

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-188990

(P2017-188990A)

(43) 公開日 平成29年10月12日(2017.10.12)

(51) Int.Cl.		F I				テーマコード(参考)
<b>B60L</b>	<b>9/24</b>	<b>(2006.01)</b>	B60L	9/24	A	5H125
<b>H02M</b>	<b>7/48</b>	<b>(2007.01)</b>	H02M	7/48	E	5H770

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2016-75252(P2016-75252)  
 (22) 出願日 平成28年4月4日(2016.4.4)

(71) 出願人 390021577  
 東海旅客鉄道株式会社  
 愛知県名古屋市中村区名駅1丁目1番4号  
 (74) 代理人 110000578  
 名古屋国際特許業務法人  
 (72) 発明者 久野村 健  
 愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号  
 東海旅客鉄道株式会社内  
 (72) 発明者 佐▲藤▼ 賢司  
 愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号  
 東海旅客鉄道株式会社内  
 (72) 発明者 小▲柳▼ 明大  
 愛知県名古屋市中村区名駅一丁目1番4号  
 東海旅客鉄道株式会社内

最終頁に続く

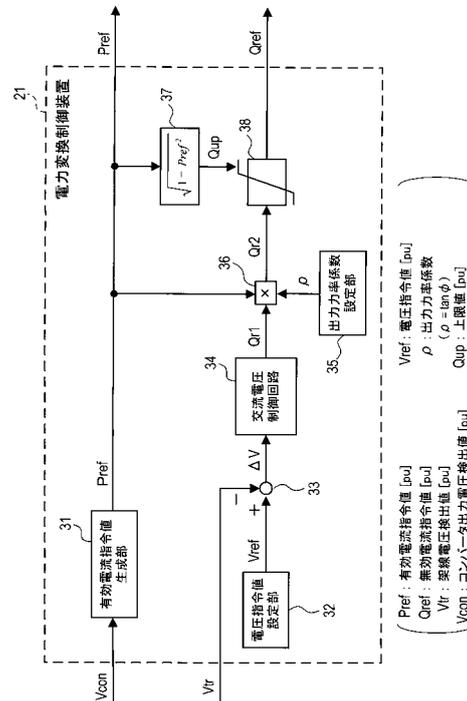
(54) 【発明の名称】 電車で電力変換制御装置

(57) 【要約】

【課題】電車で必要な有効電力を確保しつつ、架線電圧を適切なレベルに安定的に維持させるようにする。

【解決手段】有効電流指令値生成部31は、制御対象の電力変換装置から負荷へ供給すべき有効電力に応じて有効電流指令値Prefを生成する。架線電圧の目標値と実際の架線電圧との差分に基づいて算出された、無効電流指令値の初期値としての無効電流指令初期値Qr1は、少なくとも有効電流指令値Prefによって調整される。即ち、有効電流指令値Prefに応じた割合の値に調整される。さらに、その調整された値である無効電流指令調整値Qr2は、リミッタ回路38によって、上限値Qupを超えないように制限されて、無効電流指令値Qrefとして出力される。

【選択図】図2



$P_{ref}$ : 有効電流指令値 [pu]  
 $Q_{ref}$ : 無効電流指令値 [pu]  
 $V_{tr}$ : 架線電圧検出値 [pu]  
 $V_{con}$ : コンバータ出力電圧検出値 [pu]  
 $V_{ref}$ : 電圧指令値 [pu]  
 $\rho$ : 出力係数 ( $\rho = \tan \phi$ )  
 $Q_{up}$ : 上限値 [pu]

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

交流電力が供給される架線から前記交流電力が入力されるように構成された電車に搭載され、前記架線から入力された前記交流電力に対する電力変換を行う電力変換装置を制御する電車用電力変換制御装置であって、

前記電力変換装置は、当該電車用電力変換制御装置から入力される有効電流指令値及び無効電流指令値に基づき、前記有効電流指令値に応じた有効電流及び前記無効電流指令値に応じた進相無効電流を消費するように構成されており、

当該電車用電力変換制御装置は、

前記電力変換装置から負荷へ供給すべき有効電力に応じて前記有効電流指令値を生成するように構成された有効電流指令値生成部と、

前記架線から入力される電圧である架線電圧を検出するように構成された架線電圧検出部と、

前記架線電圧の目標値である電圧指令値と前記架線電圧検出部により検出された前記架線電圧である架線電圧検出値との差に基づき、前記架線電圧検出値を前記電圧指令値に追従させるための前記無効電流指令値の初期値である無効電流指令初期値を算出するように構成された初期値算出部と、

前記初期値算出部により算出された前記無効電流指令初期値のうち前記有効電流指令値生成部により生成された前記有効電流指令値に応じた割合の値である無効電流指令調整値を算出するように構成された調整値算出部と、

前記無効電流指令値の上限値を設定するものであって、前記有効電流指令値生成部により生成された前記有効電流指令値に基づき、その有効電流指令値が大きいほど小さくなるように前記上限値を設定するように構成された上限値設定部と、

前記調整値算出部により算出された前記無効電流指令調整値が前記上限値設定部により設定された前記上限値以下である場合は、前記無効電流指令調整値を前記無効電流指令値として出力し、前記無効電流指令調整値が前記上限値を超えている場合は前記上限値を前記無効電流指令値として出力するように構成された出力制限部と、

を備える、電車用電力変換制御装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の電車用電力変換制御装置であって、

前記上限値設定部は、前記有効電流指令値生成部により生成された前記有効電流指令値と前記無効電流指令値との合成値が、前記電力変換装置の入力電流の定格値である定格入力電流値以下となるように、前記無効電流指令値に対する前記上限値を設定する、電車用電力変換制御装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 又は請求項 2 に記載の電車用電力変換制御装置であって、

前記調整値算出部は、前記初期値算出部により算出された前記無効電流指令初期値のうち前記有効電流指令値生成部により生成された前記有効電流指令値に応じた割合の値に対し、さらに、前記電力変換装置で消費させるべき電力の力率に対して予め設定された出力力率設定値に基づき、その出力力率設定値以上の力率の電力が前記電力変換装置に入力されるように、前記出力力率設定値が大きいほど前記無効電流指令調整値が小さくなるように前記無効電流指令調整値を算出するように構成されている、電車用電力変換制御装置。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の電車用電力変換制御装置であって、

前記有効電流指令値生成部は、前記有効電流指令値を、前記電力変換装置の入力電流の定格値である定格入力電流値に対する規格化された値として生成するように構成されており、

前記初期値算出部は、前記無効電流指令初期値を、前記定格入力電流値に対する規格化された値として生成するように構成されており、

前記調整値算出部は、前記初期値算出部により算出された前記無効電流指令初期値と、

前記有効電流指令値生成部により生成された前記有効電流指令値と、前記出力力率設定値によって定まる出力力率係数と、を乗算することにより、前記無効電流指令調整値を算出するように構成されている、

電車用電力変換制御装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の電車用電力変換制御装置であって、

前記出力力率係数は、前記力率に対応した力率角の正接である、電車用電力変換制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 請求項 5 の何れか 1 項に記載の電車用電力変換制御装置であって、

当該電車用電力変換制御装置から出力する前記無効電流指令値を、前記出力制限部からの前記無効電流指令値及び 0 の何れか一方に切り替えるための出力切替部を備える、電車用電力変換制御装置。

10

【請求項 7】

請求項 6 に記載の電車用電力変換制御装置であって、

前記出力切替部は、当該電車用電力変換制御装置から出力する前記無効電流指令値として前記出力制限部からの前記無効電流指令値及び 0 の何れを出力すべきかを直接又は間接的に示す切替情報が入力され、その入力される切替情報に基づいて前記切り替えを行うように構成されている、電車用電力変換制御装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の電車用電力変換制御装置であって、

