

日本国有鉄道新幹線新大宮変電所納入変電所機器

Substation Equipment for Shinkansen Shin-ômiya, JNR

牧野喜郎 * Yoshirô Makino · 平田 誠 ** Makoto Hirata · 高橋 博 *** Hiroshi Takahashi · 奥田泰造 **** Taizô Okuda

I. まえがき

国際的評価の高い“新幹線”は東北・上越新幹線の完成により、更に充実した我が国の動脈となった。

東北新幹線は本年6月に開業し、上越新幹線は11月に開業予定であり、当面大宮駅を起点として運転される。

東北新幹線は大宮—盛岡間(約434km)に変電所(SS)11か所、き電区分所(SP)9か所、補助き電区分所(SSP)26か所、変圧ポスト(ATP)5か所が設置され、上越新幹線は大宮—新潟間(約270km)にSS6か所、SP6か所、SSP16か所が設置されている。これらの変電設備は新しい電力系統制御システムにより制御されている。

両新幹線の合流点付近に新大宮SSが建設された。当SSは、今までに建設された新幹線SSの中で最大級規模の超高圧、大容量SSである。

富士電機は当SSに対する主回路機器ほかを納入し、設備が完成したのでその概要を紹介する。

II. 新大宮SSの概要

1. 主回路構成

第1図に新大宮SSの全景を、第2図に単線結線図を示す。

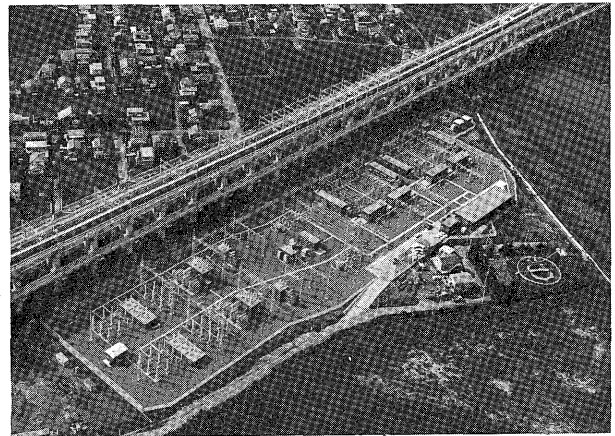
1) 受電系

275kV 2回線を東京電力(株)上尾SSから専用線にてケーブル受電している。受電2回線のうち1回線を常用とし、他回線は外線加圧の状態ですべてケーブルであり、回路検討の結果アレスタは設置していない。

また、受電用遮断器(52R)にはブッシング形変流器を取り付けて送電線主保護、後備保護、構内保護、計測に使用している。

2) 変圧器系

変形ウッドブリッジ結線の主変圧器(FT)と単巻の昇圧変圧器(ST)により構成し、一次側三相から二次側単相60kV 2回線を得る方式を採用している。FTは超高圧系の変圧器であるため、中性点を直接接地し、段絶縁構造としている。FTの一次及び二次側には侵入サージ



第1図 新大宮SS全景

Fig. 1. Whole view of Shin-ômiya substation

や移行サージに対処するアレスタを設置し、STの0点にも電位抑制用のアレスタを設置している。

FTとSTの二次側には逆スコット変圧器(OT)を設置し、60kVの単相2回線(A座、B座)から三相210Vの所内用電源を得ている。

A座、B座各単相回路には鉄心を分割した構造の計器用変圧器(GPT)を接続し、各相の対地電圧を検出することにより、母線の地絡保護を行っている。

このような変圧器系も常用系・予備系の2系をもち、受電系と一体となり切換運用が行われる。

3) 母線系

き電母線には列車負荷の力率改善、高調波対策のための並列コンデンサ回路設備や母線分離用遮断器(89BS)、同相き電及び延長き電用タイ遮断器(89BT)が設置されている。

