

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011年3月17日(17.03.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/030558 A1

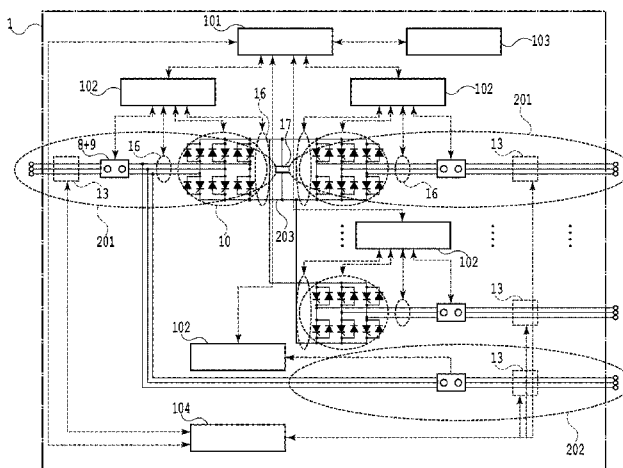
- (51) 国際特許分類:
H02J 3/00 (2006.01) H02J 13/00 (2006.01)
H02J 3/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/005563
- (22) 国際出願日: 2010年9月10日(10.09.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-208744 2009年9月10日(10.09.2009) JP
特願 2010-145715 2010年6月27日(27.06.2010) JP
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人: 阿部 力也 (ABE, Rikiya) [JP/JP]; 〒2590132 神奈川県中郡二宮町緑が丘2丁目2番3号 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 谷・阿部特許事務所 (TANI & ABE, p.c.); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6-20 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MULTI-TERMINAL POWER CONVERSION DEVICE, MULTI-TERMINAL POWER TRANSFER DEVICE, AND POWER NETWORK SYSTEM

(54) 発明の名称: 多端子型電力変換装置、多端子型電力授受装置及び電力ネットワークシステム

[図6]



(57) Abstract: Disclosed is a multi-terminal power conversion device that divides existing power systems into a plurality of independent power systems, and that is capable of interconnecting and stably utilizing the power systems via existing or new transmission lines. Also disclosed are a multi-terminal power transfer device and a power network system. A power network system in which power interchange between electric power equipment in differing power systems and synchronous and asynchronous power interchange between the plurality of power systems becomes possible is erected by connecting an interconnected asynchronous network system of the plurality of power systems that is formed by the multi-terminal power conversion device, which is characterized by connecting a plurality of asynchronous power systems comprising bulk power systems and controlling power in a manner such that the sum total of in-flowing power and transmitted power is zero, and a synchronous power network system within power systems that is formed by a terminal device for electric power equipment control, which is provided with a means for controlling the power of electric power equipment that is disposed within the independent power systems, and by integrating power control and communication control.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2011/030558 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、既存の電力システムを自立した複数の電力システムに分割し、既存又は新設の送電線を経由して、相互に連系して安定に運用できる多端子型電力変換装置、多端子型電力授受装置及び電力ネットワークシステムを提供する。基幹電力システムを含む複数の非同期である電力システムを接続し、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多端子型電力変換装置によって構成される複数の電力システム間非同期連系ネットワークシステムと、自立した電力システム内に設置される電力機器の電力制御を行う手段を有する電力機器制御端末装置によって構成される電力システム内同期ネットワークシステムとを接続し、電力制御と通信制御を統合することによって、異電力システム電力機器間の電力融通や、複数電力システム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を構築する。

明 細 書

発明の名称：

多端子型電力変換装置、多端子型電力授受装置及び電力ネットワークシステム

技術分野

[0001] 本発明は、多端子型電力変換装置、多端子型電力授受装置及び電力ネットワークシステムに関し、より詳細には、各電力系統に設置された多端子型電力変換装置又は多端子型電力授受装置を介して複数の電力系統間を相互に非同期に接続することにより、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多端子型電力変換装置、多端子型電力授受装置及び電力ネットワークシステムに関する。

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。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。

[0003] 日本では、東側で50Hz、西側で60Hzの2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1つの値に同期されている。

- [0004] 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。
- [0005] 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。
- [0006] 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。
- [0007] 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又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。
- [0008] 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。
- [0009] 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。
- [0010] 第1の従来方法は電力基幹システムを強化する方法である。これは高圧連系線の強化やB T B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。

[0011] 第 2 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。

[0012] 第 3 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。

[0013] 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

- [0014] 特許文献 1：特開平 1 1 - 1 4 6 5 6 0 号公報
- 特許文献 2：特開平 1 1 - 9 8 6 9 4 号公報
- 特許文献 3：特開 2 0 0 8 - 1 8 2 8 5 9 8 号公報
- 特許文献 4：特開 2 0 0 7 - 1 8 9 8 4 0 号公報
- 特許文献 5：特開 2 0 0 3 - 3 2 4 8 5 0 号公報
- 特許文献 6：特開 2 0 0 7 - 8 9 2 5 0 号公報
- 特許文献 7：国際公開 2 0 0 4 - 0 7 3 1 3 6 号公報
- 特許文献 8：特許 3 9 3 4 5 1 8 号公報
- 特許文献 9：特開 2 0 0 3 - 1 5 2 7 5 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0015] しかしながら、従来技術は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。

- [0016] 第1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。
- [0017] また、特許文献2では、複数の電力系統においてB T B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。
- [0018] 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。
- [0019] 第2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及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。
- [0020] 第3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。

- [0021] 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。
- [0022] 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。
- [0023] 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。
- [0024] 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。
- [0025] 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、網状電力需給線路又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。
- [0026] 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。
- [0027] 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。

[0028] 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SACO I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。

[0029] 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ない、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ず、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。

[0030] 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、現在の基幹電力システムを、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システムに分割し、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（電力システムの自立と呼ぶ）、その上で、B T Bやループコントローラのような連系装置（以下B T B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。

[0031] しかし、B T B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、B T B型連系装置では連系する電力システムの数の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。

[0032] さらに複数の電力システム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システムでは電力変換が2度行われ、変換損失が大きくなるという問題がある。

[0033] また、電力母線に故障が発生すると、その電力システムを経由する電力融通ルートはすべて停止し、健全な電力システムにまで波及するという問題がある。

[0034] さらに通信システム面において、複数の電力システム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、改造や新增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システム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。

[0035] 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、電源システムの信頼性の

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中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。

[0036] さらに複数電力システム間で電力融通を行う場合、すべての電力システム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 of 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。

[0037] 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。

[0038] 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、個々の電力システムの中で再生可能エネルギーと他の電源・負荷及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、基幹電力システムも含め、他の電力システム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。

[0039] 本発明は、このような課題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、既存の電力システムを自立した複数の電力システムに分割し、既存又は新設の送電線を経由して、相互に連系して安定に運用できる多端子型電力変換装置、多端子型電力授受装置及び電力ネットワーク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

[0040] 上記の課題を解決するために、本発明は、多端子型電力変換装置であって、双方向に電力変換する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・電力を測定する電圧・電流・電力測定器とを有する3以上の電力変換ユニットと、前記電力変換ユニットの一方の端子同士を並列に接続する共通母線と、前記電圧・電流・電力測定器で測定された測定値に基づき、前記電力変換ユニットから前記共通母線に流入する電力と前記共通母線から前記電力変換ユニットに送出する電力との総和がゼロとなるよう複数の前記電力変換ユニットを協調して制御し、前記電力変換ユニットの他方の端子が接続された外部回路間で非同期に電力融通するように前記電力変換ユニットを制御する制御ユニットとを備えている。

発明の効果

- [0041] 本発明のように、複数の電力系統を非同期連系多端子型電力変換装置で接続すれば、第1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、連系装置容量及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。
- [0042] 第2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。
- [0043] 第3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NED

○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

- [0044] [図1] 図 1 は同期系統での電力授受を説明するための図である。
- [図2A] 図 2 A は本発明を用いて非同期系統での電力授受を説明するための図である。
- [図2B] 図 2 B は本発明を用いて非同期系統での電力授受を説明するための図である。
- [図2C] 図 2 C は本発明を用いて非同期系統での電力授受を説明するための図である。
- [図2D] 図 2 D は本発明を用いて非同期系統での電力授受を説明するための図である。
- [図3A] 図 3 A は同期系統における電力変換による電力融通の原理を示したものである。
- [図3B] 図 3 B は非同期系統において本発明を用いた電力変換による電力融通の原理を示したものである。
- [図4] 図 4 は図 4 A と図 4 B との関係を示す図である。
- [図4A] 図 4 A は本発明の電力ネットワークシステムの全体像を示した図である。
- [図4B] 図 4 B は本発明の電力ネットワークシステムの全体像を示した図である。
- [図5A] 図 5 A は多端子型電力変換装置の簡略図を示した図である。
- [図5B] 図 5 B は多端子型電力変換装置を示した図である。
- [図6] 図 6 は多端子型電力変換装置の詳細構造を示した図である。
- [図7] 図 7 は電力貯蔵装置接続回路の構成を示す図である。
- [図8] 図 8 は本発明の電力ネットワークの接続例を示す図である。
- [図9A] 図 9 A は 8 つの電力系統からなる電力ネットワークにおける B T B 型連系装置の装置数を示す図である。

[図9B] 図9Bは8つの電力系統からなる電力ネットワークにおける多端子型電力変換装置の装置数を示す図である。

[図10A] 図10AはBTB型連系装置を用いた電力融通を示す図である。

[図10B] 図10Bは多端子型電力変換装置を用いた電力融通を示す図である。

[図11] 図11は通信回路のWAN/LANを外部データ通信路で構築した本発明の電力ネットワークの構成を示す図である。

[図12] 図12は通信回路のWAN/LANを電力線搬送通信路で構築した本発明の電力ネットワークの構成を示す図である。

[図13] 図13は多端子型電力変換装置内の通信制御システムの構成を示す図である。

[図14] 図14は電力機器制御端末装置内の通信制御システムの構成を示す図である。

[図15] 図15はルーティングテーブルを示す図である。

[図16] 図16は多端子型電力変換装置のシミュレーション結果を示す図である。

[図17A] 図17Aは従来の送電線運用方法を示す図である。

[図17B] 図17Bは本発明の既設送電線の独立運用方法を示す図である。

[図18] 図18は既設送電線の独立運用方法を示す図である。

[図19] 図19は重畳型電力送電を説明する図である。

[図20] 図20はタイムシェアリング送電を説明する図である。

[図21] 図21は複数ルート送電を説明する図である。

[図22] 図22は仮想取引融通を説明する図である。

[図23] 図23は仮想取引融通を説明する図である。

[図24] 図24は仮想取引融通を説明する図である。

[図25] 図25は時刻同期方法の原理を説明する図である。

[図26A] 図26Aは電力融通の第1の電力融通要求段階を模式的に説明する図である。

[図26B] 図26Bは電力融通の第1の電力融通要求段階を模式的に説明する図

である。

[図27A] 図 2 7 A は電力融通の第 2 の電力融通要求段階を模式的に説明する図である。

[図27B] 図 2 7 B は電力融通の第 2 の電力融通要求段階を模式的に説明する図である。

[図28A] 図 2 8 A は連系電線路上の電力波形を示す図である。

[図28B] 図 2 8 B 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。

[図29] 図 2 9 は多端子型電力変換装置が接続する電力系統が直流の場合の電力ネットワークの構成を示す図である。

[図30] 図 3 0 はさまざまな電力融通の形態を示す図である。

[図31] 図 3 1 は電力取引簿の一例を示す図である。

[図32] 図 3 2 は電力の融通実態を融通パーツに分解した一例を示す図である。

[図33] 図 3 3 は事故時保護システムと切り替え手順を示す図である。

[図34] 図 3 4 は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説明する図である。

[図35] 図 3 5 は多端子電力変換装置内のバイパス回路を示す図である。

[図36] 図 3 6 は多端子電力変換装置の引き出し構成を示す図である。

[図37A] 図 3 7 A は 3 端子の多端子型電力変換装置が、それぞれ異なる周波数の電力系統に接続した状態を示す図である。

[図37B] 図 3 7 B は図 3 7 A に示した状態において電力の融通方向を連続的にシームレスに変化させた場合のシミュレーション結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0045] 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。

[0046] 図 1 が従来型の交流同期系統で 4 つの電力系統（ノード 1 2 0 - 1 ~ 1 2 0 - 4）を 6 つの連系電線路（リンク 1 2 1 - 1 ~ 1 2 1 - 4）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 1 9 があ

る。図2Aは、本発明の交流非同期系統で、同様に4つのノード（ノード30-1～30-4）を、多端子型電力変換装置1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や接続用リアクトルもしくは変圧器を省略してある。

[0047] 図1の回路網の初期状態は、4つのノードが電圧 V 、位相 0 、周波数 $\omega/2\pi$ 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 I_{dc} 、 I_{ac} 、 I_{bc} 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、1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。

[0048] 図2A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、 $\omega_a/2\pi$ 、 $\omega_b/2\pi$ 、 $\omega_c/2\pi$ 、 $\omega_d/2\pi$ 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10とノード c に接続している電力変換器10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10だけが運転しており、他の電力変換器10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。

[0049] 図2Bは、ノード a とノード b との間、ノード b とノード c との間の双方向電力変換器対23-1、23-2がある。双方向電力変換器対23が単位時間当たり W_1 と W_2 の電力をノード a からノード b に対して送り出し、同

じタイミングで双方向電力変換器対23-2が単位時間当たりW2の電力をノードbからノードcに向かって送りこむと、ノードbには差し引きW1の電力が送りこまれたことになる。双方向電力変換器対23-1、23-2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。

[0050] 図2C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。双方向電力変換器対23-1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をノードaからノードbに送り出す。このとき双方向電力変換器対23-2は稼働していないのでノードcには電力は融通されていない。次いで、ノードc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双方向電力変換器対23-1、23-2の両方に指示を与え、両方の双方向電力変換器対を同時にW2の大きさに稼働させる。これによりノードaからノードcにW2が送られる。このときノードb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。

[0051] この方式の利点は、双方向電力変換器対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、パケット電力とすることができる。変換器の最大出力で一定時間の電力量を1単位として取り扱うことができる。

[0052] 図2Dは、複数の異なる送電回路を使用して1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。ノードaとノードbの間、ノードaとノードcの間、ノードbとノードcとの間にそれぞれ双方向電力変換器対23-1~23-3がある。この例では、双方向電力変換器対23-1と23-2の両方にW1の電力を送るよう情報を与え、同時に双方向電力変換器対23-3には、W2の電力を送るよう情報を与える。これらにより、ノードcには、W1+W2の電力がノードaから異なるルートを経由して送られる。

[0053] このように、本発明では、任意の数のノードとの間で所望の電力を融通することが可能になる。

[0054] ここで、図 1、図 2 Aにおける電圧・電流ベクトルの状態を、図 3 A、3 Bにそれぞれ図示した。図 3 Aは、図 1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 a c、b c、d c間の線路リアクトル (L) の両端に電圧差 ΔV が発生し、 $\Delta V/\omega L$ の大きさの電流 I ($=I_{ac}=I_{bc}=I_{dc}$) が、 ΔV の位相に 90 度遅れて流れる。図 3 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 $\theta/2$ 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。

$$P + jQ = V \cdot 3 \cdot I^* \quad (\text{ただし、} I^* \text{ は } I \text{ の共役複素数})$$

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

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

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

[0055] 一方、図 3 B は、図 2 A 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 ω_c / 2π に同期した交流 V_{inv} に逆変換される。ノード c の複素電圧 V_c 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 V_{inv} は任意の値をとることができる。 V_{inv} の大きさを V_x とし、 V_c との位相差を ϕ として V_c と同期させれば、 V_{inv} と V_c の間にある変圧器又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、 $V_{inv} = V_x \cdot e^{(j\omega_c t + \phi)}$ 、 $V_c = V \cdot e^{j\omega_c t}$ 、 $\Delta V = V_c - V_{inv}$ とすれば、リアクトル L を流れる電流 I は、

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

また、授受できる電力は、

$$\begin{aligned}
 P + jQ &= V \cdot I^* \\
 &= V \cdot (V - V_x \cdot e^{j\phi}) / (-j\omega L) \\
 &= V \cdot V_x \cdot \sin\phi / \omega L + j \cdot (V^2 - V \cdot V_x \cdot \cos\phi) / \omega L
 \end{aligned}$$

となる。

- [0056] 以上により、複素電圧 $V_{in v}$ の電圧の大きさ V_x と、 $V_{in v}$ と V_c 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。
- [0057] 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。
- [0058] これに対して、本発明の多端子型電力変換装置 1 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。
- [0059] また、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 1 は 1 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と同時に供給できる。
- [0060] 本発明では、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、基幹電力システムの同期化力を維持でき、複数の電力システム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システムに大量に導入することが可能になる。

[0061] 本発明は、複数の非同期電力システム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する多端子型電力変換装置、多端子型電力授受装置及び電力ネットワークシステムに関するものである。

[0062] 以下、図面を参照し、本発明の実施形態について説明する。

[0063] (電力ネットワークシステム概要)

図4A、4B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、自立した電力システム3-1~3-4、3-6及び電力機器システム4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、電力機器システム4は単独の電力機器が接続される特殊な電力機器システム4の例として表示している。電力システム間は、多端子型電力変換装置1によって接続されている。

[0064] 多端子型電力変換装置1は、共通母線203を介して並列接続された、遮断器8、断路器9、電力線搬送通信端局13が接続された複数の自励式電力変換器10を備える。電力システム3-1、3-3、3-4及び電力機器システム4に設置された電力機器制御端末装置12も、電力線搬送通信端局13を備えており、これら各電力線搬送通信端局13にはそれぞれ固有のIPアドレス14が割り振られている。

[0065] 電力システム3-1~3-4、3-6及び電力機器システム4は連系電線路7を介して相互に接続している。尚、ここで示した構成では、電力母線6及び連系電線路7は電力線搬送通信路としての機能も有する。電力システム3-1には2本の電力母線6があるが、これらは電力線搬送通信バイパス付き変圧器11を介して接続されている。本願明細書では、これを「電力システム間非同期連系ネットワークシステム」と呼ぶ。尚、ここでは多端子型電力変換装置1間の

通信システムとして電力線搬送通信端局 13 を用いた場合を示したが、この通信システムは、通信専用の電線又は光ファイバケーブルを用いたものや、無線を用いたものであっても良い。

- [0066] 各電力系統 3-1~3-4、3-6 及び電力機器系統 4 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。電力系統 3-1~3-4 までの各電力母線 6 には多端子型電力変換装置 1 が設置されている。多端子型電力変換装置 1 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。
- [0067] 電力系統 3-1、3-2 のように、基幹電力系統 5 と A 接続端子 201 と連系電線路 7 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 202 でもよい。電力系統 3-1、3-2 の A 接続端子 201 の電力変換器 10 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 5 側に多端子型電力変換装置 1 を置き、A 接続端子 201 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、自励式電力変換機能を有さない B 接続端子 202 があればよい。
- [0068] 多端子型電力変換装置 1 は、後述するように各 A 接続端子 201 の少なくとも 1 つが接続先の電力系統の電力を直流に順変換したのち、直流共通母線 203 を通じて、残りの A 接続端子 201 群の少なくとも 1 つ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、直流共通母線 203 に流入する電力とそこから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。
- [0069] 電力系統 3-1 に設置された多端子型電力変換装置 1 の A 接続端子 201 は、連系電線路 7 を介して、電力系統 3-2~3-4 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。
- [0070] 電力系統 3-2 に設置された多端子型電力変換装置 1 の A 接続端子 201 は、電力系統 3-3、3-4 に設置された多端子型電力変換装置 1 の B 接続

端子 202 と連系電線路 7 を介して接続している。

- [0071] 電力系統 3-3 に設置された多端子型電力変換装置 1 の A 接続端子 201 は、電力系統 3-4 に設置された多端子型電力変換装置 1 の B 接続端子 202 と連系電線路 7 を介して接続する。この例では電力系統 3-3 に設置された多端子型電力変換装置 1 は、A 接続端子 201 を 2 回路背中あわせにつぎ合わせる B T B 型変換器と B 接続端子 202 から構成されている。
- [0072] 電力系統 3-4 に設置された多端子型電力変換装置 1 は、A 接続端子 201 を持たず、すべて B 接続端子 202 から構成されている。
- [0073] 電力系統 3-1 の下位の電圧階級の電力母線に設置された多端子型電力変換装置 1 は、電力機器単独系統 4 の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 201 の自励式電力変換器 10 が適切な直流電圧を作りだし、充放電が可能になる。また、この電力機器が交流発電機を用いる風力発電機などであれば、A 接続端子 201 が、自立した交流電力を作りだし、それに風力発電機が発電する交流電力を直流共通母線 203 上の直流電圧に合わせて順変換することにより、風力発電機を系統連系するような制御も可能である。
- [0074] 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 201 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 201 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。この多端子型電力変換装置 1 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。
- [0075] 電力系統 3-6 に接続された A 接続端子 201 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 201 の給電容量が電力系統 3-6 の負荷を十分賄え、遮断容量が電力系統 3-6 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。
- [0076] 図 4 A、4 B では、電力系統 3-6 と電力系統 3-2 ~ 3-4 及び電力機器系統 4 との間を非同期連系接続した連系電線路 7 は示されていないが、3

つの多端子型電力変換装置 1 と電力系統 3 - 1 とが連系し電力融通を行うことが可能である。

[0077] 図 4 A、4 B 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 6 1 ・電力貯蔵装置 6 2 ・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とそこに外部信号を伝える通信手段とを有する電力機器制御端末装置 1 2 を付加している。電力機器制御端末装置 1 2 は通信データターミナルエンド (D T E) 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。

[0078] 図 4 A、4 B 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電力変換装置 1 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 1 2 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。

[0079] 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」とを多端子型電力変換装置 1 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、1 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こんだりすることができるようになる。

- [0080] 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。
- [0081] 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。
- [0082] 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。
- [0083] 本発明の利用により、小さな電力系統を多端子型電力変換装置 1 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。
- [0084] このような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 1 2 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電力変換装置 1 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。
- [0085] (多端子型電力変換装置)
- 図 5 A、5 B 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。図 5 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。図 5 B の V A は、図 5 A の多端子型電力変換装置 1 をもう少し正確に表現したものである。図 5 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。図5Bでは、電力変換器10、断路器9、遮断器8に加えて、コンデンサー17、リアクトル19、交流フィルター及びサージアレスター20-1、直流フィルター及び直流平滑リアクトル20-2を備えた構成例を示している。図示していないが、電圧調整が可能な変圧器が必要に応じて設置される。

[0086] 図6は、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電力変換装置1の構造をさらに詳しく図示したものである。この多端子型電力変換装置1は異なる電力系統間で電力を分配する役割を果たす。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10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。

[0087] 多端子型電力変換装置1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。まず、図6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がある。また、同測定器16は直流共通母線203に設置するものと、交流側に設置するものがあり、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16を用意することも可能である。電圧・電流・電力測定器16がA接続端子201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がある。尚、本明細書中では、A接続端子201と電圧・電流・電力測定器16を合わせたものを電力変換ユニットと呼ぶこととする。

[0088] この電力の記録は専用の記録装置103に保存され、電力取引に使用される。すなわち、2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。また、記録装置 103 には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のが望ましい。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。

[0089] 図 6 では、共通母線 203 が直流のものを例示しているが、共通母線 203 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 は共通母線 203 が直流の場合に使用される。

[0090] 図 6 の 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 とだけからなる。多端子型電力変換装置 1 には A 接続端子 201 と B 接続端子 202 の両方があるものと、A 接続端子 201 だけのものと、B 接続端子 202 だけのものの 3 種類がある。尚、本願明細書では、接続端子が B 接続端子 202 だけからなる多端子電力変換装置 1 を、A 接続端子 201 を含む多端子型電力変換装置 1 と区別するために多端子型電力授受装置と呼ぶこともある。

