

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5209922号
(P5209922)

(45) 発行日 平成25年6月12日(2013.6.12)

(24) 登録日 平成25年3月1日(2013.3.1)

| | | | |
|--------------|-------------|------------------|--------------------|
| (51) Int.Cl. | | F I | |
| B60L | 9/18 | (2006.01) | B60L 9/18 A |
| B60L | 1/00 | (2006.01) | B60L 1/00 J |

請求項の数 7 (全 19 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2007-238830 (P2007-238830) | (73) 特許権者 | 000000974 |
| (22) 出願日 | 平成19年9月14日 (2007.9.14) | | 川崎重工業株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2009-72003 (P2009-72003A) | | 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 |
| (43) 公開日 | 平成21年4月2日 (2009.4.2) | (74) 代理人 | 100089004 |
| 審査請求日 | 平成22年8月24日 (2010.8.24) | | 弁理士 岡村 俊雄 |
| | | (72) 発明者 | 石田 猛 |
| | | | 兵庫県神戸市兵庫区和田山通2丁目1番18号 川崎重工業株式会社 兵庫工場内 |
| | | (72) 発明者 | 杉山 修一 |
| | | | 兵庫県神戸市垂水区狩口台2丁目3-15 有限会社アール・ティー・エンジニアリング内 |
| | | 審査官 | 菊地 牧子 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気鉄道システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

架線から受電した電力を調整して給電する電力調整装置を備えた主給電系と、駆動用の誘導電動機と誘導電動機を駆動する可変電圧可変周波数インバータとを備えた駆動系と、バッテリーと、補機系とから成り、電化区間では架線からの電力で車両を駆動し、非電化区間では前記バッテリーからの電力で車両を駆動するよう構成した電気鉄道システムであって、

前記電力調整装置の1位側が前記架線に、2位側が前記バッテリーを介して前記駆動系と前記補機系に夫々接続され、

電化区間在線中に前記バッテリーへの充電電流を設定する充電電流設定手段と、この充電電流設定手段で設定した充電電流でバッテリーに蓄電するよう前記電力調整装置を制御する電力制御手段とを備え、

前記充電電流設定手段は、前記バッテリーへの充電電流若しくは前記バッテリーからの流出電流を検出する第1電流検出手段と、前記駆動系と前記補機系への供給電流を検出し且つ前記電動機の回生電流から前記補機系への供給電流を差し引いた後の電流を検出する第2電流検出手段と、前記架線から前記主給電系への電流を検出する第3電流検出手段と、前記バッテリーの電圧を検出する第1電圧検出手段と、前記電力調整装置の1位側の電圧を検出する第2電圧検出手段とを備えたことを特徴とする電気鉄道システム。

【請求項2】

前記充電電流設定手段は、運行テーブルを備えると共に、前記第1電流検出手段と前記

10

20

第 1 電圧検出手段から各種状態出力を受けて算出される電化区間在線中の前記バッテリーの放電状態情報と、前記運行テーブルに蓄積した線区データと、電化区間の在線実績時間情報に基づいて、前記バッテリーへの充電電流を演算する充電電流演算手段を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の電気鉄道システム。

【請求項 3】

前記電力制御手段は、電化区間在線時に前記第 1 電流検出手段で検出される電流が略一定となるよう、前記電力調整装置を制御することを特徴とする請求項 2 に記載の電気鉄道システム。

【請求項 4】

前記電力制御手段は、電化区間在線時の電力回生時以外は略一定の充電電流となるよう前記電力調整装置を制御し、電力回生時は前記第 1 電流検出手段で検出される電流と前記第 2 電流検出手段で検出される電流との差が略一定となるよう、前記電力調整装置を制御することを特徴とする請求項 2 に記載の電気鉄道システム。

【請求項 5】

前記電力制御手段は、電化区間在線時に前記第 3 電流検出手段で検出される電流が略一定となるよう、並びに前記第 3 電流検出手段で検出される電流と前記第 2 電圧検出手段で検出される電圧の積が略一定となるよう、前記電力調整装置を制御することを特徴とする請求項 2 に記載の電気鉄道システム。

【請求項 6】

前記電力調整装置は、電力回生時、回生電力の全量を前記バッテリー及び前記補機系に供給するよう構成したことを特徴とする請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載の電気鉄道システム。

【請求項 7】

基準架線電圧が 1 5 0 0 V d c , 7 5 0 V d c , 6 0 0 V d c から選択される複数の電圧に対して使用可能に構成したことを特徴とする請求項 1 ～ 6 の何れか 1 項に記載の電気鉄道システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気鉄道システムにおいて、電化区間在線中には架線から駆動系や補機系に給電すると共にバッテリーを充電し、非電化区間在線中にはバッテリーから駆動系や補機系に給電する電気鉄道システムに関する。

【背景技術】

【0002】

インバータで誘導電動機を駆動する電気鉄道において、車両にバッテリーを搭載し、電化区間では架線からの給電で運行しつつバッテリーを充電し、非電化区間では蓄電されたバッテリーから給電して運行する電気鉄道システムが種々提案されている。

【0003】

特許文献 1 に記載のバッテリー駆動鉄道車両は、バッテリーが複数の車両に搭載され、昇降圧チョッパとインバータと誘導電動機を備えた鉄道車両である。

非電化区間の力行時は、電化区間在線中に蓄電されたバッテリーからの電力を、昇降圧チョッパで昇圧して駆動インバータに給電し、電動機を駆動する。

また非電化区間の回生制動時は、駆動インバータの回生電力を昇降圧チョッパで降圧した後、バッテリーを充電する。

【0004】

特許文献 2 に記載の電気鉄道の駆動システムでは、双方向チョッパと大容量の二次電池或いはキャパシタで構成する大容量蓄電装置と、インバータと誘導電動機を備えた車両において、電化区間在線中は蓄電装置の放電電力によりインバータを駆動させると共に、力

10

20

30

40

50

行時は蓄電装置の電力では足りない分を架線から受電、回生制動時は蓄電装置だけでは回収しきれない電力を架線に戻し、総合的に電力量を低減するように制御する。

【特許文献1】特開2001-352607号公報

【特許文献2】特開2003-18702号公報

【特許文献3】特開2005-278269号公報

【特許文献4】特開2007-68242号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1のバッテリー駆動鉄道車両では、電化区間在線中には架線からの受電でバッテリー充電中に、バッテリーと架線の両方からインバータへ給電することができない。

10

その訳は、電化区間と非電化区間の相互間移行時に、充放電制御回路の切替が必要なためである。

また力行と回生制動を切替るときも、バッテリーとインバータの間にある昇降圧チョッパの制御回路切替を行う必要があり、制御の煩雑さが増加してしまう。

【0006】

特許文献2の電気鉄道の駆動システムでは、バッテリーに回収しきれない回生電力を架線に戻すので架線側電圧が変動し、この近くに別の車両がいないと、回生制動の失効が生じて省エネ効率を悪化させ、或いは危険を招く虞もある。

また、架線側電圧がそのままインバータに給電されても電圧変換ができないため、複数の架線電圧線区を直通する複電圧車両への対応が難しく共用線区が限定される。

20

【0007】

ところで最近、高電圧で高速充放電が可能な大容量のバッテリーが開発されている。

回生電力を架線に戻すことで架線側電圧が変動し、近くを走る車両が無いと回生失効を生じるが、大容量バッテリーを車両に組み込むことで回生電力を架線に戻さず、総てバッテリーに回収させ、その電力を非電化区間で活用することで、効率の良い電力システムの構築が可能となる。

【0008】

そこで、高電圧でも充放電可能な耐久性を有するバッテリーを使用すれば、昇降圧手段を介した昇圧なしにバッテリーから直接インバータに給電、或いは誘導電動機の回生電力を降圧なしに直接バッテリーに充電(蓄電)することが可能となる。

30

これにより、バッテリーとインバータとの間に昇降圧手段を介設する必要がなくなり、力行時及び回生制動時の回路切替や制御切替と、それら機構を省略することが可能となる。

【0009】

本発明の目的は、バッテリーへの充電、駆動系や補機系への給電を実施する制御装置を纏め、バッテリーを介して駆動系と補機系をそれぞれ並列に接続することで、電化区間と非電化区間、及びその相互間の移行時に回路と制御の切替を必要としない電気鉄道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】

