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

特許第5612920号
(P5612920)

(45)発行日　平成26年10月22日(2014.10.22)　(24)登録日　平成26年9月12日(2014.9.12)

(51)Int.Cl.　　F I
*H02J 3/04 (2006.01)*　　H02J 3/04 Z
*H02M 7/48 (2007.01)*　　H02M 7/48 R

請求項の数 6　(全 43 頁)

(21)出願番号　特願2010-145715(P2010-145715)
(22)出願日　平成22年6月27日(2010.6.27)
(65)公開番号　特開2012-10530(P2012-10530A)
(43)公開日　平成24年1月12日(2012.1.12)
審査請求日　平成25年6月27日(2013.6.27)

(73)特許権者　504137912
国立大学法人　東京大学
東京都文京区本郷七丁目３番１号
(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
(74)復代理人　100129171
弁理士　柿沼　健一
(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】多端子型電力変換装置と電力システムならびにその制御プログラム

(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、
前記各自励式電力変換器を通過する電圧・電流を測定する電圧・電流測定器と、
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共通母線と、
前記自励式電力変換器に接続された電力貯蔵装置と、
前記自励式電力変換器を介して前記電力貯蔵装置に貯蔵された電力の電力量情報および前記貯蔵された電力の電力融通プロファイルを、前記自励式電力変換器を識別する識別子と関連付けて記録する電力取引用記録装置と、
他の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵された電力の電力量情報および前記他の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵された電力の電力融通プロファイルおよび前記識別子を示す信号を受信するデータターミナルエンドと、
前記データターミナルエンドにおいて受信した前記信号に含まれる前記識別子に対応する前記自励式電力変換器を含む場合、前記信号に従って、前記電力を送受電するように前記識別子に対応する前記自励式電力変換器を制御し、前記記録された電力融通プロファイルを前記他の多端子型電力変換器の電力融通プロファイルに書き換えるよう前記電力取引用記録装置を制御する電力制御システムと、
を備え、前記電力制御システムは、前記電圧・電流測定器で測定された測定値に基づき電圧・電流を算出し、前記共通母線に流入する電力と前記共通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接続先との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ことを特徴とする多端子型電力変換器。

【請求項２】

前記電力融通プロファイルは、取引日時、取引量、発電エネルギー源、発電事業者、貯蔵事業者、価格、電力損失、$CO_2$価値、ＲＰＳ価値およびグリーン電力価値の少なくとも１つを含むことを特徴とする請求項１に記載の多端子型電力変換器。

【請求項３】

前記データターミナルエンドは、前記電力貯蔵装置に貯蔵された電力の電力量情報および前記貯蔵された電力の前記電力融通プロファイルを示す信号であって、前記他の多端子型電力変換器が前記他の電力貯蔵装置の電力取引用記録装置に記録された前記他の多端子型電力変換器の電力融通プロファイルを前記電力融通プロファイルに書き換えるための信号を、前記識別子に基づき前記他の多端子型電力変換器のデータターミナルエンドへ送信することを特徴とする請求項１又は２に記載の多端子型電力変換器。

【請求項４】

前記電力貯蔵装置に貯蔵された第１の電力と同量の第２の電力が他の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵されている場合、前記電力取引用記録装置に記録された前記第１の電力の電力融通プロファイルを前記データターミナルエンドで受信した前記第２の電力の電力融通プロファイルに書き換え、前記他の多端子型電力変換器の電力取引用記録装置に記録された前記第２の電力の電力融通プロファイルを前記データターミナルエンドから送信された前記第１の電力の電力融通プロファイルに書き換えることにより、前記多端子型電力変換器間で前記第１の電力と前記第２の電力との交換が可能なことを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の多端子型電力変換器。

【請求項５】

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・電流を測定する電圧・電流測定器と、

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共通母線と、

前記自励式電力変換器を介して他の多端子型電力変換器に送電する送電電力と他の多端子型電力変換器から受電する受電電力との取引日時および取引量を含む電力融通プロファイルを、前記自励式電力変換器を識別する識別子と関連付けて記録する電力取引用記録装置と、

他の多端子型電力変換器の前記電力融通プロファイルおよび前記識別子を示す信号を受信するデータターミナルエンドと、

前記データターミナルエンドにおいて受信した前記信号に含まれる前記識別子に対応する前記自励式電力変換器を含む場合、前記信号に従って、前記識別子に対応する前記自励式電力変換器を制御する電力制御システムであって、前記電力融通プロファイルおよび前記識別子に基づき、同一時刻に同一の他の多端子型電力変換器に対して前記送電電力と前記受電電力との両方が存在すると判定できた場合、前記送電電力と前記受電電力との差分についてのみ送電又は受電するよう前記自励式電力変換器を制御する電力制御システムと、

を備え、前記電力制御システムは、前記電圧・電流測定器で測定された測定値に基づき電圧・電流を算出し、前記共通母線に流入する電力と前記共通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接続先との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ことを特徴とする多端子型電力変換器。

【請求項６】

請求項１乃至５のいずれかに記載の複数の多端子型電力変換器を備え、

第１の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵された第１の電力と同量の第２の電力が第２の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵され、前記第１の多端子型電力変換器と前記第２の多端子型電力変換器との間で前記第１の電力と前記第２の電力との交換を行う場合、前記第１の多端子型電力変換器と前記第２の多端子型電力変換器との間で前記第

１の電力の電力融通プロファイルと前記第２電力の電力融通プロファイルとを前記データターミナルエンドを介して相互に送受信し、前記第１の多端子型電力変換器の電力取引用記録装置に記録された前記第１の電力の電力融通プロファイルを前記第２の電力の電力融通プロファイルに書き換え、前記第２の多端子型電力変換器の電力取引用記録装置に記録された前記第２の電力の電力融通プロファイルを前記第１の電力の電力融通プロファイルに書き換えることにより、前記第１の電力と前記第２の電力との交換を行うことを特徴とする電力システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、変動の大きい再生可能エネルギーを大量に系統導入した際に、系統動揺の波及や連鎖停電を防止するために必要となる、系統間の多端子電力変換装置とそれらを多数系統内に設置して構成する電力システムならびにその電力システムを制御するプログラムに関するものである。

【背景技術】

【０００２】

近年、気候変動問題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。日本政府は、２０２０年には２，８００万ｋＷ、２０３０年には５，３００万ｋＷの太陽光発電を導入する目標を立てている。これは、現在の日本の最大電力１億８千万ｋＷの２５％にも相当する。

【０００３】

この大きさの電源が、天候により出力変動すれば、周波数維持が困難となる。従って政府は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，太陽光発電は一定規模の出力抑制を採用しても，２０２０年度時点で１，３００万ｋＷ程度（約７％）しか導入できないと報告している。

【０００４】

米国では、各州で異なるものの今後１０－２０年で、量として１０－３０％の導入を計画しており、周波数維持のために送電線容量を増強する計画がスマートグリッド推進の中で検討されている。

【０００５】

欧州でも、各国で導入計画は異なるものの、ＥＵ指令として２０２０年までに２０％の再生可能エネルギー量の導入を目指しているが、周波数維持のための電力潮流変動増加が見込まれており、欧州全体の電力網を強化する計画が検討されている。

【０００６】

しかし、最近の大停電の例をみると、２００３年８月１４日の米国北東部の連鎖大停電はオハイオ州の操作ミスと警報装置不具合から始まり、２００３年９月２８日のイタリア全土大停電は樹木倒壊による高圧線事故から始まり、２００６年のドイツ、フランス、スペイン等８カ国にもまたがる連鎖大停電は、ドイツの送電線の計画停止に端を発するものであった。

【０００７】

この連鎖停電のメカニズムは、電力系統が巨大な同期系統となっているため、どこか１か所で電力潮流を流せない事故が起こると、その潮流が予期せぬ系統の負担になり、負担に耐え切れなくなるとその系統が停止し、さらにそれにより他の系統に電力潮流の負担が及ぶという図式で、雪だるま式に停電個所が広がっていくというものになっている。

【０００８】

すなわち、電力系統の送電容量を増大し、連系を強化すればするほど、小さな事故や小さな送電線容量低下が、より広範囲なエリアの連鎖大停電を引き起こす可能性が高まることになる。

【０００９】

これを防止するために、デンマークでは電力系統を電圧階級ごとに区分して「セル」と

いう単位に分け、その中で変動を吸収するようにする案が提案された。しかし、制御系の工夫だけでは、実際に事故が起こると連鎖の普及スピードに追い付けない上、協調制御がうまくいかないと健全な系統を停電させてしまう危険性もはらんでいる。

【００１０】

米国では、東部、西部、南部の系統を分離して、その間を多数の超高圧送電線で連系し、送電線の途中にＡＣ／ＤＣ／ＡＣ電力変換器を置いて、電力を非同期に融通する案が浮上しているが、東部一つとっても欧州と同程度の大きさがあり、その中で起こる連鎖大停電を防ぐことはできない。

【００１１】

仮に米国や欧州をそれぞれ数百の電力系統に分離し、自分の電力系統と周辺の複数の電力系統との間で非同期に電力を融通しあえる複数系統間電力変換器を置くことができれば、事故が起こっても停電は事故を起こした電力系統にとどめることができ、連鎖停電を未然に防止することができる。

【００１２】

複数系統間電力変換器を多用すれば、多数の電力ルートが作られるので、停電事故を起こした系統を切り離しても、それ以外の多くの系統から少しずつ電力を融通してもらえるので、自系統も周辺系統も健全性を維持することができる。

【００１３】

自系統が持ちこたえれば、雪だるま式に停電が連鎖して行くことが防止できる。電力変換器はゲートブロック制御を使用するので通常の遮断器より高速に電力を遮断できるので、事故の影響による電力動揺を小さく抑えることもできる。

【００１４】

複数系統間電力変換器があれば、周辺の電力系統との接続に既存の送電線を使うことができる。これにより通常５０％以下にとどまっている送電線の設備利用率が飛躍的に高まる。また無効電力も自由に融通でき電圧調整が可能になる。

【００１５】

しかし、このような多端子型の電力変換装置は存在していなかった。

【００１６】

その理由は、従来の電力系統が同期系統を拡大していくことで負荷変動を平均化し、系統安定化を図る方向にあり、再生可能エネルギーのような巨大な発電変動を考慮する必要がなかったことにある。

【００１７】

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。

【００１８】

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、交流／直流／交流変換を行う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。

【００１９】

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。

【００２０】

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。

【００２１】
　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】
【００２２】
【特許文献１】特開平１１－１４６５６０号公報
【００２３】
【特許文献２】特開平１１－９８６９４号公報
【００２４】
【特許文献３】特開２００８－１８２８５９号公報
【００２５】
【特許文献４】特開２００７－１８９８４０号公報
【００２６】
【特許文献５】特開２００３－３２４８５０号公報
【００２７】
【特許文献６】特開２００７－８９２５０号公報
【００２８】
【特許文献７】国際公開２００４－０７３１３６号公報
【００２９】
【特許文献８】特許３９３４５１８号公報
【００３０】
【特許文献９】特開２００３－１５２７５６号公報
【００３１】
　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。
【００３２】
　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。
【００３３】
　特許文献２の実施例では、北海道・本州直流連系のような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、増加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。
【００３４】
　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ではない。

【００３５】
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。
【００３６】
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。しかし、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。
【００３７】
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。
【００３８】
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。
【００３９】
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。
【００４０】
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。
【００４１】
また、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。
【００４２】
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。
【００４３】
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限定的である。これは、複数の端子間での電力の総和をゼロに制御するの効果的手段が開発されていないことに起因している。実際に稼働している地点はわずか３端子の例であるイタリアの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。
【００４４】

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。また、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の実現は実質上不可能であった。

【００４５】

以上のように、先行技術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。先行技術文献を参考にして想定し得るのは、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までである。

【００４６】

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。

【００４７】

まず、電力融通制御装置面においては、

第１に、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。

第２に、その間で協調制御をおこなう必要があるが、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。

第３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。

第４に、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。

【００４８】

また、通信システム面においては、

第１に、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。

第２に、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。

第３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。

【００４９】

さらに、制御システム面においては、

第１に、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。

第２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る。

第３に、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る。

【００５０】

この他、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。

【００５１】
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。
【００５２】
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。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００５３】
上述のような背景から、本発明で解決しようとする課題は、既存の電力系統を細分化して生みだした複数の電力系統に対して、同時に電力を分配融通する複数電力系統間電力変換器であるところの「多端子型電力変換装置」及びその多端子型電力変換装置を複数連系して、時刻同期をとりつつ、電力を遠方の電力系統に融通するシステムを提供することにある。
【００５４】
その制御方法として、各変換器や多端子電力変換システム全体に対して、アドレスを付加し、インターネットプロトコルに準じた分散型情報処理を行うことにより、電力を送るルートを、インターネットメールを送るようにルーティングしたり、送電元の情報（発電ソース、発電量、価格、時間、経由地、損失等）を、記録し、保存して電力取引を行ったりすることができる電力システムを提供することにある。
【００５５】
多端子型制御装置の電力変換器を、交換したり、修理したりする際に、全装置を停電せずに、残りの電力変換器を運転継続できるような手段を提供することにある。
【００５６】
多端子型電力変換装置自身に、電力の供給あるいは吸収手段を持たせ、母線電圧維持機能を持たす手段を提供することにある。
【００５７】
多端子型電力変換装置の各ユニットが引き出し可能なキャビネットに内蔵され、複数のキャビネットが一つのキュービクルに内蔵された構造を持ち、キャビネットを引き出すことによってユニットの入出力端子と共通母線端子が、キュービクル内の入出力端子側接続部と共通母線接続部から切り離すことができるように規格化して、プラグアンドプレイのような脱着認識を行うことができるようにすることにより、電力機器のアドホックな拡張が可能になり、保守活動の容易さを生みだすことを可能にする多端子型電力変換装置を提供することにある。
【００５８】
既存の送電線を使用して、多端子型電力変換装置を接続し、電力融通を行い、送電ルートを多様化する電力システムを提供することにある。
【００５９】
既存の送電線を使用して、多端子型電力変換装置を送電線の各回線に独立に接続し、送電ルートを多様化し、送電線利用率を向上する電力システムを提供することにある。
【００６０】
複数の多端子型電力変換装置の運転モードを協調して変えることにより、電力ルートの制限や変換器容量の制限に応じた送電や電力融通を行う電力システムを提供することにある。

