

關西電力株式會社成出發電所用
開閉及び制御装置

廣吉秀高*

Switching and Controlling Equipments

Narude Hydro-Electric Power Station of
Kansai Denryoku Company

By Hidetaka Hiroyoshi
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

As a result of the electric power source developing project in Japan, which is now carrying out with much effort, Narude Hydro-Electric Power Station ($2 \times 19,500$ kVA), Kansai Denryoku Co., was completed recently.

This power station is the sending end one of the first 275 kV super-high tension transmission line in Japan and is expected on its large contribution for improving the electric power supply.

The hydraulic turbines, generators, main transformers, (2×70 MVA), switching and controlling equipments of this station were ordered from Hitachi, Ltd., and especially 287.5 kV rating super-high tension equipments were the first products for practical use in Japan.

Controlling system for hydraulic turbine generator is the newly developed reversible sequence one using the Hitachi's patent two-stepped sequence controller for the purpose of safe and secure control by simple operation, and with complete protective-devices it is arranged carefully to keep the over-all efficiency maximum and to realize the continuity of power supply by minimum attendants.

[I] 緒 言

現下我國の急務は電源の開発増強であり、その具體化には關係方面の絶大な努力が拂われ着々成果が現われているが今回その一環として容量 $2 \times 19,500$ kVA の關西電力株式會社成出發電所が完成、運轉に入る運びとなつた。

同發電所用水車發電機、主變壓器及び制御、開閉装置は日立製作所の製作にかゝり、舊北陸幹線の電力を集めて我國に初めて實現する 275 kV 中性點直接々地式超高壓新北陸幹線の電源側起點となるもので、完成後は我國電力需給關係の改善に大きく寄與することが期待され