【0010】

40

請求項1の電気鉄道システムでは、架線から受電した電力を調整して給電する電力調整装置を備えた主給電系と、駆動用の誘導電動機と誘導電動機を駆動する可変電圧可変周波数インバータとを備えた駆動系と、バッテリーと、補機系とから成り、電化区間では架線からの電力で車両を駆動し、非電化区間では前記バッテリーからの電力で車両を駆動するように構成した電気鉄道システムであって、前記電力調整装置の1位側が前記架線に、2位側が前記バッテリーを介して前記駆動系と前記補機系に夫々接続され、電化区間在線中に前記バッテリーへの充電電流を設定する充電電流設定手段と、この充電電流設定手段で設定した充電電流でバッテリーに蓄電するよう前記電力調整装置を制御する電力制御手段とを備え、前記充電電流設定手段は、前記バッテリーへの充電電流若しくは前記バッテリーからの流出電流を検出する第1電流検出手段と、前記駆動系と前記補機系への供給電流を検出し且つ前記

50

電動機の回生電流から前記補機系への供給電流を差し引いた後の電流を検出する第2電流検出手段と、前記架線から前記主給電系への電流を検出する第3電流検出手段と、前記バッテリーの電圧を検出する第1電圧検出手段と、前記電力調整装置の1位側の電圧を検出する第2電圧検出手段とを備えたことを特徴としている。

【0011】

この電気鉄道システムでは、電化区間在線中は架線から主給電系の電力調整装置に給電し、電力調整装置を介してバッテリーを充電すると共に補機系に給電し、力行時には駆動系にも給電する。

但し電力回生時は、電力調整装置が架線への逆給電を阻止して、誘導電動機で発電された電力は補機系で消費される分を除いてバッテリーに蓄電される。

10

【0012】

バッテリーを充電する充電電流は、所定の充電電流設定手段により、電化区間在線中に非電化区間で消費される電力分を回復可能な充電電流値が設定される。

非電化区間では、架線から電力が供給されないため、電力回生時を除き電力調整装置の充電制御は動作せず、バッテリーが自律的に放電して補機系に給電し、力行時には駆動系にも給電する。

【0013】

請求項2の電気鉄道システムでは、請求項1の発明において、前記充電電流設定手段は、運行テーブルを備えると共に、前記第1電流検出手段と前記第1電圧検出手段から各種状態出力を受けて算出される電化区間在線中の前記バッテリーの放電状態情報と、前記運行テーブルに蓄積した線区データと、電化区間の在線実績時間情報に基づいて、前記バッテリーへの充電電流を演算する充電電流演算手段とを備えたことを特徴としている。

20

【0014】

請求項3の電気鉄道システムでは、請求項2の発明において、前記電力制御手段は、電化区間在線時に前記第1電流検出手段で検出される電流が略一定となるよう、前記電力調整装置を制御することを特徴としている。

【0015】

請求項4の電気鉄道システムでは、請求項2の発明において、前記電力制御手段は、電化区間在線時の電力回生時以外は略一定の充電電流となるよう前記電力調整装置を制御し、電力回生時は前記第1電流検出手段で検出される電流と前記第2電流検出手段で検出される電流との差が略一定となるよう、前記電力調整装置を制御することを特徴としている。

30

【0016】

請求項5の電気鉄道システムでは、請求項2の発明において、前記電力制御手段は、電化区間在線時に前記第3電流検出手段で検出される電流が略一定となるよう、並びに前記第3電流検出手段で検出される電流と前記第2電圧検出手段で検出される電圧の積が略一定となるよう、前記電力調整装置を制御することを特徴としている。

【0017】

請求項6の電気鉄道システムでは、請求項1～5の何れか1項の発明において、前記電力調整装置は、電力回生時、回生電力の全量を前記バッテリー及び前記補機系に供給するよう構成したことを特徴としている。

40

【0018】

請求項7の電気鉄道システムでは、請求項1～6の何れか1項の発明において、基準架線電圧が1500Vdc、750Vdc、600Vdcから選択される複数の電圧に対して使用可能に構成したことを特徴としている。

【0019】

【発明の効果】

【0020】

50

請求項 1 の発明によれば、この電気鉄道システムは、電力調整装置の 1 位側が架線に接続されると共に、電力調整装置の 2 位側がバッテリーを介して駆動系と補機系に夫々接続されるので、電化区間在線中は常時バッテリーが充電可能であると共に、補機系にも給電可能で、力行時には駆動系にも給電可能である。

非電化区間では、架線から電力が供給されないため、バッテリーから補機系や駆動系に直接給電可能となる。

【 0 0 2 1 】

車両が電化区間から非電化区間に移行し、架線から主給電系への給電がなくなると電力調整装置が不動作となる。バッテリーと補機系及び駆動系との間には、制御回路が存在せず直接接続されているため、電力調整装置とは無関係にバッテリーが放電して補機系に、力行時には駆動系にも給電される。これにより、車両の電化区間・非電化区間の移行時に制御・回路の切替が不要となり、従来の機器構成の複雑さと切替作業の煩雑さから開放される。

10

【 0 0 2 2 】

また電化区間在線中は、バッテリーに充電される充電電流が、充電電流設定手段により設定された電流値になるよう、電力制御手段により電力調整装置が自動制御される。この設定された充電電流でバッテリーを充電するので、非電化区間在線中に駆動系や補機系で消費されたバッテリーのエネルギーは、電化区間在線中に効率良くバッテリーに蓄電され、エネルギーを回復することができる。

【 0 0 2 3 】

非電化区間において、駆動系や補機系で消費されたバッテリーのエネルギーは、非電化区間の終着駅等に設けた電源から、停車中の短時間（例えば 5 分）の急速充電により回復させる必要が生じる場合がある。このような場合、電力調整装置は急速充電に対応できる能力が要求され、大電流に耐える大容量素子で構成する。

20

結果として、電化区間においては電力調整装置による駆動系と補機系への給電のほか、バッテリーへの充電をも制御することが可能となる。

充電電流設定手段が、バッテリーへの充電電流若しくはバッテリーからの流出電流を検出する第 1 電流検出手段と、バッテリーの電圧を検出する第 1 電圧検出手段と備えるので、第 1 電圧検出手段と第 1 電流検出手段とにより、バッテリーの充放電状態を常時把握することが可能となる。

30

充電電流設定手段が駆動系と補機系への供給電流を検出し、且つ電動機の回生電流から補機系への供給電流を差し引いた後の電流を検出する第 2 電流検出手段と、架線から主給電系への電流を検出する第 3 電流検出手段と、電力調整装置の 1 位側の電圧を検出する第 2 電圧検出手段とを備えるので、第 2 , 第 3 電流検出手段及び第 2 電圧検出手段の何れかで検出される電流値及び電圧値に基づいて、電力調整装置を最適に制御することができる。

【 0 0 2 4 】

請求項 2 の発明によれば、充電電流設定手段は、運行テーブルと、充電電流を演算する充電電流演算手段とを備えるので、充電電流演算手段によりバッテリーの放電状態と、運行テーブルのデータと、電化区間の在線時間を基準にして求めた充電電流値とにより、非電化区間在線中に消費されたバッテリー蓄電エネルギーを、電化区間在線中に効率良く回復することが可能となる。

40

【 0 0 2 5 】

請求項 3 の発明によれば、電力制御手段は、電化区間在線時に第 1 電流検出手段で検出される電流が略一定となるよう電力調整装置を制御するので、力行時・回生制動時に関わらず、バッテリーへ流入する充電電流を常時一定に維持し、バッテリーへの充電を効率良く制御出来るため、バッテリーへ流入する充電電流に変動がなくなり、バッテリーへの負荷を抑制できる。