【００６１】
有効電力のみならず、無効電力も供給し、電圧維持を行う電力システムを提供することにある。
【００６２】
電気の特徴は、発電と消費が常に同時同量であり、変動の大きい消費に合わせて発電を増減しないと周波数が維持できなくなる。ここに変動の大きい自然エネルギー電源が大量に導入されると、発電側も変動が大きくなり、全体として同時同量を維持することが困難になる。そのため、送電支障が起こりやすくなり、いったん起こると連鎖的に支障が拡大していく傾向がある。課題は、同期系統を、多端子型電力変換装置により、分断し、非同期連系することによって、細分化された電力系統を多数作って、事故による連鎖停電の可能性を少なくする電力システムを手供することにある。
【００６３】
複数の多端子型電力変換装置間で、協調して電力を送るためには、電力変換器の起動・増出力率・運転値・減出力率・停止のタイミングを一致させる必要がある。これを、時刻同期を達成するという。
【００６４】
時刻同期を達成する方法にはおおむね次の３つの方法が考えられる。
（１）高速通信回線で時刻同期をとる。
（２）ＧＰＳや電波時計など外部の時計データを元に該当電力変換器の制御回路の時刻を合わせる。
（３）電力回路を流れる電流波形や、電力回路に印加される電圧波形を使って同期をとる。
【００６５】
（１）の方法は、通信回線が遮断されたり、他の通信の影響で実効速度が遅くなったりする可能性があり、信頼性の低い方法と考えざるを得ない。通信回線の遅れ分を補正する手順が必要であり、その信頼性は十分とはいえない。
（２）の方法は、ＧＰＳや電波時計のデータが取得できなかった場合、信頼性が落ちる。またデータ取得は連続ではなく、通常間欠的に行われるため、取得と取得の間は、自己の持つ時計機能で時刻を判定する必要がある。このため、やはり信頼性が高いとは言えない。インターネットの世界では、Ｎｅｔｗｏｒｋ　Ｔｉｍｅ　Ｐｒｏｔｃｏｌ（ＮＴＰ）が知られている手順であるが、通信回線の遅れ分を補正して同期をとっており、その誤差の信頼性は十分とはいえない。
（３）の方法は、電力回路を流れる電流も電圧も光と同じ速度で伝搬しているので、時刻のずれは基本的に考えなくてもよく、優れた方法であるといえる。しかし、この電流波形や電圧波形（以下、電気波形と呼ぶ）の伝達しうる情報量は小さく、電力変換の開始時刻、終了時刻、電力変換の大きさ、価格、発電ソース、電力送電元、経由地等の情報を十分に伝えきれない。
【００６６】
（３）の方法において、電力回路を流れる電流波形や、電圧波形を特殊な形にしたり、組み合わせたりすることによりに情報量を増大することは可能である。しかし、情報量を多くすると、伝送距離が短くなるという欠点を有する。
【００６７】
課題は、以上の時刻同期の問題を解決した電力システムを提供することにある。
【００６８】
電気には、色がないと言われ、電気を識別することは従来不可能であった。しかし、識別が可能になれば、電力の取引や付加価値の取引が可能になる。
課題は、電気の識別を行い、その記録を一元管理できるようにすることである。
【００６９】
ソフトウェアにおいても、電力関連装置および機器においては、個々の装置および機器に対応した個別のソフトを開発するのが通例であった。

課題は、すべての電力機器に共通のソフトウェアとし常に最新のものになるような電力システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００７０】

請求項１に係る発明は、この課題を解決するためになされたものであって、多端子型電力変換器であって、双方向に電力変換する複数の自励式電力変換器と、前記各自励式電力変換器を通過する電圧・電流を測定する電圧・電流測定器と、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共通母線と、前記自励式電力変換器に接続された電力貯蔵装置と、前記自励式電力変換器を介して前記電力貯蔵装置に貯蔵された電力の電力量情報および前記貯蔵された電力の電力融通プロファイルを、前記自励式電力変換器を識別する識別子と関連付けて記録する電力取引用記録装置と、他の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵された電力の電力量情報および前記他の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵された電力の電力融通プロファイルおよび前記識別子を示す信号を受信するデータターミナルエンドと、前記データターミナルエンドにおいて受信した前記信号に含まれる前記識別子に対応する前記自励式電力変換器を含む場合、前記信号に従って、前記電力を送受電するように前記識別子に対応する前記自励式電力変換器を制御し、前記記録された電力融通プロファイルを前記他の多端子型電力変換器の電力融通プロファイルに書き換えるよう前記電力取引用記録装置を制御する電力制御システムと、を備え、前記電力制御システムは、前記電圧・電流測定器で測定された測定値に基づき電圧・電流を算出し、前記共通母線に流入する電力と前記共通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接続先との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ことを特徴とする。

【００７１】

請求項２に係る発明は、請求項１に記載の多端子型電力変換器において、前記電力融通プロファイルは、取引日時、取引量、発電エネルギー源、発電事業者、貯蔵事業者、価格、電力損失、$CO_2$価値、ＲＰＳ価値およびグリーン電力価値の少なくとも１つを含むことを特徴とする。

【００７２】

請求項３に係る発明は、請求項１又は２に記載の多端子型電力変換器において、前記データターミナルエンドは、前記電力貯蔵装置に貯蔵された電力の電力量情報および前記貯蔵された電力の前記電力融通プロファイルを示す信号であって、前記他の多端子型電力変換器が前記他の電力貯蔵装置の電力取引用記録装置に記録された前記他の多端子型電力変換器の電力融通プロファイルを前記電力融通プロファイルに書き換えるための信号を、前記識別子に基づき前記他の多端子型電力変換器のデータターミナルエンドへ送信することを特徴とする。

請求項４に係る発明は、請求項１乃至３のいずれかに記載の多端子型電力変換器において、前記電力貯蔵装置に貯蔵された第１の電力と同量の第２の電力が他の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵されている場合、前記電力取引用記録装置に記録された前記第１の電力の電力融通プロファイルを前記データターミナルエンドで受信した前記第２の電力の電力融通プロファイルに書き換え、前記他の多端子型電力変換器の電力取引用記録装置に記録された前記第２の電力の電力融通プロファイルを前記データターミナルエンドから送信された前記第１の電力の電力融通プロファイルに書き換えることにより、前記多端子型電力変換器間で前記第１の電力と前記第２の電力との交換が可能なことを特徴とする。

【００７３】

請求項５に記載の発明は、多端子型電力変換器であって、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・電流を測定する電圧・電流測定器と、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共通母線と、前記自励式電力変換器を介して他の多端子型電力変換器に送電する送電電力と他の多端子型電力

変換器から受電する受電電力との取引日時および取引量を含む電力融通プロファイルを、前記自励式電力変換器を識別する識別子と関連付けて記録する電力取引用記録装置と、他の多端子型電力変換器の前記電力融通プロファイルおよび前記識別子を示す信号を受信するデータターミナルエンドと、前記データターミナルエンドにおいて受信した前記信号に含まれる前記識別子に対応する前記自励式電力変換器を含む場合、前記信号に従って、前記識別子に対応する前記自励式電力変換器を制御する電力制御システムであって、前記電力融通プロファイルおよび前記識別子に基づき、同一時刻に同一の他の多端子型電力変換器に対して前記送電電力と前記受電電力との両方が存在すると判定できた場合、前記送電電力と前記受電電力との差分についてのみ送電又は受電するよう前記自励式電力変換器を制御する電力制御システムと、を備え、前記電力制御システムは、前記電圧・電流測定器で測定された測定値に基づき電圧・電流を算出し、前記共通母線に流入する電力と前記共通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接続先との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ことを特徴とする。

請求項６に係る発明は、電力システムであって、請求項１乃至５のいずれかに記載の複数の多端子型電力変換器を備え、第１の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵された第１の電力と同量の第２の電力が第２の多端子型電力変換器の電力貯蔵装置に貯蔵され、前記第１の多端子型電力変換器と前記第２の多端子型電力変換器との間で前記第１の電力と前記第２の電力との交換を行う場合、前記第１の多端子型電力変換器と前記第２の多端子型電力変換器との間で前記第１の電力の電力融通プロファイルと前記第２電力の電力融通プロファイルとを前記データターミナルエンドを介して相互に送受信し、前記第１の多端子型電力変換器の電力取引用記録装置に記録された前記第１の電力の電力融通プロファイルを前記第２の電力の電力融通プロファイルに書き換え、前記第２の多端子型電力変換器の電力取引用記録装置に記録された前記第２の電力の電力融通プロファイルを前記第１の電力の電力融通プロファイルに書き換えることにより、前記第１の電力と前記第２の電力との交換を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【００８７】

本発明による効果は請求項ごとに以下のとおりである。

【００８８】

請求項１に係る発明による効果は、以下のとおりである。

まず、多端子型のＡＣ－DC変換器群を、ＡＣｓ－ＤＣ－ＡＣｓ（ｓは複数のＡＣ端子を示す）と表す。このシステム構成が、変電所構内に一体型のシステムとして設置されるため、複数の変換器の直流電圧、電流、制御角などの運転状況の把握や、集中的な制御や保護が容易になる。全変換器を一括で起動停止したり、個々に起動・停止したり、変換器間で電力の過不足が生じないようにする協調制御方式、電力の流れが反転する際に協調して制御する潮流反転方式、故障や事故が起きた時に全体を集中保護するシステムなどが一か所で集中管理できるという利点がある。

また、新たな送電線や、直流連系線を設置することなく、既存の交流送電線に多端子型電力変換装置の外部端子を直接接続することで、隣接する複数の電力系統に対し、電圧、周波数、位相が異なる場合でも、任意の大きさの有効電力を能動的に、１つの系統から複数の系統へ同時に送受したり、複数の系統から複数の系統に送受したりできるようになる。

さらに、電力用半導体素子を使用することにより、従来の遮断器に比べて電力の遮断速度が飛躍的に速まる。これにより、太陽光発電や風力発電が電力需要の大部分を賄うような状況になった場合でも、電力系統を細分化し、電力系統間の接続部に本発明の多端子型電力変換装置を使用することにより、連鎖大停電を引き起こす可能性を小さくすることができる。

【００８９】

請求項２に係る発明による効果は、以下のとおりである。

まず、多端子型電力変換装置の各入力端子を、中央演算処理装置で統合制御できることにより、接続先の電力系統間の電力融通を統合管理できることにある。
また、別な電力系統間に設置された多端子型電力変換装置との間でも通信回線を通じて、協調制御を行うことができ、多数の電力系統から構成される電力ネットワーク制御を分散型協調制御することができるようになることである。
さらに、情報処理用アドレスに、動的アドレス付加方式を用いていれば、多端子型電力変換装置の起動・停止・更新・新増設・廃止などの変化に対し、通信制御部が自動認識を行うことにより、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。他方、静的アドレス付加方式を用いていれば、多端子型電力変換装置の起動・停止・更新・新増設・廃止などの変化に対し、通信制御部が自動認識を行うこと機器の運転状況が把握しやすくなる。各方式の採用により、電力ネットワーク構成の変更や増大に対し柔軟に対応できるようになる。
このほか、二つの電力系統間で電力融通取引が発生したとき、その電力変換関連情報と取引関連情報を関連付けて記録することにより、一つの電力融通行為を他の電力融通行為と明示的に区別することが可能になる。

【００９０】

請求項３に係る発明による効果は、以下のとおりである。
まず、多端子型電力変換装置の任意の二つの入出力端子がそれぞれ接続している二つの電力系統間で同期をとることができた場合、その入出力端子間を直接接続することで、電力変換部分をバイパスすることができ、電力変換損失を削減することができる。
また、停止した電力変換部分を無電圧化して修理や更新を行うことができる。
さらに、同期系統と非同期系統を簡単に切り替えることができるようになり、複数の電力系統の電力ルーティングネットワーク構成を柔軟に変更し、より最適な構成としていくことができる。

【００９１】

請求項４に係る発明による効果は、以下のとおりである。
まず、多端子型電力変換装置の入出力端子の接続先電力系統に事故があって、その端子を緊急停止した場合、接続された電力貯蔵装置が共通母線に必要な電力を供給・吸収することで、共通母線電圧を安定化し、電気的変動を他の入出力端子を及ぼさないようにすることが可能になる。
また、多端子型電力変換装置の共通母線が直流の場合、電力貯蔵装置が一般的に、充電量が少なくなると端子電圧が下がり、充電量が多くなると端子電圧が上がる特性を持っているため、電力貯蔵装置の直流電圧と共通母線の直流電圧が一致するように設計しておくことにより、自動的に電力貯蔵装置の充電状態を一定の値に保つことができる。
さらに、多端子型電力変換装置の共通母線が直流の場合、電力貯蔵装置により母線電圧を維持するように設計することができ、入出力制御端子の制御を共通母線電圧制御と有効電力制御に区別したり、端子ごとに切り替えたりする必要がなくなり、すべて有効電力制御とすることができる。

【００９２】

請求項５に係る発明による効果は、以下のとおりである。
多端子型電力変換装置全体が多数の引き出し可能なキャビネット群で構成される一体型キュービクル構成となっている場合、
まず、入出力端子を停止し、キャビネットを引き出すことにより、引き出した回路を無電圧とすることができ、電気的な作業安全確保をはかることができる。
また、キャビネットを引き出すことにより、点検・ロック・交換などに必要な作業スペースを確保することができ、物理的な作業安全確保をはかることができる。
さらに、引き出すことにより、情報ネットワークも切断されるように設計されている場合は、他の多端子型電力変換器に当該回路が使用不能になったことを、自動的に伝えることができる。

【００９３】

請求項６に係る発明による効果は、以下のとおりである。

【００９４】

まず、多端子型電力変換装置の入出力端子を既存の電力系統に導入していくことによって得られる効果については以下のとおりである。

第１に、巨大化した同期電力系統を、一気に改変するのではなく、本発明の多端子型電力変換装置を段階的に導入し、部分的に非同期接続に代えていくことにより、無理なく細分型電力システムに移行して行ける。

第２に、その際に新たな送電線や、直流連系線を多数建設する必要がなく、既設の交流送電線を利用できる上、後述するようにその稼働率を飛躍的に上げることができる。

第３に、これらにより、細分化した電力系統内の変動をその中で抑制して他の系統に影響を与えないようにできるうえ、必要に応じて、複数の電力系統から計画的電力供給を受けることができる。

第４に、いずれかの電力系統で事故が起きても、その影響が連鎖的に拡大し、広域停電に発展するメカニズムを本発明の多端子型電力変換装置で遮断することができる。

これらにより、大量の再生可能エネルギー電源を導入し、化石燃料依存から脱却するための電力システムの基礎を構築することができる。

【００９５】

また、多端子型電力変換装置と各入出力端子に情報処理用アドレスを有することによって得られる効果については以下のとおりである。

第１に、電力取引要求を、インターネットメールのようにやり取りできるため、中央市場型に限らず、インターネットで実現されているオークション、媒介取引、個別取引などの電力取引が可能になる。

第２に、多端子型電力変換装置により複数の電力系統を経由しながら電力を能動的に、送電元から受電先へ送り届けることができる。

第３に、電力取引要求と融通電力に関する情報は、経由した多端子型電力変換装置の記憶装置に関連付けて記録され、電力損失の把握など含め、電力市場取引の基礎データとすることが可能になる。