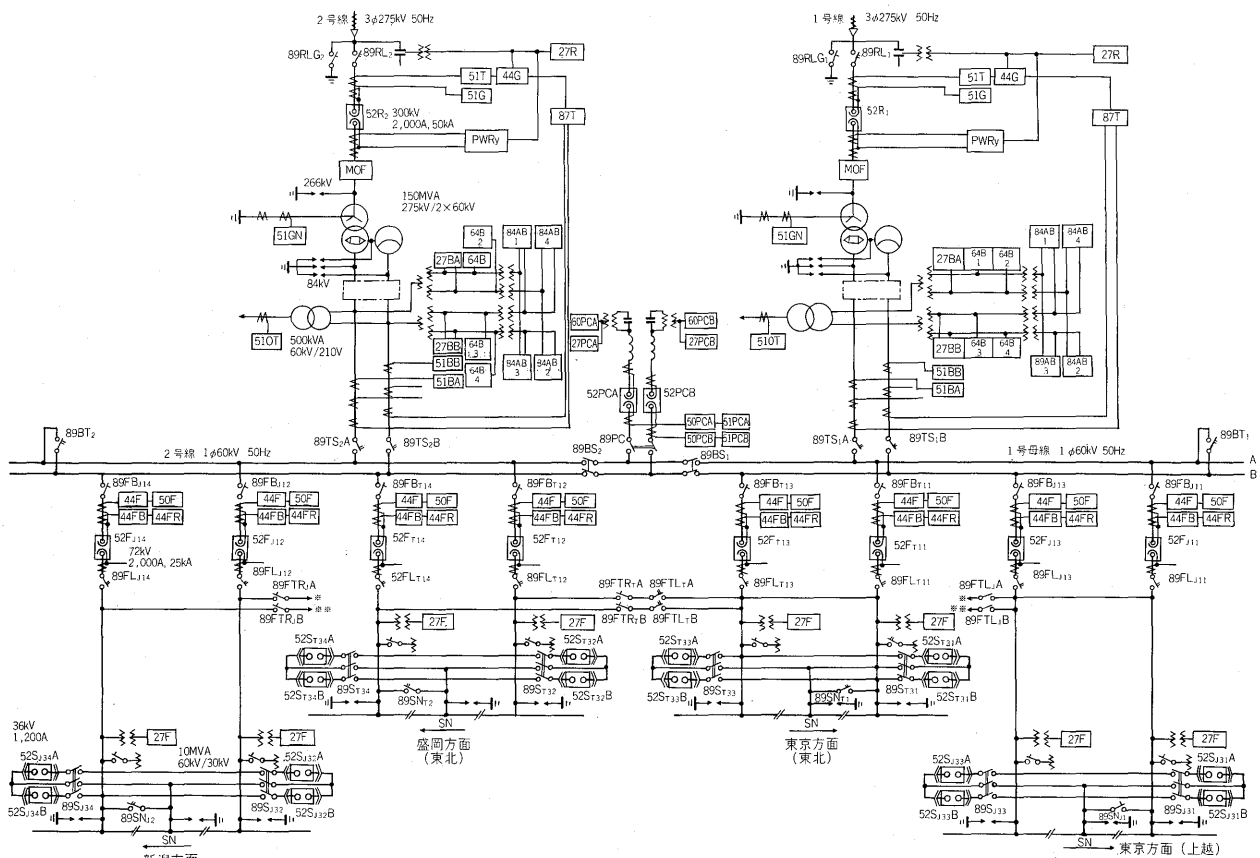
4) き電系

き電方式は山陽新幹線と同一のAT方面別異相き電方式が採用されている。き電回線は東北4回線、上越4回線の計8回線にて構成され、上り線・下り線を、き電母線ブロック(A母線、B母線)ごとに分離して設置し、き電回線は上下線各2回線としている。常時は各々1回線を使用し、他1回線は予備としている。

