

駅舎補助電源装置 “S-EIV”

松村 寧* 松本真一**
 勝俣尚士*
 川野 聡*

Station Energy Saving Inverter "S-EIV"

Yasushi Matsumura, Hisashi Katsumata, Satoshi Kawano, Shinichi Matsumoto

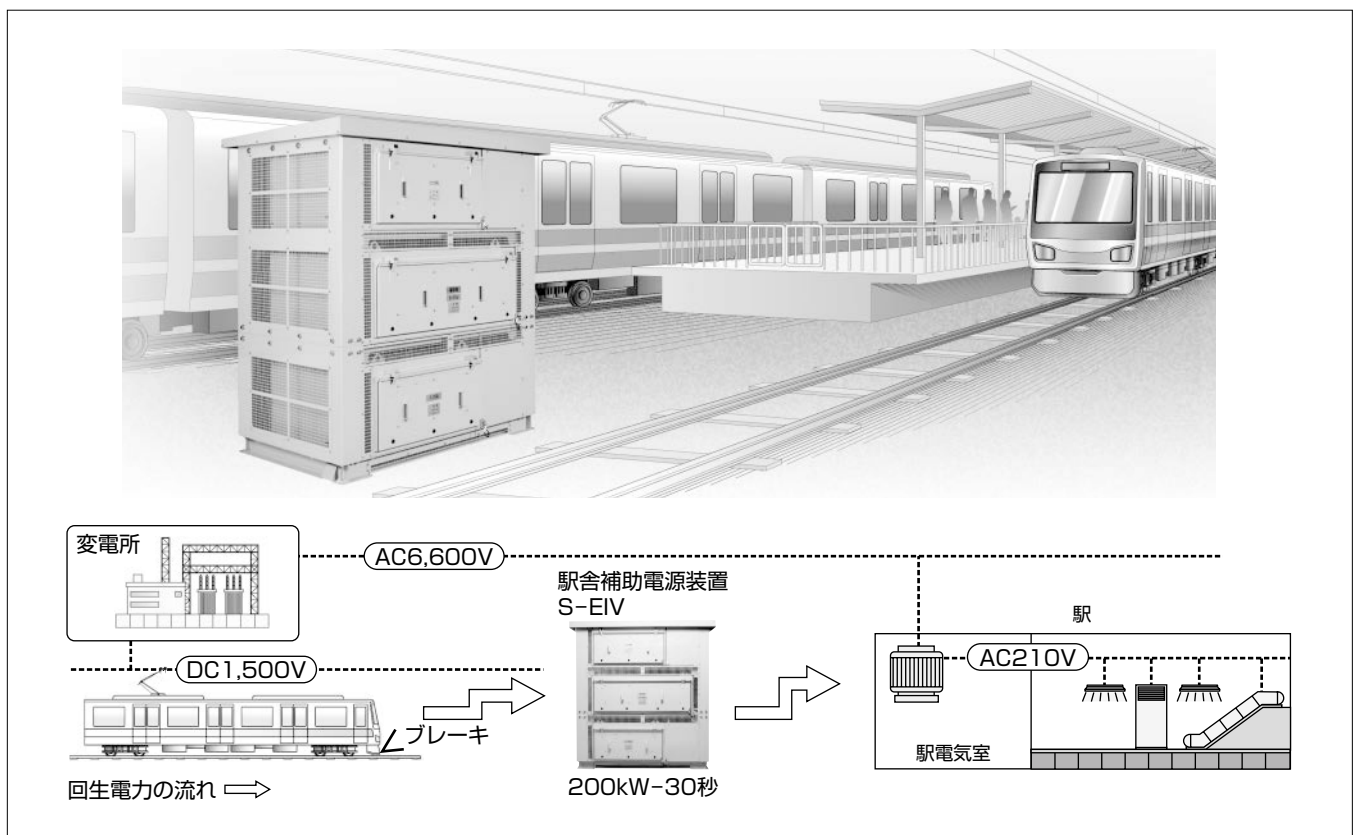
要 旨

鉄道は、元来エネルギー効率が良い輸送手段として、環境負荷における優等生であるが、東日本大震災を契機として、より一層の効率化が求められるようになった。国土交通省でもエコレールライン政策等、鉄道システム全体での省エネルギー化を推進している。