前記出力切替部は、前記切替情報として、前記電車が走行している位置を示す情報、若しくはその位置が前記無効電流指令値として 0 を出力すべき位置であるか否かを示す情報が入力されるように構成されている、電車用電力変換制御装置。

20

【請求項 9】

請求項 6 ~ 請求項 8 の何れか 1 項に記載の電車用電力変換制御装置であって、

前記架線電圧検出部により検出された前記架線電圧検出値が所定の閾値以下か否か判断する架線電圧判断部を備え、

前記出力切替部は、前記切替情報として、前記架線電圧判断部による前記判断の結果を示す情報が入力され、その入力された情報に基づき、前記架線電圧判断部により前記架線電圧検出値が前記閾値以下と判断されている場合は前記無効電流指令値として 0 を出力するように構成されている、

30

電車用電力変換制御装置。

【請求項 10】

請求項 6 ~ 請求項 8 の何れか 1 項に記載の電車用電力変換制御装置であって、

前記架線電圧検出部により検出された前記架線電圧検出値が所定の閾値以下か否か判断する架線電圧判断部を備え、

さらに、

前記出力切替部を第 1 の出力切替部として、前記第 1 の出力切替部とは別に設けられ、前記架線電圧判断部により前記架線電圧検出値が前記閾値以下と判断されている場合は前記出力制限部からの前記無効電流指令値の値にかかわらず、前記無効電流指令値として 0 を出力するように構成された、第 2 の出力切替部を備える、

40

電車用電力変換制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、架線から集電された交流電力によって走行用のモータが駆動されるように構成された電車に搭載される電力変換装置を制御するための技術に関する。

【背景技術】

【0002】

50

架線からパンタグラフによって交流電力を集電して走行するように構成された電車には、一般に、架線から集電した交流電力を適宜電力変換して走行用のモータへ供給するための電力変換装置が搭載されている。この種の電力変換装置を制御する方法として、装置の軽量化やコンパクト化の観点から、パンタグラフから入力される交流電力の力率が1となるように、即ち電車内において有効電力のみ消費されるように制御する方法が一般的となっている。

【0003】

しかし、上記のように力率が1となるように電力変換装置を制御すると、次のような問題が生じる可能性がある。即ち、電車走行による有効電力の消費に伴い、架線に交流電力を供給するき電回路の電源側のインピーダンスやき電回路のインピーダンスなどの影響によって架線電圧が低下したり変動したりする。特に、例えば現行の新幹線電車のように、架線から入力される交流電圧の値にかかわらず所定の有効電力を消費するよう設計されている電車においては、架線電圧の降下に伴って電車に消費される電流が増加するため、その影響によって架線電圧がより低下し、場合によっては所定の推進力を得られなくなる可能性もある。

10

【0004】

電車における力率1制御に起因して生じる上記問題に対する対策として、き電用の変電所に無効電力補償装置や固定力率出力電力変換装置などを設置することで架線電圧を標準電圧以上に維持する方法がある。しかしこの方法は、各装置の設置に多大な費用や広大な設置スペースの確保が必要となる。

20

【0005】

これに対し、特許文献1には、電車内において力行時には力率1とはせず進相無効電力が発生するようにVVVF変換装置を制御する技術が記載されている。

また、特許文献2には、車両へ電力を供給する交流系統側においてその交流系統の電圧変動を抑制する電力変換装置が記載されている。即ち、特許文献2には、有効電力消費量と無効電力消費量とを交流系統電圧に基づいて自律的に決定し、その決定した有効電力、無効電力を同時に消費させる電力変換装置を交流系統に接続することで、交流系統の電圧変動を抑制する技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0006】

【特許文献1】特開2000-156902号公報

【特許文献2】特許第4568111号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1に記載の技術のように、電車用電力変換装置に進相無効電力を消費させることによって架線電圧を適切なレベルに維持することは、原理的には可能である。しかし、特許文献1に記載の技術は、架線電圧の維持に必要な進相無効電力を、電車が消費する有効電力に単純に加算して電車用電力変換装置に消費させるという技術である。

40

【0008】

そのため、電車用電力変換装置の定格電流の制約から、進相無効電流の加算によって、電車が必要とする有効電力が制限されてしまい、結果として所望の推進力が得られなくなる可能性がある。また、同一のき電回路内に複数の電車が在線している場合、それぞれの電車の電車用電力変換装置の進相無効電力消費が競合し、これにより架線電圧の不安定現象を招くおそれがある。

【0009】

一方、特許文献2に記載の技術を電車内の電力変換装置に採用すること自体は一応可能であり、それによって架線電圧の変動を抑制することは可能である。しかし、特許文献2に記載の技術は、有効電流指令値が、進相無効電流指令値によって決定される。つまり、

50

有効電流の供給量が進相無効電流指令値に依存して決定される構成である。そのため、電車の推進力の確保に必要な有効電流が自由に決められない。つまり、架線電圧の維持と引き換えに電車自身の有効電流が自由に決められなくなって、電車として本来発揮すべき性能に影響が生じる可能性がある。そのため、特許文献2の技術を電車用の電力変換装置に適用することはできない。

【0010】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、電車に必要な有効電力を確保しつつ、架線電圧を適切なレベルに安定的に維持させるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の1つの局面における電車用電力変換制御装置は、交流電力が供給される架線から交流電力が入力されるように構成された電車に搭載され、架線から入力された交流電力に対する電力変換を行う電力変換装置を制御するものである。電力変換装置は、当該電車用電力変換制御装置から入力される有効電流指令値及び無効電流指令値に基づき、有効電流指令値に応じた有効電流及び無効電流指令値に応じた進相無効電流を消費するように構成されている。

10

【0012】

当該電車用電力変換制御装置は、有効電流指令値生成部と、架線電圧検出部と、初期値算出部と、調整値算出部と、上限値設定部と、出力制限部と、を備える。

有効電流指令値生成部は、電力変換装置から負荷へ供給すべき有効電力に応じて有効電流指令値を生成するように構成されている。

20

【0013】

架線電圧検出部は、架線から入力される架線電圧を検出するように構成されている。

初期値算出部は、架線電圧の目標値である電圧指令値と架線電圧検出部により検出された架線電圧である架線電圧検出値との差に基づき、架線電圧検出値を電圧指令値に追従させるための無効電流指令値の初期値である無効電流指令初期値を算出するように構成されている。

【0014】

調整値算出部は、初期値算出部により算出された無効電流指令初期値のうち有効電流指令値生成部により生成された有効電流指令値に応じた割合の値である無効電流指令調整値を算出するように構成されている。

30

【0015】

上限値設定部は、無効電流指令値の上限値を設定するものであって、有効電流指令値生成部により生成された有効電流指令値に基づき、その有効電流指令値が大きいほど小さくなるように上限値を設定するように構成されている。

【0016】

出力制限部は、調整値算出部により算出された無効電流指令調整値が上限値設定部により設定された上限値以下である場合は、無効電流指令調整値を無効電流指令値として出力し、無効電流指令調整値が上限値を超えている場合は上限値を無効電流指令値として出力するように構成されている。

40

【0017】

このように構成された電車用電力変換制御装置では、有効電流指令値は負荷へ供給すべき有効電力に応じて生成されるのに対し、無効電流指令値は、有効電流指令値に依存して決定される。具体的に、電圧指令値と架線電圧検出値との差に基づいて算出された無効電流指令初期値が100%そのまま無効電流指令値として出力されるのではなく、調整値算出部によって、有効電流指令値に応じた割合の値に調整される。つまり、無効電流指令初期値が、有効電流指令値に応じて0~100%の量に調整されて、無効電流指令調整値として出力される。なお、有効電流指令値が大きいほど上記割合も大きくなるよう、逆に言えば有効電流指令値が小さいほど上記割合も小さくなるように、無効電流指令初期値が調整される。つまり、当該電車が必要としている有効電力に見合った量の無効電流指令調整

