

京都市交通局 姉小路変電所の 電力設備更新

与儀貴洋 Takahiro Yogi

キーワード 地下鉄用変電設備, 回生インバータ

概要



監視制御設備

京都市交通局烏丸線は、京都市内を南北に走る営業キロ13.7kmの地下鉄路線で、1981年に開業した。烏丸線に電力を供給する姉小路変電所は、烏丸線開業に合わせて設けられたため、設備の老朽化に伴い更新時期を迎えていた。

今回、当社は22kV特高設備・シリコン整流設備・高圧配電設備・監視制御設備・電力回生インバータ設備を納入した。また設備の更新にあたっては、鉄道運行に影響を与えないように昼間帯の変電所運転を継続させた状態で実施した。

1 まえがき

京都市内には南北に走る烏丸線と東西に走る東西線の地下鉄があり、市内を移動する重要な交通機関の一つとなっている。

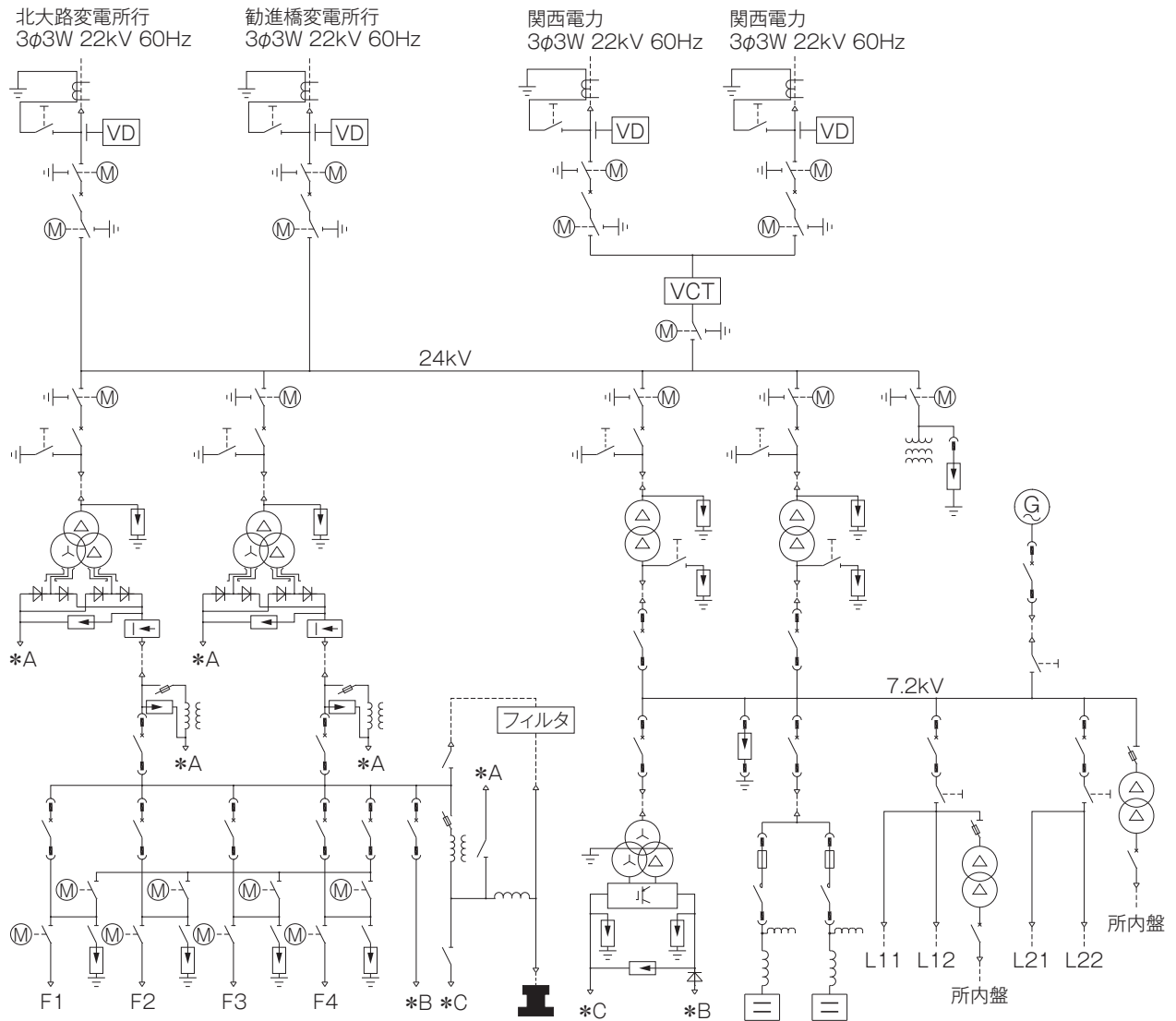
烏丸線と東西線の交差する烏丸御池駅付近に位置する姉小路変電所は、1981年の烏丸線開業に合わせて設けられており、既存設備は更新時期を迎えていた。変電所の更新にあたっては、地下変電所という限られたスペース内での設備更新であることから、更新手順の工夫のほか、機器のコンパクト化が求められた。本稿では、姉小路変電所に納入した変電設備を紹介する。

2 設備構成

姉小路変電所は、受電2回線・連絡送電2回線・整流器設備2バンク及び高配設備2バンクで構成される。第1図に姉小路変電所の単線接続図を示す。変電所の主な設備構成は、以下のとおりである。

