

在来線用電力補償装置（RPC）の実用

🔊 電圧変動，負荷変動，交流き電

* 志々目浩一 Koichi Shishime

概要

当社は、これまで受電点の電圧変動対策・三相不平衡対策・変圧器容量の有効利用などを目的として、新幹線向けの電力補償装置RPC（Railway static Power Conditioner）並びにSFC（Single phase Feeding power Conditioner）を納入してきた。今回、在来線としては国内で初めて、青森西変電所にRPCを納入した。青森西変電所は、片座に駅構内やき電システムのインピーダンスに変動のある車両センターを持ったき電形態であることや、受電システムの短絡容量が新幹線に比較して小さいことなどを考慮して、使用開始に当たっては補償効果の検証のほか、電源系統へ及ぼす影響の確認など念入りな試験を実施した。



電力補償装置（RPC）

1. ま え が き

交流電気鉄道では、三相特別高圧などで受電した電源を单相電源に変換してき電線に給電するため、スコット結線変圧器やウッドブリッジ結線変圧器が使用されている。これらの変圧器を使うことにより、二次側のM座とT座の負荷が平衡していれば電源側も三相が平衡化する。しかし、交流電気鉄道の負荷では、二次側のM座T座の負荷が異なり急激に変動するために、平衡していない時間帯も多くあり、一次側に電圧不平衡や電圧変動が生じることになる。RPC（Railway static Power Conditioner）は、スコット結線変圧器やウッドブリッジ結線変圧器の二次側M座とT座間で有効電力融通，無効電力補償を行うことによりそれらを改善する装置である¹⁾。

当社ではこれまで新幹線向けに幾つかの補償装

*電鉄技術部

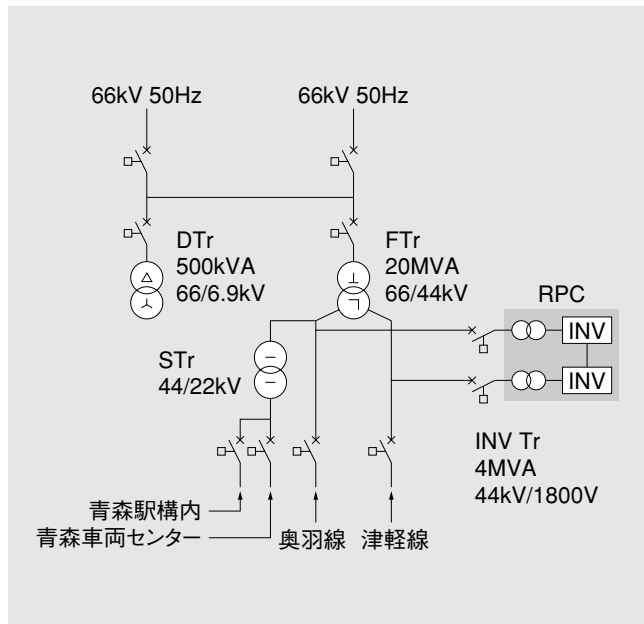
置を納入してきているが、今回、在来線としては初めて青森西変電所にRPCを納入し現地試験を実施したので、本稿でその内容について紹介する。

2. 青森西変電所の設備

青森西変電所は、66kV三相2回線を受電し、ATき電用交流44kVを奥羽線及び津軽線に給電している。両路線には様々な力率特性を持つ車両が走行している。また、44kVを22kVに降圧し青森駅構内と青森車両センターにも電力供給するため、片座がほぼ固定負荷に近い状況となるなど、通常の変電所とは多少負荷の状況が異なっている。第1図に青森西変電所の単線接続図を示す。

