

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

A T 交流き電方式を用いた交流電気鉄道のア変電所 (A S S) の電源 A のトロリ線と、前記 A 変電所 (A S S) とは異なる B 変電所 (B S S) の電源 B のトロリ線との間のき電区分所 (S P) に設けられる切替セクションにおいて、トロリ線と絶縁して設けられた中間セクションに対し、前記電源 A のトロリ線と前記中間セクションとを接続又は開放するための第 1 の切替開閉器と、前記電源 B のトロリ線と前記中間セクションとを接続又は開放するための第 2 の切替開閉器とを並列投入した場合に流れる並列接続点通過電流を検出する異電源並列接続点通過電流算出装置であって、

前記第 1 及び第 2 の切替開閉器それぞれの近傍において、レールを中性点としてき電線及びトロリ線間に設置されている単巻変圧器 (A T) により、レールからき電線に吸い上げられる電流とこれによりトロリ線側に誘起される電流の電流値を、前記単巻変圧器の外線側に設けられた既設の交流電流センサにより測定する測定部と、

前記 A 変電所側の単巻変圧器と前記 B 変電所側の単巻変圧器とに流れる電流の測定値を、算術式により演算し、前記並列接続点通過電流を求める並列接続点通過電流算出部とを有することを特徴とする異電源並列接続点通過電流算出装置。

10

【請求項 2】

前記算術式が、前記並列接続点に流れる電流に一致する電流値となる、各単巻変圧器に対応する交流電流センサの測定電流の合成の組み合わせを示す演算式であることを特徴とする請求項 1 記載の異電源並列接続点通過電流算出装置。

20

【請求項 3】

前記第 1 及び第 2 の切替開閉器の間に負荷としての電車が存在しない場合、

前記並列接続点通過電流算出部が、前記 A 変電所側の単巻変圧器と前記 B 変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の異電源並列接続点通過電流算出装置。

【請求項 4】

前記 A 変電所及び B 変電所間における上り線と下り線とが存在し、かつ該上り線及び下り線各々のき電線を接続するき電線タイ、上り線及び下り線各々のトロリ線を接続するトロリ線タイが存在する場合、

30

前記並列接続点通過電流算出部が、前記上り線及び下り線それぞれの A 変電所側の単巻変圧器と前記 B 変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする請求項 3 記載の異電源並列接続点通過電流算出装置。

【請求項 5】

前記第 1 及び第 2 の切替開閉器の間に負荷としての電車が存在する場合、

前記並列接続点通過電流算出部が、前記 A 変電所側の単巻変圧器と前記 B 変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の異電源並列接続点通過電流算出装置。

40

【請求項 6】

前記 A 変電所及び B 変電所間における上り線と下り線とが存在し、かつ該上り線及び下り線各々のき電線を接続するき電線タイ、上り線及び下り線各々のトロリ線を接続するトロリ線タイが存在する場合、

前記並列接続点通過電流算出部が、前記上り線及び下り線それぞれの A 変電所側の単巻変圧器と前記 B 変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする請求項 5 記載の異電源並列接続点通過電流算出装置。

【請求項 7】

異常電流値を示す閾値電流があらかじめ設定されており、前記並列接続点通過電流が該

50

閾値電流を超えたか否かを検出する異常電流検出部をさらに有することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の異電源並列接続点通過電流算出装置。

【請求項 8】

A T 交流き電方式を用いた交流電気鉄道のア変電所 (A S S) の電源 A のトロリ線と、前記 A 変電所 (A S S) とは異なる B 変電所 (B S S) の電源 B のトロリ線との間のき電区分所 (S P) に設けられる切替セクションにおいて、前記両トロリ線と絶縁して設けられた中間セクションに対し、前記電源 A のトロリ線と前記中間セクションとを接続又は開放するための第 1 の切替開閉器と、前記電源 B のトロリ線と前記中間セクションとを接続又は開放するための第 2 の切替開閉器とを並列投入した場合に流れる並列接続点通過電流を検出する異電源並列接続点通過電流算出方法であって、

10

測定部が前記第 1 及び第 2 の切替開閉器それぞれの近傍において、レールを中性点としてき電線及びトロリ線間に設置されている単巻変圧器 (A T) により、レールからき電線に吸い上げられる電流とこれによりトロリ線側に誘起される電流の電流値を、前記単巻変圧器の外線側に設けられた既設の交流電流センサにより測定する測定過程と、

並列接続点通過電流算出部が、前記 A 変電所側の単巻変圧器と前記 B 変電所側の単巻変圧器とに流れる電流の測定値を算術演算し、前記並列接続点通過電流を求める並列接続点通過電流算出過程と

を有することを特徴とする異電源並列接続点通過電流算出方法。

【請求項 9】

前記算術式が、前記並列接続点に流れる電流に一致する電流値となる、各単巻変圧器に対応する交流電流センサの測定電流の合成の組み合わせを示す演算式であることを特徴とする請求項 8 記載の異電源並列接続点通過電流算出方法。

20

【請求項 10】

前記第 1 及び第 2 の切替開閉器の間に負荷としての電車が存在しない場合、

前記並列接続点通過電流算出部が、前記 A 変電所側の単巻変圧器と前記 B 変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載の異電源並列接続点通過電流算出方法。

【請求項 11】

前記第 1 及び第 2 の切替開閉器の間に負荷としての電車が存在する場合、

前記並列接続点通過電流算出部が、前記 A 変電所側の単巻変圧器と前記 B 変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載の異電源並列接続点通過電流算出方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体集積回路において、演算結果やメモリから読み出したデータなどの出力データを外部装置に対して出力する出力ドライバに関する。

【背景技術】

40

【0002】

A T 交流き電方式の電気鉄道においては、変電所から電車に対して電力を供給するトロリ線が、他の変電所や開閉器からのトロリ線に切り替わる部分が存在する。このようなトロリ線の切り替えのために切替セクションが設けられている。

図 5 は、電気鉄道におけるき電区分所の切替セクションについて説明するための図である。また、図 5 (B)、(C)、(D) は、切替セクションにおける開閉器動作について説明するための図である。

【0003】

図 5 において、2 は A 変電所の電源 A に接続されるトロリ線、3 は B 変電所の電源 B に接続されるトロリ線、4 はレール、5 1 および 5 2 は、電車 2 1 に電力を供給するトロリ

50

線を切り替えるための切替開閉器（例えば、真空開閉器など）、53および54はエアセクション（二つの架線を並べて配置するセクション）、15は中間セクション、21は電車を示している。なお、制御装置10は、切替開閉器51、52の開閉制御を行う装置を示している。

【0004】

そして、図5（A）の例に示すように、切替セクション1は、A変電所から電源Aとして電力供給するトロリ線2と、B変電所から電源Bとして電力を供給するトロリ線3とを切り替えるき電区分所に設けられている。

【0005】

上記構成において、図5（B）は、電車21が、トロリ線2の区間を走行中の場合の切替開閉器の開閉状態を示している。この状態では、切替開閉器51が「入」、切替開閉器52が「切」となっている。従って、切替セクション1内の中間セクション15には、電源Aのトロリ線2により給電される状態になっている。

10

【0006】

図5（C）は、電車21が切替セクション1内に進入した場合の切替開閉器の開閉状態を示している。この状態では、切替開閉器51が「入 切」に切り替わり、切替開閉器52は「切」のままである。従って、切替セクション1内の中間セクション15は、一時的に停電状態となる。

【0007】

図5（D）は、電車21が切替セクション1内に進入し、エアセクション54に接近した場合の切替開閉器の開閉状態を示している。この状態では、切替開閉器51が「切」のままであり、切替開閉器52は「切 入」に切り替わる。従って、切替セクション1内の中間セクション15は、電源Bのトロリ線3により給電されるようになる。

20

【0008】

上記手順により、切替セクション1におけるトロリ線の切り替えが完了し、電車21がトロリ線3の区間に移動すると、切替セクション1の切替開閉器51、52の開閉状態は、図5（B）に示す状態に復旧する。

【0009】

なお、上述した中間セクション15の一時停電時間は、通常0.3秒程度である。このため、上述した従来の切替方式は、0.3秒停電切替と呼ばれている。

30

【0010】

ところで、上述した方法により電源の切り替えを行う際には、0.3秒程度の一時停電が発生し、電車の主変換器（コンバータまたはインバータなど）は一時停止し、また電車空調設備等が停止する。このため、これらの機器の再起動が必要となり、この再起動に時間を要するなどの問題があった。また、切替開閉器の開閉によるサージ電圧の発生により、電車内設備機器にノイズの影響を与える可能性もあった。

【0011】

また、停電復旧後に電車内の主変圧器（受電変圧器）に励磁突入電流が流れ、保護継電器の不要な動作を生じたり、電力機器などにストレスを与える可能性もあった。勿論、電車内の設備機器は安全上、上記ノイズやストレスに対して、十分に耐えるように設計されているものであるが、上記ノイズやストレスは基本的には発生させないようにすることが最良の対策であり、ノイズやストレスの発生を低減できれば、電車内の設備機器への負担が軽減され、コストダウンを図ることも可能になる。このため、上記ノイズやストレスの発生を抑止することが望まれていた。