* 日立製作所多賀工場

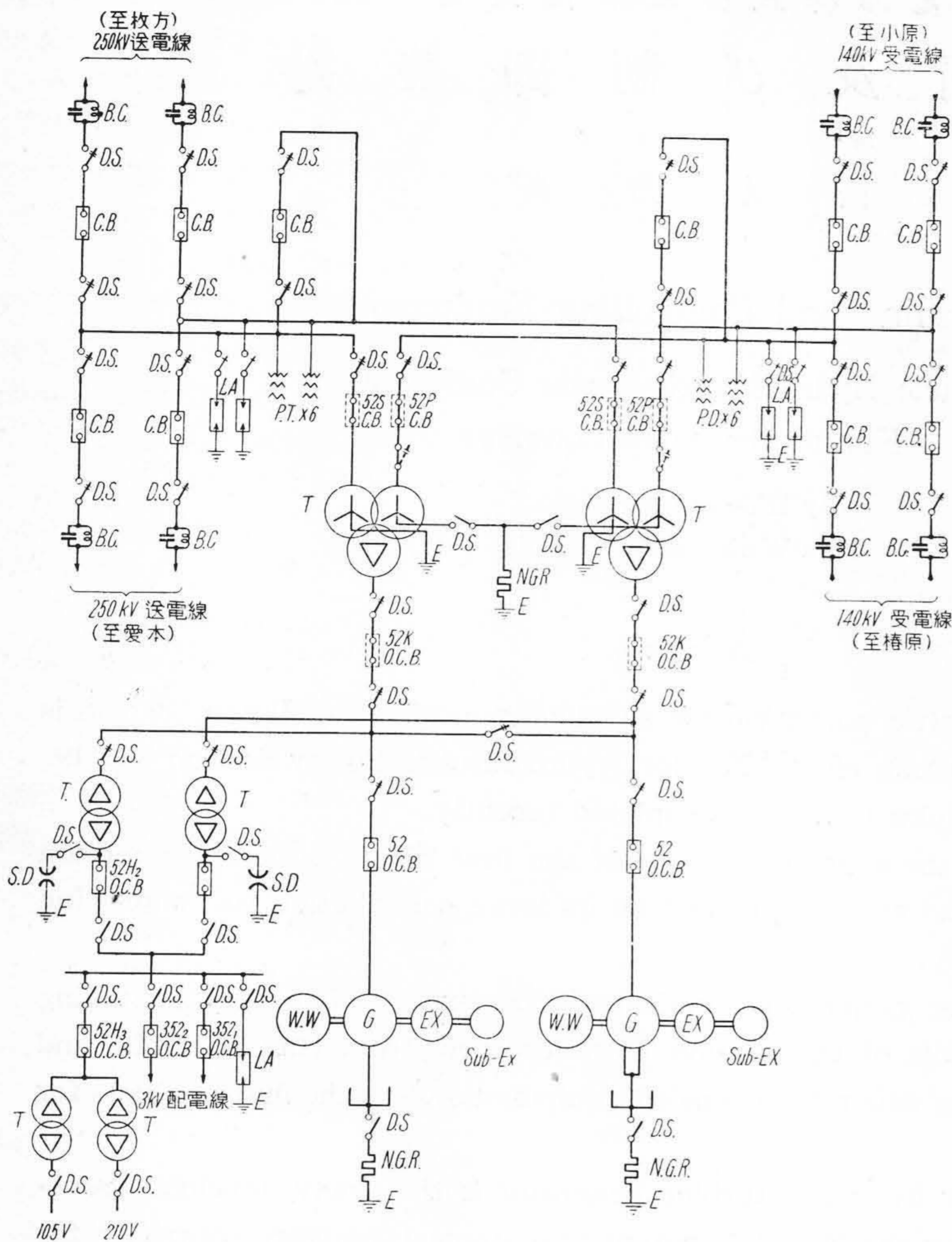
る。

此の發電所制御装置はその全機能を完全に發揮させる様各機器の扱い方、制御方式、保護装置等に多年の經驗を基とし幾多の新しい方式、装置を加えて安全確實に運轉出来る様考慮が拂われている。以下順次その大要と特長を述べる。

[II] 設備概要

先ず本發電所設備の概要を述べる。第1圖は主發電裝置の接續關係を示す單線接續圖で主要機器の概要は次の通りである。

水車 18,500 kW 豎型フランシス水車



第 1 圖 2×19,500kVA 水力發電所單線電線接續圖
 Fig. 1. Skeleton Diagram for 2×19,500kVA Hydro-electric Power Station

		有效落差 最大 53.6 m	
發電機	19,500kVA	11kV 3φ 50→ 200r. p. m.	
勵磁機	150 kW	220 V	
副勵磁機	10 kW	110 V	
變壓器	一次	154 kV 50 MVA	人接續
	二次	275 kV 70 MVA	人接續
	三次	11 kV 40 MVA	△接續
送電線	枚方線	275 kV	中性點直接々地式並行二回線
	愛本線	同上	但し將來設置
受電線	小原線	154 kV	中性點抵抗接地式並行

