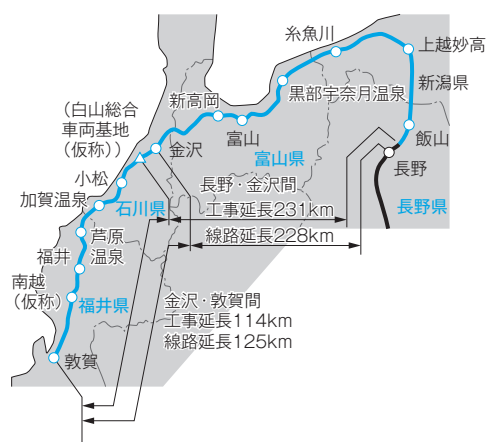


(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 北陸新幹線（長野・金沢間） 変電設備・配電設備・電車線設備紹介

衛藤憲行 Noriyuki Eto
森戸啓介 Keisuke Morito

キーワード 整備計画, き電制御, 配電制御, 地球環境, 異周波

概要



北陸新幹線の路線図

北陸新幹線は、高崎で上越新幹線と分岐し、長野・富山・金沢を経て敦賀・大阪を結ぶ整備新幹線計画である。

東京・長野間は、1997年に長野新幹線として部分開業しており、長野・金沢間はその延伸部に当たる。

北陸新幹線（長野・金沢間）は、2015年春に開業予定であるが、これにより東京駅～金沢駅間の所要時間は、現在の約4時間から約2時間30分に短縮される。なお、金沢・敦賀間は約10年後の開業を予定している。

当社が納入した主な電気設備は、列車電源を供給するき電用変電設備、駅電気室・配電線路電源を供給する配電設備、軌道内整備・防災設備を担う電車線設備である。また、き電用変電設備を4ポスト、配電設備を3ポスト、電車線設備一式を納入した。

1 まえがき

北陸新幹線（長野・金沢間）の工事区間は、線路延長約228kmの長大区間である。当社はこの延伸工事に伴い、き電用変電設備・配電所電気設備・電車線設備などの製作・納入を行った。

第1図に北陸新幹線の送変電ロケーションを示す。特にき電用変電設備では、50Hzと60Hzの異なる周波数電源を突き合わせる異周波区間があり、これに対応した設備とシステムの構築が大きな課題であった。本稿では、課題の対策を含め、納入した設備について紹介する。

2 き電用変電設備

納入ポストは、新黒部変電所（SS）、新高田き

電区分所（SP）、新桑取補助き電区分所（SSP）、新能生SSPの4ポストである。

新黒部SSは、154kV 2回線を北陸電力(株)から受電し、70MVAのスコット変圧器で単相60kVを2回線に降圧している。単相60kVは、単巻変圧器を介して単相30kVを営業線車両にき電をしている。**第2図**に新黒部SSの主回路電線接続図を示す。

2.1 受電遮断器

新黒部SSに168kVガス遮断器を納入した。ガス遮断器を採用することで小形・軽量化を図っている。**第1表**に定格事項を、**第3図**に168kVガス遮断器を示す。

第 1 表 受電用遮断器 定格事項

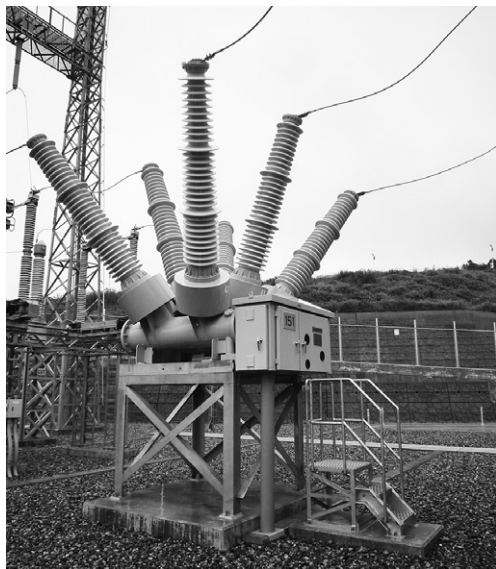
新黒部SSに納入した受電用遮断器の定格事項を示す。

項目	定格
形式	ガス遮断器
絶縁媒体	SF ₆ ガス
台数	2台
定格電圧	168kV
定格電流	1200A
定格遮断電流	25kA
定格遮断時間	3サイクル
標準動作責務	R号
操作方式	電動バネ
操作軸	三相一体形
総質量	6600kg



