(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4783453号
(P4783453)

(45)発行日　平成23年9月28日(2011.9.28)　(24)登録日　平成23年7月15日(2011.7.15)

(51)Int.Cl.		F I		
H02J 3/00	(2006.01)	H02J	3/00	K
H02J 3/46	(2006.01)	H02J	3/46	G
H02J 13/00	(2006.01)	H02J	13/00	B
		H02J	13/00	301A
		H02J	13/00	311R

請求項の数 6　(全 41 頁)

(21)出願番号　特願2009-208744 (P2009-208744)
(22)出願日　平成21年9月10日 (2009.9.10)
(65)公開番号　特開2011-61970 (P2011-61970A)
(43)公開日　平成23年3月24日 (2011.3.24)
審査請求日　平成21年12月24日 (2009.12.24)

早期審査対象出願

前置審査

(73)特許権者　709004846
阿部　力也
神奈川県中郡二宮町緑が丘二丁目２番地の３
(74)代理人　110001243
特許業務法人　谷・阿部特許事務所
(74)復代理人　100115624
弁理士　濱中　淳宏
(72)発明者　阿部　力也
神奈川県二宮町緑が丘２丁目２番３号

審査官　高野　誠治

最終頁に続く

(54)【発明の名称】多端子型非同期連系装置、電力機器制御端末装置と電力ネットワークシステムおよびその制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

双方向に電力変換する複数の自励式電力変換器と、前記自励式電力変換器を通過する電圧・電流・電力を測定する複数の電圧・電流・電力測定器と、全ての前記自励式電力変換器の一方の端子同士を並列に接続する直流母線と、前記電圧・電流・電力測定器で測定された測定値に基づき、前記直流母線に流入する電力と前記直流母線から送出する電力との総和がゼロとなるよう複数の前記自励式電力変換器を協調して制御し、前記自励式電力変換器の他方の端子が接続された電力系統間で非同期に電力融通するように前記自励式電力変換器を制御する電力制御システムと、前記電力制御システムが外部機器との間で電力融通に関する制御情報を通信可能にする、前記電力制御システムに接続された第１のデータターミナルエンドとを備えた第１の多端子型非同期連系装置と、

前記第１の多端子型非同期連系装置の前記自励式電力変換器の他方の端子に連系電線路を介して接続された接続端子と、前記第１の多端子型非同期連系装置の第１のデータターミナルエンドとの間で電力融通に関する制御情報を通信可能にする第２のデータターミナルエンドとを備えた第２の多端子型非同期連系装置と、

前記第１の多端子型非同期連系装置の前記自励式電力変換器の他方の端子と前記第２の多端子型非同期連系装置の前記接続端子とを接続する連系電線路と、

前記第１の多端子型非同期連系装置の前記自励式電力変換器の他方の端子および前記第２の多端子型非同期連系装置の前記接続端子に通信用アドレスを与えるように前記第１及び第２のデータターミナルエンド間を接続して構成されたＷＡＮと、

を備え、
少なくとも１つの前記第１の多端子型非同期連系装置は前記自励式電力変換器を３以上備え、前記第１及び第２の多端子型非同期連系装置に接続された電力系統間で電力融通するために、電力融通を行う電力系統間を結ぶ前記連系電線路を含む送電経路上の前記第１及び第２の多端子型非同期連系装置が、前記通信用アドレスに基づき、各前記自励式電力変換器が行う電力変換の大きさ、方向、開始終了時刻の情報を送受信し、前記情報に基づいて複数の前記電力系統間で、電力を非同期に融通することを特徴とする電力ネットワークシステム。
【請求項２】
請求項１に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記第１の多端子型非同期連系装置は、前記自励式電力変換器を用いて有効電力と独立に任意の無効電力を供給することによって、前記自励式電力変換器に接続された前記電力系統の電圧を制御できることを特徴とする電力ネットワークシステム。
【請求項３】
請求項１又は２に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記電力系統内に、電力機器の起動・停止・電力の制御を行う電力制御部、および前記第１および第２の多端子型非同期連系装置の第１および第２のデータターミナルエンドとの間で電力融通に関する制御情報を通信可能にする第３のデータターミナルエンドを有する電力機器制御端末装置と、前記電力機器制御端末装置に通信用アドレスを与えて構成したＬＡＮとをさらに備え、
前記ＷＡＮと、前記ＬＡＮとを接続し、通信を統合することによって、異なる前記電力系統内の電力機器間で電力融通することを特徴とする電力ネットワークシステム。
【請求項４】
請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記電力系統間での電力融通は、電力融通要求元である前記自励式電力変換器を含む前記第１又は第２の多端子型非同期連系装置である電力融通要求元多端子型非同期連系装置が、他の前記第１の多端子型非同期連系装置に対して一斉に希望取引条件を含む問い合わせを発信する第１の電力融通要求段階と、前記電力融通要求元多端子型非同期連系装置が、前記希望取引条件を満たす前記自励式電力変換器を有する前記第１又は第２の多端子型非同期連系装置の内の少なくとも１つの電力融通応答先多端子型非同期連系装置に対してのみ電力融通予約を発信する第２の電力融通要求段階と、前記電力融通要求元多端子型非同期連系装置と前記電力融通応答先多端子型非同期連系装置とを結ぶ最適な電力融通ルートの組み合わせを選定するルーティング段階とを有する電力融通アルゴリズムに基づき行うことを特徴とする電力ネットワークシステム。
【請求項５】
請求項３に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記電力機器間での電力融通は、電力融通要求元である前記電力機器制御端末装置が、他の前記電力機器制御端末装置に対して一斉に希望取引条件を含む問い合わせを発信する第１の電力融通要求段階と、前記電力融通要求元である前記電力機器制御端末装置が、前記希望取引条件を満たす前記電力機器制御端末装置の内の少なくとも１つの電力融通応答先である前記電力機器制御端末装置に対してのみ電力融通予約を発信する第２の電力融通要求段階と、前記電力融通要求元である電力機器制御端末装置と前記電力融通応答先である電力機器制御端末装置とを結ぶ最適な電力融通ルートの組み合わせを選定するルーティング段階とを有する電力融通アルゴリズムに基づき行うことを特徴とする電力ネットワークシステム。
【請求項６】
請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記第１及び前記第２の多端子型非同期連系装置が接続する少なくとも１つの電力系統が、直流系統であることを特徴とする電力ネットワークシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、基幹電力系統を含む複数の電力系統を相互に非同期に接続する多端子型非同期連系装置による複数ルート同時電力融通制御と、個々の電力系統内に設置される風力・太陽光などの不安定電源やディーゼル発電などの安定電源および電力貯蔵装置や電力負荷からなる電力機器の電力制御装置に付加した電力機器制御端末装置による電力融通制御とを、統合し、さらにそれらにＩＰアドレスを与えて構成したＷＡＮ／ＬＡＮ上のＩＰ通信により、指定した装置間およびまたは指定した電力系統間で、指定した電力を指定した時間融通することを可能にする電力と通信の融合した電力ネットワークシステムに関するものである。

【背景技術】

【０００２】

通常、電力の供給はそのほとんどが電力会社の電力系統から基幹電力系統の送配電網を通じて行われている。電力系統の周波数は需要（負荷）と供給(出力)のバランスで決定されるため、電力会社は数十秒以内の負荷変動をガバナーフリー発電所で、２０分以内の負荷変動を周波数制御（ＡＦＣ）機能付きの発電所で、数時間オーダーの負荷変動を汽力発電所の計画的出力増減で制御し、需要と供給を瞬時々々で一致させている。

【０００３】

系統内の発電機は、同期発電機群で構成され、垂下特性と呼ばれる制御特性を有している。この特性は系統周波数が下がると自身の発電機の回転数を上げる方向に、また逆に系統周波数が上がると回転数を下げる方向に出力を調整するものである。このようにして系統内の全発電機が協力して、周波数を一定に保とうとする特性がある。また、これらの同期発電機は大きな慣性力を持った回転機であるので多少の系統周波数動揺には影響をうけずに域内の周波数を安定化させる力を有している。これらは発電機の同期化力という言葉で表現される。

【０００４】

日本では、東側で５０Ｈｚ、西側で６０Ｈｚの二つの系統に分離されているため、周波数安定のための需給制御はそれぞれ個別独立に行われているが、この制御によりそれぞれの域内の周波数はそれぞれの域内のどの場所でも一つの値に同期されている。

【０００５】

一方、近年、地球温暖化問題の対応ならびに化石燃料高騰の影響を受け、風力発電・太陽光発電・バイオ燃料発電などに代表される再生可能エネルギー電源の導入が加速している。

【０００６】

政府は、２０２０ 年度には２，８００万ｋＷ、２０４０年には５，３００万ｋＷの太陽光発電を導入する目標をたてているが、一方で、２００９年７月の「低炭素電力供給システムに関する研究会報告書」において、現状の電力系統のままでは、太陽光発電は２０２０年度時点で１，３００万ｋＷ程度しか導入できないと報告している。

【０００７】

これは太陽光発電、風力発電などの一部の再生可能エネルギー電源が基本的に同期を強化する力すなわち同期化力を持たないことに起因している。

【０００８】

これらの電源は、系統の周波数を検出してそれに同期させて電流を送り込むインバータ電源または系統に追従する誘導機型電源であるため、変動が大きいとむしろ系統の周波数安定性を損なう性質を有している。従って変動の大きい再生可能エネルギー電源の大量導入は現状の系統構成のままでは著しく同期化力を損ない、大規模な停電などの障害を引き起こす懸念がある。

【０００９】

この問題を解決し、再生可能エネルギー電源を大量導入するためには、従来の概念にない新しい電力システムを構想し、現在の電力システムから重大な困難なく移行していく手順が示されなくてはならない。しかしながら従来技術の中にはこのような文献や報告が存在しない。

【００１０】
従来技術の中で、大量の不安定電源を同期系統に接続される際の問題の対策としては、以下のようないくつかの提案がなされている。それらは大別すると次の３つの方法に分類される。
【００１１】
第一の従来方法は電力基幹系統を強化する方法である。これは高圧連系線の強化やＢＴＢ型ループコントローラの設置、周波数変換所の容量増大、北海道本州直流連系線の容量増大などを図り、バックアップ電源としてのガスタービン発電や可変速水力発電設備などの増大により再生可能エネルギー電源の変動に備えるものである。この方法にかかわるものとしては以下の特許文献１、２がある。
【００１２】
第二の従来方法は、分散電源の出力抑制ならびに需要抑制である。出力抑制については太陽光発電や風力発電は電力会社からの信号で出力を抑制する回路の義務化が検討されている。この方法にかかわるものとしては以下の特許文献３、４がある。
【００１３】
第三の従来方法は、複数の電力系統間や基幹系統との間で電力の融通を行う方法である。再生可能エネルギーのような不安定電源を大量に導入された複数の電力系統を何らかの形の電力融通装置で接続し、相互に電力を融通する方法である。この方法には以下の特許文献５、６、７、８がある。
【００１４】
また、電力と通信の融合に関して以下の特許文献９がある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１５】
【特許文献１】特開平１１－１４６５６０号公報
【００１６】
【特許文献２】特開平１１－９８６９４号公報
【００１７】
【特許文献３】特開２００８－１８２８５９８号公報
【００１８】
【特許文献４】特開２００７－１８９８４０号公報
【００１９】
【特許文献５】特開２００３－３２４８５０号公報
【００２０】
【特許文献６】特開２００７－８９２５０号公報
【００２１】
【特許文献７】国際公開２００４－０７３１３６号公報
【００２２】
【特許文献８】特許３９３４５１８号公報
【００２３】
【特許文献９】特開２００３－１５２７５６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００２４】
同期化力を持たない再生可能エネルギー電源を大量導入するための電力システムの観点からみると、これらの従来手法には以下のような問題点が存在する。
【００２５】
第一の従来手法は、基幹系統の強化を目的とするものであるが、例えば、特許文献１では複数の制御対象とする地域系統を制御実行時刻における系統状況に応じて各地域系統間を接続している開閉器の入り切り操作を用いて、自由に対象系統範囲を変更することによ

り電力系統の安定度を高めるとしている。しかし、各地域系統の元は同じ同期系統であり、単に系統の定数の変化に合わせて潮流の流れ方を変える提案に過ぎない。この方法では同期化力を持たない再生可能エネルギー電源が増大した時の解決にはならない。

【００２６】

また、特許文献２では、複数の電力系統においてＢＴＢ型の電力変換器で連系した電力連系系統における電力融通指令装置について提案している。明細書によれば、複数電力系統の電力連系で、電力系統毎に需要と供給をすべて測定し、その需要不均衡情報をすべてセンターに集めてあらかじめ定められた分担に従って電力を配分するという提案になっている。

【００２７】

実施例で記述されている北海道・本州直流連携の制御方法のような２系統間における電力融通方法としては、実現可能であるが、対象となる電力系統の数やその中の需要家数や太陽光発電設備などが急速に増加し、電力系統構成が急速に変化していく電力システムにおいては、複数電力系統のすべての需要と供給を電力系統毎に常時把握する中央制御システムを維持することは極めて困難な課題となる。

【００２８】

第二の従来手法は出力や需要の抑制であるが、例えば、特許文献３では蓄電装置の最大出力能力および充電容量を超える風力発電装置の出力電力変動分を抑制する風力発電システムが提案されている。また特許文献４では、系統の状態を常に監視し、必要な時には発電機遮断と発電機出力の抑制を組み合わせることで、よりきめ細かい抑制を図ることが提案されている。需要側の抑制については、近年スマートグリッドやスマートメーターというような表現で米国を中心に開発が進んでいる。これらの方法は、発電もしくは需要の抑制技術であり、いずれも再生可能エネルギー電源を大量に導入するという目的を達成するための技術とはいえない。

【００２９】

第三の従来手法では、複数の電力系統間や基幹系統との間で電力の融通を行う手法が提案されている。

【００３０】

例えば特許文献５では、「送配電線網を介して電力を相互に融通するとともに、通信網を介して相互に各種情報をやり取りすることにより電力の融通を制御する電力需給調整システム」を提案しているが、基本的に従来型の同期系統の中で系統の切り分けをこまめに行う方法であって、再生可能エネルギー電源を大量に導入するという目的を達成するための技術とはいえない。

【００３１】

特許文献６では、ループコントローラを使用して系統の切り分けや接続の最適化について提案しているが、やはり同期系統につながった配電網の切り分けをこまめに行う方法である。

【００３２】

これらの方法では、基本的にすべての電力需要家が基幹電力系統に依存しているため、再生可能エネルギー電源の増大が同期化力を弱めてしまうという課題には答えていない。

【００３３】

特許文献７では、「電力機器と電力需給制御機器とを備えた電力需給家の複数が相互接続されてなる電力システムにおいて、相互に電力融通を行う電力システム」を提案しているが、抽象的な概念になっていて電気回路的に以下のような欠陥がある。

【００３４】

まず複数の需要家をつなぐ連系線路が、「分枝状電力需給線路、数珠つなぎ状電力需給線路、放射状電力需給線路、網状電力需給線路またはこれらを組み合わせた電力需給線路」となっているが、こういった接続は、電気的には複雑な潮流問題を内包すると同時に、短絡容量が大きくなるため、遮断器容量の増大や保護システムの複雑化を招くことになる。また、これを直流連系線路で行うという提案もなされているが、これは直流連系線の短

絡容量を著しく増大させ、直流遮断器の設置や線路の分断など連系線設計の難度が高い。

【００３５】

さらにこの提案では、１本の線路に複数の需給家が電力制御機器を通じてつながっているが、需給家と需給家の間で電力を融通するには、２つの電力制御機器を通過するため、回路が冗長となっており、損失も大きくなる。

【００３６】

さらに、１本の連系線路上で複数の需給家が過不足なく電力を融通しあうには、いずれかの需給家が電圧源となり、連系線路の電圧を維持し、電力を供給する立場の需給家はこの電圧に合わせて電流を供給し、電力をもらう立場の需給家はこの電圧に合わせて電流をもらうことになる。この制御に時間遅れが発生すると、このような小さな系統では電圧源が大きくふらつき、この連系線路に接続している需給家すべてに動揺を与える。この系統の需給は、通信を介して行われるので信頼度は通信に依存することになる。このような電気回路構成は、現実味がない。

【００３７】

特許文献８では、複数の離島などを想定した直流多端子送電に電力貯蔵装置を加えた提案を行っている。しかし、現実の直流多端子送電は実現されたものがほとんどない。これは、複数の端子間での電力の総和をゼロに制御するために高速な通信回線が不可欠であり、現実にはうまく制御できないことに起因している。実際に稼働している地点はイタリアのＳＡＣＯＩプロジェクト（２００ｋＶ、２００ＭＷ、３端子）とアメリカのＱｕｅｂｅｃ－Ｎｅｗ　Ｅｎｇｌａｎｄプロジェクト（４５０Ｖ、２，０００ＭＷ、３端子)に限られその後の計画はない。後者は５端子で計画されたが、制御性の課題などにより３端子に計画縮小した上、双方向の電力融通はそのうちの１端子だけになった。

【００３８】

本特許文献によれば、電力貯蔵装置を取り込むことにより、複数の直流多端子で安定に運転できると主張している。しかしながら、本方式には次のような根本的な欠陥が内包されている。まず、直流送電線の距離長が長くなるため、直流ケーブルや接続部などでの事故確率が高まる。直流遮断器などを分岐点に多数配置しないと、直流部で事故が起きたときの電路切り分けができず、全系統停電になる。次に電力貯蔵装置を含めた全端子間の電力総和ゼロ制御は、通信回線で担保されなければならず、制御の信頼性が通信信頼性に依存することになる。これらの課題は電力貯蔵のあるなしにかかわらないが、電力貯蔵があるとさらに複雑になるため、４端子以上の直流送電は現実味が薄い。

【００３９】

以上のように、従来文献には再生可能エネルギーの大量導入を可能にする為の電力システムについて、直截的な例が見当たらないものの、従来文献を参考にすると、現在の基幹電力系統を、再生可能エネルギー電源と分散電源と需要で構成される多数の電力系統に分割し、電力貯蔵装置を導入して独自に需給バランスをとって周波数と電圧を安定させ（電力系統の自立と呼ぶ）、その上で、ＢＴＢやループコントローラのような連系装置（以下ＢＴＢ型連系装置と呼ぶ）で相互にネットワーク連系線で接続する方法が有効であることが比較的容易に想起できる。

【００４０】

しかし、ＢＴＢ型連系装置による電力ネットワークには以下のような課題がある。

まず、電力融通制御装置面においては、ＢＴＢ型連系装置では連系する電力系統の数の２乗に比例するオーダーの連系装置が必要となる。さらにその間で協調制御をおこなう必要がある。これは変換器数の増大のみならず、設置時期やメーカーの異なる装置間での協調制御という困難な課題を生み出す。