二回線

棒原線 同上

但し將來設置

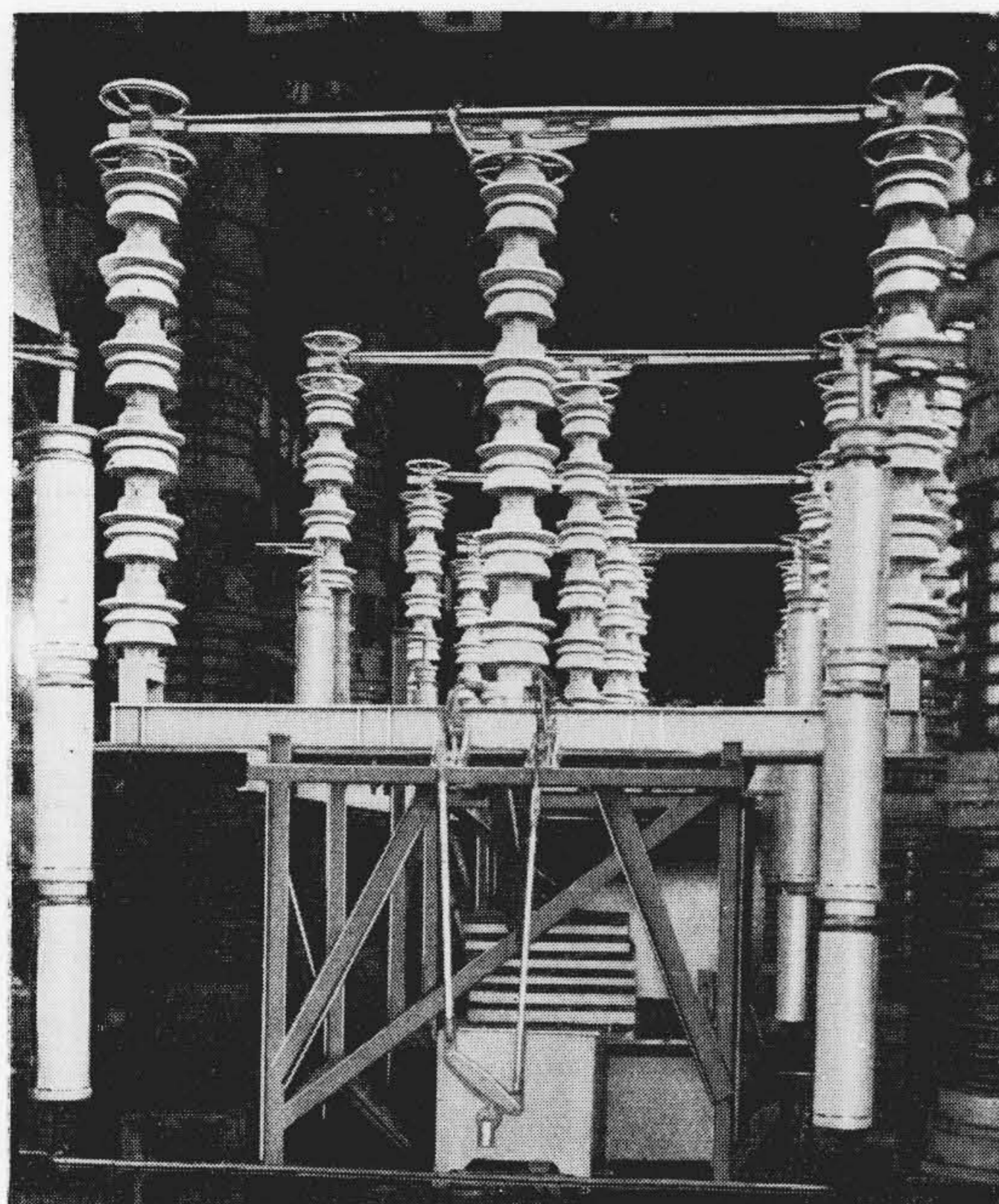
本發電所の發生電力は主變壓器を経て小原、棒原各發電所よりの受電々力を合わせ、送電々壓 275 kV の超高壓中性點直接々地式並行二回線互長 240 km により、關西の負荷中心地である大阪郊外枚方變電所に送電するものである。此の超高壓送電線の送電容量は將來建設される愛本線による黒部系電力と合わせ 400 MW にも及ぶ重要幹線であるから、送電の安定度を確保し送電不斷の實を擧げるため種々の考慮が拂われている。

[III] 開閉装置

本發電所は所謂ユニットシステム接續により運轉されるもので背後電力が龍大なるため發電機用油入遮斷器(52)は極めて大きな遮斷容量を必要とする。又同時に發電機同期用であるために短い閉路時間が要求される。この要求を満足させるため 11.5 kV, 1,500 A 遮斷容量 1,500 MVA の日立 YGC 型 PA 式油入遮斷器を採用した。この遮斷器は壓縮空氣操作式で 1,500 A の大電流容量のため必然的に機構が大きくなるにも係らず閉路時間は僅かに 0.3 秒以内で

同期投入に好適であり、又その遮斷時間を 0.1 秒に短縮し得て高速度母線保護繼電器と相俟ち、發電機出力回路の短絡故障にも發電機に與える悪影響を輕減することが出來た。

主回路の要所に配された斷路器は全て壓縮空氣操作式として配電盤上より遠方操作出來る。これらは何れも如何なる回路接續状態に於ても誤つて回路電流を切ることのないよう各關係遮斷器と電氣的に鎖錠を完備させてあるから誤操作の心配はなく、安心して回路操作が出來るようになってゐる。11kV 主回路斷路器は發電機回路用變壓器三次回路用夫々 11.5 kV 1,500 A 及び 3,000 A TRK₃ 型 PA 式壓縮空氣操作式である。大電流用であ