一方、車両の回生エネルギーは、VVVF(可変電圧可変周波数)車の普及とSiC(シリコンカーバイド)素子導入とともに年々増大する傾向にあり、これに伴い直流電車線を通じ加速車両に融通できずに廃棄されるエネルギーも増加している。三菱電機は、この車両間で融通できずに余剰となる車両回生エネルギーに着目し、これを駅舎で利用する駅舎補助電源装置“S-EIV”を開発した⁽¹⁾。

この装置は、車両の回生エネルギーの余剰分による電車線電圧上昇を自動検知して直流電車線から交流210Vに変換し、駅負荷に供給するものである。回路には、SiCパワーモジュール、共振型高周波インバータを採用し、小型、低損失、自冷を実現した。系統連系規定に従った信頼度、及び電力品質を確保していることで低圧系統との協調を図っている。また、別に設置される監視操作盤には、運転監視制御、制御パラメータ設定及び各種データ記録を可能とすることで運用負荷の軽減を実現した。

2014年6月から開始した東京地下鉄(株)東西線の妙典駅における実運用で、1日当たりおよそ600kWhの省エネルギー効果が確認できた⁽²⁾。



駅舎補助電源装置“S-EIV”による余剰回生エネルギーフロー

車両は駅停車時に電気ブレーキによる回生エネルギーを発生し、直流電車線に電気エネルギーとして返還する。S-EIVは、この回生エネルギーの内、他の車両で消費できなかった余剰分を低圧3相交流電力に変換し、駅の負荷に供給することでエネルギーの有効活用を図る。

*神戸製作所 **伊丹製作所

1. ま え が き

当社は鉄道エネルギーの全体最適化を目指すソリューションを推進するために、“車両エネルギー管理”“駅エネルギー管理”“車両基地エネルギー管理”“路線エネルギー管理”の4つの階層による“鉄道トータルエネルギー・環境ソリューション”に取り組んでいる。

本稿では、“路線エネルギー管理”の取組みの1つとして製品化した駅舎補助電源装置S-EIVの狙いと動作及び装置構成、さらに東京地下鉄(株)東西線の妙典駅において実運用で確認した省エネルギー効果について述べる。

2. S-EIVの狙いと動作

2.1 S-EIVの狙い⁽³⁾

S-EIVは車両のブレーキ時に発生する車両回生エネルギーの内、車両間で融通できなかった余剰回生エネルギーを駅舎の交流電力に変換し、駅の負荷電力として活用することによって省エネルギー化を図るものである。

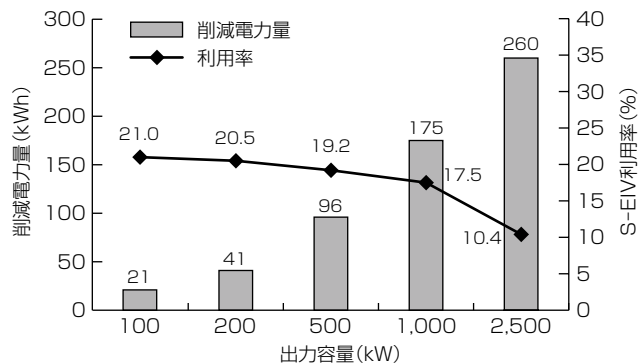


図1. 出力容量に対する削減電力量と利用率

ギーの内、車両間で融通できなかった余剰回生エネルギーを駅舎の交流電力に変換し、駅の負荷電力として活用することによって省エネルギー化を図るものである。

S-EIVの定格は、電力シミュレーションによる省エネルギー効果をもとに決定した。

図1にS-EIVの各出力容量に対する削減電力量と利用率(出力容量に対する削減電力量の割合)の関係を示す。

出力容量200kWの場合が、小容量ながら、利用率が高く、省エネルギーに対する費用対効果が高いことが分かる。

2.2 S-EIVの動作

車両余剰回生エネルギーのS-EIVによる再利用の考え方を図2に示す。車両の回生エネルギーは直流電車線電圧を上昇させほかの車両の運転電力に融通される。回生エネルギーが車両間融通量を超過して余剰となると、車両は更に直流電車線の電圧を押し上げる。S-EIVはこの電車線電圧を監視し、あらかじめ設定した値以上になると余剰回生エネルギーが発生したものと判断し、直流電車線から取り込んだ直流電力を低圧3相交流に変換して、駅の負荷に供給する。