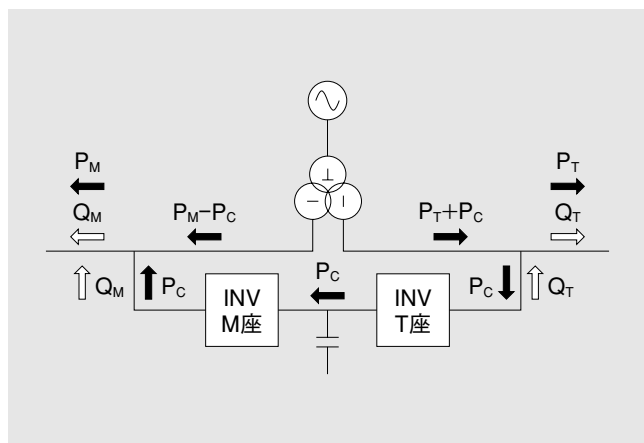
3. RPCの構成と装置仕様

第2図にRPCの基本構成を示す。RPCの基本的な機能は、各座の無効電力補償と両座間の有効電



第1図 青森西変電所単線接続図

三相受電66kVからスコット結線変圧器により単相き電44kVの2つの座へ変換し、各座の間をRPCで接続して電力融通・補償する回路を示す。



第2図 RPCの基本構成

RPCはスコット結線変圧器の各座に設置したインバータ間を直流母線で接続し、各座間の電力融通を行う。

力融通である。無効電力については、各座のインバータ制御により当該座の無効電力を補償する。有効電力融通は、M座とT座間に有効電力の差がある場合、差の1/2にあたる有効電力を負荷の少ない座から多い座へRPCの直流母線を介して融通し、スコット結線変圧器の二次側負荷の平衡化を図ることにより、受電点の電圧変動と不平衡率の抑制を行う。第1表にRPCの仕様を示す。

RPCは、M座とT座のき電母線にそれぞれ遮断器・多重変圧器・インバータ装置を配置し、それらの直流母線を接続した構成である。青森は寒冷地であるために、インバータ冷却装置の媒体には、

第1表 RPCの仕様

RPCの主な定格容量及び仕様を示す。

定格容量	4000kVA*2
定格	100%連続定格
定格電圧	44kV
定格周波数	50Hz
冷却方式	純水循環風冷式
機能	有効電力融通制御 無効電力補償制御