[0091] A 接続端子 201 は、一方の端子が共通母線 203 に接続され、他方の端子がその多端子型電力変換装置 1 の設置されている電力系統又は連系電線路及び別の多端子型電力変換装置 1 を介して別の電力系統に接続される。各電力系統の電力を所定の直流電力に順変換したり、共通母線 203 から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する。

[0092] 共通母線 203 は、複数の A 接続端子 201 を並列接続し、A 接続端子 201 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されている。共通母線 203 には、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、共通母線 203 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 接続端子 201 の接続先側に置き、A 接続端子 201 の変換器制御で充放電を行うこともできる。

[0093] 図 7 に、多端子型電力変換装置 1 において、共通母線 203 が直流である場合、電力貯蔵装置 702 を共通母線 203 に直結した図 7 (1) と、電力貯蔵装置 702 を DC/DC コンバータ 701 を経由して接続した図 7 (2) について示している。これらにより共通母線 203 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。

[0094] 多端子型電力変換装置 1 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 702 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 203 の直流電圧維持を行い、他の端子が有効電力制御を行い、総和に過不足が生ずる部分を、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。

[0095] 電力貯蔵装置 702 を共通母線 203 に接続する場合、直流電圧維持が電力貯蔵装置 702 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 702 が補うことになる。

[0096] この場合、電力貯蔵装置 702 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。

[0097] 電力貯蔵装置 702 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 203 に接続するには図 7 (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。

[0098] 電力貯蔵装置 702 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 203 に接続するには図 7 (1) のケースとして直流母線に直結させることができる。

- [0099] B接続端子202は、連系電線路を介して接続される別の電力系統に設置される、別の多端子型電力変換装置1のA接続端子201と対をなす入出力端子である。B接続端子202の代わりにA接続端子201を使用することも可能だが、接続された電力系統間には自励式電力変換器10は2つで十分であるので、別の多端子型電力変換装置1のA接続端子201に接続されている連系電線路には変換ロス低減のために自励式電力変換器10を有さないB接続端子202を接続するのが望ましい。
- [0100] また、1つの多端子型電力変換装置1のA接続端子201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。さらに、複数の多端子型電力変換装置1のA接続端子201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可能な電力系統の数も増やすことができる。
- [0101] 共通母線203が直流の場合、A接続端子201の自励式電力変換器10の順変換側が共通母線203で並列接続され、共通母線203には電圧維持のためのコンデンサーが設置されている。尚、必要に応じて直流フィルター及びサージアレスターをさらに追加して設置してもよい。自励式電力変換器10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及び交流変圧器の少なくとも一方と必要に応じて交流フィルター及びサージアレスターを有し、接続先が直流電力系統の場合は平滑用コンデンサー及び必要に応じて平滑用リアクトルを有する。
- [0102] この多端子型電力変換装置1は、各A接続端子201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、ならびにA接続端子201及びB接続端子202の遮断器8、断路器9の制御を行う端子制御装置102と、端子制御装置102を制御することにより、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を行う共通制御装置101と、からなる電力制御システムによって制御される。また、共通制御装置101は、通信制御装置104を介して他の多端子型電力変換装置1と通信可能であり、多端子型電力変換装置間で電力取引を行うことができる。

。尚、本明細書中では、共通制御装置 101 及び端子制御装置 102 を合わせたものを制御ユニットと呼ぶこととする。

[0103] 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。

[0104] 電力取引システムとして、各 A 接続端子 201 の電圧・電流・電力測定器 16 の値と電力融通プロファイルデータとを電力取引に使用できるように記録する記録装置 103 を具備することができる。電圧・電流・電力測定器 16 は、後述するソフトウェアで電力変換器 10 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したりすることもできる。

[0105] このように電力変換器 10 を組み合わせた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とを組み合わせ、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、複数の電力システムに対し、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。

[0106] これらにより任意の 2 つの電力システムを接続するどの連系電線路も途中で分岐がなく、連系電線路のどちらか一端に多端子型電力変換装置 1 の A 接続端子 201 を有し、他端に B 接続端子 202 を有する電力システム間非同期連系ネットワークシステムが構築できる。この多端子型電力変換装置 1 を用いることにより、後述するように、従来の B T B 型連系装置に比べて必要な電力変換器 10 の数が減り、電力融通時の変換回数も半分にすることができる。

[0107] また、複数の B T B 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、本発明の多端子型電力変換装置 1 は、一体型であるため A 接続端子 201 間の協調制御のみならず B 接続

端子 202 の操作制御まで含めて総合的に制御可能となる。

[0108] 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。

[0109] 自励式電力変換器 10 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に発生できるので、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。

[0110] また、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。

[0111] また、B接続端子 202 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。

[0112] (非同期連系ネットワーク)

図 8 は本発明における、N 個の電力系統間において、 $1/2 \cdot N \cdot (N-1)$ 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。非同期の電力系統 3-1 ~ 3-5 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。電力系統 3-1 に設置された多端子型電力変換装置 1-1 の A 接続端子 201 は、電力系統 3-2 ~ 3-5 に設置された多端子型電力変換装置 1-2 ~ 1-5 の B 接続端子 202 と連系電線路 7 を介して接続して、電力系統 3-1 とのネットワークを構成している。電力系統 3-2 に設置された多端子型電力変換装置 1-2 の A 接続端子 201 群は、電力系統 3-3 ~ 3-5 に設置された多端子型電力変換装置 1-3 ~ 1-5 の B 接続端子 202 と連系電線路 7 を介して接続して、電力系統 3-2 とのネットワークを構成している。電力系統 3-3 に設置された多端子型電力変換装置 1-3 の A 接続端子 201 群は、電力系統 3-4、3-5 に設置された多端子

型電力変換装置 1-4、1-5のB接続端子 202と連系電線路を介して接続して、電力系統 3-3とのネットワークを構成している。電力系統 3-4に設置された多端子型電力変換装置 1-4のA接続端子 201は、電力系統 3-5に設置された多端子型電力変換装置 1-5のB接続端子 202と連系電線路を介して接続して、電力系統 3-4とのネットワークを構成している。図8に示した5つの電力系統間のネットワークでは、10本の非同期電力融通リンクが生成される。

[0113] このようにしてN個の電力系統間においては $1/2 \cdot N \cdot (N-1)$ 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が大きくなるにつれて、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電力変換装置 1-1~1-5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。

[0114] 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つの電力系統に多端子型電力変換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。

[0115] 図9A、9B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。従来の図9AではBTB型連系装置の数が、 $1/2 \cdot N \cdot (N-1)$ 台必要になるが、本発明の図9BではN台でよい。このように、本発明の多端子型電力変換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。

[0116] 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つの電力系統に多端子型電力変換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。

- [0117] 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1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。
- [0118] 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、適切なルートとタイミングを組み合わせることにより、電力の潮流を相殺することが可能になる。従って電力変換器10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。
- [0119] 図10A、10Bは、複数の電力系統を本発明の多端子型電力変換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。
- [0120] 図10A、10B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。従来の図10A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、ノードda間で交直変換、直交変換を行い、ノード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。
- [0121] 一方、本発明の図10Bでは、本発明の多端子型電力変換装置を設置したケースを示す。この場合、ノードda間で1回、ノード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、従来の図10Aでは12個あるのに対し、本発明の図10Bでは9個である。装置の数としては図10Aでは6台となるが、図10Bでは4台である。
- [0122] このように、本発明の多端子型電力変換装置は、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。
- [0123] また、1つの電力系統に複数の多端子型電力変換装置1が設置されることも可能であり、1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2つの電力系統を接続するA接続端子201

とB接続端子202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。

[0124] 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201を有し、他端にB接続端子202を有することが望ましいが、B接続端子202の代わりに単純な遮断器としても、もしくはA接続端子201としても電力融通には支障がない。

[0125] 図8では、5つの電力システムにすべての組み合わせルートを通じて接続する図となっているが、これらすべてのルートが必要であるわけでもなく、ルート1つに対して電力変換素子が一組である必要もない。

[0126] 電力変換器10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、いずれかの電力システムが全停電に陥った時に、この電力変換器10を復旧用の電圧源として提供することができる。電力システム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。

[0127] 何らかの理由により電力システムが、他の電力システムと分離された時、その電力システムの発電と消費がほぼ等しいと、その電力システム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。

[0128] 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。

[0129] 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、単独運転になりやすく、各電力システム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。

[0130] (同期連系ネットワーク)

図 4 A、4 Bに基づいて、本発明の電力機器端末制御装置 1 2 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。

- [0131] 電力系統 3-1 ~ 3-4、3-6 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 6 1 や電力貯蔵装置 6 2 などの電力機器にケーブルを通じて電力を供給する。
- [0132] 電力機器には、電力機器制御端末装置 1 2 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 1 2 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 4 A、4 B では、電力線搬送通信端局 1 3 が内蔵された例が示されている。電力機器制御端末装置 1 2 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。
- [0133] 電力系統 3-1 では、変圧器を介して下位の電圧階級の電力母線 6 も示されている。図 4 A、4 B 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 1 1 を図示している。電力母線 6 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 3-1 ~ 3-4、3-6 が構成される。
- [0134] 日本の電力系統は、7,000 V を超えるものを特別高圧、600 V を超え 7,000 V までを高圧、600 V 以下を低圧として様々な電力機器の仕様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ことができる。
- [0135] また、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 1 2 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

システム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 12 を用いた制御で可能になる。

[0136] (通信システム 1)

まず図 11 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 1-1 の A 接続端子 201、多端子型電力変換装置 1-2 の B 接続端子 202 に設置され通信端局 25-1、25-2 (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、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。

[0137] 本発明では、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。

[0138] 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。

[0139] 図 11 は、多端子型電力変換装置 1-1、1-2 本体とその入出力端子のそれぞれ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 1102-1、1102-2 の出力を制御するために付加された電力機器制御端末装置 12-1、12-2 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 1-1、1-2 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。

[0140] 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及び多端子型電力変換装置 1-1、1-2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保有するサーバーを置き、LANの中に、電力機器制御端末装置 12-1、12-2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及び電力機器制御端末装置 12-1、12-2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保有するサーバーを置けば、TCP/IP通信プロトコルを使用して、多端子型電力変換装置 1-1、1-2の入出力端子及び電力機器制御端末装置 12-1、12-2の間で通信することができる電力ネットワークシステムが構築できる。さらに、サーバーの代わりに、各多端子型電力変換装置 1-1、1-2の内部にアドレステーブル及び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。

[0141] IPアドレスがあれば、多端子型電力変換装置 1-1、1-2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内に置くことによって、情報のやり取りを行うことができる。さらに、サーバーの代わりに、各多端子型電力変換装置 1-1、1-2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。

[0142] また、IPアドレスがあれば、個々の電力機器制御端末装置 12-1、12-2を特定できるため、その間で電力を融通したりするための情報をやり取りできる。その電力系統内に設置されたアドレスサーバーにより、LANの中の電力機器の情報を一元管理することができる。電力機器制御端末装置 12-1、12-2でも必要なアドレスを管理することができるがアドレスがわからない相手先については、アドレスサーバーに問い合わせをすること

で知ることができる。アドレスサーバーは、その電力系統に設置された多端子型電力変換装置 1-1、1-2 の中におくことができる。

[0143] (通信システム 2)

図 12 に基づいて、本発明の電力線搬送通信を用いた通信システムの構成を説明する。多端子型電力変換装置 1-1、1-2 の A 接続端子 201、B 接続端子 202、電力系統内の電気機器 1102-1、1102-2 の出力を制御するために付加された電力機器制御端末装置 12-1、12-2 などに設置されたデータターミナルエンド 25-1、25-1 (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 7 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。

[0144] この例では、電力線搬送通信を用いるため、連系電線路 7 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。連系電線路 7 や電力ケーブルが断線したり、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。66 kV 系の送電線では、すでに 192 kbps 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。

[0145] 6.6 kV や 440 V 及び 220 V 系の配電系統では、現在のところ 600 bps 程度のか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 1102-1、1102-2 の起動・停止・更新・新增設・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。

[0146] 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。

[0147] また、異なる多端子型電力変換装置 1-1、1-2 の 2 以上の A 接続端子対を介して電力を融通する場合、A 接続端子対間でより緻密な時刻同期が必要になるが、その場合には上述の通信信号に加え、電力波形に乗せた信号を併せて用いることにより実現可能になる。電力波形に乗せた信号を用いた時刻同期の詳細については後述する。

[0148] (通信制御システム 1)

図 13 は多端子型電力変換装置 1 内の通信システムを図示したものである。

[0149] 図 13 では、接続端子 1308 を有する連系電線路結合装置 1307 に接続された電力線搬送通信端局 1306 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。電力線搬送通信端局 1306 から得られた情報はデータターミナルエンド (DTE) 1305 に伝えられ、CPU 1301 で処理される。これにより多端子型電力変換装置 1 とその接続端子 1308 が 1 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 1301 やメモリ 1302、1303 等の基本的デバイスを有することができる。電源 1304 がそれら基本デバイスに電力を供給している。

[0150] 電力線搬送通信端局 1306 の 1 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 12 に IP アドレスを割り当てる。その LAN 内に多端子型電力変換装置 1 が複数ある時は、その中で順位づけをして、いずれか 1 台が親機になって IP アドレス割り当てを行う。親機の多端子型電力変換装置 1 は、電力機器制御端末装置 12 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メモリ1303に保持し、そのアドレステーブルを子機が多端子型電力変換装置1とも共有する。多端子型電力変換装置1の他の接続端子1308に設置された電力線搬送通信端局1306は、WAN内の他の多端子型電力変換装置1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1303内に保存する。

[0151] また、電力線搬送通信端局1306を用いること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、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し、通信が可能か否かによって電力融通が可能なルートであるか否かを確認することができる。すなわち、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ため、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。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。

[0152] (通信制御システム2)

図14は電力機器制御端末装置12内の通信システムを図示したものである。

[0153] 電力機器制御端末装置12は、電力融通依頼・受諾関連の演算を行うCPU1401、メモリ1402、アドレステーブル、ルーティングテーブルを格納する記憶装置1403、電源1404、電力機器との入出力端子1409を有する電力機器制御装置1408を備える。電力システム内の電力機器制御端末装置12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、多端子型電力変換装置1の自分の電力システムに接続しているA接続端子201のIPアドレスにあたる。

[0154] 図14では、配電線路1410に接続される接続端子を有する連系電線路結合装置1407及び電力機器制御装置1408に接続された電力線搬送通信端局1406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。電力線搬送通信端局

1406から得られた情報はデータターミナルエンド（DTE）1405に伝えられ、CPUで処理される。

[0155] 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1406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。

[0156] 電力機器制御端末装置12内のこのような通信システムをそなえることにより、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。

[0157] 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。

[0158] 図4A、4B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、多端子型電力変換装置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。

[0159] アドレス管理の方法としては、各多端子型電力変換装置1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、多端子型電力変換

装置 1 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。

[0160] 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。前述したように、66 kV 系の送電線では、すでに 192 kbps 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。尚、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。

[0161] 多端子型電力変換装置 1 は、インターネットのルーターのように、多端子型電力変換装置 1 相互に情報を交換し、隣接する多端子型電力変換装置 1 やそれらの各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。

[0162] 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。

[0163] 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CPU1401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。

[0164] (ルーティングテーブル)

図15は、図4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。テーブル1501~1504、1506は電力系統3-1~3-4、3-6に設置された多端子型電力変換装置1が保持するルーティングテーブルであり、テーブル1505は電力機器系統4に接続している多端子型電力変換装置1が保持するルーティングテーブルである。

[0165] 最初のテーブル1501には、電力系統3-1に設置された多端子型電力変換装置1から、他の電力系統に接続する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、Network 192. 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。これは電力系統3-2を意味している。電力系統3-2に到達するには、Gateway 192. 168. 0. 7、すなわち電力系統3-2に設置された多端子型電力変換装置1のうち電力系統3-1と接続されているB接続端子202を最初に通るということを示している。

[0166] 同様に電力系統3-1から電力系統3-3に到達するためには、ルーティングテーブルのNetwork 192. 168. 3. 0を見ればよく、その時Gatewayは192. 168. 0. 9となる。同様に電力系統3-1から電力系統3-4に到達するためには、ルーティングテーブルのNetwork 192. 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、たとえば電力機器系統4から、電力系統3-1~3-4のいずれに接続するにも、電力系統3-1の電力母線に接続した多端子型電力変換装置1のA接続端子201の192. 168. 1. 1がGatewayになる。

[0167] このようにして、接続先へのルーティングテーブルを、すべての多端子型電力変換装置 1 が保有し、その内容を多端子型電力変換装置間で交換して 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電力変換装置 1 及び電力機器制御端末装置 1 2 の間で通信することができ、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。

[0168] 本発明の電力ネットワークシステムでは、このような TCP/IP 通信プロトコルを使用することにより、電力系統内での自立を優先しながら、必要に応じて、WAN/LAN 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。

[0169] (送電方法 1-1)

図 16 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。

[0170] DC 母線側は DC $\pm 400V$ 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間を 1 オームの抵抗と 5 mH 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。

[0171] 単相 PWM インバータを 3 回路並列にし、それぞれ周波数 50 Hz で位相 0 度、周波数 51 Hz で位相 60 度、周波数 49 Hz 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 AC 350V で、周波数 50 Hz で位相 0 度、周波数 51 Hz で位相 60 度、周波数 49 Hz

で位相 -30 度の交流出力を得た。

[0172] 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。

[0173] （送電方法1-2）

図37Aは、3端子の多端子型電力変換装置1が、それぞれ異なる周波数の電力系統に接続した状態を示し、図37Bは、図37Aに示した状態において電力の融通方向を連続的にシームレスに変化させた場合のシミュレーション結果を示す。このシミュレーションは、電力シミュレーションソフトウェアのPSIMによって行ったものである。

[0174] この例では、多端子型電力変換装置1の電力変換器10-1が 60Hz の周波数を持つ電力系統3-1に接続し、電力変換器10-2が 50Hz の周波数を持つ電力系統3-2に接続し、電力変換器10-3が 40Hz の周波数を持つ電力系統3-3に接続している。

[0175] 時間 0.05 秒から 0.06 秒にかけて、電力変換器10-1の制御信号と電力変換器10-2の制御信号を逆方向に増加させることにより、電力変換器10-1と電力変換器10-2の電流値が増大し始め、時間 0.06 秒から時間 0.08 秒までは電力変換器10-1と電力変換器10-2の電流が同じ値をとっていることがわかる。これは、電力系統3-1（ 60Hz ）から電力系統3-2（ 50Hz ）に電力が送られていることを意味している。

[0176] 時間 0.08 秒から時間 0.09 秒にかけて電力変換器10-1の制御信号は0に戻り、一方電力変換器10-3の制御信号が増大して、電力変換器10-2と逆方向の同じ値まで増加している。これは、電力系統3-1に代わって電力系統3-3（ 40Hz ）が、電力系統3-2に電力を送るようになったことを意味している。時間 0.09 秒から時間 0.12 秒まではこの

状態が維持されている。

[0177] 時間0.12秒から時間0.13秒にかけては、電力変換器10-1の制御信号が増大し、電力変換器10-2と電力変換器10-3の制御信号が反対方向に増加して、その和が、電力変換器10-1の値に等しくなるように制御され、時間0.13秒から時間0.19秒までこの状態が維持されている。

[0178] これは、電力系統3-1から、電力系統3-2と電力系統3-3の両方に電力が送られていることを意味している。

[0179] その後、時間0.19秒から時間0.20秒にかけて、すべての制御信号が0に減少し、各電力変換器を通過する電流値が0になっている。

[0180] このシミュレーションの示すように、本発明の多端子型電力変換装置1は、同期系統はもちろん、同期していない3以上の電力系統間でも連続的に電力融通方向を変化させることができる。これは制御信号に基づいた電力ルーティングが可能であることを意味している。

[0181] 本発明は、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、本電力融通手順は多端子型電力変換装置1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。

[0182] (送電方法2)

図17A、17Bは、偶数回線数を持ち並列に運用されている送電線22の各回線に対し多端子型電力変換装置1の接続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。

[0183] 通常の同期系統における送電線は、6,000ボルトを超える特別高圧系では、1回線が遮断されたときでも100%の電力が送電できるように、2回線で1組とされて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。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。

[0184] 一方、多端子型電力変換装置1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。すなわち、本発明の電力システムは能動的電力潮流である。従って、本発明の多端子型電力変換装置1の接続端子を2回線送電線のそれぞれの回線に独立に接続した場合、従来のように1回線が遮断されたときのために2回線運用時からそれぞれ50%運用しなくてもよく、1回線が遮断されたときには別の経路から送電することによって対処することができる。

[0185] 図17Aは、A、B、Cの3つの電力システム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。

[0186] 図17B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、電力システムAから電力システム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、まず電力システムAから電力システムBへ100%容量で電力を送電することが可能になっている。電力システムBから電力システム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10はその送電容量に見合った定格となっている。

[0187] 仮に、電力システム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、電力システムCが電力不足となるが、電力システムBが出力を増加させて電力システムCへのルートで100%をバックアップすることができる。

[0188] 同様に、仮に、下部ルートが停止した場合、電力システムBが電力不足となるが、電力システムCが出力を増加させて電力システムBへのルートで100%をバック

クアップすることができる。

[0189] いずれの場合も、バックアップする電力システムの負担は大きいですが、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。

[0190] 従って、多端子型電力変換装置 1 の接続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。

[0191] 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。

[0192] さらに、電力変換器 10 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。

[0193] 図 18 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。

[0194] 図 18 では、電力系統 A から 4 回線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 1 に引き込んでいる。多端子型電力変換装置 1 の中では、接続端子毎に非同期に独立運用がなされている。

[0195] 回線 1 では、図 18 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。

[0196] 回線 2 では、図 18 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。

- [0197] 回線 3 では、図 1 8 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。
- [0198] 回線 4 では、図 1 8 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。
- [0199] 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。
- [0200] 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。
- [0201] 事故時の変動は、電力変換器 10 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。
- [0202] 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。
- [0203] (送電方法 3)
- 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。
- [0204] 図 1 9 は、多端子型電力変換装置 1 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 3-1~3-3 があり、その間にそれぞれ電力変換器対 23-1 と電力変換器対 23-2 がある。電力変換器対 23-1 が単位時間当たり W1 と W2 の電力を電力系統 3-2 に対して送り出し、同じタイミングで電力変換器対 23-2 が単位時間当たり W2 の電力を電力系統 3-2 から電力系統 3-3 に向かって送りこむと、電力系統 3-2 には差し引き W1 の電力が

送りこまれたことになる。電力変換器対23-1と電力変換器対23-2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1901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。

[0205] 図20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10と同様の電力系統3-1~3-3と電力変換器対23-1、23-2を有しているが、電力変換器対23-1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1901来て、 $W1$ を電力系統3-2に送り出す。このとき電力変換器対23-2は稼働していないので電力系統3-3には電力は融通されていない。次いで、電力系統3-3に単位時間当たり $W2$ の電力を送る行き先情報ヘッダー1901が電力変換器対23-1と電力変換器対23-2の両方に指示を与え、両方の電力変換器を同時に $W2$ の大きさに稼働させる。これにより電力系統3-1から電力系統3-3に $W2$ が送られる。このとき電力系統3-2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。

[0206] この方式の利点は、電力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出来る。電力変換器の最大出力で一定時間の電力量を1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出来る。

[0207] 図21は、複数の異なる送電回路を使用して1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19、20と同様に電力系統3-1~3-3の間に電力変換器対23-1と電力変換器対23-2があるが、それに加えて電力系統3-1と3-3の間にも送電ルートがありその間に電力変換器対23-3がある。この例では、電力変換器対23-1と23-2の両方に $W1$ の電力を送るよう情報を与え、同時に電力変換器対23-3には、 $W2$ の電力を送るよう情報を与える。これらにより、電