第４に、複数の電力取引を組み合わせ、送電量を圧縮する電力圧縮融通や、時間要素と発電要素を電力貯蔵装置でシフト制御することにより、実際に電力を融通しない仮想取引や、他の価値を付加した証書取引、天候予想などを組み合わせた先物取引、これらを組み合わせたデリバティブなどの電力派生型金融商品を生み出すことができる。

【００９６】

さらに、電力ネットワークの発達していない発展途上国において、多端子型電力変換装置を導入していく効果は以下のとおりである。

第１に、発展途上国では、すでに地域単位で、電圧も周波数も異なる分散型電力系統が成立しているので、近隣の電力系統との間に短距離の送電線を設置して多端子型電力変換装置の入出力端子を介して接続すれば相互に非同期な電力融通を開始することができる。

第２に、非同期接続であれば、必要に応じて増設して行くことができ、地域単位の電力系統規模の成長度合いに見合った非同期融通設備の段階的構築が可能になる。

第３に、他の電力系統からの融通ルートが増加するにつれ、自電力系統での電圧・周波数調整のための供給予備電源設備を過剰に保有しなくて済むようになる。

第４に、以上のような発展方法により、発展途上国においては、大規模発電所と長距離送電線による従来型の電源開発ではなく、分散型電力系統の非同期連系ネットワークが構築され、太陽光発電や風力発電のような自然エネルギーを大量導入しても、大規模連鎖停電を起こさない信頼性の高い電力システムを構築できる。

【００９７】

請求項７に係る発明による効果は、以下のとおりである。

通常、送電線は２回線で１組とされ、１回線が遮断された時でも１００％の電力が送電できるように、それぞれの送電線が１００％定格となっている。従って２回線運用時は、それぞれ５０％運用となり、設備利用率は最大５０％となる。しかも、同期系統では送電

線のインピーダンスの分布により、電力潮流が一義的に定まってしまう。これをここでは受動的電力潮流と呼ぶ。送電線の定格容量は、長期見通しにおける電力潮流分布で想定される受動的な最大潮流をもとに設計するため、定格を満たす潮流が流れることはまれであり、年間を通じた設備の平均稼働率は５０％を大幅に下回る。一方、電力変換装置は、能動的に必要な大きさと方向の電力潮流を流すことができる。

したがって、本発明の多端子型電力変換装置の入出力端子を２回線送電線のそれぞれの回線に独立に接続することにより、以下の効果が見込める。

まず、多端子型電力変換装置の入出力端子は独立にかつ能動的に目的とする大きさの電力を送電線に送り込むことができるので設備利用率をそれぞれ最大１００％まで上げることができる。

また、独立接続箇所ごとに２回線の入力ができるので、別ルートからそれぞれ１００％ずつ、合わせて２００％の電力を受け取ることが可能になる。

さらに、電力変換器により能動的に電力を送り込めるので年間を通じた２回線送電設備の平均稼働率を最大２００％まで上げることが可能となる。

【００９８】

請求項８に係る発明による効果は、以下のとおりである。

第１に、重畳型電力送電の発明の効果は、他の電力系統に送る電力に上乗せして他の電力系統を経由して目的の変電所に電力を送ることができることにより、目的の電力系統までの直通の送電ルートがなくても必要な電力を送ることができる。

第２に、タイムシェアリング送電の発明による効果は、個々の電力系統に送る電力の総和が電力変換器の容量の大きさに制限される重畳型電力送電に比べて、タイムシェアリング送電の場合には一つ一つの電力を電力変換器の最大定格容量まで大きくすることができる。

第３に、複数ルート送電の発明による効果は、同期系統の場合にはループ電流や横流が発生し、送電ネットワークのインピーダンスによってきまる受動的な電力配分になってしまうのに対し、本発明の多端子型電力変換装置を用いれば、多数の系統から一つの電力系統に送られる電力がそれぞれ非同期であるので、お互いに干渉せずにすべてを受け取ることができ、能動的に電力を送りこめる。

第４に、電力圧縮融通の発明は、複数の電力系統間における多数の電力融通要求の時間的制約や大きさの制約を調整することにより、実際の電力変換量を圧縮することができる。これにより電力システム全体の電力変換ならびに電力融通に伴う電力損失を小さくすることができる。

第５に、仮想電力取引の発明は、電力変換装置を使用することにより、送電線が接続していない電力系統間や、あるいは送電線が接続していても実際の送電を行わない方法で電力を融通できる。これにより証書取引、先物取引やこれらを組み合わせた派生金融商品を生み出すことができる。

【００９９】

請求項９に係る発明による効果は、以下のとおりである。

まず、通常の同期系統では発電機とは別に専用の無効電力供給装置が必要であったが、本発明の多端子型電力変換装置は、一つの装置で有効電力と無効電力の双方を供給することできる。

また、通常の同期系統では、複数のコンデンサーを段階的に投入する無効電力供給装置が主流であったが、本発明の多端子型電力変換装置は、無段階の無効電力供給装置として機能し、系統の電圧維持を精度よく行うことができる。

さらに、本発明の多端子型電力変換装置は、有効電力と無効電力の大きさと方向を、独立に、自在に、供給することができ、電力システムの安定化を図ることができる。

【０１００】

請求項１０に係る発明による効果は、以下のとおりである。

まず、巨大な同期系統を多端子型電力変換装置で非同期に分離するので、小さな送電事故を起点とする連鎖型大規模停電を抑制することができる。

また、変動の多い自然エネルギー電源による電圧変動、周波数変動に起因する部分的系統停止を起点とする連鎖型大規模停電を抑制することができる。
さらに、連鎖型大規模停電を抑制できるために自然エネルギー導入量を拡大することができ、よって化石燃料依存度を低減し、温室効果ガスの削減に寄与することができる。

【０１０１】

請求項１１に係る発明による効果は、以下のとおりである。
第１に、あらかじめ時刻同期用電子情報で、後ほど送られてくる時刻同期用電気波形の持つ意味を伝えておくことにより、該当電気波形を検出した際の動作の準備をしておくための時間的余裕を確保することができる。
第２に、複数の多端子型電力変換器に、協調した時刻同期用電子情報を伝えておくことにより、複数の電力変換器の電力変換動作を同期させて行うことができるため、複数の多端子型電力変換器を経由して電力を遠方に融通することができる。
第３に、電気波形と電子情報の組み合わせによることにより、電気波形はシンプルなものでよくなり、使用可能な電気波形とその実現方法の自由度が高まる。
第４に、電気波形と電子情報の組み合わせによることにより、電子情報の時間的制約が小さくなり、使用可能なデータ回線や通信手段の自由度が高まる。
第５に、電気波形と電子情報の組み合わせによることにより、送電線などの電気回路の健全性を、電子情報で知ることができ、逆に電子情報回路の健全性を電気波形で知ることができ、回路と情報の健全性自己診断が自動化できる。
第６に、電気波形と電子情報の双方とも手法の自由度が高まるため、通信事業者や電力変換器メーカーの事業参入機会が拡大し健全な競争が生まれる。

【０１０２】

請求項１２に係る発明による効果は、以下のとおりである。
まず、時刻同期用電気波形が電流の場合、多端子型電力変換装置の電力変換器そのもので作り出すことができ、大きさ、位相、タイミングを組み合わせて多様な電気波形を作ることができる。
また、電気波形信号授受の段階で、電力変換器とその制御システムの動作確認を行うことになるので、異常を速やかに検出し、事故を未然に防ぐことができる。
さらに、制御システムを含む電力変換器の電力変換用設備が、そのまま電気波形作成設備を兼ねるため、追加設備が不要となり経済性が高い。

【０１０３】

請求項１３に係る発明による効果は、以下のとおりである。
第１に、時刻同期用電気波形が電圧の場合、電流リアクトルやACフィルターなどをバイパスする回路を追加すれば、多端子型電力変換装置の電力変換器そのもので作り出すことができる。
第２に、電力変換器で作られた電圧情報は、数ｋHzから十数ｋHzの周波数を持ち、電流による電気波形に比べて、情報量を多くすることができる。
第３に、電力変換器以外の設備で時刻同期用電気波形を作る場合は、送電線に電圧波形を付加する装置を追加すれば、より情報量の多い電気波形とすることができる。
第４に、電力変換器以外の設備で時刻同期用電気波形を作る場合は、時刻同期用電子情報も同じ送電線を使うことができ、電子情報用通信路を新たに設置する必要がなくなる。
第５に、送電線が高電圧であるため、電子情報のセキュリティが高まる。
電力変換器以外の設備が電力線搬送通信設備の場合は、送電線に高周波電圧波形を乗せて作成する場合は、設備と制御を共通化できるメリットがある。電力線搬送方式の場合、通信路と電線路を物理的に同じものにすることができ、新しい電線路ができても新たな通信路を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のメリットもある。

【０１０４】

請求項１４に係る発明による効果は、以下のとおりである。
まず、あらゆるユーザーや事業者が、電力の売買に関して銀行通帳のような取引簿や複

式簿記のような仕訳を通じ、他の電力取引と区別して、電力の取引を記録することができるようになる。
また、この記録可能性により、電力を識別することができるようになるため、電力そのものの価値に加え、風力発電や太陽光発電、石油火力、原子力など発電ソースの違い、発電事業者の違い、貯蔵事業者の違いから生まれる付加的な価値を有するようになる。
さらに、$CO_2$価値、ＲＰＳ価値、グリーン電力価値、など政策的につくられる価値も有するようになる。
その他に、これらの電力価値、付加的価値、政策的価値に加え、それらの価値から派生するデリバティブ商品、天候や風況予想と組み合わせた保険商品も価値を生み出し、それらの取引市場が生まれる可能性がある。

【０１０５】
請求項１５に係る発明による効果は、以下のとおりである。
まず、電力量を正確に測定するためのハードウェア市場が生まれ、それを収集し、電力損失を加味して一元管理する認定するソフトウェア市場が生まれる。
また、多様な電力取引を決済し、電力損失を最小化して利益につなげるようなサービスを提供する組織とそのビジネスが生まれる。これは、金融における銀行機能のような形態になる。
さらに、電力取引の市場に加えて、その付加価値を分離して取引する市場が生まれる。これは金融における証券機能のような形態になる。

【０１０６】
請求項１６に係る発明による効果は、以下のとおりである。
まず、多端子型電力変換装置全体システムを制御するプログラムは、従来のような一品生産主義にとってかわり、標準化が行われ、学習効果を得て、より優れた製品に成長していくことにより、大きな経済効果が生まれる。
また、多端子型電力変換装置の入出力端子、電力変換回路、制御回路、通信回路、計測回路、保護回路のドライバーソフトウェアが開発されることにより、異なる製品でも多端子型電力変換装置に組み込むことができるようになり、多数の事業者の事業参入機会が拡大する。
さらに、複数の多端子型電力変換装置を連系協調して制御するプログラムは、連鎖停電事故防止のようなハード面から、電力取引のようなソフト面まで幅広い内容を取り扱うものとなり、すそ野の広い産業を生み出す。

【０１０７】
請求項１７に係る発明による効果は、以下のとおりである。
まず、電力システムを制御するプログラムが、多くの事業者が開発することによって、ばらばらなものになりがちであるのに対し、基本オペレーティングシステムを共通にすることにより、全体システムを同じ思想を持って制御できるようになる。
また、基本オペレーティングシステムとドライバーの組み合わせにより、電力用機器から家電製品まで幅広い産業に共通の最低限のオペレーションプロトコルが一元管理できる基盤ができる。
さらに、通信システムを通じて、基本オペレーティングシステムとドライバーのバージョンアップを図り、つねに最新の技術を取り込める仕組みを構築できる。

【図面の簡単な説明】
【０１０８】
【図１】多端子型電力変換装置の構成を示したものである。（実施例１、２）
【図２】事故時保護システムと切り替え手順を示したものである。（実施例１）
【図３】接続先電力系統の状態による機器操作システムの操作手順を示したものである。（実施例１）
【図４】通信制御システムのLAN/WAN構成を示したものである。（実施例１）
【図５】多端子型電力変換装置の簡易図と詳細図の関係を示したものである。（実施例３）

【図６】バイパス回路と電力貯蔵装置接続回路の構成を示したものである。（実施例３、４）
【図７】多端子型電力変換装置の引き出し構成を示したものである。（実施例５）
【図８】多端子型電力変換装置の電力系統接続構成を示したものである。（実施例６、７、１０）
【図９】既設送電線の独立運用方法について示したものである。（実施例７）
【図１０】既設送電線の独立運用方法について示したものである。（実施例７）
【図１１】重畳型電力送電について示したものである。（実施例８）
【図１２】タイムシェアリング送電について示したものである。（実施例８）
【図１３】複数ルート送電について示したものである。（実施例８）
【図１４】仮想取引融通について示したものである。（実施例８）
【図１５】仮想取引融通について示したものである。（実施例８）
【図１６】仮想取引融通について示したものである。（実施例８）
【図１７】通常の電力系統と電力変換による電力融通の違いを示したものである。（実施例９）
【図１８】電力変換による電力融通の原理を示したものである。（実施例９）
【図１９】時刻同期方法の原理を示したものである。（実施例１１）
【図２０】電力取引簿の一例を示したものである。（実施例１２）
【図２１】電力の融通実態を融通パーツに分解した例である。（実施例１２）
【発明を実施するための形態】
【実施例１】
【０１０９】
本実施例は、請求項１に係る発明の実施例について説明する。
【０１１０】
図１は、多端子型電力変換装置１の構造を図示したものである。多端子型電力変換装置には遮断器８、断路器９、自励式電力変換器１０で構成されるＡ入出力端子２０１と遮断器８、断路器９で構成されるＢ入出力端子２０２がある。まず、図１では電力線搬送通信端局１３を使用した例を示しているが、外部データネットワークを使用する場合は不要となる。電圧・電流・電力測定器１６は、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タイプのものとある。また、同測定器１６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である。さらに、取引用に別途専用の電力計を用意することも可能である。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。
【０１１１】
図１では、共通母線が直流のものを例示しているが、共通母線を交流にする場合もある。マトリックスコンバーターやトライアック等の電力変換回路を用いる形態もある。直流電圧安定化用キャパシター１７は並列型共通母線１８が直流の場合に使用される。
【０１１２】
図１のＡ入出力端子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入出力端子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。多端子型電力変換装置１にはＡ・Ｂ入出力端子の両方があるものと、Ａ入出力端子だけのものと、Ｂ入出力端子だけのものの３種類がある。
【０１１３】
Ａ入出力端子のうち、少なくとも一つが、その多端子型電力変換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入出力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入出力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入出力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。

【０１１４】

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。このときは、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めばよい。電力貯蔵装置や二次電池をＡ入出力端子の接続先側に置き、Ａ入出力端子の変換器制御で充放電を行くこともできる。

【０１１５】

Ｂ入出力端子は、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、別の多端子型電力変換装置のＡ入出力端子と対をなす入出力端子である。

