求を需要応答システムへ送信するようにさらに構成されている、実施態様9に記載の故障検知、分離、及び回復（FDIR）システム。

40

[実施態様11]

前記需要応答システムは、前記負荷低減要求に基づいて少なくとも一つの需要家負荷低減要求を少なくとも一つの需要家拠点へ送信するように構成されており、前記需要家負荷低減要求は、需要家負荷を減少させることが可能である、実施態様10に記載の故障検知、分離、及び回復（FDIR）システム。

[実施態様12]

前記予測情報に基づいて前記負荷低減要求を生成するように構成されている実施態様11に記載の故障検知、分離、及び回復（FDIR）システム。

[実施態様13]

50

前記地域、前記配電網、及び地図を表示するように構成されている表示器をさらに含んでいる実施態様9に記載の故障検知、分離、及び回復(FDIR)システム。

[実施態様14]

前記予測情報は利用履歴情報に基づいており、実施態様9に記載の故障検知、分離、及び回復(FDIR)システム。

[実施態様15]

前記復旧計画は、前記配電網におけるスイッチの集合を含んでおり、実施態様9に記載の故障検知、分離、及び回復(FDIR)システム。

[実施態様16]

前記復旧計画は、前記配電網における前記スイッチの集合の各々を開閉する予め決められた順序をさらに含んでおり、実施態様5に記載の故障検知、分離、及び回復(FDIR)システム。

[実施態様17]

配電網への電力を復旧する方法であって、
前記配電網の範囲内の少なくとも一つの地域を識別するステップと、
該少なくとも一つの地域の第一のエネルギー需要を予想するステップと、
前記少なくとも一つの地域のための少なくとも一つの代替電源を識別するステップと、
前記少なくとも一つの代替電源から前記少なくとも一つの地域へ電力を供給することができる前記配電網の範囲内の少なくとも一つのスイッチを識別するステップと、
前記少なくとも一つの地域への電力を復旧する復旧計画を生成するステップと
を備えた方法。

[実施態様18]

前記少なくとも一つの地域の前記エネルギー需要が、前記少なくとも一つのスイッチの最大現在送電容量よりも大きいか否かを決定するステップをさらに含んでおり、実施態様17に記載の方法。

[実施態様19]

前記少なくとも一つの地域の前記エネルギー需要が前記少なくとも一つのスイッチの最大現在送電容量よりも大きい場合には負荷低減要求を生成するステップをさらに含んでおり、実施態様18に記載の方法。

[実施態様20]

前記少なくとも一つの代替電源の第二のエネルギー需要を予想するステップをさらに含んでおり、実施態様17に記載の方法。

【符号の説明】

【0047】

100：配電網
101、102、103：制御器
211、212、213、221、222、230：地域
301、311、316、327、328、340：遮断器
302、303、304、306、307、308、309、310、314、315
、317、318、319、320、321、322、324、325、326、329
、330、331、332、333、334、336、338、339：ノード
305、312、313、323、335、337：ノード(スイッチ)
360：コンピュータ・システム
400：電力復旧システム
405：FDIRシステム
406：故障検知エンジン
407：分離エンジン
415：予測システム
420：故障分離情報
425：復旧エンジン

10

20

30

40

50

4 3 0	：計画	
4 3 5	：トポロジイ	
4 4 0	：時間網測定	
4 4 5	：給電停止地域	
4 5 0	：電源エンジン	
4 5 5	：代替電源	
4 6 0	：予測負荷情報	
4 6 5	：復旧規準	
4 7 0	：ヒューマン・インターフェイス装置	
4 7 5	：需要応答発生システム	10
4 8 0	：負荷低減要求	
4 8 5	：需要家負荷低減要求	
4 9 0	：表示器	
5 0 0	：流れ図	
5 0 5	：給電停止地域を識別する	
5 1 0	：給電停止地域を正常に戻すための推定時間（T1）を算出する	
5 1 5	：T1での給電停止地域についての需要を予想する	
5 2 0	：T1での給電停止地域における最大需要を求める	
5 2 5	：最大需要に安全余裕を加算する	
5 3 0	：給電停止地域に電力を供給する代替電源を識別する	20
5 3 5	：T1での代替電源についての需要を予測する	
5 4 0	：T1での代替電源における最大需要を求める	
5 4 5	：最大需要に安全余裕を加算する	
5 5 0	：代替電源について給電停止地域を電力増強するために用いられるべきスイッチを識別する	
5 5 5	：識別されたスイッチについて最大現在送電容量を求める	
5 6 0	：最大容量に安全余裕を加算する	
5 6 5	：代替電源（最大需要）及びスイッチの最大容量によって給電停止地域を最大需要について電力増強することができるか？	
5 7 0	：電力を復元するためのスイッチ開閉計画を生成する	30
5 7 5	：給電停止地域を電力増強するために給電停止地域及び／又は識別された代替電源においてどれだけの負荷を減少させる必要があるかを決定する	
5 8 0	：負荷を減少させるための需要応答事象を生成する	
5 8 5	：需要応答事象によってスイッチ開閉計画を生成する	