50

値に調整される。

【0018】

さらに、無効電流指令調整値に対して上限値を設定し、無効電流指令調整値が上限値以下であればそのまま無効電流指令値として出力するが、無効電流指令調整値が上限値を超えている場合は、無効電流指令値として上限値を出力する。つまり、あくまでも必要な有効電力を負荷へ供給できるようにすることが優先され、最終的に出力される無効電流指令値は、最大でも上限値に制限される。

【0019】

したがって、上記構成の電车用電力変換制御装置によれば、電車に必要な有効電力を確保しつつ、架線電圧を適切なレベルに安定的に維持させるようにすることができる。

なお、ここでいう電車とは、1つの車両のみに限らず、複数の車両が連結された1つの編成も含む概念である。また、電力変換装置による電力変換は、例えば交流電力から交流電力への変換であってもよいし、交流電力から直流電力への変換であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】実施形態の電车用主回路システムの概略構成を示す説明図である。

【図2】第1実施形態の電力変換制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図3】第2実施形態の電力変換制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図4】第3実施形態の電力変換制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図5】第4実施形態の電力変換制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の例示的な実施形態について図面を参照しながら説明する。

[第1実施形態]

(1)電车用主回路システムの概要

図1に示す電车用主回路システム10は、架線100から交流電力を集電するように構成された電車に搭載される。架線100は、不図示のき電回路に接続され、そのき電回路から交流電力が供給されている。

【0022】

電车用主回路システム10は、図1に示すように、パンタグラフ11と、主変圧器12と、コンバータ13と、インバータ14と、モータ15と、電力変換制御装置21と、PWM回路22と、架線電圧検出部26と、位置検知部27と、を備える。

【0023】

なお、電车用主回路システム10が搭載される電車は、1つの車両を有する電車であってもよいし、複数の車両が連結された編成であってもよい。複数の車両が連結された編成として構成されている場合、図1に示す電车用主回路システム10を構成する各構成要素は、必ずしも全て同じ1つの車両に搭載されている必要はない。例えば、パンタグラフ11が搭載されている車両とは別の車両に電力変換制御装置21が搭載されていてもよい。

【0024】

パンタグラフ11は、架線100から交流電力を集電するための周知の集電装置である。架線100から集電される電圧は、本実施形態では例えば交流25kVである。

主変圧器12は、パンタグラフ11にて集電した交流電力を降圧してコンバータ13へ供給する。主変圧器12は、パンタグラフ11からの交流電力が入力される一次巻線12aと、パンタグラフ11からの交流電力を降圧してコンバータ13へ出力するための二次巻線12bと、パンタグラフ11からの交流電力を降圧して不図示の補助回路システムへ供給するための三次巻線12cとを有する。主変圧器12の二次巻線12bから出力される交流電力(以下、二次出力電力ともいう)の電圧値は、例えば交流1000Vであり、主変圧器12の三次巻線12cから出力される交流電力(以下、三次出力電力ともいう)の電圧値は、例えば交流400Vである。もちろん、これら各電圧値はあくまでも一例である。

10

20

30

40

50

## 【0025】

コンバータ13は、主変圧器12から出力される二次出力電力を直流電力に変換して出力する。本実施形態のコンバータ13は、いわゆるPWMコンバータである。本実施形態のコンバータ13は、例えば、主変圧器12の二次出力電力の交流1000Vを、直流2000Vに変換して出力する。これら各電圧値も、あくまでも一例である。

## 【0026】

インバータ14は、コンバータ13から出力される直流電力を三相交流電力に変換して、モータ15へ出力する。本実施形態のインバータ14は、いわゆるVVVFインバータである。モータ15は、本実施形態では三相誘導電動機であり、三相交流電力が供給されることにより回転駆動する。モータ15が回転駆動されると、その回転駆動力が不図示の車輪に伝達され、これにより電車が走行する。

10

## 【0027】

架線電圧検出部26は、パンタグラフ11によって架線100から入力される電圧である架線電圧の値を検出するために設けられている。架線電圧検出部26は、主変圧器12の三次巻線12cから出力される三次出力電力の電圧値に応じた値、即ち架線電圧の大きさを示す架線電圧検出値 $V_{tr}$ を、電力変換制御装置21へ出力する。

## 【0028】

なお、本実施形態の電力変換制御装置21は、後述する各種演算に用いる各値をpu単位系の値として扱っている。そのため、架線電圧検出部26は、架線電圧検出値 $V_{tr}$ として、架線電圧の定格値に対応した架線電圧検出値 $V_{tr}$ を基準とした規格化された値、即ちpu単位系の値を出力するように構成されている。なお、架線電圧検出部26から出力される架線電圧検出値 $V_{tr}$ 自体はpu単位系の値ではなく、電力変換制御装置21内でpu単位系の値に変換する構成であってもよい。

20

## 【0029】

位置検知部27は、電車が走行している位置を検知してその検知した位置を示す位置検知信号 $S_p$ を電力変換制御装置21へ出力する。なお、位置検知信号 $S_p$ は、本第1実施形態の電力変換制御装置21では用いられず、後述する第2実施形態及び第4実施形態で用いられる。

## 【0030】

コンバータ13とインバータ14の間には、コンバータ13からの出力電圧を検出するコンバータ電圧検出部16が設けられている。コンバータ電圧検出部16は、コンバータ13からの出力電圧の値を示すコンバータ出力電圧検出値 $V_{con}$ を電力変換制御装置21へ出力する。

30

## 【0031】

なお、コンバータ電圧検出部16は、コンバータ出力電圧検出値 $V_{con}$ として、コンバータの出力電圧の定格値に対する規格化された値、即ちpu単位系の値を出力するように構成されている。或いは、コンバータ電圧検出部16から出力されるコンバータ出力電圧検出値 $V_{con}$ 自体はpu単位系の値ではなく、電力変換制御装置21内でpu単位系の値に変換する構成であってもよい。

## 【0032】

電力変換制御装置21は、架線電圧検出部26により検出された架線電圧検出値 $V_{tr}$ 、及びコンバータ電圧検出部16により検出されたコンバータ出力電圧検出値 $V_{con}$ を用いて、コンバータ13に入力させるべき(即ちコンバータ13で消費させるべき)有効電流を示す有効電流指令値 $P_{ref}$ 、及びコンバータ13に消費させるべき進相無効電流を示す無効電流指令値 $Q_{ref}$ を算出して、PWM回路22へ出力する。

40

## 【0033】

PWM回路22は、電力変換制御装置21から入力される有効電流指令値 $P_{ref}$ 及び無効電流指令値 $Q_{ref}$ に基づき、その有効電流指令値 $P_{ref}$ に応じた有効電流及び無効電流指令値 $Q_{ref}$ に応じた進相無効電流がコンバータ13に入力されるように(即ちそれら有効電流及び進相無効電流がコンバータ13で消費されるように)、コンバータ1

50

3を制御する。

【0034】

具体的には、コンバータ13が有する複数のスイッチング素子のオン・オフのタイミングを個別に制御することにより、コンバータ13に、上記有効電流及び進相無効電流を消費させる。なお、有効電流指令値 $P_{ref}$ は、コンバータ13に入力される有効電流を決定付けるパラメータ、換言すればコンバータ13により消費される有効電力を決定付けるパラメータであり、無効電流指令値 $Q_{ref}$ は、コンバータ13に入力される進相無効電流を決定付けるパラメータ、換言すればコンバータ13により消費される進相無効電流を決定付けるパラメータである。

【0035】

(2) 電力変換制御装置の構成

次に、本実施形態の電力変換制御装置21の構成について、図2を用いて説明する。図2に示すように、電力変換制御装置21は、有効電流指令値生成部31と、電圧指令値設定部32と、加算器33と、交流電圧制御回路34と、出力力率係数設定部35と、乗算器36と、上限値設定部37と、リミッタ回路38とを備える。