第 4 図 70MVAスコット変圧器

70MVAスコット変圧器の外観を示す。一次側154kV・二次側60kV×2回線となっている。



第 3 図 168kV ガス遮断器

168kVガス遮断器の外観を示す。三相一体形・遮断部・機構部ともにSF₆ガス絶縁となっている。

第 3 表 き電用遮断器 定格事項

き電用遮断器の定格事項を示す。絶縁媒体は乾燥空気、地球温暖化防止に貢献している。

納入ポスト	新黒部SS	新高田SP
形式	真空遮断器	
絶縁媒体	乾燥空気	
台数 (台)	4	2
極数 (P)	2	
定格電圧 (kV)	72	36
定格電流 (A)	1200	
定格遮断電流 (kA)	25	
定格遮断時間 (サイクル)	3	
標準動作責務	R号	
操作方式	電動バネ	
総質量 (kg)	1800	1700

第 2 表 き電用変圧器 定格事項

新黒部SSに納入したき電用変圧器の定格事項を示す。スコット結線で、60kV×2回線に降圧する。

項目	定格
結線方式	スコット結線
形式	屋外油入自冷式
台数	2台
定格容量	70MVA
定格の種類	連続 (300% 2分間)
相数	3/2
定格一次電圧	F168 ~ R154 ~ F147kV (7タップ)
定格二次電圧	60kV×2
総質量	135,000kg



第 5 図 72/36kVエコ・タンク形真空遮断器

72/36kVのエコ・タンク形真空遮断器の外観を示す。機構部は乾燥空気絶縁、遮断部は真空絶縁とし、脱SF₆化を図っている。

第4表 切替用開閉器 定格事項

切替用開閉器の定格事項を示す。新高田SP納入品は高耐圧仕様で、極間のみ60kV耐圧としている。

納入ポスト	新黒部SS	新高田SP (高耐圧)
形式	真空開閉器	
台数 (台)	8	8
使用場所	屋内	
極数	単極	
用途	切替用	
操作方式	電磁操作式	
定格電圧 (kV)	36	
極間絶縁電圧 (kV)	42	60
定格周波数 (Hz)	60	50/60
定格電流 (A)	1200	
定格投入電流 (kA)	31.5	
定格短時間電流 (kA)	12.5 (2s)	
定格開極時間 (s)	0.05以下	
極間商用周波耐電圧 (kV)	100	140
対地商用周波耐電圧 (kV)	70	
極間衝撃波耐電圧 (kV)	250	350
対地衝撃波耐電圧 (kV)	200	
動作責務	O-(1s)-C, C-(1s)-O	
総質量 (kg)	270kg	



第6図 36kV切替用開閉器

36kV切替用開閉器の外観を示す。低操作電流形とし、高耐圧形も納入した。

(1) 大容量高速のPLC (Programmable Logic Controller) を採用し、連動処理をラダーシーケンスで構築することで高速化を実現した。また、二