【０１１６】

一つの多端子型電力変換装置のＡ入出力端子を複数、自系統に接続すれば自系統が授受する電力容量を増大することができる。

【０１１７】

複数の多端子型電力変換装置のA入出力端子をひとつずつ、自系統に接続すれば、自系統が授受する電力容量を増大するとともに接続先電力系統もの増やすことができる。

【０１１８】

Ａ入出力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。

【０１１９】

図１に示すように電力制御システムとして、各Ａ入出力端子の直流電圧・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・各入出力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具備することができる。

【０１２０】

多端子型電力変換装置１の各端子は容量の異同を問わない。同一容量であればより制御定数など統一でき、電力分配の制約もないため効率的である。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。

【０１２１】

電力取引システムとして、各Ａ入出力端子の電力計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を具備することができる。電力量計は、後述するソフトウェアで電力変換器を動作させて、随時自動校正を行うことができる構造となっている。電力量の計測には、制御用に使用する電圧・電流測定デバイスを流用したり、そのデータを用いて計算することもできる。

【０１２２】

このように電力変換器を組み合わせ、直流電圧を維持するユニットと電力を制御するユニットを組み合わせ、すべての電力の出入りを、システム内に設置する中央演算処理装置によって統括制御することにより、複数の電力系統に対し、電力を融通分配する多端子型電力変換システムが構築できる。

【０１２３】

図２（A）は、事故時保護システムを例示している。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具備することが可能である。

図２（A－１）入出力端子過電流保護回路：各入出力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入出力端子においてはゲートブロックと遮断器開操作、Ｂ入出力端子においては遮断器開操作を行う入出力端子保護回路。

図２（A－２）直流母線保護回路：各Ａ入出力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。
図２（Ａ－３）多端子型電力変換装置保護回路：電力系統の接続する各入出力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、時限を以て入出力端子全遮断器を開操作する多端子型電力変換装置保護回路。
図２（Ｂ－１）、図２（Ｂ-２）は、事故時の入出力端子切り替えを例示している。図２（Ｂ－１）のように１番上の端子から２番目の端子に電力融通を行っているとき、図２（Ｂ-２）のように、一番上の端子が、過電流などを含む事故を起こした時、速やかにこの回路の電力変換器のゲートブロックをかけて電力を停止し、４番目の端子から２番目の端子に電力を供給するように切り替えることができる。さらに、事故のあった入出力端子だけを遮断器８や断路器９で切り離し、他の入出力端子で電力融通を継続することが可能である。事故のあった入出力端子も、復旧次第、運転再開が可能なシステムとなっている。ゲートブロックだけで異常が復旧する場合には、不要な遮断を行わずに初期状態に戻すことが可能である。
【０１２４】
図２（Ａ－４）に示すように、制御方法は、入出力端子から流入する電力と流出する電力の総和がゼロになるようにする。これには、直流電圧維持ユニットを除くほかのユニットが、要求を受けた電力を入出力し、電力の過不足部分を直流電圧維持ユニットが補う方式がもっとも一般的である。
【０１２５】
また、後述するように電力貯蔵装置を直流母線に接続する場合は、すべてのユニットが要求を受けた電力を入出力し、電力の過不足部分を電力貯蔵装置が補いつつ、直流電圧も維持する制御方式とすることができる。
【０１２６】
図３に示すように、機器操作システムとして、入出力端子同期投入時に断路器９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(自立)は、電力変換器１０の電圧・周波数・位相を同期させてから遮断器８を閉じる並列同期投入操作（系統連系運転モード）を行い(図３(A))、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１０で作成してから、遮断器８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(図３(B))機器操作システムを具備することができる。
【実施例２】
【０１２７】
本実施例では、請求項２に係る発明の実施例について説明する。
【０１２８】
まず図４に基づいて、本発明の通信システムの構成を説明する。多端子型電力変換装置のＡ入出力端子、Ｂ入出力端子に設置され通信端局（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、外部データ通信路もしくは電力線搬送通信路をデータ通信路として外部との信号の授受をおこなう。外部データ通信路としてはて、光ケーブル・ＬＡＮケーブル・メタルケーブル・無線・同軸ケーブルを使用することが可能である。
【０１２９】
図４は、多端子型電力変換装置本体とその入出力端子に通信用アドレスを与えてＷＡＮを構成し、電力系統内の電気機器の出力を制御するために付加される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、通信を統合するシステムを例示している。これによって、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、多端子型電力変換装置の入出力端子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システムが構築できる。
【０１３０】
ＷＡＮの中に、入出力端子固有の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入出力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。

【０１３１】

通信路として電力線搬送通信を用いる場合、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。

【０１３２】

多端子型電力変換装置は、インターネットのルーターのように、多端子型電力変換システム相互に情報を交換し、隣接する多端子型電力変換システムやその入出力端子のアドレスを常に把握することができ、必要な電力をバケツリレーのように電力変換しながら遠方の電力系統に送っていくことができ、そのために必要なルーティング情報を常に把握しておくことができる。

【０１３３】

これは、従来の電力融通のメカニズムが、中央給電指令所のような共通のセンターにすべての情報を集め、そこからすべての指令が出てくる方式に比べると、分散制御方式とでもいうべきもので大きく異なる概念であり、本発明はそれを実現する具体的手段を提案している。

【０１３４】

また、本発明の多端子型電力変換システムは、変電所構内の一区画に隣接して配置されるものとなり、その制御に必要な情報は中央演算処理装置により電力用半導体素子のゲート制御を行い、記憶装置により電力変換関連情報と取引関連情報を関連付けてデジタル記録することを特徴としている。

【実施例３】

【０１３５】

本実施例では、請求項３に係る発明の実施例について説明する。

【０１３６】

図５は、図１で表現した電力変換回路の単純図示化を説明したものである。黒字の三角形でＡＣ／ＤＣ変換回路を表す。三角形の頂部がＤＣ側を表し、三角形の底辺がAC側を表す。

【０１３７】

図６（Ａ）は、４端子の多端子型電力変換装置を示しているが、端子数はこれに限るものではない。

【０１３８】

図６（Ａ）では、４端子のうちの任意の２端子を接続するすべての箇所に遮断器と断路器のバイパス回路を設置した例を示しているが、バイパス回路の形態はこれに限るものではない。

【実施例４】

【０１３９】

本実施例では請求項４に係る発明の実施例について説明する。

【０１４０】

図６（Ｂ）に、多端子型電力変換装置において、共通母線が直流である場合、電力貯蔵装置を共通母線に直結した例図６（Ｂ－１）と、電力貯蔵装置をＤＣ／ＤＣコンバータを

経由して接続した例図６（Ｂ－２）について示している。
これらにより共通母線に必要な電力を供給したり、過剰な電力を吸収したりすることができる。
【０１４１】
多端子型電力変換器装置は、次のような制御方式を用いることができる。電力貯蔵装置を持たない場合は、入出力端子のいずれかが、共通直流母線の直流電圧維持を行い、他の端子が有効電力制御を行い、総和に過不足名生ずる部分を、直流電圧維持を行っている入出力端子が補う方法が一般的である。
【０１４２】
電力貯蔵装置を共通母線に接続する場合、直流電圧維持が電力貯蔵装置によって行われるので、すべての入出力端子が有効電力制御を行うことができる。過不足が生じた部分は電力貯蔵装置が補うことになる。
【０１４３】
この場合、電力貯蔵装置の充電量を正確に把握しておかないと過充電・過放電が起こる可能性があるため、充電量測定システムが重要になる。
【０１４４】
電力貯蔵装置が二次電池である場合、電池の充電量（ＳＯＣ）の変化により直流電圧が変化するものが多い。この場合、直流共通母線に接続するには（Ｂ－２）のケースとして直流母線の電圧を維持する必要がある。
【０１４５】
電力貯蔵装置が二次電池である場合、電池の充電量（ＳＯＣ）の変化により直流電圧があまり変化しないものもある。この場合、直流共通母線に接続するには（Ｂ－１）のケースとして直流母線に直結させることができる。
【実施例５】
【０１４６】
本実施例では請求項５に係る発明の実施例について説明する。
【０１４７】
図７は、多端子型電力変換装置において、各ユニットが引き出し可能なキャビネットに内蔵され、複数のキャビネットが一つのキュービクルに内蔵された構造を持ち、キャビネットを引き出すことによってユニットの入出力端子と共通母線端子が、キュービクル内の入出力端子側接続部と共通母線接続部から切り離すことができる例を示している。このような構造を規格化して、プラグアンドプレイのような脱着認識を行うことができるようにすることにより、電力機器のアドホックな拡張が可能になり、保守活動の容易さを生みだすことを可能にする電力システムを提供できる。
図７では、上から４番目の入出力端子が多端子型電力変換装置１から引き出されている状態を示す。
【０１４８】
各入出力端子や電力貯蔵装置ユニットは、差し込み端子で共通母線に接続されている。この構造は、電力系統のメタルクラッドスイッチギアなどで通常使われているものと同じである。
【０１４９】
引き出すにあたって、電力変換素子をゲートブロックし、遮断器を開操作して、断路器を開き、電気的衝撃が発生しない状態となってから引き出し可能となるようなインターロック構造が組み込まれている。
断路器は、引き出すことで断路することを兼ねる構造としてもよい。遮断器はゲートブロックで代用することも可能であり、その場合図中の断路器９と遮断器８は不要とすることもできる。
【０１５０】
電力貯蔵装置の回路も同様に引き出し可能とすることができる。この場合、コンデンサーなどの付属部品が充電されていることがあるため、無電圧を確認して引き出し可能とな

るインターロック機構が組み込まれている。

【実施例６】

【０１５１】

本実施例では請求項６に係る発明の実施例について説明する。

【０１５２】

図８は、本発明の多端子型電力変換装置が、当該装置の入出力端子を複数の電力系統に接続して電力融通を行う様子を図示したものである。図８では、５つの電力系統にすべての組み合わせルートを介して接続する図となっているが、すべてが必要であるわけでもなく、ルート一つに対して電力変換素子が一組である必要もない。

【０１５３】

図８では、電力変換器のあるＡ入出力端子２０１と電力変換器のないＢ入出力端子２０２が、対になっているが、これも必ずしもその必要性はない。

【０１５４】

電力変換器は系統連係運転も自立運転も可能であるので、このような電力システムにおいて、いずれかの電力系統が全停電に陥った時に、復旧用の電圧源として提供することができる。電力系統内の電源をこの電圧源に系統連系させる形で復旧を進めていくことで事故復旧が容易になる。この際の電源ルートは、本電力システムにおいては複数あるので、事故時の復旧操作に有利である。

【０１５５】

何らかの理由により電力系統が、他の電力系統と分離された時、その電力系統の発電と消費がほぼ等しいと、その電力系統が単独で運転継続する単独運転という現象が起きる可能性がある。仮に単独運転になった時でも、後述する時刻同期用電気波形を常時検出していれば、それが検出できなくなったときを持って単独運転になったと判断することが可能である。

これは上流から下流へ電力を流す同期系統の際に上流が停電しているのにもかかわらず、下流に電圧があって、作業員が気付かずに感電する事故があることから問題になる現象である。

本発明が提案する電力システムでは、電力供給ルートが複数あるので、単独運転になりにくく、各電力系統が同期していなくても電力を融通できる非同期連系となっているので、上流にも下流にも電圧がある。作業安全は無電圧確認という原則で実施すればよい。

【実施例７】

【０１５６】

本実施例では請求項７に係る発明の実施例について説明する。

【０１５７】

図９は、偶数回線数を持ち並列に運用されている送電線の各回線に対し多端子型電力変換装置の入出力端子が独立に接続し、回線ごとに独立の電力融通運用を行う例を示したものである。

【０１５８】

通常の同期系統における送電線で、６，０００ボルトを超える特別高圧系では、２回線で送電されているのが一般的である。送電鉄塔の両側に１回線ずつ設置されて同じ目的地まで敷設されている。送電線の容量を１００％とすると、両回線とも５０％ずつ負担する並列運用がなされている。しかし、定格容量は、事故時などに片回線のみになった時を想定して、それぞれ１００％容量となっている。従って通常送電線利用率は５０％以下になる。

【０１５９】

図９（Ａ）は、Ａ、Ｂ、Ｃの三つの電力系統に電力を送電している例を示している。この例では、簡単のためにＡからＣに１００％の電力が送電され、２回線ある送電線はともに５０％で並列運用されている例になっている。

【０１６０】

図９（Ｂ）は、本発明の電力システムにおける送電線各回線の独立運用の事例である。

送電線２回線のうち上部に描かれているルートは、電力系統Ａから電力系統Ｃへ１００％容量で電力を送電することが可能になっている。送電線２回線のうち下部に描かれているルートは、まず電力系統Ａから電力系統Ｂへ１００％容量で電力を送電することが可能になっている。電力系統Ｂから電力系統Ｃに対してもやはり１００％容量で電力を送電することが可能になっている。各電力変換器はその送電容量に見合った定格となっている。

【０１６１】

仮に、電力系統Ａからそれぞれの送電ルートに１００％ずつ送電しているとした場合に、上部ルートが停止した場合、電力系統Ｃが電力不足となるが、電力系統Ｂが出力を増加させて電力系統Ｃへのルートで１００％をバックアップすることができる。

【０１６２】

同様に、仮に、下部ルートが停止した場合、電力系統Ｂが電力不足となるが、電力系統Ｃが出力を増加させて電力系統Ｂへのルートで１００％をバックアップすることができる。

【０１６３】

いずれの場合も、バックアップする電力系統の負担は大きいが、二次電池などの普及により短時間のバックアップは現行技術でも十分可能である。この方法は送電線の増強に比べて、可能性が高い。

【０１６４】

図１０は、４回線の送電線の場合を図示したものである。送電線の両側に６本ずつ電線が通っているものが、この例である。通常は、２回線ずつ行き先が異なることが多いが、そのうち共通のルートを通っている部分について図示したものである。

【０１６５】

図１０では、電力系統Ａから４回戦の送電ルートが電力系統Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅ、Ｆを経由して行く例を示した。この例では、回線が各送電鉄塔から、各電力系統に引き込まれるところで直接接続しているところを切り離しもしくは遮断器９を設置して開放運用しており、送電線の両端を多端子型電力変換装置に引き込んでいる。多端子型電力変換装置の中では、入出力端子毎に非同期に独立運用がなされている。

【０１６６】

回線１では、図１０から明らかなように電力系統Ａ－Ｂ間、電力系統Ｂ－Ｃ間、電力系統Ｃ－Ｄ間、電力系統Ｄ－Ｅ間、電力系統Ｅ－Ｆ間、電力系統Ｆ－回線１の接続先の電力系統間、の電力融通ルートができたことになる。