40

【0012】

このような問題に対処するために、従来技術のき電切替制御装置が開示されている（特許文献1を参照）。この従来技術のき電切替制御装置は、列車に搭載された電気機器にショックを与えず、乗客の乗り心地を改善するき電切替制御装置を提供することを目的としている。

【0013】

50

この従来技術のき電切替制御装置の構成の概要を、図5を参照して説明すると、き電切替制御装置では、中間セクション15を電車21が未通過の状態では切替開閉器51のみ投入され、中間セクション15へ電源が供給されている。電車21が中間セクション15を通過する際、トロリ線2、3を接続したときに過電流が流れるおそれのない場合には、電車21の全体が中間セクション15に入ってから所定期間は両切替開閉器51、52が投入され、両トロリ線2、3から中間セクション15へ電源が供給される（並列き電）。所定期間後、切替開閉器52のみ投入状態にされ、電源Bのみから中間セクション15へ電源が供給される。この場合異電源切替時に停電しないため、列車に搭載された電気機器にショックを与えず、列車力行中であっても加速が中断されないのでも乗り心地がよいようにしている。

10

【0014】

また、現在、両切替開閉器51、52が投入された場合、異電源間における電位差により、切替開閉器51、52に流れる並列接続点通過電流の測定を、接続点に設置した交流電流センサ（CT）により行っている（例えば、非特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2000-203316号公報

【非特許文献1】持永芳文、安食浩司、兎束哲夫、"光CT入力形切替開閉器故障検出継電器の開発"、RTRI REPORT Vol.15、No.6、2001.6

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0015】

しかしながら、上記従来技術のき電切替制御装置では、異なる2電源の並列投入（切替開閉器による並列き電）の並列接続点通過電流を測定する際、現在の設備に加えて、並列接続点に対して新たにCTを設ける必要があり、設備の増加に対して費用がかかることとなる。

本発明はこのような問題を解決するためになされたもので、その目的は、電気鉄道における切替セクションにおいて、2つの切替開閉器の並列投入により異なる2つの電源を並列接続する際に、新たにCTを設けることなく、すでに設けられている既設のCTにより、切替開閉器に流れる並列接続点通過電流の電流値を検出する異電源並列接続点通過電流算出装置及び方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【0016】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出装置は、AT交流き電方式を用いた交流電気鉄道のA変電所（ASS）の電源Aのトロリ線と、前記A変電所（ASS）とは異なるB変電所（BSS）の電源Bのトロリ線との間のき電区分所（SP）に設けられる切替セクションにおいて、前記両トロリ線と絶縁して設けられた中間セクションに対し、前記電源Aのトロリ線と前記中間セクションとを接続又は開放するための第1の切替開閉器と、前記電源Bのトロリ線と前記中間セクションとを接続又は開放するための第2の切替開閉器とを並列投入した場合に流れる並列接続点通過電流を検出する異電源並列接続点通過電流算出装置であって、前記第1及び第2の切替開閉器それぞれの近傍において、レールを中性点としてき電線及びトロリ線間に設置されている単巻変圧器（AT）により、レールからき電線に吸い上げられる電流とこれによりトロリ線側に誘起される電流の電流値を、前記単巻変圧器の外線側に設けられた既設の交流電流センサにより測定する測定部と、A変電所側の単巻変圧器と前記B変電所側の単巻変圧器とに流れる電流の測定値を、算術式により演算し、前記並列接続点通過電流を求める並列接続点通過電流算出部とを有することを特徴とする。

40

【0017】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出装置は、前記算術式が、前記並列接続点に流れる電流に一致する電流値となる、各単巻変圧器に対応する交流電流センサの測定電流の合成の組み合わせを示す演算式であることを特徴とする。

【0018】

50

本発明の異電源並列接続点通過電流算出装置は、前記第1及び第2の切替開閉器の間に負荷としての電車が存在しない場合、前記並列接続点通過電流算出部が、前記A変電所側の単巻変圧器と前記B変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする。

【0019】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出装置は、前記A変電所及びB変電所間における上り線と下り線とが存在し、かつ該上り線及び下り線各々のき電線を接続するき電線タイ、上り線及び下り線各々のトロリ線を接続するトロリ線タイが存在する場合、前記並列接続点通過電流算出部が、前記上り線及び下り線それぞれのA変電所側の単巻変圧器と前記B変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする。

10

【0020】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出装置は、前記第1及び第2の切替開閉器の間に負荷としての電車が存在する場合、前記並列接続点通過電流算出部が、前記A変電所側の単巻変圧器と前記B変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする。

【0021】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出装置は、前記A変電所及びB変電所間における上り線と下り線とが存在し、かつ該上り線及び下り線各々のき電線を接続するき電線タイ、上り線及び下り線各々のトロリ線を接続するトロリ線タイが存在する場合、前記並列接続点通過電流算出部が、前記上り線及び下り線それぞれのA変電所側の単巻変圧器と前記B変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする。

20

【0022】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出装置は、異常電流値を示す閾値電流があらかじめ設定されており、前記並列接続点通過電流が該閾値電流を超えたか否かを検出する異常電流検出部をさらに有することを特徴とする。

【0023】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出方法は、AT交流き電方式を用いた交流電気鉄道のア変電所(ASS)の電源Aのトロリ線と、前記A変電所(ASS)とは異なるB変電所(BSS)の電源Bのトロリ線との間のき電区分所(SP)に設けられる切替セクションにおいて、前記両トロリ線と絶縁して設けられた中間セクションに対し、前記電源Aのトロリ線と前記中間セクションとを接続又は開放するための第1の切替開閉器と、前記電源Bのトロリ線と前記中間セクションとを接続又は開放するための第2の切替開閉器とを並列投入した場合に流れる並列接続点通過電流を検出する異電源並列接続点通過電流算出方法であって、測定部が前記第1及び第2の切替開閉器それぞれの近傍において、レールを中性点としてき電線及びトロリ線間に設置されている単巻変圧器(AT)により、レールからき電線に吸い上げられる電流とこれによりトロリ線側に誘起される電流の電流値を、前記単巻変圧器の外線側に設けられた既設の交流電流センサにより測定する測定過程と、並列接続点通過電流算出部が、前記A変電所側の単巻変圧器と前記B変電所側の単巻変圧器とに流れる電流の測定値を算術演算し、前記並列接続点通過電流を求める並列接続点通過電流算出過程とを有することを特徴とする。

30

40

【0024】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出方法は、前記算術式が、前記並列接続点に流れる電流に一致する電流値となる、各単巻変圧器に対応する交流電流センサの測定電流の合成の組み合わせを示す演算式であることを特徴とする。

【0025】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出方法は、前記第1及び第2の切替開閉器の間に負荷としての電車が存在しない場合、前記並列接続点通過電流算出部が、前記A変電所側の単巻変圧器と前記B変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算

50

する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする。

【0026】

本発明の異電源並列接続点通過電流算出方法は、前記第1及び第2の切替開閉器の間に負荷としての電車が存在する場合、前記並列接続点通過電流算出部が、前記A変電所側の単巻変圧器と前記B変電所側の単巻変圧器とに流れる電流値の極性を加味して算術演算する、前記並列接続点通過電流を求めることを特徴とする。

【発明の効果】

【0027】

以上説明したように、本発明によれば、電気鉄道におけるトロリ線の切替セクションにおいて、2つの切替開閉器の並列投入により異なる2つの変電所の電源を、中間セクションにおいて並列接続する際、新たに異電源間に流れる電流値を検出するためのCTを設けることなく、すでに設けられている既設のCTにより、切替開閉器に流れる並列接続点通過電流の電流値を、実験あるいは現地試験にて求めた算術式により演算して予測値として検出することが可能となるため、新たな設備を設けることなく、並列接続点通過電流を容易に算出することができるため、既存の設備に容易に応用することができるという効果が得られる。

10

【0028】

また、本発明によれば、正常時に流れる並列接続点通過電流を、実験あるいは現地試験にて求めた算術式により演算することで予測し、この予測された複数の電流値に対応して閾値電流値を設定しておくことにより、無負荷時（電車が存在しない状態）あるいは負荷時（電車が存在する状態）における事故の有無を判別することが可能となる効果がある。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、本発明の一実施形態による異電源並列接続点通過電流算出装置を図面を参照して説明する。図1は同実施形態による異電源並列接続点通過電流算出装置の構成例を示すブロック図である。本実施形態においては、既設の交流電流センサにより測定した電流値を、実際のき電回路を用いた実験により求めた後述の算術式に、各電流の方向を、すなわち電流値の極性を考慮して代入して加減処理を行うことで、既設の交流電流センサにより測定した電流値を合成することにより、異電源を並列接続した切替開閉器に流れる並列接続点通過電流を推定している。

30

本実施形態の異電源並列接続点通過電流算出装置200は、検出部201、並列接続点通過電流算出部202及び異常電流検出部203を有している。

上記異電源並列接続点通過電流算出装置200の各部の動作を明確とするため、並列接続点通過電流を測定する対象のAT交流き電方式を用いた交流電気鉄道のき電回路の説明を行う。また、以下の実施形態の説明において、下り線における異電源接続時における並列接続点通過電流の推定を例にとり、後述する算術式を用いて行うが、この算術式は上り線における異電源接続においても同様に用いることができ、上り線及び下り線の双方における異電源接続に対応できる。