3. S-EIVの装置構成

S-EIVは、電源装置と監視操作盤で構成する。

電源装置の主回路を図3に示す。入力電圧・電流を平滑し、帰線電流による誘導障害を防ぐための入力フィルタ、DC1,500Vを変換する高周波インバータ～整流器、AC210Vに変換する低圧インバータ、及び出力電圧・電流を平滑す

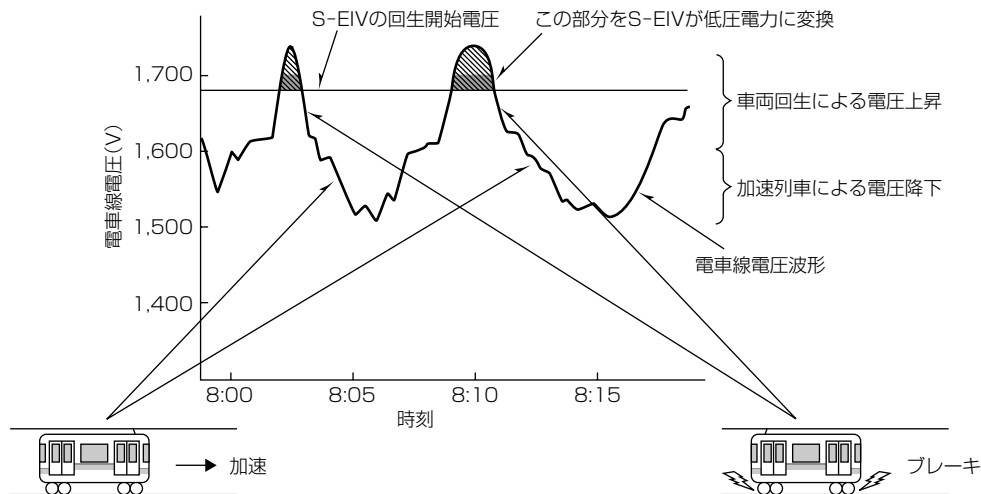


図2. S-EIVの動作

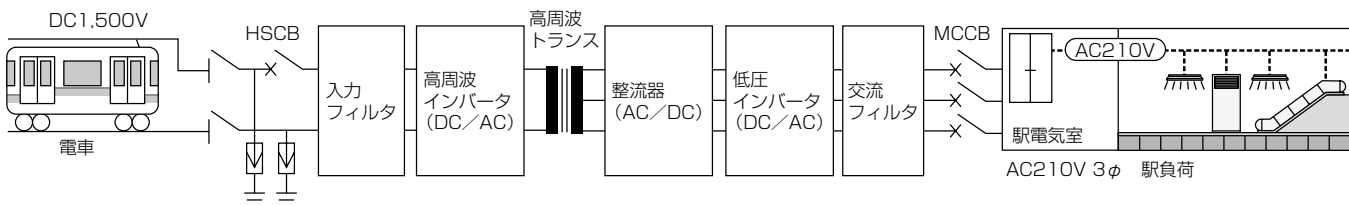


図3. S-EIVの主回路構成

るための交流フィルタで構成される。さらに、入出力にHSCB(直流高速度遮断器)、MCCB(配線保護用遮断器)を備えている。また、監視操作盤は電源装置と離れた駅事務室や電気室等での運転・停止操作や状態監視を目的として設けた。装置仕様を表1に示す。

3.1 特長

(1) SiCパワーモジュールの適用

高周波インバータと低圧インバータ部には、図4に示すSiCパワーモジュール(1,700V/1,200A)を採用している。SiCパワーモジュールの発生損失は、従来との比較で約30%低減され、高温150℃でも動作が可能であり、冷却器の小型化を実現している。

