

## 変電所用回生インバータにおける省エネルギー向上制御の考案

### 1. はじめに

当社ではJR東西線の新福島変電所に回生インバータ（以下、インバータ）を導入し、回生電力の有効活用に取り組んでいます。このインバータは他の力行車両で消費できない回生電力を直流から交流に変換して高圧配電線路へ供給することで、最終的に駅等の負荷に融通させる設備です。昨今のエネルギー事情を鑑みて、装置による省エネルギー効果を確認したところ、現行の制御方式が原因で非効率な動作をしていることがわかりました。そこで、更なる省エネルギー効果の向上を目指して制御方法を見直すとともに、考案した制御方法の効果を、フィールド試験によって確認したので結果を紹介します。

### 2. 回生インバータの制御と動作

車両が力行すると変電所から電力が供給され、回生ブレーキを使うと架線に電力が戻されます。この際、車両はパンタグラフ点の電圧を上昇させることで回生電力をトリ線に戻します。新福島変電所における装置性能上の直流母線電圧の最大値は1620V（無負荷時）ですが、回生電力が発生した際は変電所の直流母線電圧が1620Vよりも高くなります。この特徴を利用して、インバータは1620Vよりも若干高い1635Vを超えると回生電力が発生したと判断して動作するように動作開始電圧を設定しています。なお、車両は回生時にパンタグラフ点の電圧を上昇させますが、他の力行車両などの回生電力を使う相手がいない場合はパンタグラフ点の電圧がさらに上昇するので、機器の過電圧保護や避雷器の放電開始電圧等の観点から、回生絞り込み制御（ブレーキ時のエネルギーがあるにも関わらず電気エネルギーとして返さない制御）を行い、電圧が上がらないようにしています。インバータはこの回生絞り込み制御により、有効活用できないエネルギーのみを使う目的で導入されています。

### 3. 現行の制御の課題

先述の無負荷時における変電所の直流母線電圧を1620Vと述べましたが、これは電力会社からの受電電圧が定格の77kVのときの値です。しかし、電力会社の電圧は常時変動しており、変電所の直流母線電圧もこの影響を受けて変動しています。そのため、インバータの動作開始電圧は変電所の直流母線電圧よりも少し高い値を維持できるように補正する必要があります。本来であれば変電所の受電電圧（電力会社の電圧と同電圧）の変動を直接監視して補正すべきですが、当社の一般的な在来線変電所は受電に計器用変圧器（電圧を監視する機器）（以下、VT）が設置されていないため、高圧配

電母線電圧から変圧比で換算した値を用いてインバータの動作開始電圧を補正しています。ところが、高圧配電母線電圧から換算した受電電圧は高圧配電用変圧器の内部電圧降下によって真の受電電圧より低くなります。そのため、インバータは本来よりも低い電圧で動作するようになり、図1のように整流器から送られる電力や車両間で融通できる回生電力を変換してしまいます。このように受電した電力をインバータ経由で駅に送ると本来より多数の変換器を通るため変換損失が多くなります。同様に車両間で融通できる回生電力も変換損失が多くなります。

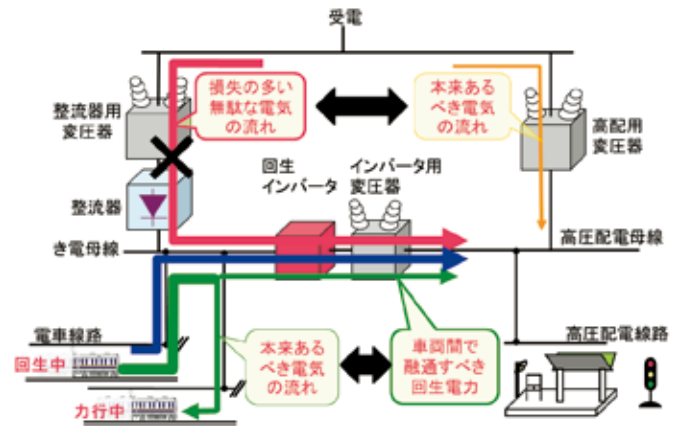


図1：制御変更前の電力の流れ

### 4. 考案した制御方式の概要

今回、インバータの動作開始電圧の補正を受電にVTを新設することなく、正しく受電電圧を検知する方式を今回考案しました。図2にインバータの補正方式を示します。本方式では、整流器用変圧器の二次電圧と一次電流および機器の内部インピーダンス値から受電電圧を算出してインバータの制御に反映させます。