【0030】

図1に示すように、変電所Aと変電所Bとの異電源の電源切替点であるき電区分所には、切替開閉器111、112、113、114とが設けられている。本実施形態において、き電回路は上り線及び下り線の複線として説明する。

40

変電所Aにおいて、電源の一端（正極側）にはトロリ線101が接続され、このトロリ線101が上り線のトロリ線101Uと下り線のトロリ線101Dとに分岐されている。

また、変電所Aにおいて、電源の他端（負極側）にはき電線102が接続され、このき電線102が上り線のき電線102Uと下り線のき電線102Dとに分岐されている。

【0031】

同様に、変電所Bにおいて、電源の一端（正極側）には、トロリ線100が接続され、このトロリ線100が上りのトロリ線100Uと下りのトロリ線100Dとに分岐されている。

50

また、変電所 B において、電源の他端（負極側）にはき電線 104 が接続され、このき電線 104 が上りのき電線 104 U と下り線のき電線 104 D とに分岐されている。

下り線において、トロリ線 101 D とトロリ線 100 D との間には、変電所 A と変電所 B との間にあるき電区分所における切替セクションとして、切替開閉器 111 及び 113 が中間セクションを挟んで直列に接続されて介挿されている。

同様に、上り線において、トロリ線 101 U とトロリ線 100 U との間には、変電所 A と変電所 B との間にあるき電区分所における切替セクションとして、切替開閉器 112 及び 114 が中間セクションを挟んで直列に接続されて介挿されている。

【0032】

単巻変圧器 11 は、巻線 11 T 及び 11 F から構成され、例えば、一端（巻線 11 T 側）が下り線のトロリ線 101 D に接続され、他端（巻線 11 F 側）が下り線のき電線 102 D に接続され、すなわちトロリ線 101 D 及びき電線 102 D 間に介挿され、中点（巻線 11 T 及び 11 F の接続点）が下り線のレール 120 D に接続され、レール 120 D に流れる電流をき電線 102 D へ吸い上げ、これによりトロリ線 101 D 側へレール 120 D から電流が誘起される。

10

単巻変圧器 12 は、巻線 12 T 及び 12 F から構成され、例えば、一端（巻線 12 T 側）が上り線のトロリ線 101 U に接続され、他端（巻線 12 F 側）が上り線のき電線 102 U に接続され、すなわちトロリ線 101 U 及びき電線 102 U 間に介挿され、中点（巻線 12 T 及び 12 F の接続点）が上り線のレール 120 U に接続され、レール 120 U に流れる電流をき電線 102 U へ吸い上げ、これによりトロリ線 101 U 側へレール 120 U から電流が誘起される。

20

【0033】

単巻変圧器 13 は、巻線 13 T 及び 13 F から構成され、例えば、一端（巻線 13 T 側）が下り線のトロリ線 100 D に接続され、他端（巻線 13 F 側）が下り線のき電線 104 D に接続され、すなわちトロリ線 100 D 及びき電線 104 D 間に介挿され、中点（巻線 13 T 及び 13 F の接続点）が下り線のレール 120 D に接続され、レール 120 D に流れる電流をき電線 104 D へ吸い上げ、これによりトロリ線 100 D 側へレール 120 D から電流が誘起される。

単巻変圧器 14 は、巻線 14 T 及び 14 F から構成され、例えば、一端（巻線 14 T 側）が上り線のトロリ線 100 U に接続され、他端（巻線 14 F 側）が上り線のき電線 104 U に接続され、すなわちトロリ線 100 U 及びき電線 104 U 間に介挿され、中点（巻線 14 T 及び 14 F の接続点）が上り線のレール 120 U に接続され、レール 120 U に流れる電流をき電線 104 U へ吸い上げ、これによりトロリ線 100 U 側へレール 120 U から電流が誘起される。

30

【0034】

交流電流センサ CT 11 T は、上記巻線 11 T の外線側に配設されており、巻線 11 T に流れる電流、すなわちレール 120 D からトロリ線 101 D に流れる吸い上げ電流を測定する。

交流電流センサ CT 11 F は、上記巻線 11 F の外線側に配設されており、巻線 11 F に流れる電流、すなわちレール 120 D からき電線 102 D に流れる吸い上げ電流を測定する。

40

交流電流センサ CT 12 T は、上記巻線 12 T の外線側に配設されており、巻線 12 T に流れる電流、すなわちレール 120 U からトロリ線 101 U に流れる吸い上げ電流を測定する。

交流電流センサ CT 12 F は、上記巻線 12 F の外線側に配設されており、巻線 12 F に流れる電流、すなわちレール 120 U からき電線 102 U に流れる吸い上げ電流を測定する。

【0035】

交流電流センサ CT 13 T は、上記巻線 13 T の外線側に配設されており、巻線 13 T に流れる電流、すなわちレール 120 D からトロリ線 100 D に流れる吸い上げ電流を測

50

定する。

交流電流センサCT13Fは、上記巻線13Fの外線側に配設されており、巻線13Fに流れる電流、すなわちレール120Dからき電線104Dに流れる吸い上げ電流を測定する。

交流電流センサCT14Tは、上記巻線14Tの外線側に配設されており、巻線14Tに流れる電流、すなわちレール120Uからトロリ線100Uに流れる吸い上げ電流を測定する。

交流電流センサCT14Fは、上記巻線14Fの外線側に配設されており、巻線14Fに流れる電流、すなわちレール120Uからき電線104Uに流れる吸い上げ電流を測定する。

上述の各巻線の外線側に配設とは、単巻変圧器の巻線と、き電線及びトロリ線とを接続する配線（外線）において単巻変圧器の近傍に配設されていることを示している。

【0036】

検出部201は、並列接続点に流れる通過電流を計算するため、上記交流電流センサCT11T、CT11F、CT12T、CT12F、CT13T、CT13F、CT14T及びCT14Fの測定した電流値を、周期的あるいは制御指示があった場合に検出する。

並列接続点通過電流算出部202は、上述したように、周期的あるいは制御指示が入力されると、外部より電車が中間セクションに存在する情報が入力されているか否かにより、後述する対応する各式を選択し、検出部201から入力される各交流電流センサの電流値を用いて、切替開閉器111及び113と、切替開閉器112及び114とのいずれか一方、あるいは双方を介して流れる、すなわち異電源間に流れる並列接続点通過電流の算出を行う。ここで、並列接続点通過電流算出部202は、切替セクションに負荷が存在しない場合、後述する(1)式～(5)式のいずれかを選択し、一方、切替セクションに負荷が存在する場合、(6)式～(9)式のいずれかを選択して、並列接続点通過電流の算出を行う。

【0037】

上述した(1)式～(5)式は、上下線（複線）間におけるタイの無い場合（図1）、タイが存在する場合（図2）における模擬回路（後述する図1及び図2）により、き電区分所（SP）において、無負荷時に異電源を並列接続した際を実験し、この実験における電流分布の結果から得た電流経路における実験式（算術式）である。すなわち、図1においては、上下線間にタイがない場合、き電区分所を通過する通過電流 I_{sw0} は接続点側（下り線における切替開閉器111側から切替開閉器113側）の電路にほぼ通過電流 I_{sw0} として流れ、この通過電流 I_{sw0} の電流値と、また各単巻変圧器に流れる電流値を検出し、いずれの単巻変圧器の巻線の電流値を用いれば、測定した上記通過電流 I_{sw0} を得ることができるかを評価し、この評価結果により各交流電流センサの測定値を(1)式～(5)式のいずれかの算術式により演算することを求めた。ここで、き電回路において、各単巻変圧器に流れる電流は、既設の上記交流電流センサCT11T、CT11F、CT12T、CT12F、CT13T、CT13F、CT14T及びCT14Fにより検出することができる。そして、実際のき電回路において、切替開閉器を介して流れる通過電流 I_{sw0} の電流値を電流センサにより測定し、また既設された上記各交流電流センサに流れる電流値を検出し、この検出した電流を各算術式に代入して算出された電流値とを比較し、検出した電流値と、算術式により計算した結果とがほぼ等しいことを確認し、実験式としての(1)式～(5)式の算術式が正しいことを検証している。

【0038】

すなわち、図1に示すように、トロリ線及びレール間に負荷がない無負荷時に上下線間にタイが存在しない場合、各巻線の外線側に設置されている交流電流センサCTの電流値単独、あるいは各巻線の外線側に設置されている交流電流センサCTの電流値を組み合わせ合成（極性を加味、すなわち電流値の極性を考慮して算術）することにより、通過電流 I_{sw0} を推定できることが判り、各交流電流センサから得られる電流の組み合わせと

10

20

30

40

50

して(1)式～(5)式を生成し、これら巻線11T、11F、12T、12F、13T、13F、14T及び14Fの外線に設置された交流電流センサを用いて測定した電流値を、(1)式～(5)式のいずれかの算術式に対し代入することにより、容易に異電源A及びB間を流れる電流を推定することができる。