第2圖 NHL型PHA式287.5kV 800A 壓縮空氣操作式斷路器

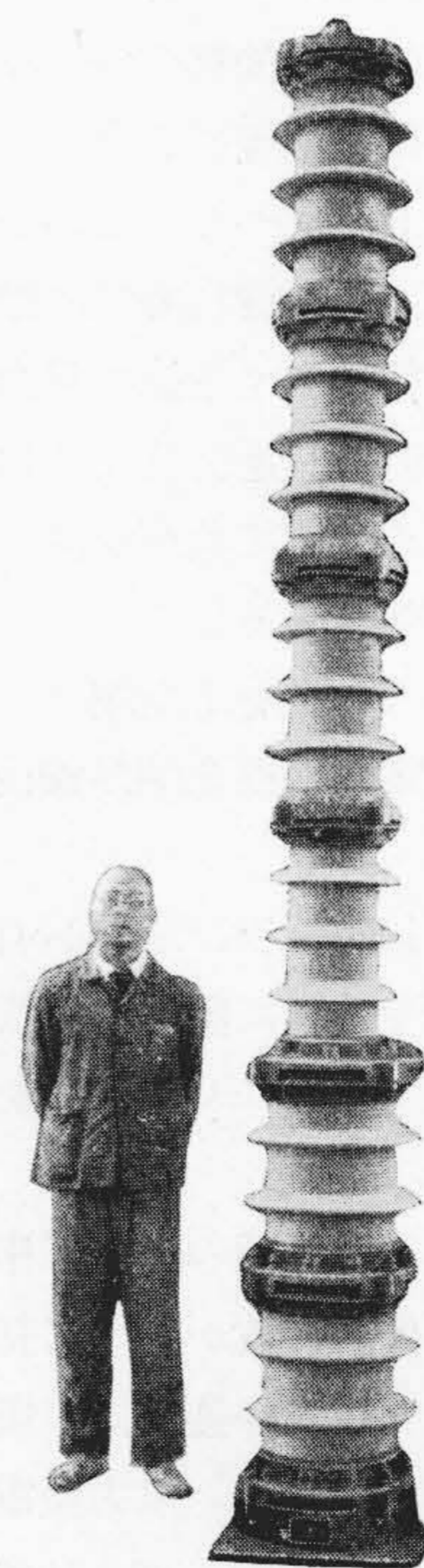
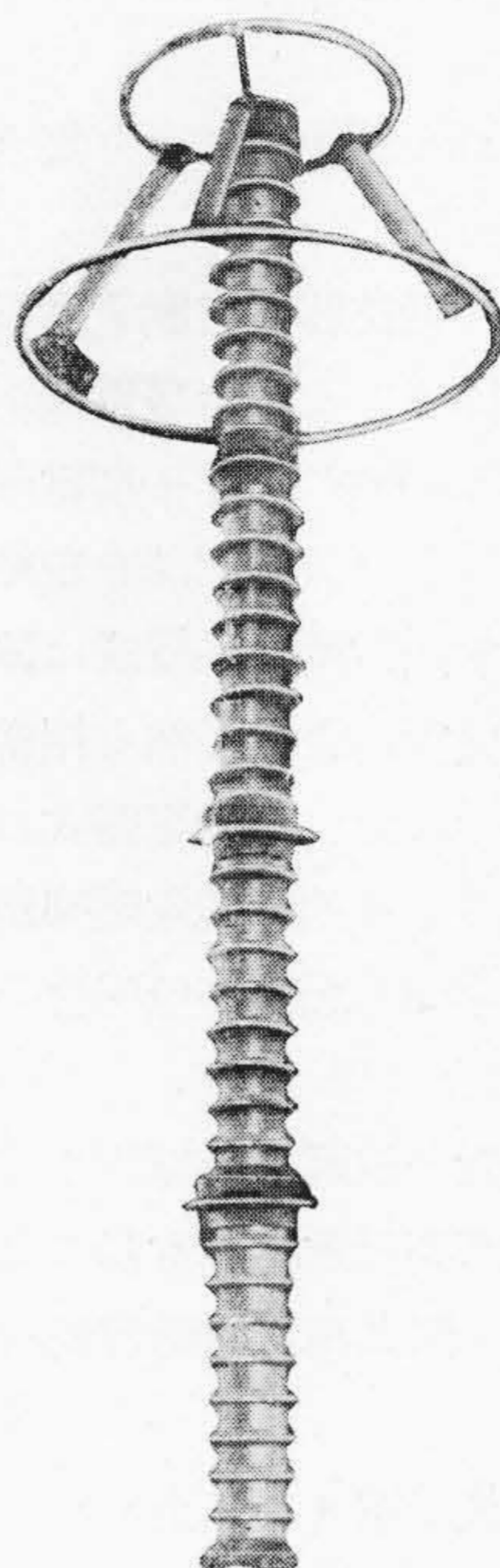
Fig. 2. Type NHL Form PHA 287.5 kV 800 A Pneumatic Operating Disconnecting Switch