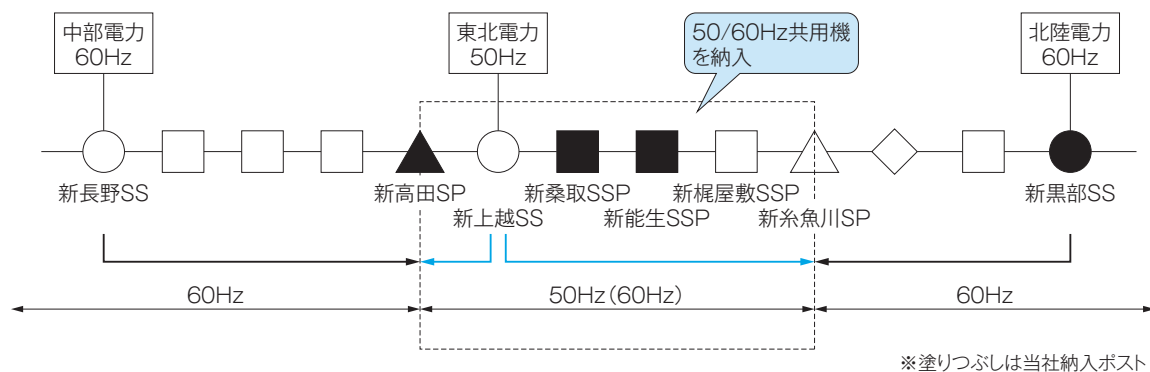


第7図 新黒部SS監視制御盤

新黒部SSの監視制御盤の外観を示す。操作盤・監視盤・各PLC盤、保護連動装置・連遮装置・計測装置の構成となる。

- 重化することで信頼性の向上を図った。
- (2) 集中形次世代デジタル継電器の採用で、高機能・高性能なシステムを実現した。また装置の二重化で、信頼性の向上を図った。
 - (3) 各装置間をEthernet LAN (Local Area Network) で接続することで、他メーカーの装置を含むシステム構成が容易になった。
 - (4) 新設時の現地連動試験の際、遮断器の動作回数低減と中央連動確認の効率化を考慮し、シミュレータ盤を導入した。
 - (5) 連絡遮断回線や簡易遠制御回線にノイズの影響がない光ケーブルを採用し、信頼性の向上を図った。
 - (6) 所内低圧盤及び蓄電池制御盤に活線絶縁監視装置を設け、メンテナンスの省力化を図った。
 - (7) 計測装置を別途設け、現在値表示、日報・月報の集計のほか、検査用集計機能を追加し、保全業務と現地検査の効率化を図った。
 - (8) 変電所用配電盤側の主な自動機能は、以下のとおりである。
 - (a) 受電自動切替, 受電再閉路
 - (b) き電再構成, き電再閉路, き電自動開放
 - (c) 切替個別自動連動, 切替用開閉器異常時の予備器自動切替
 - (d) 63AT発生時の89AT自動開放

50/60Hz共用機器範囲



第9図 異周波区間と共用機器製作範囲

新高田SP～新糸魚川SP間は50/60Hz共用機を納入した。

2.6 異周波対策

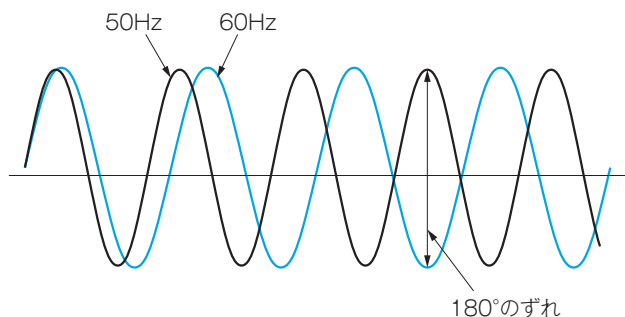
新高田SP～新糸魚川SP間は50Hz区間であり、その両隣の区間は60Hz区間である。異周波による設備への影響を考え、以下の対策を図った。大前提として、60Hz定格の巻線機器に50Hzの電源を印加すると過励磁（1.2倍）となり機器損傷につながることから、50Hz電源を60Hz区間に延長しないこととしている。

(1) 機器定格の共用化 新高田SP：金沢方面～新糸魚川SP：東京方面間の巻線機器の定格は、50/60Hz共用機とした。第9図に異周波区間と共用機器製作範囲を示す。対象ポストは、新高田SP・新桑取SSP・新能生SSPである。

(2) 非同期対策

(a) 極間電圧の拡大対策 50Hzと60Hzが付き合わせとなるセクションでは、周波数のずれによって最大180°の位相のずれが生じる。第10図に異周波突き合わせ箇所の位相のずれを示す。き電電圧30kVの位相が180°ずれることによって、極間電圧が60kVとなることがあるため、切替用開閉器は極間60kV（LI350kV/AC140kV）に耐えられる高耐圧切替用開閉器を納入した。対象ポストは新高田SPである。