【0039】

一方、図2に示すように、トロリ線及びレール間に負荷がない無負荷時に上下線間にタイが存在する場合、変電所(SS)とき電区分所(SP)との間の外線であるトロリ線(T線)及びき電線(F線)に下り線で並列接続時には、図2の様に流れることが実験により分かった。

上記タイは、各巻線において、配置された交流電流センサCTと、単巻変圧器の巻線との間に設けられている。

【0040】

したがって、図2において、切替開閉器111及び113双方がオン状態の場合に、巻線11T及び巻線13T(下り線)に接続された外線には、他の巻線11F、12T、12F、13F、14T及び14Fに比較して約3倍の電流が流れる。ここで、他の巻線11F、12T、12F、13F、14T及び14Fにはほぼ同一の電流が流れていることが実験結果から得られている。そのため、巻線11T及び巻線13Tに流れる電流値のいずれかまたは双方と、巻線11F、12T、12F、13F、14T及び14Fに流れる電流値のいずれかあるいは組み合わせとを合成することにより、通過電流 I_{sw0} を推定できる

【0041】

すなわち、図2に示すように、トロリ線及びレール間に負荷がない無負荷時に上下線間にタイが存在する場合、巻線11Tと巻線13Tとにほぼ同一の電流が流れ、巻線11Fと巻線13Fとにほぼ同一の電流が流れ、巻線12Tと巻線14Tとにほぼ同一の電流が流れ、巻線12Fと巻線14Fとにもほぼ同一の電流が流れることが判り、各交流電流センサから得られる電流の組み合わせとして(1)式～(5)式を生成し、これら巻線11T、11F、12T、12F、13T、13F、14T及び14Fの外線に接続された交流電流センサを用いて測定した電流値を、(1)式～(5)式のいずれかの算術式に対し代入することにより、容易に異電源A及びB間を流れる電流を推定することができる。また、(1)式～(5)式から、交流電流センサCTの測定した電流値を合成して並列接続点に流れる電流の電流値を推定する、交流電流センサCTの測定値の組み合わせのパターンにおいて、いずれの算術式(合成を行う算術式)パターンを用いても良い。

【0042】

また、図3及び図4に示すように、トロリ線及びレール間に負荷が存在する場合も同様に、模擬回路の評価を行い(6)式～(9)式の算術式を生成した。ここで、(6)式～(9)式から、交流電流センサCTの測定した電流値を合成して並列接続点に流れる電流を推定する、交流電流センサCTの測定値の組み合わせのパターンにおいて、いずれの算術式パターンを用いても良い。

回路実験結果から、図3に示すように、下り線において、トロリ線及びレール間に負荷が有り、タイが存在しない場合には、異電源並列時には通過電流の1つである $I_{swL1-1} = I_{swSS1}$ により各巻線11T及び11Fに流れる電流がほぼ同一である。同様のケースにおいて通過電流の1つである $I_{swL3-1} = I_{swSS2}$ により、各巻線13T及び13Fに流れる電流の電流値がほぼ同一である。また、下り線の場合に加えて上り線での異電源並列時も考慮すると、 I_{swL1-1} は各巻線11T及び11Fに流れる電流の電流値と、巻線12T及び12Fに流れる電流の電流値とを合成すると得られる。同様に、 $I_{swL3-1} = I_{swSS2}$ についても13T、13F、14T、14Fに流れる電流を合成する事で上下線どちらにおいて異電源並列を行った場合でも $I_{swL3-1} = I_{swSS2}$ は得られる。

【0043】

また、図4に示すように、トロリ線及びレール間に負荷がある負荷時においてタイが存

10

20

30

40

50

在する場合、巻線 1 1 T に流れる電流は、巻線 1 1 F、1 2 T、1 2 F に流れる各電流値を合成したものとほぼ等しい。ここで、巻線 1 1 F、1 2 T、1 2 F に流れる電流の電流値はほぼ等しい。すなわち、巻線 1 1 F、1 2 T、1 2 F に流れる電流の電流値は巻線 1 1 T に流れる電流の電流値のほぼ 1 / 3 である。

また、巻線 1 3 T に流れる電流は、巻線 1 3 F、1 4 T、1 4 F に流れる各電流値を合成したものとほぼ等しい。ここで、巻線 1 3 F、1 4 T、1 4 F に流れる電流の電流値はほぼ等しい。すなわち、巻線 1 3 F、1 4 T、1 4 F に流れる電流の電流値は巻線 1 3 T に流れる電流の電流値のほぼ 1 / 3 である。

このため、切替開閉器に対して一方の電源 A 側の単巻変圧器 1 1 の巻線 1 1 F 及び単巻変圧器 1 2 の巻線 1 2 F の組合せ ((6) 式)、あるいは切替開閉器に対して一方の電源 B 側の単巻変圧器 1 3 の巻線 1 3 F 及び巻線 1 4 F の組合せ ((7) 式) などが生成されている。図 4 では $I_{S W L 1 - 2} = I_{S W S S 1}$ 、 $I_{S W L 3 - 2} = I_{S W S S 2}$ である。

【 0 0 4 4 】

上述した理由により、これら (1) 式 ~ (9) 式の算術式は、図 1 から図 4 において異電源を並列接続した際に、各交流電流センサ C T の測定結果の電流値を代入することにより、き電区分所を通過する通過電流 $I_{S W O}$ 、 $I_{S W S S 1}$ 、 $I_{S W S S 2}$ を推定することが可能である。また、(1) 式 ~ (9) 式の算術式は、実測及び模擬回路実験結果による各交流電流センサの流れる電流方向に応じた極性を加味し、すなわち電流値を合成する際に電流方向の極性が考慮されるように構成されている。

上述したように、(1) 式 ~ (9) 式の算術式は、実測及び模擬回路実験において、上り線及び下り線のいずれの並列接続点に流れる電流にも一致する電流値となる、各単巻変圧器に対応する交流電流センサ C T の測定電流の合成の組み合わせを示している。

異常電流検出部 2 0 3 は、上記並列接続点通過電流算出部 2 0 2 の算出する並列接続点通過電流が予め設定した閾値電流を超えた場合、異常な電流が流れているとして事故などの判定結果として出力する。

以下、各状態に対応した並列接続点通過電流 $I_{S W O}$ 、 $I_{S W S S 1}$ 、 $I_{S W S S 2}$ の算出について説明する。

【 0 0 4 5 】

< 無負荷 (電車が存在しない) 状態における並列接続点通過電流 $I_{S W O} = I_{S W O 1} = I_{S W O 2}$ の算出 >

図 1 のき電回路において、S S (または S P) において、下り線のトロリ線 1 0 1 D とトロリ線 1 0 0 D との間に設けられた切替開閉器 1 1 1 及び 1 1 3 双方がオン状態 (投入状態) となり、変電所 A 及び変電所 B それぞれの異電源が接続状態となった際、トロリ線 1 0 1 D あるいは 1 0 0 D と、レール 1 2 0 D 間に電車が存在しない (すなわち、中間セクションに電車が存在しない) 無負荷である場合、検出部 2 0 1 は交流電流センサ C T 1 1 F 及び C T 1 2 F それぞれの測定した電流値 $I_{C T 1 1 F 0}$ 及び $I_{C T 1 2 F 0}$ を検出し、検出された電流値 $I_{C T 1 1 F 0}$ 及び $I_{C T 1 2 F 0}$ を、並列接続点通過電流算出部 2 0 2 へ出力する。

ここで、電流値 $I_{C T 1 1 F 0}$ は、無負荷において、異電源並列接続された際に交流電流センサ C T 1 1 F に流れる電流である。

また、電流値 $I_{C T 1 2 F 0}$ は、無負荷において、異電源並列接続された際に交流電流センサ C T 1 2 F に流れる電流である。

【 0 0 4 6 】

次に、図 2 は、き電回路の構成が図 1 と同様であるが、図 1 のき電回路に対し、き電線 1 0 2 D 及び 1 0 2 U 間にき電線タイ 1 0 2 T、き電線 1 0 4 D 及び 1 0 4 U 間にき電線タイ 1 0 4 T、トロリ線 1 0 1 D 及び 1 0 1 U 間にトロリ線タイ 1 0 1 T、トロリ線 1 0 0 D 及び 1 0 0 U 間にトロリ線タイ 1 0 0 T が設けられている。

図 2 のき電回路において、S S (または S P) において、下り線のトロリ線 1 0 1 D とトロリ線 1 0 0 D との間に設けられた切替開閉器 1 1 1 及び 1 1 3 双方がオン状態となり

、変電所 A 及び変電所 B それぞれの異電源が接続状態となった際、トロリ線 101D あるいは 100D と、レール 120D 間に電車が存在しない（すなわち、中間セクションに電車が存在しない）無負荷である場合、検出部 201 は交流電流センサ CT11F、CT12F、CT11T、CT12T それぞれの測定した電流値 I_{CT11FO} 、 I_{CT11TO} 、 I_{CT12FO} 及び I_{CT12TO} を検出し、検出された電流値 I_{CT11FO} 、 I_{CT11TO} 、 I_{CT12FO} 及び I_{CT12TO} を、並列接続点通過電流算出部 202 へ出力する。