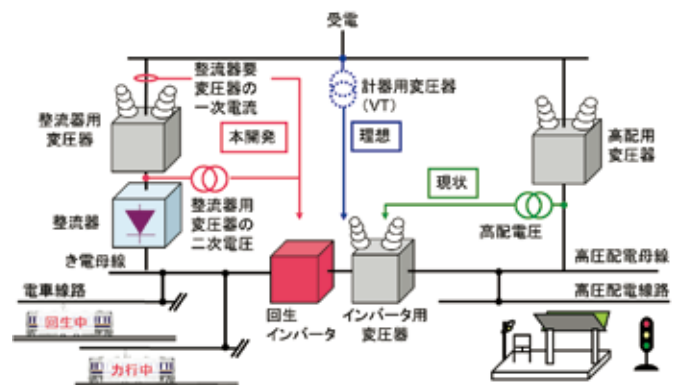


図2：インバータ動作開始電圧の補正方式



### 5. 測定結果と考察

考案制御方法による効果の確認は新福島変電所の高圧配電線路が4回線あるので、通常の送電パターン(送電なし、2回線送電、4回線送電)の条件で整理しました。制御変更前後のインバータが変換した電力量と、その内訳を図3に示します。なお、各値はインバータが稼動している早朝5時から夜間1時の1日当たりの平均電力量を示します。

制御変更前の測定結果からインバータが変換した電力は高圧配電線路の送電回線数に比例していることがわかります。さらに、その3割程度は変換損失の多い整流器から送られる電力が占めていることが確認できます。これは高圧配電線路の負荷に比例して高圧配電用変圧器の内部電圧降下が大きくなり、インバータの動作開始電圧が低く補正されたことによるものと考えられます。

一方、制御変更後の測定結果からインバータが変換した電力は高圧配電線路の負荷の大きさにほぼ同一量になっていることがわかります。また、インバータが変換した電力に含まれる整流器から送られる電力の割合は制御変更前に比べて大幅に改善されています。これは高圧配電線路の負荷の影響を受けることなく、一定の条件でインバータの動作開始電圧を補正することができたためと考えられます。なお、インバータが変換した電力量が減っていますが、回生絞り込みが発生するような直流母線電圧が制御変更前後ともに発生していないため、車両間融通を促進したのと考えられます。以上のことから制御変更後の電力の流れは図4のように改善されたものと推定されます。

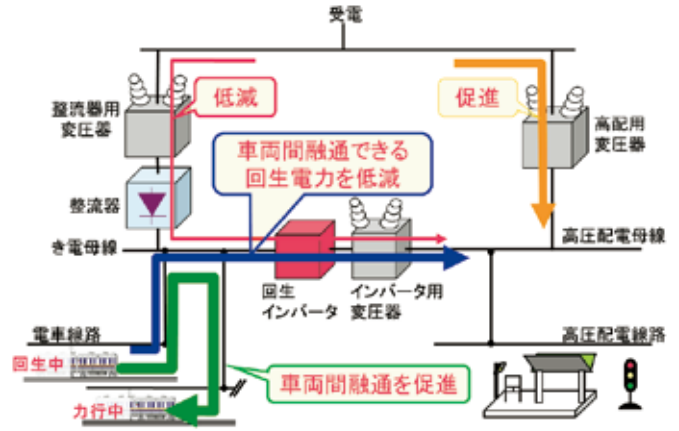


図4：制御変更後の電力の流れ

### 6. おわりに

考案した制御方式が整流器からインバータを介して高圧配電線路へ供給する電力を低減し、回生電力の車両間融通を促進させることができるものであることを確認しました。本制御変更により、隣接変電所も含めた電力量を0.5%削減することができました。

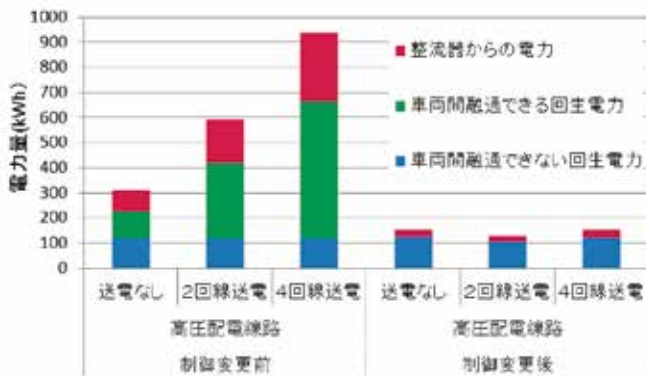


図3：制御変更前後のインバータが変換する電力の内訳