【００４１】

さらに複数の電力系統を連続して電力融通する場合、電力が通過するだけの電力系統では電力変換が２度行われ、変換損失が大きくなるという問題がある。

【００４２】

また、電力母線に故障が発生すると、その電力系統を経由する電力融通ルートはすべて

停止し、健全な電力系統にまで波及するという問題がある。

【００４３】

さらに通信システム面において、複数の電力系統間で電力融通を行うためには、ネットワークのルートが増えるにつれ、通信システムも複雑化し、高額な初期投資と保守費用が必要となる。信頼度を維持しなければならない通信ルートや通信機器が膨大になり、改造や新増設と対応が困難になる。さらに任意の電力機器から別の電力系統内の任意の電力機器に電力を融通するという新しいコンセプトを実現することは、従来の通信方法では、設備対応の困難さや初期投資の大きさ、保守コストの増大といった課題がある。

【００４４】

次に制御システム面において、このような電力融通を行う際、従来の方法では、中央指令装置が必要であり、中央に情報を集める手段と、その通信回路、さらに指令を発信する手段が必要である。さらに、電源系統の信頼性の重要さに鑑み、二重化などの措置が必要であった。分散した複数の電力系統システムが常に再編され増大していくような新しい電力システムにおいては、このような従来の方法では膨大な設備投資と間断のない保守対応が発生し、ネットワーク管理者の負担が膨大になりがちである。

【００４５】

さらに複数電力系統間で電力融通を行う場合、すべての電力系統から融通可能な有効・無効電力の大きさや量、時間、電力価格の情報を得て、電力ルートの制限を加味して、融通すべきルート選定、複数ルートの組み合わせを決定し、各融通装置に通達し実行させる必要がある。

【００４６】

電力網と通信網の複合した概念については、特許文献９に家庭やビル内における電力線と通信回路の融合した例が示されているものの、これはコンセントを使ったインターネット回線の概念であり、電力融通制御に関する概念は含まれていない。

【００４７】

以上のことから、再生可能エネルギーを大量導入するためには、個々の電力系統の中で再生可能エネルギーと他の電源・負荷および電力貯蔵装置等の電力機器の需給をバランスさせて自立させ、過不足が生じる部分について、基幹電力系統も含め、他の電力系統と非同期に接続して電力を融通し合える効率的な連系装置を開発する必要があり、さらにそれら電力機器の制御、全体をコントロールする効率的で柔軟な制御システム、その通信基盤となる通信システム、最適な電力融通アルゴリズムの開発等の課題を解決し総合的な電力システムを構築する必要があることがわかる。

【課題を解決するための手段】

【００４８】

請求項１の発明は、上記の課題を解決するために考案された電力ネットワークシステムで、双方向に電力変換する複数の自励式電力変換器と、前記自励式電力変換器を通過する電圧・電流・電力を測定する複数の電圧・電流・電力測定器と、全ての前記自励式電力変換器の一方の端子同士を並列に接続する直流母線と、前記電圧・電流・電力測定器で測定された測定値に基づき、前記直流母線に流入する電力と前記直流母線から送出する電力との総和がゼロとなるよう複数の前記自励式電力変換器を協調して制御し、前記自励式電力変換器の他方の端子が接続された電力系統間で非同期に電力融通するように前記自励式電力変換器を制御する電力制御システムと、前記電力制御システムが外部機器との間で電力融通に関する制御情報を通信可能にする、前記電力制御システムに接続された第１のデータターミナルエンドとを備えた第１の多端子型非同期連系装置と、前記第１の多端子型非同期連系装置の前記自励式電力変換器の他方の端子に連系電線路を介して接続された接続端子と、前記第１の多端子型非同期連系装置の第１のデータターミナルエンドとの間で電力融通に関する制御情報を通信可能にする第２のデータターミナルエンドとを備えた第２の多端子型非同期連系装置と、前記第１の多端子型非同期連系装置の前記自励式電力変換器の他方の端子と前記第２の多端子型非同期連系装置の前記接続端子とを接続する連系電線路と、前記第１の多端子型非同期連系装置の前記自励式電力変換器の他方の端子および

前記第２の多端子型非同期連系装置の前記接続端子に通信用アドレスを与えるように前記第１及び第２のデータターミナルエンド間を接続して構成されたＷＡＮと、を備え、少なくとも１つの前記第１の多端子型非同期連系装置は前記自励式電力変換器を３以上備え、前記第１及び第２の多端子型非同期連系装置に接続された電力系統間で電力融通するために、電力融通を行う電力系統間を結ぶ前記連系電線路を含む送電経路上の前記第１及び第２の多端子型非同期連系装置が、前記通信用アドレスに基づき、各前記自励式電力変換器が行う電力変換の大きさ、方向、開始終了時刻の情報を送受信し、前記情報に基づいて複数の前記電力系統間で、電力を非同期に融通することを特徴とする。

【００４９】

請求項２の発明は、請求項１に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記第１の多端子型非同期連系装置は、前記自励式電力変換器を用いて有効電力と独立に任意の無効電力を供給することによって、前記自励式電力変換器に接続された前記電力系統の電圧を制御できることを特徴とする。

【００５０】

請求項３の発明は、請求項１又は２に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記電力系統内に、電力機器の起動・停止・電力の制御を行う電力制御部、および前記第１および第２の多端子型非同期連系装置の第１および第２のデータターミナルエンドとの間で電力融通に関する制御情報を通信可能にする第３のデータターミナルエンドを有する電力機器制御端末装置と、前記電力機器制御端末装置に通信用アドレスを与えて構成したＬＡＮとをさらに備え、前記ＷＡＮと、前記ＬＡＮとを接続し、通信を統合することによって、異なる前記電力系統内の電力機器間で電力融通することを特徴とする。

【００５１】

請求項４の発明は、請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記電力系統間での電力融通は、電力融通要求元である前記自励式電力変換器を含む前記第１又は第２の多端子型非同期連系装置である電力融通要求元多端子型非同期連系装置が、他の前記第１の多端子型非同期連系装置に対して一斉に希望取引条件を含む問い合わせを発信する第１の電力融通要求段階と、前記電力融通要求元多端子型非同期連系装置が、前記希望取引条件を満たす前記自励式電力変換器を有する前記第１又は第２の多端子型非同期連系装置の内の少なくとも１つの電力融通応答先多端子型非同期連系装置に対してのみ電力融通予約を発信する第２の電力融通要求段階と、前記電力融通要求元多端子型非同期連系装置と前記電力融通応答先多端子型非同期連系装置とを結ぶ最適な電力融通ルートの組み合わせを選定するルーティング段階とを有する電力融通アルゴリズムに基づき行うことを特徴とする。

【００５２】

請求項５の発明は、請求項３に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記電力機器間での電力融通は、電力融通要求元である前記電力機器制御端末装置が、他の前記電力機器制御端末装置に対して一斉に希望取引条件を含む問い合わせを発信する第１の電力融通要求段階と、前記電力融通要求元である前記電力機器制御端末装置が、前記希望取引条件を満たす前記電力機器制御端末装置の内の少なくとも１つの電力融通応答先である前記電力機器制御端末装置に対してのみ電力融通予約を発信する第２の電力融通要求段階と、前記電力融通要求元である電力機器制御端末装置と前記電力融通応答先である電力機器制御端末装置とを結ぶ最適な電力融通ルートの組み合わせを選定するルーティング段階とを有する電力融通アルゴリズムに基づき行うことを特徴とする。

【００５３】

請求項６の発明は、請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の電力ネットワークシステムにおいて、前記第１及び前記第２の多端子型非同期連系装置が接続する少なくとも１つの電力系統が、直流系統であることを特徴とする。

【発明の効果】

【０１３９】

本発明のように，複数の電力系統を非同期連系多端子型非同期連系装置で接続すれば、

第一に多数の連系線ネットワークができ、電力系統が自立するのに必要な電力を互いに補完しあい、連系装置容量およびネットワーク回線の容量は大幅に低減される。このようにして電力系統間ネットワークが増えれば増えるほど、融通電力が増えるため電力系統内への再生可能エネルギー電源の導入量を増やすことができる。基幹電源系統は、再生可能エネルギー電源の変動を受け持たなくて済むため、連系容量を過大に持つ必要がなくなり、従来の高品質な電源系統を維持することができる。

【０１４０】

第二に本発明の電力ネットワークシステムにより特定の電力機器や電力系統間で任意の電力を融通しあうことが可能になる。電力融通に当たっては、取引条件をもとに予約を行う電力融通手順が定められ、融通電力に情報を付加することで柔軟な融通が行なえ、電力取引の結果を記録することができるようになる。

【０１４１】

第三にそれぞれの電力系統は，過大な発電設備や貯蔵装置を持たなくても他の電力系統とのネットワークや基幹電源系統との間でも連系することによって自立することができるので地域にとり有利な再生可能エネルギー電源を自由に電力系統内に取り込むことができるようになる。太陽光発電だけでも人類の年間に消費するエネルギーの１，０００倍近くあり、日本でも未利用地に太陽光パネルを敷いた場合、電力消費の８倍程度得られるというＮＥＤＯ調査結果もある。本発明は、これらの再生可能エネルギーの大量導入に大きく寄与する。

【図面の簡単な説明】

【０１４２】

【図１】図１は電力ネットワークシステムの全体像を示した説明図である。（実施例１、実施例３、実施例５、実施例６、実施例８）

【図２】図２は同期系統と非同期系統での電力授受の違いを示した説明図である。

【図３】図３は同期系統と非同期系統での違いを示したベクトル図である。

【図４】図４は電力ネットワークの接続例である。（実施例２）

【図５】図５は通信回路のＷＡＮ／ＬＡＮを、外部データ通信路で示した図である。（実施例４、実施例１８）

【図６】図６は通信回路のＷＡＮ／ＬＡＮを、電力線搬送通信路で示した図である。（実施例５、実施例１８）

【図７】図７はルーティングテーブルの一例を示した説明図である。（実施例６）

【図８】図８は電力融通の第一の電力融通要求段階を模式的に説明する図である。（実施例７）

【図９】図９は電力融通の第二の電力融通要求段階を模式的に説明する図である。（実施例７）

【図１０】図１０は電力融通ルーティング段階を模式的に説明する図である。（実施例７、実施例２０）

【図１１】図１１は多端子型非同期連系装置が接続する電力系統が直流の場合を示した説明図である。（実施例９）

【図１２】図１２は多端子型非同期連系装置の簡略構造を図示した説明図である。（実施例１１）

【図１３】図１３は、多端子型非同期連系装置の詳細構造を図示した説明図である。（実施例１１）

【図１４】図１４はＢＴＢ型連系装置と多端子型非同期連系装置の装置数を比較した図である。（実施例１１）

【図１５】図１５はＢＴＢ型連系装置と多端子型非同期連系装置での電力融通の比較を行った説明図である。（実施例１１）

【図１６】図１６は多端子型非同期連系装置内の通信制御システムを示した説明図である。（実施例１６）

【図１７】図１７は電力機器制御端末装置内の通信制御システムを示した説明図である。

（実施例１７）
【図１８】図１８はさまざまな電力融通の形態の例である。（実施例１９）
【図１９】図１９は多端子型非同期連系装置のシミュレーションの実施例である。（実施例２１）
【発明を実施するための形態】
【０１４３】
はじめに、従来型の交流同期系統での電力融通と、本発明の基本原理である非同期連係による電力融通との差異について説明する。図２は、（Ａ）図が従来型の交流同期系統で４つの電力系統（ノード２０と呼ぶ）を６つの連系電線路（リンク２１と呼ぶ）で結んだものである。連系電線路には線路インダクタンスＬのリアクトル成分１９がある。（Ｂ）図は、本発明の交流非同期系統で、同様に４つのノードを、多端子型非同期連系装置のＡ接続端子とＢ接続端子を介して６つのリンクで結んだものである。簡単のために図中には交流フィルターや接続用リアクトルもしくは変圧器を省略してある。
【０１４４】
（Ａ）図の回路網の初期状態は、電圧Ｖ、位相０、周波数ω／２πで同期している。この状態からノードｃに電力を送るためには、ノードｃの電圧を下げるか、位相をθだけ遅らすか、いずれかの方法をとる。通常電圧を下げると、その電力系統内の電力機器に悪影響が出るので位相を遅らす方法をとる。ノードｃの位相をθだけ遅らせると、隣接するａ、ｂ、ｄすべてのノードとの間に位相差θが生じる。これにより流れる電流はＩｄｃ、Ｉａｃ、Ｉｂｃとなり、これらは同じ大きさの電流となる。電圧が同じなので流入する電力も同じになる。すなわち電力を３つのノードから受け取ることになる。これは、位相を変えずに電圧Ｖを変えても同じことである。すなわち、交流同期系統では、一つのノードが電力授受を行う際に、必ず隣接するノードに影響を与えてしまうことがわかる。
【０１４５】
（Ｂ）図の回路網の初期状態は、電圧Ｖの大きさは４つのノード間で等しいが、周波数はそれぞれ、ωａ／２π、ωｂ／２π、ωｃ／２π、ωｄ／２πと異なっており、同期していない。最初はすべての双方向電力変換器１０が停止している状態（黒色の三角形の状態）とする。この状態から、ノードｃに電力を送るために、ここではノードａに接続している電力変換器とノードｃに接続している電力変換器を動作（白抜きの三角形の状態）させる。これで、図示されているように、ノードａとノードｃを結ぶ電力変換器だけが運転しており、他の電力変換器はすべて停止している状態となる。従って、リンクａｃの間でだけ電力が融通され、他のノードｂとノードｄは全く影響を受けない。
【０１４６】
このときの電圧・電流ベクトルの状態を、図３の（Ａ）と（Ｂ）にそれぞれ図示した。
（Ａ）図は、図２の（A）図に対応した交流同期系統の場合である。ノードａ、ｂ、ｃ、ｄが同じ電圧Ｖであり、ノードｃについてのみ位相をθだけ遅らした時のベクトル図を示している。このとき、リンクａｃ、ｂｃ、ｄｃ間の線路リアクトル（Ｌ）の両端に電圧差ΔＶが発生し、ΔＶ/ωLの大きさの電流Ｉ（＝Ｉａｃ＝Ｉｂｃ＝Ｉｄｃ）が、ΔＶの位相に９０度遅れて流れる。本図では、各ベクトルの電圧Ｖが等しいので、電圧ベクトルの作る三角形は二等辺三角形になり、電流位相はθ／２になる。

$$I=\Delta V/j\omega L=(V-V\cdot e^{j\theta})/j\omega L$$

となり、ノードｃに流入する複素電力は、ノードａ、ｂ、ｄの３方向から同じ大きさのＩが流れ込むので以下の通りとなる。

$$P+jQ=V\cdot 3\cdot I^{*}$$

（ただし、Ｉ＊はＩの共役複素数）

$$=V\cdot 3\cdot V(1-e^{-j\theta})/(-j\omega L)$$
$$=3\cdot(V^{2}/\omega L)\cdot j(e^{-j\theta}-1)$$
$$=3\cdot(V^{2}/\omega L)\cdot\sin\theta+j\cdot 3\cdot(V^{2}/\omega L)\cdot(\cos\theta-1)$$

【０１４７】
一方図３の（Ｂ）図は、図２の（B）図に対応した交流非同期系統の場合である。ノードａの電力は電力変換器で直流に順変換される。ついでノードｃの周波数ωｃ／２πに同

期した交流Ｖｉｎｖに逆変換される。ノードｃの複素電圧Ｖｃの大きさをＶとし、位相を０としたとき、電力変換器に与えるＰＷＭ信号により、複素電圧Ｖｉｎｖは任意の値をとることができる。Ｖｉｎｖの大きさをＶｘとし、Ｖｃとの位相差をφとしてＶｃと同期させれば、ＶｉｎｖとＶｃの間にある変圧器またはリアクトルのリアクタンスの大きさをＬとすると、その両端にΔＶの電圧差が発生する。すなわち、$Vinv=Vx\cdot e^{(j\omega ct+\phi)}$、$Vc=V\cdot e^{j\omega ct}$、ΔＶ＝Ｖｃ－Ｖｉｎｖとすれば、

リアクトルＬを流れる電流Ｉは、

$I=\Delta V/j\omega L=(V-Vx\cdot e^{j\phi})/j\omega L$

また、授受できる電力は、

$P+jQ=V\cdot I^{*}$

$=V\cdot(V-Vx\cdot e^{j\phi})/(-j\omega L)$

$=V\cdot Vx\cdot \sin\phi/\omega L+j\cdot(V^{2}-V\cdot Vx\cdot\cos\phi)/\omega L$

となる。

複素電圧Ｖｉｎｖの電圧の大きさＶｘと、ＶｉｎｖとＶｃとの位相差φが、任意に作れるので、有効電力と無効電力の授受の大きさ・方向が任意に設計できる。この方法では、他のノードに影響を与えない。

【０１４８】

従来型の電力系統では、いわゆる網目状のリンクを増やすと、隣接するノードが影響しあって潮流計算が複雑になる。また、事故時には多方面から大電流が流れ込み遮断器の容量を超えてしまい、事故遮断できなくなることがある。このため、従来の同期系統の電力網は網目状のリンクを避け、上流から下流側に向かって電力が流れていく、くし型や放射状型になっている。

【０１４９】

これに対して、本発明の多端子型非同期連系装置による非同期連系回路網の場合、潮流計算は、線形連立方程式を解くことで解が求められるので同期連系に比べて、格段に計算が楽になる。

【０１５０】

この原理により、適切な制御を行えば、複数の非同期電力系統間で任意の電力を融通しあったり、電圧維持に必要な無効電力を供給しあったりすることが可能になる。

【０１５１】

本発明は、それを行うために必要な電力ネットワークシステム、多端子型非同期連系装置、電力機器制御端末装置とそれらを使用した電力融通方法ならびにそのプログラムに関するものである。

【０１５２】

以下、図面を参照し、本発明の実施形態について説明する。

（実施例１）

【０１５３】

図１は、本発明の電力ネットワークシステムの全体像の一例を示している。この図では、自立した電力系統３が＃１から＃６まで、６つ示されている。それぞれに電力母線６があり、その下に発電装置６１、電力貯蔵装置６２ならびに図示していないが一般需要家の負荷等の電力機器が接続されている。ただし、＃５電力系統は単独の電力機器が接続される特殊な電力系統４の例として表示している。この図において１は、電力系統間を接続する多端子型非同期連系装置である。連系電線路７を介して電力系統３を相互に接続している。

【０１５４】

各電力系統３は基幹電力系統５も含めてすべてお互いに同期を必要としない自立電力系統である。＃１から＃４までの電力系統の電力母線には多端子型非同期連系装置１が設置されている。多端子型非同期連系装置には遮断器８、断路器９、自励式電力変換器１０で構成されるＡ接続端子２０１と遮断器８、断路器９で構成されるＢ接続端子２０２がある。