第3図 多重変圧器

4MVA、44kV/1800V多重変圧器外観を示す。



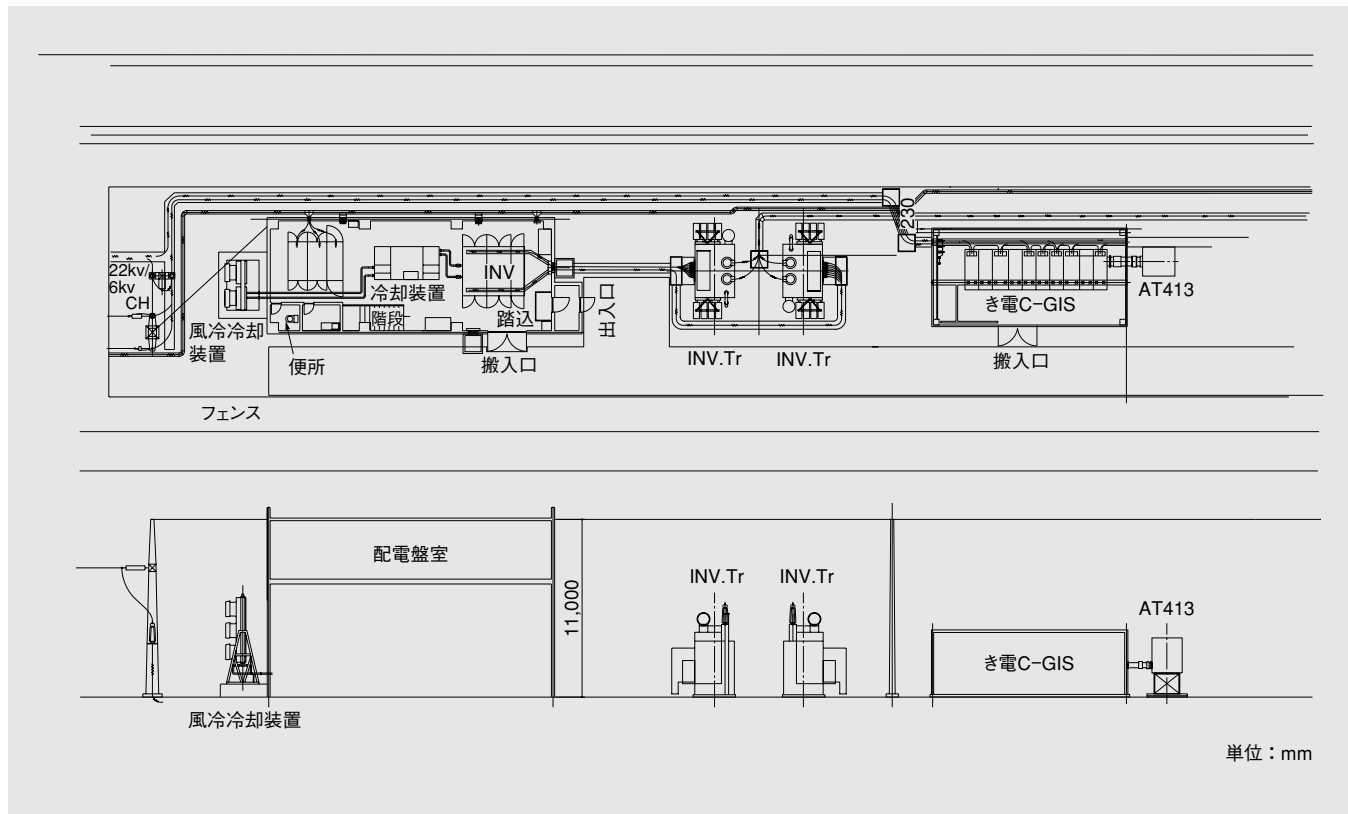
第4図 インバータ盤・冷却ポンプ

インバータ盤及び不凍液使用の冷却ポンプ設備外観を示す。

純水に替わるものとして不凍液を使用した。第3図と第4図に多重変圧器とインバータ盤・冷却ポンプ設備の設置状況を、第5図に変電所の機器配置を示す。

4. 現地検証試験

在来線では初めてRPCを導入する青森西変電所は、新幹線の変電所の受電システムとは異なり、短絡容量の小さい電源系統より受電していること、青



第5図 青森西変電所機器配置図

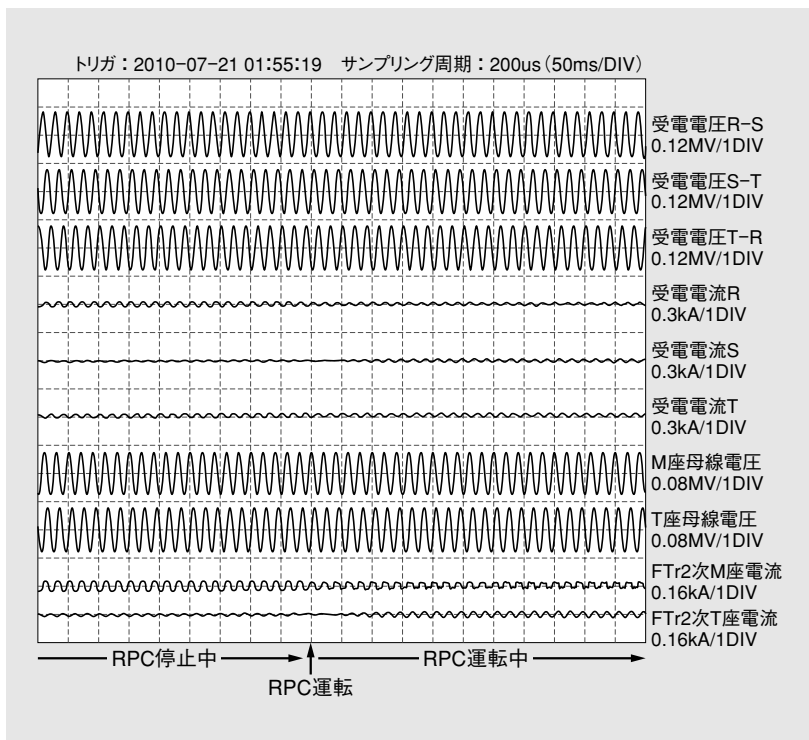
津軽海峡線線路沿いの細長いスペースを有効に利用して、変電所が配置されている。

森駅構内と車両センターに電力を供給するなど、き電システムのインピーダンスが運用により大きく変化する状況が想定されることなどから、系統との共振現象や、過渡的な不安定動作が無いよう、設計段階でシミュレーションを実施し検討を行った⁽²⁾。実加圧試験では、万一異常現象が発生した場合の影響を最小限に止めるため、負荷の少ない時間帯を選び、短時間の運転で共振による異常現象や不安定動作が無いことを確認しながら試験を行った。