【 0 0 2 6 】

50

請求項 4 の発明によれば、電力制御手段は、電化区間在線時の電力回生時以外は略一定の充電電流となるよう電力調整装置を制御し、電力回生時は第 1 電流検出手段で検出される電流と第 2 電流検出手段で検出される電流との差が略一定となるよう、電力調整装置を制御するので、電力調整装置から供給される充電電流を常時略一定に維持でき、回生電流成分は架線側からの一定値に重畳されて、制動時の回生成分を随意に制御できる。

【 0 0 2 7 】

請求項 5 の発明によれば、電力制御手段は、電化区間在線時に第 3 電流検出手段で検出される電流が略一定となるよう、並びに第 3 電流検出手段で検出される電流と第 2 電圧検出手段で検出される電圧の積が略一定となるよう、電力調整装置を制御する。このため従来の力行毎に変電所などの電力供給系からピーク電力を供給する必要がなく、車両への供給電力を平準化できるので、電力会社に対するデマンドの抑制にも効果がある。さらに電力供給系からの電力を有効に使用できると共に、同じ電力供給系からより多くの車両に電力の供給が可能となる。

【 0 0 2 8 】

【 0 0 2 9 】

上記電力制御手段は、電化区間・非電化区間を直通で運用されるシステムを前提としている電力制御手段であるが、電化区間のみで運用されるシステムの場合でも車両にバッテリーと電力調整装置を搭載し、この電力制御手段で電力調整装置を制御する場合は、上記デマンド効果が期待できる。

【 0 0 3 0 】

請求項 6 の発明によれば、電力調整装置は、電力回生時の回生電力の全量をバッテリー及び補機系に供給する構成としたので、架線に回生電力が流出すること無く、架線の電圧変動を抑制することができ、電流が架線側からバッテリーや、駆動系・補機系への一方通行となるため、バッテリーの充放電や駆動系の制御が容易になる。

【 0 0 3 1 】

請求項 7 の発明によれば、基準架線電圧が 1 5 0 0 V d c , 7 5 0 V d c , 6 0 0 V d c から選択される複数の電圧に対しても使用可能に構成できるので、電力調整装置の 2 位側の回路を変更する必要もなく、走行可能な線区の限定がなくなり、1 5 0 0 V d c 、7 5 0 V d c 、6 0 0 V d c の複数電圧の電化区間と非電化区間との間を連続して運行できるシステムを構築することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 2 】

実施例では、電気鉄道の車両にバッテリーを搭載し、電化区間在線中にバッテリーを充電し、非電化区間ではバッテリーから放電しながら運行する電気鉄道システムに本発明を適用する。

以下、本発明について図面を参照しながら詳細に説明する。

【実施例】

【 0 0 3 3 】

図 1 に示す電気鉄道システム 1 の車両 2 は、架線 7 から直流電力を受ける主給電系 5 に含まれる電力調整装置 4 0、駆動系 3 を構成する V V V F インバータ 2 0 と走行駆動用の誘導電動機 2 1、補機系 4 を構成する C V C F インバータ 2 2 と空調や照明等の補機類 2 3、電力調整装置 4 0 の駆動系 3・補機系 4 側に配置された車載バッテリー 3 5、そのほかに充電電流設定手段 5 5 と、これにより設定された充電電流に基づいて電力調整装置 4 0 を制御する電力制御手段 5 0 等で構成する。

電化区間では架線 7 からの電力で電動機 2 1 を駆動し、非電化区間ではバッテリー 3 5 からの電力で電動機 2 1 を駆動するように構成している。

主給電系 5 の電力調整装置 4 0 の 1 位側（集電装置 9 側）正極には電力線 1 1 a が接続され、電力調整装置 4 0 の 2 位側（駆動系 3・補機系 4 側）正極には、V V V F インバータ 2 0 の直流部、C V C F インバータ 2 2 の直流部、およびバッテリー 3 5 が、電力線 1 1 b で接続されている。

【 0 0 3 4 】

主給電系 5 は、図示しない変電所からの直流電力を供給する架線 7 から集電する集電装置（パンタグラフ） 9 と、これに接続される、電力調整装置 4 0 の 1 位側に接続された電力線 1 1 a と、供給電力を遮断する遮断スイッチ 1 4 と、電力調整装置 4 0 とで構成する。

電化区間在線中で且つ遮断スイッチ 1 4 がオンのとき、主給電系 5 は電力線 1 1 a に接続された電力調整装置 4 0 を介して、バッテリー 3 5 とインバータ 2 0、2 2 に給電し、遮断スイッチ 1 4 がオフのときと非電化区間在線中は、電力調整装置 4 0 が動作休止となる。

【 0 0 3 5 】

10

主給電系 5 では、架線 7 側の電力線 1 1 a 中に介装されたリアクトル 1 6 と、電力線 1 1 a とグラウンドライン 1 2 との間に介設されたキャパシタ 1 7 とが協働し、E M I フィルタとして機能する。電力調整装置 4 0 は高速で電流をオン / オフするため、供給電流には広範囲の高調波成分が含まれるので、電化区間では高調波成分が架線 7 及びレールに流出してしまう。

鉄道は通常、レールを軌道回路とする商用周波数等の信号を使用しており、電力調整装置 4 0 から当該周波数に近い成分が流出した場合、信号電流と判断して誤検知される虞がある。前記 E M I フィルタは、この高調波信号成分を吸収して、架線 7 側に高調波成分が流出するのを防止する。

【 0 0 3 6 】

20

V V V F インバータ 2 0 は、図示しない 6 つのスイッチング素子と還流ダイオードとをブリッジ状に接続し、可変電圧・可変周波数制御が可能な周知のインバータで、バッテリー 3 5 や電力調整装置 4 0 からリアクトル 2 4 を介して供給される直流電力を、「V（電圧） / F（周波数）＝一定」の三相交流に変換して誘導電動機 2 1 を駆動可能にしている。

【 0 0 3 7 】

誘導電動機 2 1 は、V V V F インバータ 2 0 から供給される三相交流の「電圧 / 周波数」と、誘導電動機 2 1 の回転周波数の大小関係に応じて、その動作モードが変わる。

即ち、「V V V F インバータ周波数 > 誘導電動機周波数」の場合、所謂スリップが「正」の領域で、誘導電動機 2 1 には加速トルクが作用し、誘導電動機 2 1 の停動トルクを超えない範囲内ではスリップに比例してトルクが増加する。

30

【 0 0 3 8 】

「V V V F インバータ周波数 = 誘導電動機周波数」の場合、所謂「スリップ = 0」の状態で、トルクは発生しない。誘導電動機 2 1 は V V V F インバータ 2 0 から与えられる周波数で励磁された惰行状態である。

一般に、電気鉄道の制御で言う「惰行」とはこの状態もありうるが、励磁による鉄損の発生を嫌うので、V V V F インバータ 2 0 の作動を中止した無励磁の場合が多い。

【 0 0 3 9 】

「V V V F インバータ周波数 < 誘導電動機周波数」の場合、所謂スリップが「負」の領域で、誘導電動機 2 1 は発電機として作動、制動トルクが作用し、誘導電動機 2 1 の最大制動トルクを超えない範囲内ではスリップに比例してトルクが増加する。

40

【 0 0 4 0 】

運転士により図示しないマスターコントローラが操作され、力行指令が出されると、V V V F 制御された三相交流により、誘導電動機 2 1 の回転周波数より高い周波数の交流電力が出力され、車両 2 は停止状態から力行指令に基づいて、低速域から中速域を経て高速域まで加速が可能である。

また運転士のマスターコントローラ操作により制動指令が出されると、V V V F 制御された三相交流により、誘導電動機 2 1 の回転周波数より低い周波数の交流電力が出力され、走行中の車両 2 は回生制動動作を開始、高速域から中速域を経て低速域まで減速する。

この回生制動によって、誘導電動機 2 1 が発生する回生電力をバッテリー 3 5 に充電して蓄電する一方、補機系 4 を構成する補機類 2 3 を駆動できる。

50

【 0 0 4 1 】

補機系 4 内の C V C F インバータ 2 2 は、図示しない 6 つのスイッチング素子と還流ダイオードとをブリッジ状に接続した固定電圧・固定周波数制御が可能な一般的なインバータで、バッテリー 3 5 や電力調整装置 4 0 からリアクトル 2 5 を介して供給された直流電力を三相交流に変換して、空調や照明等の補機類 2 3 用電力として供給する。