各き電用遮断器(52F)にはブッシング形変流器を取り付け、き電線の保護及び計測に使用している。

* 輸送特機事業部 技術部 ** 電力プラント事業本部 川崎工場 開閉装置設計部 *** 千葉工場 設計部

**** 吹上工場 器具設計部



第 2 図 新大宮SS単線結線図
 Fig. 2. Skeleton diagram of Shin-omiya substation

また各き電回線には、き電電流の吸上げ効果を担う単巻変圧器 (AT) を設置している。

5) き電切換系

異相電源が突合せとなる各き電回線の間には異相区分用セクション (SN) が設けられるが、この SN を通過する列車に対し電源を切り換えて供給するために、き電切換用開閉器 2 台 (52 SA, 52 SB) を一組とした切換設備が各方面ごとに設置されている。なお、当開閉設備も予備器が全方面分設けてある。

2. 山陽新幹線の主回路運用との相違点

1) 受電の停電切換

2 回線ある受電回線の切換は、山陽新幹線 SS の場合の無停電並列切換方式に変わって停電切換方式とすることにより FT, ST 二次側の開閉設備を、遮断器 (52 ST) から断路器 (89 TS) に変更し、設備の簡素化を図っている。当方式により、89 BT 操作時や正常き電から同相き電へ移行時には 52 R をいったん開放する必要があるが、実運用上の支障はない。

2) 上下一括き電

山陽新幹線 SS で使用していた、き電回線共用遮断器 (52 FZ) を省略し、上下一括き電用断路器 (89 FT) を

設置することにより、上下線いずれかの 52 F を使用して上下一括き電を行うことを定位としている。これにより不使用側の 52 F は予備器となり、設備余裕度が上がっている。

III. 新大宮 SS の特徴

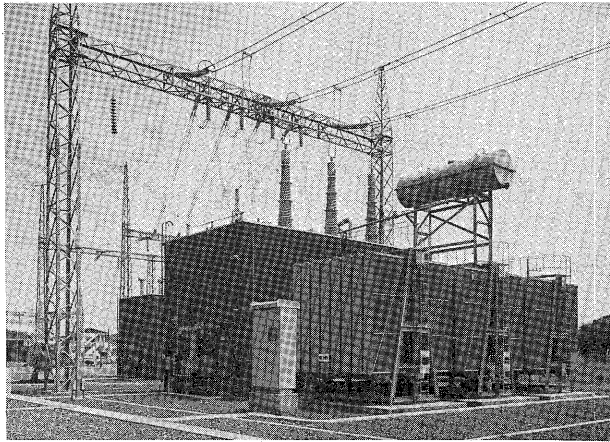
新幹線き電用 SS の特徴を含め、以下に新大宮 SS の特徴を示す。

1. 大規模大容量

新幹線車両は大電力を消費する負荷である。AT き電方式の採用に伴い SS 間隔が長くなり (約 50 km), 1 SS が受け持つ負荷容量が大きくなるため、主変圧器は 150 MVA の大容量のものが必要となる。

このような大容量変動負荷に対し安定した電力を供給し、また他の系統に対し三相不平衡や電圧変動の影響を及ぼさないためには、超高压 (275 kV) 又は特別高压 (154 kV) の大容量電源システムを使用し、三相から单相 2 回線に変換することが必要となる。

新大宮 SS の場合は主変圧器容量 150 MVA, 受電電圧 275 kV の大規模大容量 SS を構成している。また、き電設備も東北、上越両新幹線にき電するため標準 SS の 2



第3図 主変圧器
Fig. 3. Main transformer

倍の構成となっており、SSの規模を更に大きくしている。

2. 単相電源の供給

交流き電に必要な単相電源を供給するため、275kV受電SSでは変形ウッドブリッジ結線の主変圧器と昇圧変圧器の組合せにより、154kV受電SSではスコット結線の主変圧器により三相から単相2回線を得ている。両座につながる単相負荷が等しい状態で一次側三相電流は平衡する。