【0036】

なお、図2に示す電力変換制御装置21によって実現される機能は、例えばコンピュータが所定の制御プログラムを実行することによって実現される構成であってもよいし、機能の一部又は全部が、論理回路やアナログ回路等を組み合わせたハードウェアを用いて実現される構成であってもよい。

【0037】

有効電流指令値生成部31は、電車が必要とする有効電力、即ちコンバータ13から負荷へ供給すべき有効電力に応じた、有効電流指令値 $P_{ref}[pu]$ を生成する。ここで扱う有効電流指令値 $P_{ref}[pu]$ は、コンバータ13において定められている入力電流の定格値である定格入力電流値を基準とした、規格化された値である。

【0038】

なお、コンバータ13の負荷とは、コンバータ13から出力される電力が消費される負荷全体を意味する。よって、コンバータ13の負荷には、少なくとも、インバータ14及びモータ15が含まれる。

【0039】

なお、以下の説明では、有効電流指令値 $P_{ref}[pu]$ について、単位記号 $[pu]$ の表記を省略する。また、後述する電圧指令値 $V_{ref}$ 、電圧差分 $V$ 、無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ 、無効電流指令調整値 $Q_{r2}$ 、上限値 $Q_{up}$ 、無効電流指令値 $Q_{ref}$ も、いずれも $pu$ 単位系で扱われるが、これらについても単位記号 $[pu]$ の表記を省略する。

【0040】

有効電流指令値生成部31は、必要とする有効電力を負荷へ供給できるよう、その有効電力供給のために必要な有効電流をコンバータ13に入力させるための有効電流指令値 $P_{ref}$ を生成する。

【0041】

電車が必要とする有効電力は、負荷の動作状態によって変動する。負荷の動作状態は、コンバータ13からの出力電圧の値によって間接的に知ることができる。負荷へ供給すべき有効電力が増加すると、コンバータ13の出力電圧が低下する。逆に、供給すべき有効電力が低下すると、コンバータ13の出力電圧が増加する。

【0042】

そのため、本実施形態では、有効電流指令値生成部31は、コンバータ電圧検出部16から入力されるコンバータ出力電圧検出値 $V_{con}$ に基づき、コンバータ13の出力電圧を一定の定格値に維持させるための所定の電圧一定制御を行うことにより、有効電流指令値 $P_{ref}$ を生成する。具体的に、コンバータ出力電圧検出値 $V_{con}$ が小さくなるほど有効電流指令値 $P_{ref}$ が大きくなるように有効電流指令値 $P_{ref}$ を生成する。

【0043】

10

20

30

40

50

なお、電車においては、運転士が操作するノッチが上がれば上がるほど、モータ15へ供給すべき電力が増大する。つまり、電車が必要とする有効電力は、等価的にはノッチに依存するとも言える。そのため、有効電流指令値生成部31は、例えば、ノッチの状態に応じて有効電流指令値 $P_{ref}$ を生成するように構成されていてもよい。具体的に、ノッチが上がれば上がるほど有効電流指令値 $P_{ref}$ が大きくなるように有効電流指令値 $P_{ref}$ を生成する構成であってもよい。

【0044】

電圧指令値設定部32は、架線電圧検出値 $V_{tr}$ に対する目標値としての電圧指令値 $V_{ref}[pu]$ が設定される。電圧指令値 $V_{ref}$ として具体的にどのような値を設定するかについては適宜決めてもよい。例えば、架線100からの架線電圧が28kVに維持されるよう、架線電圧が28kVのときの架線電圧検出値 $V_{tr}$ を電圧指令値 $V_{ref}$ として設定してもよい。

10

【0045】

加算器33は、電圧指令値設定部32で設定された電圧指令値 $V_{ref}$ と架線電圧検出値 $V_{tr}$ との差である電圧差分 $V$ を算出する。

交流電圧制御回路34は、例えば、比例積分回路あるいは一次遅れ回路等などで構成されており、電圧差分 $V$ がゼロとなるよう、すなわち架線電圧検出値 $V_{tr}$ が電圧指令値 $V_{ref}$ に追従するように、無効電流指令値を算出する。ここで算出される無効電流指令値は、最終的にPWM回路22に出力されるものではなく、あくまでも、電圧差分 $V$ をゼロにすることを考慮して算出された値である。そのため、最終的に算出される無効電流指令値 $Q_{ref}$ と区別して、無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ という。

20

【0046】

乗算器36は、有効電流指令値生成部31で生成された有効電流指令値 $P_{ref}$ と、交流電圧制御回路34で算出された無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ と、出力力率係数設定部35で設定されている出力力率係数 $\cos\theta$ とを乗算する。この乗算により、無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ が有効電流指令値 $P_{ref}$ 及び出力力率係数 $\cos\theta$ によって調整された無効電流指令調整値 $Q_{r2}$ が算出される。

【0047】

乗算器36による乗算のうち、無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ と有効電流指令値 $P_{ref}$ との乗算は、交流電圧制御回路34で算出された無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ を、有効電流指令値 $P_{ref}$ に応じた割合の値に調整するための乗算である。例えば有効電流指令値 $P_{ref}$ が0.8[pu]であれば、無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ は、有効電流指令値 $P_{ref}$ との乗算によって80%の値に調整されることになる。

30

【0048】

一方、乗算器36による乗算のうち、無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ と出力力率係数 $\cos\theta$ との乗算は、交流電圧制御回路34で算出された無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ を、出力力率設定値 $\cos\theta$ に応じて調整するための乗算である。つまり、出力力率設定値 $\cos\theta$ 以上の力率の電力がコンバータ13に入力されてコンバータ13で消費されるように無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ を調整するための乗算である。なお、 $\theta$ は力率角であり、コンバータ13で消費させるべき有効電力に応じて予め設定されており、また適宜設定変更することも可能である。

40

【0049】

出力力率係数 $\cos\theta$ は、力率角 $\theta$ を用いて、 $\cos\theta = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2\theta}}$ 、即ち力率角 $\theta$ の正接で表される。つまり、力率角 $\theta$ が小さくなって出力力率設定値 $\cos\theta$ が1に近づくほど、出力力率係数 $\cos\theta$ は小さくなり、逆に、力率角 $\theta$ が大きくなって出力力率設定値 $\cos\theta$ が0に近づくほど、出力力率係数 $\cos\theta$ は大きくなる。

【0050】

そのため、乗算器36において無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ と出力力率係数 $\cos\theta$ とが乗算されることにより、出力力率設定値 $\cos\theta$ が1に近いほど、無効電流指令初期値 $Q_{r1}$ はより小さい値に調整されることになる。逆に、出力力率設定値 $\cos\theta$ が0に近いほど、

50

無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  はより大きな値に調整されることになる。

【0051】

なお、出力力率係数として  $\tan$  を用いているのはあくまでも一例であり、出力力率設定値  $\cos$  に応じて無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  を適切に調整可能な他の値を出力力率係数として用いてもよい。つまり、出力力率係数は、出力力率設定値  $\cos$  に応じ、0～1の間で適宜設定するようにしてもよい。

【0052】

乗算器36による乗算によって無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  を有効電流指令値  $P_{ref}$  で調整する主目的は、コンバータ13で消費される進相無効電流の量を、自車が真に必要なとしている有効電力の大きさに見合った適切な量に調整することにある。この調整により、必要な有効電力が大きければその分進相無効電流も大きい値に調整され、必要な有効電力が小さければその分進相無効電流も小さい値に調整される。これにより、例えば同じき電区間に自車を含む複数の電車が在線していて各車が本実施形態の電力変換制御装置21を備えている場合、電車毎に進相無効電流が適切に調整され、その結果、複数の電車間の進相無効電流消費の競合を抑制して架線電圧を安定化させることができる。