【０１５５】
＃１と＃２電力系統のように、基幹電力系統５とＡ接続端子と連系電線路を介して接続することも可能である。この場合、図示されていないが基幹電力系統側の接続は単純な断路器と遮断器でよいし、Ｂ接続端子でもよい。＃１電力系統や＃２電力系統のＡ接続端子の電力変換器が系統電圧に同期させれば電力の授受を行うことができる。もちろん基幹電力系統側に多端子型非同期連系装置１を置き、Ａ接続端子を介して各電力系統に接続することができる。この場合接続先電力系統には、Ｂ接続端子があればよい。
【０１５６】
多端子型非同期連系装置は、後述するように各接続端子の少なくとも一つが前記接続先の電力系統の電力を直流に順変換したのち、直流並列母線を通じて、残りの接続端子群が接続先の電力系統の電圧・位相・周波数に同期させて電力を逆変換して送出し、流入する電力と送出する電力の総和がゼロとなるよう電力制御することを特徴とする。
【０１５７】
＃１電力系統に設置された多端子型非同期連系装置１のＡ接続端子２０１は、連系電線路７を介して、＃２、＃３、＃４の電力系統に接続されている。接続先の電力系統では、Ｂ接続端子２０２が、接続相手となっている。
【０１５８】
＃２電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のＡ接続端子は、＃３、＃４電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のＢ接続端子と連系電線路７を介して接続している。
【０１５９】
＃３電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のＡ接続端子は、＃４電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のＢ接続端子と連系電線路７を介して接続する。この例では＃３電力系統に設置された多端子型非同期連系装置は、Ａ接続端子を２回路背中あわせにつき合わせるＢＴＢ型変換器とＢ接続端子から構成されている。
【０１６０】
＃４電力系統に設置された多端子型非同期連系装置は、Ａ接続端子を持たず、すべてＢ接続端子から構成されている。
【０１６１】
＃１電力系統の下位の電圧階級の電力母線に設置された多端子型非同期連系装置１は、電力機器単独系統４の＃５電力機器に直接接続されている。この電力機器が電力貯蔵装置であれば、Ａ接続端子の自励式電力変換器が適切な直流電圧を作りだし、充放電が可能になる。また、この電力機器が風力発電機であれば、Ａ接続端子が、自立した交流電力を作りだし、それに風力発電機が系統連系するような制御も可能である。
【０１６２】
この電力機器が太陽光発電装置や燃料電池発電装置であれば、Ａ接続端子が直流変換を行うことで電力融通できる。この電力機器が、ディーゼルなどの内燃機関発電機であれば、Ａ接続端子が、自立した交流電力を作りだし、それに内燃機関発電機が系統連系するような制御も可能である。この多端子型非同期連系装置との組み合わせを前提とした新しい発電制御方式を組み込んだ再生可能エネルギー発電機の開発も可能である。
【０１６３】
＃６電力系統に接続されたＡ接続端子は、受電側が電力母線に遮断器を介さず、直結している。Ａ接続端子の給電容量が＃６電力系統の負荷を十分賄え、遮断容量が＃６電力系統で事故が起きた場合の故障電流を十分遮断できる場合、このような接続方法が可能である。
【０１６４】
図１では、＃６電力系統と＃１～＃４電力系統との間を非同期連系接続した連系電線路は示されていないが、融通電力を大きくしたい場合は変圧器を介し、融通電力が小さい場合は多端子型非同期連系装置のみで連系し電力融通を行うことが可能である。
【０１６５】

図１に示される各電力系統の中は、従来型の同期系統である。自立した電力系統内には、電力母線６の下位に遮断器８を介して、発電装置６１・電力貯蔵装置６２・図示されていないが負荷があり、これらを電力機器と総称している。電力機器には電力の入出力を制御する電力制御部がありそこに外部信号を伝える手段を有する電力機器制御端末装置１３を付加していることが本発明の特徴である。

【０１６６】

図１は、基幹電力系統を含む任意の電圧・位相・周波数を持つ複数の非同期である電力系統を多端子型非同期連系装置によって接続した複数の電力系統間非同期連系ネットワークシステムと、自立した電力系統内に設置される電力機器に電力機器制御端末装置を付加して構成した電力系統内同期ネットワークシステムとを接続し、電力制御を統合することによって、異電力系統電力機器間の電力融通や、複数電力系統間での同時かつ非同期な電力融通が可能になる電力ネットワークシステムの代表例である。

この発明では、再生可能エネルギー電源を内包した電力系統が、系統内の電力機器間で電力融通を行って自立し、それでも需給バランスが崩れると予想される場合、他の電力系統と複数の非同期連系ルートを通じて、電力を融通し合うことにより、自立を補完し合える。

また、これにより、再生可能エネルギー電源由来の出力変動は、電力系統の内部で吸収されるか、他の電力系統との非同期連系ネットワークで吸収されるようになるため、基幹電力系統は変動の影響を受けにくくなる。その結果、基幹電力系統の同期化力を維持でき、複数の電力系統ネットワークと協調して安定化し、再生可能エネルギー電源を電力系統に大量に導入することが可能になる。

本発明の電力ネットワークシステムへの移行ステップは、既存の変電所以下の電力系統に、必要な電力機器と電力機器制御端末装置を導入して自立した電力系統とし、変電所間を接続する従来の送電線と変電所母線との間に多端子型非同期連系装置を設置して他の電力系統や基幹電力系統と非同期連系することを最初のステップとする。再生可能エネルギー電源の導入量増大に併行して、連系電力系統を徐々に増やしていき、それに伴い基幹電力系統からの融通電力を減らしていくことが次のステップとなる。このようにして無理なく本発明の電力ネットワークシステムに移行していくことが可能である。

本発明では、後述するように、多数の電力系統が相互に非同期連系し、個別に電力制御を行うための多端子型非同期連系装置を考案した。この装置は異なる電力系統間で電力を分配する役割を果たしている。これにより、従来の同期電力系統では不可能であった特定の電力系統間での電力融通を、電力変換器の数を削減しつつ可能にし、制御自由度と信頼度を向上し、電力変換の回数も削減し、電力損失を減少させることができる。このネットワークを本発明では、「電力系統間非同期連系ネットワークシステム」と呼ぶ。

一方、接続される側の電力系統は、従来の変電所下流の配電網にあたる。本発明では、この電力系統の中に設置される発電装置・電力貯蔵装置・負荷からなる電力機器に付加し、個別の電力の制御を行うことが可能になる電力機器制御端末装置を考案した。この装置は通信データターミナルエンド（ＤＴＥ）であり、かつ電力制御インターフェースの役割を果たす。これにより、後述する通信システムと通信プロトコルに準じて通信を行い、同じ電力系統内で、たとえば風力発電機と電力貯蔵装置の出力を調整制御することが可能になった。このネットワークを本発明では、「電力系統内同期ネットワークシステム」と呼ぶ。

上述した「電力系統間非同期連系ネットワークシステム」と「電力系統内同期ネットワークシステム」とを前記多端子型非同期連系装置の接続端子を通じて接続し、制御統合することで、電力系統内の特定電力機器の発電電力を別の電力系統の特定の電力機器に送ることが可能になる。これにより、一つの電力系統で発電電力が過剰に発生したときに周辺の多くの電力系統に吸収させることや、逆に出力が不足したときに、周辺の電力系統の電力貯蔵装置や発電装置から、複数のネットワークを経由してその電力系統の電力貯蔵装置に電力を送り込んだりすることができるようになる。

これらにより、日本や欧州・米国のような基幹電力系統が確立したところで、変電所以

下の電力系統を分離・非同期化して再生可能エネルギー電源を大量に導入していくことができる。

また、開発途上国など村落・町・市などの分散した小さな交流電力系統が分散し、点在しているところが多い。

小さな電力系統単独では周波数不安定や瞬時電圧低下・停電等が頻発し、太陽電池や風力発電などの出力の不安定な電源は導入が困難であるが、こういう地点こそ、化石燃料からいち早く脱却すべきであって自然エネルギー電源の導入が必要である。

本発明の利用により、小さな電力系統を多端子型非同期連系装置で接続し、非同期連系ネットワーク化していくことで電力機器を共用でき、周波数不安定や瞬時電圧低下・停電等の問題が解消できる上、自然エネルギーの導入も可能になり化石燃料からの脱却を推進できる。

【０１６７】

（実施例２）

【０１６８】

図４は本発明における、Ｎ個の電力系統間において、１／２・Ｎ・（Ｎ－１）の電力融通リンクが生成される電力ネットワークの接続例である。＃１から＃５の同期がとれていない電力系統を連系する多端子型非同期系統連系装置１の形態が示されている。５つの電力系統間の場合、

＃１電力系統に接続された多端子型非同期連系装置のＡ接続端子２０１と、＃２、＃３、＃４、＃５の電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のＢ接続端子２０２が、連系電線路７を介して接続して、＃１電力系統とのネットワークを構成し、

＃２電力系統電力母線に設置された多端子型非同期連系装置のＡ接続端子群と、＃３、＃４、＃５の電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のＢ接続端子が、連系電線路７を介して接続して、＃２電力系統とのネットワークを構成し、

＃３電力系統電力母線に設置された多端子型非同期連系装置のＡ接続端子群と、＃４、＃５電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のＢ接続端子が、連系電線路を介して接続して、＃３電力系統とのネットワークを構成し、

＃４電力系統電力母線に設置された多端子型非同期連系装置のＡ接続端子と、＃５電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のＢ接続端子が、連系電線路を介して接続して、＃４電力系統とのネットワークを構成することにより、１０本の非同期電力融通リンクが生成される。

【０１６９】

このようにしてＮ個の電力系統間においては１／２・Ｎ・（Ｎ－１）の電力融通リンクが生成される。従来のくし型電源系統では、Ｎ個の電力系統に対し、Ｎ＋１の電力融通リンクが作られるが、本方式では、Ｎの２乗に比例したリンク数となり、Ｎが大きくなるについて、電力融通の柔軟性が大きくなる。連系電線路の容量や多端子型非同期連系装置の接続端子の容量もＮの２乗に比例して小さくできるようになることを特徴としている。

【０１７０】

これにより、たとえばＮ＝１０の場合、理論的には４５リンクの非同期電力融通リンクが生成される。Ｎ＝２０の場合１９０リンク、Ｎ＝３０の場合４３５リンクにもなる。１電力系統に多端子型非同期連系装置を複数置くことができるので理論的リンク数はさらに増やすことができる。

【０１７１】

一つの電力系統に複数の多端子型非同期連系装置が設置されることも可能であり、一つの電力融通ルートに複数の連系電線路が設置されることも可能である。しかし、任意の二つの電力系統を接続するＡ接続端子とＢ接続端子の間に挟まれた連系電線路には途中に分岐がないことが、キルヒホッフの法則を利用する上で重要である。

【０１７２】

電力ネットワークシステムを機能させる上で、連系電線路のどちらか一端にＡ接続端子を有し、他端にＢ接続端子を有することが望ましいが、Ｂ接続端子は、単純な遮断器の接

続でも電力融通には支障がない。

Ｎをノード数と見ると、その間を相互に結ぶリンクの数は、１／２・Ｎ・（Ｎ－１）本となる。たとえばＮ＝５の場合、理論的には１０本の非同期電力融通リンクが生成される。このようにして、Ｎ＝６の場合１５本、Ｎ＝７の場合２１本と増えていき、Ｎ＝２０の場合１９０本のリンクができる。１電力系統に多端子型非同期連系装置は複数置くことができるので理論的リンク数はさらに増やすことができる。

あるノードから別のノードへ、一定の電力を流す場合、複数のリンクをつなげば選択できるルートはさらに多数生まれる。このうち最適なものを一つだけ選択する方法もあるが、複数のルートを同時に使用して電力を分散して流すことで、それぞれのルートを流れる電力は少なくて済むようになる。

また、複数のノードが複数の電力融通を要求している場合、適切なルートを組み合わせることにより、電力の潮流が相殺することが可能になる。従って電力変換器や連系電線路での電力損失の総和が最小となるようなルーティング選定アルゴリズムが重要になる。

【０１７３】

（実施例３）

【０１７４】

図１に基づいて、本発明の電力機器端末制御装置を付加した電力機器が設置された電力系統内同期系統ネットワークシステムについて説明する。

【０１７５】

電力系統３の中において、６は電力母線であり、この母線に遮断器８、断路器９が接続され発電装置６１や電力貯蔵装置６２などの電力機器にケーブルを通じて電力を供給する。

【０１７６】

電力機器には、電力機器制御端末装置１２を付加しており、これを通じて電力制御をおこなうことができる。電力機器制御端末装置１２には、外部との通信ができる通信端局が内蔵されており、後述するように各装置に個別のＩＰアドレスを与えて電力融通制御や電力情報収集を行うことができる。図１では、電力線搬送通信端局１３が内蔵された例が示されている。電力機器制御端末装置１２を使用すれば、同一電力系統内でも電力機器間での電力融通制御が可能になる。

【０１７７】

＃１の電力系統では、変圧器を介して下位の電圧階級の電力母線も示されている。図１では、後述する電力線搬送通信も可能とするため、電力線搬送通信バイパス付変圧器１１を図示している。電力母線は通常、特別高圧・高圧・低圧の３分類となっており、ここには図示していないが、その電圧階級ごとに、一般需要家の負荷が接続されている。これらの負荷や発電設備・電力貯蔵設備などにより複数の電力系統３が構成される。

【０１７８】

本発明の電力ネットワークシステムでは、電力機器制御端末装置１２によって、個々の電力系統内でも電力機器間の電力融通が可能になる。

日本の電力系統は、７，０００Ｖを超えるものを特別高圧、６００Ｖを超え７，０００Ｖまでを高圧、６００Ｖ以下を低圧として様々な電力機器の仕様が定められている。本発明では、従来型配電網の仕組みを踏襲することで、自立型電力系統への移行をスムーズに行う。電力系統内の電力機器に、その電力情報を取得したり、電力制御信号を与えたりできる電力機器制御端末装置を付加することによって、電力機器の間で電力調整を行えるようになると、電力系統内の総発電量と総消費量の需給バランスをとり、周波数と電圧を一定に保つこと、すなわち電力系統の自立が可能になる。再生可能エネルギー電源の量が増えると、変動が大きくなるため、電力貯蔵装置との電力調整が必要になるが、これも電力機器制御端末装置を用いた制御で可能になる。

【０１７９】

（実施例４）

本実施例では、外部データ通信路を使用した例を説明する。

【０１８０】
まず図５に基づいて、本発明の通信システムの構成を説明する。多端子型非同期連系装置のＡ接続端子、Ｂ接続端子、電力機器制御端末装置などに設置されたデータターミナルエンド（ＤＴＥ）は、電力に関わる情報を取得し、ＣＰＵに伝えるとともに、電力系統内においてはＬＡＮに、電力系統間に関してはＷＡＮに情報を伝送する。データ通信路として、光ケーブル・ＬＡＮケーブル・メタルケーブル・無線・同軸ケーブルなど外部データ通信路を新たに施設することが可能である。
【０１８１】
図示していないが多端子型非同期連系装置の接続端子に通信用アドレスを与えてＷＡＮを構成し、電力機器制御端末装置にも通信用アドレスを与えてＬＡＮを構成し、その両者を接続し、通信を統合することによって、異電力系統電力機器間や、複数電力系統間での通信が可能になり、多端子型非同期連系装置の接続端子および電力機器制御端末装置に電力融通に関する制御指示を与えることが可能になる電力ネットワークシステムが構築できる。
【０１８２】
ＷＡＮの中に、接続端子固有のＭＡＣアドレス、割り当てられたＩＰアドレス、サブネットマスク、デフォルトゲートウェイを記述したアドレステーブルを保有するアドレスサーバーを置き、ＬＡＮの中に、電力機器制御端末装置固有のＭＡＣアドレス、割り当てられたＩＰアドレス、サブネットマスク、デフォルトゲートウェイを記述したアドレステーブルを保有するアドレスサーバーを置けば、ＴＣＰ／ＩＰ通信プロトコルを使用して、多端子型非同期連系装置接続端子および電力機器制御端末装置の間で通信することを特徴とする電力ネットワークシステムが構築できる。
これにより、電力系統内の電力機器の情報制御系と、電力系統間の電力融通の情報制御系がインターネットにおけるＬＡＮとＷＡＮに類似の通信系統となって、柔軟な通信制御形態が構築できる。従来の同期電力系統では、系統内の電力はどの瞬間を取っても同期していたため、電力制御に必要な通信系は高速で信頼性の高いものを要求されていた。しかし、電力制御を通信に頼るのはリスクが大きく、実際には電力系統の周波数や電圧を元に個々の発電機器が制御を行うという仕組みが主流であった。
本発明では、電力貯蔵装置が個々の電力系統の自立を担保する電力ネットワークを前提としているため、通信系の高速性よりも、むしろ確実性が重要となる。その点でＮの２乗に比例したリンクを持ち、いずれかのルートが使用できなくても他のルートから通信信号と融通電力が送ることが可能になる。
また、これにより多端子型非同期連系装置の接続端子に柔軟な動的ＩＰアドレスを持たせることができる。ＩＰアドレスがあれば、多端子型非同期連系装置間をルーティングする際のゲートウェイを記述したルーティングテーブルを有するサーバーをＷＡＮ内に置き、情報のやり取りを行うことができる。さらに、サーバーの替わりに、各多端子型非同期連系装置の内部にルーティングテーブルを置いて情報を交換し合って常に最新の状態に維持することもできる。
また、これにより、不特定多数の機器に問い合わせをして、電力融通選択肢を広げ、一定のアルゴリズムに電力融通を依頼する電力機器や多端子型非同期連系装置を複数特定して、予約をすることができる。予約をされた電力機器や多端子型非同期連系装置が、応諾の返信をすることによって電力融通が確定する。ここには記述していないが融通開始直前の変更や、融通中の事故などの対応も本請求項の電力融通アルゴリズムの中に含まれる。ルーティングについては、複数の電力融通要求を組み合わせることで電力損失の少なくなるルート選定が望ましい。これら電力融通要求手順に関わる一連の動作は、数日前、数時間前、数分前、数秒前と常に変更可能な状況におけることが望ましい。
【０１８３】
（実施例５）
本実施例では、請求項４から請求項６に関わる実施例で電力線搬送通信を使用した例を説明する。