【 0 0 4 2 】

V V V F インバータ 2 0 と C V C F インバータ 2 2 の 直流側において、電力線 1 1 b とグラウンドライン 1 2 の間に介設されているキャパシタ 2 6 , 2 7 は、電力線 1 1 b に介装されているリアクトル 2 4 , 2 5 と協働し、各インバータ 2 0 , 2 2 の相互干渉防止と配線からの放射による他機器への電磁波障害を防止する E M I フィルタとして機能する。

10

【 0 0 4 3 】

リアクトル 2 4 , 2 5 の架線 7 側には、電力線 1 1 b から分岐した線 2 8 , 2 9 が夫々設けられ、その分岐線 2 8 , 2 9 の途中には、車両 2 の起動時に無電荷状態のキャパシタ 2 6 , 2 7 に流入する突入電流の急峻なピークを和らげる抵抗 3 0 , 3 1 が介装されている。

このため、起動時には、電力線 1 1 b と分岐線 2 8 , 2 9 に設けられたスイッチ 3 2 とスイッチ 3 3 により抵抗側に電流が流れるように設定する。

車両 2 が一度起動されたあと、キャパシタ 2 6 , 2 7 の蓄電が完了したら、スイッチ 3 2 a , 3 3 a で抵抗 3 0 , 3 1 を短絡し、以後の動作では、これらの抵抗は作用しない。

【 0 0 4 4 】

20

バッテリー 3 5 は、電力調整装置 4 0 の 2 位側において、電力線 1 1 b とグラウンドライン 1 2 との間に介設され、複数の充電セルを直列に接続された高速充放電可能な、例えばニッケル水素電池等からなり、車両駆動用の誘導電動機 2 1 や補機類 2 3 を駆動可能な大出力の電流時間積（例えば 2 5 0 A h 以上）で充電可能に構成している。

さらにバッテリー 3 5 を挟むように電力線 1 1 b 側とグラウンドライン 1 2 側の両側に 2 つのヒューズ 3 7 , 3 8 を介装して、バッテリーの異常接地に備えている。

【 0 0 4 5 】

次に、電力調整装置 4 0 について説明する。

電力調整装置 4 0 の 1 位側には、電力線 1 1 a が接続されると共に、電力調整装置 4 0 の 2 位側にはインバータ 2 0 , 2 2 とバッテリー 3 5 を結ぶ電力線 1 1 b が接続されている。

30

図 2 に示すように、電力調整装置 4 0 には、2 つの I G B T 4 1 , 4 2 と、4 つのダイオード 4 3 乃至 4 6 と、リアクトル 4 7 と、キャパシタ 4 9 で回路構成する昇降圧チョッパの機能を備えている。

電力線 1 1 a とグラウンドライン 1 2 との間の 1 位側では、架線 7 からの電力線 1 1 a が I G B T 4 1 のコレクタに接続され、I G B T 4 1 のエミッタがダイオード 4 3 のカソードに接続され、ダイオード 4 3 のアノードがグラウンドライン 1 2 に接続されている。

一方電力調整装置 4 0 の 2 位側では、電力線 1 1 b がダイオード 4 4 のカソードに接続され、ダイオード 4 4 のアノードが I G B T 4 2 のコレクタに接続され、I G B T 4 2 のエミッタがグラウンドライン 1 2 に接続されている。

40

【 0 0 4 6 】

I G B T 4 1 とダイオード 4 3、ダイオード 4 4 と I G B T 4 2 の各接合部分同士が、リアクトル 4 7 を介して接続され、I G B T 4 1 , 4 2 には、コレクタからエミッタへと流れる電流の向きとは逆方向に電流を導通可能なダイオード 4 5 , 4 6 が夫々並列に接続されている。

この昇降圧チョッパの 1 位側と 2 位側には、平滑用のキャパシタ 1 7 (図 1) とキャパシタ 4 9 (図 2) が、電力線 1 1 a , 1 1 b とグラウンドライン 1 2 との間に夫々介設されている。

【 0 0 4 7 】

昇降圧チョッパは、コントローラ 5 1 で制御されるゲート駆動回路 5 2 から出力される

50

ゲート信号で制御し、降圧チョッパとする場合は IGBT 41 のゲートを、昇圧チョッパとする場合は IGBT 42 のゲートを、それぞれオン・オフ駆動させ、ゲート信号のチョッピング周波数の周期に対してゲートのオン時間を変化させることで、2 位側電圧を 1 位側電圧に対して昇降圧する。

尚、この昇降圧チョッパに関しては既知の技術であるので、ここでは簡略に説明する。

【0048】

まず図 3 に示すように、昇降圧チョッパを降圧チョッパ (1 位側電圧 $E_1 > 2$ 位側電圧 E_2 の場合) として機能させるには、IGBT 41 にゲート信号を付加して制御、IGBT 42 を常時オフとする。

ゲート信号のチョッピング周波数の周期 T に対する IGBT 41 の導通 (オン) 時間 t_1 は、1 位側電圧 E_1 と 2 位側電圧 E_2 の比で次式のように与えられる。

$$t_1 = T \cdot (E_2 / E_1)$$

例えば、第 1 電圧検出器 59 で検出した電圧を昇圧する場合はオン時間 t_1 を長く、降圧する場合はオン時間 t_1 を短くすれば、2 位側の電圧 E_2 を 1 位側の電圧 E_1 に対して低い範囲で昇降圧して、充電電圧を調整することができる。

【0049】

次に図 4 に示すように、昇降圧チョッパを昇圧チョッパ (1 位側電圧 $E_1 < 2$ 位側電圧 E_2 の場合) として機能させるには、IGBT 41 は常時オンとし、IGBT 42 にゲート信号を付加して制御、IGBT 41 とリアクトル 47 と IGBT 42 からなる回路に電流を流して、リアクトル 47 にエネルギーを蓄積する。

オン時間 t_2 が経過したところで IGBT 42 をオフにすると、リアクトル 47 の電流はそのまま流れ続けるため、リアクトル 47 に誘導電圧が発生、この誘導電圧が 1 位側電圧 E_1 に重畳負荷されて、より高い 2 位側電圧 E_2 を得ることができる。

ゲート信号のチョッピング周波数の周期 T に対する IGBT 42 の導通 (オン) 時間 t_2 は、1 位側電圧 E_1 と 2 位側電圧 E_2 の比で、次式のように与えられる。

$$t_2 = T \cdot (1 - E_1 / E_2)$$

例えば、第 1 電圧検出器 59 で検出した電圧を昇圧する場合はオン時間 t_2 を長く、降圧する場合はオン時間 t_2 を短くすれば、2 位側の電圧 E_2 を 1 位側の電圧 E_1 に対して高い範囲で昇降圧して、充電電圧を調整することができる。

【0050】

図 2 に示す昇降圧チョッパのダイオード 44 は、電流の架線 7 側への流出を防止する弁として機能し、電力回生時に発生する回生電力の全量を、バッテリー 35 及び CVC F インバータ 22 に供給することが可能となる。そのため、架線 7 に回生電力が流出すること無く、架線 7 の電圧変動を抑制することができる。

このように、電流を架線 7 側からバッテリー 35 やインバータ 20, 22 へ一方通行とすることで、バッテリー 35 の充放電やインバータ 20, 22 の駆動制御が容易になる。

【0051】

次に、車載バッテリー 35 への充電電流を設定する充電電流設定手段 55 について説明する。

充電電流設定手段 55 は、電力線 11a, 11b の電流を検出する第 1 乃至第 3 電流検出器 56 乃至 58 (第 1 乃至第 3 電流検出手段) と、充電電圧と電力調整装置 40 の 2 位側電圧 E_2 を検出する第 1 電圧検出器 59 (第 1 電圧検出手段) と、架線側電圧と電力調整装置 40 の 1 位側電圧 E_1 を検出する第 2 電圧検出器 60 (第 2 電圧検出手段) と、運行線区の運行テーブル 54 と、上記の検出器 56 乃至 60 からの検出値に基づいて充電電流を演算する充電電流演算手段 53 とを有している。