力系統 3-3 には、 $W1 + W2$ の電力が電力系統 3-1 から異なるルートを経由して送られる。尚、ここでは、電力系統 3-1 に電力変換器対 23-1、23-3 が接続される構成例を示したが、この議論は、これら電力変換器対 23-1、23-3 を、3 つの電力変換器が共通母線で並列に接続された本発明の多端子型電力変換装置に置き換えても同様に成り立つ。

[0208] 図 22 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、電力系統 3-1 から電力系統 3-4 に電力系統 3-5 を経由して $W1$ (kW) が送られ、電力系統 3-1 から電力系統 3-1 に電力系統 3-5 を経由して $W1$ (kW) が送られている。この場合、図から明らかのように電力系統 3-1、3-5 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電力系統 3-1、3-5 に設置された多端子型電力変換装置 1 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。

[0209] 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。

[0210] 図 23 は、送電線によって相互に接続されていない電力系統間において、電力貯蔵装置と取引する電力情報を使って電力融通を可能にする、電力の仮想取引融通について説明している。

[0211] 図 23 では電力系統 2310 と電力系統 2320 があり、連系線が接続されていない。電力系統 2310 は太陽光発電 PV のみを持ち、電力系統 2320 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 2311 と電力貯蔵装置 2321 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 2310 の顧客に DG 電力を、電力系統 2320 の顧客に PV 電力を販売できる例について説明する。

[0212] 時刻 t_0 において、電力貯蔵装置 2311 と 2321 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。

[0213] 時刻 t_1 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。

[0214] 時刻 t_2 で、電力系統 2310 内では DG 電力を、電力系統 2320 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。

[0215] 時刻 t_1 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。

[0216] 図 24 は、両電力系統 2410、2420 とともに 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。

[0217] 時刻 t_2 までは、上述と同じである。時刻 t_3 では、それぞれ DG と PV を持っているのをそれを発電して其々の電力貯蔵装置 2411、2421 を充電する。時刻 t_4 で電力系統 2410 の DG と電力系統 2420 の PV を再度仮想交換すれば、時刻 t_0 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。

[0218] 本発明では、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乘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。

[0219] 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多端子型電力変換装置 1 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

多端子型電力変換装置 1 の最大定格容量まで大きくすることができる。

[0220] 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 1 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。

[0221] 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。

[0222] 第 5 に、仮想電力取引の発明は、多端子型電力変換装置 1 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。

[0223] (時刻同期方法)

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。

[0224] 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、複数の電力変換器を同時に同じ大きさを動作させたり、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。

[0225] 図 25 は電力系統 3-1 ~ 3-3 の間で、電力変換器対 23-1 と電力変換器対 23-2 を同じタイミングで同じ大きさを駆動させることにより、電力系統 3-2 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 3-1 から電力系統 3-3 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。

[0226] このように、電圧波形に乘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。

[0227] 図 25 では、電圧波形に信号を乗せているが、電圧波形 2500 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。信号を電力変換器対 23-1 そのものに信号を作らせることもできる。

[0228] 時刻同期用電気波形は 1 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。

[0229] 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、電力変換器対 23-1、23-2 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。

[0230] 本発明では、電力変換器対 23-1 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 2500 と、その電気波形 2500 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。

- [0231] たとえば、送電元の電力変換器対23-1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、及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2500a~2500dと呼ぶ）を作って電力回路に送りこむことを、あらかじめ外部通信路2501などの別の情報ルートにより同期させる電力変換器対23-2に情報として伝えておく。
- [0232] 情報を受け取った電力変換器対23-2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。
- [0233] 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、電力変換器対23-2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対23-1、23-2の時刻同期をとることができる。
- [0234] また、確認のために予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。
- [0235] 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。
- [0236] 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。
- [0237] 予め、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。

- [0238] 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ィールと、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多端子型電力変換装置 1 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。
- [0239] 本発明では、さらに、複数の多端子型電力変換装置 1 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、複数の多端子型電力変換装置 1 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装置 1 を経由して電力を遠方に融通することができる。
- [0240] また、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。そして、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。
- [0241] また、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。
- [0242] 本発明の別の実施例では、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。
- [0243] B T B 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出す。
- [0244] この電圧と直列リアクトルを挟んで接続される電力システム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。
- [0245] 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、及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。

- [0246] 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。
- [0247] 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ると多様な電気波形を作ることができる。
- [0248] 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。
- [0249] 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。
- [0250] 本発明の別の実施例では、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。
- [0251] 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。
- [0252] 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。

[0253] 時刻同期用電気波形が電圧の場合、第1に、電流リアクトルやACフィルタ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。

[0254] 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。

[0255] 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。

[0256] 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。

[0257] 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。

[0258] 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。

[0259] (電力取引方法1)

図26A、26Bは、電力ネットワークシステムにおける第1の電力融通要求段階を示している。図26Aは、電力系統2601のいずれかの多端子型電力変換装置1又は電力機器が、他の電力系統の装置及び機器に対して希望取引条件2600aを付けて一斉問い合わせを発信している状態を示し、図26Bは、その問い合わせに対して電力融通可能な電力系統2602が可能取引条件2600bを付けて返信している状態を示している。

[0260] 第1の電力融通要求段階における電力系統2601内の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

トIPアドレス・希望取引条件2600aの情報を含み、電力系統2602内の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2600bの情報を含む。

[0261] 図27A、27Bは、電力ネットワークシステムにおける第2の電力融通要求段階を示している。図27Aは、電力融通可能との返信があった電力系統2602に設置された多端子型電力変換装置1に対して予約取引条件2600cを発信している状態を示し、図27Bは、電力系統2602が予約確定条件2600dを付けて返信している状態を示している。

[0262] 第2の電力融通要求段階における電力系統2601内の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み、電力系統2602内の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。

[0263] 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の確定段階をへてルーティングが決定する。

[0264] 図28A、28B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、1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。図28Aについては後述する。

[0265] 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。

[0266] 本発明においては、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電力変換装置 1 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電力変換装置 1 が、応諾の返信をすることによって電力融通が確定する。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むことができる。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。

[0267] また、電力要求を受信した電力機器又は多端子型電力変換装置 1 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。

[0268] さらに、電力融通予約を受信した電力機器又は多端子型電力変換装置 1 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。

[0269] いずれかの手続きにおいて問題が発生した場合はひとつ前の手順に戻る。

[0270] また、本発明は、最適化された電力融通ルーティングが可能な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、基幹電力システム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が、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。

[0271] (電力取引方法 2)

ここで、本発明の電力取引の具体的手順について図 4 A、4 B の構成に基づき説明する。電力系統 3-1 の電力貯蔵装置 B 1 の電池残量 SOC が少なくなり、電力システム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 B 1 の電力機器制御端末装置 1 2 は自己の通信ポート 1

92. 168. 1. 3を通じて、まず、電力系統3-1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である電力系統3-1に設置された多端子型電力変換装置1の192. 168. 1. 1のポートに対して、他の電力系統3-2～3-4、3-6及び電力機器系統4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）電力系統3-1に設置された多端子型電力変換装置1は、他の電力系統3-2～3-4、3-6及び電力機器系統4に設置された多端子型電力変換装置1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、電力系統3-4に設置された多端子型電力変換装置1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202が、自分のIPアドレスと融通電力プロファイルを、電力系統3-1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）あるいは電力系統3-4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12のポート192. 168. 4. 2から電力系統3-1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。

[0272] 以上のような手順で、電力系統3-1の電力貯蔵装置B1に、電力系統3-4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、過大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。

[0273] (電力取引方法 3)

図 29 は、多端子型電力変換装置 1 が接続する電力系統が直流の場合の例である。図 29 では電力系統が太陽光発電装置 2900 と電力貯蔵装置 2901 1 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。

[0274] (1) の部分は、A 接続端子 201 が、電力貯蔵装置 2901 と太陽光発電装置 2900 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。

[0275] (2) の部分は、1 つの A 接続端子 201 に太陽光発電装置 2900 が接続され、別の A 接続端子 201 に電力貯蔵装置 2901 が接続され、他の A 接続端子 201 は、風力発電装置 2905 や他の交流又は直流電力系統 2906 に接続されている例である。太陽光発電装置 2900 の V-I 最適制御や、電力貯蔵装置 2901 の充放電制御を A 接続端子 201 が代替できる。交流系統に接続する場合は、図示してはいるが A 接続端子 201 出口に交流リアクトル又は変圧器が必要となる。

[0276] (3) の部分は、A 接続端子 201 のうちの 1 つが直接 AC 家電機器 2902 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又は変圧器が必要である。

[0277] 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又は直流需要家が数多くある場合、それらを多端子型電力変換装置 1 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システムを持っており連系がないところにおいても使用できる。

[0278] 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電力変換装置 1 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。

[0279] (電力取引方法 4)

本発明の電力融通方法は、電力ネットワークシステムにおいて、第 1 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。

[0280] 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。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 1 の電力融通要求段階で、他のすべての多端子型電力変換装置に対して同様の手順を実施する。

[0281] 第 2 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。

[0282] 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。

[0283] 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ィールが決定したのち、(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ィール収集段階、(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。

[0284] 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電力変換装置は、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。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。

[0285] 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。

[0286] 以上の流れを図11又は図12により、模式的に説明する。

[0287] この図では電力系統3-1内に設置されている電力機器1102-1に対して電力系統3-2内に設置されている電力機器1102-2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 1102-2 の制御端末装置 1101-2 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、電力系統 3-2 に設置された多端子型電力変換装置 1-2 の B 接続端子 202 (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電力変換装置 1-1 の接続端子は、それぞれの LAN に問い合わせを行う。

(4) その結果電力系統 3-1 の電力機器 1102-1 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い複数のルートが選定される。図中には 1 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 12-2、12-1 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。

[0288] 実用上は、予約番号、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。

[0289] 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 1 kWh 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。

[0290] これにより最適なルート選定を行うことができる。まず融通ルート上にある電力変換器の数の少ない順にあらかじめ定めたルート数まで選定し、それらについて電力融通を予約した時間帯における多端子型電力変換装置接続端子の通過可能容量・連系電線路の通過可能容量・多端子型電力変換装置の通過損失・連系電線路の通過損失等のルーティングプロファイルを集める。

[0291] 次にルーティング経路に起因する総合電力損失を最小にする組み合わせを優先するアルゴリズムに従って、ルートを選定する。これに基づいて、該当する多端子型電力変換装置接続端子に対して必要な電力変換プロファイルの実施を予約する。その後、当該多端子型電力変換装置接続端子からの応諾を持って確定する。

[0292] 実際に確定した電力融通が実施されたかどうかを監視する際、当該多端子型電力変換装置及び電力機器制御端末装置とのIP通信を通じて行う。異常事態においては最初に選定したルーティングにおいて優先順位の低かったルートに順次ルーティングする。このような手順で電力融通のルーティングを行うことで総合電力損失を小さく抑えることができる。

[0293] (電力取引方法5)

図30は、さまざまな電力融通の形態について説明する図である。

(1)の例は、同じ電力系統内で、電力融通要求発信元電力機器3001aと電力融通要求受信先電力機器3001bとの間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秒以内であるので、リアルタイム応答に近いレスポンスが得られる。

(2)の例は、電力融通要求発信元多端子型電力変換装置3002が、電力

系統内の電力融通要求受信先電力機器 3001b 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、多端子型電力変換装置として需要をとりまとめている。

(3) の例は、電力融通要求発信元多端子型電力変換装置 3002 と電力融通要求受信先多端子型電力変換装置 3004 で、経由する多端子型電力変換装置 3003 も含めて電力融通を行う例である。自らの電力システムの需給を予測して、多端子型電力変換装置が自ら判断して需給予約を行うケースである。

(4) の例は、電力融通要求発信元電力機器 3001a が特定されるが、対応する相手が電力システム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システムが、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システムで吸収する場合や、残量が少なくなった電力貯蔵装置を周辺の電力システムが協力して充電する場合などがある。

(5) の例は、電力融通要求発信元電力機器 3001a が、他電力システムの電力融通要求受信先電力機器 3005 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。

[0294] (電力取引方法 6)

図 28A は、図 28B の XXVIIIA で示す連系電線路上の電力波形を示す図である。融通電力 2801 は、その前及び後、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、図中ではヘッダ情報 2800a とフッター情報 2800b 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又は後、あるいは前後に付け、電力の発信元と送付先及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。

- [0295] このヘッダー情報 2800 a とフッター情報 2800 b は、多端子型電力変換装置 1 の自励式電力変換器の 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、自励式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。またデジタルシグナルプロセッサ（DSP）又は、中央演算処理装置（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。
- [0296] 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 7 の容量が足りないケースが発生した時は、融通電力 2801 をいくつかに分割して別な連系電線路ルートに迂回するなどのおようが可能となる。
- [0297] 本発明は、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 1 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。
- [0298] 電力線搬送通信の場合のヘッダー情報 2800 a とフッター情報 2800 b 信号送出タイミングとして、自励式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。
- [0299] 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。電力ネットワークシステムにおいて、DSP 又は、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、受取先の多端子型電力変換装置 1 又は、電力機器制御端末装置 12 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、受取先の多端子型電力変換装置 1 又は、電力機器制御端末装置 12 の電力制御を終了させることができる。

[0300] また、予めやり取りした予約取引条件に含まれる予約融通開始時間・予約融通終了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。

[0301] (電力取引簿)

図31は電力取引を、記述した電力取引簿の例である。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。またこの電力取引簿は、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。

[0302] 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電力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。

[0303] 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、CO₂価値、RPS価値、グリーン電力価値、なども取引簿に記録することが出来るため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。

[0304] 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。そして、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電力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。

[0305] 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、CO₂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。

[0306] 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。

[0307] 図32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、少なくとも3種類あり、出力のみのパーツ、入力のみパーツ、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。

[0308] 図32は、電力系統3-1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3-2への入力を入力パーツで表している。

[0309] 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。

[0310] これにより、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。

[0311] 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。

[0312] 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。

[0313] (制御プログラム)

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 1 の回路として機能させることができる。

[0314] 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。

[0315] 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。

[0316] 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。

[0317] 多端子型電力変換装置 1 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。これは、多数の多端子型電力変換装置 1 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。

[0318] 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。

[0319] さらに、電力取引の基本となる、電圧・電流・電力測定器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。その他、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。

[0320] 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。

[0321] また、多端子型電力変換装置 1 の接続端子、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 1 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。

[0322] 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。

[0323] また、従来の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。

[0324] 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。

[0325] 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。

[0326] (保護回路 1)

(事故時保護システム)

図 3 3 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認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。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。

[0327] 図 3 3 (A-1) は入出力端子過電流保護回路であり、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 接続端子 2 0 1 においてはゲートブロックと遮断器開操作、B 接続端子 2 0 2 においては遮断器開操作

を行う入出力端子保護回路である。

[0328] 図 3 3 (A-2) は直流母線保護回路であり、各 A 接続端子 2 0 1 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である。

[0329] 図 3 3 (A-3) は多端子型電力変換装置保護回路であり、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の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である。多端子型電力変換装置 1 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。

[0330] これらの保護回路を作動させる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電力変換装置 1 を機能させ、電力融通ルートを確保することができる。

[0331] 図 3 3 (B-1)、図 3 3 (B-2) は、事故時の入出力端子切り替えを例示している。図 3 3 (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 3 3 (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。

[0332] また、多端子型電力変換装置 1 は、各 A 接続端子 2 0 1 を、図 3 3 の電力 P 1 ~ P 4 の和がゼロになるように、すなわち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制御する。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。

[0333] また、後述するように電力貯蔵装置を直流共通母線 203 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。

[0334] (保護回路 2)

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 9 と遮断器 8 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 8 を開き、次いで断路器 9 を開いて接続を切り離すものである。

[0335] 図 34 に示すように、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 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 3402 が有電圧系統（自立系統）であるときは、電力変換器 10 の電圧・周波数・位相を接続先 3402 の電圧・周波数・位相に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）を行う。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。これにより、多端子型電力変換装置 1 は系統間で電力の送受電を行うことができる。

[0336] 接続先 3403 が無電圧系統であるときには、接続先定格に準拠した電圧・周波数を電力変換器 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）を行う機器操作システムを具備することができる。これにより、多端子型電力変換装置 1 は電源として機能することができ、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。

[0337] 本発明の多端子型電力変換装置 1 は、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。

[0338] 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 1 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。

[0339] 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 1 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。

[0340] (ネットワーク安定性)

図 8 を使って説明する。既存の電気系統が図のように電力系統 3-1 から電力系統 3-5 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 1-1 ~ 1-5 は図 8 に示すような接続になる。

[0341] 仮に電力系統 3-2 に事故が起こり、停電した場合、電力系統 3-1、3-3 ~ 3-5 に設置された多端子型電力変換装置 1-1、1-3 ~ 1-5 は、電力系統 3-2 に設置された多端子型電力変換装置 1-2 から高速に停電を検出して多端子型電力変換装置 1-1、1-3 ~ 1-5 の電力系統 3-2 側の A 接続端子 201 及び B 接続端子 202 を停止する。これにより多端子型電力変換装置 1-1 の電力系統 3-1 側の A 接続端子 201 と電力系統 3-3 ~ 3-5 に接続している A 接続端子 201 も継続して使用できるため、電力系統 3-1、3-3 ~ 3-5 間での電力融通が継続して可能である。

[0342] また、多端子型電力変換装置 1-1、1-3 ~ 1-5 の電力系統 3-2 側の A 接続端子 201 及び B 接続端子 202 を停止する代わりに、電力系統 3

ー 2 に設置された多端子型電力変換装置 1-2 全体、又は多端子型電力変換装置 1-2 の電力系統 3-2 側の A 接続端子 201 を高速に停止させることもできる。これによっても、電力系統 3-1、3-3~3-5 は事故の影響をほとんど受けなくて済む。電力系統 3-2 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。多端子型電力変換装置 1-2 の電力系統 3-2 側の A 接続端子 201 のみ停止させた場合、多端子型電力変換装置 1-2 の他の A 接続端子 201 はそのまま使用できるため、多端子型電力変換装置 1-2 の電力系統 3-3~3-5 に接続している A 接続端子 201 が継続して使用でき、多端子型電力変換装置 1-2 を介した電力系統 3-3~3-5 間での電力融通も継続して可能である。

[0343] 尚、作業安全性の面からは、上述の多端子型電力変換装置 1-1、1-3~1-5 の電力系統 3-2 側の A 接続端子 201 及び B 接続端子 202 の停止と、多端子型電力変換装置 1-2 全体又は多端子型電力変換装置 1-2 の電力系統 3-2 側 A 接続端子 201 の停止との両方を行うことが望ましい。

[0344] 本発明では、巨大な同期系統を多端子型電力変換装置 1 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。

[0345] 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。

[0346] さらに、連鎖型大規模停電を抑制す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。

[0347] (接続端子間バイパス)

図 35 は、4 端子の多端子型電力変換装置 1 を示しているが、端子数はこれに限るものではない。図 35 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 8 と断路器 9 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。

[0348] この構成により、多端子型電力変換装置の任意の2つのA接続端子201がそれぞれ接続している2つの電力系統が同期している場合、各A接続端子の自励式電力変換器10をバイパスすることで電力変換損失を削減することができる。

[0349] また、停止した自励式電力変換器10を無電圧化することができるので、修理や更新を容易に行うことができる。

[0350] 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。

[0351] (接続端子の保守性)

図36は、多端子型電力変換装置1において、各A接続端子201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1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りA接続端子201と共通母線端子が、キュービクル内のA接続端子201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出すことを可能にする電力システムを提供できる。図36では、上から4番目のA接続端子201が多端子型電力変換装置1から引き出されている状態3602を示す。

[0352] 各A接続端子201や電力貯蔵装置ユニット3603は、差し込み端子3601で共通母線203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。

[0353] 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8を開操作して、断路器9を開き、電氣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9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8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。

[0354] 電力貯蔵装置ユニット3603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。

[0355] このように、多端子型電力変換装置1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、接続端子を停止し、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。

[0356] 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。

[0357] 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装置1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。

[0358] (ネットワークの単位)

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。

[0359] 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。

[0360] 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電力変換装置1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。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。さらに、高容量のIGBTを使用し、変圧器で電圧を上げることで特別高圧電力系統においても使用できる。

産業上の利用可能性

[0361] 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。

請求の範囲

- [請求項1] 双方向に電力変換する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・電力を測定する電圧・電流・電力測定器とを有する3以上の電力変換ユニットと、
前記電力変換ユニットの一方の端子同士を並列に接続する共通母線と、
前記電圧・電流・電力測定器で測定された測定値に基づき、前記電力変換ユニットから前記共通母線に流入する電力と前記共通母線から前記電力変換ユニットに送出する電力との総和がゼロとなるよう複数の前記電力変換ユニットを協調して制御し、前記電力変換ユニットの他方の端子が接続された外部回路間で非同期に電力融通するように前記電力変換ユニットを制御する制御ユニットと
を備えたことを特徴とする多端子型電力変換装置。
- [請求項2] 前記制御ユニット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、前記制御ユニットに接続された通信制御ユニットをさらに備えたことを特徴とする請求項1に記載の多端子型電力変換装置。
- [請求項3] 一方の端子が前記外部回路に接続され、他方の端子が他の前記多端子型電力変換装置の前記電力変換ユニットの他方の端子に電線路を介して接続可能な電力授受器をさらに備えたことを特徴とする請求項1に記載の多端子型電力変換装置。
- [請求項4] 一方の端子が外部回路に接続され、他方の端子が請求項2に記載の多端子型電力変換装置の前記電力変換ユニットの他方の端子に電線路を介して接続可能な複数の電力授受器と、
前記多端子型電力変換装置の通信制御ユニットとの間で電力融通に関する制御情報を通信可能にする電力授受通信制御ユニットと
を備えたことを特徴とする多端子型電力授受装置。
- [請求項5] 請求項2又は3に記載の多端子型電力変換装置である第1の電力ル

ータと、

請求項 3 に記載の多端子型電力変換装置及び請求項 4 に記載の多端子型電力授受装置の少なくともいずれかである第 2 の電カルータと、

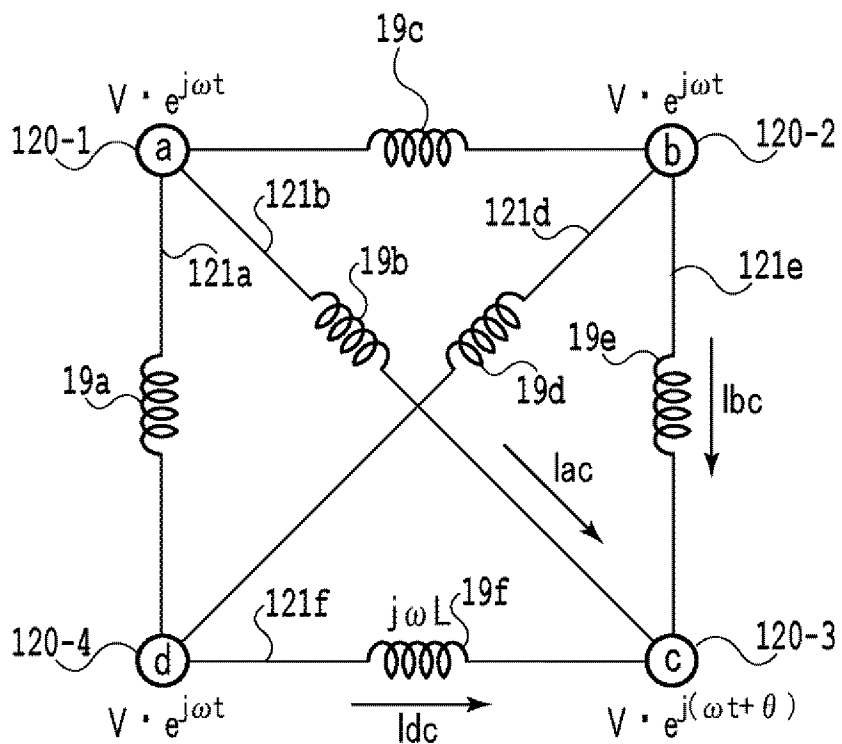
前記第 1 の電カルータと前記第 2 の電カルータとは前記多端子型電力変換装置の電力変換ユニットの他方の端子と前記多端子型電力変換装置又は前記多端子型電力授受装置の電力授受器の他方の端子とを接続する連系電線路と、