【０１８４】
まず図６に基づいて、本発明の通信システムの構成を説明する。多端子型非同期連系装置のＡ接続端子、Ｂ接続端子、電力機器制御端末装置などに設置されたデータターミナルエンド（ＤＴＥ）は、電力に関わる情報を取得し、ＣＰＵに伝えるとともに、電力系統内においては電力ケーブルなどから構成される電力線搬送通信ＬＡＮに、電力系統間に関しては連系電線路から構成される電力線搬送通信ＷＡＮに、電力線搬送通信端局１３を介して情報を伝送する。
【０１８５】
この例では、電力線搬送通信を用いるため、連系電線路や電力ケーブルを通信信号の伝送路としてＷＡＮ／ＬＡＮが構築されるので、これにより、通信が可能なルートが電力を送れるルートと物理的に一致する。電線路が断線したり、関連設備を停止したりすると、通信回路も解放されたり停止したりするので、その回路に通信信号は流れない。これにより、複雑な状態確認などなしに、電力システムの最新状態が把握できる。６６ｋＶ系の送電線では、すでに１９２ｋｂｐｓのデジタル式電力線搬送が実用化されている。後述する電力融通信号の情報量は、すべての交信に数キロビット程度しか必要ないため、上記帯域は十分な速度といえる。
【０１８６】
６．６ｋＶや４４０Ｖおよび２２０Ｖ系の配電系統では、現在のところ６００ｂｐｓ程度のかなり遅いアナログ式電力線搬送装置が実用化されているのみである。これはいまだに規制が厳しいためであり、いずれ技術の進歩とあいまってこの規制が緩和されるものと思われる。この遅い搬送速度でも後述する電力融通予約を行うには十分である。電力機器の起動・停止・更新・新増設・廃止などの変化に対し、電力線搬送通信を採用していれば、電力線の使用開始とともに、自動的に新しいＩＰアドレスを付加してくれるのでネットワーク技術者の負担が軽減される。
【０１８７】
以下に示すように電力線搬送を使用して通信路と電線路を物理的に同じものにすることにより、電線路に合わせて新たな通信路施設する必要がなくなるうえ、線路の健全性の確認が自動的に行えるなど、複数のメリットがある。
【０１８８】
図１では、電力線搬送通信による通信システムの例が示されている。電力機器制御端末装置１２に電力線搬送通信端局１３が設置され、それぞれのＩＰアドレス１４が示されている。また、多端子型非同期連系装置１の各接続端子にも電力線搬送通信端局１３が設置され、それぞれのＩＰアドレス１４が表示されている。
【０１８９】
電力線搬送通信ＷＡＮの中に、接続端子固有のＭＡＣアドレス、割り当てられたＩＰアドレス、サブネットマスク、デフォルトゲートウェイを記述したアドレステーブルを保有するアドレスサーバーを置き、電力線搬送通信ＬＡＮの中に、電力機器制御端末装置固有のＭＡＣアドレス、割り当てられたＩＰアドレス、サブネットマスク、デフォルトゲートウェイを記述したアドレステーブルを保有するアドレスサーバーを置けば、多端子型非同期連系装置接続端子および電力機器制御端末装置の間で通信することを特徴とする電力ネットワークシステムが構築できる。
【０１９０】
アドレス管理の方法としては、各多端子型非同期連系装置に手動でアドレスを与える方法と自動で与える方法がある。手動の場合、多端子型非同期連系装置の変更に伴いアドレス変更作業が生じる。自動の場合は、新しく設置されたり、電源が入ったりすると、装置側から自分のＭＡＣアドレスを発信して、新しいＩＰアドレスの割り当てを要求することになる。自動の場合、アドレス変更作業などはすべて自動で行われるので、システム管理者の負担が小さい。
【０１９１】
このように多端子型非同期連系装置の接続端子に通信用アドレスを与えて構成されたＷ

ＡＮと、電力機器制御端末装置に通信用アドレスを与えて構成されたＬＡＮは、多端子型非同期連系装置の接続端子を通じて通信的にも接続されているので、異電力系統電力機器間や、複数電力系統間での通信が可能になり、多端子型非同期連系装置の接続端子および電力機器制御端末装置に電力融通に関する制御指示を与えることが可能になる電力ネットワークシステムが構築できる。

【０１９２】

（実施例６）

【０１９３】

図７は、図１の電力ネットワークシステムの例で割り当てられているＩＰアドレスを使って作成した、ルーティングテーブルの一例である。最初のテーブルには、＃１の電力系統に設置された多端子型非同期連系装置から、他の系統に行くときのゲートウェイが記されている。ここでＳｕｂｎｅｔ　ｍａｓｋが、２５５．２５５．２５５．０のとき、Ｎｅｔｗｏｒｋ１９２．１６８．２．０とは、最初の２４ビットが共通の群であることを意味する。これは＃２電力系統を意味している。＃２電力系統に到達するには、Ｇａｔｅｗａｙ１９２．１６８．０．７、すなわち＃２電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のうち＃１電力系統と接続されているＢ接続端子を最初に通るということを示している。

【０１９４】

同様に＃１から＃３電力系統に到達するためには、ルーティングテーブルのＮｅｔｗｏｒｋ１９２．１６８．３．０を見ればよく、その時Ｇａｔｅｗａｙは１９２．１６８．０．９となる。同様に＃１から＃４電力系統に到達するためには、ルーティングテーブルのＮｅｔｗｏｒｋ１９２．１６８．４．０を見ればよく、その時Ｇａｔｅｗａｙは１９２．１６８．０．１１となる。別の例として、たとえば＃５電力機器系統から、＃１、２、３、４電力系統に行くためには、すべて＃１電力系統の電力母線に接続した多端子型非同期連系装置のＡ接続端子１９２．１６８．１．１がＧａｔｅｗａｙになる。

【０１９５】

このようにして、接続先へのルーティングテーブルを、すべての多端子型非同期連系装置が保有し、その内容を交換して、ＷＡＮ／ＬＡＮ内の最新のルーティングマップを共有することができる。これにより、本発明の電力ネットワークシステムにおいて、ＴＣＰ／ＩＰ通信プロトコルを使用して多端子型非同期連系装置および電力機器制御端末装置の間で通信することができる。

これにより、ＷＡＮ／ＬＡＮにより通信統合され、かつ多端子型非同期連系装置と電力機器制御端末により電力融通統合されている電力ネットワークシステム内で、インターネットで標準化されている通信プロトコルが使用でき、物理アドレス、誤り制御、順序制御、フロー制御、衝突回避などの標準化が可能となる。

これにより、電力ネットワークシステムで、電力融通に関する通信が可能になり、電力系統内での自立を優先しながら、必要に応じて、ＷＡＮを通じて他の電力系統に電力融通を依頼する仕組みが構築できる。ＩＰアドレスは静的・動的のいずれでも与えることができ、静的な場合は、ＩＰアドレスを物理的な機器に固有のものとして与えるが、動的な場合は、物理的な機器からのリクエストに応じて、付与されるものであり、システムの変化に応じてアドレスも変化する柔軟なシステムとなる。

【０１９６】

（実施例７）

【０１９７】

図８は、電力ネットワークシステムにおいて、いずれかの多端子型非同期連系装置または電力機器が、他の装置および機器に対して希望取引条件を付けて一斉問い合わせを発信し、電力融通可能な電力系統が可能取引条件を付けて返信してくる第一の電力融通要求段階を示している。

【０１９８】

第一の電力融通要求段階における電力融通要求元の発信するＩＰパケットは、少なくとも、発信元ＩＰアドレス・マルチキャストＩＰアドレス・希望取引条件の情報を含むこと

を特徴とし、電力融通応答先が応信するＩＰパケットは、少なくとも、応信元ＩＰアドレス・返信先ＩＰアドレス・可能取引条件の情報を含むことを特徴としている。

【０１９９】

図９は、電力融通可能との返信があった電力系統の多端子型非同期連系装置に対して予約取引条件を発信し、電力融通応答先が予約確定条件を付けて返信してくる第二の電力融通要求段階を示している。

【０２００】

第二の電力融通要求段階における電力融通要求元の発信するＩＰパケットは、少なくとも、発信元ＩＰアドレス・受取先ＩＰアドレス・予約取引条件の情報を含むことを特徴とし、電力融通応答先が応信するＩＰパケットは、応信元ＩＰアドレス・返信先ＩＰアドレス・予約確定条件の情報を含むことを特徴としている。

【０２０１】

電力融通相手先と電力融通プロファイルが決定したのち、（１）ルーティング経路の複数選定段階、（２）ルーティングプロファイル収集段階、（３）電力融通ルート選定段階、（４）ルーティング予約段階、（５）ルーティング確定段階、（６）電力融通実施の監視段階、（７）異常事態における緊急ルーティング方法をへてルーティングが決定する。

【０２０２】

図１０は、予約の時間が来たときに最終的に電力が融通されていく状況を概念的に図示したものである。複数のルートを経由することで、一ルートあたりの負担が減り、故障などが発生しても影響が小さく、代替ルートがすぐ見つかるなど柔軟なネットワーク運用が可能になる。

【０２０３】

電力融通開始にあたっては、予約時間が来た時に、取引条件に定められた、小さな電力変化率で融通を開始することにより、電力融通のミスマッチを防ぐことが可能である。また、予約時間が来た時に、再度融通開始信号を送ることが可能である。

これにより、不特定多数の機器に問い合わせをして、電力融通選択肢を広げ、一定のアルゴリズムに電力融通を依頼する電力機器や多端子型非同期連系装置を複数特定して、予約をすることができる。予約をされた電力機器や多端子型非同期連系装置が、応諾の返信をすることによって電力融通が確定する。ここには記述していないが融通開始直前の変更や、融通中の事故などの対応も本請求項の電力融通アルゴリズムの中に含まれる。ルーティングについては、複数の電力融通要求を組み合わせることで電力損失の少なくなるルート選定が望ましい。これら電力融通要求手順に関わる一連の動作は、数日前、数時間前、数分前、数秒前と常に変更可能な状況におけることが望ましい。

また、これにより、電力要求を受信した電力機器または多端子型非同期連系装置は、希望取引条件に対し、対応できるかどうか検討でき、対応できる場合、自身の可能取引条件を伝えることができるような柔軟な取引形態を内包する電力ネットワークシステムとすることができる。記述はしていないが、問題が発生した場合はひとつ前の手順に戻るプロセスを含んでいる。

また、これにより電力融通予約を受信した電力機器または多端子型非同期連系装置は、予約取引条件に対し、再度確認するステップが設けられ、確認後、自身の確定取引条件を伝えることができるような信頼度の高い取引形態を内包する電力ネットワークシステムとすることができる。記述はしていないが、問題が発生した場合はひとつ前の手順に戻るプロセスを含んでいる。

また、これにより、最適な電力融通ルーティングが可能になる電力ネットワークシステムが構築できる。電力融通要求が複数ある場合、基幹電力系統からの融通も含めてどのルートを使うと全体の電力ロスが少なくて済むか、物理的な制約はないか、取引価格情報も含めると膨大な選択肢が生じる。電力ロスを価格情報に含めて経済性を重視し、物理制約条件下での最適化問題を解くことでルーティング問題を解決できる。

【０２０４】

（実施例８）

本実施例では請求項９から請求項１２に関わる実施例を図１に基づいて説明する。

【０２０５】

＃１電力系統の電力貯蔵装置Ｂ１の電池残量ＳＯＣが少なくなり、電力系統の自立に支障が出そうであると予測されたとき、

（１）電力貯蔵装置Ｂ１の電力機器制御端末装置は自己の通信ポート１９２．１６８．１．３を通じて、まず、＃１電力系統内の他の電力機器に、融通を打診するため後述する手順で一斉問い合わせ（Ｂｒｏａｄ　Ｃａｓｔｉｎｇ）を発信する。

（２）対応できる発電装置の返信が電力系統内から得られなかった場合、次にＤｅｆａｕｌｔ　Ｇａｔｅｗａｙである＃１電力系統の多端子型非同期連系装置の１９２．１６８．１．１のポートに対して、他の電力系統に、対応できる電力機器がないか、電力融通プロファイルをつけて問い合わせを発信する。

（３）＃１電力系統の多端子型非同期連系装置は、他の電力系統の多端子型非同期連系装置のＧａｔｅｗａｙに対してその内容を一斉問い合わせ（Ｂｒｏａｄ　Ｃａｓｔｉｎｇ）する。

（４）例えば、＃４電力系統の多端子型非同期連系装置が系統の状態を見て対応できるときは、１９２．１６８．０．１１のＢ接続端子が、自分のＩＰアドレスと融通電力プロファイルを、＃１電力系統の電力貯蔵装置Ｂ１の電力機器制御端末装置通信ポート１９２．１６８．１．３に返信する。

（５）あるいは＃４電力系統の発電装置Ｇ４が、電力融通可能であると判断した時は、Ｇ４の電力機器制御端末装置のポート１９２．１６８．４．２から＃１電力系統の電力貯蔵装置Ｂ１の電力機器制御端末装置通信ポート１９２．１６８．１．３に対応可能な電力融通プロファイルをつけて返信する。

【０２０６】

以上のような手順で、＃１電力系統の電力貯蔵装置Ｂ１に、＃４電力系統の発電装置Ｇ４が電気を供給する手続きが進められる。これにより、ある電力系統の自立のために必要な電力量を他の電力系統が選択的に供給するという、従来不可能であった電力融通が可能になる。また、同様にして、ある電力系統の自然エネルギー由来の電源が、過分な電力を発生してしまう時、他のたくさんの電力系統内の電力貯蔵装置に分散して吸収してもらうことが可能である。これらにより、電力機器の共有化が促進され、個別に用意するより少ないリソースで目的を達成できるようになる。

【０２０７】

（実施例９）

図１１は、多端子型非同期連系装置が接続する電力系統が直流の場合の例である。図１１では電力系統が太陽光発電装置と電力貯蔵装置一台ずつで表現されているが、この構成が最低限の構成要素で他に図示されていない電力機器が接続されていてもよい。

【０２０８】

（１）の部分は、Ａ接続端子が、電力貯蔵装置と太陽光発電装置の直流接続部に直接接続している例であり、ここで作られるＤＣ電圧が電力貯蔵装置の充放電制御を行っている。この場合太陽光発電のＶ－Ｉ最適制御は、効率的に働かない可能性が高いが、電力変換器の数を減らせるので、小規模の電力融通ではこのような接続も可能である。

【０２０９】

（２）の部分は、一つのＡ接続端子に太陽光発電装置が接続され、別のＡ接続端子に電力貯蔵装置が接続され、他のＡ接続端子は、風力発電装置や他の交流または直流電力系統に接続されている例である。太陽光発電装置のＶ－Ｉ最適制御や、電力貯蔵装置の充放電制御をＡ接続端子が代替できる。交流系統に接続する場合は、図示してはいないがＡ接続端子出口に交流リアクトルまたは変圧器が必要となる。

【０２１０】

（３）の部分の例は、Ａ接続端子のうちの一つが直接ＡＣ家電機器に電力を提供している例である。図示されていないがこの際はリアクトルまたは変圧器が必要である。

これにより、太陽電池と蓄電池で電力を得ているような小さな直流電力系統または直流

需要家が数多くある場合、それらを多端子型非同期連系装置で直流接続することで大きな電力ネットワークシステムにしていくことができる。小さな需要家単独では電池の枯渇や太陽電池の故障などで障害が起きてしまうが、ネットワーク化することで電力機器を共用でき、全体の設備予備率も下げることができ、ネットワークシステムの信頼性を高めることができる。開発途上国などにおいて、村・町などが個別に直流電力系統を持っており連系がないところにおいても使用できる。

直流のネットワーク化は、通常、事故時の遮断電流が大きくなっていくため推奨されない。しかし本発明は、すべての連系線が多端子型非同期連系装置の接続端子と接続しているため、事故時にはゲートブロックをかけることができる。ゲートブロックは高速であり、直流を遮断することができるので、従来直流遮断器なしには構築できなかった直流でのネットワークが構築可能となる。

【０２１１】

（実施例１０）

日本の電力系統では２，０００ｋＷまでは高圧電力系統に区分されている。したがって最大使用電力２，０００ｋＷ以下からなる、家庭、マンション、アパート、ビル、店舗、スーパー、工場のうちいずれか複数の需要家である電力系統は、電圧階級を高圧とすることができる。市中に見かける高圧受電盤のネットワークや電柱に設置されている柱上変圧器は高圧６．６ｋＶであり、そこから低圧の２２０Ｖ／１１０Ｖに降圧されて業務用設備や家庭に供給されている。

【０２１２】

自励型の電力変換器として実用的なものは絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（ＩＧＢＴ）であり、大容量、高耐圧のものは、高圧電圧系統に使用できる。

【０２１３】

高圧電圧階級では、配電線が非常に多く張り巡らされており、本発明の連系電線路として利用できる。従って、地域単位の配電網をひとまとまりの電力系統とし、その大きさを概ね２，０００ｋＷ以内とすれば、ＩＧＢＴを使用した多端子型非同期連系装置で非同期連系ネットワークが構築でき、改めて連系電線路を設置する必要が少なくなる。

最大使用電力２，０００ｋＷ以下では、電圧階級が６．６ｋＶ級となる。従ってすでに市中に張り巡らされている６．６ｋＶ高圧配電線を、連系電線路として使用することができる。既存の電力ケーブルを流用できるため本発明の電力ネットワークシステムへの移行費用が小さくて済む。

【０２１４】

（実施例１１）

本発明の多端子型非同期連系装置について図面により説明する。

【０２１５】

図１２は、多端子型非同期連系装置１の構造を図示したものである。（Ａ）は今までの表現の電力変換器１０と断路器９と遮断器８である。ここでは断路器と遮断器を一体型のもので表現しているが、分離型のものもある。（Ｂ）はそれをもう少し正確に表現したものである。（Ｂ）の電力変換器１０は３相のフルブリッジ双方向変換器である。

【０２１６】

図１３は、さらに詳しく多端子型非同期連系装置１の構造を図示したものである。１０は自励式双方向電力変換器、１３は電力線搬送通信端局、１６は電圧・電流・電力測定器で，電圧・電流により電力を計算するタイプのものと専用の電力測定器を設置するものとある。また、１６には直流母線に設置するものと、交流側に設置するものとがあり、それぞれタイプが異なる。この測定値は電力の取引にも使用することが可能だが、取引用に別途専用の電力計を用意する場合もある。この電力の記録は専用の記録装置１６１に保存され、電力取引に使用される。

【０２１７】

１７は直流電圧安定化用キャパシターである。１８は、並列型の直流母線である。Ａ接続端子２０１の構成は、回路を切断できる機械式断路器９と、必要な遮断容量を持つ遮断

器８と、自励式双方向電力変換器１０からなり、Ｂ接続端子２０２の構成は、回路を切断できる機械式断路器９と、必要な遮断容量を持つ遮断器８とだけでなる。各多端子型非同期連系装置にはＡ・Ｂ接続端子の両方があるものと、Ａ接続端子だけのものと、Ｂ接続端子だけのものの３種類がある。

【０２１８】

Ａ接続端子のうち、少なくとも一つが、その多端子型非同期連系装置の設置されている電力系統に接続され、その電力系統の電力を直流に順変換したのち、残りのＡ接続端子が接続先の電力系統の電圧・位相・周波数に同期させて電力を逆変換して送出したり、あるいは逆に複数のＡ接続端子が電力を順変換して、その電力系統に逆変換して電力を送り込んだりできる。Ａ接続端子間での流入する電力と送出する電力の総和がゼロとなるよう制御することを特徴としている。

【０２１９】

共通直流母線１８に、電力貯蔵装置や二次電池を接続することは可能であるが、直流母線の入出力電力総和ゼロ制御に、電力貯蔵装置や二次電池の充放電制御を組み込む必要が生じる。電力貯蔵装置や二次電池はＡ接続端子の接続先側に置き、Ａ接続端子の変換器制御で充放電を行う方が望ましい。