4.1 補償試験結果

第6図にRPC運転前後の各部波形を示す。異常な波形や共振現象がなく、装置が安定的に動作していることが確認できる。

第7図は、RPC運転中のき電負荷電流とFTr二次の電流変化を抽出したものである。T座負荷電流がない時に、RPCの直流母線を介してT座よりM座に有効電力融通し、FTr二次ではM座側の無負荷運転損失分を除けば、

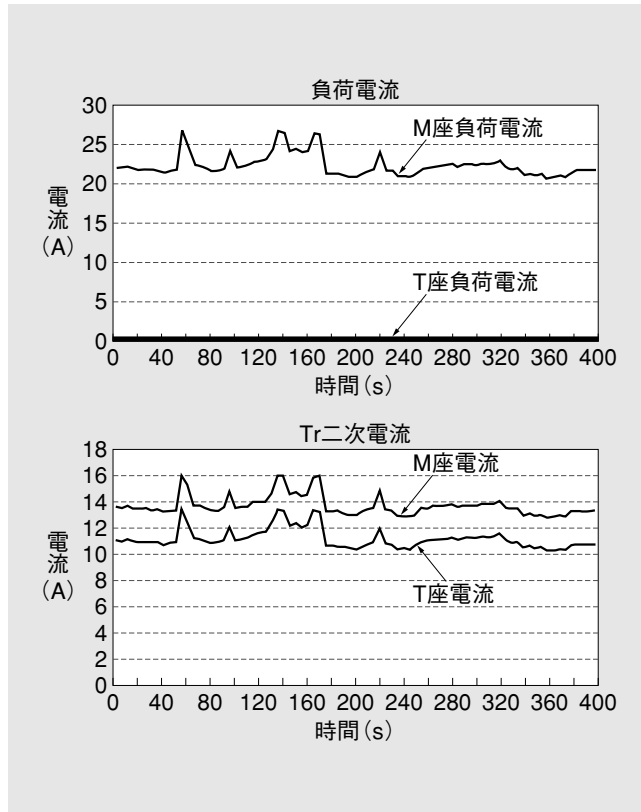


第6図 RPC運転前後の電圧・電流波形仕様

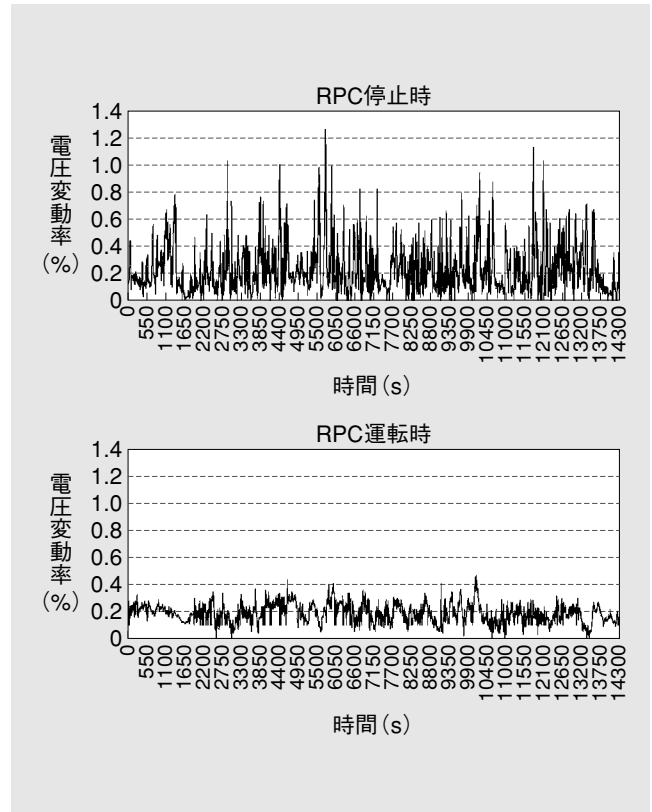
RPC運転時と停止時の受電電圧・受電電流、並びにき電電圧・き電電流の各波形を示す。