【図1】

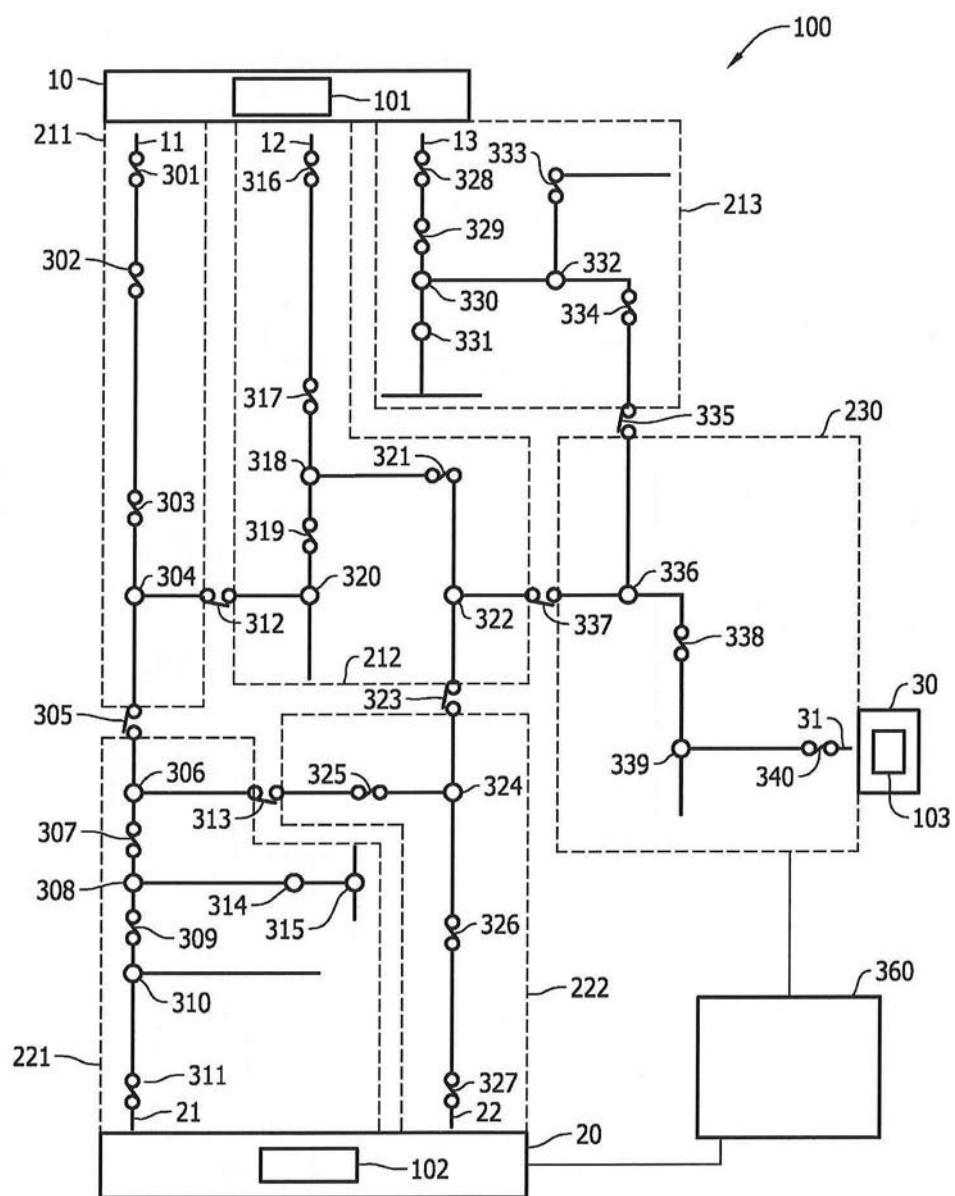


FIG. 1

【図2】

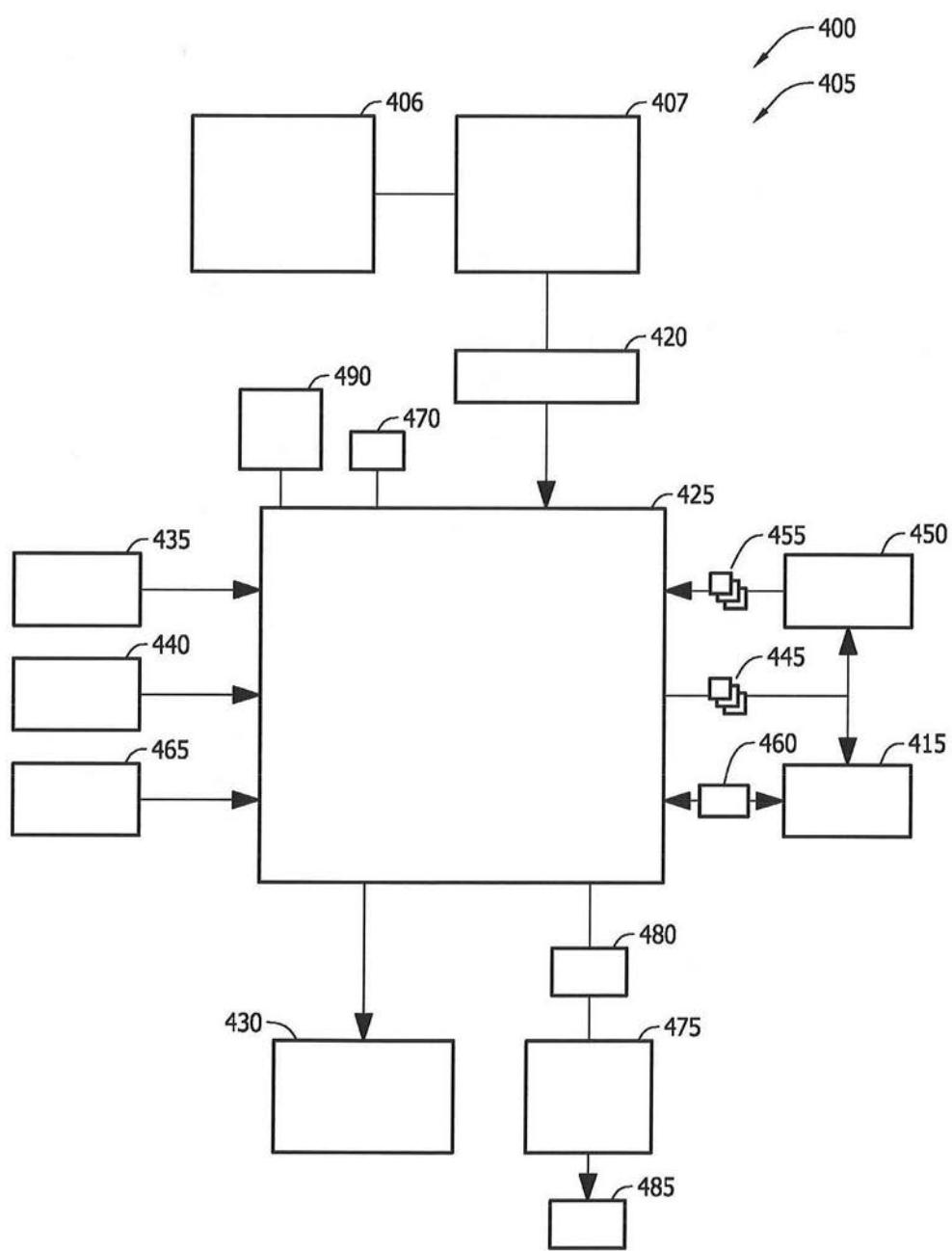


FIG. 2

【図3】

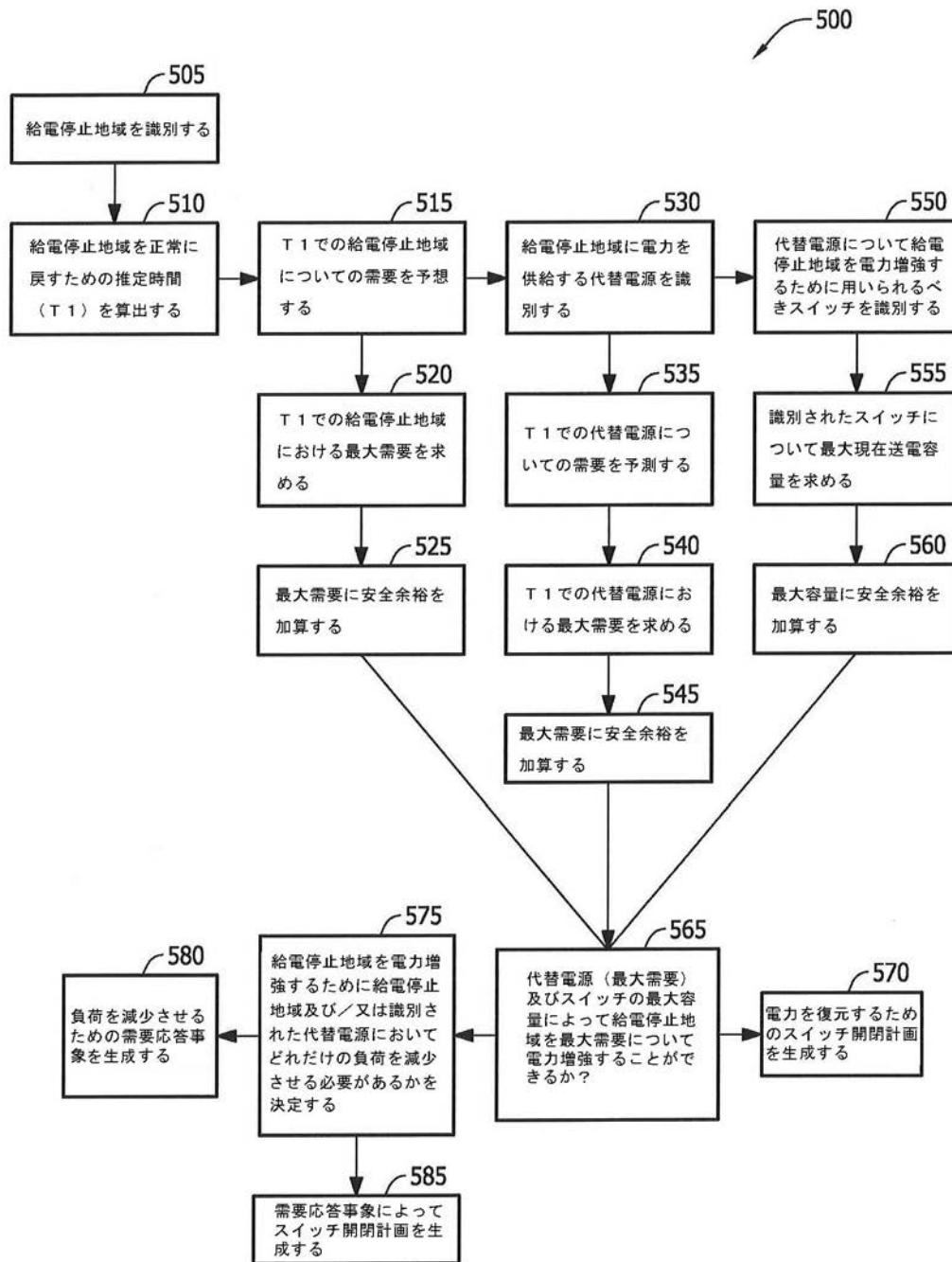


FIG. 3

フロントページの続き

(72)発明者 ラモン・ホアン・サン・アンドレス
アメリカ合衆国、ジョージア州、アトランタ、ワイルドウッド・パークウェイ、4200番

(72)発明者 アトウル・ニガム
アメリカ合衆国、ジョージア州、アトランタ、ワイルドウッド・パークウェイ、4200番

(72)発明者 カマル・クマール・アーヴィンド
アメリカ合衆国、ジョージア州、アトランタ、ワイルドウッド・パークウェイ、4200番

(72)発明者 マリー・エリザベス・ペイン
アメリカ合衆国、ジョージア州、アトランタ、ワイルドウッド・パークウェイ、4200番

F ターム(参考) 5G064 AA04 AC06 AC08 AC09 AC10 BA02 CB07 CB10 CB13 CB19
DA05
5G066 AA03 AA07 AA08 AE09 AE11