前記第 1 及び第 2 の電カルータの他方の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 の電カルータの通信制御ユニット又は電力授受通信制御ユニット間を接続して構成された WAN と、

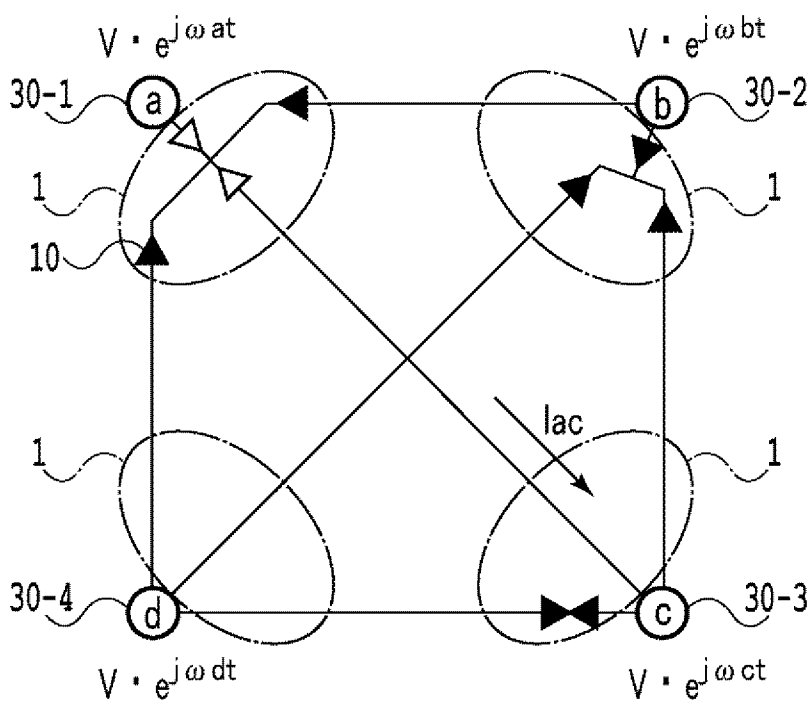
を備え、

前記第 1 及び第 2 の電カルータに接続された外部回路間で電力融通するために、電力融通を行う外部回路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 の電カルータ間で、前記通信用アドレスに基づき、各前記電力変換ユニット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することを特徴とする電力ネットワークシステム。

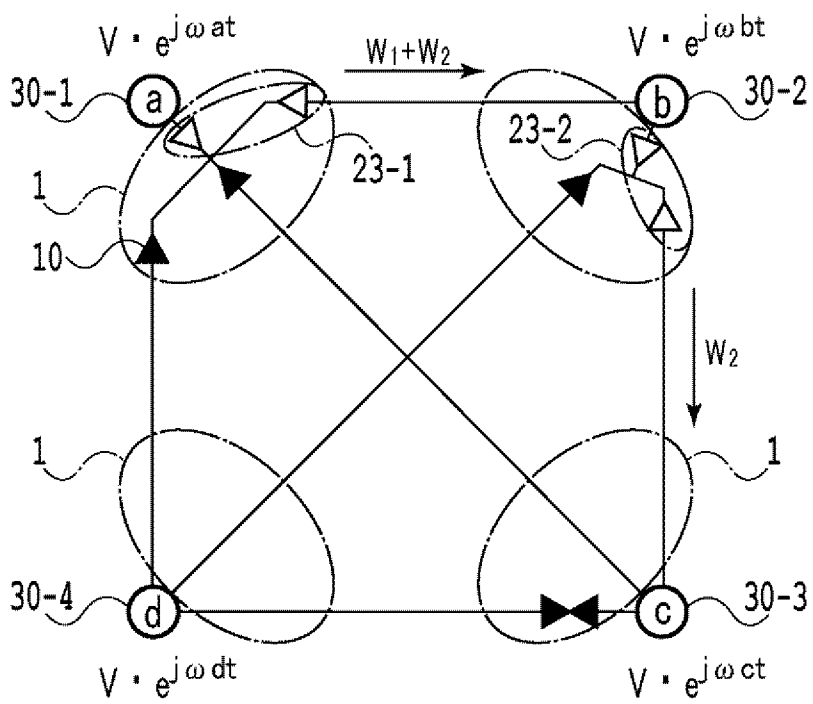
[图1]



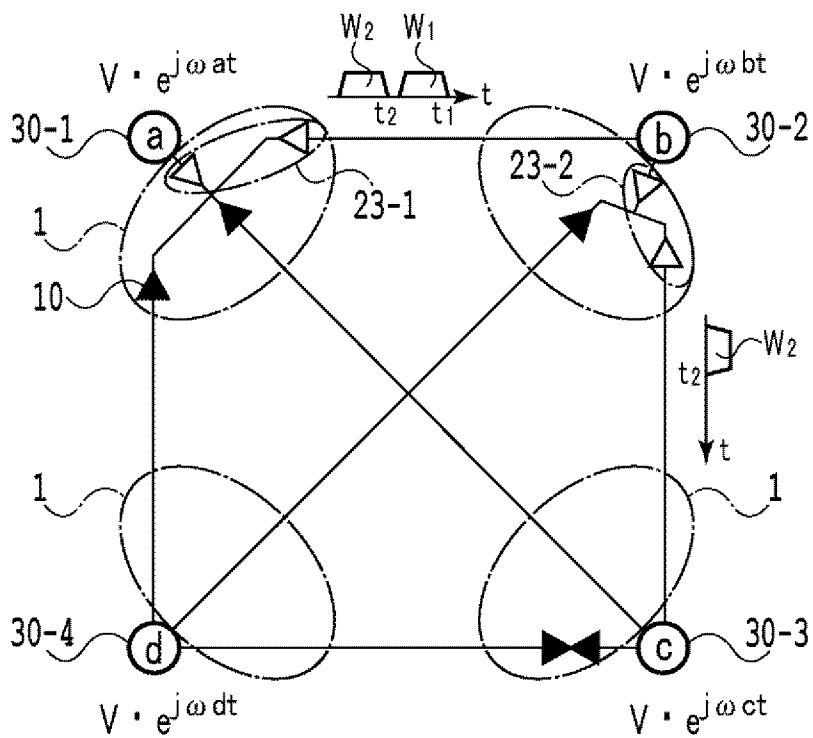
[图2A]



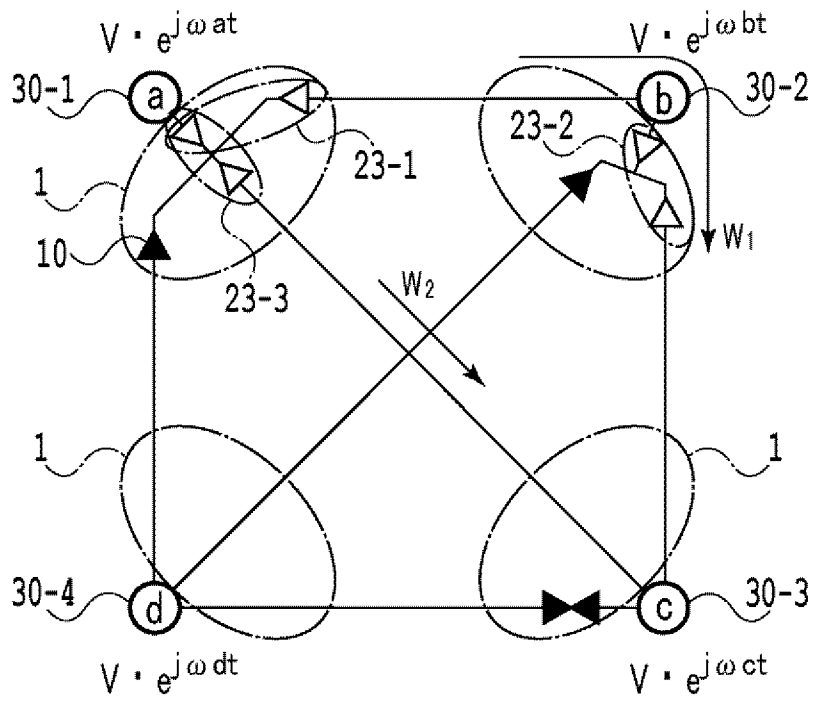
[圖2B]



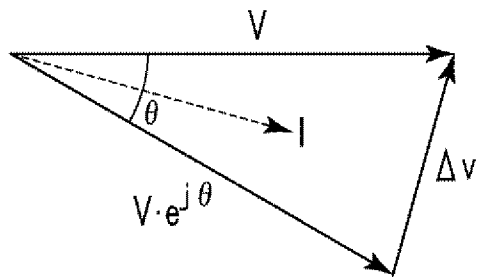
[圖2C]



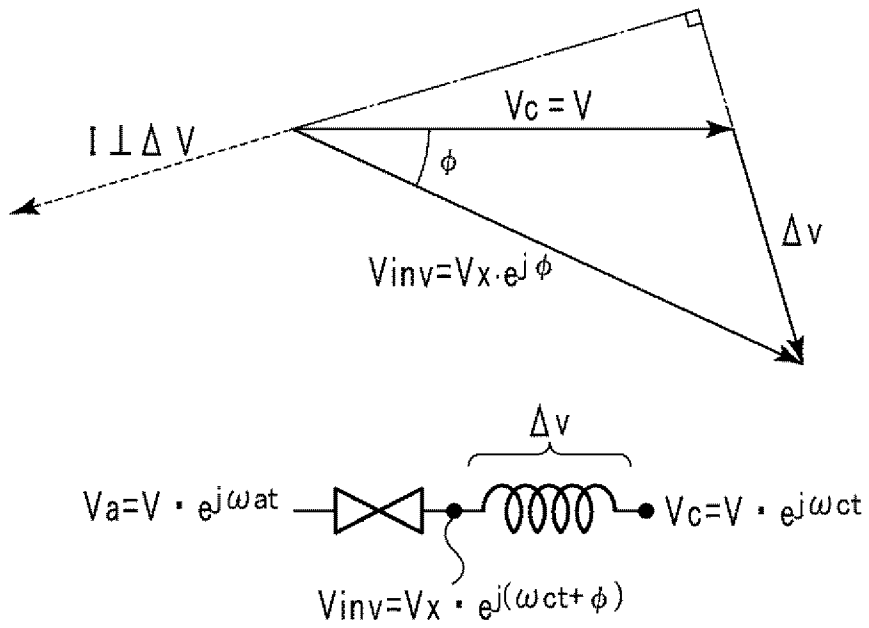
[図2D]



[図3A]

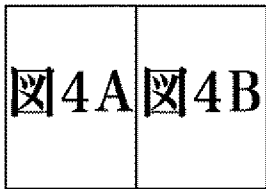


[図3B]

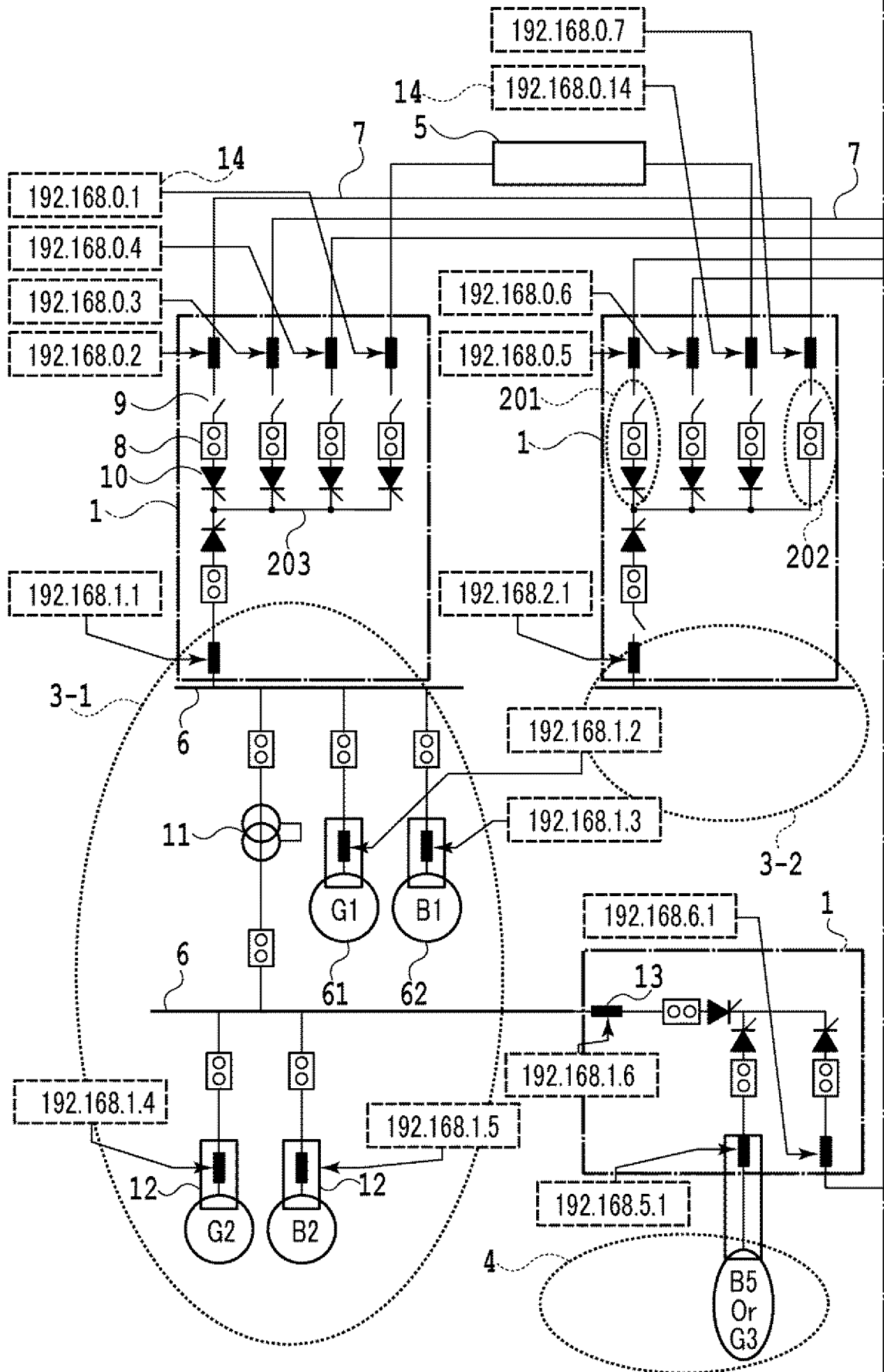


[图4]

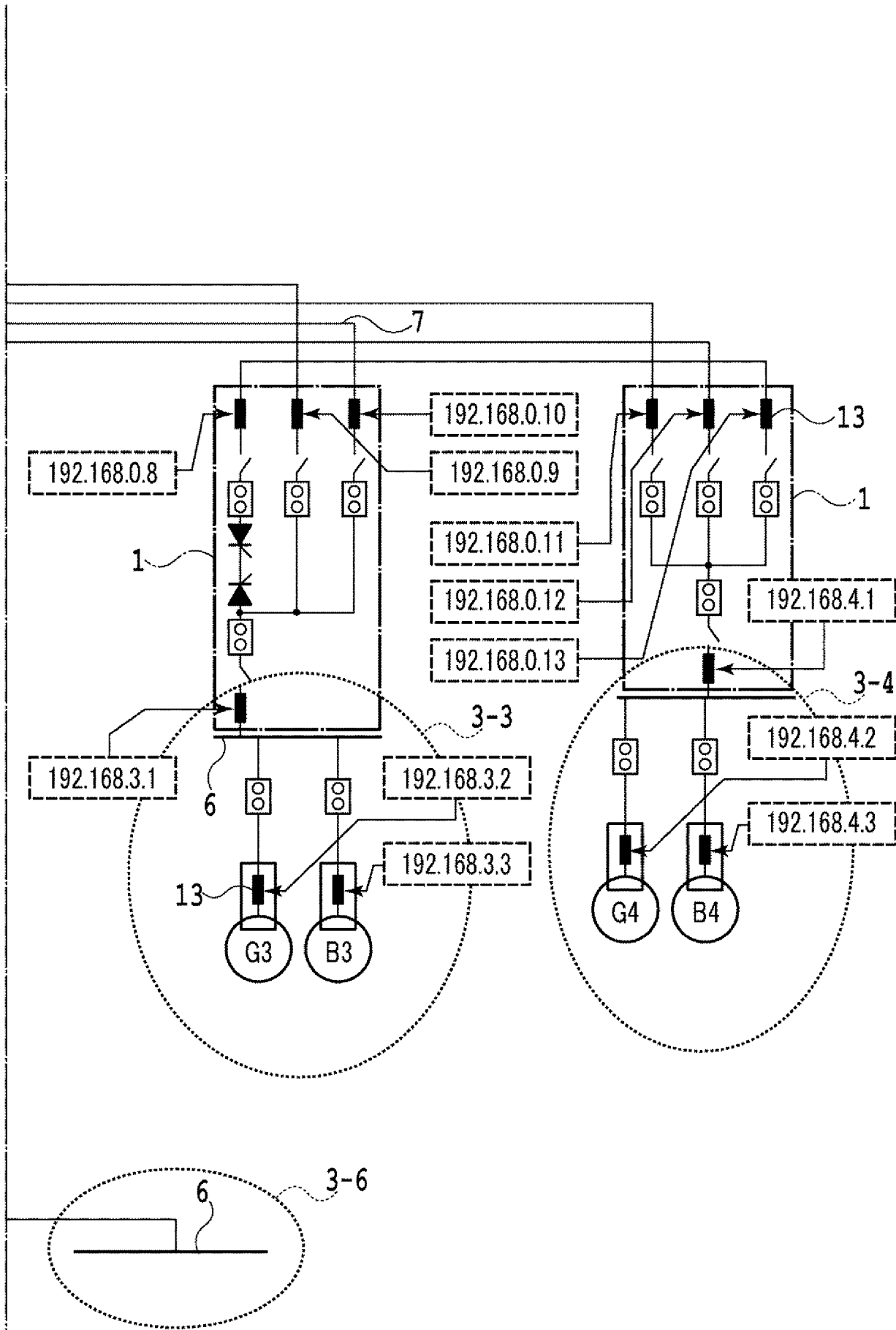
图 4



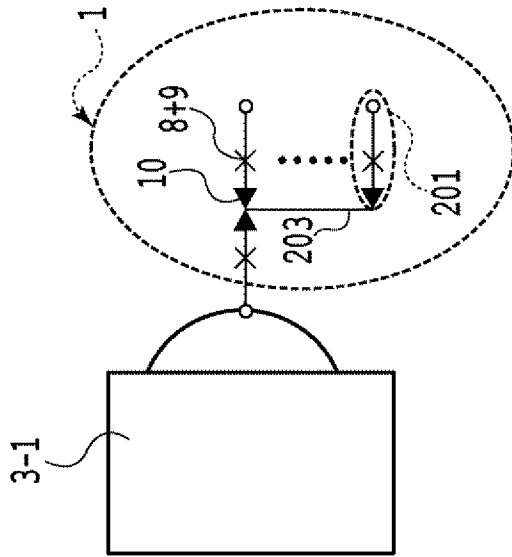
[図4A]



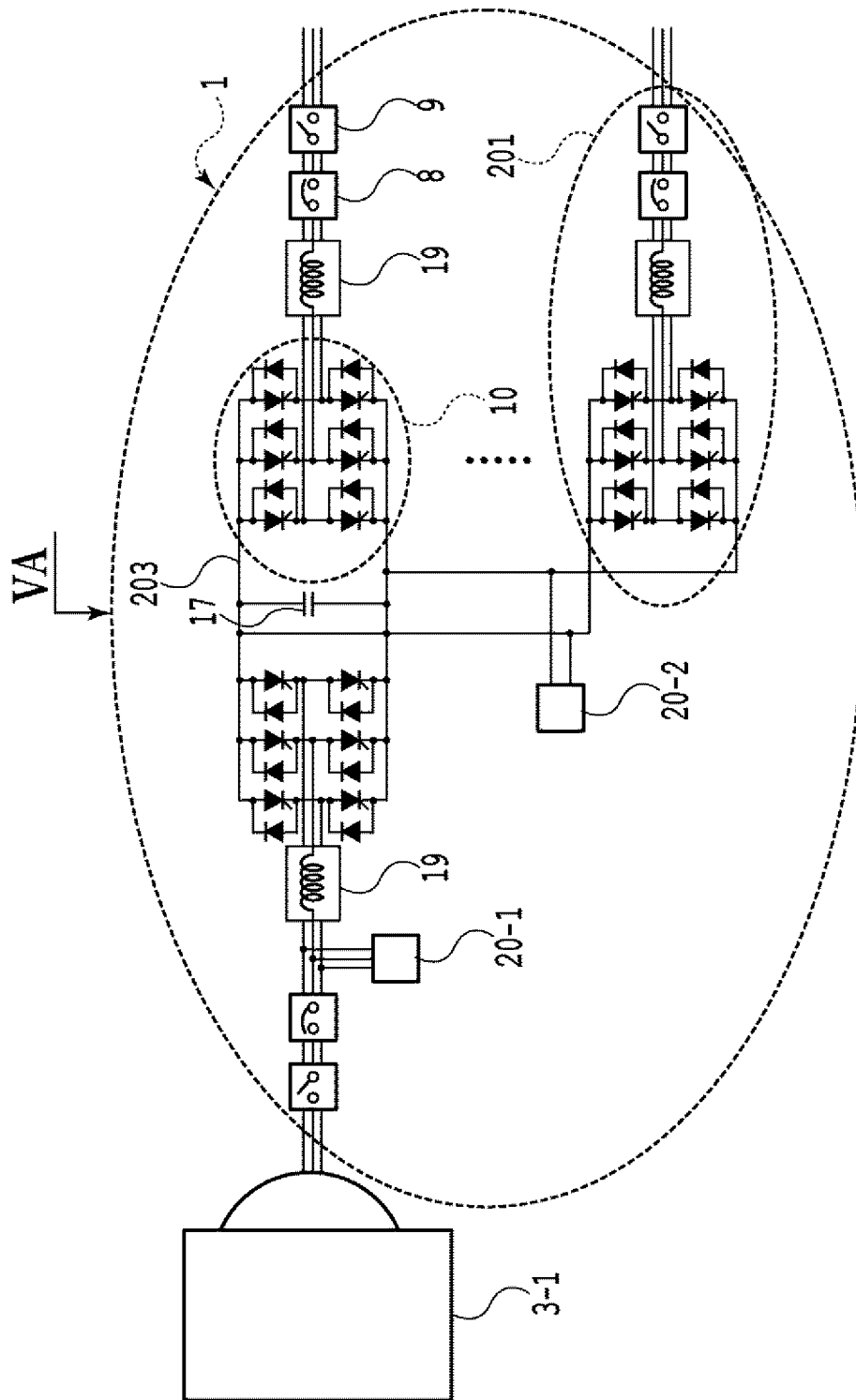
[図4B]