ここで、電流値 I_{CT11TO} は、無負荷において、異電源並列接続された際に交流電流センサ CT11T に流れる電流である。

また、電流値 I_{CT12TO} は、無負荷において、異電源並列接続された際に交流電流センサ CT12T に流れる電流である。

後述する (1)、(2)、(3)、(4) 及び (5) 式は、SP における異電源並列接続が上り線及び下り線のいずれにおいて為されたとしても、上下線のトロリ線及び上下線のき電線のタイの有無に関係なく用いることができる。

【0047】

そして、並列接続点通過電流算出部 202 は、外部より電車 200 が中間セクションに存在する情報が入力されていない場合、入力された電流値 I_{CT11FO} 及び I_{CT12FO} により、下記 (1) 式により、並列接続点通過電流 I_{SWO1} を算出する。

ここで、検出部 201 は交流電流センサ CT11F 及び CT12F それぞれの測定した電流値 I_{CT11FO} 及び I_{CT12FO} を検出し、検出された電流値 I_{CT11FO} 及び I_{CT12FO} を、並列接続点通過電流算出部 202 へ出力する。

【0048】

【数 1】

$$I_{SWO1} = \pm 2 (I_{CT11FO} + I_{CT12FO}) \quad \dots (1)$$

【0049】

また、以下の (2) 式によっても、上記並列接続点通過電流 I_{SWO1} を算出することができ、この場合、検出部 201 は交流電流センサ CT13F 及び CT14F それぞれの測定した電流値 I_{CT13FO} 及び I_{CT14FO} を検出し、検出された電流値 I_{CT13FO} 及び I_{CT14FO} を、並列接続点通過電流算出部 202 へ出力する。

ここで、電流値 I_{CT13FO} は、無負荷において、異電源並列接続された際に交流電流センサ CT13F に流れる電流である。

また、電流値 I_{CT14FO} は、無負荷において、異電源並列接続された際に交流電流センサ CT14F に流れる電流である。

並列接続点通過電流算出部 202 は、入力された電流値 I_{CT13FO} 及び I_{CT14FO} により、下記 (2) 式により、並列接続点通過電流 I_{SWO1} を算出する。

【0050】

【数 2】

$$I_{SWO1} = \mp 2 (I_{CT13FO} + I_{CT14FO}) \quad \dots (2)$$

【0051】

また、以下の (3) 式によっても、上記並列接続点通過電流 I_{SWO1} を算出することができ、この場合、検出部 201 は交流電流センサ CT11F 及び CT12F、CT13F 及び CT14F それぞれの測定した電流値 I_{CT11FO} 、 I_{CT12FO} 、 I_{CT13FO} 及び I_{CT14FO} を検出し、検出された電流値 I_{CT11FO} 、 I_{CT12FO} 、 I_{CT13FO} 及び I_{CT14FO} を、並列接続点通過電流算出部 202 へ出力する。

並列接続点通過電流算出部 202 は、入力された電流値 I_{CT11FO} 、 I_{CT12FO} 、 I_{CT13FO} 及び I_{CT14FO} により、下記 (3) 式により、並列接続点通過電

10

20

30

40

50

流 I_{SWO1} を算出する。

【0052】

【数3】

$$I_{SWO1} = \pm I_{CT11FO} \pm I_{CT12FO} \mp I_{CT13FO} \mp I_{CT14FO} \quad \dots (3)$$

【0053】

(1)式における + / - は、電流の極性を示しており、変電所 A から変電所 B に対して流れる並列接続点通過電流 I_{SWO1} を正 (+) とした時に、「+」とし、係数「2」が乗じられているのはセンサ2つから算出されているため、(3)式と電流値を合わせるためである。 10

(2)式における - / + は、電流の極性を示しており、変電所 A から変電所 B に対して流れる並列接続点通過電流 I_{SWO1} を正 (+) とした時に、「-」とし、係数「2」が乗じられているのはセンサ2つから算出されているため、(3)式と電流値を合わせるためである。

(3)式における + / - は、電流の極性を示しており、変電所 A から変電所 B に対して流れる並列接続点通過電流 I_{SWO1} を正 (+) とした時に、 I_{CT11FO} 、 I_{CT12FO} は +、 I_{CT13FO} 、 I_{CT14FO} は - とし、電流の流れる方向と極性を合わせて算術演算している。これにより極性は加味される。

(1)~(3)式を用いる場合、並列接続点通過電流算出部202は、各交流電流センサ $CT11F$ 及び $CT12F$ 、 $CT13F$ 及び $CT14F$ が出力する各電流値の極性を加味して算術演算する、並列接続点通過電流 I_{SWO1} を算出している。 20

【0054】

また、図1において、電流 I_{101} は交流電流センサ CT を介さずに、直接に切替開閉器 111 及び 113 を流れる電流であり、電流 I_{101} は「単巻変圧器 11 の巻線 $11T$ 」「トロリ線 $101D$ 」「切替開閉器 111 」「切替開閉器 113 」「トロリ線 $100D$ 」「単巻変圧器 13 の巻線 $13T$ 」「レール $120D$ 」の経路を流れる循環電流である。

【0055】

そして、並列接続点通過電流算出部202は、外部より電車200が中間セクションに存在する情報が入力されていない場合、入力された電流値 I_{CT11FO} 、 I_{CT11TO} 、 I_{CT12FO} 及び I_{CT12TO} により、下記(4)式により、並列接続点通過電流 I_{SWO2} を算出する。図2の場合も同様にして、(4)式を用いることができる。ここで $I_{SWO1} = I_{SWO2} = I_{SWO}$ である。 30

【0056】

【数4】

$$I_{SWO2} = \pm (I_{CT11TO} + I_{CT11FO} + I_{CT12TO} + I_{CT12FO}) \quad \dots (4)$$

【0057】

また、図1及び図2において、以下の(5)式によっても、上記並列接続点通過電流 I_{SWO2} を算出することができ、この場合、検出部201は交流電流センサ $CT13F$ 及び $CT14F$ 、 $CT13T$ 及び $CT14T$ それぞれの測定した電流値 I_{CT13FO} 、 I_{CT14FO} 、 I_{CT13TO} 及び I_{CT14TO} を検出し、検出された電流値 I_{CT13FO} 、 I_{CT14FO} 、 I_{CT13TO} 及び I_{CT14TO} を、並列接続点通過電流算出部202へ出力する。

ここで、電流値 I_{CT13TO} は、無負荷において、異電源並列接続された際に交流電流センサ $CT13T$ に流れる電流である。

また、電流値 I_{CT14TO} は、無負荷において、異電源並列接続された際に交流電流センサ $CT14T$ に流れる電流である。 40

10

20

30

40

50

そして、並列接続点通過電流算出部 202 は、入力された電流値 I_{CT13FO} 、 I_{CT14FO} 、 I_{CT13TO} 及び I_{CT14TO} により、下記 (5) 式により、並列接続点通過電流 I_{SWO2} を算出する。ここで、(4) 式及び (5) 式を組み合わせた算術式により表すことができる式を用いることができる。つまり、それぞれいずれの交流電流センサ CT を用いるかにより、算術式を変更して用いても良い。

【0058】

【数 5】

$$I_{SWO2} = \mp (I_{CT13TO} + I_{CT13FO} + I_{CT14TO} + I_{CT14FO}) \quad \dots (5)$$

10

【0059】

(4) 式における + / - は、算出される電流の極性を示しており、変電所 A から変電所 B に対して流れる並列接続点通過電流 I_{SWO2} を正 (+) とした時に、「+」としている。

(5) 式における - / + は、算出される電流の極性を示しており、変電所 A から変電所 B に対して流れる並列接続点通過電流 I_{SWO2} を正 (+) とした時に、「-」としている。

図 2 において、電流 I_{102} は、交流電流センサ CT を介さずに、直接に切替開閉器 111 及び 113 を流れる電流である。

また、図 2 における電流 I_{202} は、交流電流センサ CT 12T 及びトロリ線タイ 101T を介して直接に切替開閉器 111 及び 113 を流れる電流である。

20

【0060】

図 2 における電流 I_{102} は「単巻変圧器 11 の巻線 11T」「トロリ線 101D」「切替開閉器 111」「切替開閉器 113」「トロリ線 100D」「単巻変圧器 13 の巻線 13T」「レール 120D」の経路を流れる循環電流である。

図 2 における電流 I_{202} は「単巻変圧器 12 の巻線 12T」「トロリ線タイ 101T」「トロリ線 101D」「切替開閉器 111」「切替開閉器 113」「トロリ線 100D」「トロリ線タイ 100T」「単巻変圧器 14 の巻線 14T」「レール 120U」の経路を流れる循環電流である。

【0061】

上述したように、図 1 及び図 2 に記載されたき電回路に流れる電流分布より、各交流電流センサ CT により測定される電流値から、無負荷時に並列接続点通過電流を求める上記 (1) 式から (5) 式を得ることができることを見いだした。

ここで、無負荷時における並列接続点通過電流を、各交流電流センサ CT にて測定した電流値から (1) 式 ~ (5) 式のいずれかから算出した結果と、実際に測定した結果とを比較して、ほぼ等しいことが観測されている。