両座共にほぼ負荷が平衡化されていて、有効電力融通が行われていることが確認できる。

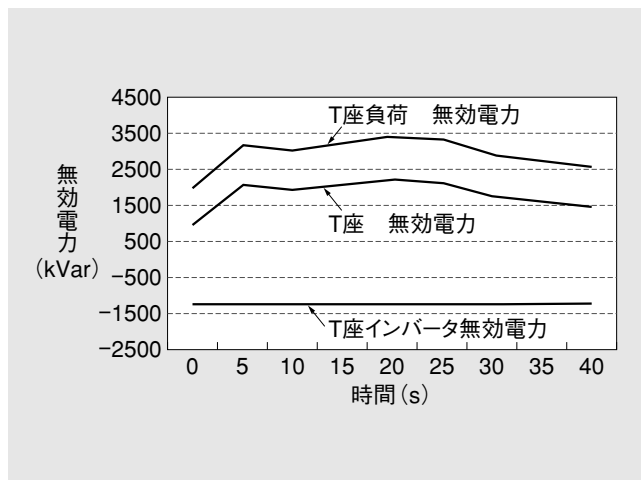
第8図は、試験中の負荷無効電力・インバータ



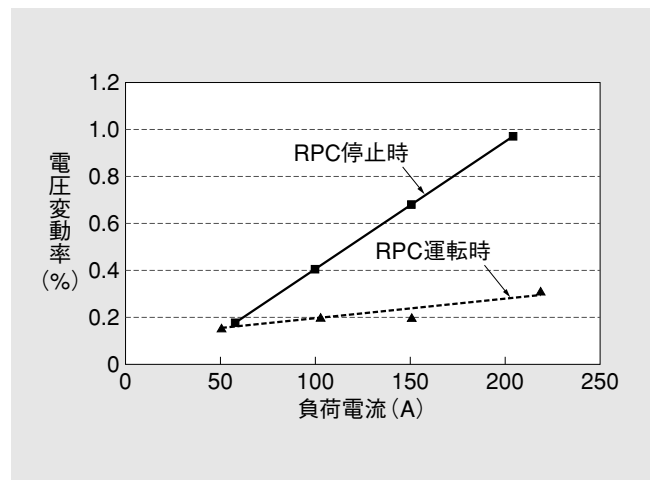
第7図 RPCの有効電力融通効果
RPC運転時におけるM座とT座電流の時間変化の一例を示す。



第9図 電圧変動の改善効果1
RPC運転時と停止時における受電点の電圧変動率の時間変化を示す。RPC運転時には、電圧変動率が抑制されていることが分かる。



第8図 RPCの無効電力補償効果
T座インバータの位相制御により、T座で無効電力を補償している例を示す。



第10図 電圧変動の改善効果2
RPC停止時は、負荷の増大に伴い受電点の電圧変動率が大きくなっているが、RPC運転時は、負荷の増大による電圧変動の拡大が抑制されていることが分かる。

無効電力・FTr二次無効電力の変化を抽出したもので、負荷の無効電力をRPCが補償していることが確認できる。

4.2 系統電圧変動の改善

第9図と第10図は、RPC運転時とRPC停止時の電圧変動を比較したものである。変電所の短絡容量が小さいことから、無対策では列車負荷による

電圧変動が大きくなっている。RPC運転中には、電圧変動が半分程度以下に抑制されていることから、RPCが良好に運転していることが分かる。

5. む す び

青森西変電所に在来線としては初めてRPCを納入し、その効果を確認できた。在来線ではき電系

統が複雑で、様々な力率特性の車両が走行することから、地上設備及び列車との共振現象や過渡的な不安定動作も懸念されたが、RPCは順調に稼働している。また、在来線特有のデッドセクション通過時の突入電流に対しても、装置は問題無く運転継続することが確認できた。

今後、電力品質向上に対する要求は、様々な側面において高くなると考えられることから、在来線へのRPC適用検討も進んでいくものと思われる。当社はこれらの要求に応えるべく、今後ともニーズに即した技術開発に努めていく所存である。

《参考文献》

- (1) 兎東哲夫ほか：平成7電気学会論文誌D，115巻12号
- (2) 菊地聡ほか：平成22鉄道電気テクニカルフォーラム（掲載予定），電力7

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



志々目浩一 Koichi Shishime
電鉄用受変電設備のエンジニアリング業務に従事

