

東京都交通局篠崎変電所 変電設備の更新

高橋 慎 Shin Takahashi

キーワード 環境配慮, 省メンテナンス, 回生インバータ

概要



主配電盤

都営地下鉄新宿線は1989年の全線開通以来、20年以上が経過し、変電設備の老朽化更新が順次行われている。その一環として篠崎変電所が更新されることとなり、当社は変電設備一式を納入した。

特高設備の絶縁に乾燥空気を使用した機器、整流器の冷却媒体に純水を使用した機器など、当社の特長製品である環境配慮形製品・メンテナンス性の高い製品を多く適用した。

1 まえがき

都営地下鉄新宿線は、1978年に岩本町駅から東大島駅間の6.8kmで部分開業した。その後、順次延伸して1989年には、現在の新宿駅から本八幡駅間の23.5kmを走行する路線となった。

新宿線に電力供給する変電設備は、老朽化に伴い2006年から順次更新されている。当社は、2006年の馬喰横山変電所に続いて、2014年に篠崎変電所の更新工事を受注した。本稿では、篠崎変電所に納入した変電設備を紹介する。

2 設備概要

新宿線は、受電変電所で66kVを受電し、22kVに降圧して各き電変電所に連絡送電している。篠崎変電所はき電変電所で、隣接のき電変電所から22kV

を受電している。今回、当社が納入した主な機器は、以下のとおりである。

- (1) 24kV特高機器
- (2) 整流機器
- (3) き電機器
- (4) 電力回生機器
- (5) 高圧機器
- (6) 主配電盤

なお、篠崎変電所は地下に位置しているため、大形機器の搬入の際、換気塔を使用することで昼間の作業を可能とし、夜間作業を避けることができた。

2.1 24kV特高機器

第1図に24kV特高機器の外観を示す。特高設備には乾燥空気絶縁のキュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS)を採用し、真空遮断器(VCB)を用いることでSF₆を全く使用しない低環境負荷の構成と



第1図 24kV特高機器

24kV乾燥空気絶縁のC-GISの外観を示す。

した。またC-GISを採用することで省スペースを実現し、限られたスペースでの更新を実現した。また、母線をタンク内に密閉したことで母線のメンテナンスの省力化も実現した。

主回路構成は、き電変電所から2回線受電した22kVは、整流機器2バンク・電力回生機器1バンクに接続している。電力会社からの直接受電ではないため、取引用計器（VCT）は設置していない。なお、母線事故の場合を考慮して、母線を分割して故障系を切り離せるように配慮している。機器の仕様は、以下のとおりである。

- (1) 定格電圧：24kV
- (2) 定格電流：600A
- (3) 定格短時間電流：25kA
- (4) 絶縁媒体：乾燥空気
- (5) 盤面数：6面

2.2 整流機器

第2図に整流機器の外観を示す。整流機器は整流器用変圧器と整流器で構成され、特高22kVを列車のき電電圧であるDC1500Vに変換する設備である。

整流器用変圧器には、SF₆ガス自冷式を採用した。地下変電所に設置する機器で、消火設備を簡略化するため、不燃性ガスで冷却している。

また、整流器にはヒートパイプ自冷式を採用し



第2図 整流機器

ヒートパイプ自冷式シリコン整流器の外観を示す。

た。ヒートパイプは純水を冷媒として使用しているため、環境に優しい製品である。

なお、変圧器と整流器を自冷式としたことで、メンテナンスの省力化を実現した。機器の仕様は、以下のとおりである。

- (1) 整流器用変圧器
 - (a) 定格容量：3340kVA
 - (b) 定格一次電圧：22kV
 - (c) 定格二次電圧：1180V
 - (d) 冷却方式：SF₆ガス自冷
- (2) 整流器
 - (a) 定格容量：3000kW
 - (b) 定格直流側電圧：DC1500V
 - (c) 定格の種類：クラスD
 - (d) 直流総合電圧変動率：6%
 - (e) 冷却方式：ヒートパイプ自冷式
 - (f) 接続方式：三相ブリッジ（6パルス）