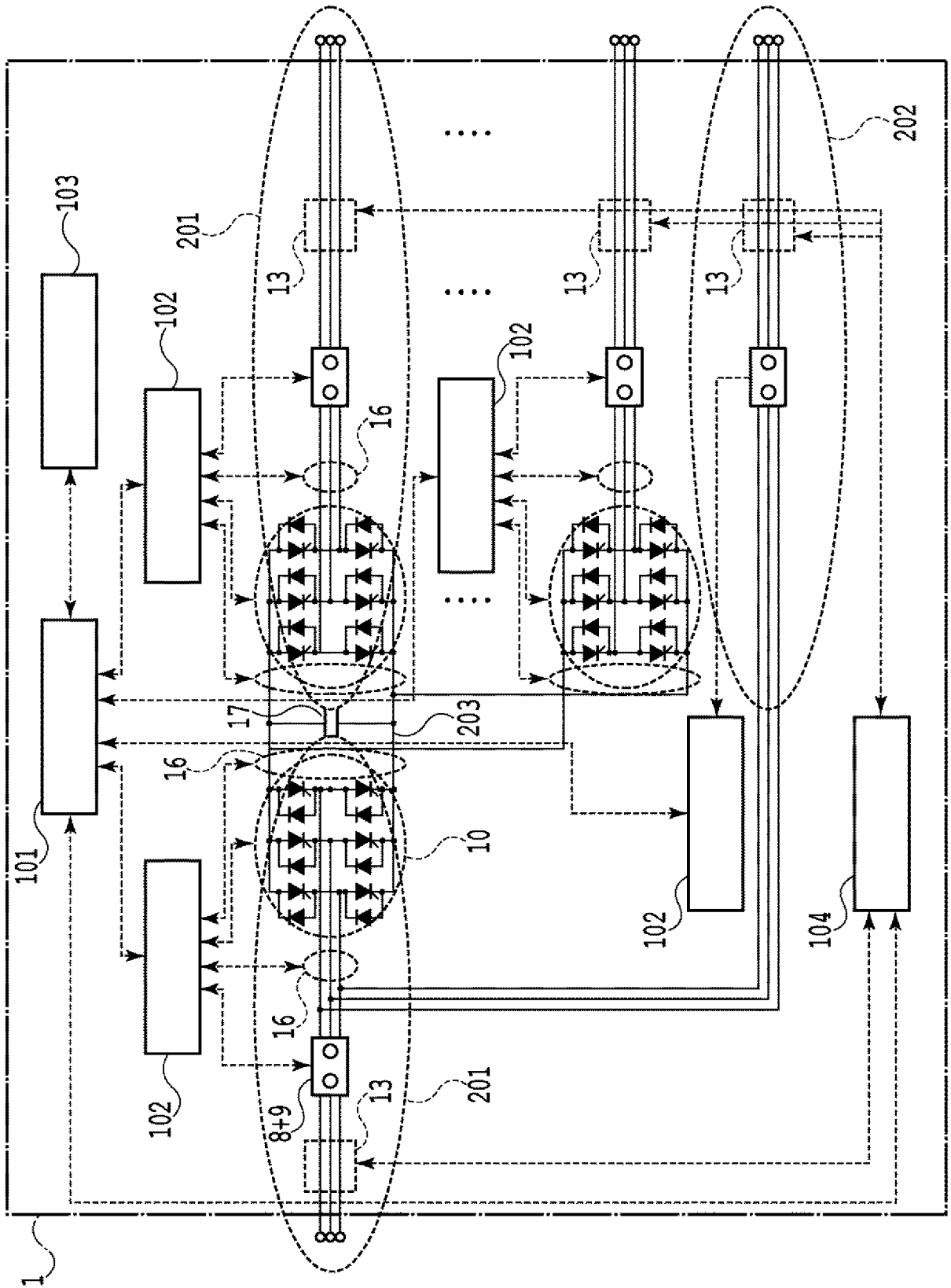
[図5A]



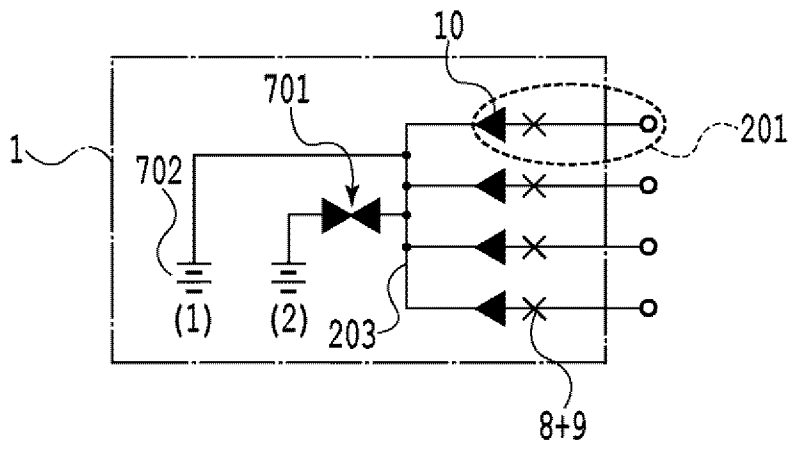
[図5B]



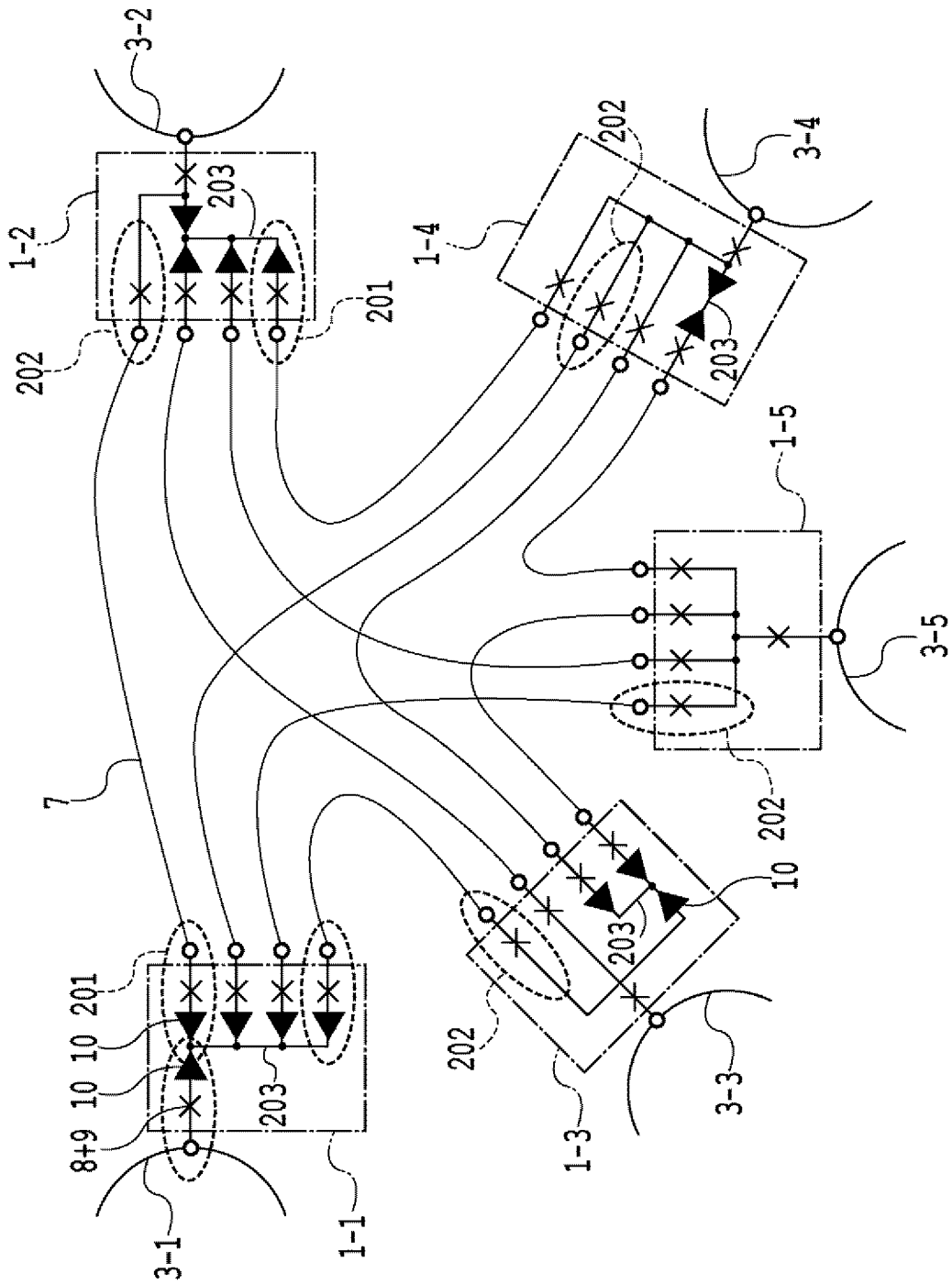
[図6]



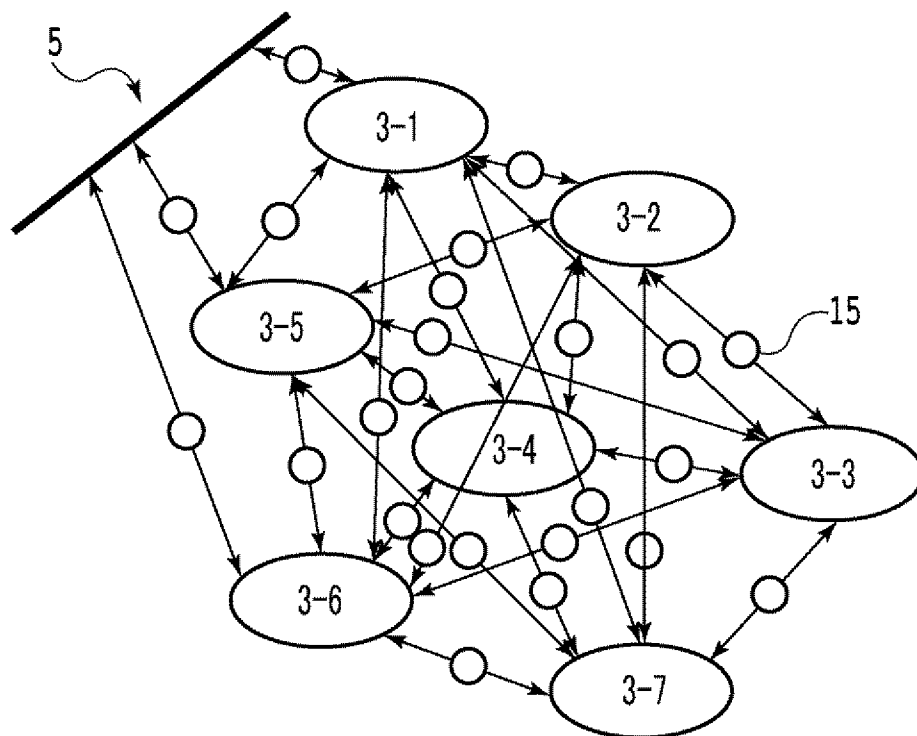
[図7]



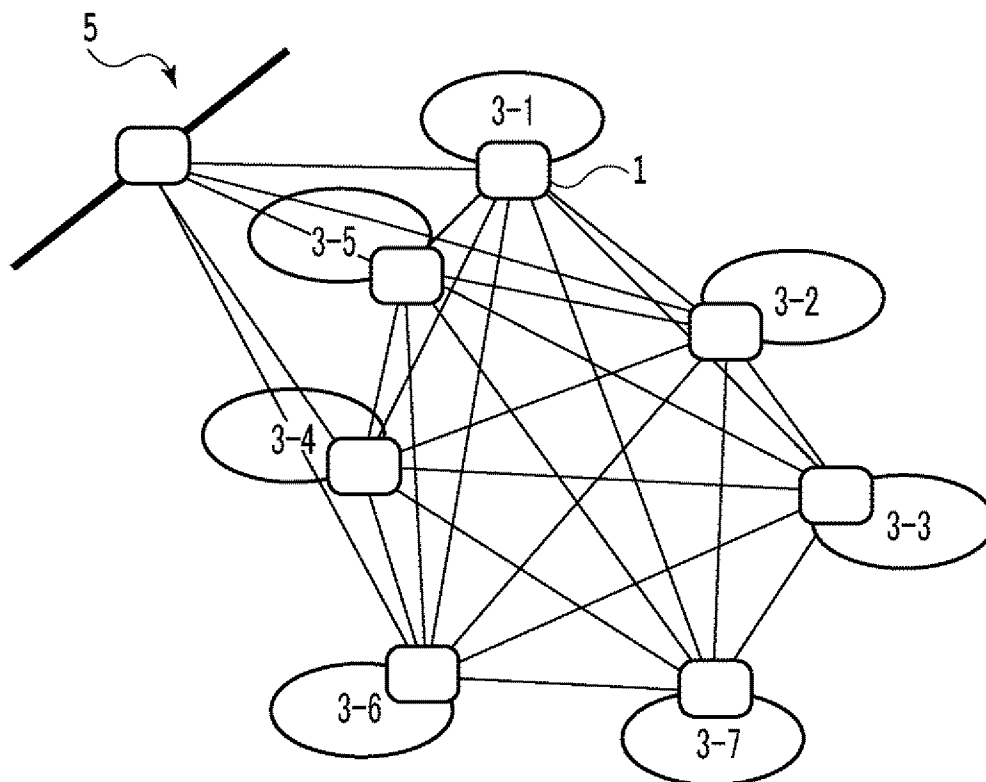
[図8]



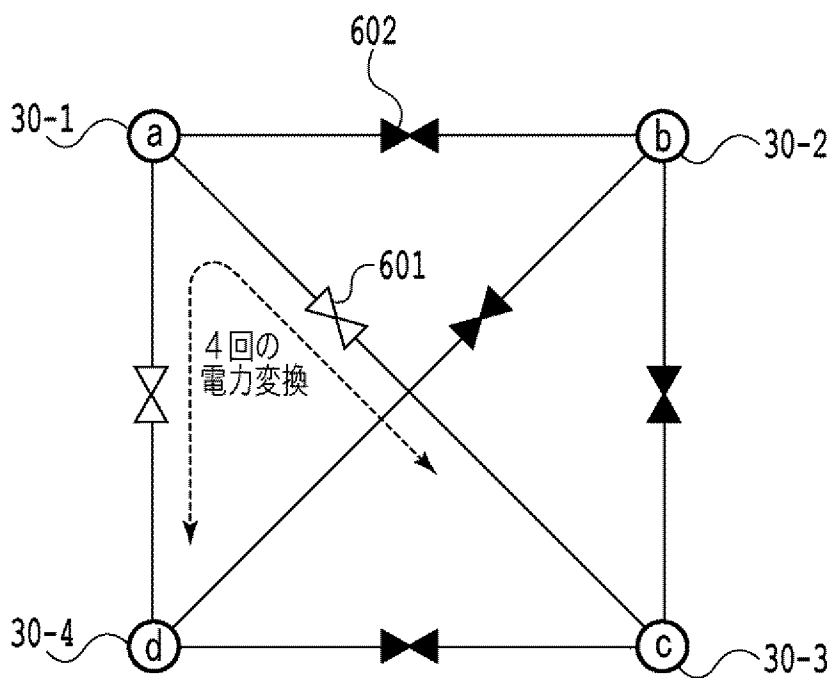
[図9A]



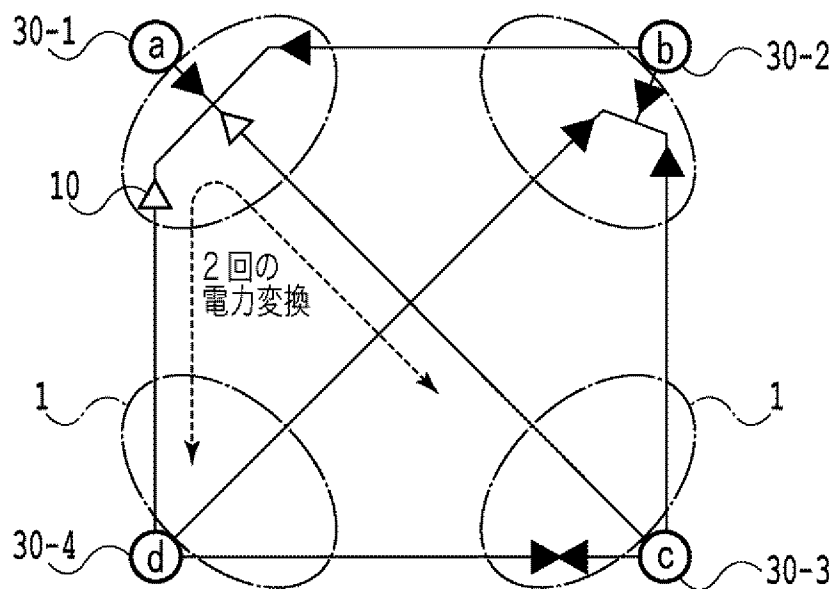
[図9B]



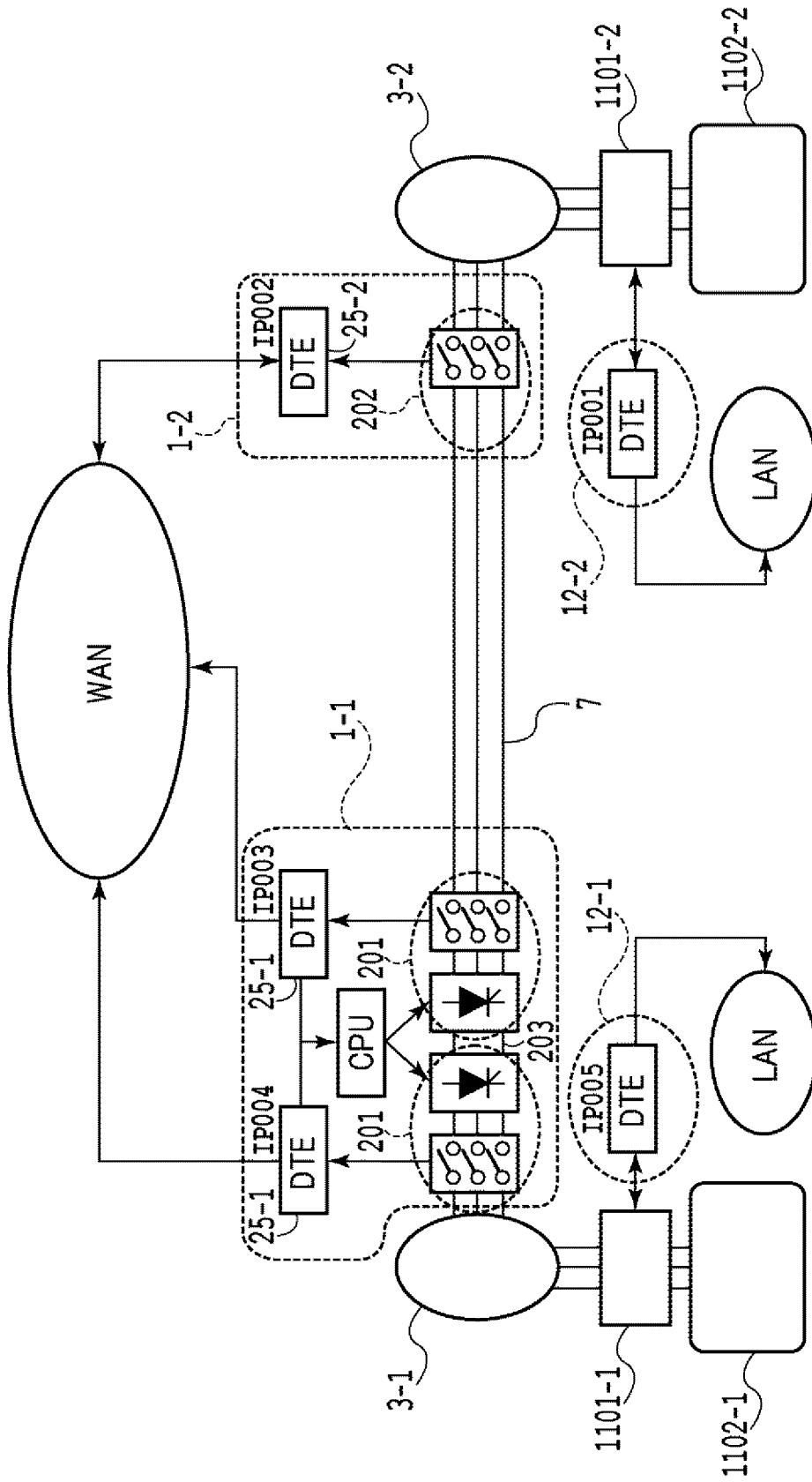
[図10A]



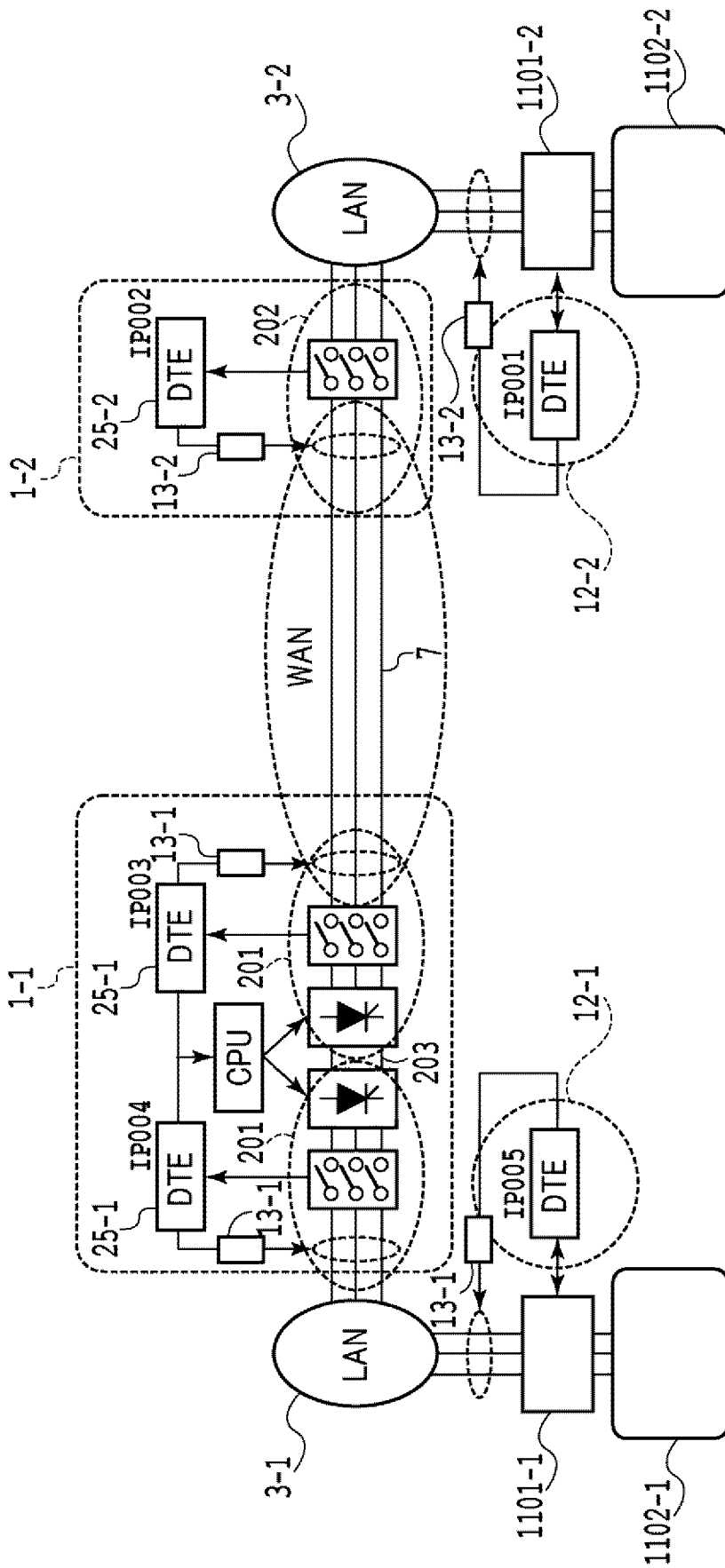
[図10B]