【０１６７】

回線２では、図１０から明らかなように電力系統Ａ－Ｃ間、電力系統Ｃ－Ｅ間、電力系統Ｅ－回線２の接続先の電力系統間、の電力融通ルートができたことになる。

【０１６８】

回線３では、図１０から明らかなように電力系統Ａ－Ｄ間、電力系統Ｄ－回線３の接続先の電力系統間、の電力融通ルートができたことになる。

【０１６９】

回線４では、図１０から明らかなように電力系統Ａ－Ｆ間、電力系統Ｆ－回線４の接続先の電力系統間、の電力融通ルートができたことになる。

【０１７０】

電力融通ルートの作り方は、上記の例に限ったものではなく、ケースバイケースによって検討されるべきものである。

【０１７１】

これにより作られた電力融通ルートは、非同期連系であるため、任意の大きさの有効電力・無効電力を送ることも受けることもできるルートとなり、電力系統にその余力があれば、送電線の定格容量一杯まで使うことができる。

【０１７２】

事故時の変動は、電力変換器の高速なゲートブロックにより、電力系統に与える影響を少なくすることができる。電力の過不足については、電力貯蔵装置などのバックアップが

必要となる場合もあるが、送電線の増強より容易な設備投資となる。
【０１７３】
このような工夫で得られた電力融通ルートは、図８の電力融通ルートに類似の電力ネットワークを構成する。
【実施例８】
【０１７４】
本実施例では請求項８に係る発明の実施例について説明する。
【０１７５】
この中で、重畳型電力送電、タイムシェアリング送電、複数ルート送電、電力圧縮融通、仮想取引融通の５つの電力融通方法を可能にする電力システムについて考案している。
【０１７６】
図１１は、多端子型電力変換装置を送電線の変電所引き込み部のそれぞれに設置し、装置間相互に情報通信を行い、同じ送電回線を使用して、複数変電所に異なる電力を同時に送電する重畳型電力送電について説明している。電力系統１、２、３があり、その間にそれぞれ変換器１２と変換器２３がある。変換器１２が単位時間当たりＷ１とＷ２の電力を電力系統２に対して送り出し、同じタイミングで変換器２３が単位時間当たりＷ２の電力を電力系統２から電力系統３に向かって送りこむと、電力系統２には差し引きＷ１の電力が送りこまれたことになる。変換器１２と変換器２３に、それぞれＷ１＋Ｗ２とＷ２の電力を送りこむよう指示した行き先情報ヘッダーが信号として送られることにより、このような電力融通が可能となる。
【０１７７】
図１２は、異なる変電所に異なる電力を時間的に分割して送るタイムシェアリング送電について説明している。図８と同様の電力系統と電力変換器を有しているが、変換器１２にはまず、単位時間当たりＷ１の電力を送り出すよう指示した行き先情報ヘッダーが来て、Ｗ１を電力系統２に送りだす。このとき変換器２３は稼働していないので電力系統３には電力は融通されていない。次いで、電力系統３に単位時間当たりＷ２の電力を送る行き先情報ヘッダーが変換器１２と変換器２３の両方に指示を与え、両方の変換器を同時にＷ２の大きさで稼働させる。これにより電力系統１から電力系統３にＷ２が送られる。このとき電力系統２は電力が通過するだけである。このようにして、時間を区切って電力を異なる目的に融通することができる。
【０１７８】
この方式の利点は、変換器の最大出力で電力を異なる目的地に時間を区切って送れるところにある。これは、通信で言うところのパケットの概念に類似しており、パケット電力ということができる。変換器の最大出力で一定時間の電力量を一単位として取り扱うことができる。これをデジタル電力と呼ぶこともできる。
【０１７９】
図１３は、複数の異なる送電回路を使用して一つの変電所に異なる電力を同時に送る複数ルート送電について説明している。図１１、１２と同様に電力系統１、２、３の間に電力変換器１２と電力変換器２３があるが、それに加えて電力系統１と３との間にも送電ルートがありその間に変換器１３がある。この例では、電力変換器１２と２３の両方にＷ１の電力を送るよう情報を与え、同時に変換器１３には、Ｗ２の電力を送るように情報を与える。これらにより、電力系統３には、Ｗ１＋Ｗ２の電力が電力系統１から異なるルートを経由して送られる。
【０１８０】
図１４は、逆方向の電力送電要求を組み合わせて送電量を圧縮もしくは相殺することで電力変換及び送電ロスを減少させる電力圧縮融通について説明している。図の例では、＃１から＃４の電力系統に＃５を経由してＷ１（ｋＷ）が送られ、＃７から＃１の電力系統に＃５を経由してＷ１（ｋＷ）が送られている。この場合、図から明らかなように＃１と＃５の間では、Ｗ１と－Ｗ１の電力が流れることになり、これは相殺されるので＃１と＃５の電力変換器は稼働しなくてもよいことになる。これにより、電力変換ロスと送電ロス

が軽減される。
【０１８１】
このような電力融通計画を積極的に組み合わせることによりロスを最小化することができる。各電力系統に電力貯蔵装置があれば、時間をずらしたり出力の大きさを合わせたりして調整することができる。電力エネルギーに、発電ソースのような情報が付加されることにより、このような逆方向の電力取引が発生する場合がある。ある電力系統で、風力発電の電力を必要とし、風力発電を有する電力系統が逆に安価な化石燃料由来の電力を必要とする例など、これに限らず逆方向の取引が発生する場合がある。
【０１８２】
図１５は、電力貯蔵装置を使った場合の、送電線がつながっていない電力系統間での電力の仮想取引融通について説明している。
【０１８３】
図１５では電力系統Ａと電力系統Ｂがあり、連系線が接続されていない。電力系統Aは太陽光発電PVのみを持ち、電力系統Bはディーゼル発電DGのみを持つ。それぞれに設置された、電力貯蔵装置（Ａ）と電力貯蔵装置（B）の中の電力貯蔵量が、ｔ０からｔ２の順番で行われる仮想的電力取引により、電力系統Aの顧客にDG電力を、電力系統Bの顧客にPV電力を販売できる例について説明する。
【０１８４】
時刻ｔ０において、電力貯蔵装置AとBはそれぞれPV由来の電力と、DG由来の電力で充電されている。
【０１８５】
時刻ｔ１で、電力貯蔵装置間でＤＧとＰＶを同量仮想交換する。この取引は債券のような形や、手形や証書や現金決済などの手段を伴うことが望ましい。
【０１８６】
時刻ｔ２で、電力系統Ａ内ではＤＧ電力を、電力系統Ｂ内ではＰＶ電力を販売することができる。これにより実際に電力が送電されなくても、仮想取引融通を行うことができる。
【０１８７】
時刻ｔ１で、ＤＧとＰＶを同量取引する場合、電力量として同量とする考え方もあれば、金額として同額とする考え方もある。また、同量とせずに差分を別な形で取引することもできる。債権を先物取引したり、デリバティブ商品を作ったりすることもできる。
【０１８８】
図１６は、両電力系統ともＰＶとＤＧと電力貯蔵を持っている場合の仮想取引融通について説明する。
【０１８９】
時刻ｔ２までは、上述と同じである。時刻ｔ３では、それぞれＤＧとＰＶを持っているのでそれを発電して其々の電力貯蔵装置を充電する。時刻ｔ４で電力系統ＡのＤＧと電力系統ＢのＰＶを再度仮想交換すれば、時刻ｔ０の状態と同じに戻り、かつそれぞれの顧客に異なる系統の電気を販売することができる。
【実施例９】
【０１９０】
本実施例では請求項９に係る発明の実施例について説明する。
【０１９１】
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電力変換による電力融通との差異について説明する。
【０１９２】
図１７（Ａ）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。図１７（Ｂ）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入出力端子とＢ入出力端子を介して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。

【０１９３】

図１７（Ａ）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。

【０１９４】

図１７（Ｂ）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。

【０１９５】

このときの電圧・電流ベクトルの状態を、図１８（Ａ）と（Ｂ）にそれぞれ図示した。

図１８（Ａ）は、図１７（Ａ）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。図１８（A）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）

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

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

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

【０１９６】

一方、図１８（Ｂ）は、図１７（Ｂ）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・Ｖｘ・ｓｉｎφ/ωＬ＋ｊ・（Ｖ$^{2}$－Ｖ・Ｖｘ・ｃｏｓφ）/ωＬ
となる。
【０１９７】
以上により、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。
【０１９８】
一般的な同期系統では、発電機が作り出す有効電力と無効電力とには一定の関係があり、お互いに独立して作り出すことはできない。従って、発電機で有効電力を作り周波数を調整するのとは別に、系統にコンデンサー設備を入れて無効電力を作り出すことにより電圧調整を行っている。それに対し、本発明の多端子型電力変換装置は一つの入出力端子で、有効電力と無効電力の両方を任意の大きさで同時に供給できる。
【実施例１０】
【０１９９】
本実施例では請求項１０に係る発明の実施例について説明する。
【０２００】
図８を使って説明する。既存の電気系統が図のように＃１から＃５の電力系統に細分化されている例と考えた場合、その連系部分の多端子型電力変換装置は図８に示すような接続になる。仮に＃２電力系統に事故が起こり、停電した場合、＃１電力系統は、＃１と＃２電力系統を接続している電力変換器が、高速に停電を検出して＃２電力系統側の電力変換器を停止する。これにより＃１電力系統側の電力変換器と＃１から＃３、＃４、＃５電力系統に接続している電力変換器も運転継続できる。
【０２０１】
＃２電力系統が、事故を起こした場合に、＃３、＃４、＃５電力系統は、＃２電力系統側に設置された多端子型電力変換装置が高速に停止するため、事故の影響をほとんど受けなくて済む。＃２電力系統を経由して他の系統に融通されていた電力は、速やかに他のルートを使った融通に変更される。
【実施例１１】
【０２０２】
本実施例では請求項１１、１２、１３にかかわる実施例について説明する。
【０２０３】
これらの発明は、複数の電力系統間に配置された複数の電力変換器において、電力変換器が作り出した電力線路上を伝搬する時刻同期用電気波形と、その電気波形の持つ意味を伝送する時刻同期用電子情報との両者を組み合わせることにより複数電力変換器間の時刻同期をとることを特徴とする時刻同期情報伝達ネットワークシステムである。
この発明により、電力線上に現れる電気波形の持つ比較的少ない情報と、その意味を説明する多量の電子情報とを組み合わせて、複数の電力変換器を同時に同じ大きさで動作させたり、停止させたり、途中で大きさを変更させたりすることが可能になる。
【０２０４】
図１９は電力系統１、２、３の間で、変換器１２と変換器２３を同じタイミングで同じ大きさで駆動させることにより、電力系統２には電力を送りこまずに、あるいは電力を受け取らずに、電力系統１から電力系統３に電力を送ることができることを示している。これを時刻同期させるという。
【０２０５】
このように、電圧波形に乗せられる情報量は限られているので、少ない情報の持つ意味を、別の外部データ通信路を経由して、あらかじめ送信しておくことにより電力変換器の動作準備を行っておく方法が考えられる。これが本発明の言うところの時刻同期用電気波形と時刻同期用電子情報の組み合わせで時刻同期をとる方法である。
【０２０６】
図１９では、電圧波形に信号を乗せているが、電圧波形のピークはノイズが多いので、信号を乗せるタイミングを電圧がゼロになるゼロクロスにすることもできる。また、電圧

波形に電力線搬送通信信号を乗せることもできる。電圧波形に信号を乗せる代わりに、電流波形に信号をのせることもできる。信号を電力変換器そのものに信号を作らせることもできる。

【０２０７】

時刻同期用電気波形は一つとは限らず、いくつかの電気波形の組み合わせとしてそれに意味を持たせることもできる。組み合わせを使えば、時刻同期用電気波形だけで時刻同期をとることもできる。たとえば２つ以上の電気波形を用いて駆動開始の一定サイクル前に予告信号を発生させて準備を行うことや、間隔をあけるサイクル数を変化させてカウントダウン信号とすることによって駆動開始のタイミングを合わせることなどができる。

【０２０８】

また、時刻同期用電子情報として、ＧＰＳ時刻情報を使用したり、電波時計信号を使ったりして、多端子型電力連系装置の時計を同期させて、時刻同期を図る方法もある。この場合時刻同期用電気波形は不要となる。

【０２０９】

請求項１１に係る発明では、電力変換器が作り出した電力線路上を伝搬する時刻同期用電気波形と、その電気波形の持つ意味を伝送する時刻同期用電子情報との両者を組み合わせることにより複数電力変換器間の時刻同期をとることを特徴としており、以下のような手順で時刻同期をとることができる。

【０２１０】

たとえば、送電元の電力変換器において独特の電圧波形、電流波形、有効電力波形、無効電力波形、これらの大きさの変化、位相の変化、位相ベクトルの変化、空間ベクトル軌跡の変化、およびそれらを組み合わせた開始・終了予告信号やスタート・ストップ信号（これらを総称して電気波形プロファイルと呼ぶ）を作って電力回路に送りこむことを、あらかじめ別の情報ルートにより同期させる電力変換器に情報として伝えておく。

【０２１１】

情報を受け取った電力変換器は、これらの電気波形プロファイルを、時刻同期用電気波形として速やかに検出できるように検出回路構成やソフトウェア設定を行い、それによって電力変換を同期させる準備を行う。

【０２１２】

予定された時刻付近で電力線路にあらかじめ伝えられた予告信号の電気波形プロファイルが検出されると、電力変換器は電力変換に必要な準備を開始し、予告信号からあらかじめ定めた回数の電圧のゼロクロッシングサイクル後に電力変換を開始するなどの方法で複数の電力変換器の時刻同期をとることができる。

【０２１３】

また、確認のためにあらかじめ時刻同期用電子情報で定めた直前信号を検出したら、その検出確認直後に電力変換を開始するなどのアルゴリズムを持つこともできる。

【０２１４】

電力変換中に、あらかじめ時刻同期用電子情報で定めた電気波形プロファイルを送出して、電力変換の大きさをあらかじめ定めた出力変化率に基づいて増減することもできる。

【０２１５】

電力変換の停止に当たっても、電力変換中にあらかじめあらかじめ時刻同期用電子情報で定めた電気波形プロファイルを検出したら、一定ゼロクロッシングサイクル後に一定変化率で電力変換の大きさを小さくしていき、停止信号の検出を持って停止することができる。

【０２１６】

あらかじめ、どのような手続きと電気波形プロファイルを使用するかを、時刻同期用電子情報として伝送しておくことにより、電気波形プロファイルを単純なものとしてノイズの影響を小さくすることができる。

【０２１７】

このように、光のスピードで伝達できるが情報量の少ない電気波形プロファイルと、別

ルートで送る情報量の豊富な時刻同期用電子情報とを組み合わせることにより、離れた場所にある複数の電力変換器の時刻同期をとることが可能となる。電力線搬送通信（ＰＬＣ）を用いる場合は、電気波形と情報が同一のルートを通過するので、ルートの物理的健全性の確認も併せて行うことができるメリットがある。

【０２１８】

請求項１２に係る発明は、請求項１１に記載の電力システムにおける時刻同期用電気波形が、電流波形を基本とするものであることを特徴とするものである。

【０２１９】

ＢＴＢ型電力変換器は、片方の電力変換器で交流を整流し、直流を作り、ついでもう片方の電力変換器で直流部電圧を、１秒間に数千から数万回オンオフしてその時間間隔を変化させることにより平均して正弦波電圧を作りだす。