2.3 き電機器

第3図にき電機器の外観を示す。き電機器は、整流機器や電力回生機器・き電回線と接続される直流



第3図 き電機器

HSCBなどが収納されているき電盤の外観を示す。

高速度遮断器（HSCB）やき電わたりの断路器などで構成されている。き電回路は中間セクション方式が採用されている。

HSCBにはML形を採用した。このHSCBの機構は、電磁投入・永久磁石保持・バネ遮断である。保持に永久磁石（マグネットラッチ：Magnet Latch）を採用しているため、ML形HSCBと命名している。従来の機械保持式に比べて機構が非常にシンプルで、部品点数が少なく、信頼性を向上した。ML形HSCBの遮断特性はJIS E 2501のH1で、定格で定められた短絡電流を実電流で遮断できるため、突進率（突進電流の初期における、単位時間に対する電流の増加の割合）に左右されることなく事故点を解列できる。なおML形HSCBは、142kAp/100kAの電流を遮断できる点も特長と言える。また主回路接点部には、アーキングコンタクト（アークを確実に流すために設けた接触子）を持たず主接点のみで遮断するため長寿命で、従来のHSCBで行っていた電流遮断時の接点磨きも不要で、メンテナンス性が高い。接点の寿命は100kA遮断10回、50kA遮断100回まで交換が不要で、動作寿命は2万回のためランニングコストを削減できる。HSCBの主な仕様は、以下のとおりである。

- (1) 定格電圧：DC1800V
- (2) 定格電流：3000A



第4図 電力回生機器

PWM制御の回生インバータの外観を示す。

- (3) 定格遮断電流：142kAp/100kA
- (4) 遮断特性：H1
- (5) 動作寿命：2万回
- (6) 台数：9台

2.4 電力回生機器

電車のブレーキには、機械ブレーキや回生ブレーキなどがある。回生ブレーキは、運動エネルギーを電気エネルギー（回生エネルギー）に変換し、消費することで制動する。しかし回生エネルギーが消費できない場合、回生ブレーキが利かない状態（回生失効）が発生し、列車運転に支障が生じる。この対策として電力回生機器を設置し、回生電力を吸収させることが必要である。第4図に電力回生機器の外観を示す。

今回、電力回生機器にはIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を用いたPWM（Pulse Width Modulation）制御のインバータを適用した。回生エネルギーをインバータと変圧器で22kVに変換し、連絡送電系統を経由して別の変電所に送り、き電電源又は高配電源として利用される。このように回生電力を有効活用することで、省エネ・CO₂を削減できる。また回生ブレーキを効果的に利用できるため、機械ブレーキに頼ることが極めて少なくなり、ブレーキシューの磨耗量が減少することも期待できる。



第5図 高圧機器

高圧盤の外観を示す。

当社製PWMインバータは、高速スイッチングすることで高調波成分の含有率が低い正弦波を出力できるため、交流側の高調波フィルタを必要としない。また自励式素子のIGBTを使用しているため、他励素子を使用するインバータでは必要な循環電流が不要となり、待機時のロスを削減できる。冷却方式は風冷となるが、ファンに冗長性を持たせることで、1台のファンが故障しても運転を継続できる。機器の仕様は、以下のとおりである。

- (1) 定格容量：1500kW
- (2) 定格の種類：クラスS（100%連続300% 1分間）
- (3) 定格交流側電圧：22kV
- (4) 定格直流側電圧：1630V
- (5) 制御方式：PWM制御
- (6) 台数：一式

2.5 高圧機器

第5図に高圧機器の外観を示す。篠崎変電所には高配用変圧器を設置せず、き電変電所から6.6kVを受電して駅電気室に送電しているほか、所内電源として使用している。機器の仕様は、以下のとおりである。

- (1) 定格電圧：7.2kV
- (2) 定格電流：600A
- (3) 盤面数：3面

2.6 主配電盤

主配電盤は変電所の監視制御を一括して行うものであり、制御スイッチ・状態表示・故障表示のほか、保護・計測なども行っている。また、遠制や隣接き電変電所との信号の授受も行っている。

1面350mm幅の盤を回線単位ごとに設置する構成とし、制御にはPLCを用いずにプラグインタイプの補助リレーを使用して、判りやすい制御回路を構築した。保護継電器は、複合形のデジタル継電器を二重化構成で適用し、信頼性と保守性を向上している。なお、Uリンクを用いた点検盤を作成し、メンテナンス時の保護連動試験を実施しやすくしている。

3 むすび

地下変電所の更新工事で設置スペースが限られている状況の中、2015年3月に無事更新工事が完了し、現在も新宿線への安定した電源を供給している。

篠崎変電所に納入したML形HSCBやPWM制御のインバータは当社の特長製品として、今後も多くの鉄道事業者採用され、鉄道事業に貢献していくものと確信している。

最後に本設備製作にあたり、ご指導・ご協力いただいた多くの関係者の皆様に深く感謝の意を表する次第である。

・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》



高橋 慎
Shin Takahashi

電鉄システム事業部技術部
電鉄用変電設備システムのエンジニアリング業務に従事