10

【0053】

一方、乗算器36による乗算によって無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  を出力力率係数で調整する主目的は、コンバータ13においてあくまでも有効電力の消費を優先させることにある。より具体的には、仮に架線電圧が下がってコンバータ13に入力される有効電流が低下しても、コンバータ13の消費電流を不要に大きくしないようにすることにある。有効電流の値にかかわらず出力力率設定値  $\cos$  以上の力率を確保できるように、出力力率係数を用いた調整を行うようにしている。

20

【0054】

リミッタ回路38は、乗算器36で算出された無効電流指令調整値  $Q_{r2}$  を、その最大値に制限をかけて、最終的な無効電流指令値  $Q_{ref}$  として出力する。具体的に、無効電流指令調整値  $Q_{r2}$  が上限値  $Q_{up}$  以下である場合は、無効電流指令調整値  $Q_{r2}$  をそのまま無効電流指令値  $Q_{ref}$  として出力する。一方、無効電流指令調整値  $Q_{r2}$  が上限値  $Q_{up}$  を超えている場合は、上限値  $Q_{up}$  を無効電流指令値  $Q_{ref}$  として出力する。

【0055】

上限値  $Q_{up}$  は、上限値設定部37により設定される。上限値設定部37は、有効電流指令値  $P_{ref}$  に基づき、有効電流指令値  $P_{ref}$  が大きいほど小さい値となるように上限値  $Q_{up}$  を設定する。より具体的に、上限値設定部37は、下記式(1)により上限値  $Q_{up}$  を算出し設定する。

30

$$Q_{up} = (1 - P_{ref}^2) \cdots (1)$$

つまり、有効電流指令値生成部31で生成された有効電流指令値  $P_{ref}$  をそのままコンバータ13で消費させることを優先させ、有効電力の消費量は犠牲にしないようにする。一方、コンバータ13に入力される電流全体は定格入力電流値以下に収まるようにする。つまり、有効電流指令値  $P_{ref}$  と無効電流指令値  $Q_{ref}$  との合成値(即ちベクトル合成値)が定格入力電流値以下に収まるように、無効電流指令値  $Q_{ref}$  に対する上限値  $Q_{up}$  が設定される。そのため、進相無効電流については、コンバータ13の定格入力電流のうち有効電流指令値  $P_{ref}$  を除く余力範囲内に制限される。

40

【0056】

上限値  $Q_{up}$  に基づいてリミッタ回路38が動作することで、コンバータ13に入力される電流全体を定格入力電流値以下に抑えることができる。そして、その定格入力電流値以下の範囲内で、有効電流については優先して消費され、余力部分に進相無効電流が充てられる。

【0057】

(3) 第1実施形態の効果

以上説明した第1実施形態によれば、以下の効果が得られる。

即ち、第1実施形態の電力変換制御装置21では、PWM回路22へ出力する有効電流

50

指令値  $P_{ref}$  及び無効電流指令値  $Q_{ref}$  のうち、有効電流指令値  $P_{ref}$  については、有効電流指令値生成部 31 で生成された有効電流指令値  $P_{ref}$  が特に制限を受けることなく出力される。

【0058】

一方、無効電流指令値  $Q_{ref}$  については、交流電圧制御回路 34 で算出された無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  が適宜調整或いは制限を経て出力される。具体的に、交流電圧制御回路 34 で算出された無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  が、乗算器 36 によって、有効電流指令値  $P_{ref}$  に見合った値に調整され、且つ力率角  $\theta$  に見合った値に調整される。具体的に、有効電流指令値  $P_{ref}$  が小さいほど無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  も小さい値に調整される。また、力率角  $\theta$  が小さいほど（つまり出力力率設定値  $\cos \theta$  が 1 に近いほど）無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  は小さい値に調整される。

10

【0059】

無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  が有効電流指令値  $P_{ref}$  に見合った値に調整されることにより、同一のき電回路内に在線している他の電車と進相無効電流消費の競合を抑えつつ、架線 100 から入力される架線電圧をその標準値（定格値）以上の値に安定的に維持させることができる。そのため、電車走行に伴う架線電圧の降下を抑えることができ、その結果、き電距離の延伸が可能となり、き電用変電所における無効電力補償装置あるいは固定力率出力電力変換装置等の設置を省略することも可能となつて、電車を走行させるための設備のトータルコストを低減することができる。

【0060】

20

また、無効電流指令初期値  $Q_{r1}$  が出力力率設定値  $\cos \theta$  に見合った値に調整されることにより、有効電流指令値  $P_{ref}$  の大きさにかかわらず、コンバータ 13 で消費される電力において有効電力が主体となるように制御することが可能となる。

【0061】

また、乗算器 36 において有効電流指令値  $P_{ref}$  及び出力力率設定値  $\cos \theta$  によって調整された無効電流指令調整値  $Q_{r2}$  が、さらにリミッタ回路 38 を経て無効電流指令値  $Q_{ref}$  として出力されることで、最終的に出力される無効電流指令値  $Q_{ref}$  が、最大でも上限値  $Q_{up}$  に制限される。

【0062】

しかもその上限値  $Q_{up}$  は、前述の式（1）により算出される。そのため、コンバータ 13 の定格入力電流値の範囲内で、有効電力の消費を優先した制御が実現される。これにより、コンバータ 13 の定格容量を、従来の有効電力の消費のみを行う（即ち力率 1 に制御される）コンバータと同等に維持しつつ、架線電圧を適切なレベルに安定的に維持させること、及び電車に必要な有効電力を確保すること、の双方が可能となる。

30

【0063】

ここで、第 1 実施形態の効果について補足説明する。第 1 実施形態の電力変換制御装置 21 の主な特徴の一つとして、有効電力の消費を優先する制御とすることで、コンバータ 13 の定格容量を大きくせず所定の推進力を得られること、がある。また、主な特徴の一つとして、同一のき電回路に複数の電車が在線している場合であっても、進相無効電力の消費量の分担をそれぞれの電車が自律的に決定し、架線電圧を安定して制御できること、がある。

40

【0064】

有効電力の消費を優先させる制御に対する代替技術としては、例えば、コンバータ 13 の定格容量を大きくすることで、あらかじめ進相無効電力消費分の容量を確保しておく技術が考えられる。しかし、そのような技術を採用すると、コンバータ 13 の重量が重くなり、またその搭載スペースの確保も困難になるため、実現困難である。仮に実現したとしても、重量増に伴って電車の消費電力の増加を招くことが考えられる。

【0065】

また、同一き電回路内の複数の電車における進相無効電力消費の分担の決定方法に対する代替技術としては、例えば、各々の電車の消費電力を計測し、それらを 1 箇所の制御所

50

に伝送し、その制御所で各々の電車の進相無効電力消費量の分担を決定して、制御所から各々の電車に対して指令する方法が考えられる。しかしその技術は、制御所と各々の電車の間の伝送手段が必要となることや、伝送遅れにより電圧の制御が不安定になる可能性が高いことなどから、コスト、電圧制御安定性の面で実現困難と考えられる。

【 0 0 6 6 】

このようなことから、コンバータ 1 3 に進相無効電力を消費させ、電車に必要な推進力を損なうことなく架線電圧を安定的に制御するためには、第 1 実施形態で説明した制御方法が非常に有効であるといえる。第 1 実施形態で説明した制御方法を採用することで、架線電圧を安定化させつつ有効電力消費を優先させることができ、これにより電車の消費電流を軽減できる。その結果、主変圧器 1 2 の軽量・コンパクト化、き電システム全体の電力損失の低減、電車の省エネルギー化を図ることも可能となる。

10

【 0 0 6 7 】

( 4 ) 特許請求の範囲との対応関係

ここで、本実施形態の文言と特許請求の範囲の文言との対応関係について説明する。コンバータ 1 3 は電力変換装置に相当し、電力変換制御装置 2 1 は電車用電力変換制御装置に相当する。交流電圧制御回路 3 4 は初期値算出部に相当する。乗算器 3 6 は調整値算出部に相当する。リミッタ回路 3 8 は出力制限部に相当する。