この電圧と直列リアクトルを挟んで接続される電力系統との間で周波数を同期させ、若干の位相差を付けることにより、目的の電流を送り込んだり、引き込んだりすることができる。

【０２２０】

電力変換器の出力回路にはリアクトルや平滑用のコンデンサーが使われていることが一般的であるので、前述した電圧波形、電流波形、有効電力波形、無効電力波形、これらの大きさの変化、位相ベクトルの変化、空間ベクトル軌跡の変化、およびそれらを組み合わせた開始・終了予告信号やスタート・ストップ信号等の電気波形プロファイルを電気回路に送りこむ場合、電気回路そのものの工夫が必要である場合が多い。しかし、電流波形は、リアクトルの平滑作用のために変化速度は遅くなるが、電力変換器のデジタルシグナルプロセッサーへの信号の工夫だけで実現することができ、特別な電気回路の工夫が不要であるため経済的な手法であるといえる。

【０２２１】

電流波形を基本として電流の位相を測定してその位相シフトを検出する方法や３相電流の空間ベクトルの相対位相変化などを組み合わせることにより、より高速で情報量の比較的多い電気波形プロファイルとすることができる。

【０２２２】

請求項１３に係る発明は、請求項１１に記載の電力システムにおいて、時刻同期用電子情報が、電力線路上を伝搬する電力線搬送通信信号であることを特徴とするものである。

【０２２３】

時刻同期用電子情報が、時刻同期用電気波形が伝搬される電力線路と同じ線路の上を送信される電力線搬送方式を採用すると、電力線路の断線や接地など物理的障害により、電子情報が送れない場合は返信もないため、電力線路の不具合が容易に発見できる。

【０２２４】

時刻同期用電子情報に限らず、時刻同期用電気波形として電力線搬送信号を使用し、電圧のゼロクロスのタイミングに挿入して時刻同期用電気波形プロファイルの代替とすることができる。

【実施例１２】

【０２２５】

本実施例では請求項１４、１５に係る発明の実施例について説明する。

【０２２６】

図２０は電力取引を、記述した取引簿の例である。この中で実際の取引には、電力変換や送電に伴う電力損失が発生するため、それを記録する欄が設けられていることが特徴である。またこの取引簿は、仮想取引も記述できる。仮想取引の場合は、入力側と出力側双方に対記載を行うことが特徴であり、現金収入・支出の代わりに債権や手形、証書のような記録を行うことが特徴である。

【０２２７】

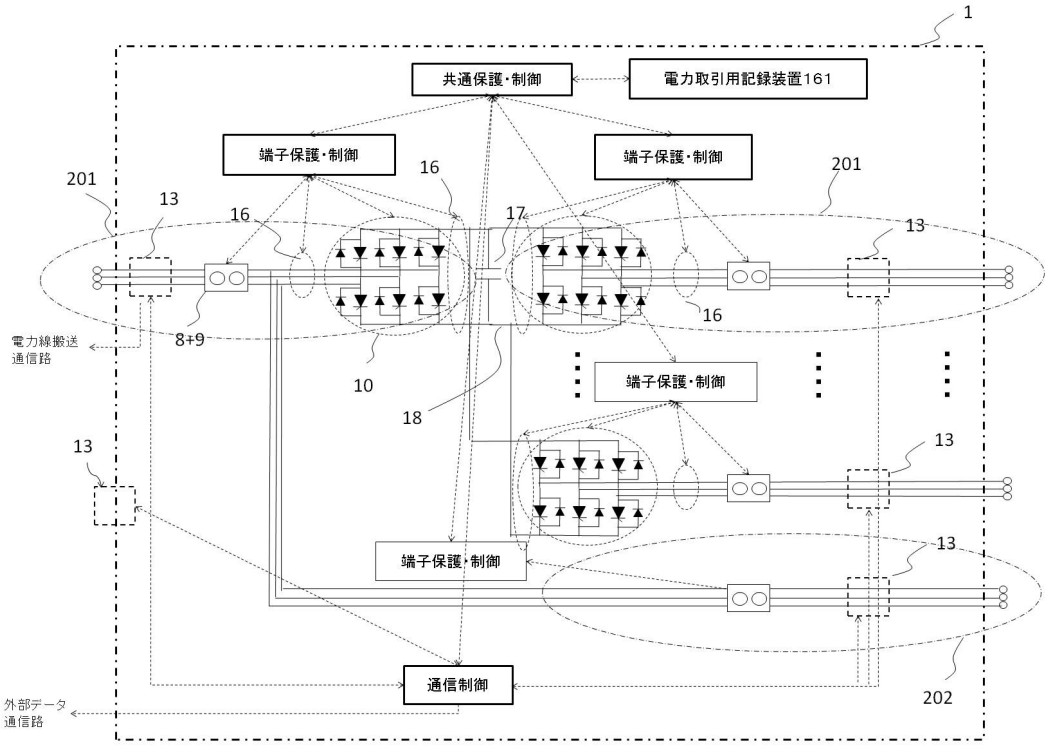
このような記録方法をとることにより、あらゆるユーザーや事業者が、電力の売買に関して銀行通帳のような取引簿や複式簿記のような仕訳を通じ、電力の取引を記録し、他の

電力取引と区別することができるようになる。
【０２２８】
この記録は、取引日時、取引量、発電エネルギー源、発電事業者、貯蔵事業者、価格、電力損失、$CO_2$価値、ＲＰＳ価値、グリーン電力価値、など多彩な情報を有する電力として管理される。これにより情報と電力が融合し、電力を識別することができるようになる。
【０２２９】
この記録は、第三者公的機関で認定され、取引され決済される。この第三者機関の役割は、金融における銀行のようなものとなる。
【０２３０】
図２１は、電力量の変化を、最小単位の電力融通パーツに分解した例である。
このパーツは、３種類あり、出力のみのパーツ、入力のみのパーツ、入出力を持ち損失を有するパーツ（融通パーツと呼ぶ）である。
図２１では、電力系統１から、出力が出るところを、出力パーツで表し、変換器での損失を融通パーツで表し、送電線での損失を融通パーツで表し、電力系統２への入力を入力パーツで表している。
これらのパーツ表記により、ある電力融通ルートでの電力融通は、単純なパーツの和で表されるので、複数の電力融通が重なり合うケースにおける損失の分担もパーツに分離することで容易に表記できる。
【実施例１３】
【０２３１】
本実施例では請求項１６、１７に係る発明の実施例について説明する。
【０２３２】
まず、多端子型電力変換装置全体システムを制御するプログラムは、入出力端子、電力変換回路、制御回路、通信回路、計測回路、保護回路、記録回路及びさらに詳細な回路のドライバーソフトウェアを認識し、異なるハードウェアであっても多端子型電力変換装置の回路として機能させることができる。
【０２３３】
また、複数の多端子型電力変換装置同士でも、連系協調して制御する必要があるため、本発明のプログラムは、連鎖停電事故防止のようなハード面から、電力取引のようなソフト面まで幅広い内容を取り扱う基本オペレーティングシステムを備えたものとなる。
【０２３４】
さらに、共通の基本オペレーティングシステムを持つことにより、全体システムを同じ思想を持って制御できるようになる上、外部通信回線を通じて、全装置に対してソフトウェアのバージョンアップを行ったり、バグを修正したり、することが遠隔から分散型に処理できる。
【０２３５】
これらにより、最低限のオペレーションプロトコルが一元管理できる基盤ができる。
【０２３６】
多端子型電力変換装置用の基本オペレーティングシステムは、すべての装置に共通で搭載されるものとして開発される。
まず、これは、多数の多端子型電力変換装置が連系して協調動作する「電力システム」の共通のソフトウェアとなる。
また、適宜リモートバージョンアップすることにより経済性と利便性上の課題も解決するプログラムを提供するものとなる。
さらに、電力取引の基本となる、電力量計の校正と異常検出手続きは、基本オペレーティングシステムの根幹アルゴリズムとなる。
そのほか、電力損失最小化アルゴリズムも基本オペレーティングシステムの根幹となる。
【符号の説明】

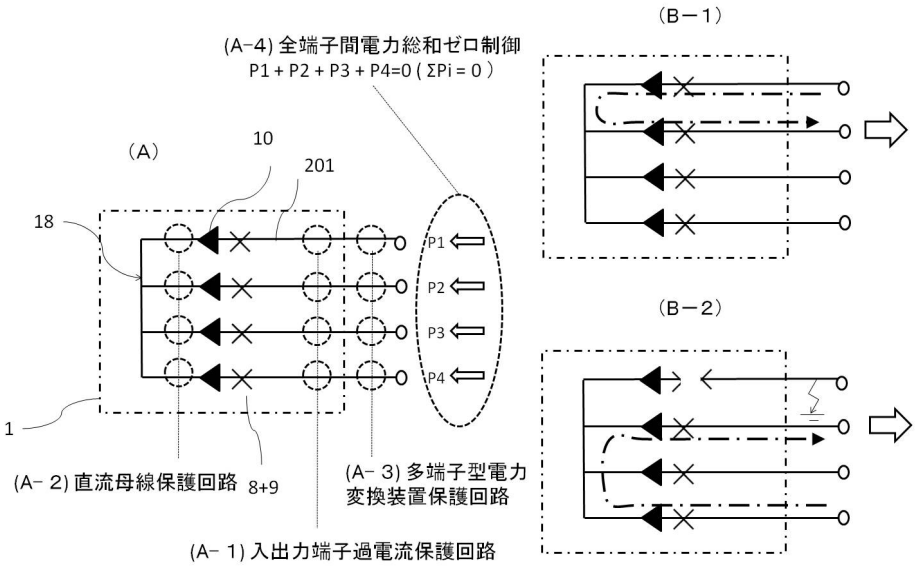
【０２３７】

１　多端子型電力変換装置
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・電力量測定器
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
２２　送電線
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入出力端子
２０２　Ｂ入出力端子
２０３　共通直流母線

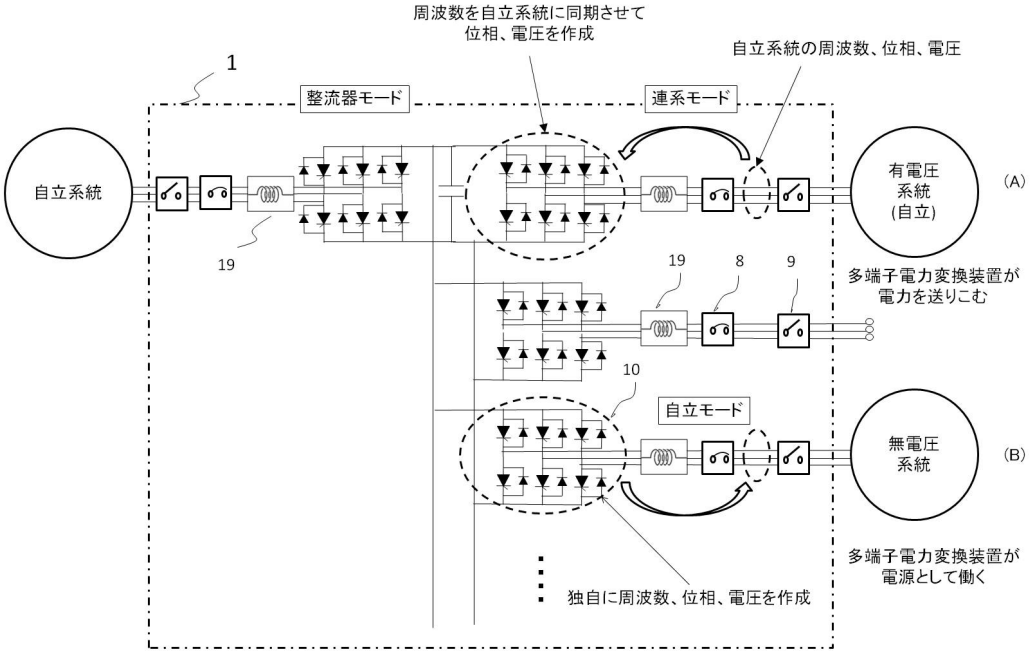
【図１】


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
13
16
16
17
201
13
16
8+9
電力線搬送
通信路
10
18
端子保護・制御
13
13
端子保護・制御
13
通信制御
202
外部データ
通信路

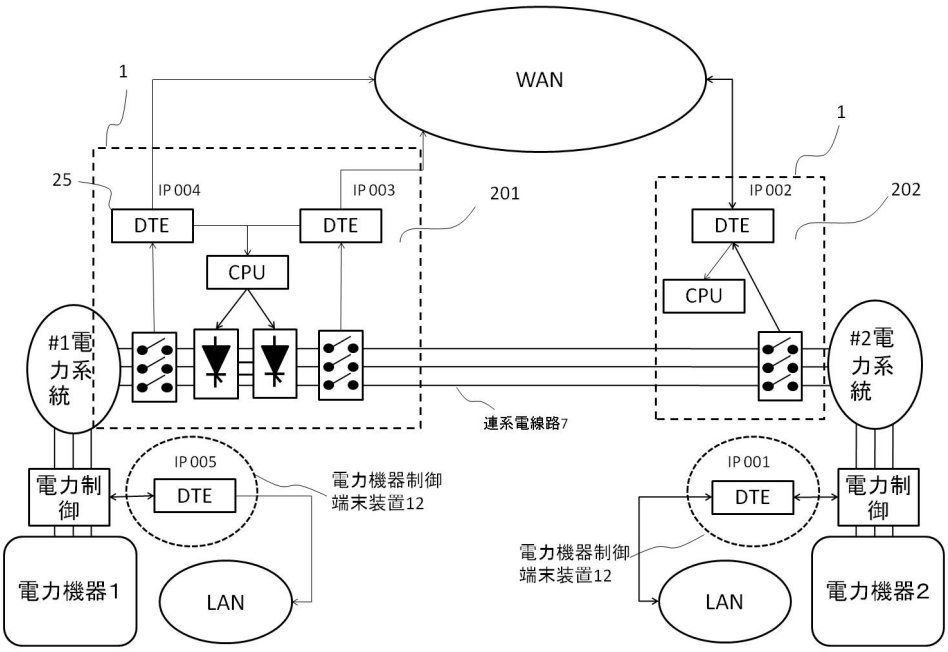
【図２】


(A−4) 全端子間電力総和ゼロ制御
P1 + P2 + P3 + P4=0 ( ΣPi = 0 )
(A)
10
201
18
P1
P2
P3
P4
1
(A− 2) 直流母線保護回路
8+9
(A− 3) 多端子型電力
変換装置保護回路
(A− 1) 入出力端子過電流保護回路
(B−1)
(B−2)