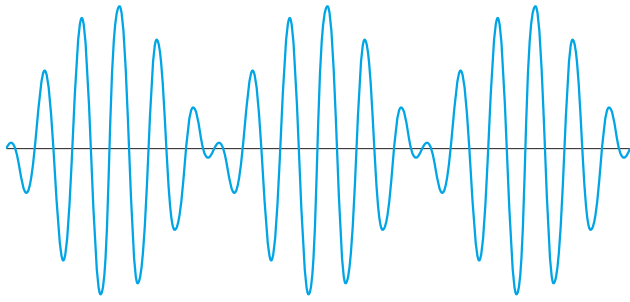
(b) 電車線・信号対策 異周波の遊流が信号に与える影響を考慮し、電車線側・変電側で以下の対策を図っている。対象ポストは新高田SPである。



第10図 異周波突き合わせ箇所の位相のずれ

50Hzと60Hzが突き合わせとなる箇所では、周期的に180°の位相のずれが発生し、このとき2倍の電圧が発生する。

- (i) レールに絶縁部を設け、異周波が容易に伝わらないようにしている。本対策によって、車両がレール絶縁部を通過する際、微小の電位差でアークが発生するため、レール絶縁部の劣化が早くなることが懸念される。このため、車両がレール絶縁部を通過する時にレール絶縁部を短絡するレール絶縁短絡器を納入した。
 - (ii) BT（吸上変圧器）を中セクションに設置することで、遊流電流を自ポストに戻しやすくしている。
 - (iii) 異周波の影響を少なくするため、外線ケーブルに同軸ケーブルを採用している。また、これによってケーブル保護継電器を追加している。
- (3) 異周波混触保護対策 50Hzと60Hzの異周波電源が混触したときの電流波形は、55Hzの波形が0.1秒の周期で強弱を繰り返すビート状の事故電流となることが分かっている。第11図に異



第11図 異周波混触事故時の電流波形

50Hzと60Hzの異周波が混触したときは、55Hzの波形が0.1秒周期で強弱を繰り返す波形となる。

周波混触事故時の電流波形を示す。通常の44Fと50Fリレーでは、未検出・誤検出の可能性があるため、異周波混触継電器を別途採用した。異周波保護継電器は、以下のとおりである。

- (a) 95F 異周波混触時の55Hz成分を検出する要素
- (b) 68F 相手側変電所の周波数成分のレベルと混触比率を検出する要素

対象ポストは、新黒部SS，新高田SPである。

(4) サンプル周波数切替対策 50Hz区間の保護継電器は、通常50Hz電源をサンプリング入力して事故検出を行っている。この区間に60Hz電源が延長された場合、サンプリングの不一致によって正常な事故検出ができなくなる。これを解消するため、60Hz電源の延長時には、延長直前に連絡遮断装置によって系統構成情報(60Hz切替信号)を伝搬する方式とした。この信号を保護継電器に入力し、50Hzと60Hzの設定を切り替える機能を採用した。

万が一、60Hz切替信号を得られない場合に備え、保護継電器内部に設けた周波数検知器で自ら設定周波数を切り替える機能も有している。対象ポストは、新高田SP・新桑取SSP・新能生SSPである。

3 配電所電気設備

北陸新幹線の納入ポストは、西笠原配電所(DP)・糸魚川DP・新黒部DPの3ポストである。

配電所電気設備は、電力会社から6.6kV 1回線又は2回線で受電するとともに非常用発電装置(糸魚川DP及び新黒部DP)で、受電回線が停電した場合にも電力供給が行える設備である。配電系統は、沿線と平行した配電線路設備の電源を高圧で配電し、駅舎の照明設備・防災設備・機械設備・信号・通信設備の電源を低圧に降圧して供給する。第12図に新黒部DPの単線接続図を示す。

3.1 高圧配電盤

遮断器・断路器などの機器は、閉鎖配電盤に収納している。遮断器は電磁操作式を採用し、縮小化と制御電源容量の低減を図った。またモールド変圧器を採用し、不燃対策を図った。