【 0 0 6 8 】

[ 第 2 実施形態 ]

第 2 実施形態は、基本的な構成は第 1 実施形態と同様であるため、第 1 実施形態と共通する構成については説明を省略し、相違点を中心に説明する。なお、第 1 実施形態と同じ符号は、同一の構成を示すものであって、先行する説明を参照する。

20

【 0 0 6 9 】

図 3 に示す第 2 実施形態の電力変換制御装置 5 0 は、図 2 に示した第 1 実施形態の電力変換制御装置 2 1 に対し、さらに切替回路 5 1 及び切替制御部 5 2 を備えている。

切替回路 5 1 は、無効電流指令値  $Q_{ref}$  として、リミッタ回路 3 8 から出力される値をそのまま出力させるか、それとも 0 を出力させるかを切り替えるための回路である。なお、リミッタ回路 3 8 から出力される値を、以下、リミッタ出力値  $Q_{r3}$  と称する。

【 0 0 7 0 】

切替回路 5 1 は、切替制御部 5 2 からの切替指令に従って、出力させるべき無効電流指令値  $Q_{ref}$  を、リミッタ回路 3 8 からのリミッタ出力値  $Q_{r3}$  又は 0 に切り替える。

30

切替制御部 5 2 は、一例として、位置検知部 2 7 から入力される位置検知信号  $S_p$  に基づいて、切替回路 5 1 を制御する。切替制御部 5 2 は、自車の走行位置に応じて、無効電流指令値  $Q_{ref}$  を 0 にすべきか否かを決定して切替回路 5 1 を制御するように構成されている。

【 0 0 7 1 】

切替制御部 5 2 は、入力される位置検知信号  $S_p$  に基づき、自車が現在、無効電流指令値  $Q_{ref}$  を 0 にすべき（つまり進相無効電流を消費すべきでない）位置に存在している場合には、切替回路 5 1 に対して無効電流指令値  $Q_{ref}$  として 0 を出力させる。一方、入力される位置検知信号  $S_p$  に基づき、自車が現在、無効電流指令値  $Q_{ref}$  を 0 にすべき（つまり進相無効電流を消費すべきでない）位置に存在していない場合には、切替回路 5 1 に対して無効電流指令値  $Q_{ref}$  としてリミッタ出力値  $Q_{r3}$  を出力させる。

40

【 0 0 7 2 】

自車の位置に応じて無効電流指令値  $Q_{ref}$  を 0 にする技術を採用した背景として、次のことが言える。即ち、架線電圧の変動や低下は走行中常に発生するとは限らず、走行位置やその他の状況等によっては十分に適切な架線電圧となっている場合もある。そのような場合は電車においても進相無効電流は消費せずに力率 1 で運転してもよい。

【 0 0 7 3 】

また、走行中どのあたりの位置が架線電圧が下がりやすいか、逆にどのあたりの位置は架線電圧が安定しているか、といった情報は、ある程度は予めわかる。例えば、き電回路

50

の電源側の電力供給能力自体が弱い場合は、そのき電回路から電力供給を受ける走行区間全体にわたって架線電圧が低下しやすく、よって進相無効電流を消費させる方が好ましいと考えられる。また、き電回路の電源からの距離が長くなればなるほど、損失が大きくなって、電車に輸入される架線電圧が低下する可能性があり、その場合も進相無効電流を消費させる方が好ましいと考えられる。また例えば、き電用変電所に無効電力補償装置が設置されていて十分な架線電圧が確保されているき電区間に自車が存在している場合は、電車側で進相無効電力を消費させる必要性は低く、無効電流指令値  $Q_{ref}$  を 0 にする方がむしろ好ましい。

#### 【0074】

そこで、本第2実施形態では、自車位置に応じ、架線電圧が低下しやすい位置に存在している場合には無効電流指令値  $Q_{ref}$  としてリミッタ出力値  $Q_{r3}$  を出力させ、架線電圧が低下するおそれの低い位置に存在していて進相無効電流を消費させる必要性が低い場合には無効電流指令値  $Q_{ref}$  として 0 を出力するようにしている。

10

#### 【0075】

なお、位置検知信号  $S_p$  は、単に自車位置を示す情報を含む信号であってもよいが、自車位置が無効電流指令値  $Q_{ref}$  として 0 を出力すべき位置であるか否かを示す情報を含む信号であってもよい。そして、位置検知信号  $S_p$  自体に、無効電流指令値  $Q_{ref}$  としてリミッタ出力値  $Q_{r3}$  及び 0 のどちらを出力すべきかを示す情報が含まれている場合には、切替制御部 52 を省いて、位置検知信号  $S_p$  を切替回路 51 へ入力させ、切替回路 51 が位置検知信号  $S_p$  に基づいてリミッタ出力値  $Q_r$  又は 0 を出力するように構成してもよい。

20

#### 【0076】

このように構成された第2実施形態の電力変換制御装置 50 によれば、第1実施形態の効果に加え、次の効果が得られる。即ち、コンバータ 13 にて進相無効電力を消費させる必要があるか否かに応じて、無効電流指令値  $Q_{ref}$  がリミッタ出力値  $Q_{r3}$  又は 0 に切り替わるため、進相無効電流の消費量を状況に応じて適切に制御することができる。特に、本第2実施形態では、自車の位置に応じて、進相無効電流を消費させるべき位置に存在している場合には進相無効電流を消費させ、進相無効電流を消費させる必要がないか若しくはその必要性が低い位置に存在している場合には進相無効電流を 0 にすることができる。そのため、自車位置に応じた適切な進相無効電力の制御が可能となる。

30

#### 【0077】

ここで、本第2実施形態の文言と特許請求の範囲の文言との対応関係について説明する。切替回路 51 及び切替制御部 52 は、出力切替部（特に第1の出力切替部）に相当する。また位置検知信号  $S_p$  は切替情報に相当する。

#### 【0078】

##### [第3実施形態]

第3実施形態は、基本的な構成は第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と共通する構成については説明を省略し、相違点を中心に説明する。なお、第1実施形態と同じ符号は、同一の構成を示すものであって、先行する説明を参照する。

#### 【0079】

図4に示す第3実施形態の電力変換制御装置 60 は、図2に示した第1実施形態の電力変換制御装置 21 に対し、さらに出力乗算器 61 及び低電圧検出回路 62 を備えている。これら出力乗算器 61 及び低電圧検出回路 62 は、架線電圧が異常な低電圧状態になった場合には無効電流指令値  $Q_{ref}$  を強制的に 0 にするために設けられている。

40

#### 【0080】

即ち、自車が在線しているき電回路において、例えば地絡故障あるいは短絡故障が発生して当該き電回路が停電している状況が発生した場合、そのような状況においては自車において積極的に進相無効電流を消費させるような制御をする必要はなく、むしろそのような制御は停止させるべきである。そこで、本実施形態では、架線電圧を監視し、正常時には発生することがないような低電圧を検出した場合には、無効電流指令値  $Q_{ref}$  を強制

50

的に0とすることで、き電回路停電時の不要な進相無効電流の消費を抑制している。

#### 【0081】

低電圧検出回路62は、架線電圧検出値 $V_{tr}$ に応じて1又は0の信号を出力乗算器61へ出力する。低電圧検出回路62は、架線電圧の値が正常な範囲を外れて低い値となっている場合にそのことを検出するために設けられている。具体的に、架線電圧検出値 $V_{tr}$ に対して閾値が設定されており、架線電圧検出値 $V_{tr}$ が閾値以上の場合は1を出力し、架線電圧検出値 $V_{tr}$ が閾値未満の場合は0を出力する。閾値をどのような値にするかについては、架線電圧の定格値や正常範囲、異常と判断すべき範囲などに応じて適宜きめてもよい。本実施形態では、一例として、閾値が0.6 [ pu ] に設定されている。つまり、架線電圧が定格値（例えば28 kV）の0.6倍の16.8 kV未満となっている場合には0が出力されるように構成されている。