【0052】

第 1 電流検出器 56 は、バッテリー 35 に接続された電力線 11b に介装され、バッテリー 35 への充電電流を検出する。

第 2 電流検出器 57 は、バッテリー 35 と VVVF インバータ 20 及び CVC F インバータ 22 との間の電力線 11b に介装され、VVVF インバータ 20 と、CVC F インバー

10

20

30

40

50

タ 2 2 への供給電流、あるいは誘導電動機 2 1 の回生電流から C V C F インバータ 2 2 へ供給される補機系 4 への供給電流を減算した電流を検出する。

第 3 電流検出器 5 8 は、電力調整装置 4 0 の架線 7 側の電力線 1 1 a に介装され、架線 7 から流入してくる供給電流を検出する。

第 1 電圧検出器 5 9 は、バッテリー 3 5 近辺の電力線 1 1 b とグラウンドライン 1 2 との間の 2 位側に介設され、バッテリー 3 5 の充電電圧を検出する。

第 2 電圧検出器 6 0 は、電力線 1 1 a とグラウンドライン 1 2 との間の 1 位側に介設され、架線電圧を検出する。

【 0 0 5 3 】

充電電流演算手段 5 3 は、コントローラ 5 1 に内蔵されている C P U や R O M を有するコンピュータに充電電流演算プログラムとして格納されている。第 1 乃至第 3 電流検出器 5 6 乃至 5 8 と第 1 , 第 2 電圧検出器 5 9 , 6 0 で検出した電流値と電圧値の電気信号はコントローラ 5 1 へ出力される。充電電流演算手段 5 3 は、このコントローラ 5 1 にて、電化区間在線中にこれら電圧信号と電流信号から算出するバッテリー 3 5 の放電状態と、前記コンピュータに格納された運行線区の運行テーブル 5 4 から演算した現在の電化区間に在線する時間とに基づいて、バッテリー 3 5 への充電電流を演算する。

【 0 0 5 4 】

充電電流設定手段 5 5 は、列車を運用する電化区間を含む、線区の運行テーブル 5 4 にあるデータを充電電流演算手段 5 3 に取り込み、車両 2 が非電化区間から電化区間への進入点を通過する時点で、バッテリー放電状態を検出信号に基づいて把握、充電電流演算手段 5 3 で演算して充電電流を設定し、この設定された電流でまずは電化区間を運行する。

充電電流設定手段 5 5 は、絶えず車両 2 の線区上の位置情報を把握し、運行テーブル 5 4 のデータを基に充電電流演算手段 5 3 で電化区間の運行終了までの時間を求めて、電流設定に必要とあればその修正を行う。その結果、電化区間の列車運行が終了し、再度非電化区間に進入する時点では、バッテリー 3 5 のエネルギーを回復する。

尚、実際の充電量と演算値とは、必ずしも 1 0 0 % 一致しない場合があるので、例えば 1 日ベースで、バッテリー 3 5 の放電状態を確認しつつ、修正をフィードバックするようにすると良い。

【 0 0 5 5 】

次に、電力制御手段 5 0 について説明する。

電力制御手段 5 0 は、上記の充電電流設定手段 5 5 で設定された充電電流値に基づいてゲート駆動回路 5 2 へ制御信号を送信するコントローラ 5 1 と、 I G B T 4 1 , 4 2 のゲートを駆動するゲート駆動回路 5 2 とを備えている。

この電力制御手段 5 0 は、電化区間在線中にバッテリー 3 5 を充電するため、充電電流設定手段 5 5 により設定された充電電流に基づいて、後述する制御方式に従ってバッテリー 3 5 に流入する充電電流値が常時一定になるよう、または電力調整装置 4 0 が制御する充電電流値が常時一定になるよう、或いは架線 7 からの供給電流値（充電電流と補機系供給電流と駆動電流の合計電流値）が極力一定になるように、コントローラ 5 1 とゲート駆動回路 5 2 を介して電力調整装置 4 0 を制御する。

【 0 0 5 6 】

次に電力制御手段 5 0 による電力調整装置 4 0（昇降圧チョッパ）の制御方式について説明する。

この電気鉄道システム 1 では、電力制御手段 5 0 が電力調整装置 4 0 を制御して、電化区間在線中は、バッテリー 3 5 の充電電流と C V C F インバータ 2 2 への補機系供給電流及び V V V F インバータ 2 0 への駆動電流を、電力調整装置 4 0 経由で供給する。

また非電化区間在線中は、電力調整装置 4 0 が不動作となり、補機系供給電流及び駆動電流はバッテリー 3 5 から供給する。

【 0 0 5 7 】

まず、バッテリー充電電流を常時一定に制御する方式について説明する。

第 1 電流検出器 5 6 で検出するバッテリー充電電流一定の制御は、非電化区間で消費した

10

20

30

40

50

電力エネルギーを電化区間在線中に略 100%回復させるよう充電電流設定手段 55 で設定した電流値で供給する。もとより充電電圧は、バッテリーの種別とその構成で決まる。

この充電電流とは別に、補機系 4 には常時補機類 23 への電力が供給される。また車両 2 を駆動する力行指令が入力されたときは、充電電流とは無関係に補機系供給電流と駆動電力を供給するよう、電力調整装置 40 では自律的な制御が為される。

【0058】

電化区間在線中に停止或いは惰行している車両 2 は、架線 7 から電力調整装置 40 を經由して、バッテリー 35 の充電電流と補機系への供給電流が供給されている。

この状態で力行指令が入力された直後は、充電電圧を検出する第 1 電圧検出器 59 に変化が起きず、電力調整装置 40 は瞬時に応答しない。

その後、力行指令に従い V V V F インバータ 20 に駆動電流が供給されると、バッテリー 35 の充電電流が駆動電流によって減少し始め、2 位側キャパシタ 49 に蓄電されていた電荷も減少し始めて、電力調整装置 40 の 2 位側電圧 E2 が低下してくる。

【0059】

このようなバッテリー 35 の充電電流の減少や、充電電圧の変化は、第 1 電流検出器 56 と第 1 電圧検出器 59 により常時検出される。こうして検出された電流と電圧信号は、コントローラ 51 にフィードバックし、コントローラ 51 を介してゲート駆動回路 52 を制御、電力調整装置 40 の 2 位側電圧 E2 を調整する。

【0060】

電力調整装置 40 の昇降圧動作では、2 位側電圧 E2 を上昇、或いは下降させるが、昇圧チョッパ動作は IGBT 42 のオン時間 t_2 を長く制御し、降圧チョッパ動作は IGBT 41 のオン時間 t_1 を長く制御する。

尚、以下の説明では昇圧チョッパ動作のみ記述する。

第 1 電流検出器 56 で検出される電流値を一定に維持すべく、2 位側電圧 E2 を昇圧するため、バッテリー充電電流を一定とする制御が制御ループの外にある回路（誘導電動機 21 や補機類 23 など）の負荷変動に関係なく一定の値に維持される。

【0061】

このため見かけ上、力行時の駆動電流は電力調整装置 40 を何の制約も無く通過するが、力行指令が終了した場合、インバータ 20 に供給されていた駆動電流分がバッテリー 35 に流入し、バッテリー充電電流が増加する。さらに、キャパシタ 49 にも流入して 2 位側電圧 E2 が増加の傾向を示す。

その結果、第 1 電流検出器 56 と第 1 電圧検出器 59 が電流と電圧の増加を検出し、各信号をコントローラ 51 に送信することでゲート駆動回路 52 が再び制御され、今度は昇圧チョッパのオン時間 t_2 を短くする。

これにより、2 次側電圧 E2 が降圧、バッテリー 35 に流入する充電電流が一定になる。

【0062】

一方、制動指令が入力されると、回生制動動作を実行、誘導電動機 21 による電力回生が始まる。

この電力回生時は、誘導電動機 21 から発電される回生電流から C V C F インバータ 22 で消費される補機系供給電流を差し引いた電流分が、昇降圧チョッパに設けられたダイオード 44 の弁作用により、その全量がバッテリー 35 に流入してくる。この回生電流のバッテリー 35 への流入で、一定に維持されていた充電電流が増加し、2 位側電圧 E2 も増加する。