前述のごとく新大宮SSは変形ウッドブリッジ結線の主変圧器と昇圧変圧器を使用している。第3図に主変圧器の外観を示す。

3. 高信頼性

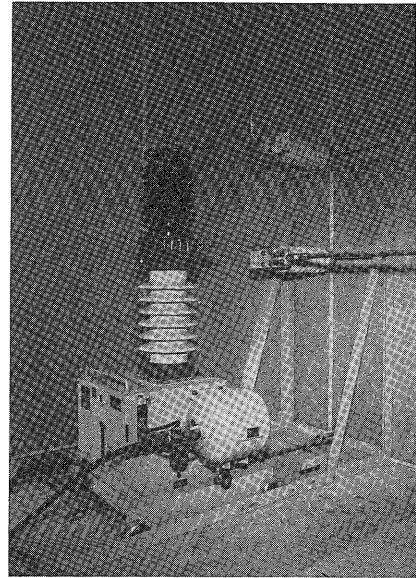
列車への電力供給に対しては絶対的な信頼性が要求される。主回路上は受電変圧器系の完全二重化構成、き電設備及びき電切換設備の完全予備構成としている。また、万一のき電切換設備故障時は同相き電構成が、SS停電時は延長き電構成が可能な主回路方式としている。

以上のように片系が運転不可能でも予備系により運転し、両系が運転不可能でも延長き電構成により隣接SSからの電源を延長する方法により、列車への電力供給は二重三重のバックアップ対応を可能としている。

4. 保守性の向上

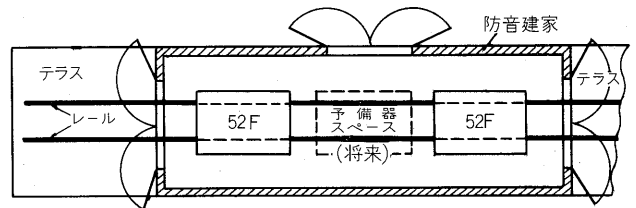
可動機器である遮断器、開閉器のうち受電及びき電用遮断器は油圧操作式ガス遮断器を使用している。当遮断器は細密点検周期が12年と長く、メンテナンスフリーの形態を採っている。

また、き電切換用開閉器は真空開閉器(VS)を使用することにより、多頻度性能及び保守性が従来の空気遮断器(ABB)に比べ格段に向上している。ちなみにVSの保守点検周期は5万回(ABBは2万回)、電気的寿命は10万回でバルブ交換(ABBは保守点検時に接点交換)、機械的寿命は20万回(ABBは18万回)、となっている。第4図にVSの外観を示す。

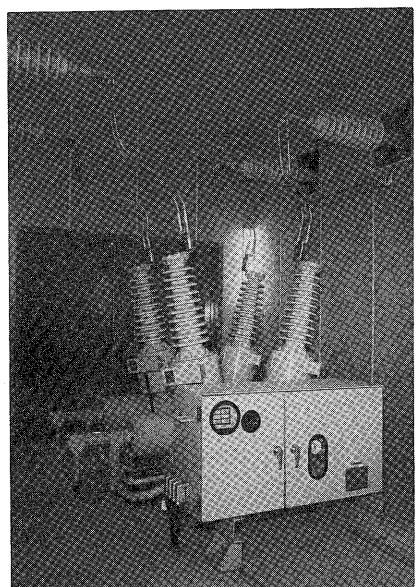


第4図 き電切換用真空開閉器
Fig. 4. Vacuum switch for the trolley section

次に、き電用設備などに対し東北・上越新幹線SSで実施した新しい方式として、き電用及び並列コンデンサ用遮断器に車輪を取り付け移動形とし、万一の遮断器故障時は予備系に切り換えるとともに、故障遮断器を修理



第5図 き電用遮断器の配置図
Fig. 5. Arrangement of circuit breakers for feeding line



第6図 き電用ガス遮断器
Fig. 6. SF₆ gas circuit breaker for feeding line

の行いやすいスペース(テラス)に容易に移動できるようにしている。この方式により、将来は更に予備遮断器を設置し故障器との交換を早急に行える配置にもなっている。き電用遮断器の設置されている建家状況を第5図に、同遮断器の外観を第6図に示す。