(2) 共振型高周波インバータ方式の採用

高周波インバータ部には、鉄道車両用補助電源装置で実用化した共振型高周波インバータ方式の適用によって、電源装置内で最も大きな寸法、質量を占めるトランスを小型軽量化している(従来トランスとの比較で体積、質量を約90%削減)。さらに、発生損失を低減するため、ソフトスイッチング方式を採用している。ソフトスイッチング方式は、共振コンデンサと高周波トランスを直列共振させることで、ゼロ電流でのスイッチングが可能で、パワーモジュールのスイッチング損失低減によって自然空冷での冷却を実現している。また、スイッチング周波数の選定によって低騒音化(耳障りな高周波音の改善)も図っている。

(3) 省メンテナンス

長寿命部品の採用、自冷方式(冷却ファン不要)、及び防塵(ぼうじん)・防さび構造の採用によって、屋外に設置しても長期間のメンテナンスが不要としている(メンテナンス周期:6年)。

表1. 装置仕様

入力電圧	直流1,500V, 750V/600V
出力電圧	交流210V, 3相 50Hz/60Hz
定格出力	200kW - 30秒, 2分30秒休止
冷却方式	自冷
設置場所	電源装置: 屋外(駅のホーム端, 線路脇等) 監視操作盤: 屋内



図4. SiCパワーモジュール

3.2 運転機能

(1) 余剰回生エネルギーの変換

余剰回生エネルギーは直流電車線電圧を上昇させる。電車線電圧が監視操作盤で設定した回生開始電圧を超えると、電車線直流側から駅舎交流側に電力を変換する。電車線電圧が回生開始電圧を下回ると、変換を停止し、待機状態となる。

(2) 系統連系機能

S-EIVは系統連系規定JEAC9701-2010に従った信頼度、及び電力品質を確保した次の機能を持っている。

① 駅舎交流との協調運転

駅舎交流電圧を検出、フィードバックすることで、S-EIVは、その位相に同期した出力電圧で、系統並入する。また、有効電流成分と無効電流成分をそれぞれ独立に制御することで、駅舎交流電源接続点での力率を1にしている。

② 無効電力制御による電圧上昇の抑止

S-EIVが電力供給することで駅舎交流電圧が上昇し、適正値を逸脱するおそれがある。この装置は無効電力制御と出力制御を備えており、この電圧上昇を抑制する機能を持っている。

③ 駅舎交流停電時の単独運転検出による停止

単独運転の検出は、太陽光発電用パワーコンディショナで実績のある周波数シフト方式(能動方式)と電圧位相跳躍方式(受動方式)を採用し、駅舎交流停電時には電源装置を確実に停止できる。

(3) 監視操作機能

監視操作盤は、制御装置、液晶タッチパネルで構成し、電源装置とは光ケーブルで接続され、ノイズによるトラブルを防止し、システムの安定化を図っている。外観を図5に示す。