【0063】

充電電流を常時一定の値に制御するには、バッテリー 35 を充電する回生分電流と架線分電流との優先順位を決めておく必要があるが、優先順位の 1 位を回生分電力、次位を架線分電力とする。その理由は、列車運転の安全確保を第一優先とすることにある。さらに本発明では非電化区間の運行が可能で、その区間に架線がないことも回生電力優先を自明にしている。

この結果、充電電流の一定制御は、回生電流分から補機系 4 への給電に必要な電流分を

10

20

30

40

50

除いた電流分で、バッテリー充電する制御方式が望ましい実施態様となる。

【 0 0 6 4 】

電化区間において、回生電流のバッテリー 3 5 への流入分が既定の充電電流値を超え、この状態が継続する間、電力制御手段 5 0 によって電力調整装置 4 0 が停止、電力調整装置 4 0 から供給電流が出力されなくなる。従ってこの間、バッテリー 3 5 の充電電流は補機系供給電流分を減算した回生電流分のみがバッテリー 3 5 に流入し、充電することになる。この間、バッテリー 3 5 の充電は回生電流に依存する。

【 0 0 6 5 】

回生制動が停止し、回生電流が減少して充電電流値以下になると、ゲート駆動回路 5 2 により再度 I G B T 4 2 にゲート信号が付加される。すると架線 7 からの供給電流が電力調整装置 4 0 を介して再度供給され、充電電流を常時一定に維持するよう制御される。

【 0 0 6 6 】

この場合、電力調整装置 4 0 から供給される充電電流は回生電流の影響を受けないよう、常時一定に制御することも可能である。

すなわち力行時には、第 1 電流検出器 5 6 の検出電流が常時略一定になるように、また回生時には、第 2 電流検出器 5 7 で検出される検出電流と、第 1 電流検出器 5 6 で検出される検出電流との差を求め、この差が常時略一定になるように電力調整装置 4 0 を制御する。この回生時の場合、I G B T 4 2 のオン時間 t_2 を長くするように制御して、電力調整装置 4 0 は 2 位側電圧 E_2 を昇圧させる。これにより、電力調整装置 4 0 から出力される充電電流は常時一定に維持されることになる。

このため、必然的に回生電流成分は架線側からの一定値に重畳されることになり、制動時の回生成分を随意的な扱いにすることができる。

【 0 0 6 7 】

非電化区間では架線 7 からの供給電流がなくなるので、電力調整装置 4 0 は不動作となり、駆動電流や補機系供給電流はバッテリー 3 5 から供給される。

そのため、バッテリー 3 5 は電化区間在線中に充電された電流時間積をインバータ 2 0 の駆動状況に応じて自律的に放電することになる。

【 0 0 6 8 】

次に、架線 7 からの給電による電力制御について説明する。

第 3 電流検出器 5 8 で検出する供給電流を制御する場合、架線 7 からの電流は、電化区間で作用させるバッテリー充電電流と、駆動電流又は回生電流と、補機系 4 への供給電流の各時間平均値のベクトル合計で決定する。このときのバッテリー充電電流は、前述の充電電流演算手段 5 3 が演算する。

鉄道は通常、運行する線区とその時刻が決まっているので、平均的な運行の典型的パターン (Typical Pattern) を求め、この典型的パターンをもとに駆動電流と回生電流を決定することができる。

更に、1 回或いは 1 日の運行終了後に、バッテリー 3 5 の充電状態を確認し、蓄電量が不足する場合には電力制御手段 5 0 で追加充電できるようにする。

補機系供給電流は、空調や照明などの補機類 2 3 へ供給されるため、電化・非電化区間に関わらず略一定の電流値となる。

【 0 0 6 9 】

このような制御方式によって、第 3 電流検出器 5 8 により常時供給電流を検出し、さらには、第 2 電圧検出器 6 0 により架線側電圧をも検出して、これら電流値と電圧値を乗算した電力値で、電化区間在線中の供給電流、さらには供給電力を、電力制御手段 5 0 を介した電力調整装置 4 0 が制御する。

また運転中、時には駆動電流と補機系供給電流の合計値が予定した供給電流を超える場合がある。こうした場合、架線 7 からの流入分が常時一定になるよう、電力調整装置 4 0 の I G B T 4 2 のオン時間 t_2 を降圧側に制御して、供給電流の不足分を強制的にバッテリー 3 5 から放電するよう制御して、架線系の電力不足が他の列車に及ぶことを予防する。

【 0 0 7 0 】

10

20

30

40

50

電力回生時、補機系供給電流は電動機 2 1 の回生電流が供給され、バッテリー 3 5 への充電電流は、補機系への供給電流を減算した残りの電流成分に架線 7 からの電流が加算されて供給される。この場合、架線 7 からの電流が常時一定になるよう、電力調整装置 4 0 の I G B T 4 2 のオン時間 t_2 は昇圧側に制御される。供給電流はこのように制御され、全量バッテリー 3 5 に流入する。

【 0 0 7 1 】

上記した架線 7 から供給される電流（または電力）の制御に関して、バッテリー充放電の様子を図 5 に基づいて説明する。

図 5 において電化区間在線中（0 秒乃至 8 6 秒）は、第 3 電流検出器 5 8 と第 2 電圧検出器 6 0 の検出信号に基づき、架線入力電力（ S ）は電力調整装置 4 0 によって常時略一定に制御されている。また補機系供給電力（ A ）も、空調や照明等に消費される電力のため略一定の電力が供給され、架線入力電力（ S ）は、充電電流設定手段 5 5 により設定された一定の充電電力（ B ）と補機系供給電力（ A ）の和で決められる。

【 0 0 7 2 】

まず、停車状態の車両 2 に力行指令が入力された力行時（0 秒乃至 1 6 秒）は、通常、駆動電力として電動機定格値の 2 倍以上の電力を必要とするため、一定に制御された架線 7 からの入力電力（ S ）だけでは、駆動電力と補機系供給電力（ A ）を賄うには不足する。従って不足分をバッテリー 3 5 から放電してこれを補う。

やがて加速が終了し、車両 2 が惰行状態（1 6 秒乃至 4 8 秒）に移行すると、駆動電力は必要無くなり、充電電力（ B ）はバッテリー 3 5 からの放電に対応した充電電力（ B ）に制御され、バッテリー 3 5 が充電される。

【 0 0 7 3 】

次に、制動指令が出力された電力回生時（4 8 秒乃至 6 2 秒）は、充電電力（ B ）がバッテリー 3 5 に流入する上に、回生電力分が発生（+ 方向）するので、充電電力（ B ）の一定値に回生電力分が重畳された状態でバッテリー 3 5 が充電される。

最後に回生制動が終了して、車両 2 が停車状態（6 2 秒乃至 8 6 秒）に移行すると、再度充電電力（ B ）はバッテリー放電状態に対応した一定値になり、バッテリー 3 5 が充電される。

このようにして架線 7 からの入力電力（ S ）は一定に維持されるため、力行のときはバッテリー 3 5 が放電（下向き三角）し、回生制動のときはバッテリー 3 5 の一定の充電電流（ B ）に回生成分が重畳（上向き三角）されて充電される。

【 0 0 7 4 】

この車両 2 の電化区間在線中は、停車時も含めて架線 7 から略一定電流が給電されるので、先行技術に代表されるような力行前毎に電力供給系側からピーク電力を供給する必要がなく、車両 2 への供給電力を平準化できるので、電力会社に対するデマンド抑制効果による電力費用の低減が期待できる。

また架線 7 に代表される電力供給系の電力を平準化できるために、同じ電力供給系からより多くの車両 2 に電力の供給が可能となる等の更なる効果がある。

【 0 0 7 5 】

本件の電力制御手段 5 0 は、電化区間と非電化区間を直通で運用する当該システム 1 を前提とした電力制御手段 5 0 にはあるが、電化区間のみを運用する電気鉄道システム 1 の場合でも、車両 2 にバッテリー 3 5 と電力調整装置 4 0 を搭載すれば、当該電力制御手段 5 0 で電力調整装置 4 0 を制御すれば、上記デマンド削減効果が期待できる。