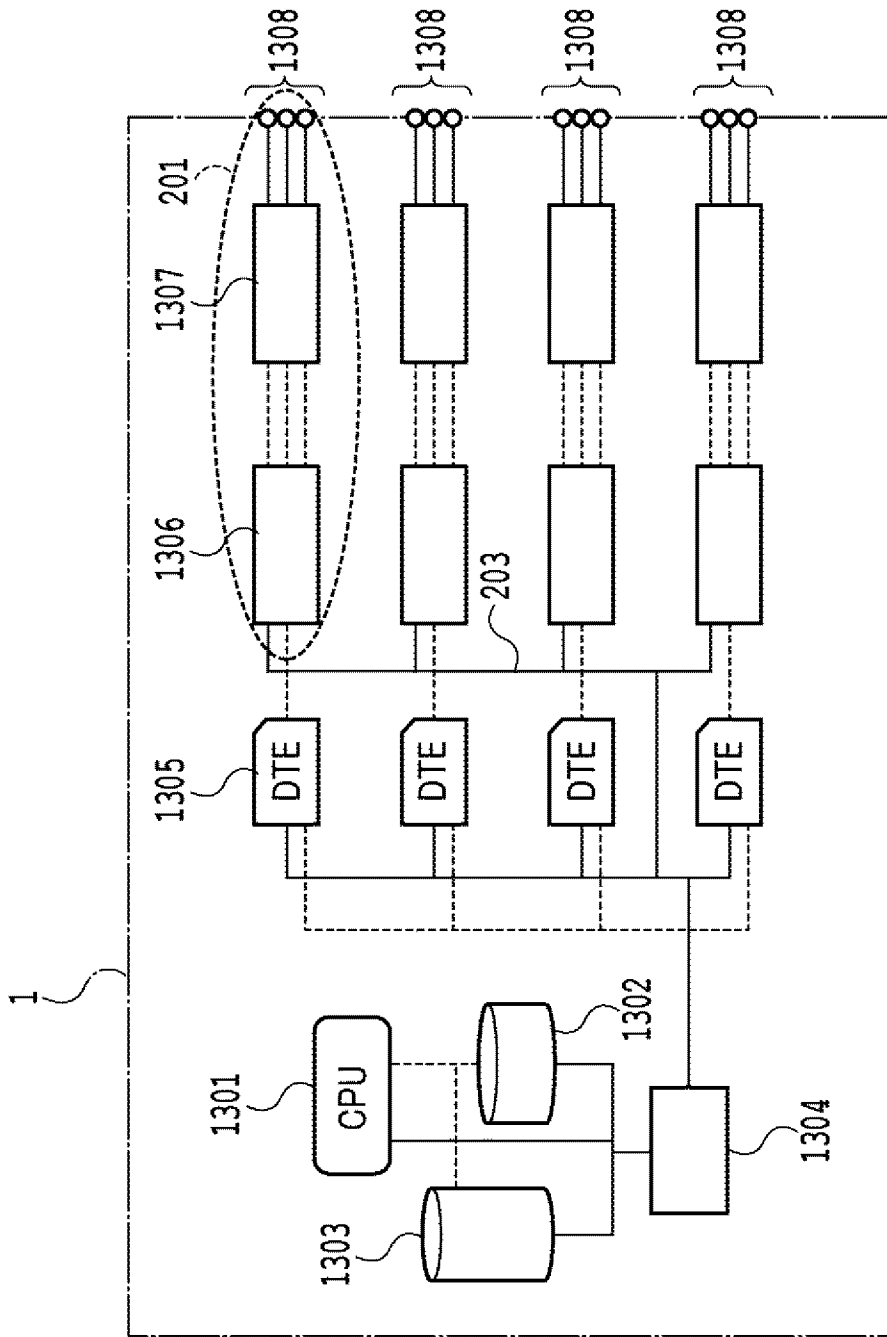
[図11]



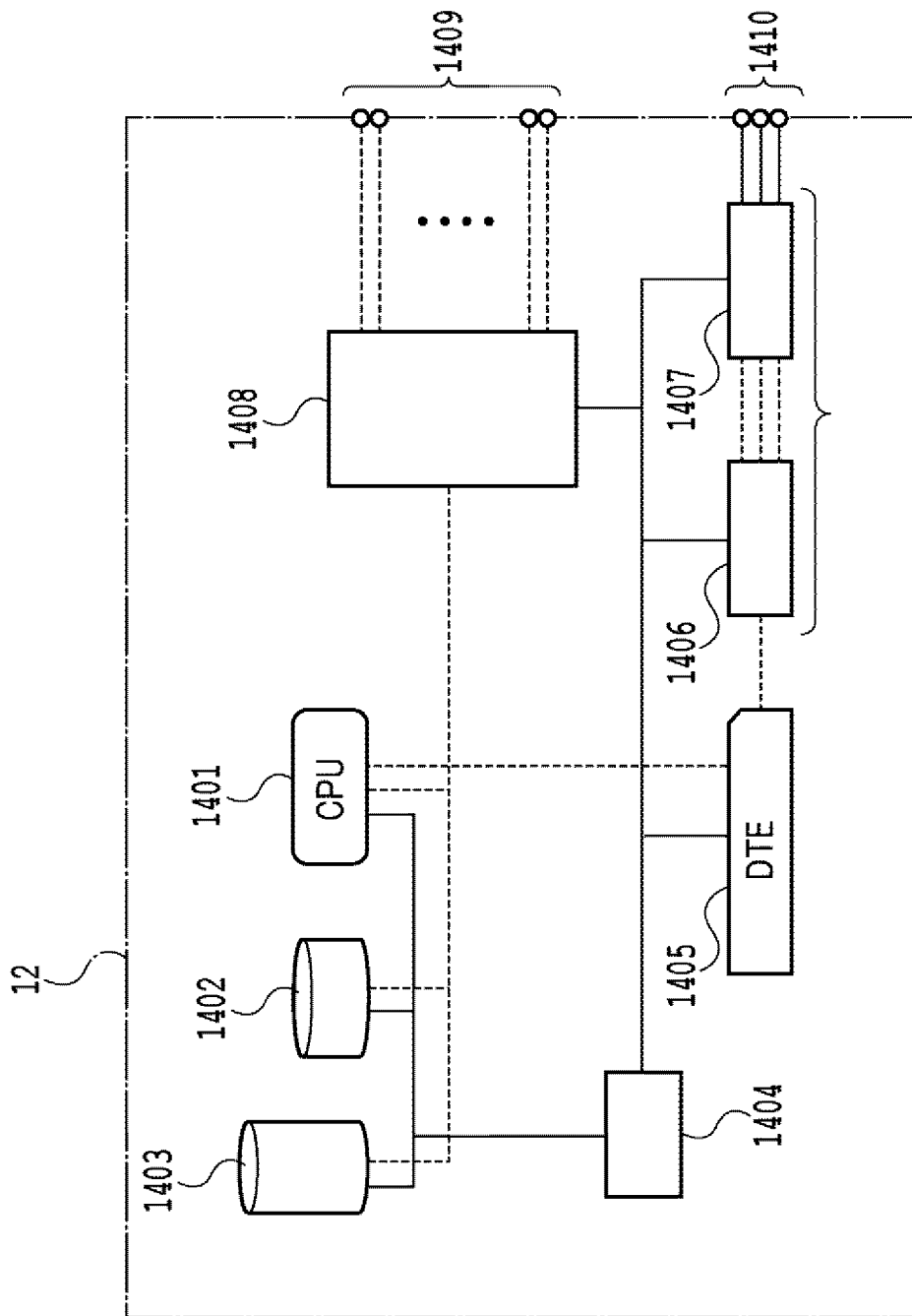
[図12]



[図13]



[図14]



[15]

1501

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

1502

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

1503

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

1504

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

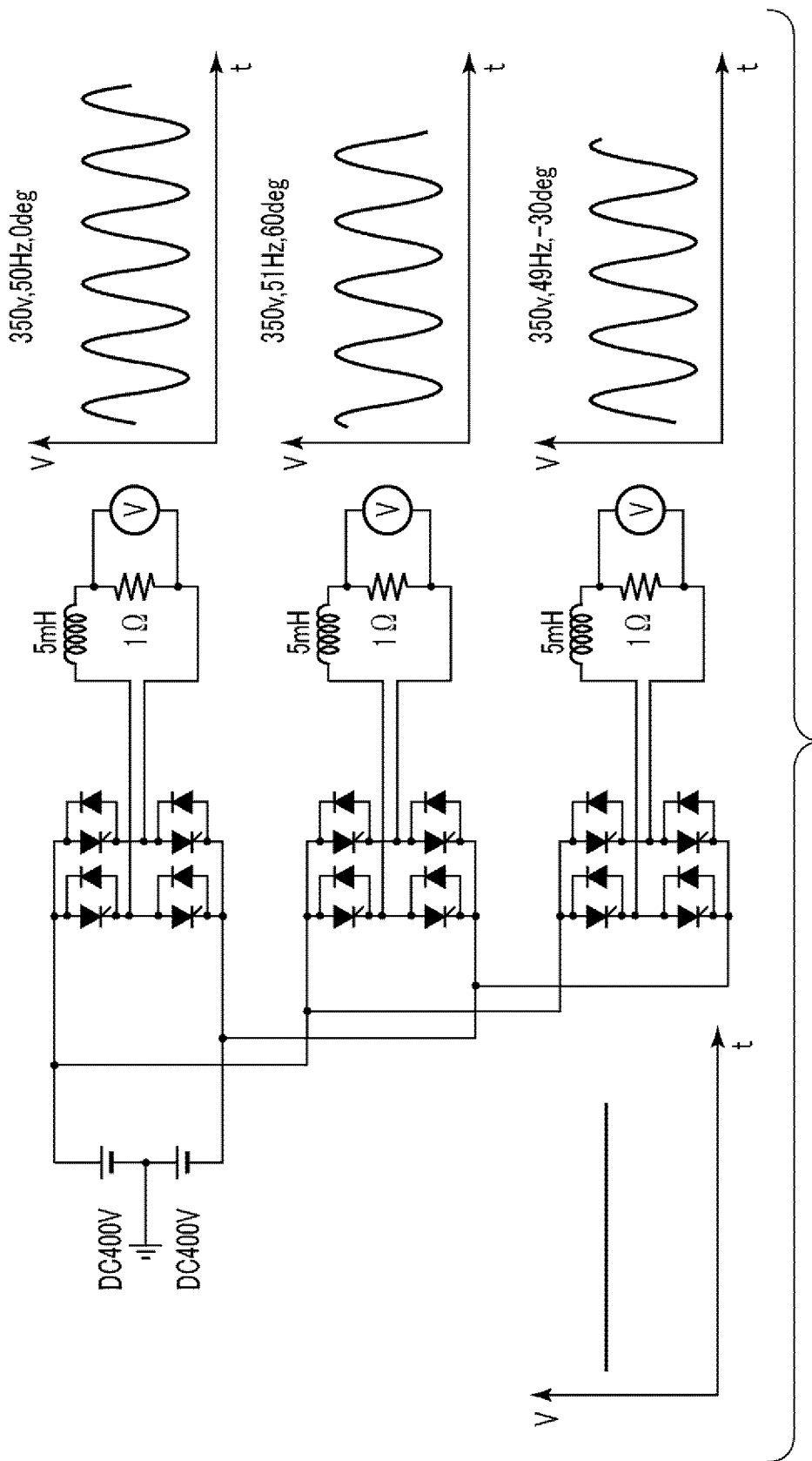
1505

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

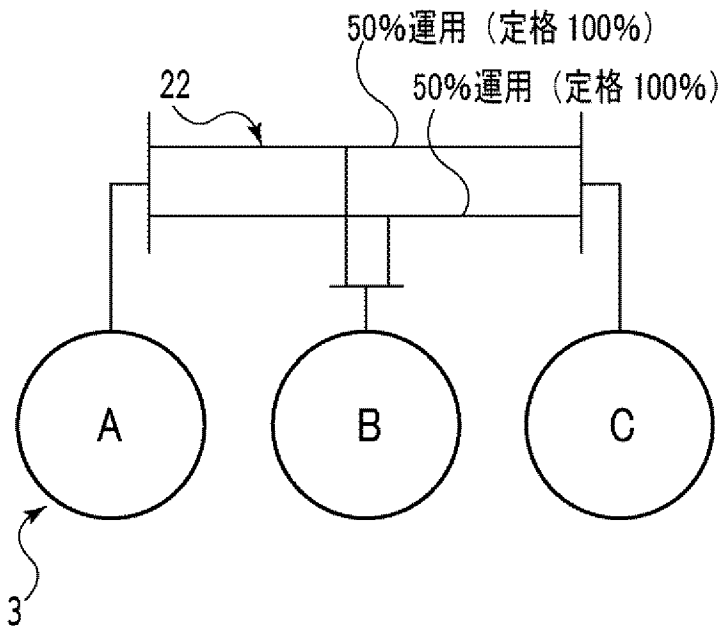
1506

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

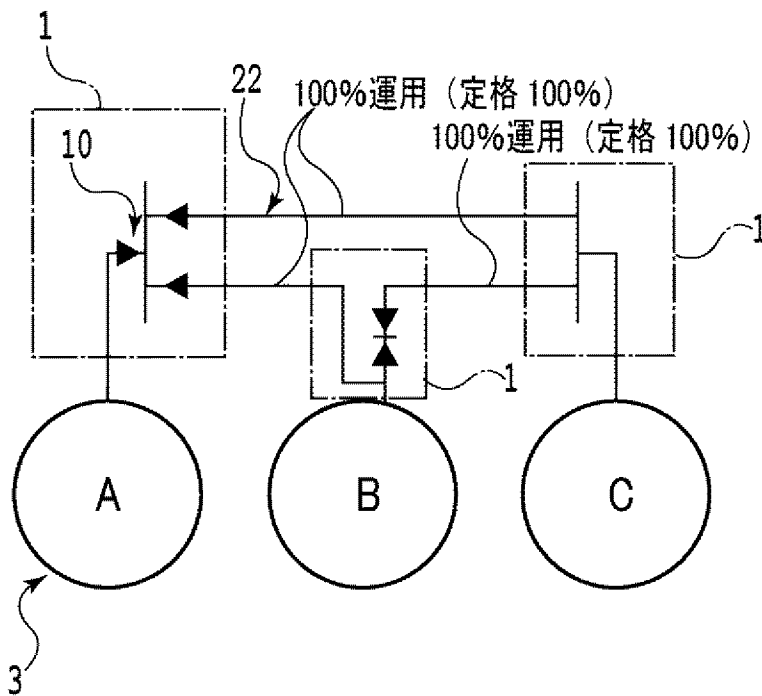
[16]



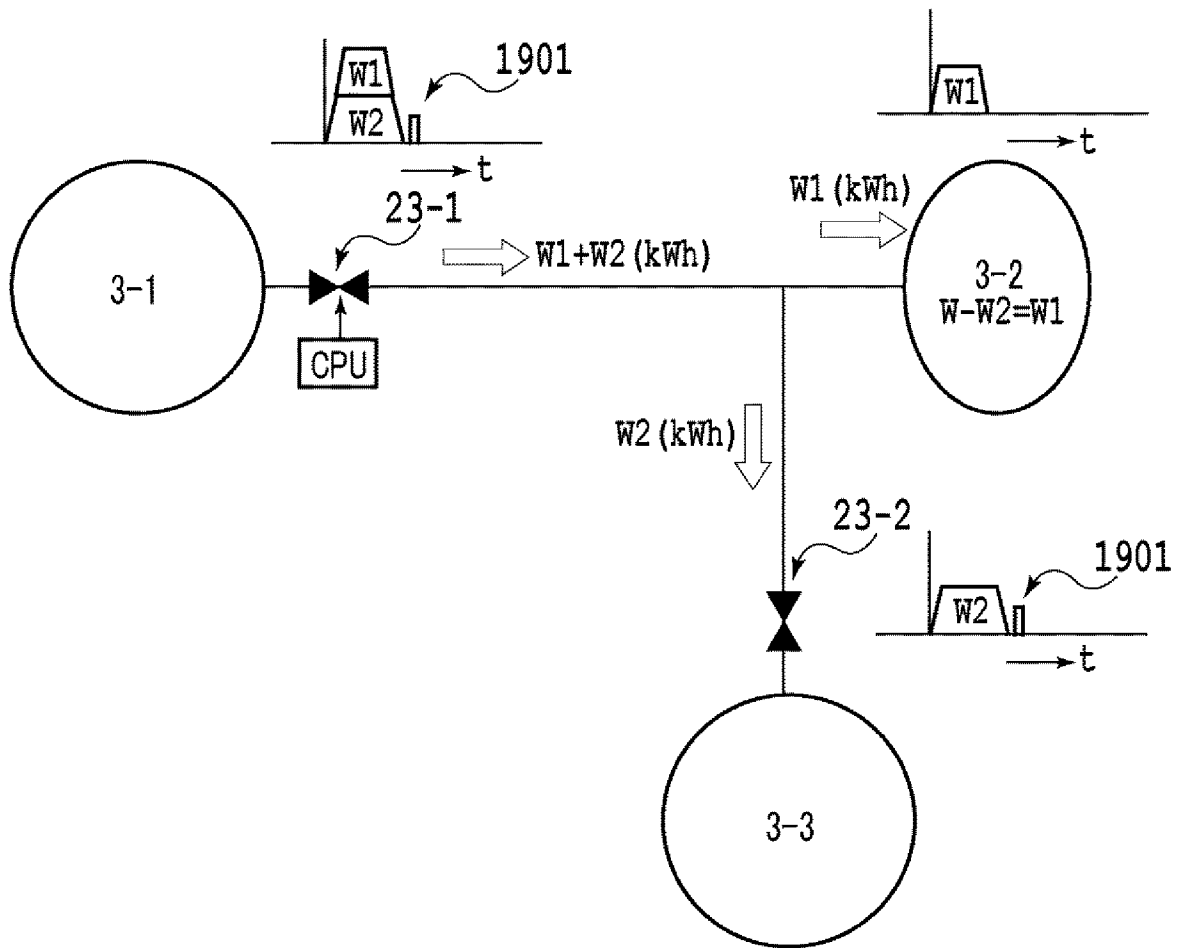
[図17A]



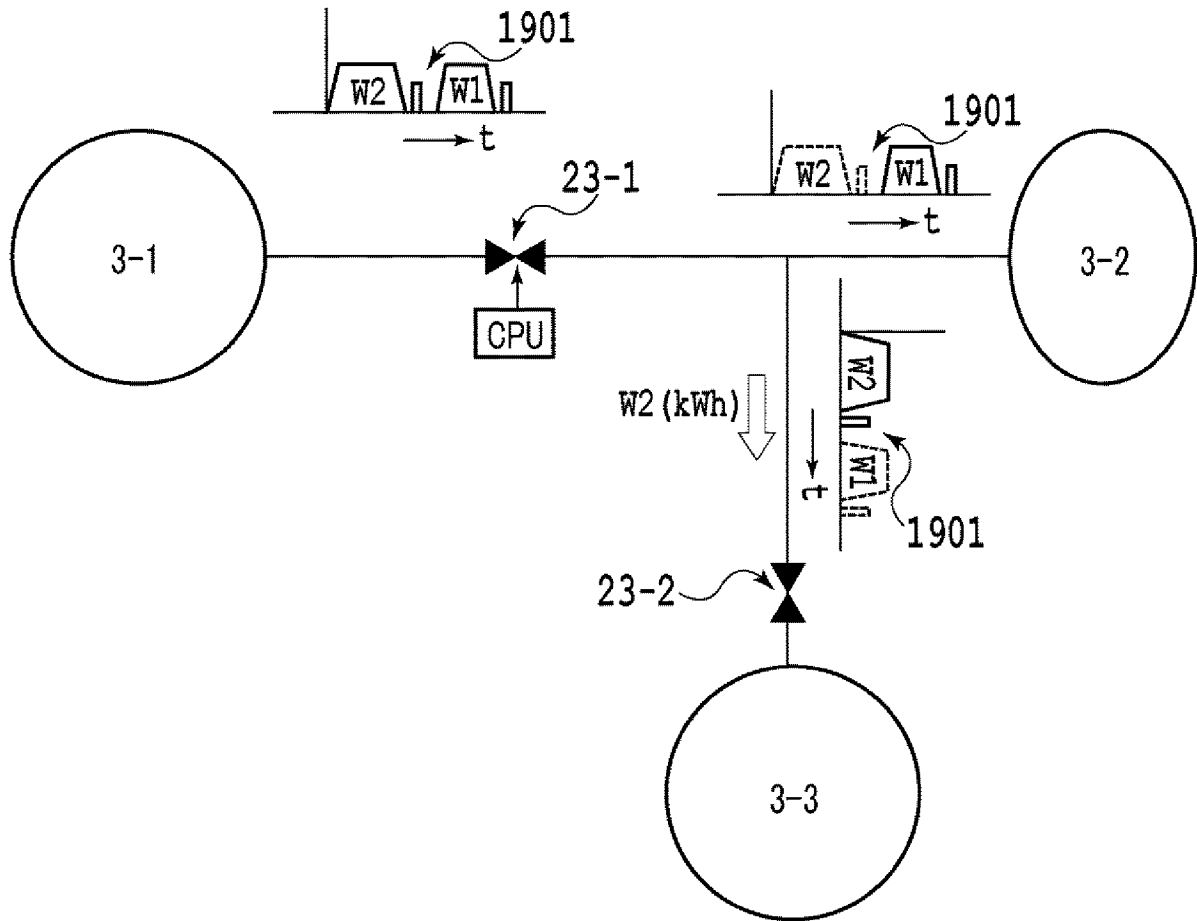
[図17B]



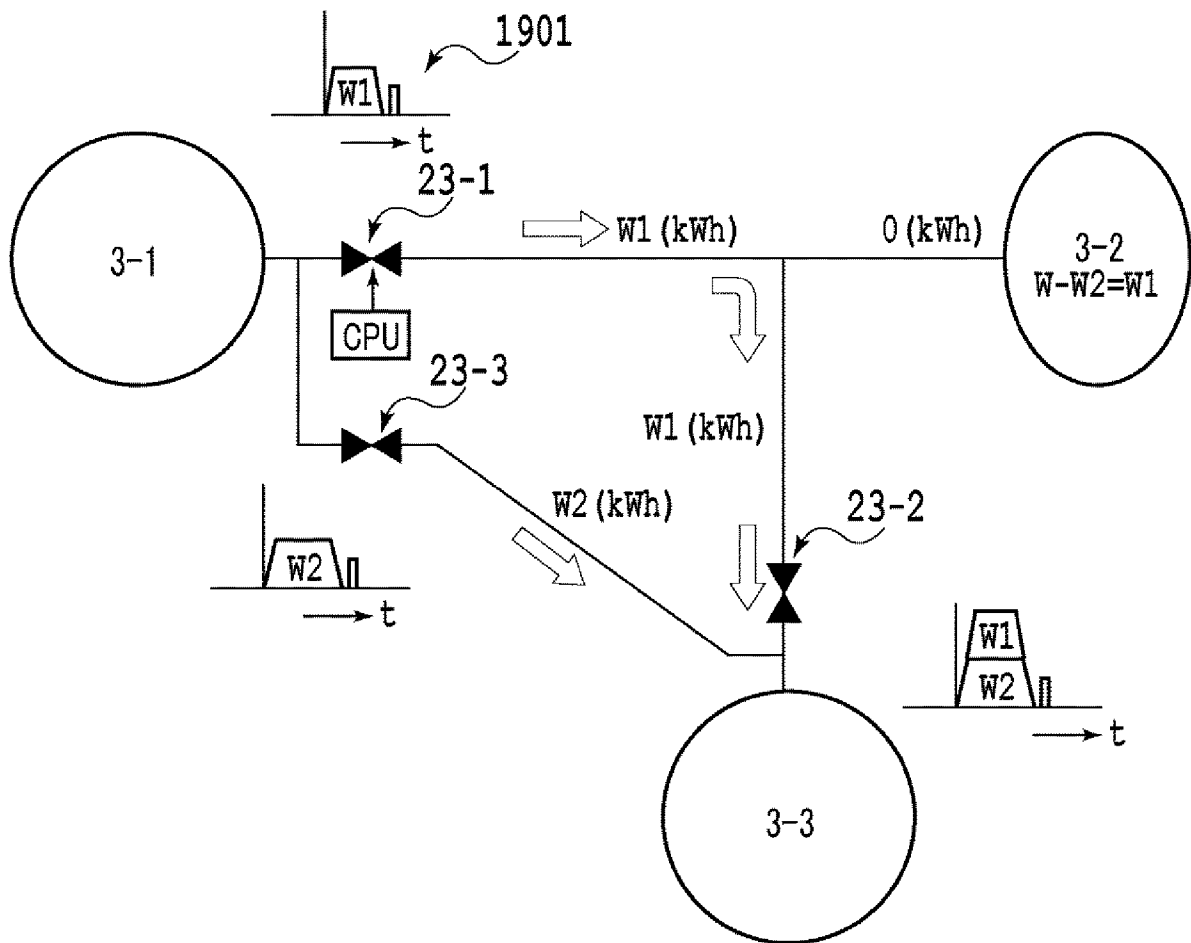
[図19]