10

#### 【0082】

出力乗算器61は、リミッタ回路38から出力されるリミッタ出力値 $Q_{r3}$ と、低電圧検出回路62から出力される1又は0とを乗算し、その乗算結果を無効電流指令値 $Q_{ref}$ として出力する。低電圧検出回路62から1が入力されている場合、即ち架線電圧検出値 $V_{tr}$ が0.6 [ pu ] 以上であって架線電圧が正常範囲にある場合は、リミッタ出力値 $Q_{r3}$ が無効電流指令値 $Q_{ref}$ として出力される。一方、低電圧検出回路62から0が入力されている場合、即ち架線電圧検出値 $V_{tr}$ が0.6 [ pu ] 未満であって架線電圧が異常な低電圧状態にある場合は、無効電流指令値 $Q_{ref}$ が強制的に0に設定される。

20

#### 【0083】

このように構成された第3実施形態の電力変換制御装置60によれば、第1実施形態の効果に加え、次の効果が得られる。即ち、架線電圧が異常に低い状態の場合には無効電流指令値 $Q_{ref}$ が強制的に0に設定されるため、き電回路停電時の不要な進相無効電流の消費を抑制することができる。

#### 【0084】

ここで、本第3実施形態の文言と特許請求の範囲の文言との対応関係について説明する。低電圧検出回路62は架線電圧判断部に相当する。出力乗算器61は、出力切替部（特に第2の出力切替部）に相当する。

30

#### 【0085】

##### [第4実施形態]

図5に示す本第4実施形態の電力変換制御装置70は、図3に示した第2実施形態の電力変換制御装置50の構成と図4に示した第3実施形態の電力変換制御装置60の構成を組み合わせたものである。即ち、図3に示した第2実施形態の電力変換制御装置50に対し、更に、図4に示した第3実施形態の電力変換制御装置60が有する出力乗算器61及び低電圧検出回路62が設けられている。

#### 【0086】

図5に示すように、出力乗算器61は、リミッタ回路38の後段に設けられている。そして、出力乗算器61の後段に、切替回路51が設けられている。なお、出力乗算器61と切替回路51の前後の位置を入れ替えてもよい。このように構成された第4実施形態の電力変換制御装置70によれば、第2実施形態の作用効果及び第3実施形態の作用効果の双方が得られる。

40

#### 【0087】

##### [他の実施形態]

以上、本発明を実施するための形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されることなく、種々変形して実施することができる。

#### 【0088】

(1) 本発明の制御対象は、上述した実施形態のコンバータ13に限定されるものではない。交流電力が供給される架線から入力される交流電力に対する電力変換を行うように

50

構成された各種の電力変換装置を制御対象とする電力変換制御装置に対して本発明を適用可能である。

【0089】

制御対象の電力変換装置における電力変換の内容についても特に限定されるものではなく、上述したコンバータ13のように交流電力を直流電力に変換するものに限らず、入力された交流電力を別の形態の交流電力（例えば周波数或いは電圧が異なる交流電力）に変換するものであってもよい。

【0090】

また、電力変換装置がPWM駆動される構成であることもあくまでも一例である。有効電流指令値 $P_{ref}$ 及び無効電流指令値 $Q_{ref}$ に従って動作させることが可能なあらゆる電力変換装置を制御対象として、その電力変換装置を制御するための電力変換制御装置として本発明を適用可能である。

10

【0091】

(2)第2実施形態において、切替回路51は、自車位置とは異なる他の情報等に基づいて切り替え動作可能な構成であってもよい。例えば、電車の運転士の判断によって、運転士自身が切替回路51を直接又は間接的に動作させることが可能であってもよい。より具体的に、運転席近傍に、切替回路51を動作させるためのスイッチを設け、運転士がそのスイッチを操作することで、そのスイッチの操作内容に応じて切替回路51を動作させることができるようにしてもよい。

【0092】

また、架線電圧に基づき、架線電圧が十分に維持されている場合には無効電流指令値 $Q_{ref}$ が0に切り替わるように構成してもよい。例えば、架線電圧が、定格値以上、或いは定格値よりも所定量高い値以上となっている場合には、切替回路51が無効電流指令値 $Q_{ref}$ として0を出力するように構成してもよい。

20

【0093】

(3)上限値設定部37について、上記各実施形態では、上限値 $Q_{up}$ を上記式(1)で算出するものとして説明したが、上限値 $Q_{up}$ は他の方法で算出するようにしてもよい。つまり、有効電流指令値 $P_{ref}$ に応じた有効電流を確保できる限り、進相無効電流を具体的に最大でどの程度に制限するかについては、適宜決めてもよい。例えば、上記式(1)に対してさらに1未満の所定の係数を掛けることで、進相無効電流を適宜抑制するようにしてもよい。

30

【0094】

(4)上記各実施形態では、基準値に対する規格化された値（即ちpu単位系の値）を使用して各種制御演算を行う構成であったが、このようにpu単位系の値に対して制御演算を行うことは必須ではない。

【0095】

(5)その他、上記各実施形態における1つの構成要素が有する機能を複数の構成要素として分散させたり、複数の構成要素が有する機能を1つの構成要素に統合させたりしてもよい。また、上記各実施形態の構成の少なくとも一部を、同様の機能を有する公知の構成に置き換えてもよい。また、上記各実施形態の構成の一部を省略してもよい。また、上記各実施形態の構成の少なくとも一部を、他の実施形態の構成に対して付加又は置換してもよい。なお、特許請求の範囲に記載した文言のみによって特定される技術思想に含まれるあらゆる態様が本発明の実施形態である。

40

【0096】

(6)上述した電力変換制御装置の他、当該電力変換制御装置を構成要素とするシステム、当該電力変換制御装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム、このプログラムを記録した媒体、当該電力変換制御装置において用いられている制御方法など、種々の形態で本発明を実現することもできる。