【０２２０】

Ｂ接続端子は、連系電線路を介して接続される先の電力系統に設置される、別の多端子型非同期連系装置のＡ接続端子と対をなす接続端子である。

一つの電力系統電力母線に、多端子型非同期連系装置の複数のＡ接続端子が接続する方法は、容量増大の簡単な方法の一つとして、可能である。また、一つの電力系統に複数の多端子型非同期連系装置が接続することも、可能であり、接続先を増やすのに有効な手法である。

【０２２１】

Ａ接続端子の自励式電力変換器の順変換側は直流母線で並列接続され、電圧維持のためのコンデンサーを有しており、同電力変換器の逆変換側は接続先が交流電力系統の場合は交流リアクトルもしくは交流変圧器と必要な交流フィルターを有し、接続先が直流電力系統の場合は平滑用コンデンサーを有する。

【０２２２】

図１４は、接続する電力系統が増えたときの連系装置の数をイメージしたものである。（Ａ）ではＢＴＢ型連系装置の数が、１／２・Ｎ・（Ｎ－１）台必要になるが、（Ｂ）ではＮ台でよい。このように、本発明の多端子型非同期連系装置を用いた電力融通は、ＢＴＢ型連系装置やループコントローラに比べて、必要機器数の低減、制御の容易さ、設備投資の低減などにつながるという特徴を有する。

【０２２３】

図１５は、複数の電力系統を本発明の多端子型非同期連系装置で接続した場合、従来型のＢＴＢ型連系装置で接続した場合に比べ、電力変換の回数が少なくて済み電力損失が減ることを示したものである。

【０２２４】

図１５では、４つのノードａ，ｂ，ｃ，ｄ間でノードｄからノードｃへ電力を送る際に、ノードａを経由する２つのケースを比較している。（Ａ）では、ＢＴＢ型変換器を各リンクに設置したケースを示す。この場合、ｄａ間で交直変換、直交変換を行い、ａｃ間でも交直変換、直交変換を行うため、計４回の電力変換となる。損失もこれに比例する。

【０２２５】

一方（Ｂ）では、本発明の多端子型非同期連系装置を設置したケースを示す。この場合、ｄａ間で１回、ａｃ間で１回の計２回の電力変換となる。電力損失も半分となる。変換器の数も、（Ａ）では１２個あるのに対し（Ｂ）では９個である。装置の数としては（Ａ）では６台となるが、（Ｂ）では４台である。

【０２２６】

このように、本発明の多端子型非同期連系装置は、ＢＴＢ型連系装置に比べ電力損失面

からも設備台数面からも優位性を持っている。
これにより任意の二つの電力系統を接続するどの連系電線路も途中に分岐がなく、連系電線路のどちらか一端に前記多端子型非同期連系装置のＡ接続端子を有し、他端にＢ接続端子を有する電力系統間非同期連系ネットワークシステムが構築できる。したがって従来のＢＴＢ型連系装置に比べて必要な電力変換器の数が減り、電力融通時の変換回数も半分になる。
また、複数のＢＴＢ型連系装置間での協調制御は、設置時期やメーカーが異なる中での制御協調になり、複雑になるが、本発明の多端子型非同期連系装置は、一体型であるためＡ接続端子間の協調制御のみならずＢ接続端子の操作制御まで含めて総合的に制御可能となる。
また、これにより、接続端子が複数の交流もしくは直流電力系統と接続し、相互に電力を融通することができる。ＢＴＢやループコントローラでは、１対１の電力融通であったが、本発明は、１対Ｎや、Ｎ対Ｎの電力融通が可能になる。
自励式電力変換器の採用により、系統連系モードの場合、電力と位相を独立に制御できるため、任意の有効電力を任意の方向に送れるとともに、独立して任意の無効電力を任意の大きさで発生できるので、電圧の制御も可能となる。また、自励式のため、接続先電力系統が無電圧になった場合、自立モードで電力を供給することができる。
一体型構造をとることにより、直流母線部は閉鎖されたキュービクルに密閉されるため、接地や短絡の事故の確率を極小化できる。
Ｂ接続端子も一体化することにより、遮断器・断路器の開閉制御も自動化でき、必要な電力情報を得ることができる。これにより電力ネットワークシステムの一体制御が可能になる。

【０２２７】
（実施例１２）
図示していないが、事故時保護システムとして、以下のようなものを持ち、必要最小限の回路の遮断を行うことによって、最大限の電力融通ルートを確保する電力融通ルート保護回路を有する。これにより、ゲートブロックだけで異常が復旧する場合に不要な遮断を行わずに済む。また、過電流になった接続端子だけを切り離し、他の接続端子で電力融通を継続することが可能である。過電流になった接続端子も、復旧次第、運転再開が可能なシステムとなっている。
（１）接続端子過電流保護回路：各接続端子において個々の設定電流以上に電流が流れた時に、Ａ接続端子においてはゲートブロックと遮断器開操作、Ｂ接続端子においては遮断器開操作を行う接続端子保護回路。
（２）直流母線保護回路：各Ａ接続端子の直流部に直流電流計を設置し全端子電流総和がゼロでなくなった時に、時限を以て全電力変換器のゲートブロックを行う電力変換器直流母線保護回路。
（３）連系装置保護回路：電力系統の接続する各接続端子受電部に電力計を設置し全端子電力総和がゼロでなくなった時に、時限を以て接続端子全遮断器を開操作する連系装置保護回路。
接続端子過電流保護回路は、接続端子に設定電流値以上の電流が流れた時に、Ａ接続端子においては電力変換器のゲートブロックと遮断器の遮断操作、Ｂ接続端子においては遮断器の遮断操作を行。これにより、各端子過電流保護が行えるので基本的な保護を満足する。
直流母線保護回路は、各Ａ接続端子の直流部に設置された直流電流計の直流電流総和がゼロでなくなった時に、時限を以て全電力変換器のゲートブロックを行い、復旧しないときには全遮断器の遮断操作を行う。Ａ接続端子直流部共通母線はキュービクル内にあり接地事故や短絡事故の可能性は小さいが、この保護により信頼度が高まる。
連系装置保護回路は、電力系統の接続する各接続端子受電部側に設置された電力計の電力総和がゼロでなくなった時に、時限を以て接続端子全遮断器の遮断操作を行う。多端子型非同期連系装置の内部で事故が起こった場合を想定しており、遮断器より動作の速いゲ

ートブロックにより事故の拡大を最小限に収めることができる。
これらの保護の順番を定めておくことで、事故時切り分け回路を最小限にすることができ、停止回路部分を最小にしたまま、残りの部分の多端子型非同期連系装置を機能させ、電力融通ルートを確保することができる。
【０２２８】
（実施例１３）
図示していないが、機器操作システムとして、各Ａ接続端子同期投入時に断路器を閉じ操作し、接続先の電圧・周波数・位相を測定し、接続先が電圧を有するときは、電力変換器の電圧・周波数・位相を同期させてから遮断器を閉じる並列同期投入操作（系統連系運転モード）を行い、接続先が無電圧の時には、接続先定格に準拠した電圧・周波数を前記電力変換器で作成してから、遮断器を閉じ、接続先に電源を供給する自立運転投入操作回路（自立運転モード）を行う機器操作システムを備えている。
機器操作システムは、各接続端子の接続先に、未だ接続がなされていないときに接続端子の断路器と遮断器を閉じる操作を行い、電力供給を開始するものである。同様に停止の際は、必要に応じ遮断器を開き、次いで断路器を開いて接続を切り離すものである。
並列同期投入操作は、各Ａ接続端子同期投入時に断路器を閉じ操作し、接続先の電圧・周波数・位相を測定し、接続先が電圧を有するときは、前記電力変換器の電圧・周波数・位相を同期させてから遮断器を閉じる並列同期投入操作（系統連系運転モード）を行う。これにより、接続先の系統に連系させ、電流制御を行う系統連系運転モードが可能になる。系統連系運転モードでは力率１の電力のみならず、位相をずらして力率を変化させ、無効電力を供給することによって、電圧を制御することも可能となる。
自立運転投入操作は、接続先が無電圧の時には、接続先定格に準拠した電圧・周波数を前記電力変換器で作成してから、遮断器を閉じ、接続先に電源を供給する自立運転投入操作回路（自立運転モード）を行う。これにより、接続先電力系統の非常用電源回路などへの電力供給を行って、再起動に資することが可能となる。
【０２２９】
（実施例１４）
電力制御システムとして、各Ａ接続端子の直流電圧・交流電圧・有効電力・無効電力・電流・位相同期・ＰＷＭゲート制御からなる端子制御システムと、起動・停止・各接続端子受送電電力設定ならびに全電力協調制御からなる共通制御システムと、からなる電力制御システムを備えていることを特徴としている。
【０２３０】
この多端子型非同期連系装置の各端子は異なる容量でもかまわない。同一容量であればより効率的であり経済的である。なぜならＡ接続端子の内の一つが送る電力がその他のＡ接続端子のうち一つだけに集中するときが、その他のＡ接続端子の最大容量になるからである。電力の送受については全端子に等しく電力を分配したり、異なる電力を配分したり、連系電線路の使用状況を見ながらタイムシェアリングして間欠的に送ることもできる。
端子制御システムは、各Ａ接続端子の直流電圧・交流電圧・有効電力・無効電力・電流・位相同期・ＰＷＭゲート制御からなり、各Ａ接続端子の電力変換器のＰＷＭゲートのスイッチングを制御することにより、任意の順変換側直流電圧および逆変換側交流電圧・周波数・位相を作り出すことができる。逆変換は直流を作ることも可能である。
協調制御システムは、各端子に関わる起動制御・停止制御・各接続端子受送電電力設定等が可能になり、全電力総和ゼロ協調制御も可能となる。各接続端子を起動停止し、運転電力を指示し、全端子間で協調制御を行うことができる。
【０２３１】
（実施例１５）
電力取引システムとして、各Ａ接続端子の電力計１６の値と電力融通プロファイルデータとを電力量の取引に使用できるように記録する電力取引用記録装置１６１を備えていることを特徴としている。
これにより、電力融通を行った結果発生する電力料金精算に関わる基礎データが蓄積さ

れる。これらのデータは定期的にバックアップされ、さらに二重化される。電力取引について必要なデータについては、個別に定められるが、設置記録計は取引用の法規に準拠したものでなければならない。電力量計がＡ接続端子の順変換側に設置されることを特徴とするものと逆変換側に設置されることを特徴とするものとがある。

【０２３２】

（実施例１６）

図１６は多端子型非同期連系装置内の通信システムを図示したものである。

【０２３３】

この図では、電力線搬送通信端局が外部データ通信のポートになっているが、もちろん光ケーブルや同軸ケーブルの通信端局でも同じ仕組みとなる。通信端局から得られた情報はデータターミナルエンド（ＤＴＥ）に伝えられ、ＣＰＵで処理される。

【０２３４】

通信端局の一つは、電力系統内の通信システムと接続しており、ＬＡＮ内の電力機器制御端末装置にＩＰアドレスを割り当てる。そのＬＡＮ内に多端子型非同期連系装置が複数ある時は、その中で順位づけをして、いずれか一台が親機になってＩＰアドレス割り当てを行う。親機の多端子型非同期連系装置は、電力機器制御端末装置のＭＡＣアドレス、ＩＰアドレスを把握するアドレステーブルを持ち、子機とも共有する。多端子型非同期連系装置の他の接続端子に設置された通信端局は、ＷＡＮ内の他の多端子型非同期連系装置と通信してルーティングテーブルを作成し、それをメモリ内に保存する。

これにより多端子型非同期連系装置とその接続端子が一つずつ、唯一無二のＩＰアドレスを持ち、外部と通信し、アドレスサーバーの役割を果たすための記憶装置やルーティングアルゴリズムの演算を行うＣＰＵやメモリ等の基本的デバイスを有することができる。

また、これにより、電力を流す連系電線路そのものが通信線路となるため、電力融通が可能なルートかどうかを自動的に確認することができる。通信が出来ないルートは自動的にルーティングアルゴリズムから除外されるので無駄な確認手順が不要となる。

【０２３５】

（実施例１７）

図１７は電力機器制御端末装置内の通信システムを図示したものである。

【０２３６】

電力系統内の電力機器制御端末装置は、自分のＭＡＣアドレスとＩＰアドレス、さらにＬＡＮの外に出るときの通信ポートにあたるＤｅｆａｕｌｔ　ＧａｔｅｗａｙのＩＰアドレスの情報を持っている。これは通常、多端子型非同期連系装置の自分の電力系統に接続しているＡ接続端子のＩＰアドレスにあたる。

【０２３７】

この図では、電力線搬送通信端局が外部データ通信のポートになっているが、もちろん光ケーブルや同軸ケーブルの通信端局でも同じ仕組みとなる。通信端局から得られた情報はデータターミナルエンド（ＤＴＥ）に伝えられ、ＣＰＵで処理される。

【０２３８】

また、ＬＡＮ内の他の電力機器に対して通信を行うためのアドレステーブルを持ち、それを他の電力線搬送通信端局と共有し、常に最新の状態に保っている。これにより、ＬＡＮ内の電力機器が、他の電力機器と通信を行う際に、どのアドレスに信号を出すかがわかる。

これにより太陽光発電・風力発電等の比較的変動の激しい電源の発電量を測定して外部通信回路を通じて情報を出したり、ディーゼル発電機やガスエンジン発電機等出力調整が容易な発電機に出力増減指令を伝えて制御したり、電力貯蔵装置の充電量（Ｓｔａｔｅ ｏｆ ｃｈａｒｇｅ：ＳＯＣ）の情報を出したり、充放電量を制御したり、電力消費をする電力機器の情報を外部に出したりすることができる。

電力機器のアルゴリズムによっては電力融通に関わる情報を、予測し前もって融通予約を行うことも可能である。また、その時点の情報をもって一定時間後の電力融通予約をしておくことも電力系統自立に有効な手段となる。電力系統の特徴ごとに様々なアルゴリズ

ムが考えられるが、一般的には電力貯蔵装置のＳＯＣを５０％前後に維持し、太陽光発電や風力発電の出力増加が予想されるときにはその出力を吸収するために５０％より低めに、出力減少が予想されるときには電池より出力するために５０％より高めに維持しておく予測制御が好適である。

また、これにより電力機器制御端末装置が一つずつ、唯一無二のＩＰアドレスを持ち、外部と通信し、アドレステーブルの記憶装置や電力融通依頼・受諾関連の演算を行うＣＰＵやメモリ等の基本的デバイスを有することができる。

また、これにより、電力を流す配電網そのものが通信線路となるため、電力融通が可能なルートかどうかを自動的に確認することができる。通信が出来ないルートは自動的にルーティングアルゴリズムから除外されるので無駄な確認手順が不要となる。電力系統内には、電力線搬送通信に適さない変圧器や遮断器・断路器・コンデンサー・リアクトル等がある上、接続されている他の機器のインピーダンスによっては通信信号の減衰が大きいため、部分的にバイパスを設けたり、増幅器を必要としたりする可能性がある。

【０２３９】

（実施例１８）

【０２４０】

本発明の電力融通方法は、前記電力ネットワークシステムにおいて、第一の電力融通要求段階における電力融通要求元の発信するＩＰパケットは、少なくとも、発信元ＩＰアドレス・マルチキャストＩＰアドレス・希望取引条件の情報を含むことを特徴とし、電力融通応答先が応信するＩＰパケットは、少なくとも、応信元ＩＰアドレス・返信先ＩＰアドレス・可能取引条件の情報を含むことを特徴とするものである。

【０２４１】

ここでいう希望取引条件とは、希望融通有効電力方向と大きさ・希望融通無効電力方向と大きさ・希望融通開始時間・希望融通終了時間・希望融通価格上限・希望融通価格下限・融通電力発生源の希望属性からなり、可能取引条件とは、可能融通有効電力方向と大きさ・可能融通無効電力方向と大きさ・可能融通開始時間・可能融通終了時間・可能融通価格・可能融通電力発生源の属性、からなることを特徴とする。

【０２４２】

第二の電力融通要求段階における電力融通要求元の発信するＩＰパケットは、少なくとも、発信元ＩＰアドレス・受取先ＩＰアドレス・予約取引条件の情報を含むことを特徴とし、電力融通応答先が応信するＩＰパケットは、応信元ＩＰアドレス・返信先ＩＰアドレス・予約確定条件の情報を含むことを特徴とするものである。

【０２４３】

ここでいう予約取引条件とは、予約番号・予約融通有効電力方向と大きさ・予約融通無効電力方向と大きさ・予約融通開始時間・予約融通終了時間・予約融通価格・予約融通電力発生源の属性からなり、予約確定条件とは、予約確定番号・予約確定融通有効電力方向と大きさ・予約確定融通可能無効電力方向と大きさ・予約確定融通開始時間・予約確定融通終了時間・予約確定融通価格・予約確定融通電力発生源の属性からなることを特徴とする。

【０２４４】

ルーティングアルゴリズムは、電力融通相手先と電力融通プロファイルが決定したのち、（１）ルーティング経路の複数選定段階、（２）ルーティングプロファイル収集段階、（３）電力融通ルート選定段階、（４）ルーティング予約段階、（５）ルーティング確定段階、（６）電力融通実施の監視段階、（７）異常事態における緊急ルーティング方法を有することを特徴とする。

【０２４５】

以上の流れを図５または図６により、模式的に説明する。

【０２４６】

この図では＃１電力系統内に設置されている電力機器１に対して＃２電力系統内に設置されている電力機器２が電力融通を依頼する場合以下のような手順で実施される。

（１） 電力機器２の制御端末装置のＩＰアドレスが、仮にＩＰ００１とした場合、ＬＡＮ内で、電力を融通してくれる電力機器があるかをＬＡＮに問い合わせる。
（２） ＬＡＮ内に対応できる電力機器がない場合、＃２電力系統に設置された多端子型非同期連系装置のＢ接続端子（ＩＰ００２）を経由してＷＡＮに、問い合わせが転送される。
（３） ＷＡＮ内で、一斉問い合わせを行い、ＷＡＮに接続されている多端子型非同期連系装置の接続端子は、それぞれのＬＡＮに問い合わせを行う。
（４） その結果＃１電力系統の電力機器１が対応することになった場合、ＩＰ００１からＩＰ００５に対する電力融通予約がなされる。
（５） 次に、ルーティングプロトコルにしたがい複数のルートが選定される。図中には一つのルートしか示されていないが、通常複数ルートを使用する。
（６） 図では、ＩＰ００１からＩＰ００２、ＩＰ００３、ＩＰ００４、ＩＰ００５のルートを通じて電力機器１に到達することがわかり、このルーティングが記録される。
（７） 予約時間が来ると、ＩＰ００２，ＩＰ００３，ＩＰ００４の遮断器は閉じ、対応する電力変換器が電力を移動させる。
（８） 同時に、ＩＰ００１とＩＰ００５の電力機器制御端末装置も電力制御を開始し、その結果、ＩＰ００１からＩＰ００５に電力が融通される。