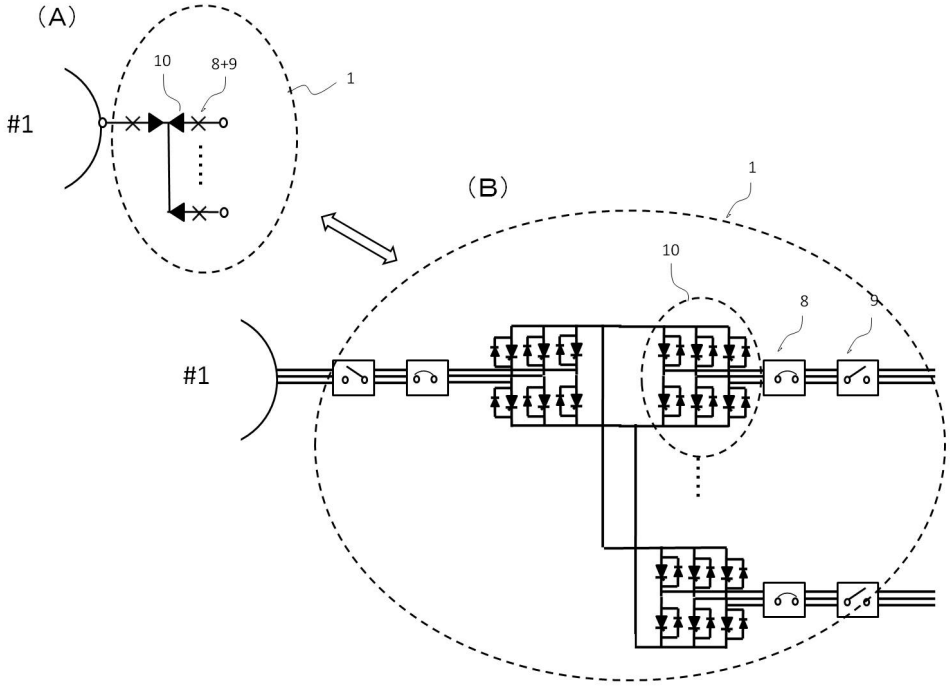
【図３】


周波数を自立系統に同期させて
位相、電圧を作成
自立系統の周波数、位相、電圧
1
整流器モード
連系モード
自立系統
有電圧
系統
(自立)
(A)
19
19
8
9
多端子電力変換装置が
電力を送りこむ
10
自立モード
無電圧
系統
(B)
多端子電力変換装置が
電源として働く
独自に周波数、位相、電圧を作成

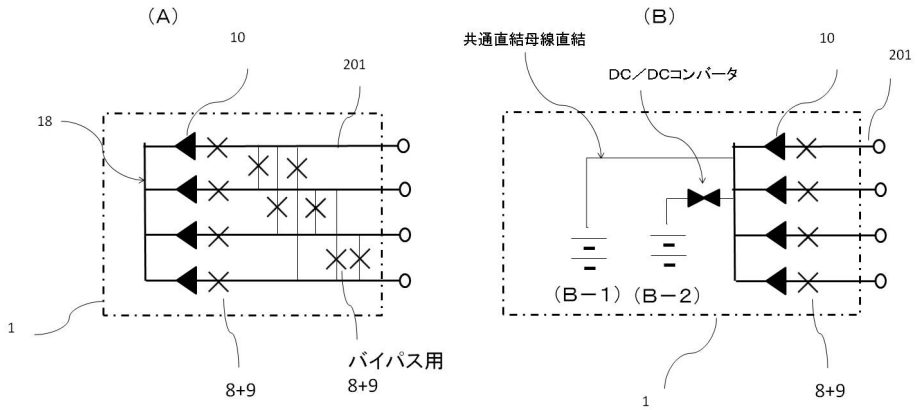
【図４】


WAN
1
1
25
IP 004
IP 003
201
IP 002
202
DTE
DTE
DTE
CPU
CPU
#1電
力系
統
#2電
力系
統
連系電線路7
IP 005
IP 001
電力制
御
DTE
DTE
電力制
御
電力機器制御
端末装置12
電力機器制御
端末装置12
電力機器1
LAN
LAN
電力機器2

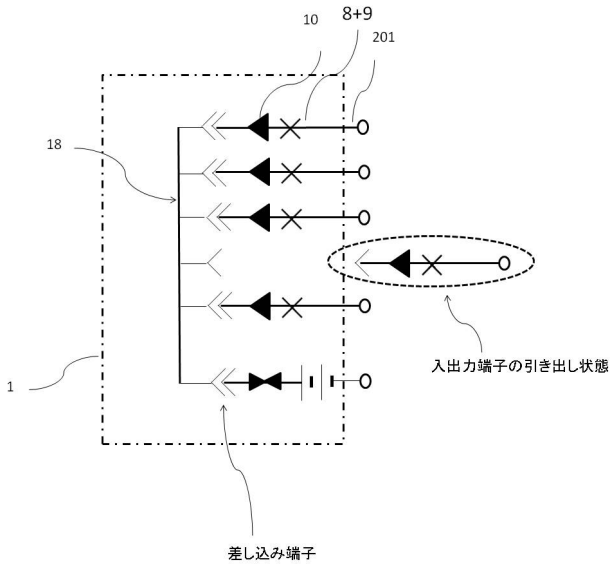
【図５】


（A）
10
8+9
1
#1
（B）
1
10
8
9
#1

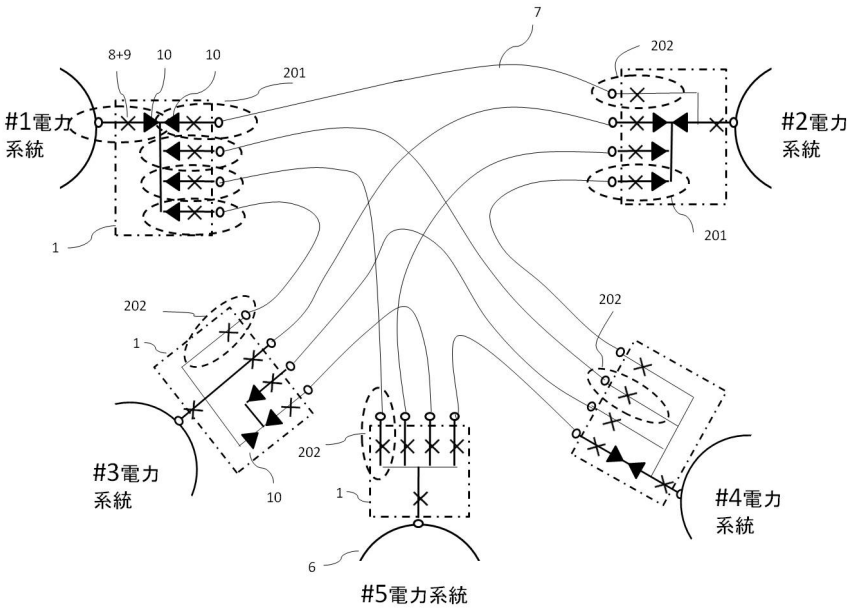
【図６】


（A）
10
201
18
1
8+9
バイパス用
8+9
（B）
共通直結母線直結
DC／DCコンバータ
10
201
（B－1）（B－2）
1
8+9

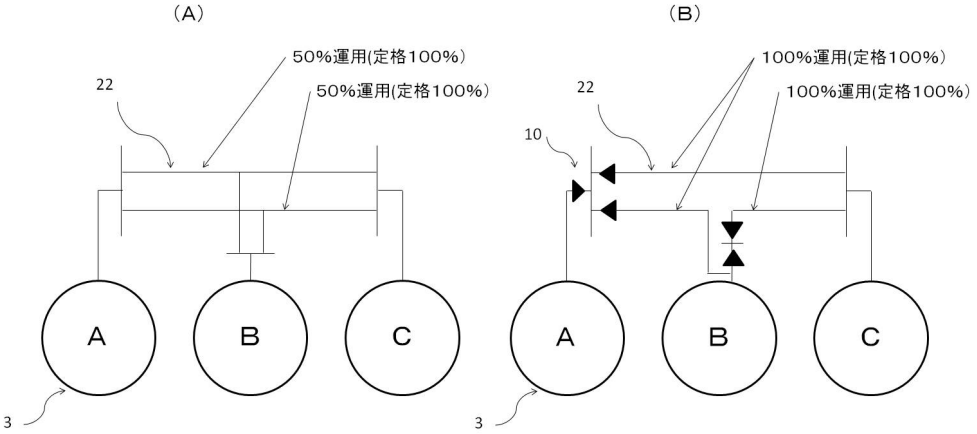
【図７】


10
8+9
201
18
1
入出力端子の引き出し状態
差し込み端子

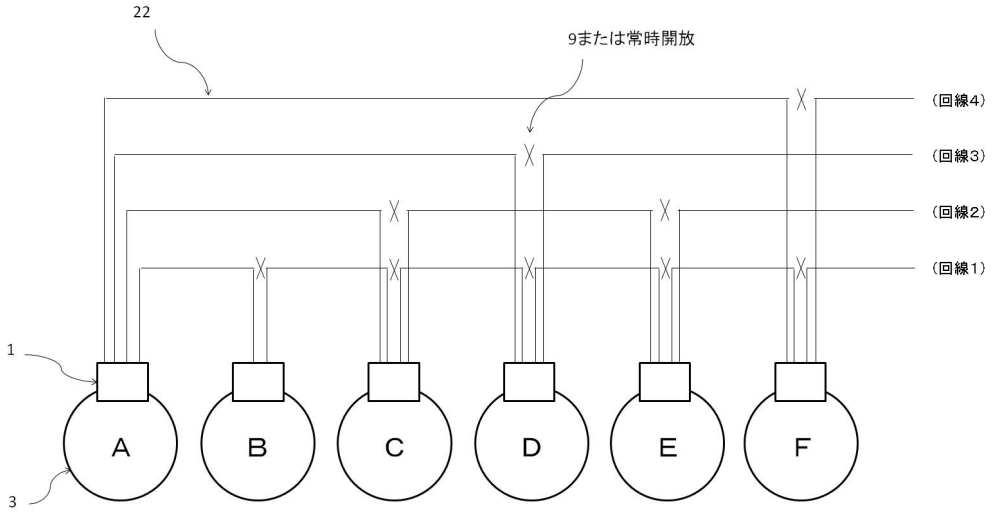
【図８】


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

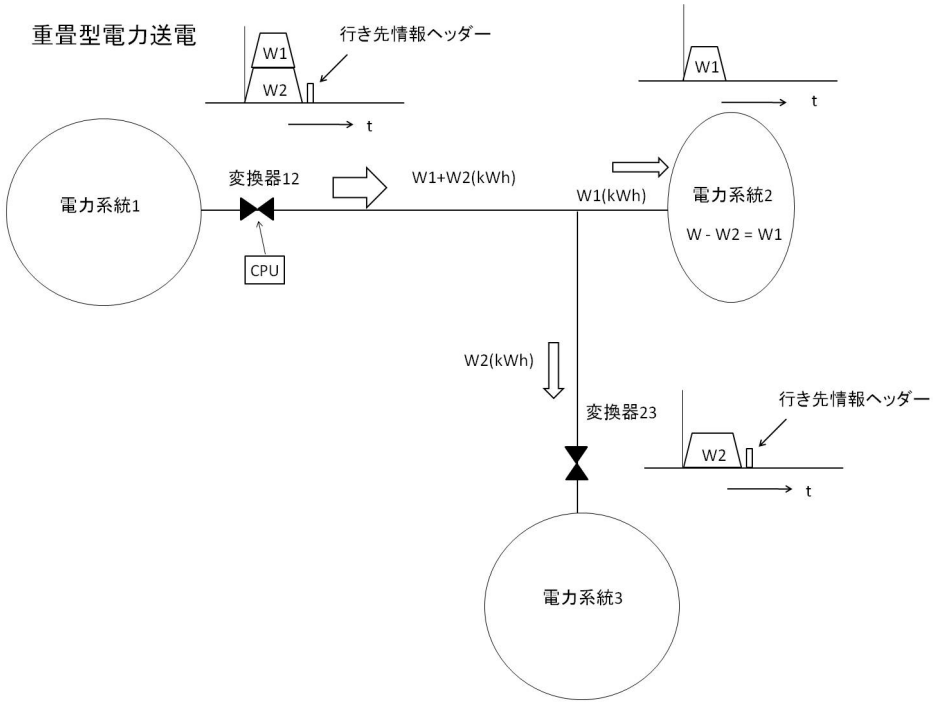
【図９】


（A）
50%運用(定格100%)
50%運用(定格100%)
22
A
B
C
3
（B）
100%運用(定格100%)
100%運用(定格100%)
22
10
A
B
C
3

【図１０】

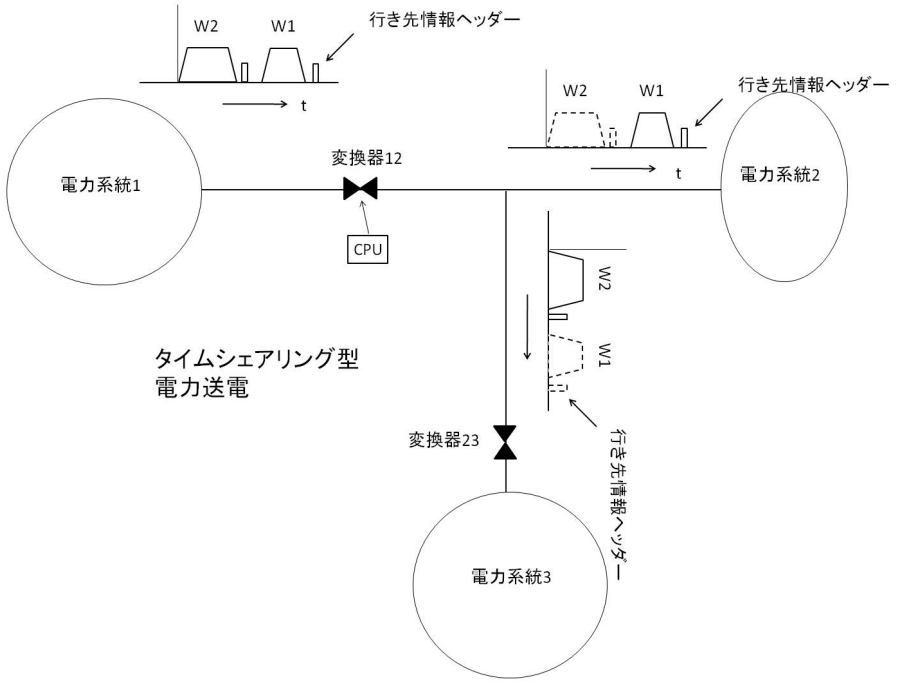

22
9または常時開放
(回線4)
(回線3)
(回線2)
(回線1)
1
A
B
C
D
E
F
3

【図１１】


重畳型電力送電
行き先情報ヘッダー
W1
W2
t
W1
t
電力系統1
変換器12
W1+W2(kWh)
W1(kWh)
電力系統2
W - W2 = W1
CPU
W2(kWh)
変換器23
行き先情報ヘッダー
W2
t
電力系統3

