

東武鉄道株式会社上福岡き電区分所向け回生電力貯蔵装置

Energy Storage System for DC Electric Railways for TOBU RAILWAY CO.,LTD.

1. まえがき

東武鉄道株式会社は、新型車両導入やダイヤ変更によりピーク時の負荷が増加することで、架線電圧が降下することを懸念していた。この対策として東武東上線の上福岡駅構内にある上福岡き電区分所に、リチウムイオン電池を使用した回生電力貯蔵装置を納入したので紹介する。

回生電力貯蔵装置は、電車がブレーキを使用した際に発生する回生電力を吸収・貯蔵し、電車が加速走行(力行という)する際にその貯蔵した電力を放出し、電力を有効に活用して、架線電圧を安定化させる機能を担う装置である。

当社は、株式会社GSユアサ製リチウムイオン電池を蓄電媒体とした、回生電力貯蔵装置のコンバータ部を製作した。



■ 図1 製品外観
Fig.1 Appearance of Product

2. システム概要

本装置の主要諸元を表1に、主回路接続図を図2に示す。

本装置は2レベルPWMコンバータにより構成されており、コンバータの一次側で断路器・遮断器を介して架線と接続し、コンバータの二次側で、遮断器を介してリチウムイオン電池に接続する。

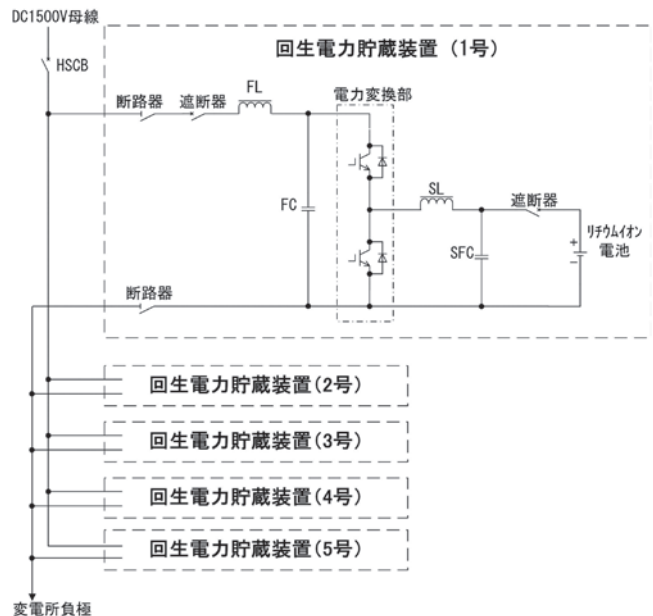
以上を1セットとし、5セットを並列に接続した構成としている。コンバータは1セットで独立した制御系をもっており、あるセットに異常があり停止した場合、異常があるセットのみ切り離すことで、並列運転中のほかの装置は運転を継続させ、極力システムダウンをさせない構成としている。

直流架線はDC1500Vで電圧されており、一方のリチウムイオン電池の電圧は公称電圧でDC691Vである。

このため、架線の電力を吸収する場合は一次側の架線電圧を降圧してリチウムイオン電池を充電し、架線に電力を放出する場合は、二次側に接続されているリチウムイオン電池の電圧を昇圧して放電動作を行うというように、双方向に電力のやりとりを行うことが可能なDC/DCコンバータとしている。

■ 表1 主要諸元
Table.1 Specifications

項目		仕様
方式	主回路方式	高耐圧IGBT採用双方向DC/DCコンバータ
	制御方式	PWM制御による電流制御
	冷却方式	ファンモータによる強制風冷
	PWM周波数	700Hz
架線	標準電圧	DC1500V
	電圧変動範囲	DC900V ~ 1850V
	最大入力電流	DC230A (装置1セットあたり) : DC1800V時
	最大出力電流	DC374A (装置1セットあたり) : DC1000V時
電池	公称電圧	DC691V
	電圧変動範囲	DC557 ~ 787V
	最大充電電流	DC570A
	最大放電電流	DC570A



■ 図2 主回路接続図
Fig.2 Power Circuit Schematics

2.1 架線電圧補償充放電制御

通常、ある区間の架線電圧は、列車および変電所間の路線インピーダンスにより、近傍を走行する列車が力行すると電圧が低下し、回生すると電圧が上昇する。

本装置は、定格近傍の電圧範囲から逸脱すると、その電圧

変動分に比例した電流を放出あるいは吸収し、架線電圧の変動を一定範囲内に抑える制御を行う。

この制御はあらかじめ設定された基本充放電パターンにより架線要求電流指令値が決定される。基本充放電パターンは以下3とおりの時間帯モードに分かれている。

- (1) 早朝・深夜帯
- (2) 朝・夕ラッシュ時
- (3) 昼間時間帯

この3とおりのモードにより、例えば、閑散時で架線電圧が高めになりがちな時間帯では、回生電力を多く吸収できるように設定し、ラッシュ時の架線電圧が低めになりがちな時間帯では、架線への放電時間が長くとれるように設定する、といった時間帯による架線電圧の変動に対応可能としている。

基本充放電パターンおよび時間帯モードの区切りの時刻は自由に変更可能であり、四季の移行やダイヤ変更などにより架線電圧の変動状態が変わった場合でも柔軟に対応可能である。

2.2 電池電圧調整充放電制御

架線電圧補償充放電制御のみを行っているとして、リチウムイオン電池のエネルギー残量が非常に少なくなってしまうと架線電圧が低下しても電力の放出ができなくなり、逆にエネルギーがリチウムイオン電池の容量いっぱいまで充電されてしまい、架線電圧が上昇しても電力を吸収できなくなる状況が想定される。

こういった状況を防止するため、本装置では、電池電圧調整充放電制御を搭載している。

電池電圧調整充放電制御では、電池のSOC (State Of Charge：充電状態)が充電側、あるいは放電側に偏っているときに、架線電圧が通常の範囲にある場合、架線電圧に大きな影響を与えない程度の小電流によりSOCを設定した範囲内に調整し、電力充放電制御に支障をきたさず状況を未然に防ぐことができる。

3. 機器構成

本装置のコンバータ部は、入出力盤・コンバータ盤・リアクトル盤の3面で1セットが構成されており、トラック等による輸送が容易な形態となっている。

このコンバータ部とリチウムイオン電池が格納されている蓄電池盤^{※1}とで装置1セットを構成している。

※1：株式会社GSユアサ製作

4. むすび

本装置は2012年7月より運転が開始され順調に稼働している。今後とも列車の安定運行に寄与することを願っており、更に広く本システムが展開することを期待している。

終わりに、本装置を完成させるにあたり、多大なご指導、ご助言を賜った東武鉄道株式会社ならびに三進商事株式会社、株式会社GSユアサの関係者各位に深く感謝する次第である。