【 0 0 7 6 】

次に、この電気鉄道システム 1 の効果について説明する。

この電気鉄道システム 1 は、電力調整装置 4 0 の 1 位側に架線 7 を接続すると共に、電力調整装置 4 0 の 2 位側にバッテリー 3 5 を介して、V V V F インバータ 2 0 と C V C F インバータ 2 2 を夫々並列に接続したので、電化区間在線中はバッテリー 3 5 を常時充電可能にすると共に、C V C F インバータ 2 2 にも給電可能とし、力行時は V V V F インバータ 2 0 にも給電可能である。

また非電化区間在線中は、架線 7 からの電力供給がないため、バッテリー 3 5 から V V V F インバータ 2 0 や C V C F インバータ 2 2 には、直接給電が可能となる。

【 0 0 7 7 】

例えば、車両 2 が電化区間から非電化区間に移行すると架線 7 から電力調整装置 4 0 への給電は停止し、電力調整装置 4 0 が不動作となり、バッテリー 3 5 と V V V F インバータ 2 0 と C V C F インバータ 2 2 との間には制御回路が存在せず、直接接続されているため、電力調整装置 4 0 とは無関係にバッテリー 3 5 が自律的に放電し、補機系 4 の C V C F インバータ 2 2 に、力行時には駆動系 3 の V V V F インバータ 2 0 に給電される。

これにより、車両 2 の電化区間・非電化区間の相互間移行時でも制御・回路の切替が不要となり、従来必要であった切替作業の煩雑さから開放される。

10

【 0 0 7 8 】

また、電化区間在線中に、バッテリー 3 5 に供給される充電電流が、所定の充電電流設定手段 5 5 で設定した電流値になるよう、電力制御手段 5 0 で電力調整装置 4 0 を制御、この充電電流によりバッテリー 3 5 を充電するので、非電化区間で C V C F インバータ 2 2 や V V V F インバータ 2 0 が消費したバッテリー 3 5 のエネルギーを、電化区間で効率良くバッテリー 3 5 に充電し、そのエネルギーを回復することができる。

【 0 0 7 9 】

この電気鉄道システム 1 の電力調整装置 4 0 は、力行時と電力回生時において、第 1 電流検出器 5 6 で検出したバッテリー 3 5 への充電電流を略一定に維持、或いは電力回生時において、第 1 電流検出器 5 6 で検出した充電電流と第 2 電流検出器 5 7 で検出した回生電流分との差を、略一定に維持、或いは常時第 3 電流検出器 5 8 で検出した架線 7 からの供給電流、並びに第 2 電圧検出器 6 0 で検出した架線側電圧を乗算した電力等を略一定に維持する、3 種類の制御方式を有するので、線区や運行ダイヤに応じた制御方式を切り換えて、効率良く運行することができる。

20

【 0 0 8 0 】

また電力調整装置 4 0 において、非電化区間で駆動系 3 や補機系 4 で消費したバッテリー 3 5 のエネルギーを、非電化区間の終着駅に設けた電源から、終着駅に停車中の短時間（例えば 5 分）の急速充電で回復させることができる。

尚、こうした場合の通例では、電力調整装置 4 0 は急速充電に対応できる能力を要求されて、大電流に耐える大容量素子で構成することになるが、本発明では電化区間において、上記の電力調整装置 4 0 を使用して、駆動系 3、補機系 4 とバッテリー充電を纏めて制御することが可能となる。

30

【 0 0 8 1 】

そのうえ、電力調整装置 4 0 は、1 5 0 0 V d c , 7 5 0 V d c , 6 0 0 V d c の多様な仕様に適用でき、電力調整装置 4 0 の 2 位側の回路自体を変更することなく、1 5 0 0 V d c、7 5 0 V d c、6 0 0 V d c に対応した電化区間、非電化区間を移動できるシステムを構築できる。

【 0 0 8 2 】

またこの電気鉄道システム 1 は電化区間・非電化区間の直通システムではあるが、電化区間専用で運用する電気鉄道システムの車両にも、バッテリー 3 5 と電力調整装置 4 0 を搭載することが可能である。

40

つまり、非電化区間の運行を考慮する必要がなく、架線 7 からは常時受電して、力行・惰行・回生制動・停車等で構成する運転パターンとなる場合も、駆動電力の平均値と補機系供給電力の和が消費電力となり、供給すべき電力エネルギーの根拠となるので、電化・非電化区間直通型のシステムで大きな割合を占める、非電化区間のバッテリー放電電力を回復するための充電成分を考慮する必要はない。

従って、車両に搭載するバッテリーの容量は、運行パターンの周期内で出入りする最大容量を確保すれば良く、直通システムと比較してはるかに少ない容量のバッテリーで良いことになる。

【 0 0 8 3 】

50

更に、副次的効果として、停電、架線切断等の事故発生時には、車両に搭載したバッテリー35を電源として、その容量の範囲内で、最寄り駅への列車の収容と乗客の移送、トンネルからの脱出等の非常事態対応が可能で、長時間の駅間停止を解消できるので、乗客サービスの改善に繋がる効果も期待できる。