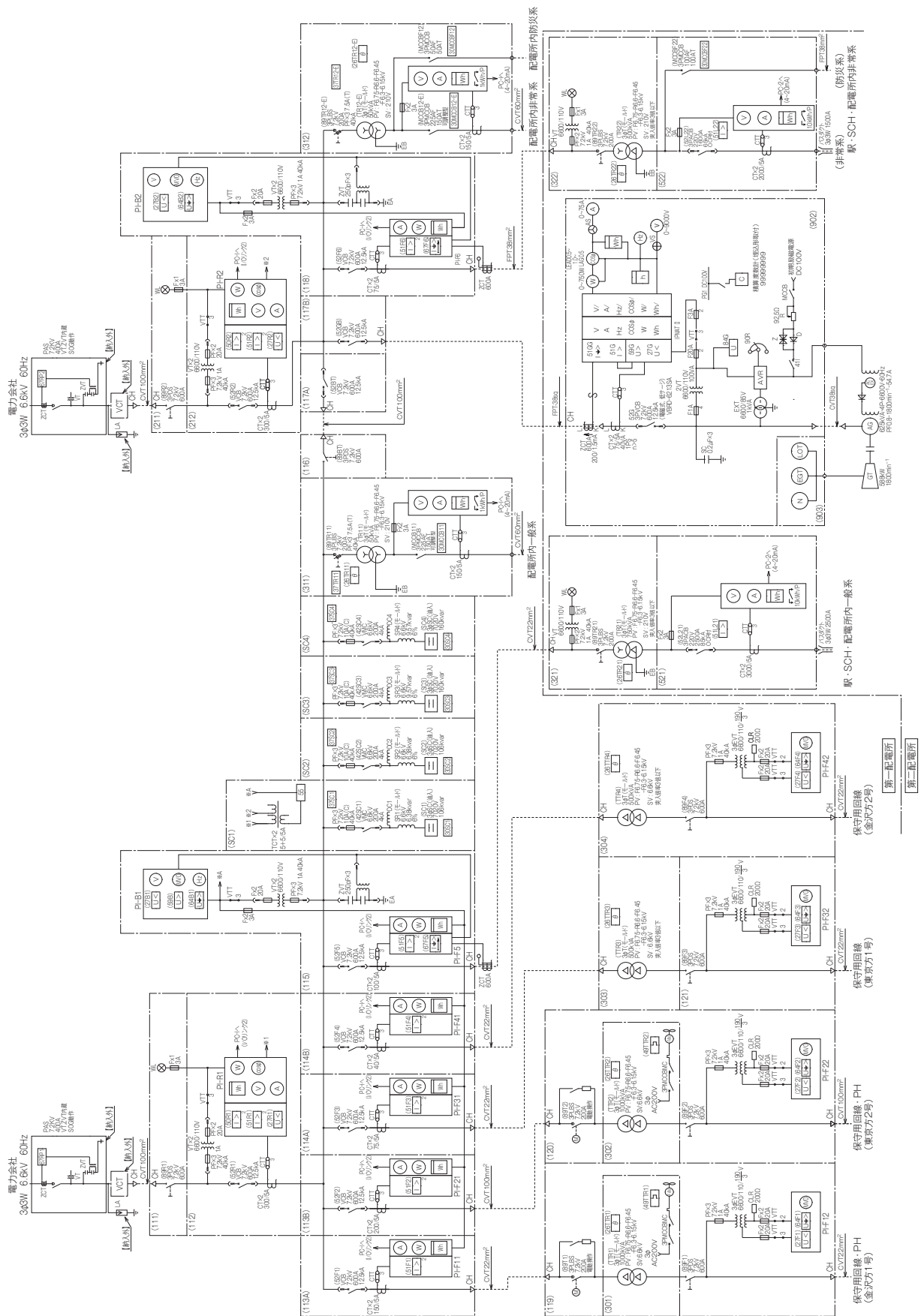
西笠原DPでは、絶縁媒体として乾燥圧縮空気を使用した乾燥空気絶縁閉鎖盤を採用し、主回路をタンク内に密閉することで設備環境の影響を受けない設備、感電しない設備、長寿命でメンテナンスが容易な設備にした。第13図に西笠原DPの高圧配電盤を、第14図に糸魚川DPの高圧配電盤を示す。