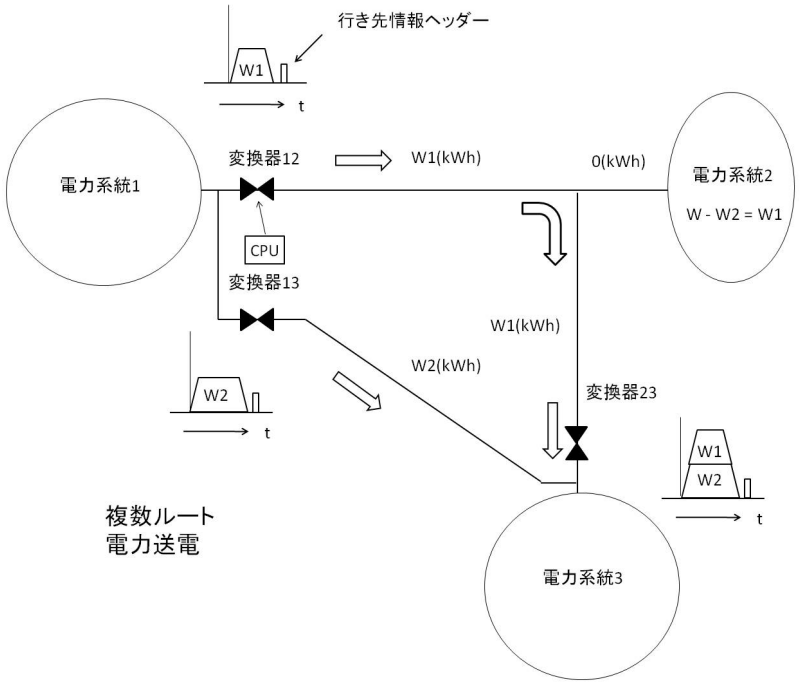
11

【図１２】


W2
W1
行き先情報ヘッダー
t
W2
W1
行き先情報ヘッダー
t
電力系統1
変換器12
電力系統2
CPU
W2
W1
タイムシェアリング型
電力送電
変換器23
行き先情報ヘッダー
電力系統3

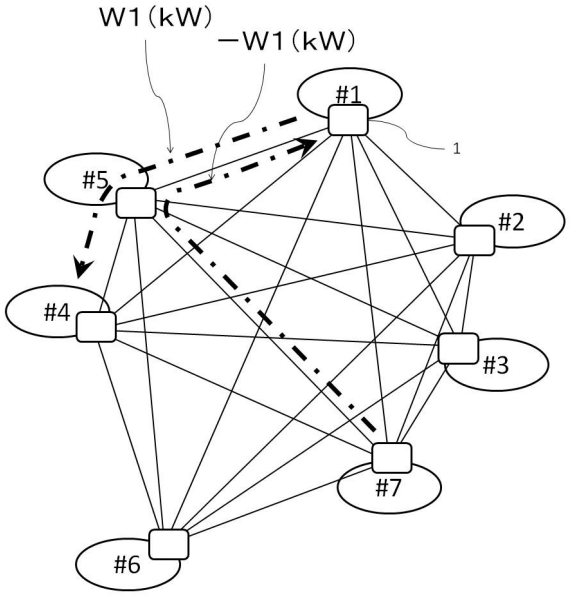
12

【図１３】

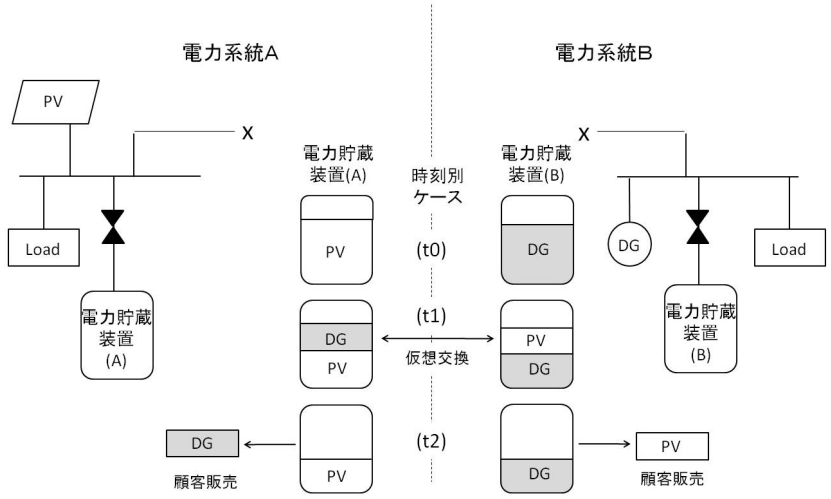

行き先情報ヘッダー
W1
t
電力系統1
変換器12
W1(kWh)
0(kWh)
電力系統2
W - W2 = W1
CPU
変換器13
W1(kWh)
W2(kWh)
変換器23
W2
t
W1
W2
t
複数ルート
電力送電
電力系統3

13

【図１４】

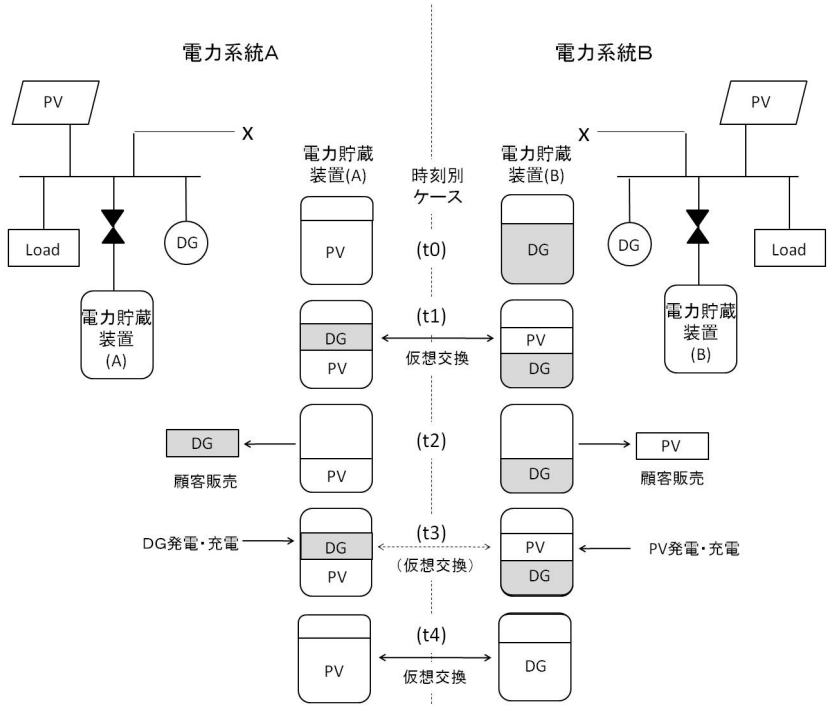

W1（kW）
－W1（kW）
#1
1
#5
#2
#4
#3
#7
#6

【図１５】


電力系統A
電力系統B
PV
X
Load
電力貯蔵装置(A)
電力貯蔵装置(B)
時刻別ケース
(t0)
(t1)
仮想交換
(t2)
DG
顧客販売

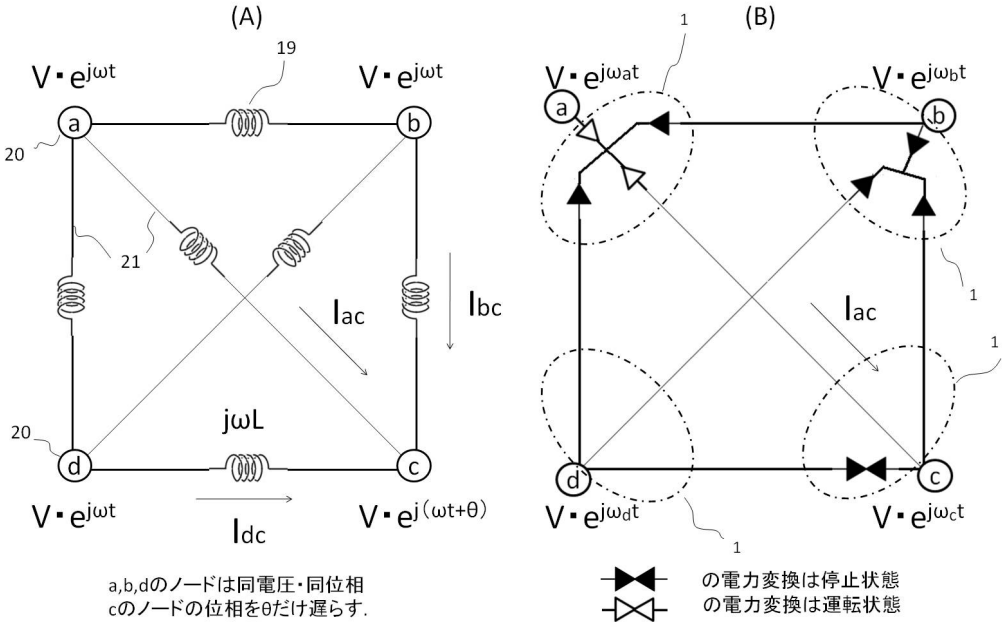
15

【図１６】

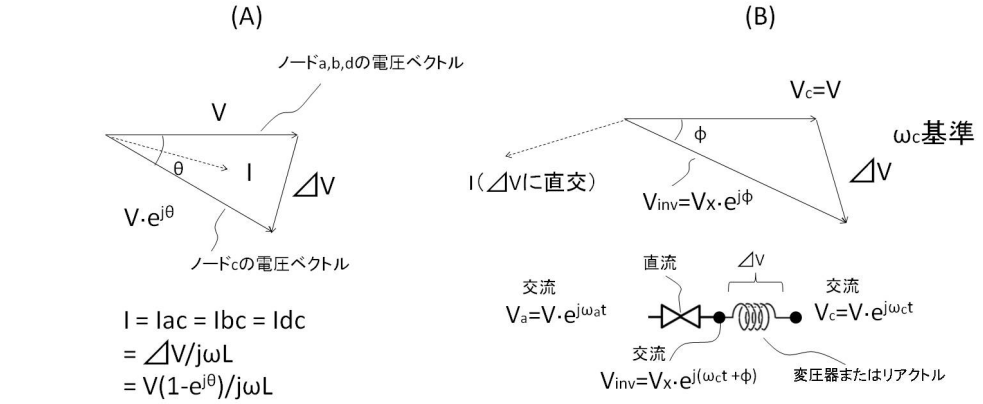

電力系統A
電力系統B
PV
X
Load
電力貯蔵装置(A)
電力貯蔵装置(B)
時刻別ケース
(t0)
(t1)
仮想交換
(t2)
DG
顧客販売
DG発電・充電
(t3)
（仮想交換）
PV発電・充電
(t4)

16

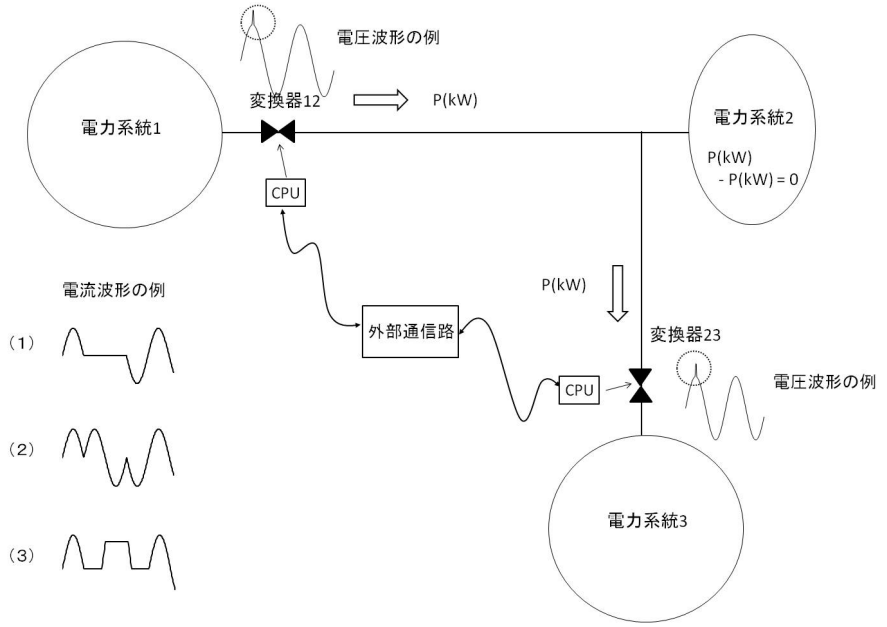
【図１７】


(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１８】


(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(V^2 /ωL)・j(e^-jθ-1)
=3(V^2 /ωL)・sinθ + j・ 3(V^2 /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・(V^2 -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１９】

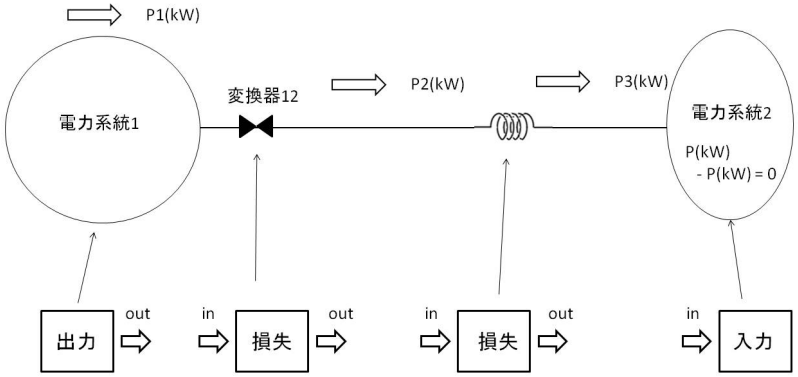



19

【図２０】

| 年月日 | 開始 | 終了 | 受元 | 送先 | 入力 | 出力 | 損失 | 残 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010.6.25 | 10:29 | 11:50 | Grid A | | 200 kWh | | 10 kWh | 190 kWh |
| 2010.6.26 | 12:50 | 15:40 | | Grid C | | 120 kWh | 7 kWh | 63 kWh |
| 2010.6.27 | 16:40 | 18:30 | Grid B | | 420 kWh | | 20 kWh | 463 kWh |
| | | | | | | | | |

【図２１】


P1(kW)
電力系統1
変換器12
P2(kW)
P3(kW)
電力系統2
P(kW)
- P(kW) = 0
出力
out
in
損失
out
in
損失
out
in
入力

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００６－１２９５８５（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－１０４２６９（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１６６７４６（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－０９８６９４（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－０６１３５５（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２２３９８６（ＪＰ，Ａ）
特許第３９３４５１８（ＪＰ，Ｂ２）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｊ　３／００ － ５／００
Ｈ０２Ｊ　１３／００
Ｈ０２Ｍ　７／４８