

架線とバッテリーの電圧が等しい場合にも対応できるハイブリッド回路

近年開発が進んでいる、バッテリーなど蓄電装置を搭載した電気車では、力行や回生時のハイブリッド走行や蓄電残量調整のために車載バッテリーの充放電制御を行う必要があります。架線電圧とバッテリー電圧が異なる場合は、架線電圧をバッテリー電圧に変換する電圧変換器を搭載して充放電制御を行います。架線電圧の方が高い場合は降圧回路を、架線電圧の方が低い場合は昇圧回路を用います。

しかし、架線電圧とバッテリー電圧が等しい場合は、バッテリー電流を制御するために何らかの手段で架線電圧とバッテリー電圧に電圧差を付ける必要があります。例えば架線電圧600Vとバッテリー電圧600Vの場合、直結状態ではバッテリーには電流が流れません。電流は電圧の高いところから低いところに向かって流れる、という基本原理を考えると当然のことです。

そこで本特許では、架線電圧600Vでバッテリー電圧600Vの場合、中間回路電圧750Vまで昇圧した後にバ

ッテリー電圧600Vまで降圧することを考えました。このとき、一旦中間回路を介することで多様な電圧に対応できるようになることから、直流600Vだけでなく直流750V、直流1500V、さらには三相または単相交流110～440Vにも対応できるハイブリッド電源回路としました(図1)。

架線電圧600V時は、接触器K21とK22を投入しK11とK12を開放するとリアクトルSL1が低電圧側となり、架線側コンバータCov1の三相昇圧チョッパ回路が構成されます。また、架線電圧1500V時は、接触器K11とK12を投入しK21とK22を開放することで入出力を反転させることができ、架線側コンバータCov1の三相降圧チョッパ回路が構成されます。さらに、架線電圧750V時は接触器K11、K12、K21、K22の全てを投入することで架線側コンバータCov1が短絡され、中間回路に架線電圧が直接印加されます。なお、バッテリー走行時は接触器K11、K12、K21、K22の全てを投入した上で架線側の断流器LB1、LB2を開放し、架線電圧から切り離して走行します。

架線電圧から切り離して走行します。

なお、接触器KG1の開放とK22の投入、あるいは接触器KG2の開放により、単相または三相交流にも対応でき、主変圧器の二次側やエンジン発電機、フライホイール蓄電電動機にもつながることができます。

この構成と動作で、架線とバッテリーの電圧が等しい場合にも対応できる複電圧架線ハイブリッド機能が得られます。

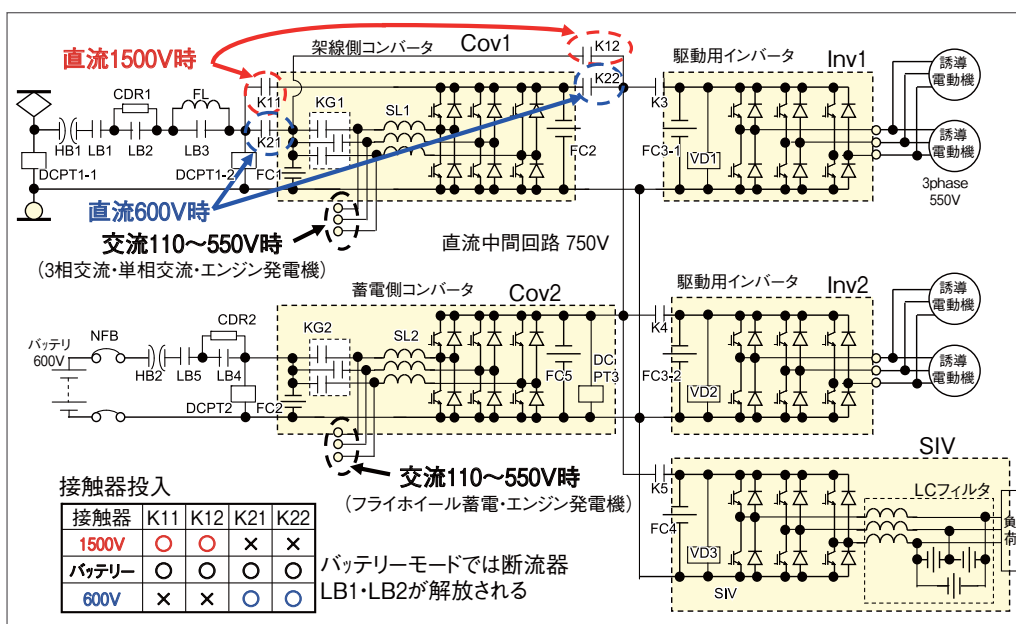


図1 架線電圧とバッテリー電圧が等しい場合にも対応できるハイブリッド電車主回路 (大部分を「Hi-tram」に適用)

発明余話

架線とバッテリーのハイブリッドシステムの構築において架線とバッテリーの電圧が等しい場合に、どうやってバッテリーの充放電（ハイブリッド）回路を構成するかが課題となりました。電流は電圧の高いところから低いところに向かって流れるので、バッテリー電流を制御するために何らかの手段で架線電圧とバッテリー電圧の間に電圧差を設ける手段が必要です。