また、各配電所は電力会社から受電する設備であるが、系統のインピーダンスが大きく、変圧器の励磁突入電流による電圧降下が問題となり、全配電所で変圧器の励磁突入電流を抑制する対策が必要となった。そのため励磁突入電流抑制機能付き高圧負荷開閉器の採用及び励磁突入電流が3倍以下となる変圧器を採用した。

3.2 配電所システム構成

西笠原DPは、大容量高速PLCを採用し、各機器の連動はハード回路で構成している。

糸魚川DP及び新黒部DPは、自動停復電連動処理を行うために、大容量高速PLCを二重化し、信頼性の向上を図った。またデジタル継電器は、各回線単位にまとめられた分散形デジタル継電器を採用し、信頼性を確保した。第15図に西笠原DPのシステム構成図を、第16図に糸魚川DPのシステム構成図を示す。



第12図 新黒部DP単線接続図

新黒部DPの主回路構成を示す。6.6kV 2回線受電，非常用発電機を持つ。



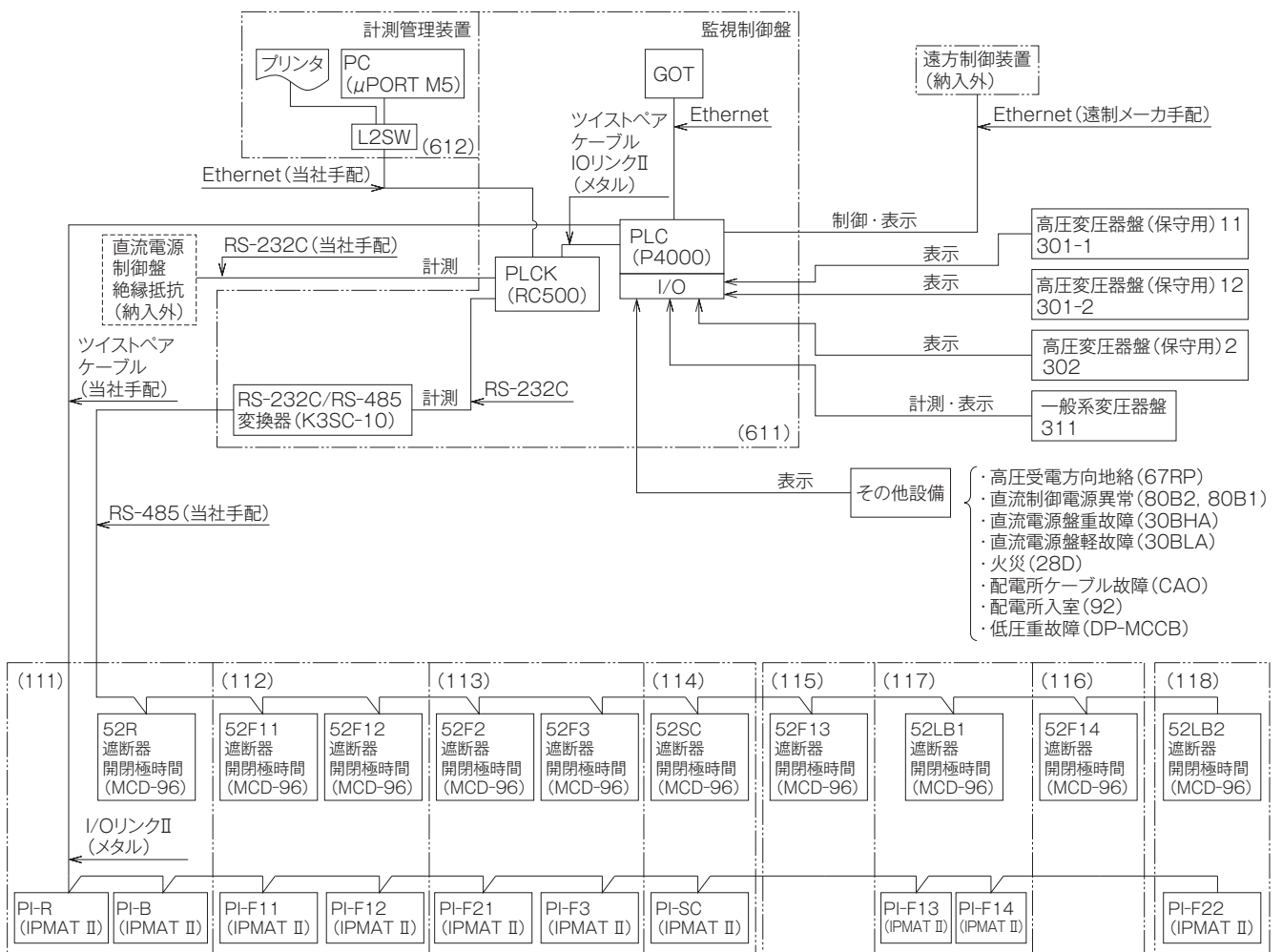
第13図 西笠原DP 高圧配電盤

西笠原DPの高圧配電盤の外観を示す。乾燥空気絶縁方式で、周囲環境に影響が少なく、メンテナンスが容易である。



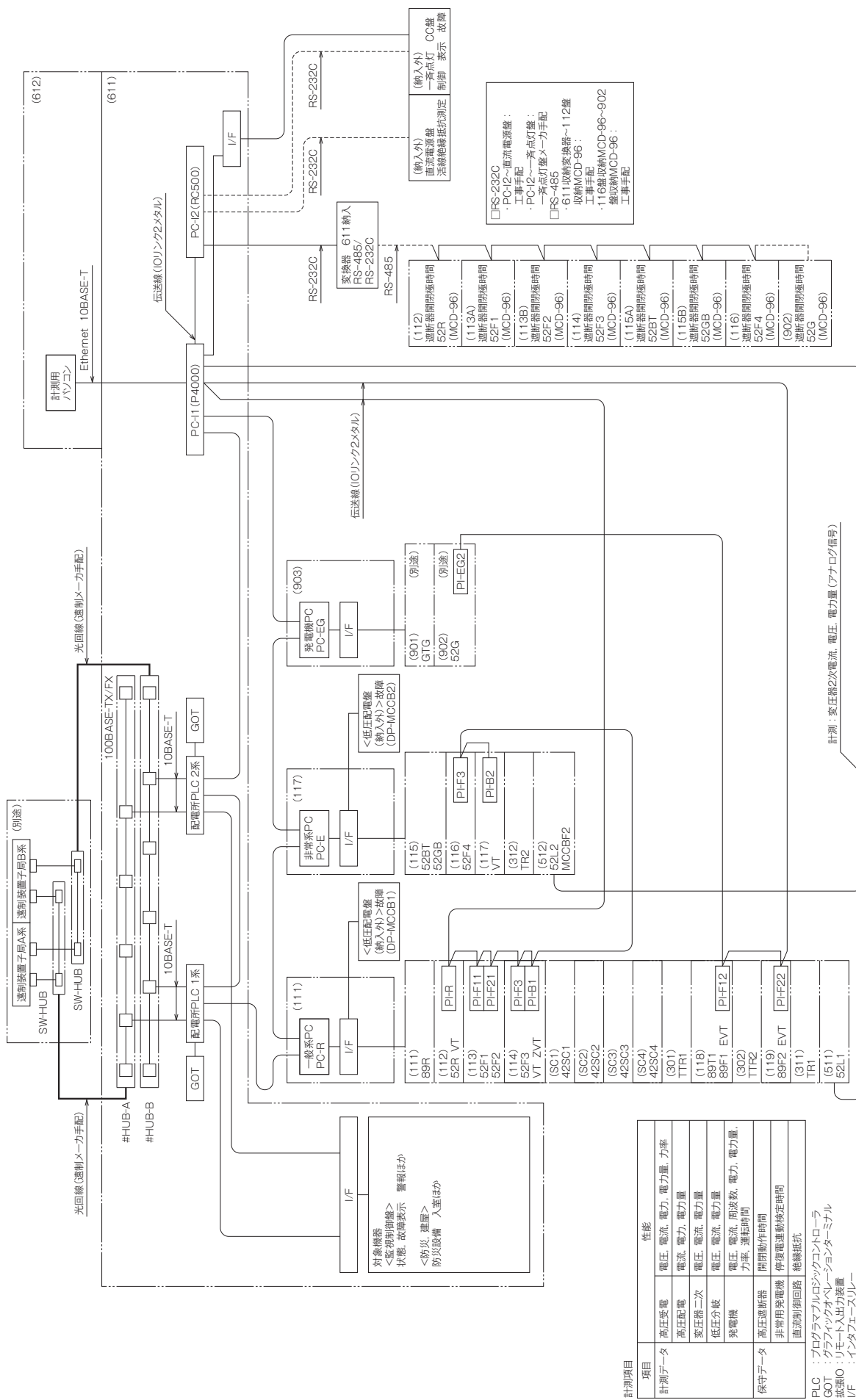
第14図 糸魚川DP 高圧配電盤

糸魚川DPの高圧配電盤の外観を示す。



第15図 西笠原DPシステム構成図

西笠原DPの配電盤システム構成を示す。配電所PLCは1重系とし、配電盤の連動はハード回路で構成されている。