【0084】

最後に、前記実施例を部分的に変更した応用例について説明する。

(1) 電力調整装置40は、昇降圧チョッパに変えて、DC/DC変換器のような昇降圧手段を有する構成であっても良い。

(2) 本発明の趣旨を柱とし、これに追加的要件を付加した実施態様は、本発明の構成要件が実質的に包含されたものとなる。

10

【図面の簡単な説明】

【0085】

【図1】本発明に係る電気鉄道システムの電気配線図である。

【図2】電力調整装置の回路構成図である。

【図3】電力調整装置を降圧チョッパとして使用するときの図2のX点における電圧波形を示すグラフである。

【図4】電力調整装置を昇圧チョッパとして使用するときの図2のX点における電圧波形を示すグラフである。

【図5】架線からの供給電力が略一定に制御されるとき架線電力(S)・補機系電力(A)・バッテリー充放電電力(B)を示すグラフである。

20

【符号の説明】

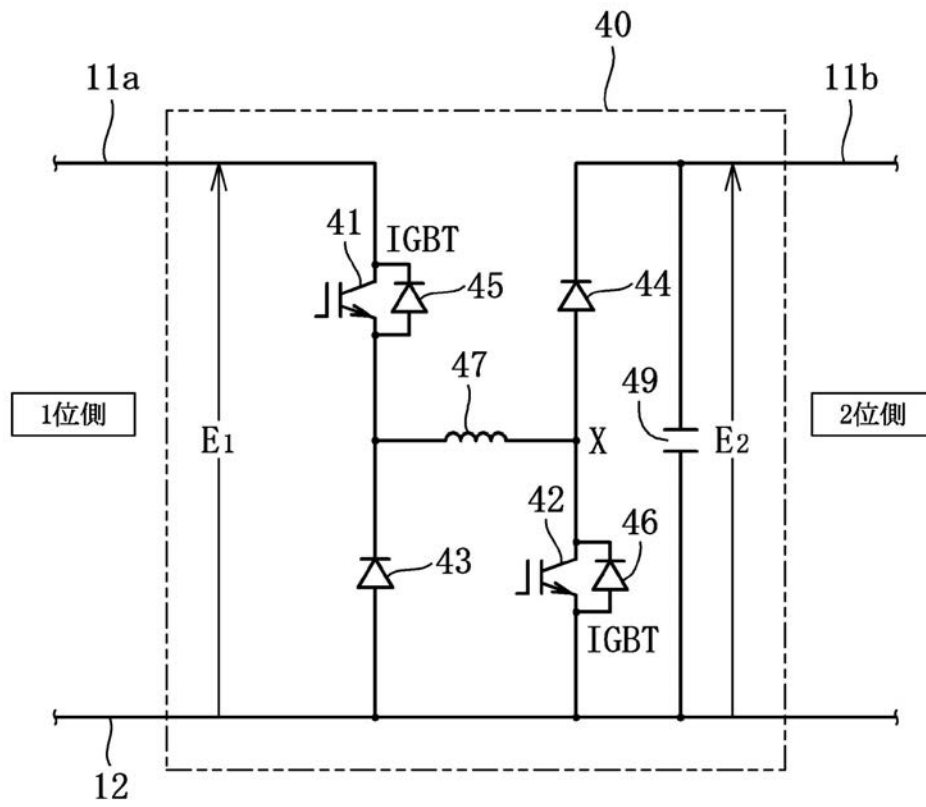
【0086】

- 1 電気鉄道システム
- 2 車両
- 3 駆動系
- 4 補機系
- 5 主給電系
- 7 架線
- 20 VVF(可変電圧可変周波数)インバータ
- 21 誘導電動機
- 22 CVCF(固定電圧固定周波数)インバータ
- 23 補機類
- 35 バッテリー
- 40 電力調整装置
- 50 電力制御手段
- 53 充電電流演算手段
- 54 運行テーブル
- 55 充電電流設定手段
- 56 第1電流検出器(第1電流検出手段)
- 57 第2電流検出器(第2電流検出手段)
- 58 第3電流検出器(第3電流検出手段)
- 59 第1電圧検出器(第1電圧検出手段)
- 60 第2電圧検出器(第2電圧検出手段)

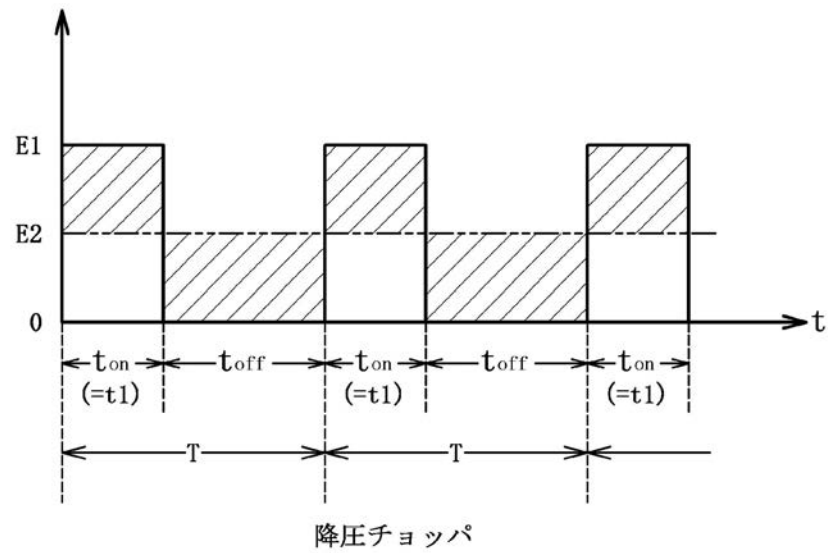
30

40

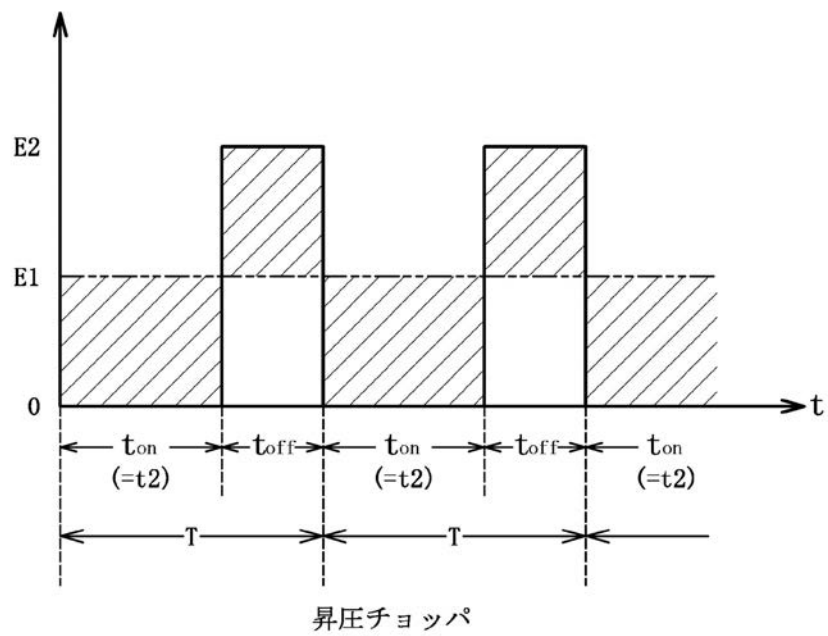
【図2】



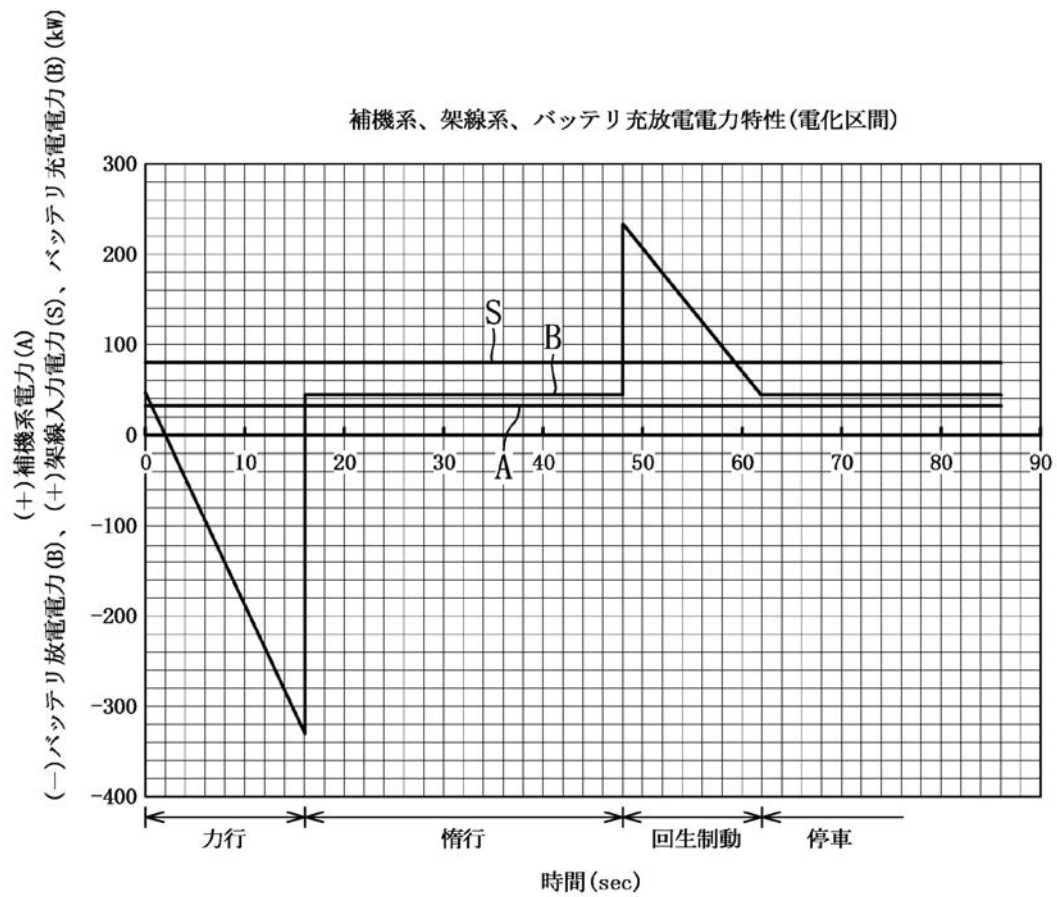
【図3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-278269(JP,A)
特開2007-068242(JP,A)
特開2005-237125(JP,A)
特開2007-060854(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

| | | | |
|------|-------|---|-------|
| B60L | 1/00 | - | 3/12 |
| | 7/00 | - | 13/00 |
| | 15/00 | - | 15/42 |