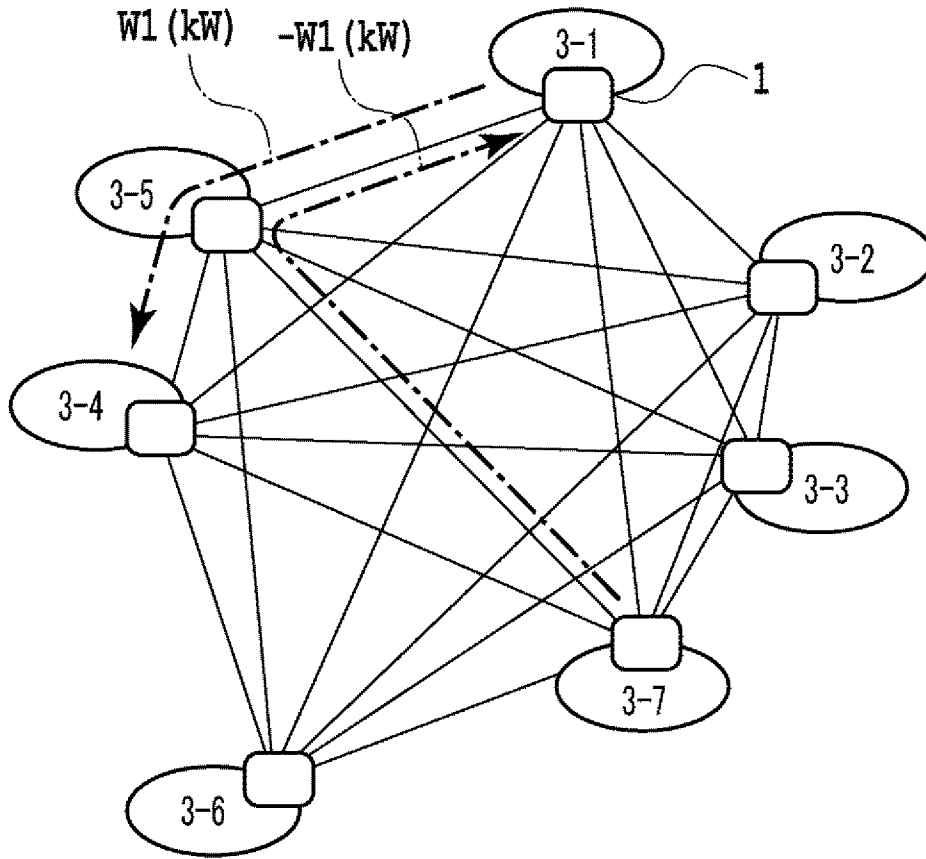
[図20]



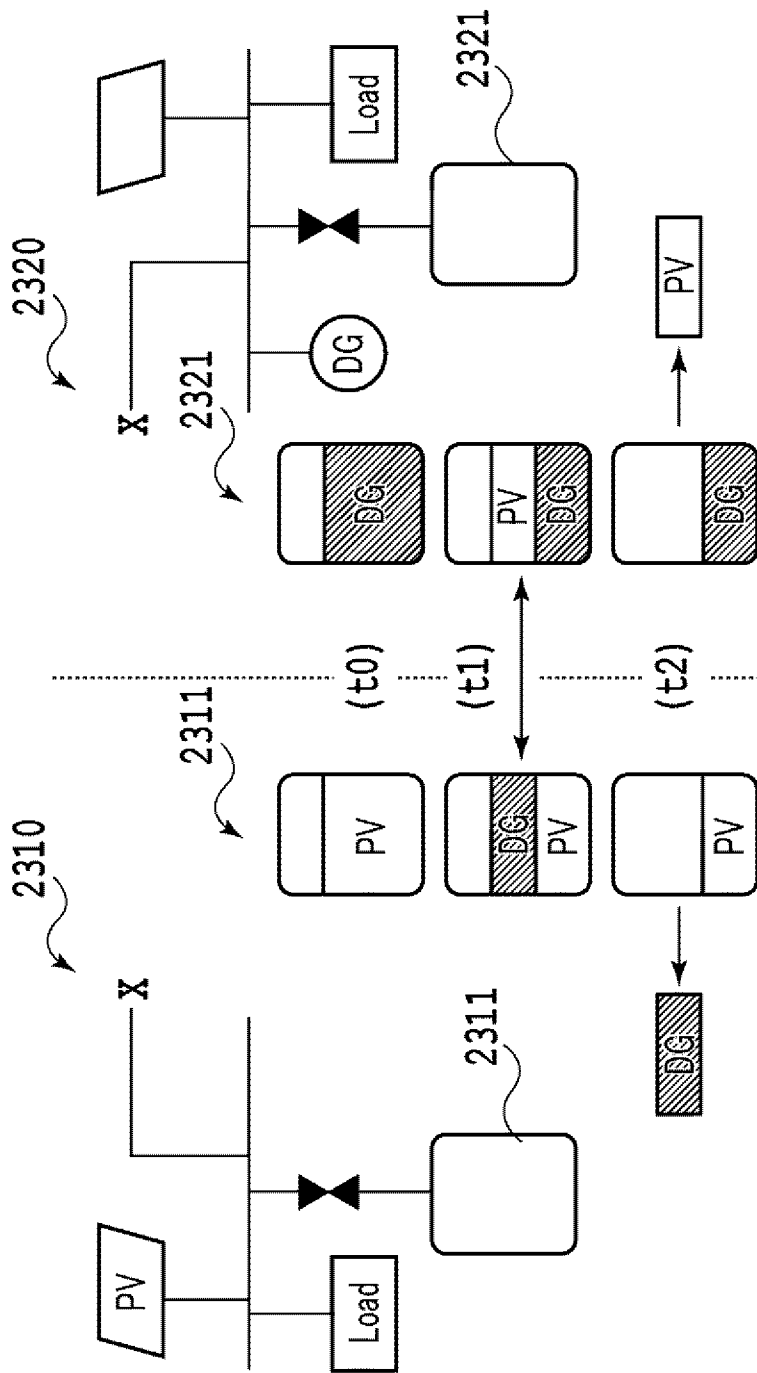
[図21]



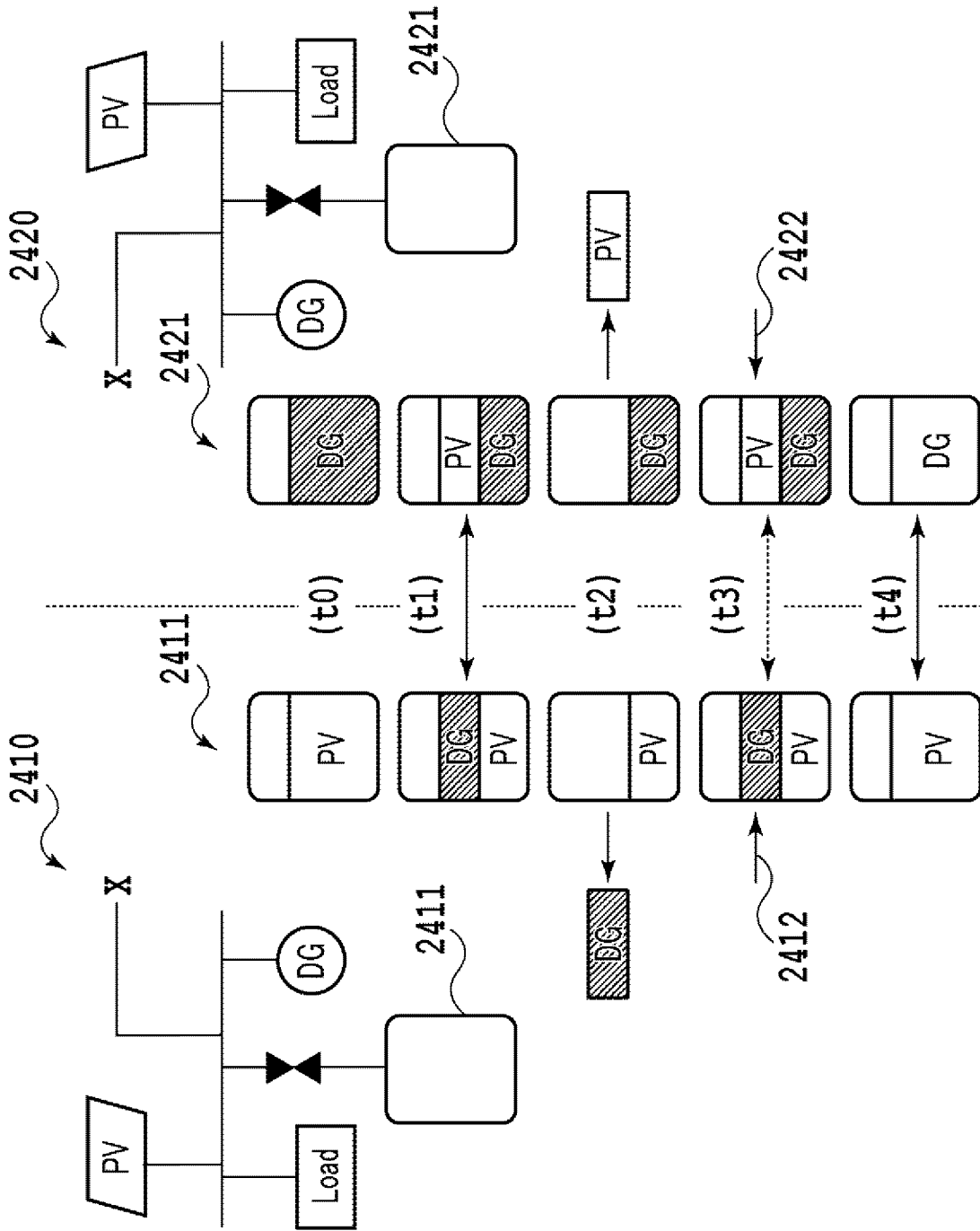
[図22]



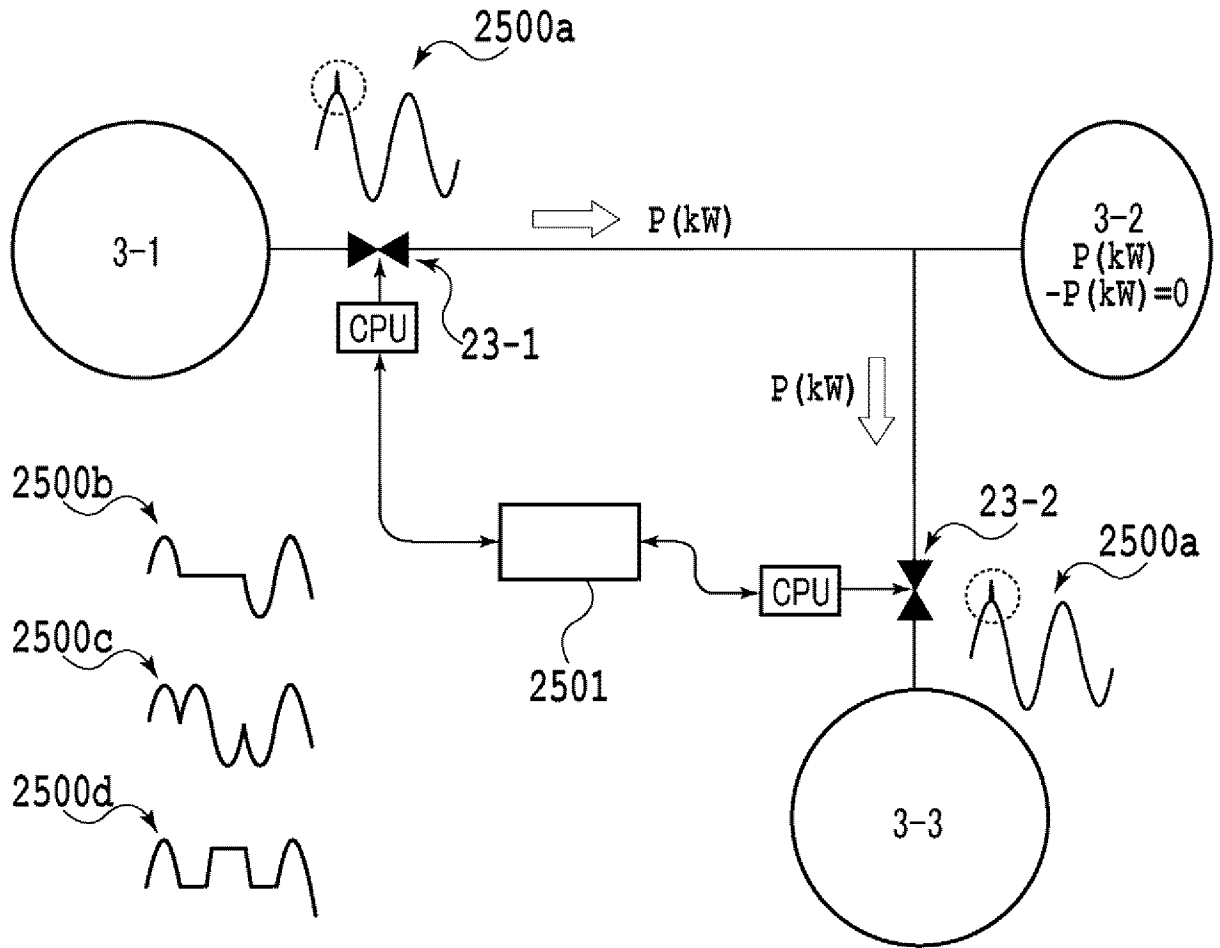
[図23]



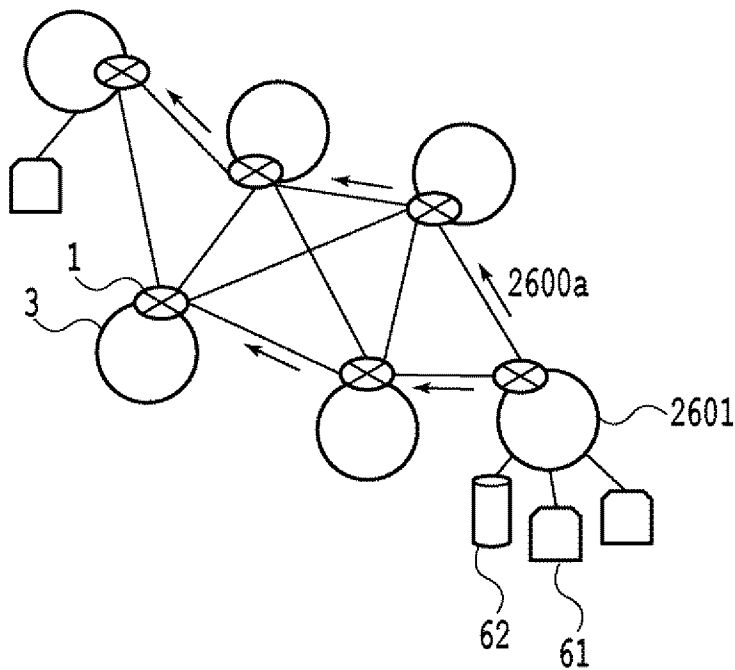
[図24]



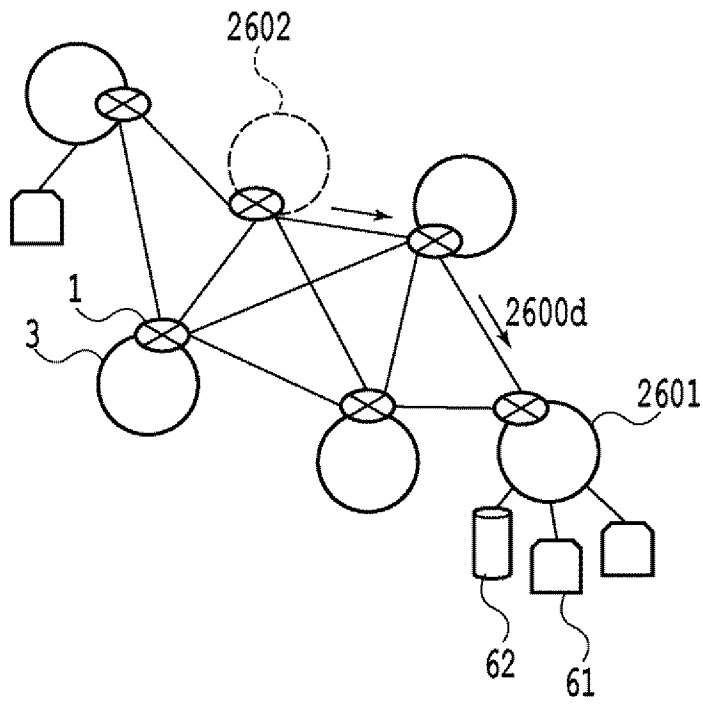
[图25]



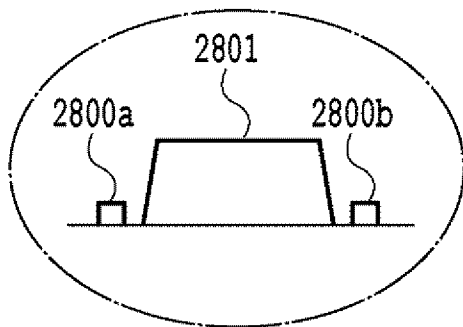
[图26A]



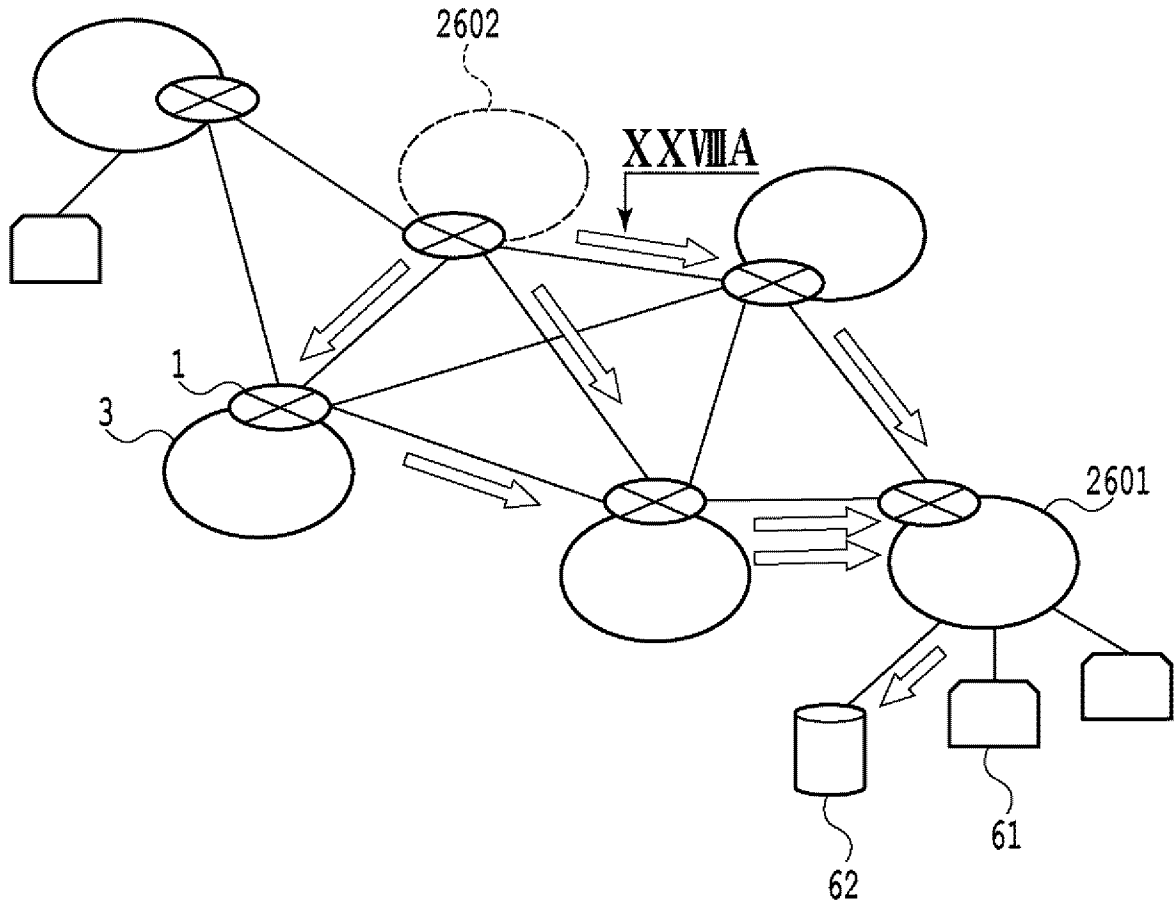
[図27B]



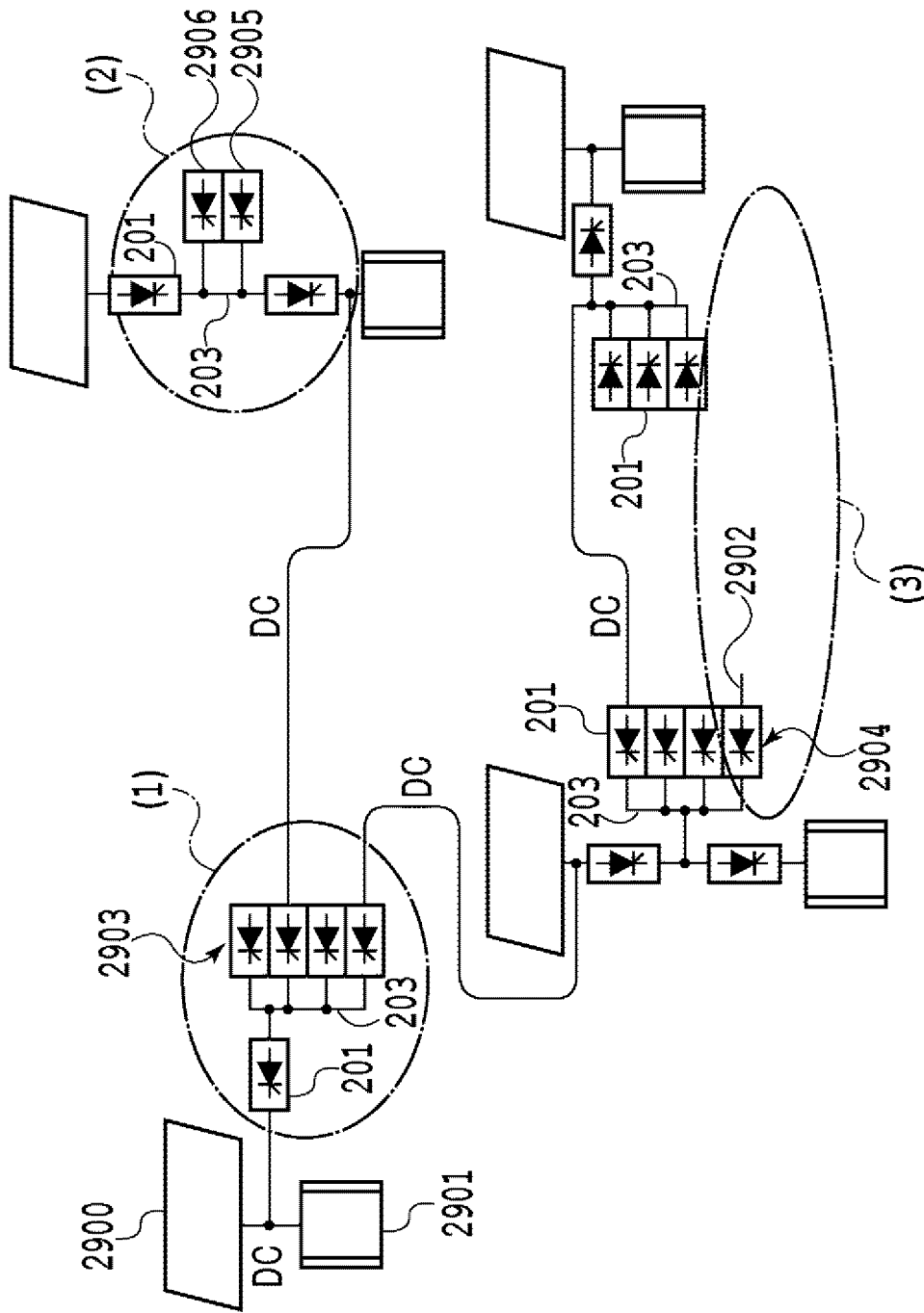
[図28A]