5. 安全性の向上

機器は従来のSS同様、充電部との離隔及び防火対策上の離隔など安全性を十分配慮して設置されているが、今回の新幹線では更に以下の2点について留意されている。

1) 耐震性の考慮

近年大地震に対する防災が見直されており、昭和53年の宮城沖地震による電力機器の被害状況などを踏まえて、今回の新幹線に使用する受変電機器に対する耐震性能は加速度0.3G共振正弦3波の動荷重に対し全く支障ない構造としている。

新大宮SSの場合、受電及びき電用遮断器は重心点の低いタンク形遮断器を使用しており、これら遮断器に対しては社内にて0.3G共振正弦3波以上の加振試験を実施し、その性能を確認している。

また、がいし形構造であるき電切換用開閉器についても同様の加振試験により耐震性能を確認している。

変圧器のように全体の加振が難しいものや、架台に載せて設置する機器であるアレスタ、計器用変流器、計器用変圧器については、有限要素法による動的構造解析を計算機を使用して行い、0.3G共振正弦3波の加振に対する各部のたわみ応力を計算し、その安全率を求めて性能確認を行っている。

一方、変圧器には従来防振ゴムを使用することが多かったが、地震によりブッシングフランジ部分などに固有振動数に近い振動が加わることを避けるため、今回は防振ゴムの使用を中止した。

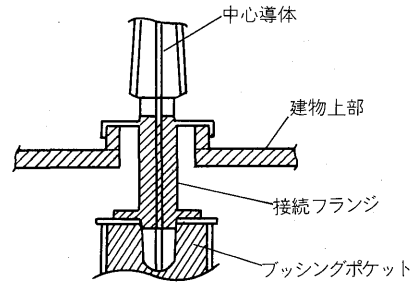
2) 変圧器油流出防止対策

主変圧器(昇圧変圧器を含む)に対し、万一の事故発生時、油の飛散及び火災範囲の拡大を避けるため防音建家内と周囲に油流出防止設備を設け、放圧管からの噴油及びブッシング破損時の油流出に対し万全の対策を採っている。

また、これら変圧器のブッシングフランジ部分からの油が屋外に噴出することを避けるため、第7図のような防災形特殊ブッシングを採用している。

6. 環境調和

新大宮SSのように都市近郊に建設される場合は、周囲の環境との調和が非常に重要である。美観を損なわないための外観整備はもちろんであるが、特に住居地区と近接しているため、SSから発生する騒音を最小限に抑える必要がある。



第7図 防災形ブッシング取付図
Fig. 7. Installation of on-fire preventive type bushing

騒音の低減策としては、大別して「音源自体の音を低減する方法」と「音源を遮へいする方法」があるが、今回は双方を組み合わせて実施している。

1) 連続騒音

連続騒音の発生源は変圧器であり、主変圧器の騒音はJRSでは85ホン以下に規定しているが、社内試験ではこれを下回る78ホンとなっている。これらの変圧器本体は現地では防音建家に収納されるため、更に騒音が低減される。また、送油ポンプは低騒音形(55ホン以下)のものを使用している。

2) 間欠騒音

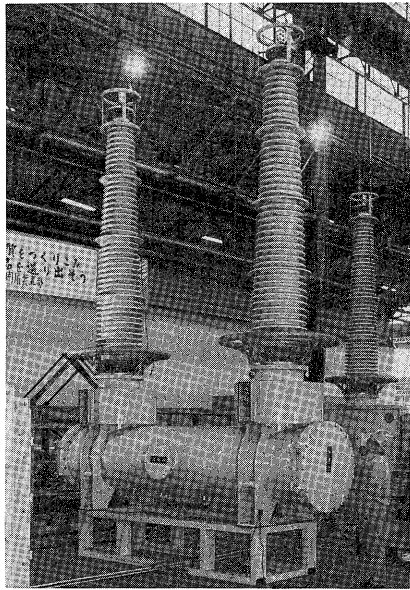
間欠騒音の発生源は遮断器及びき電切換用開閉器であり、この内き電切換用開閉器は列車の通過ごとに開閉操作を行う多頻度動作機器で、単体の操作音は10mにて81.5~78.5ホン(JRSでは85ホン以下)であり、これを吸音材を張り巡らせた防音建家内に設置することにより大幅な減音効果が期待できる。