図 1 及び図 2 における無負荷時の下り線における異電源並列接続時においては上下線のタイ無し及びタイ有りの場合、切替セクション (切替開閉器 111 及び 113) に、並列接続点通過電流が流れている。

【0062】

これにより、変電所 A の電源から切替セクションを通過して変電所 B の電源へのトロリ線に対し、大きさ・方向が等しい電流が流れ、その帰路であるき電線にも大きさ方向が等しい電流が流れ、それらは図 1 及び図 2 から判るように、各単巻変圧器の外線側に設けられた交流電流センサを経由して流れている。

したがって、切替セクションを流れる各電流の経路にある交流電流センサの測定した電流値を、(1) 式から (5) 式のように算術することにより、切替セクションを流れる並列接続点通過電流として算出することができる。

【0063】

< 負荷 (電車が存在する) 状態の場合の並列接続点通過電流 I_{SWSS1} 、 I_{SWSS2} の算出 >

30

40

50

図3は、図1と同様な構成であるが、切替開閉器111及び113間の中間セクションと、レール120Dとの間に電車200が存在する(すなわち、中間セクションに電車が存在する)場合を示している。

また、図4は図3と同様な構成であり、切替開閉器111及び113間のトロリ線と、レール120Dとの間に電車200が存在する場合を示しているが、き電線102D及び102U間にき電線タイ102T、き電線104D及び104U間にき電タイ104T、トロリ線101D及び101U間にトロリ線タイ101T、トロリ線100D及び100U間にトロリ線タイ100Tが設けられている。

切替開閉器111及び113間のトロリ線と、レール120Dとの間に負荷がある場合において、切替開閉器111に流れる並列接続点通過電流 $I_{SWS S_1}$ と、切替開閉器113に流れる並列接続点通過電流 $I_{SWS S_2}$ との算出を説明する。

後述する(6)、(7)、(8)及び(9)式は、SPにおける異電源並列接続が上り線及び下り線のいずれにおいて為されたとしても、上下線のトロリ線及び上下線のき電線のタイの有無に関係なく用いることができる。

【0064】

図3のき電回路において、SS(またはSP)において、下り線のトロリ線101Dとトロリ線100Dとの間に設けられた切替開閉器111及び113双方がオン状態となり、変電所A及び変電所Bそれぞれの異電源が接続状態となった際、切替開閉器111及び113間のトロリ線と、レール120Dとの間に電車200が存在する場合、検出部201は交流電流センサCT11F及びCT12Fそれぞれの測定した電流値 $I_{CT 11 F}$ 及び $I_{CT 12 F}$ を検出し、検出された電流値 $I_{CT 11 F}$ 及び $I_{CT 12 F}$ を、並列接続点通過電流算出部202へ出力する。

また同様に、検出部201は交流電流センサCT13F及びCT14Fそれぞれの測定した電流値 $I_{CT 13 F}$ 及び $I_{CT 14 F}$ を検出し、検出された電流値 $I_{CT 13 F}$ 及び $I_{CT 14 F}$ を、並列接続点通過電流算出部202へ出力する。

【0065】

この図3及び図4のき電回路において、電流値 $I_{CT 11 F}$ は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、異電源並列接続された際に交流電流センサCT11Fに流れる電流である。

この図3及び図4のき電回路において、電流値 $I_{CT 12 F}$ は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、異電源並列接続された際に交流電流センサCT12Fに流れる電流である。

この図3及び図4のき電回路において、電流値 $I_{CT 13 F}$ は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、異電源並列接続された際に交流電流センサCT13Fに流れる電流である。

この図3及び図4のき電回路において、電流値 $I_{CT 14 F}$ は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、異電源並列接続された際に交流電流センサCT14Fに流れる電流である。

【0066】

そして、図3及び図4のき電回路において、並列接続点通過電流算出部202は、外部より電車200が中間セクションに存在する情報が入力されている場合、入力された電流値 $I_{CT 11 F}$ 、 $I_{CT 12 F}$ 、 $I_{CT 13 F}$ 及び $I_{CT 14 F}$ により、下記(6)及び(7)式各々により、それぞれ並列接続点通過電流 $I_{SWS S_1}$ 、並列接続点通過電流 $I_{SWS S_2}$ を算出する。

この図3及び図4のき電回路において、並列接続点通過電流 $I_{SWS S_1}$ または並列接続点通過電流 $I_{SWS S_2}$ は、横流(すなわち、切替開閉器111及び113間を通過する電流)を含む。また、 $I_{SWS S_1}$ 、 $I_{SWS S_2}$ はそれぞれの電源元の変電所から、並列接続点に向かう方向を正(+)とした。

【0067】

10

20

30

40

【数 6】

$$I_{SWSS1} = 2(I_{CT11F} + I_{CT12F}) \quad \dots (6)$$

【0068】

【数 7】

$$I_{SWSS2} = 2(I_{CT13F} + I_{CT14F}) \quad \dots (7)$$

【0069】

10

また、図 3 及び図 4 のき電回路において、以下の (8) 式及び (9) 式により、並列接続点通過電流 I_{SWSS1} または並列接続点通過電流 I_{SWSS2} を求めることができる。

この場合、検出部 201 は交流電流センサ $CT11F$ 、 $CT12F$ 、 $CT13F$ 、 $CT14F$ 、 $CT11T$ 、 $CT12T$ 、 $CT13T$ 及び $CT14T$ それぞれの測定した電流値 I_{CT11F} 、 I_{CT12F} 、 I_{CT13F} 、 I_{CT14F} 、 I_{CT11T} 、 I_{CT12T} 、 I_{CT13T} 及び I_{CT14T} を検出し、検出された電流値 I_{CT11F} 、 I_{CT12F} 、 I_{CT13F} 、 I_{CT14F} 、 I_{CT11T} 、 I_{CT12T} 、 I_{CT13T} 及び I_{CT14T} を、並列接続点通過電流算出部 202 へ出力する。

【0070】

20

この図 3 及び図 4 のき電回路において、電流値 I_{CT11T} は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、異電源並列接続された際に交流電流センサ $CT11T$ に流れる電流である。

図 3 及び図 4 のき電回路において、電流値 I_{CT12T} は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、異電源並列接続された際に交流電流センサ $CT12T$ に流れる電流である。

図 3 及び図 4 のき電回路において、電流値 I_{CT13T} は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、異電源並列接続された際に交流電流センサ $CT13T$ に流れる電流である。

図 3 及び図 4 のき電回路において、電流値 I_{CT14T} は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、異電源並列接続された際に交流電流センサ $CT14T$ に流れる電流である。

30

【0071】

そして、図 3 及び図 4 のき電回路において、並列接続点通過電流算出部 202 は、入力された電流値 I_{CT11F} 、 I_{CT12F} 、 I_{CT13F} 、 I_{CT14F} 、 I_{CT11T} 、 I_{CT12T} 、 I_{CT13T} 及び I_{CT14T} により、下記 (8) 式及び (9) 各々により、それぞれ並列接続点通過電流 I_{SWSS1} 、並列接続点通過電流 I_{SWSS2} を算出する。

ここで、図 3 及び図 4 において、横流、すなわち並列接続点通過電流 I_{SW0} が流れていない、負荷のみによる電流分布を示しているが、横流を加味した (含ませた) 場合においては、負荷のみによる電流分布に横流のみの場合の電流分布を重ね合わせる形となる。従って、この時の I_{SWSS1} 、 I_{SWSS2} は横流を含んだ値として得られる。

40

【0072】

【数 8】

$$I_{SWSS1} = I_{CT11T} + I_{CT11F} + I_{CT12T} + I_{CT12F} \quad \dots (8)$$

【0073】

【数 9】

$$I_{SWSS2} = I_{CT13T} + I_{CT13F} + I_{CT14T} + I_{CT14F} \quad \dots (9)$$

【0074】

また、図3において、電流 I_{SWL1-1} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続し、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在しない場合に、変電所A側から異電源接続点に対し、横流がない場合に流れ込む電流である（経路として、「変電所A」「トロリ線101D」「切替開閉器111」「電車200」「レール120D」「単巻変圧器11の巻線11F」「き電線102D」「変電所A」）。 10

電流 I_{SWL3-1} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続し、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在しない場合に、変電所B側から異電源接続点に対し、横流がない場合に流れ込む電流である（経路として、「変電所B」「トロリ線100D」「切替開閉器113」「電車200」「レール120D」「単巻変圧器13の巻線13F」「き電線104D」「変電所B」）。

【0075】

図3における電流 I_{1L1} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在しない場合、交流電流センサCTを介さずに直接に切替開閉器111に流れる電流である（横流がない場合）。 20

図3における電流 I_{3L1} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在しない場合、交流電流センサCTを介さずに直接に切替開閉器113に流れる電流である（横流がない場合）。

図3における電流 I_{1L1} は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在せず、かつ横流がない場合、「トロリ線101D」「切替開閉器111」「電車200」「レール120D」「単巻変圧器11の巻線11T」「トロリ線101D」の経路を流れる循環電流である。 30

図3における電流 I_{3L1} は、トロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在せず、かつ横流がない場合、「トロリ線100D」「切替開閉器113」「電車200」「レール120D」「単巻変圧器13の巻線13T」「トロリ線100D」の経路を流れる循環電流である。