第16図 糸魚川DPシステム構成図

糸魚川DPの配電盤システム構成図を示す。各PCと光ループで結合し、回線断でも逆ループで監視制御ができる。

計測項目	性能
計測データ	高圧受電 電圧、電流、電力、電力量、力率
	高圧配電 電流、電力、電力量
	変圧器二次 電圧、電流、電力量
	低圧分岐 電圧、電流、電力量
	発電機 電圧、電流、周波数、電力、電力量、力率、運転時間
保守データ	高圧遮断器 開閉動作時間
	非常用発電機 停復電運動検定時間
	直流制御回路 絶縁抵抗

PLC : プロگرامマブルロジックコントローラ
 GOT : グラフィックディスプレイ/タッチパネル
 孤強O : リモート入力装置
 I/F : インタフェース/レ

3.3 自動定期検定機能

糸魚川DP及び新黒部DPは、機器の制御回路の健全性の確認を含め、停復電連動の自動点検機能を有する。所定の条件成立後、監視制御盤から停電模擬信号を与えることで停電連動を実行させて発電機運転に切り替える。一定時間後、停電模擬信号を復帰させて復電連動を実行させる。本機能によって、保守作業の合理化を図った。

3.4 計測装置

計測装置を設け、現在値表示、日報・月報を集計している。また、高圧遮断器の開閉極時間を計測し、遮断器動作の良否を判定している。これによって、高圧遮断器の経年劣化による動作不良を発見することができる。これらの機能で保全業務の効率化を図った。

4 電車線設備

トンネル防災用断路器（以下、TDS）を7ポストに納入した。TDSは、トンネル内で架線事故、火災が発生した際に事故点を区分し、健全回線へき電可能とすることで、トンネル内の列車を引き出す役割を持つ重要な設備である。

4.1 トンネル防災用断路器

トンネル内設置のため、設置環境を考慮し密閉形のGISを採用した。第5表に定格事項を示す。

4.2 監視制御

TDSの制御は近くの変電ポストから簡易遠方で監視制御を行う。制御電源は、現地に設置する蓄電池制御盤で供給される。

第5表 トンネル防災用断路器

トンネル防災用断路器の定格事項を示す。災害時にトンネル内の電源区分が必要な時に使用する。

項目	定格
設置場所	屋外（トンネル内）
定格電圧	36kV
定格電流	1200A
定格短時間電流	12.5kA-2s
面数	14台（2台/ポスト）

5 むすび

整備新幹線計画における北陸新幹線は、この先敦賀延伸、最終的には大阪まで結合する計画である。

今回納入した各設備が機能を十分に発揮し、安全で迅速な新幹線運行に貢献することで、上信越・北陸地方～東京間を移動する人々の重要な足となることを期待する。

最後に、本設備製作にあたり、ご指導とご協力を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》



衛藤 憲行
Noriyuki Eto

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



森戸 啓介
Keisuke Morito

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