一方、新幹線SSは定時停送電の運用を行っており、早朝運転開始前に該当する受電及びき電用遮断器を投入し、深夜運転終了後、同遮断器を開放している。

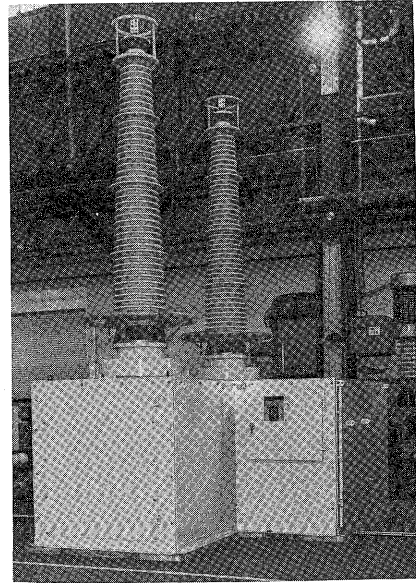
したがってこれらの遮断器についても操作騒音の低減が必要であり、遮断器自体に騒音の少ない油圧操作式ガス遮断器を使用し、更に低減させるため、き電用遮断器は、き電切換用開閉器と同様の防音建家に収納して対応している。

受電用遮断器は遮断器本体のタンク部分に防音カバーを取り付け、更にこれを防音建家内に収納している。遮断器単体を第8図に、防音カバー取付状態を第9図に、防音建家収納状態を第10図に示す。工場内にて防音カバーによる操作騒音低減効果を測定した結果、おおむね10ホン以上の低減が確認できた。当測定データを第11図に示す。

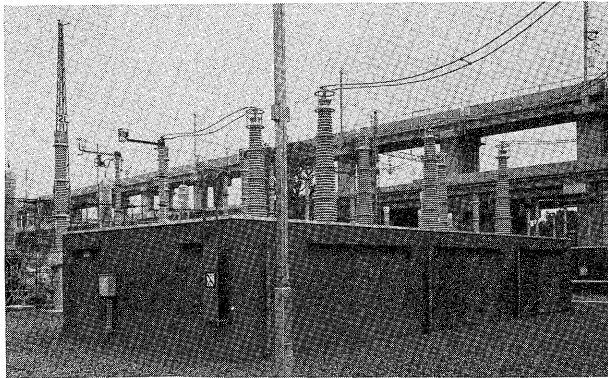
以上のように各種方式により騒音低減対策を採っているが、更に距離による減衰が期待できるため、環境上は全く支障ない設備と考えられる。



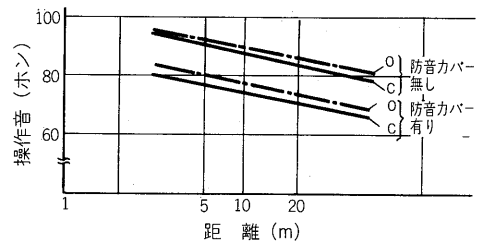
第 8 図 受電用ガス遮断器(単体)
Fig. 8. SF₆ gas circuit breaker for power source line



第 9 図 受電用ガス遮断器(防音カバー収納)
Fig. 9. SF₆ gas circuit breaker covered by soundproof box



第 10 図 受電用ガス遮断器(防音建家収納)
Fig. 10. SF₆ gas circuit breaker covered by soundproof structure



第 11 図 受電用ガス遮断器操作音測定結果
Fig. 11. Operation noise data of SF₆ gas circuit breaker for power source line