また、以上の事項は上り線においても同様に考えることができる。

【0076】

一方、図4において、電流 I_{SWL1-2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続状態とし、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在し、かつ横流がない場合に、変電所A側から異電源接続点に対し、流れ込む電流である（経路として、「変電所A」「トロリ線101D」「切替開閉器111」「電車200」「レール120D」「単巻変圧器11の巻線11F」「き電線102D」「変電所A」と、「変電所A」「トロリ線101D」「切替開閉器111」「電車200」「レール120D」「レール120U」「単巻変圧器12の巻線12F」「き電線102U」「変電所A」との2系統）。 40

電流 I_{SWL3-2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続状態とし、上下線のトロリ線間、及び下り線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在し、かつ横流がない場合に、変電所B側 50

から異電源接続点に対し、流れ込む電流である（経路として、「変電所 B」「トロリ線 100D」「切替開閉器 113」「電車 200」「レール 120D」「単巻変圧器 13 の巻線 13F」「き電線 104D」「変電所 B」と、「変電所 B」「トロリ線 100D」「切替開閉器 113」「電車 200」「レール 120D」「レール 120U」「単巻変圧器 14 の巻線 14F」「き電線 104U」「変電所 B」との 2 系統）。

【0077】

図 4 における電流 I_{1L2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在する場合、交流電流センサ CT を介さずに直接に切替開閉器 111 に流れる電流である（横流がない場合）。

10

図 4 における電流 I_{3L2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在する場合、交流電流センサ CT を介さずに直接に切替開閉器 113 に流れる電流である（横流がない場合）。

図 4 における電流 I_{2L2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在する場合、トロリ線タイを介して切替開閉器 111 に流れる電流である（横流がない場合）。

図 4 における電流 I_{4L2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在する場合、トロリ線タイを介して切替開閉器 113 に流れる電流である（横流がない場合）。

20

【0078】

図 4 における電流 I_{1L2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在し、かつ横流がない場合、「トロリ線 101D」「切替開閉器 111」「電車 200」「レール 120D」「単巻変圧器 11 の巻線 11T」「トロリ線 101D」の経路を流れる循環電流である。

図 4 における電流 I_{2L2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在し、かつ横流がない場合、「トロリ線 101D」「切替開閉器 111」「電車 200」「レール 120D」「レール 120U」「単巻変圧器 12 の巻線 12T」「トロリ線タイ 101T」「トロリ線 101D」の経路を流れる循環電流である。

30

【0079】

図 4 における電流 I_{3L2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在し、かつ横流がない場合、「トロリ線 100D」「切替開閉器 113」「電車 200」「レール 120D」「単巻変圧器 13 の巻線 13T」「トロリ線 100D」の経路を流れる循環電流である。

40

図 4 における電流 I_{4L2} は、下り線におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のトロリ線間、及び上下線のき電線間にそれぞれトロリ線タイ、き電線タイが存在し、かつ横流がない場合、「トロリ線 100D」「切替開閉器 113」「電車 200」「レール 120D」「レール 120U」「単巻変圧器 14 の巻線 14T」「トロリ線タイ 100T」「トロリ線 100D」の経路を流れる循環電流である。

また、以上の事項は上り線においても同様に考えることができる。

【0080】

また、図 1 及び図 2 に記載されたき電回路に流れる電流を図 3 及び図 4 と重ね合わせる

50

(重ね合わせて合成する)ことにより、横流と負荷電流が加味された並列接続点通過電流を求める上記(6)式から(9)式を得ることができた。

ここで、有負荷時における並列接続点通過電流を、各交流電流センサCTにて測定した電流値から(6)式~(9)式のいずれかから算出した結果と、実際に測定した結果とを比較して、ほぼ等しいことが観測されている。

図3, 図4におけるトロリ線及びレール間に負荷が存在する状態において、下り線にて異電源を並列接続した時、上下線のタイ無し及び上下タイ有の場合、切替セクション(切替開閉器111及び113)に、並列接続点通過電流が流れている。

【0081】

これにより、変電所A及び変電所Bの電源から切替セクションを通過するトロリ線に対し、各電源方面別に大きさ・方向が等しい電流が流れ、その帰路であるき電線にも各電源方面別に大きさ・方向が等しい電流が流れ、それらは図3及び図4から判るように、各単巻変圧器の外線側に設けられた既設の交流電流センサを経由して流れている。

したがって、上下線いずれの場合においても、異電源を並列接続した切替セクションを流れる各電流の経路にある既設の交流電流センサの測定した電流値を、(6)式から(9)式を用いて算術演算することにより、異電源を並列接続した切替セクションを流れる並列接続点通過電流として算出することができる。この算出された並列接続点通過電流は横流と負荷電流が加味されている(合成されている)。

【0082】

<負荷状態、かつ上下線のき電線及びトロリ線間にタイが存在する場合の列車に流れる負荷電流 I_{LOAD} の算出>

電車200が存在する場合、切替開閉器111及び113双方がオン状態となり、異電源間並列接続時のき電電流分布及び、(6)式及び(7)式から、すなわち(6)式及び(7)式各々から得られる、切替開閉器111、113それぞれを通過する電流を重ね合わせるにより、横流を含めた電車200に流れる負荷電流 I_{LOAD} を、以下に示す(10)式により求めることができる。

並列接続点通過電流算出部202は、検出部201から入力された電流値 I_{CT11F} 、 I_{CT12F} 、 I_{CT13F} 及び I_{CT14F} により、下記(10)式により、異電源並列接続時の負荷電流 I_{LOAD} を算出する。

【0083】

【数10】

$$I_{LOAD}=2(I_{CT11F}+I_{CT12F}+I_{CT13F}+I_{CT14F}) \quad \cdots (10)$$

【0084】

また、以下の(11)式により、上記(10)式と同様に異電源並列接続時の負荷電流 I_{LOAD} を算出することができる。

すなわち、トロリ線及びレール間に電車200(負荷)が存在する場合、切替開閉器111及び113双方がオン状態となり、異電源間並列接続時のき電電流分布から、(10)式と同様に、(8)式及び(9)式から、すなわち(8)式及び(9)式各々から得られる、切替開閉器111、113それぞれを通過する電流を重ね合わせるにより、横流を含めた電車200に流れる負荷電流 I_{LOAD} を、以下に示す(11)式により求めることができる。また、上り線における切替開閉器112及び114の双方がオン状態の場合にも、同様に(11)式を用いることができる。すなわち、上り線及び下り線いずれの異電源並列接続の場合にも、(11)式により、横流を含めた電車200に流れる負荷電流 I_{LOAD} を算出することができる。

【0085】

10

20

30

40

【数 1 1】

$$I_{LOAD} = I_{CT11T} + I_{CT11F} + I_{CT12T} + I_{CT12F} + I_{CT13T} + I_{CT13F} + I_{CT14T} + I_{CT14F} \dots (11)$$

【0086】

異常電流検出部 203 は、上記並列接続点通過電流算出部 202 の算出する負荷電流 I_{LOAD} と、予め設定した負荷電流に対する閾値電流とを比較し、算出した負荷電流 I_{LOAD} が負荷電流に対する閾値電流を超えた場合、異常な電流が流れているとして事故などの判定結果として出力する。

10

【0087】

上述したように、本実施形態によれば、トロリ線の切替セクションにおいて、2つの切替開閉器の並列投入により、異なる2つの変電所 A, B の異電源を中間セクションにおいて並列接続する際、この異電源並列接続点に流れる並列接続点通過電流を、該並列接続点通過電流を測定するための新たな CT を設けることなく、すでに単巻変圧器の外線側に設けられている既設の交流電流センサ CT により、切替開閉器に流れる並列接続点通過電流の電流値として算出して検出することが可能となり、新たな設備を設けることなく、並列接続点通過電流を容易に算出することができるため、既存の設備に容易に応用することができる。

20

【0088】

また、本実施形態によれば、正常時に流れる並列接続点通過電流、あるいは負荷に流れる負荷電流を予測し、この予測された複数の電流値に対応して閾値電流値を設定しておくことにより、容易に無負荷時（電車が存在しない状態）あるいは負荷時（電車が存在する状態）における事故の有無を判別することができる。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図 1】本発明の一実施形態によるき電回路（無負荷時、タイ無し）の構成例を示す概念図である。