【０２４７】

（実施例１９）

本実施例では、請求項２７から請求項３１に関わる実施例の別形態を図１８に基づいて説明する。

【０２４８】

（１）の例は、同じ電力系統内で、電力融通が行われる例である。これは、ＬＡＮ内での通信で目的が達成できる。電力系統内で、風力発電機が発生した電力を電力貯蔵装置が充電に使用したり、需要の不足分を電力貯蔵装置が補ったりなど多くのケースがある。この場合も予約手続きで対応される。この手続きに必要な時間は、通信速度によるが数十ミリセカンド以内であるので、リアルタイム応答に近いレスポンスが得られる。

【０２４９】

（２）の例は、多端子型非同期連系装置が、電力系統内に電力融通の問い合わせを行うケースである。この場合は、ＷＡＮ側からの要請の場合もＬＡＮ側からの要請の場合も含め、要請してきた機器を特定させずに、多端子型非同期連系装置として需要をとりまとめている。

【０２５０】

（３）の例は、多端子型非同期連系装置同士で、経由するものも含めて電力融通を行う例である。自らの電力系統の需給を予測して、多端子型非同期連系装置が自ら判断して需給予約を行うケースである。

【０２５１】

（４）の例は、発信元の電力機器が特定されるが、対応する相手が電力系統であって特定の電力機器でない場合である。需給バランスに余裕のある電力系統が、複数で発信元の電力機器に対して電力融通を行うケースにあたる。たとえば、急激な風力発電電力の増加を周辺電力系統で吸収する場合や、残量が少なくなった電力貯蔵装置を周辺の電力系統が協力して充電する場合などがある。

【０２５２】

（５）の例は、発信元の電力機器が、他電力系統の電力機器を特定して電力を融通し合うケースである。これにより需要家が任意の発電ソースの電力を購入するなどの概念が具体化する。

これにより柔軟な電力融通方法を実施する手順が構築できる。

第一の電力融通要求段階で電力融通要求元は、まず電力系統内の他のすべての電力機器に対し、発信元ＩＰアドレス・マルチキャストＩＰアドレス・希望取引条件の情報を含んだＩＰパケットを発信する。受信した電力機器は電力融通要求に応えられる場合のみ返信

をする。応信するＩＰパケットは、少なくとも、応信元ＩＰアドレス・返信先ＩＰアドレス・可能取引条件の情報を含むことを特徴とする。同一の電力系統内にこたえられる電力機器がない場合や最初から他の電力系統に融通を依頼する場合は、第一の電力融通要求段階で、他のすべての多端子型非同期連系装置に対して同様の手順を実施する。

これにより、電力融通の取引を有効・無効電力の大きさ、方向、時間、価格、電力発生源を含めて不特定多数の相手に条件を打診し、それを受け取った側で条件が折り合えば可能な条件を盛り込んで返信を送ることで電力融通の候補が定めることができる。

また、これにより信頼性の高い電力融通方法を実施する手順が構築できる。

応信を受けた電力機器もしくは多端子型非同期連系装置は、取引条件などを勘案して、予約を行うかどうか決定する。交渉が必要な場合はこのステップが何度か繰り返されることもある。確定したところで予約取引条件を含んだＩＰパケットを発信し、相手先はそれに対して予約が確定した旨の条件を含んだＩＰパケットを返信する。これにより一連の電力融通予約手順は終了し、予約時間が来た時に実行される。

これにより、候補者の中から条件の折り合うものを選んで、電力融通の予約を、有効・無効電力の大きさ、方向、時間、価格、電力発生源を含めて予約を申し入れ、それを受け取った側で状況の変化などを含めて問題なければ予約確定の返信を上記の条件付きで送ることで電力融通の予約が確定する。

実用上は、予約番番号、電力の融通開始時の出力上昇率、融通停止時の出力減少率、時間などの情報が含まれていることが、スムーズな電力融通を行う上で望ましい。

電力融通プロファイルにおいて、電力の大きさの変化が複雑な時もこれを電力パケット化して単純なやりとりとすることが可能である。たとえば毎正時ごとに１時間分１ｋＷＨを１電力パケットとして扱い、その個数と開始時間のみを情報化するとか、１電力パケットの単価を毎月あらかじめ定めて置くなどの方法で、情報を簡略化し、予約プロセスを簡略化することが可能である。

【０２５３】

（実施例２０）

【０２５４】

図１０の上部に示した（Ａ）の融通電力は、その前および後、あるいはいずれか一方に、発信元ＩＰアドレス・受取先ＩＰアドレス・取引条件の情報を含むＩＰパケットを有している。これは、図中ではヘッダー情報とフッター情報と表現しているが同じものである。電力線搬送通信の場合であれば、デジタル信号をデジタル送電電力の前または後、あるいは前後に付け、電力の発信元と送付先および送電条件を付加したタグ付きデジタル電力として送電することができる。

【０２５５】

このヘッダー情報とフッター情報は、電力変換器のＰＷＭ信号を信号源とすることができる。この場合、適切な交流フィルターバイパスを用いれば、電力変換器そのもので通信信号を作り出すこともできる。またＤＳＰまたは、ＣＰＵの信号を直接電力線搬送信号生成装置の入力とすることもできる。

【０２５６】

この情報を用いれば電力を識別して管理することができ、電力融通が容易になる。電力貯蔵装置のおかげで電力融通の同時性は厳しくないため、融通電力をパケットに分割して別ルートで送電するなどの運用も可能になる。連系電線路の容量が足りないケースが発生した時は、融通電力をいくつかに分割して別な連系電線ルートに迂回するなどのおようが可能となる。

【０２５７】

連系電線路ルートのタイムシェアリング運用など多彩な電力運用を行うことを可能にし、電力融通の記録も正確にすることができる。電力線搬送通信を用いて、送電電力の前後、あるいはいずれか一か所につけられたIP情報は、予約情報との照合、電力授受の記録、ルート変更の記録、緊急融通等電力取引の記録に使用できる。

【０２５８】

電力線搬送通信の場合のヘッダー情報とフッター情報信号送出タイミングとして、電力変換器を数サイクル停止してその間に送出することにより、電力変換器由来のノイズを低減し、情報の信頼性を高めることができる。

これにより、融通する電力にＩＰによるタグをつけることができる。前記電力ネットワークシステムにおいて、デジタルシグナルプロセッサ（ＤＳＰ）または、中央演算処理装置（ＣＰＵ）はＰＷＭ信号やＩＰ信号により、電力のみならず、情報も作り出せる。ＩＰタグは、 発生する電力の直前に発信され、受取先の多端子型非同期連系装置または、電力機器制御端末装置の電力制御を開始させることができる。同様に発生した電力の最後に発信され、受取先の多端子型非同期連系装置または、電力機器制御端末装置の電力制御を終了させることができる。

これにより、時間だけで制御した場合に生じうる、送り手と受け手のミスマッチを解消し、電圧上昇や周波数上昇などの不具合を防ぐことができる。外部データ通信網を使う場合でも可能であるが、電力線搬送で情報と電力を送る場合は同じルートを使うので時間差がなくなり、好適である。これにより、電力を識別することが可能になる。

【０２５９】

（実施例２１）

【０２６０】

電力系統内サーバーまたは多端子型非同期連系装置内に設置された記憶装置と中央演算処理装置を用い、相互に情報を交換することによって、これらの電力融通方法を実行する電力融通制御プログラムを保存し、実行させることができる。

【０２６１】

電力融通制御プログラムは、ＩＰアドレスの付与やアドレステーブル、ルーティングテーブルなどと密接に関係しているので、それらと同じ場所に格納して置くことにより、情報を最新のものに維持することができる。

これにより、上述した複雑な電力融通手順を計算機の中に記憶させ、自動的に電力融通を行うことができるようになる。また、本手順は多端子型非同期連系装置のいずれもが実施できるようにプログラムを共有し分散処理することもできる。

【０２６２】

（実施例２２）

図１９は、多端子型電力変換のシミュレーションをＭａｔＬａｂ－Ｓｉｍｕｌｉｎｋ－ＳｉｍＰｏｗｅｒＳｙｓｔｅｍｓを利用して実施したものである。簡単のために順変換器側を省略し、ＤＣ電源で代用した。逆変換器側は単相ＰＷＭインバータの並列回路にし、３回路のものを作成した。

【０２６３】

ＤＣ母線側はＤＣ±４００Vの電池で代用した。２つの電池間に接地を取り、各々のインバータレグの中間を１オームの抵抗と５ｍＨのリアクトルで直列接続し、抵抗部に発生する電圧を観測した。ＰＷＭインバータの内部抵抗は１ミリオームでスナバー抵抗は０．０１ミリオームとした。

【０２６４】

単相ＰＷＭインバータを３回路並列にし、それぞれ周波数５０Ｈｚで位相０度、周波数５１Ｈｚで位相６０度、周波数４９Ｈｚで位相－３０度という制御信号を与えた。その結果、正常に動作し、それぞれ振幅ＡＣ３５０Vで、周波数５０Ｈｚで位相０度、周波数５１Ｈｚで位相６０度、周波数４９Ｈｚで位相－３０度の交流出力を得た。

【０２６５】

図示してはいないが単相ＰＷＭインバータを３回路並列にし、それぞれ周波数５０Ｈｚで位相０度、周波数３０Ｈｚで位相５０度、周波数０Ｈｚ（すなわち直流）という制御信号を与えた。その結果、正常に動作し、それぞれ自在な周波数と位相、さらに直流も作成できることがシミュレーションできた。

【産業上の利用可能性】

【０２６６】

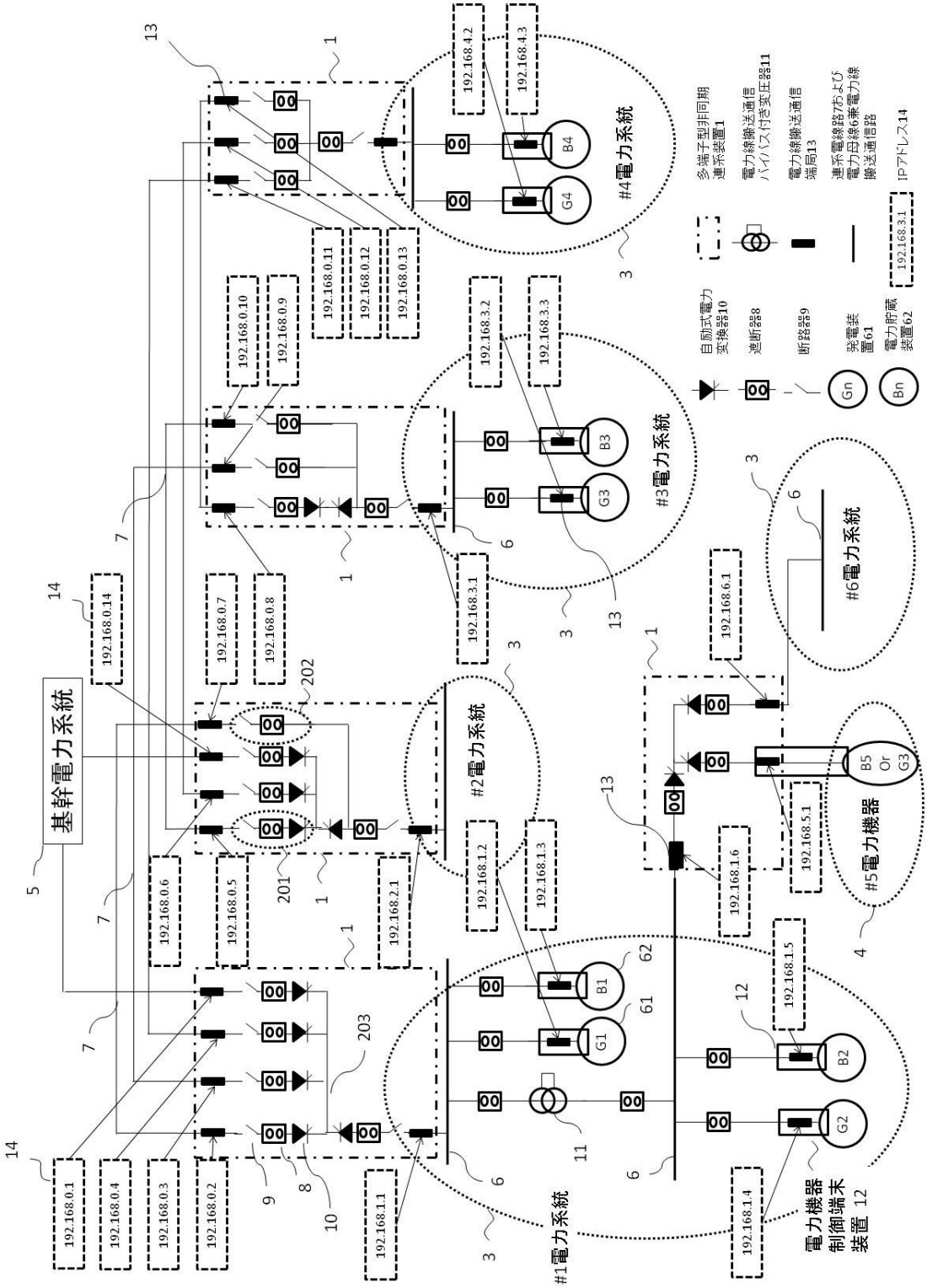
再生可能エネルギー電源を系統に導入する際に自立した電力系統を構成するので、電力系統側に与える変動が小さくなり、再生可能エネルギー導入促進インセンティブが働く。また、開発途上国などでの小規模電力系統を接続して大規模ネットワーク化する際にも有効な選択肢となる。

【符号の説明】

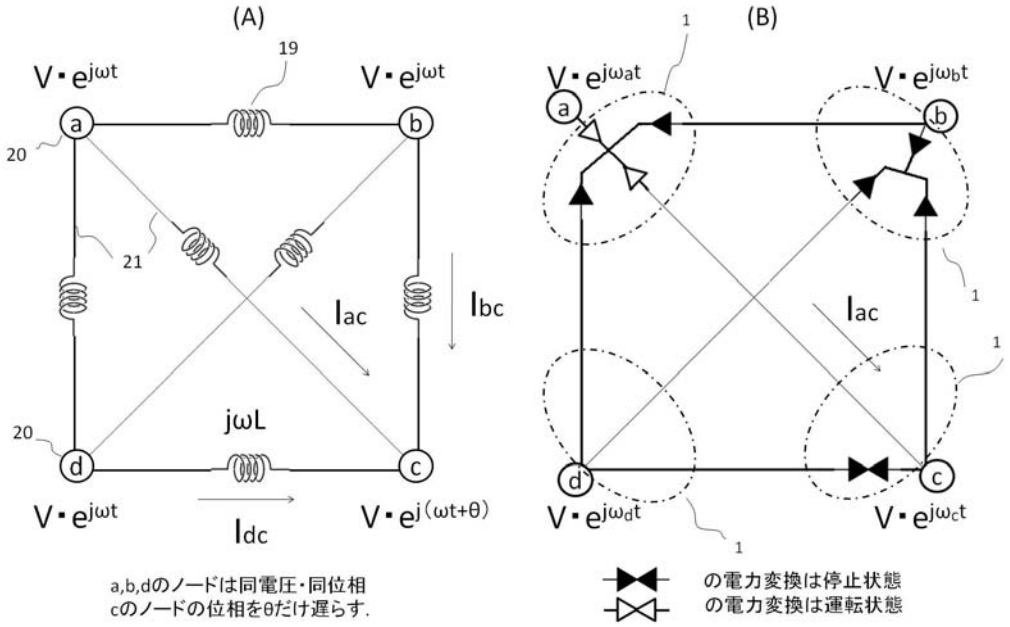
【０２６７】

１　多端子型非同期連系装置
３　電力系統
４　電力機器単独系統
５　基幹電力系統
６　電力母線
７　連系電線路
８　遮断器
９　断路器
１０　双方向電力変換器
１１　電力線搬送バイパス付変圧器
１２　電力機器制御端末装置
１３　電力線搬送通信端局
１４　ＩＰアドレス
１５　ＢＴＢ型電力変換器
１６　電圧・電流・電力測定器
１７　キャパシター
１８　共通直流母線
１９　リアクトル
２０　電力系統ノード
２１　電力系統リンク
６１　発電装置
６２　電力貯蔵装置
１０１　運転状態双方向電力変換器
１０２　停止状態双方向電力変換器
１６１　電力取引用記録装置
２０１　Ａ接続端子
２０２　Ｂ接続端子
２０３　共通直流母線

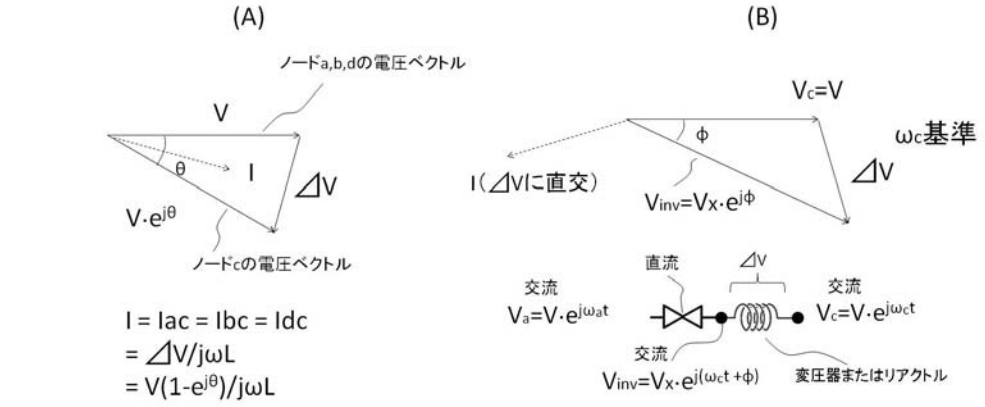
【図１】


基幹電力系統
#1電力系統
#2電力系統
#3電力系統
#4電力系統
#5電力機器
#6電力系統
電力機器制御端末装置 12
多端子型非同期連系装置1
電力線搬送通信バイパス付き変圧器11
電力線搬送通信端局13
連系電線路7および電力母線6兼電力線搬送通信路
IPアドレス14
自励式電力変換器10
遮断器8
断路器9
発電装置61
電力貯蔵装置62
192.168.0.1
192.168.0.2
192.168.0.3
192.168.0.4
192.168.0.5
192.168.0.6
192.168.0.7
192.168.0.8
192.168.0.9
192.168.0.10
192.168.0.11
192.168.0.12
192.168.0.13
192.168.0.14
192.168.1.1
192.168.1.2
192.168.1.3
192.168.1.4
192.168.1.5
192.168.1.6
192.168.2.1
192.168.3.1
192.168.3.2
192.168.3.3
192.168.4.2
192.168.4.3
192.168.5.1
192.168.6.1
B1
B2
B3
B4
B5 Or G3
G1
G2
G3
G4
Gn
Bn