- (1) 22kV特高設備
- (2) シリコン整流設備
- (3) 直流き電設備
- (4) 高圧配電設備
- (5) 監視制御設備
- (6) 電力回生インバータ設備
- (7) 非常用発電設備

本工事では、22kV特高設備・シリコン整流設備・高圧配電設備（高配用変圧器を除く）・所内電源設備・監視制御設備・回生インバータ設備を更新した。



第 1 図 単線接続図

姉小路変電所の単線構成図を示す。

3 機器仕様

3.1 22kV特高設備 (第 2 図)

22kV 特高設備では、関西電力から 22kV 2 回線を受電し、シリコン整流設備・高圧配電設備に電力を供給するほか、隣接する勸進橋変電所及び北大路変電所と連絡送電している。更新にあたっては、24kV キュービクル形ガス絶縁開閉装置 (C-GIS) を採用することで機器サイズを縮小化し、地下変電所内の限られたスペース内で機器配置及び設備切り替えを実現した。機器の主な仕様は、以下のとおりである。



第 2 図 22kV 特高設備

22kV 特高設備の外観を示す。乾燥空気絶縁の C-GIS を採用した。

- (1) 定格電圧 24kV
- (2) 定格電流 600A
- (3) 絶縁媒体 乾燥空気絶縁

3.2 シリコン整流設備

シリコン整流設備は、交流22kVの電源を直流1500Vに変換して、き電線を経由して車両に電力を供給する。

整流器用変圧器は、ファン故障による設備稼働率の低下を避けるため、モールド自冷式とした。また、地下電気室への搬入口は大きさやつりしろ高さに制限があることから、機器搬入を考慮して最適設計を行った。

整流器は環境性を考慮し、放熱装置はヒートパイプ自冷式（蒸発冷却自冷式）とした。機器の主な仕様は、以下のとおりである。

- (1) 整流器用変圧器
 - (a) 定格容量 3230kVA/2×1670kVA
 - (b) 定格一次電圧 22kV
 - (c) 定格二次電圧 1180V
- (2) 整流器
 - (a) 定格出力 3000kW（100%連続, 150% 2時間, 300% 1分）
 - (b) 直流側電圧 1500V
 - (c) 直流電圧変動率 6%
 - (d) 冷却方式 ヒートパイプ自冷式
 - (e) 変換接続方式 並列12相（二重三相ブリッジ）

3.3 高圧配電設備（第3図）

高圧配電設備では、交流22kVの電源を6kVに降圧して、各駅の電気室に電力を供給している。姉小路変電所内に非常用発電機を有し、電力会社側で停電が発生した場合は、姉小路変電所から各駅の電気室へ非常用電源を供給する。

本工事では、高配用変圧器及び非常用発電設備を除く、6kV配電設備を更新した。配電盤は、感電事故防止効果が期待できるメタルクラッド構造を採用した。また7.2kV遮断器には電磁操作・永久磁石保持式の真空遮断器を採用して、部品点数削減やグリスレス構造にすることで、省メンテナ



第3図 高圧配電設備

高圧配電設備の外観を示す。電磁操作・永久磁石保持式の真空遮断器を採用した。



第4図 電力回生インバータ設備

電力回生インバータの外観を示す。PWM制御方式を採用した。

ンスを図った。機器の主な仕様は、以下のとおりである。

- (1) 定格電圧 6600V
- (2) 定格電流 600A
- (3) 構造 メタルクラッド形

3.4 電力回生インバータ設備（第4図）

回生ブレーキは、車両の減速時に車両の運動エネルギーを電気エネルギーに変換する。この電気

エネルギーを変電所の電力回生インバータ設備で交流6kVに変換して、高配設備を経由して各駅の電気室へ供給することで、エネルギーを有効利用している。

電力回生インバータ設備は、インバータ用変圧器と回生インバータで構成される。回生インバータでは、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 素子を使用したPWM (Pulse Width Modulation) 制御方式を採用した。高速スイッチングによるPWM制御では、高調波含有率の低い滑らかな正弦波を出力するために、交流側のフィルタ設備を必要としない。これによって、限られたスペース内で機器配置と切り替えを実現した。また、自励式インバータとすることで循環電流を必要とせず、他励式インバータ (サイリスタインバータ) に対し、待機時の損失を抑制した。機器の主な仕様は、以下のとおりである。

(1) 電力回生インバータ設備

- (a) 定格容量 1000kW (100%連続, 300% 1分)
- (b) 交流側定格電圧 6600V
- (c) 直流側定格電圧 1620V
- (d) 制御方式 PWM制御方式

3.5 監視制御設備

監視制御設備は、変電所内の機器状態・故障情報を監視するほか、故障検出・計測・遠方監視制御装置との取り合い機能を担う。監視制御設備は

以下の設備で構成し、制御回路は補助継電器などによるハードシーケンスとした。

- (1) 監視制御盤
- (2) 補助継電器盤
- (3) 計測盤
- (4) 保護継電器盤
- (5) Δ I継電器盤
- (6) 遠制対向盤

4 むすび

機器のコンパクト化によって、継続運用しながら限られたスペース内における設備更新を実現した。2013年3月に運用を開始して以来、現在も烏丸線へ安定した電源を供給している。

最後に、本設備の製作及び更新にあたり、ご指導とご協力をいただいた関係者の皆様に、厚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》



与儀貴洋
Takahiro Yogi

電鉄システム事業部技術部
電鉄用変電設備のエンジニアリング業務に従事