30

【図 2】本発明の一実施形態によるき電回路（無負荷時、タイ有り）の構成例を示す概念図である。

【図 3】本発明の一実施形態によるき電回路（負荷時、タイ無し）の構成例を示す概念図である。

【図 4】本発明の一実施形態によるき電回路（負荷時、タイ有り）の構成例を示す概念図である。

【図 5】き電区分所の切替セクションについて説明する概念図である。

【符号の説明】

【0090】

11, 12, 13, 14 ... 単巻変圧器

40

100, 100D, 100U, 101, 101D, 101U ... トロリ線

102, 102D, 102U, 104, 104D, 104U ... き電線

111, 112, 113, 114 ... 切替開閉器

120D, 120U ... レール

200 ... 異電源並列接続点通過電流算出装置部

201 ... 検出部

202 ... 並列接続点通過電流算出部

203 ... 異常電流検出部

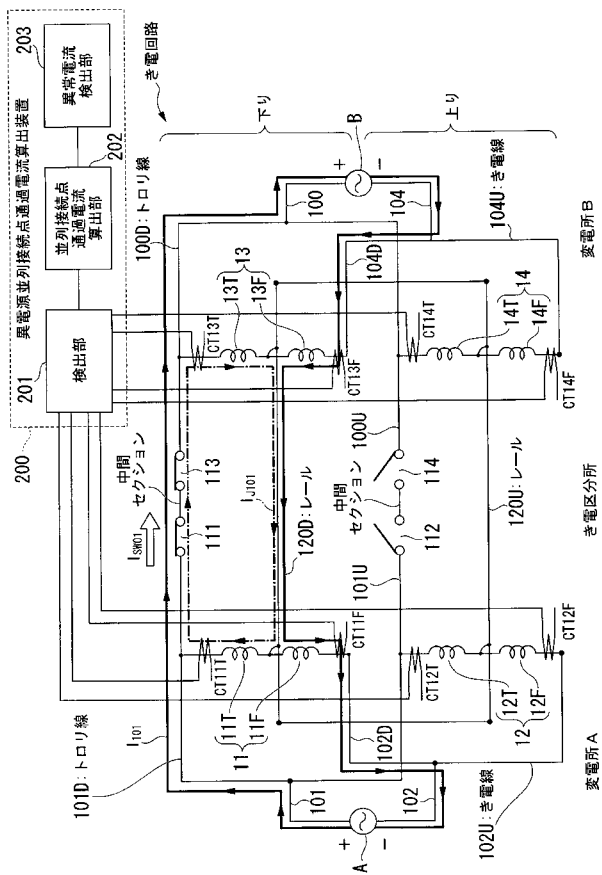
A, B ... 変電所

CT11F, CT11T, CT12F, CT12T ... 交流電流センサ

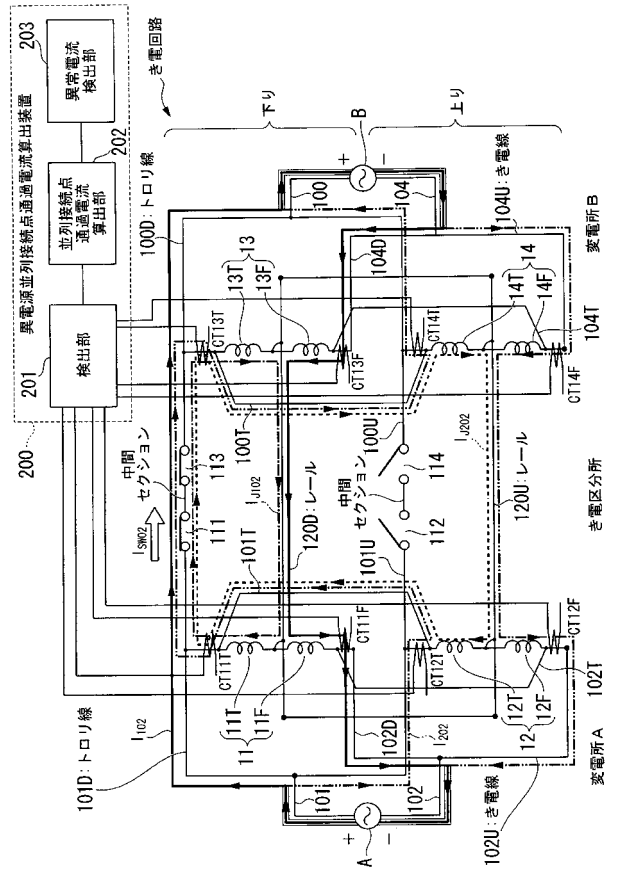
50

CT13F、CT13T、CT14F、CT14T...交流電流センサ

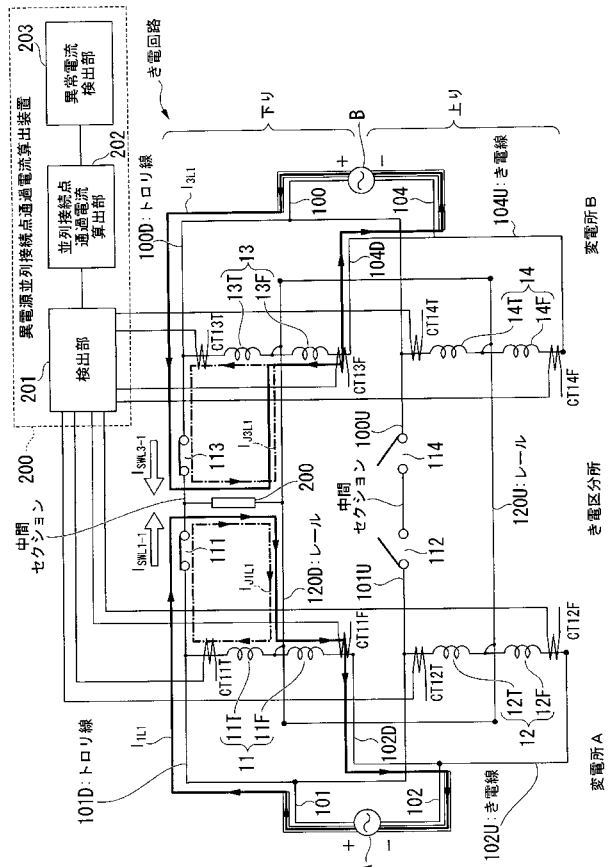
【図1】



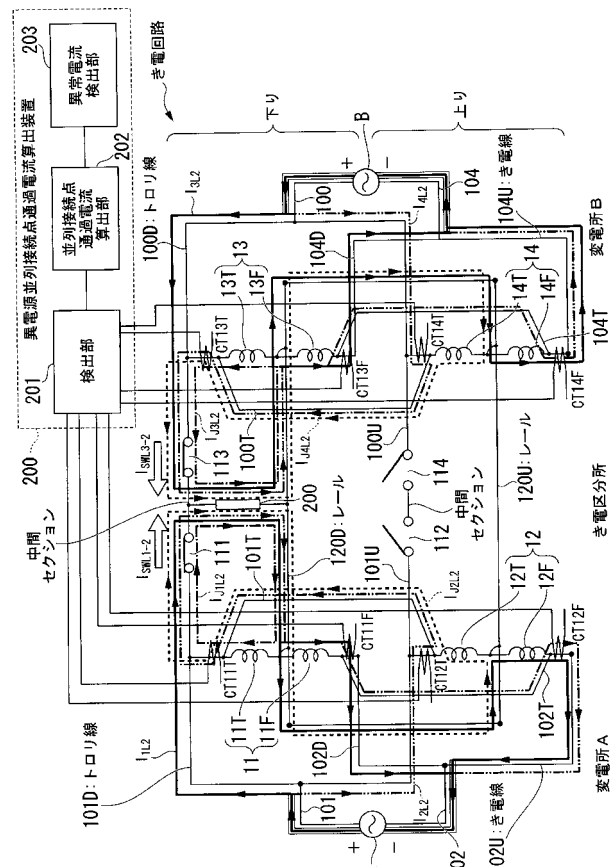
【図2】



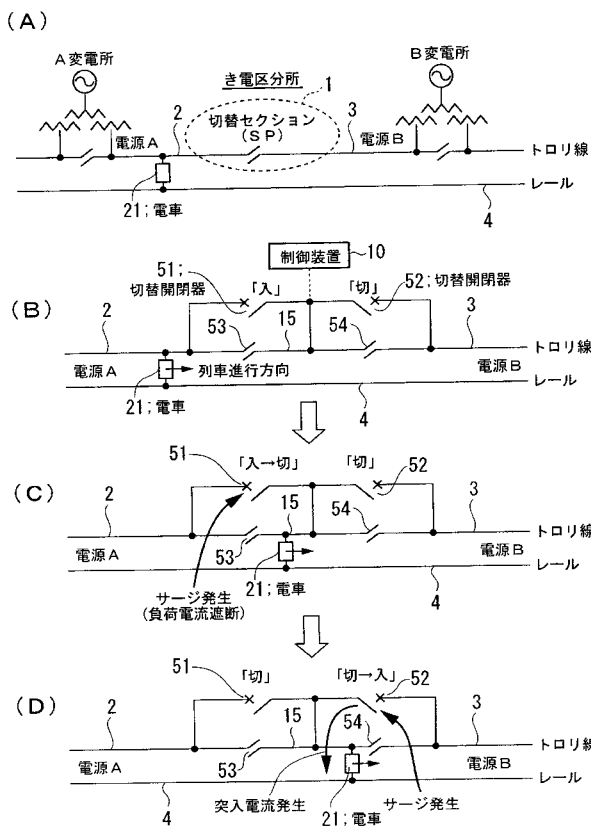
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (72)発明者 渡部 哲至
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8 財団法人鉄道総合技術研究所内
- (72)発明者 安喰 浩司
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8 財団法人鉄道総合技術研究所内
- (72)発明者 森本 大観
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8 財団法人鉄道総合技術研究所内