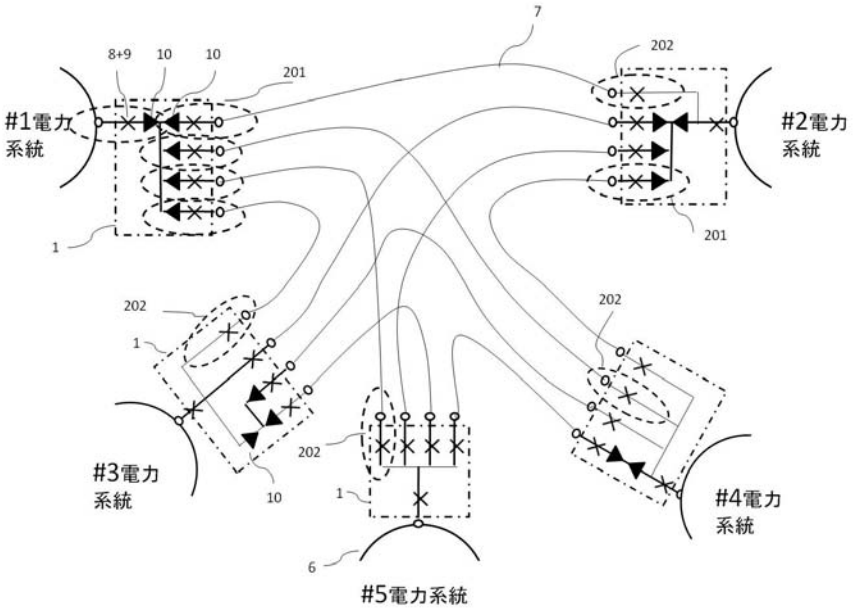
【図２】


(A)
19
V・e^jωt
V・e^jωt
a
b
20
21
Iac
Ibc
jωL
20
d
c
V・e^jωt
V・e^j(ωt+θ)
Idc
a,b,dのノードは同電圧・同位相
cのノードの位相をθだけ遅らす.
(B)
1
V・e^jωat
V・e^jωbt
a
b
Iac
1
1
d
c
V・e^jωdt
V・e^jωct
1
の電力変換は停止状態
の電力変換は運転状態

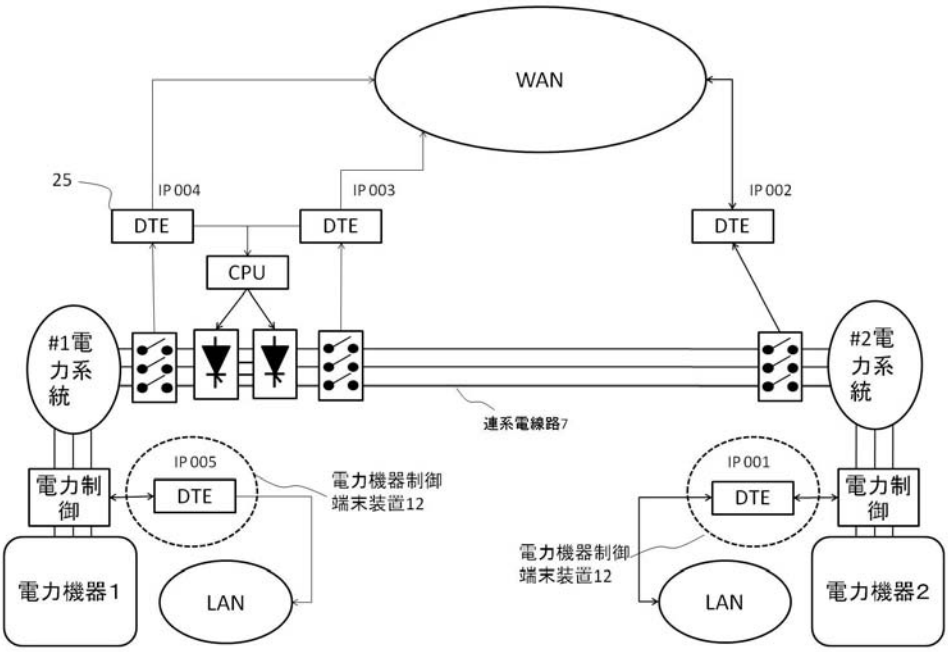
【図３】


(A)
ノードa,b,dの電圧ベクトル
V
θ
I
⊿V
V・e^jθ
ノードcの電圧ベクトル
I = Iac = Ibc = Idc
= ⊿V/jωL
= V(1-e^jθ)/jωL
P + jQ = V・3I*
=3V・V(1-e^-jθ)/-jωL
=3(V² /ωL)・j(e^-jθ-1)
=3(V² /ωL)・sinθ + j・ 3(V² /ωL) ・(cosθ-1)
cのノードの位相をずらして電力融通
しようすると隣接するa,b,dすべてのノードから
有効・無効電力が流れ込む.
(B)
Vc=V
ϕ
ωc基準
I(⊿Vに直交)
⊿V
Vinv=Vx・e^jϕ
直流
⊿V
交流
交流
Va=V・e^jωat
Vc=V・e^jωct
交流
Vinv=Vx・e^j(ωct +ϕ)
変圧器またはリアクトル
I = ⊿V/jωL = (V-Vx・e^jϕ)/jωL
P + jQ = V・I*
=V・ (V-Vx・e^jϕ)/ -jωL
=V・Vx ・sinϕ /ωL + j・(V² -V・Vx ・cosϕ) /ωL
電圧Vxと位相ϕを電力変換器で任意に作れる.
その結果, 任意の有効電力と任意の無効電力を
aのノードからcのノードに送り込める.

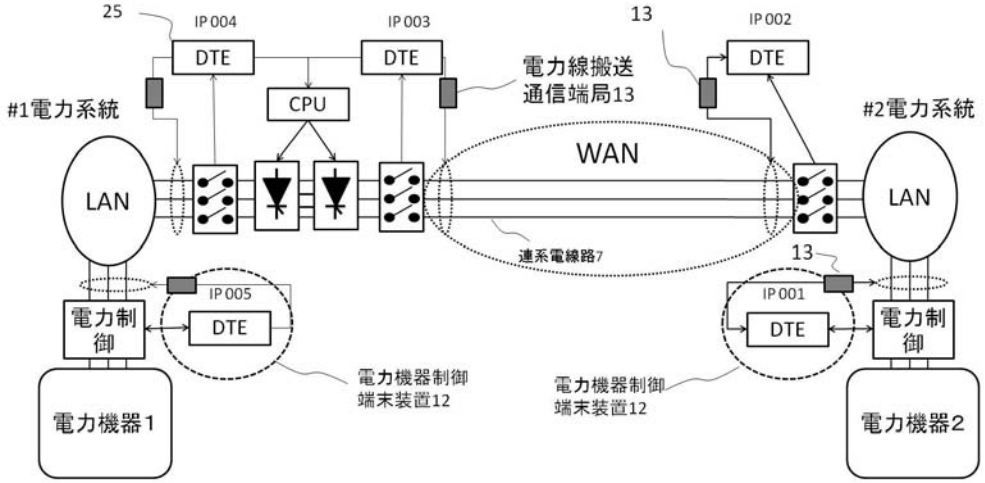
【図４】


7
8+9
10
10
201
202
#1電力系統
#2電力系統
1
201
202
1
202
#3電力系統
10
202
1
#4電力系統
6
#5電力系統

【図５】


WAN
25
IP004
IP003
IP002
DTE
DTE
DTE
CPU
#1電力系統
#2電力系統
連系電線路7
IP005
DTE
電力機器制御端末装置12
IP001
DTE
電力制御
電力制御
電力機器1
LAN
電力機器制御端末装置12
LAN
電力機器2

【図６】



【図７】

#1電力系統の多端子型非同期連系装置

Network	Subnet mask	Gateway
192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.0.7
192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.0.9
192.168.4.0	255.255.255.0	192.168.0.11
192.168.5.0	255.255.255.0	192.168.1.6
192.168.6.0	255.255.255.0	192.168.1.6

#2電力系統の多端子型非同期連系装置

Network	Subnet mask	Gateway
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.0.2
192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.0.10
192.168.4.0	255.255.255.0	192.168.0.12
192.168.5.0	255.255.255.0	192.168.0.2
192.168.6.0	255.255.255.0	192.168.0.2

#3電力系統の多端子型非同期連系装置

Network	Subnet mask	Gateway
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.0.3
192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.0.5
192.168.4.0	255.255.255.0	192.168.0.13
192.168.5.0	255.255.255.0	192.168.0.3
192.168.6.0	255.255.255.0	192.168.0.3

#4電力系統の多端子型非同期連系装置

Network	Subnet mask	Gateway
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.0.4
192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.0.6
192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.0.8
192.168.5.0	255.255.255.0	192.168.0.4
192.168.6.0	255.255.255.0	192.168.0.4

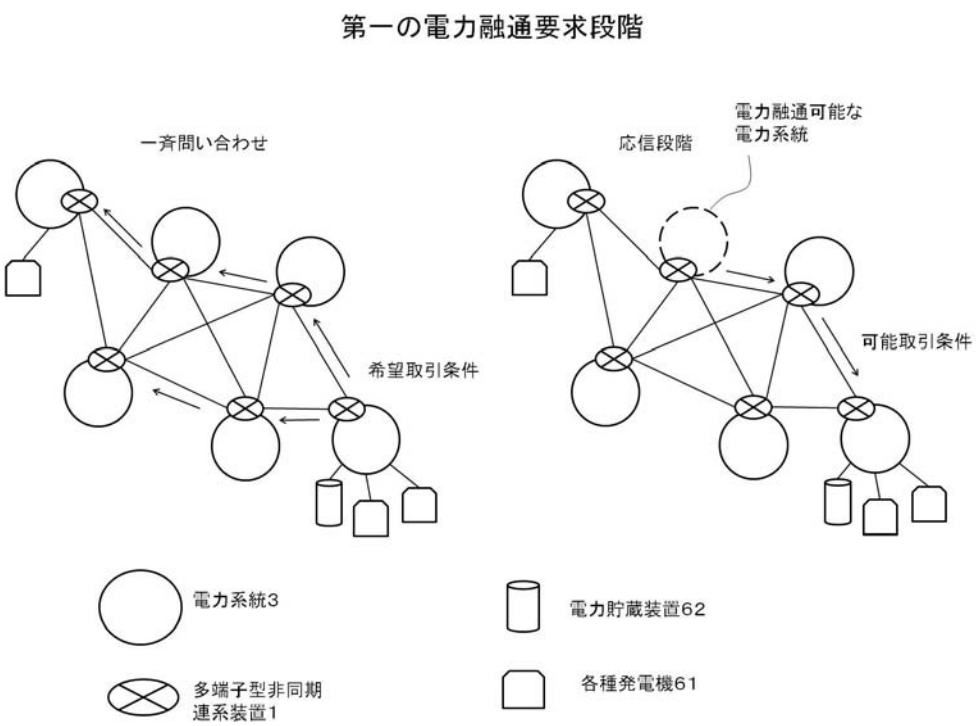
#5電力機器

Network	Subnet mask	Gateway
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.1
192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.1.1
192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.1.1
192.168.4.0	255.255.255.0	192.168.1.1
192.168.6.0	255.255.255.0	192.168.6.1

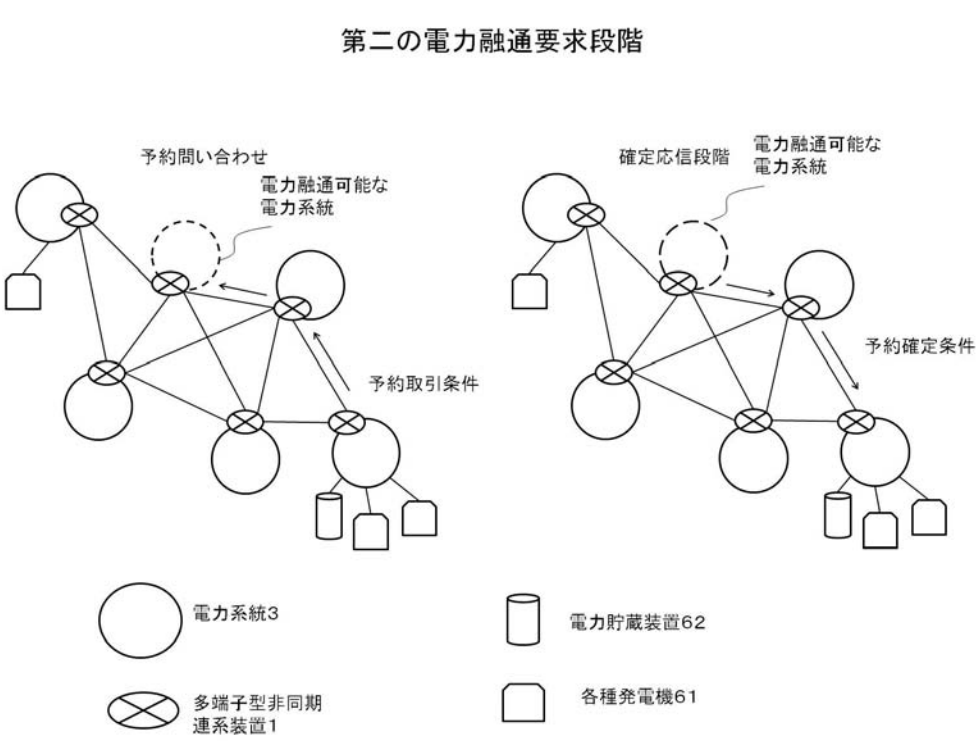
#6電力系統の多端子型非同期連系装置

Network	Subnet mask	Gateway
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.1
192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.1.1
192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.1.1
192.168.4.0	255.255.255.0	192.168.1.1
192.168.5.0	255.255.255.0	192.168.5.1

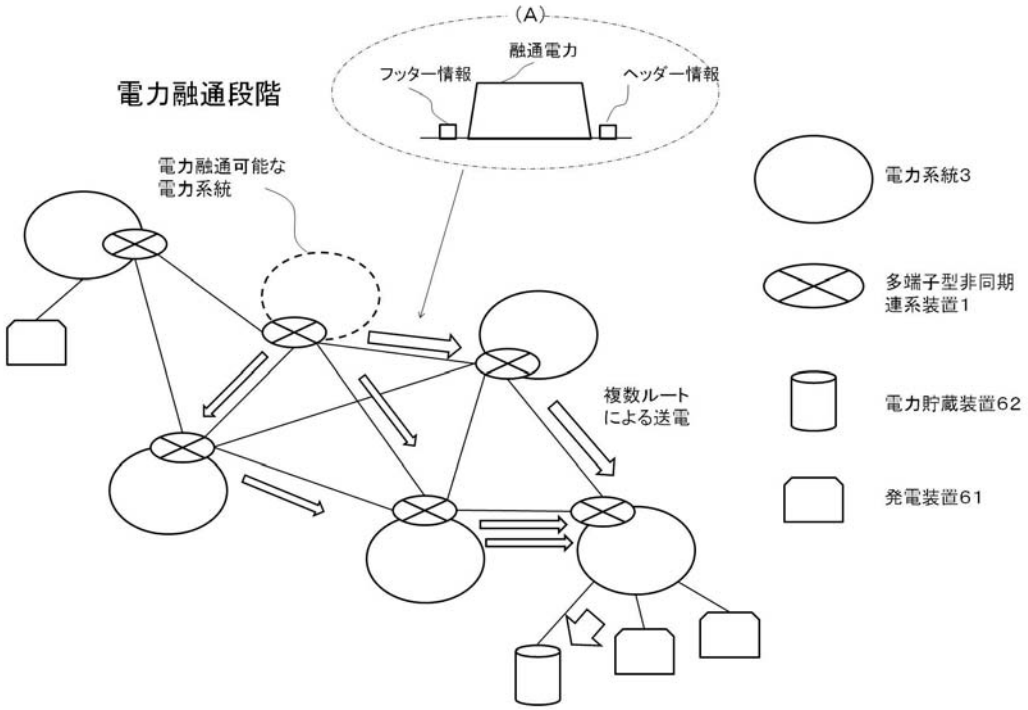
【図８】


第一の電力融通要求段階
一斉問い合わせ
希望取引条件
電力融通可能な
電力系統
応信段階
可能取引条件
電力系統3
多端子型非同期
連系装置1
電力貯蔵装置62
各種発電機61

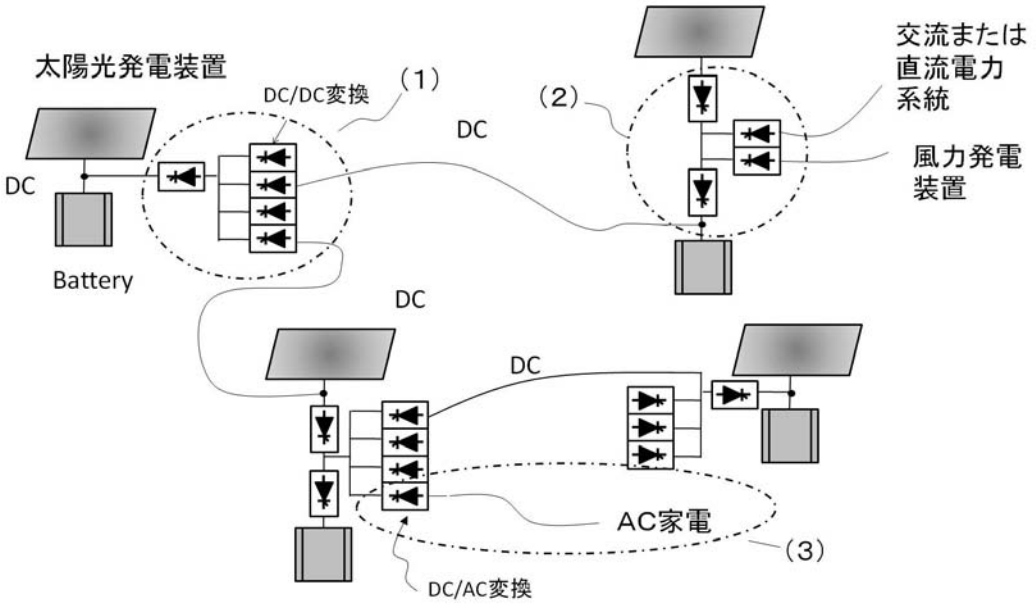
【図９】


第二の電力融通要求段階
予約問い合わせ
電力融通可能な
電力系統
予約取引条件
確定応信段階
電力融通可能な
電力系統
予約確定条件
電力系統3
多端子型非同期
連系装置1
電力貯蔵装置62
各種発電機61