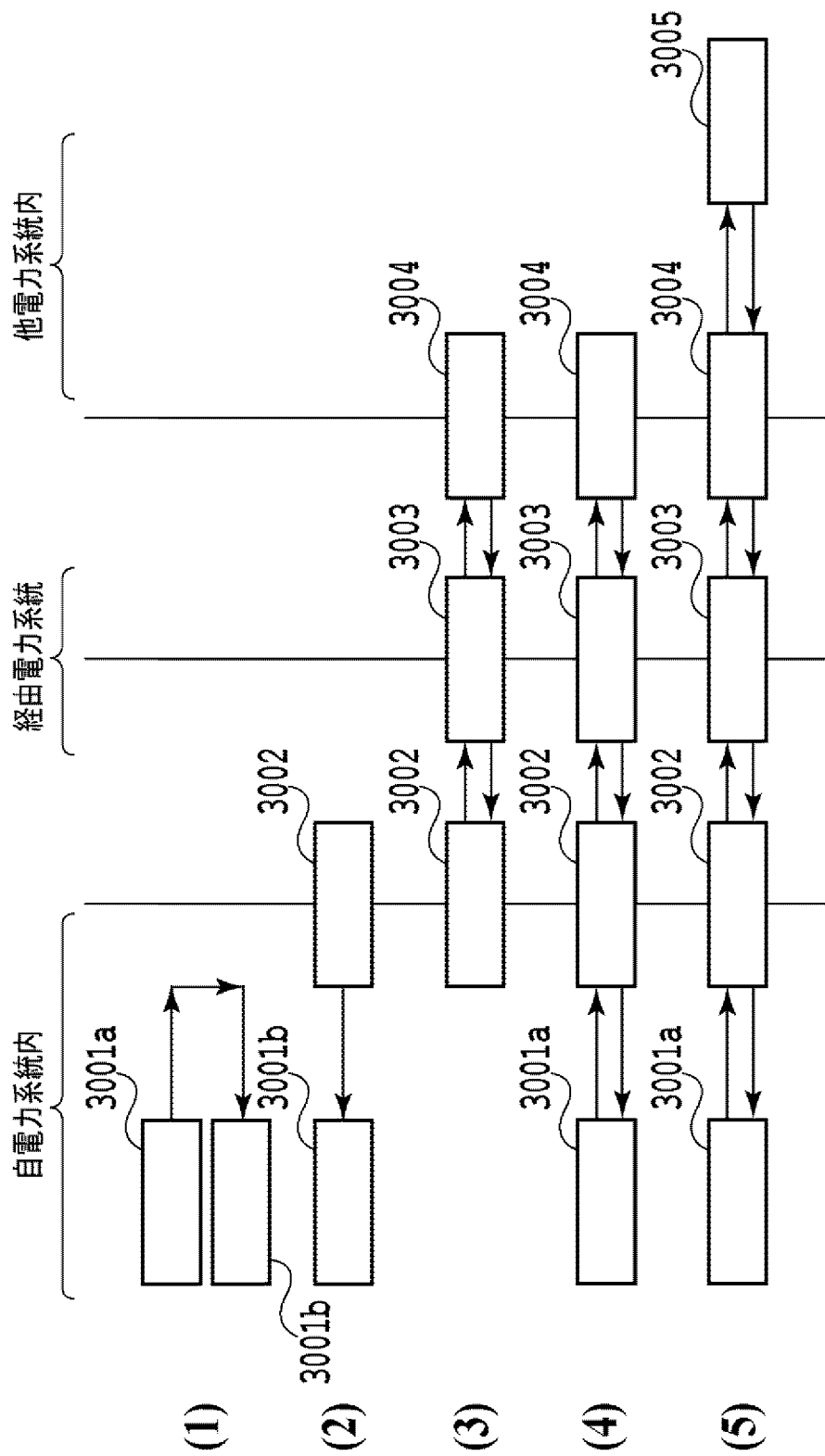
[図28B]



[図29]



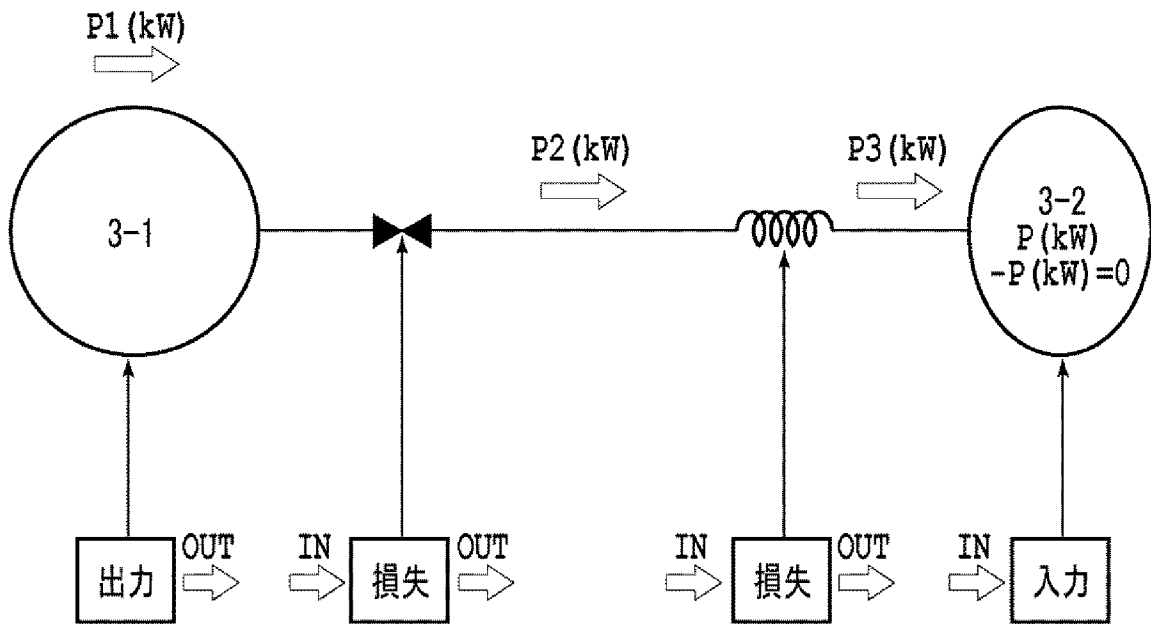
[図30]



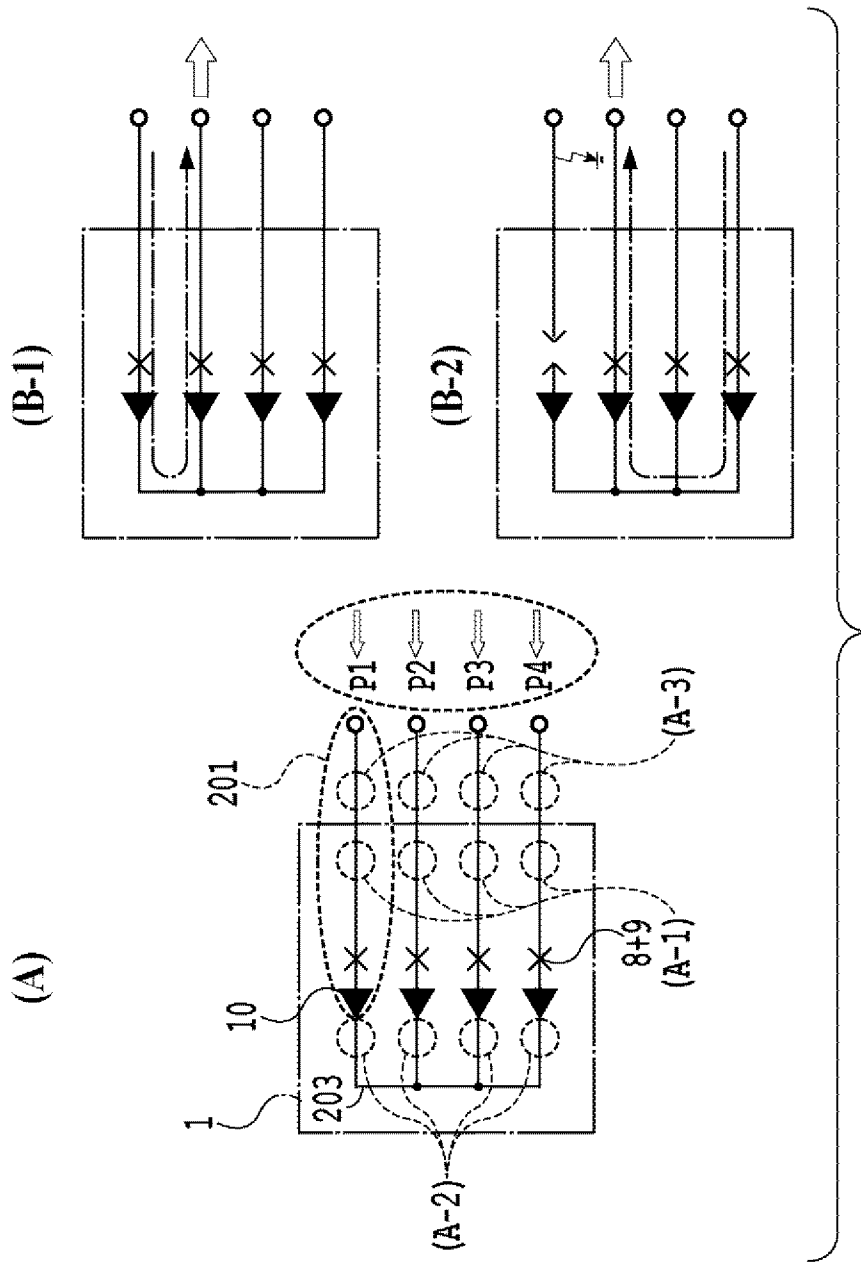
[図31]

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

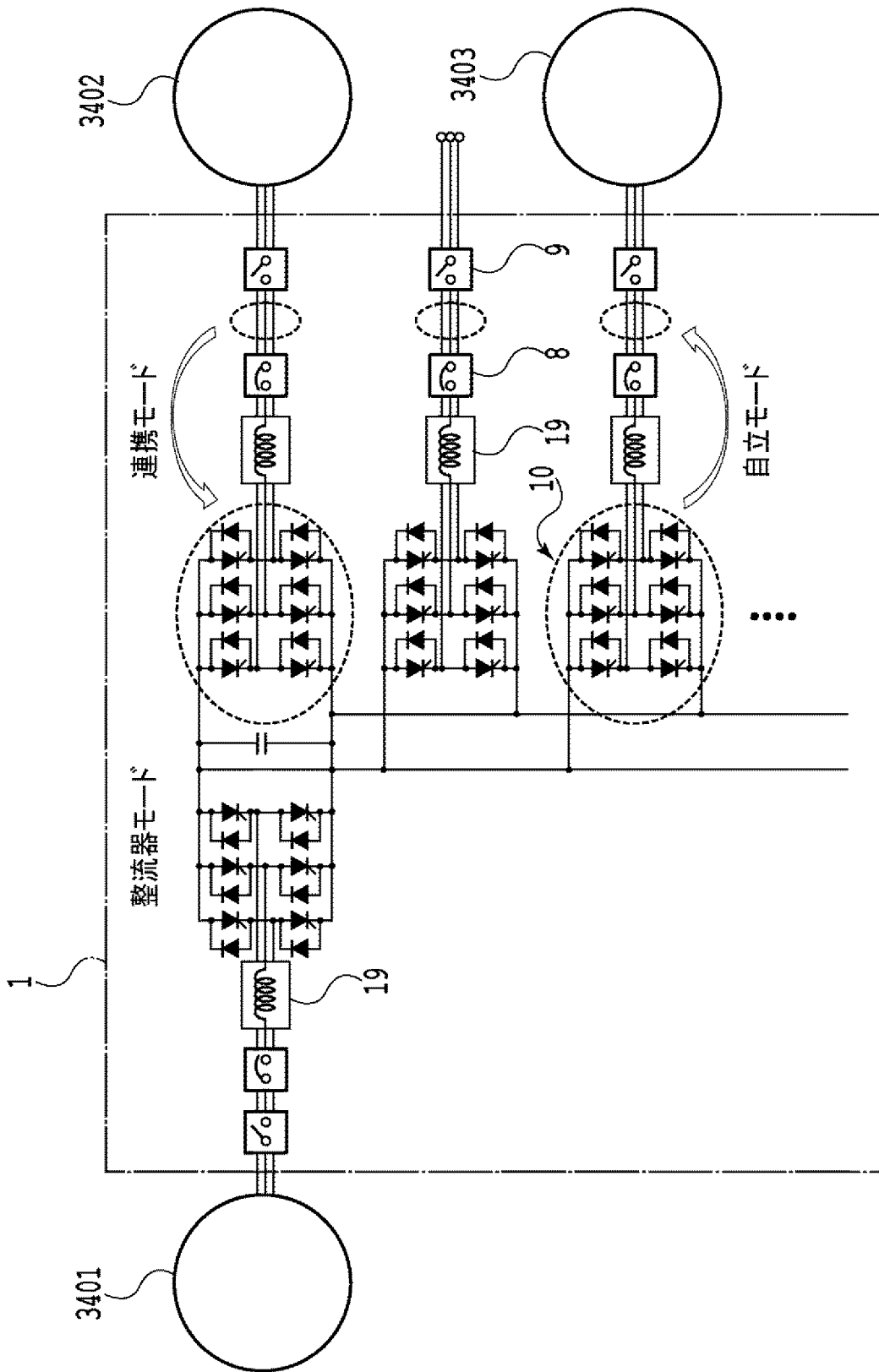
[図32]



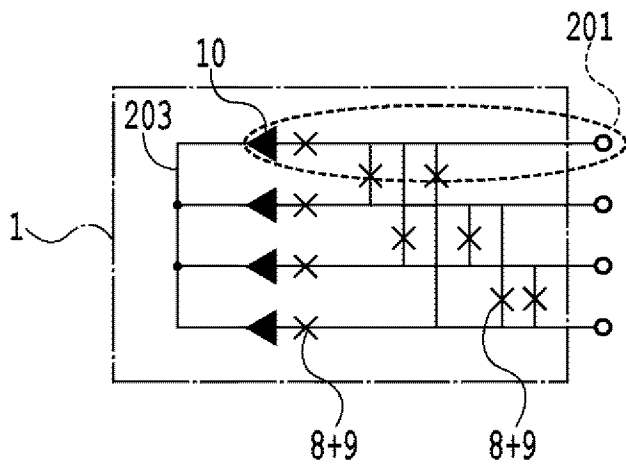
[図33]



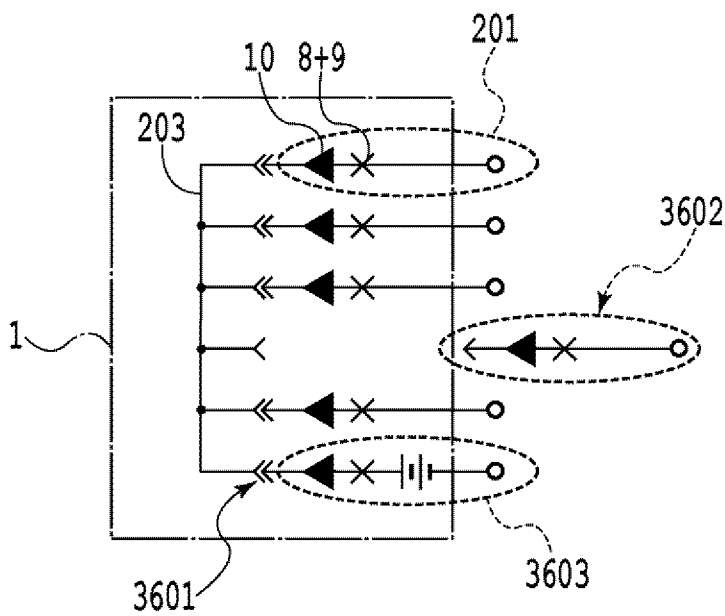
[図34]



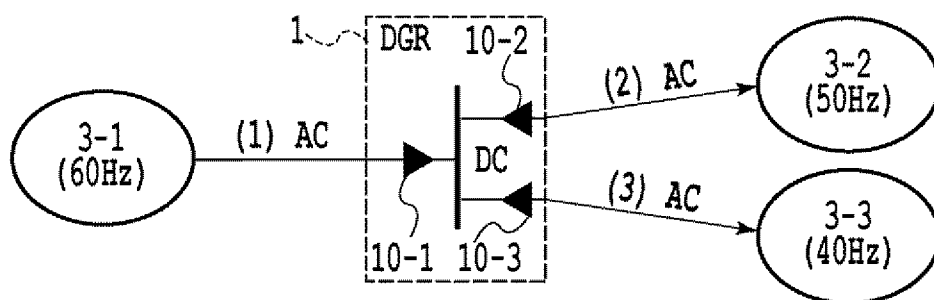
[图35]



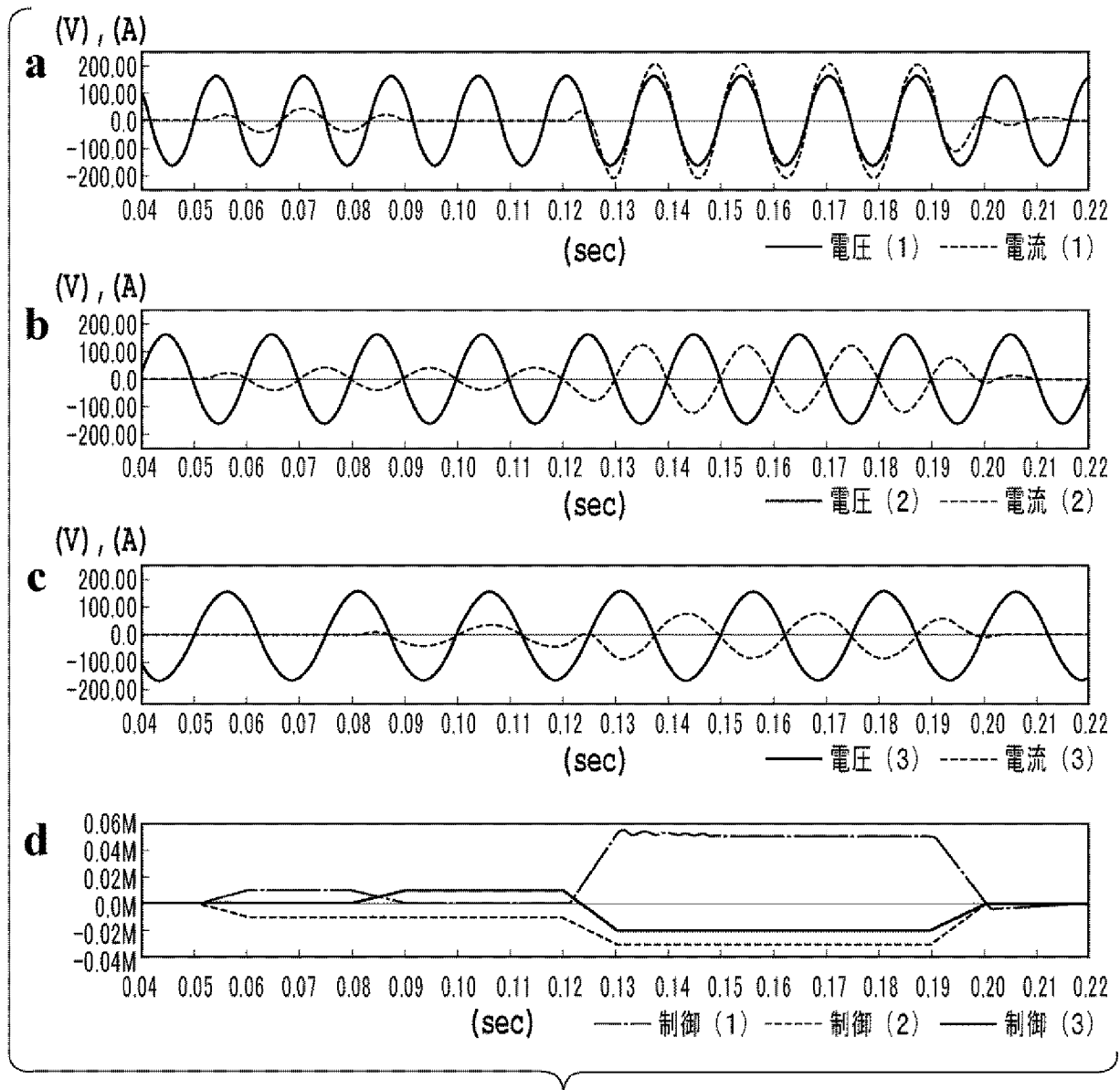
[图36]



[图37A]



[図37B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/005563

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J3/00(2006.01) i, H02J3/46(2006.01) i, H02J13/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J3/00, H02J3/46, H02J13/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2006-129585 A (Hitachi, Ltd.), 18 May 2006 (18.05.2006), paragraphs [0015] to [0019], [0050] to [0059]; fig. 1 (Family: none)	1-4 5
Y	JP 2008-104269 A (Toho Gas Co., Ltd.), 01 May 2008 (01.05.2008), paragraph [0034]; fig. 1, 2 (Family: none)	5
A	JP 2007-166746 A (Aisin Seiki Co., Ltd.), 28 June 2007 (28.06.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 November, 2010 (15.11.10)

Date of mailing of the international search report
22 November, 2010 (22.11.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H02J3/00(2006.01)i, H02J3/46(2006.01)i, H02J13/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H02J3/00, H02J3/46, H02J13/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2006-129585 A (株式会社日立製作所) 2006.05.18, 【0015】 - 【0019】【0050】 - 【0059】【図1】 (ファミリーなし)	1-4 5
Y	JP 2008-104269 A (東邦瓦斯株式会社) 2008.05.01, 【0034】【図 1】【図2】 (ファミリーなし)	5
A	JP 2007-166746 A (アイシン精機株式会社) 2007.06.28, 全文, 全 図 (ファミリーなし)	1-5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

<p>* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日 15.11.2010	国際調査報告の発送日 22.11.2010
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 高野 誠治 電話番号 03-3581-1101 内線 3568

5T 3567