① 運転監視制御機能

監視操作盤は、運転・停止制御、機器状態と計測値の表示、故障情報の外部警報出力機能を持つ。運転停止は、スケジュールによる自動運転を基本として運用する。

② 制御パラメータ設定機能



図5. 監視操作盤

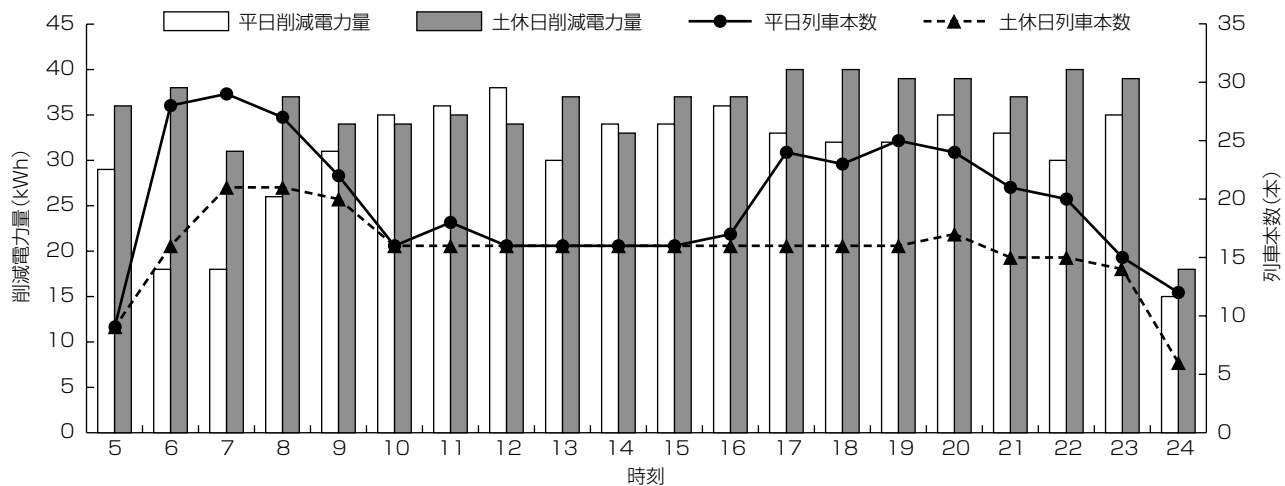


図7. 削減電力量の日内変化

制御パラメータとしては、回生開始電圧、回生電流・電力リミッタ、電流電圧変化率等があり、運転時刻に従ったスケジュール設定が可能である。

③運転・計測データの記録機能

直流側／交流側の各電圧・電流・電力及び電力量を記録し、電力量の帳票(日報・月報)を画面に表示する。

記録したデータは、イーサネット^(注1)インタフェースによって外部端末に出力し、グラフ化・帳票化を行うことで省エネルギー効果を定量的に評価できる。

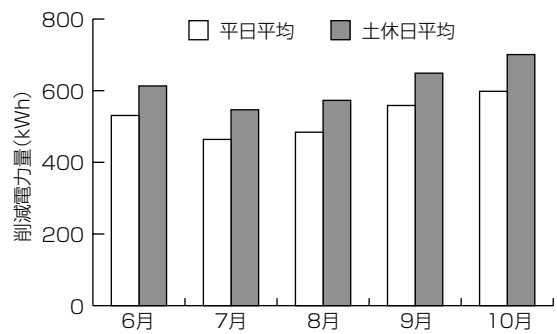


図6. 月ごとの削減電力量

(注1) イーサネットは、富士ゼロックス株の登録商標である。

4. 省エネルギー効果

東京地下鉄(株)東西線の妙典駅で、2014年6月から使用開始したS-EIVによって得られた省エネルギー効果を次に述べる。省エネルギー量は、S-EIVが交流に変換した電力を削減電力量として評価する。

4.1 削減電力量の月変化

図6に月ごとの削減電力量を示す。

平均削減電力量は、9～10月は600kWh/日前後の値を示したが、7～8月は500kWh/日前後と小さい値となった。これは、車両空調負荷の増加によって回生エネルギーの自車両及び他車両への融通が増えて、余剰回生エネルギーが減少したためと推定される。

4.2 削減電力量の日内変化

図7は時間帯ごとの削減電力量と通過列車本数を平日、土休日ダイヤ別に示したグラフである。

平日の時間帯における削減電力量は、朝のラッシュ時間帯6～9時と夕方のラッシュ時間帯17～20時にかけて低く、回生エネルギーが車両間で融通され、余剰分が減少していると考えられる。土休日は1日を通し、時間当たりの列車本数に変化が少ないことから、削減電力量も変化は少ない。

5. むすび

駅舎補助電源装置S-EIVの装置構成と特長、及び東京地下鉄(株)東西線の妙典駅での実運用における省エネルギー効果について述べた。これは単一駅での例であるが、路線全体に分散配置することによって、更なる省エネルギー効果改善が期待できる。

また、直流電車線電圧1,500Vに加え600/750V対応のラインアップも行っており、海外も視野に入れた多くの鉄道線区への適応を可能とした。今後も、余剰回生エネルギーの利用率向上に取り組み、更なる環境負荷低減に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 奥田 亘, ほか: 駅舎補助電源装置(S-EIV)の開発-プロト機によるフィールド検証-, JREA, 56, No.4, 37672~37675 (2013)
- (2) 万谷航太, ほか: 駅補助電源装置による省エネルギーの取り組み, JREA, 57, No.9, 38889~38892 (2014)
- (3) 松村 寧, ほか: 余剰回生電力を駅舎へ供給する駅舎補助電源装置(S-EIV), 鉄道と電気技術, 25, No.3, 39~42 (2014)