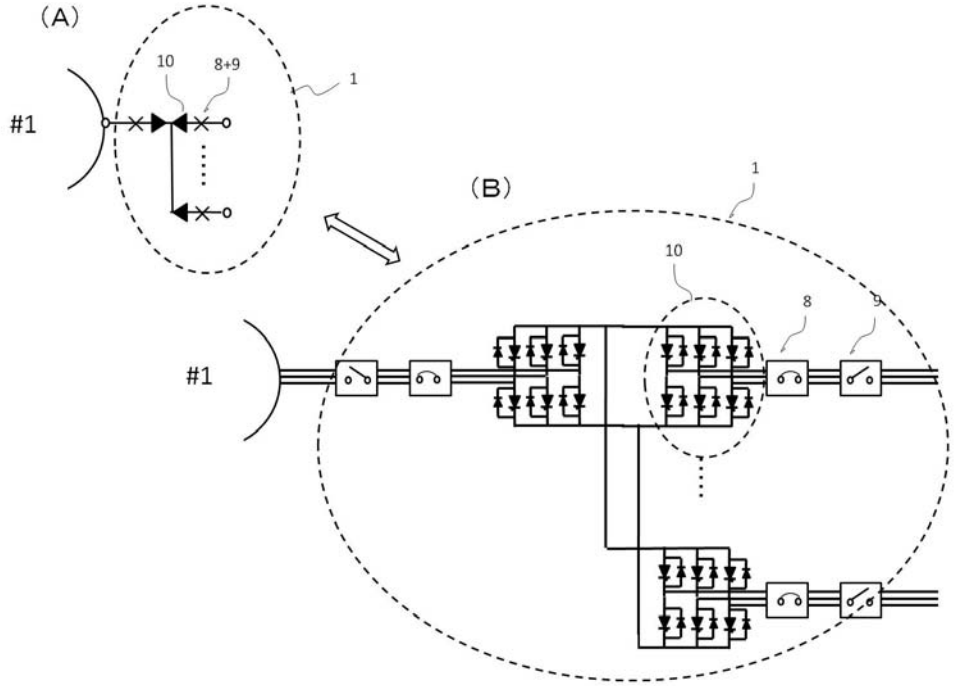
【図１０】


(A)
融通電力
フッター情報
ヘッダー情報
電力融通段階
電力融通可能な
電力系統
複数ルート
による送電
電力系統3
多端子型非同期
連系装置1
電力貯蔵装置62
発電装置61

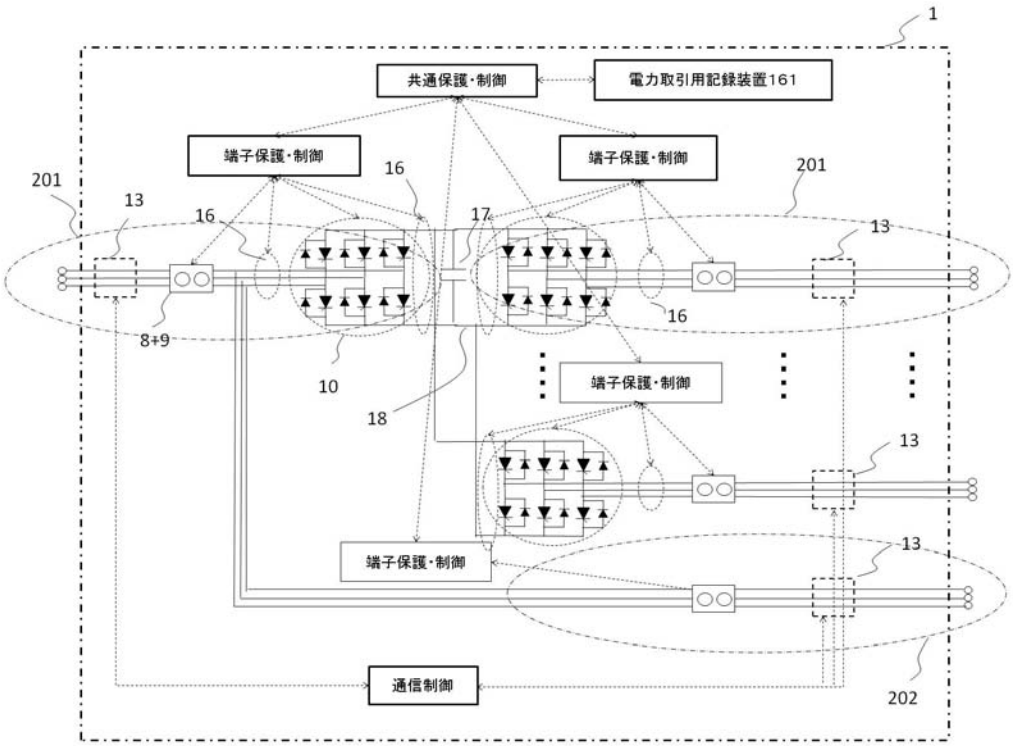
【図１１】


太陽光発電装置
DC/DC変換
(1)
(2)
交流または
直流電力
系統
風力発電
装置
DC
DC
Battery
DC
DC
AC家電
(3)
DC/AC変換

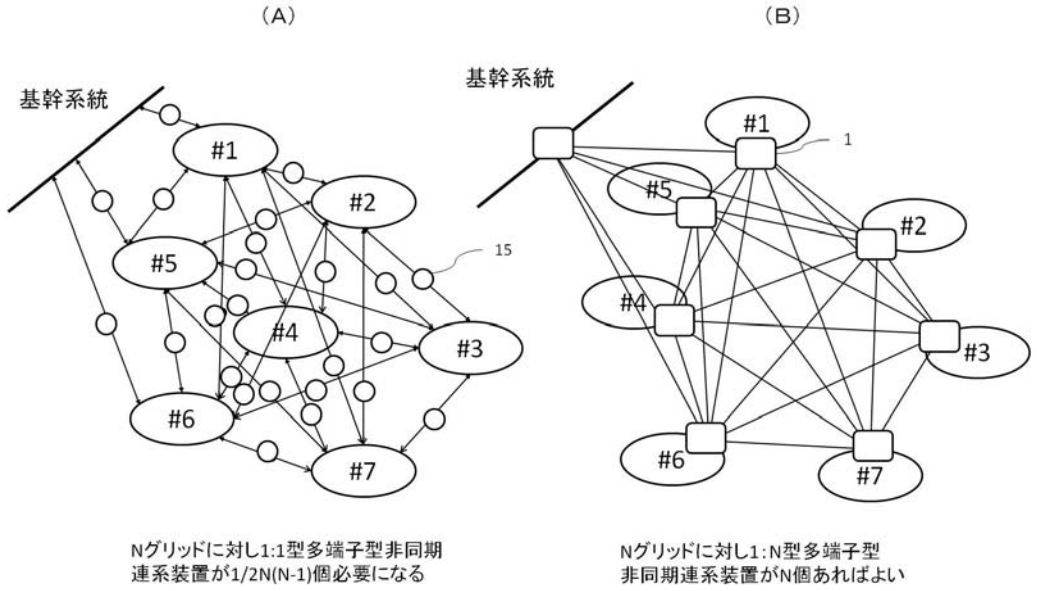
【図１２】


(A)
10
8+9
1
#1
(B)
1
10
8
9
#1

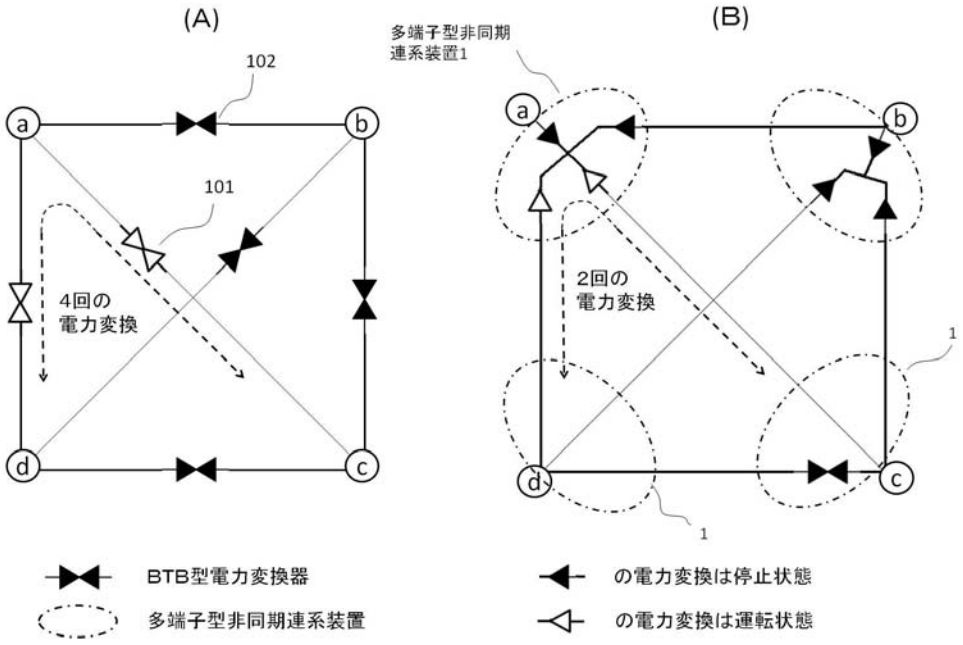
【図１３】


1
共通保護・制御
電力取引用記録装置161
端子保護・制御
端子保護・制御
201
201
13
16
16
17
13
16
8+9
10
18
端子保護・制御
13
端子保護・制御
13
通信制御
202

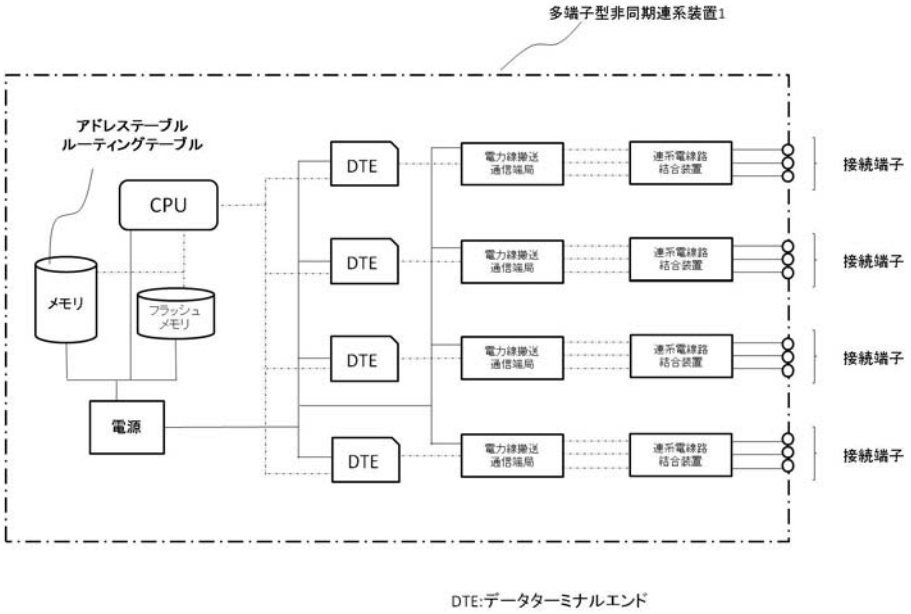
【図１４】


(A)
(B)
基幹系統
基幹系統
#1
#2
#3
#4
#5
#6
#7
15
1
Nグリッドに対し1:1型多端子型非同期
連系装置が1/2N(N-1)個必要になる
Nグリッドに対し1:N型多端子型
非同期連系装置がN個あればよい

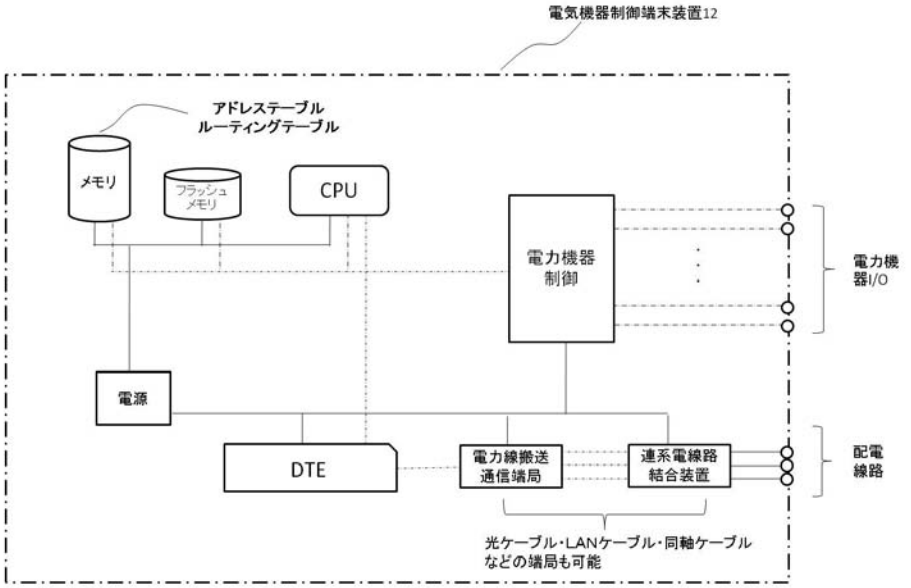
【図１５】


(A)
(B)
102
101
a
b
c
d
4回の
電力変換
多端子型非同期
連系装置1
2回の
電力変換
1
1
BTB型電力変換器
多端子型非同期連系装置
の電力変換は停止状態
の電力変換は運転状態

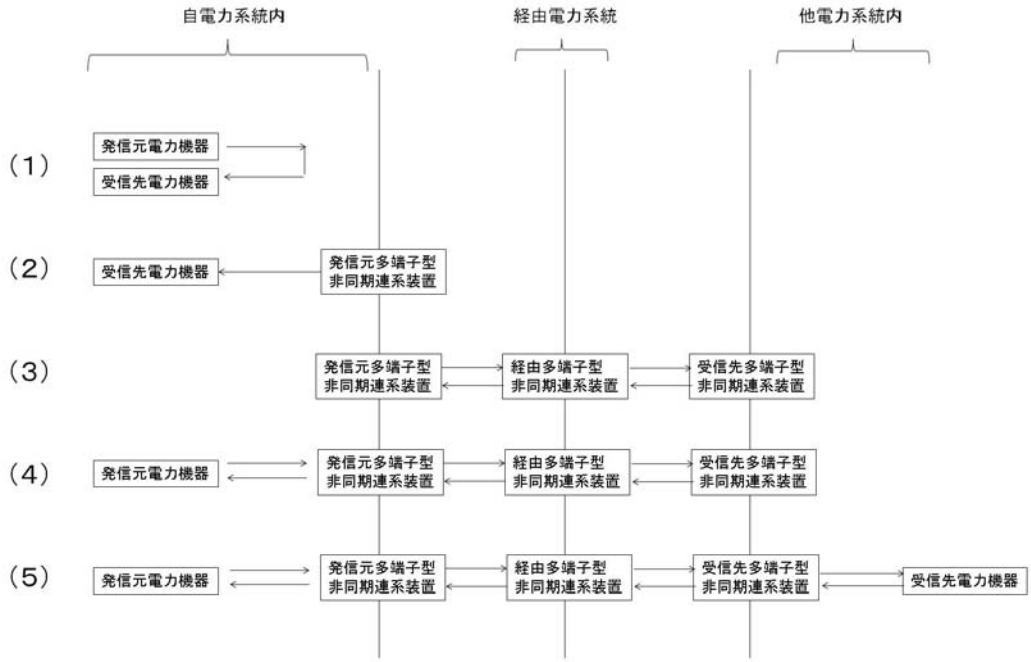
【図１６】


多端子型非同期連系装置1
アドレステーブル
ルーティングテーブル
CPU
メモリ
フラッシュ
メモリ
電源
DTE
DTE
DTE
DTE
電力線搬送
通信端局
電力線搬送
通信端局
電力線搬送
通信端局
電力線搬送
通信端局
連系電線路
結合装置
連系電線路
結合装置
連系電線路
結合装置
連系電線路
結合装置
接続端子
接続端子
接続端子
接続端子
DTE:データーミナルエンド

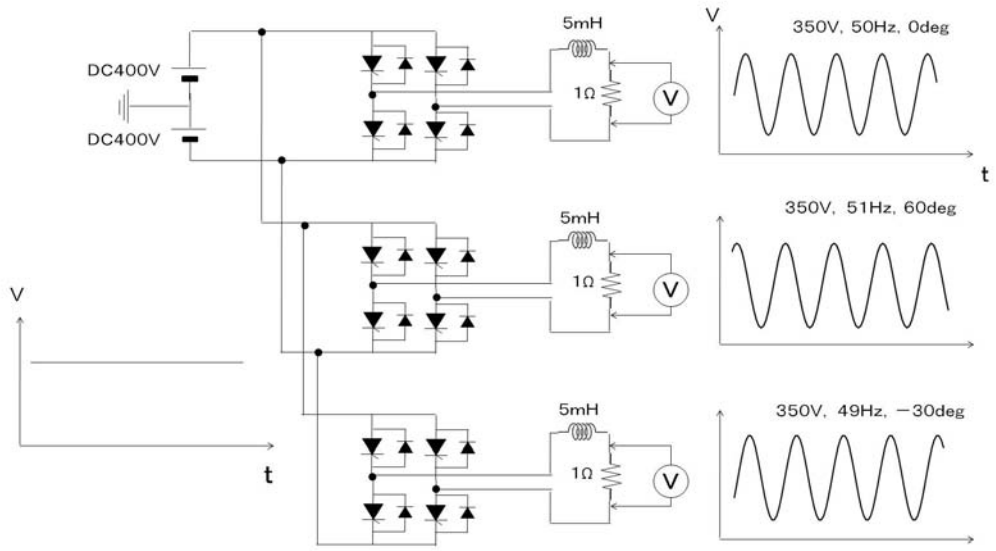
【図１７】


電気機器制御端末装置12
アドレステーブル
ルーティングテーブル
メモリ
フラッシュ
メモリ
CPU
電力機器
制御
電源
DTE
電力線搬送
通信端局
連系電線路
結合装置
電力機
器I/O
配電
線路
光ケーブル・LANケーブル・同軸ケーブル
などの端局も可能

【図１８】


自電力系統内
経由電力系統
他電力系統内
(1)
発信元電力機器
受信先電力機器
(2)
受信先電力機器
発信元多端子型
非同期連系装置
(3)
発信元多端子型
非同期連系装置
経由多端子型
非同期連系装置
受信先多端子型
非同期連系装置
(4)
発信元電力機器
発信元多端子型
非同期連系装置
経由多端子型
非同期連系装置
受信先多端子型
非同期連系装置
(5)
発信元電力機器
発信元多端子型
非同期連系装置
経由多端子型
非同期連系装置
受信先多端子型
非同期連系装置
受信先電力機器

【図１９】


DC400V
DC400V
5mH
1Ω
V
350V, 50Hz, 0deg
t
5mH
1Ω
V
350V, 51Hz, 60deg
V
t
5mH
1Ω
V
350V, 49Hz, −30deg

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平１１－０９８６９４（ＪＰ，Ａ）
特許第３９３４５１８（ＪＰ，Ｂ２）
特開２００８－０６１３５５（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２２３９８６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｊ　３／００ － ５／００
Ｈ０２Ｊ　１３／００