第 1 表 変圧器の仕様

Table 1. Specifications of transformer

	主変圧器(FT)	昇圧変圧器(ST)	単巻変圧器(AT)	制御用変圧器(OT)
台数	2台	2台	8台	2台
相数	3/2相	単相	単相	2/3相
容量	150 MVA/2×75 MVA	自己容量31.7 MVA (線路容量75 MVA)	自己容量10 MVA (線路容量20 MVA)	2×250 kVA/500 kVA
周波数	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
結線	変形ウッドブリッジ	単巻	単巻	逆スコット
定格	連続 (300% 2分)	連続 (300% 2分)	連続 (300% 2分)	連続
一次電圧	275 kV (9点 無負荷タップ切換)	60/√3 kV	60 kV	60 kV (4点 無負荷タップ切換)
二次電圧	60 kV(A座) 60/√3 kV(B座)	60 kV	30 kV	210 V
インピーダンス	一次~A座 14% 一次~B座 14% (75 MVA 基準)	3% (31.7 MVA 基準)	1% (20 MVA 基準)	7.5% (500 kVA 基準)
耐塩害特性	0.03 mg/cm ²	0.03 mg/cm ²	0.06 mg/cm ² (JRS 30 F号 B-1)	0.03 mg/cm ²
冷却方式	送油自冷	送油自冷	油入自冷	油入自冷
密封方式	隔膜式コンサバータ	隔膜式コンサバータ	窒素ガス密封	窒素ガス密封

第 2 表 遮断器及び開閉器の仕様

Table 2. Specifications of circuit breaker and switch

項 目 \ 種 別	受電用遮断器(52 R)	き電用遮断器 (52 F / 52 PC)	き電切換用開閉器(52 S)
台 数	2 台	10 台	16 台
形 式	BAK 330 NP	BAK 207 NL	HVI 230 YA-121 DF
機 種	油圧操作式 GCB	油圧操作式 GCB	空気操作式 VS
極 数	3	2	1
定 格 電 圧	300 kV	72 kV	36 kV
定 格 電 流	2,000 A	2,000 A	1,200 A
定 格 遮 断 電 流	50 kA	25 kA	—
定 格 遮 断 時 間	3 サイクル	3 サイクル	5 サイクル
定 格 周 波 数	50 Hz	50 Hz	50 Hz
動 作 責 務	R ($\theta=0.35$ s)	R ($\theta=0.35$ s)	O-1 s-C C-1 s-O
耐 塩 害 特 性	0.03 mg/cm ²	0.03 mg/cm ²	0.03 mg/cm ²
操 作 圧 力	200 kg/cm ² (油圧)	200 kg/cm ² (油圧)	7 kg/cm ² (空気)
備 考	BCT 4 コア/相取付 防音カバー付	BCT 3 コア/相取付 移動用車輪付	固定フレーム付

IV. 機器仕様

新大宮 SS に納入した主要機器として、変圧器の仕様を第 1 表に、遮断器及び開閉器の仕様を第 2 表に示す。

V. あとがき

この度完成した新大宮 SS は都市近郊に位置する大規模 SS の 1 モデルとなるものである。今後、都市部に大規模 SS を建設する必要性は増加する傾向にあり、今回の実績をベースに、更に厳しい設置条件などを克服した設備が建設されていくものと考えられる。

最後に当設備建設に際し、長期にわたり終始御指導頂

いた日本国有鉄道殿の電気局並びに東京電気工事局の各位をはじめ、関係各位に対し深く感謝する次第である。

なお、同時期に納入した制御装置については本号の別稿 (57~66 ページ) を参照頂きたい。

参 考 文 献

- (1) 山道哲史：東北新幹線変電設備概要，電気鉄道，**36**，6，pp.12~16 (1982)
- (2) 武藤正一：変電所消防対策について，電気鉄道，**32**，4，pp.16~19 (1978)
- (3) 重政猛征ほか：日本国有鉄道・山陽新幹線の変電設備，富士時報，**48**，10，pp.522~531 (1975)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。