使用する駆動用インバータや主電動機に既存のものを用いる限り、集電装置後段かバッテリー前段、あるいはその両方に直流電圧の変換を行う回路が必要となります。大電流用途にはチョップ方式が一般的です。降圧型、昇圧型、昇降圧型を、用途に応じて各々単独または組合せで使用します。

バッテリーの電流制御を行うには、①「先に降圧回路で電圧を低くしてから昇圧回路でバッテリー電圧まで上げる（図2 (a)）」か、②「昇圧回路で一旦電圧を高くしておき降圧回路でバッテリー電圧まで下げる（図2 (b)）」か、あるいは③「バッテリー電圧の極性を反転することで昇圧と降圧の両方に対応できる昇降圧回路を用いる（図2 (c)）」ことが考えられます。このうち③については、入力電圧の極性が反転するためバッテリーの正極がアース側となり、かつパワー半導体の素子耐圧が約2倍必要なことから実現には難があります。つまり、架線電圧とバッテリー電圧が等しい場合には多段の電圧変換器が必要となるのです。

本発明は、このような背景の中で考え出されたもので、②の方式で一旦昇圧することによる利点を追求しました。

まず駆動インバータや主電動機は、直流600V用と750V用とでは共用設計が一般的で、中間回路電圧750Vでは直流600V用のものがそのまま使えます。また、定トルク域が高速側へ拡がり、最高速度までの到達時分の短縮、回生ブレーキ分担率の向上によるエネルギー回収量の増加が見込まれます。さらに、架線とバッテリーの2つの電源入力に対する突合せ回路内に負荷を配置する構成のため、電源電圧がゼロになった場合でもバッテリーから制御不能

《権利メモ》

発明の名称：ハイブリッド電源システム

概要：架線電圧とバッテリー電圧が等しい場合に、架線側チョップで昇圧して中間回路電圧を得た後、バッテリー側チョップで降圧する集電・蓄電ハイブリッドシステム。架線電圧が高い線区では、架線側チョップの入出力を反転して降圧し中間回路電圧を生成する。また、架線電圧と中間回路電圧が等しい場合には、架線側チョップを短絡してバッテリー側チョップに直接架線電圧を加える。

出願番号：特願2007-93412 (2007. 3.30)

公開番号：特開2008-253084 (2008.10.16)

発明者：小笠正道、田口義晃、松本哲也

の電流が流出しない安全な回路となりました。

海外のLRTなどで主流の架線電圧750Vでは、接触器を全投入状態としてチョップ装置を短絡し、回路上から事実上切り離すことで架線電圧を直接インバータに印加できます。

直流1500Vの耐圧を架線側コンバータCov1に持たせたことでJRなど来鉄道線にも対応でき、路面軌道や非電化線など異電源区間に相互乗入れできます。また、どの電圧でもハイブリッド走行とバッテリー充放電が可能です。

架線電圧とバッテリー電圧の組合せに応じて、架線側または蓄電側コンバータを省くこともできます。中間回路とバッテリーの電圧が等しく架線電圧が異なる場合は蓄電側コンバータCov2を省き、同様に架線と中間回路の電圧が等しくバッテリー電圧が異なる場合は架線側コンバータCov1を省きます。なお、ハイブリッドシステム前提で蓄電装置の電流制御を車両側で行う場合、通常の電気車回路とは別に最低1台の変換器が必要となります。

今後バッテリー電圧が高圧化されれば、各変換器の電圧は変わってくるでしょう。それでも回路構成については、ここで示した形態がベースとなります。

なお当発明はNEDO委託テーマの一環で行われました。

(車両制御技術研究部 駆動制御 小笠正道)

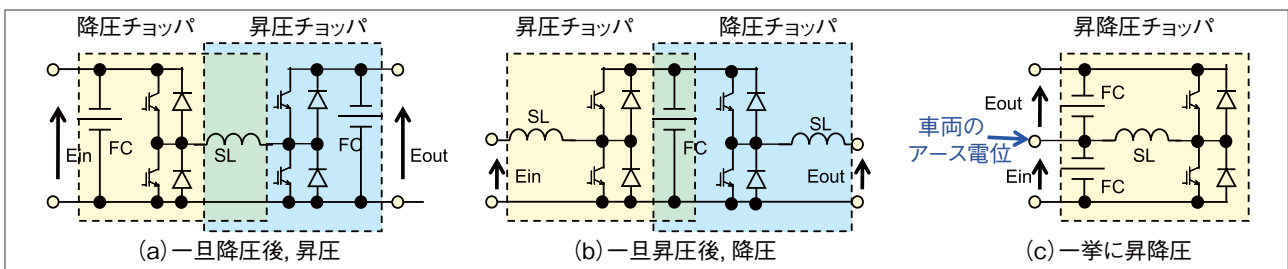


図2 入力電圧と出力電圧が等しい場合の直流電圧変換回路（電流可逆型）