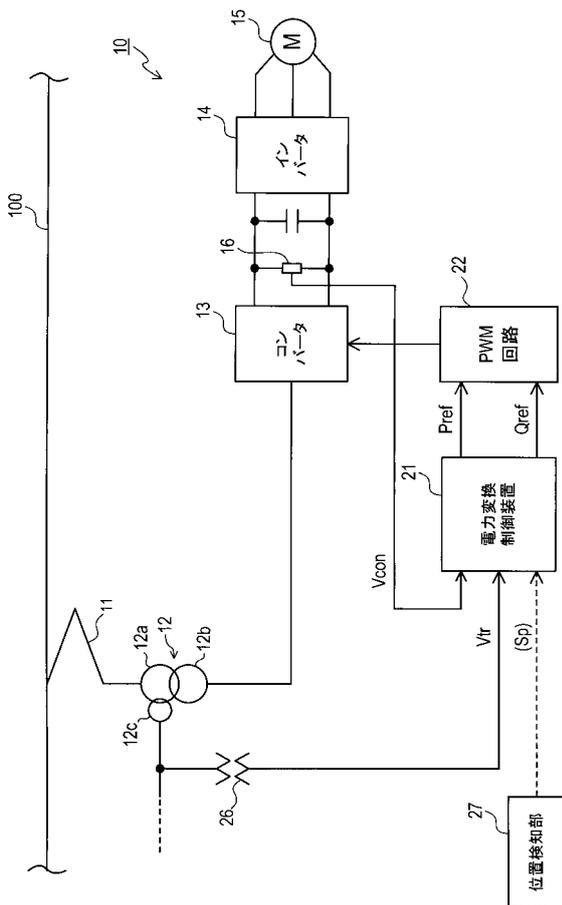
【符号の説明】

【0097】

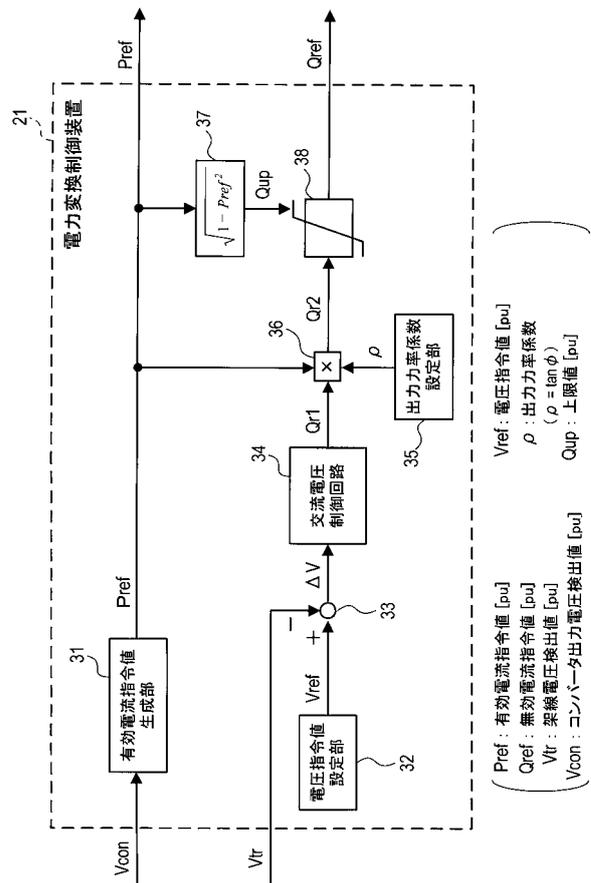
50

10 ... 電车用主回路システム、11 ... パンタグラフ、12 ... 主変圧器、13 ... コンバータ、14 ... インバータ、15 ... モータ、16 ... コンバータ電圧検出部、21, 50, 60, 70 ... 電力変換制御装置、22 ... PWM回路、26 ... 架線電圧検出部、27 ... 位置検知部、31 ... 有効電流指令値生成部、32 ... 電圧指令値設定部、33 ... 加算器、34 ... 交流電圧制御回路、35 ... 出力力率係数設定部、36 ... 乗算器、37 ... 上限値設定部、38 ... リミッタ回路、51 ... 切替回路、52 ... 切替制御部、61 ... 出力乗算器、62 ... 低電圧検出回路、100 ... 架線。

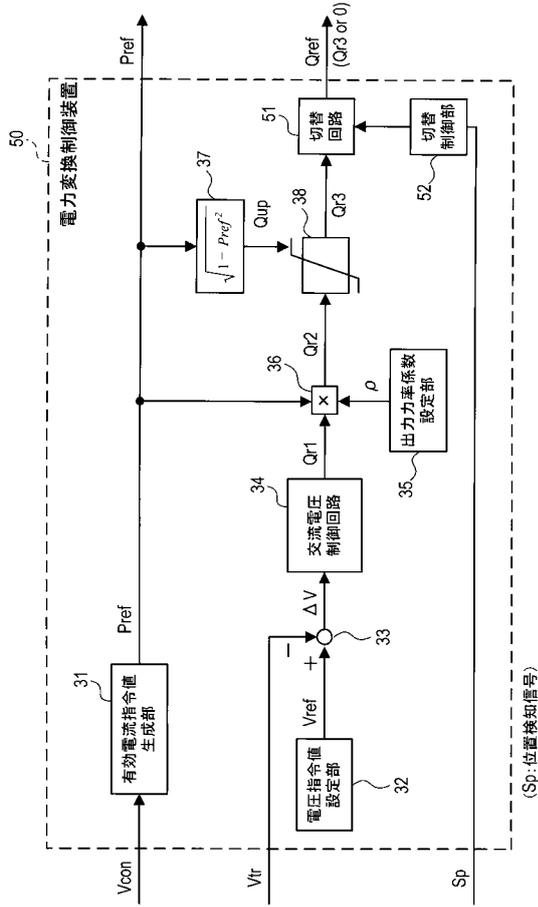
【 図 1 】



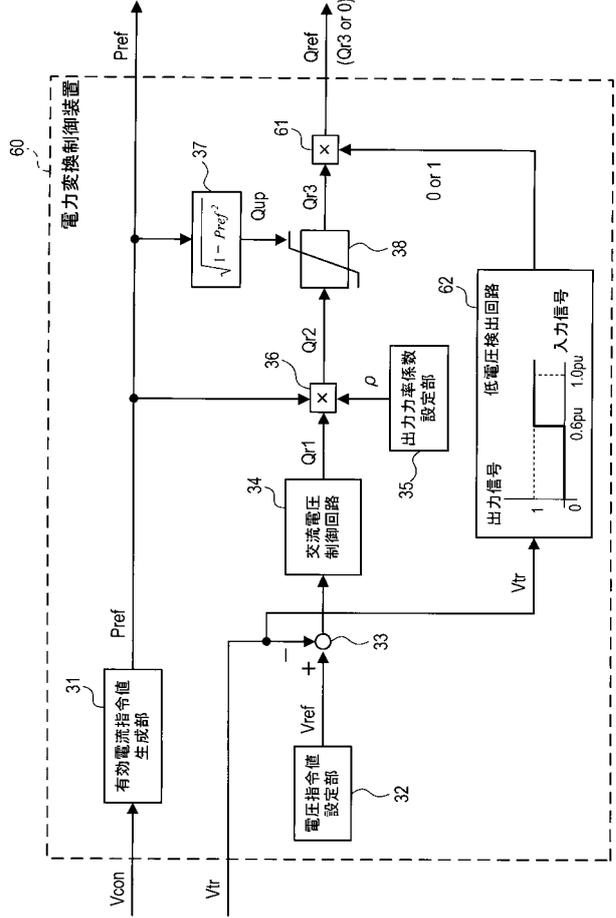
【 図 2 】



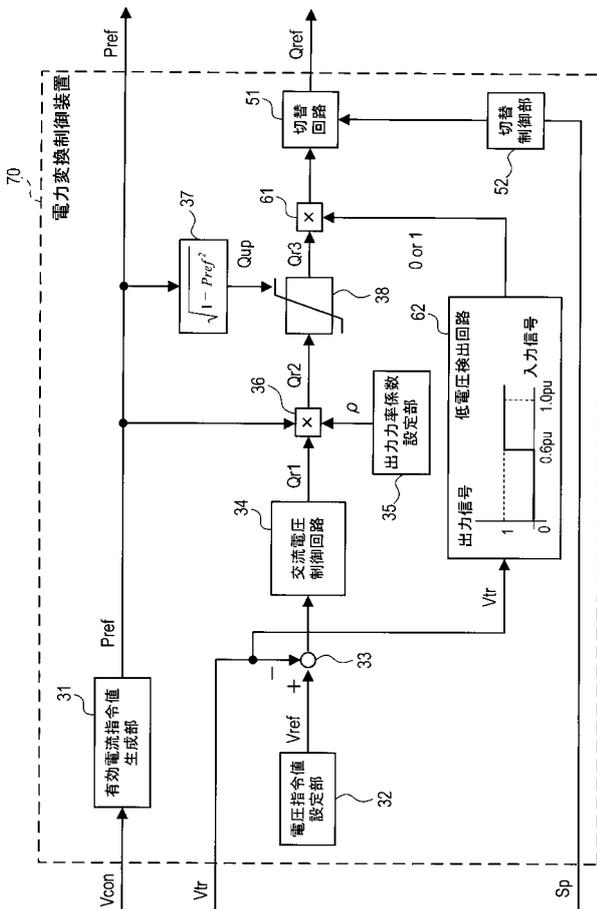
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5H125 AA05 AC02 BB05 EE13 EE55 EE61  
5H770 AA01 AA09 BA03 CA02 CA08 DA03 EA01 HA01Z HA03W KA03Z  
LA03W