るため締付接觸型としている。154 kV 及び 275 kV 主回路用は夫々 161 kV 800 A NHL 型 PA 式及び第2圖にその外觀を示す 287.5 kV 800 A NHL 型 PA 式である。その回轉締付式の接觸は既に定評ある如く接觸の安定確實なことと、操作の輕快は他の追隨を許さぬものである。特に本發電所は地理的に北陸山岳部にあり、冬期の積雪、結氷等の悪条件下でも確實な動作が期待される。

154 kV, 275 kV 母線用避雷器各二組は 161 kV OD-150 型及び 275 kV OD-150 型である。特に後者は 275 kV 回路用としては本邦に最初に設置されるもので、10 kA 放電耐量の抵抗體と共に幾多の實地試験の經驗に裏付けられた直列間隙とを以て確實に保安機能を發揮することが期待される。その全形を第3圖に示す。

[IV] 制御装置

水車發電機の制御方式は操作の單純化と確實性を確保出来る二段操作式順序制御器による日立標準可逆式順序制御方式である。この順序制御器は停止、入口弁開、起動、勵磁、並列、負荷の6段階を有し回動、引きの二段操作で、一段毎に或は一擧に所望の位置まで順方向又は逆方向に進めれば起動方向又は停止方向に階段的にも連続的にも任意制御出来る事が大きな特色である。而してその動作は各段階終了毎に表示される計器盤上の照明式



第3圖 OD-150型直接々地275kV ドライバルブ避雷器 上：直列間隙 下：特性要素

Fig. 3. Type OD-150 275 kV Hitachi Dry Valve Lightning Arrester (Solidly Grounded Neutral System) Upper : Series Gap Lower : Characteristic Element

集合動作表示器により確認出来て、本發電所が保守員は補助員とも僅かに二名に止め、機械室には人をおかず朝夕の尖頭負荷に應じて運轉することを建前としているのに対し正に好適といえる。

入口弁の開閉、水車發電機の起動停止、制御は電磁操作弁により配電盤上から遠隔制御する。この電磁操作弁は複式電磁弁で壓油保持式となっているから一時的に制御電源を喪失してもそのままの状態を保持出来る。

操作用壓油は制御用蓄電池に比すべきものでその確保には萬全を期さねばならない。壓油方式は一般に最も信頼度が高いと認められている電動ポンプを常用、小水車ポンプを豫備とする所謂 M-T 式として所内電源の確保、小水車、大容量壓油槽の設置等々遺憾なきを期している。尙非常用電源としては堰堤に設置してあるディーゼルエンジン駆動發電機より受電出来るように考慮されている。

同期並列は当初は同期檢定器による手動投入であるが遠からず自動同期とする計畫であり、自動同期繼電装置を使用している状態のまゝでも隨時遮斷器を操作開閉器により同期投入出来るようにしている。装置の使用、不使用は同期檢定用開閉器に自動、切、手動の位置を設けて切換用を兼用するので別箇の切換開閉器を省くことが出来た。並列

完了すれば集合動作表示器に並列を赤色表示し入口弁開より勵磁迄の表示は消える。

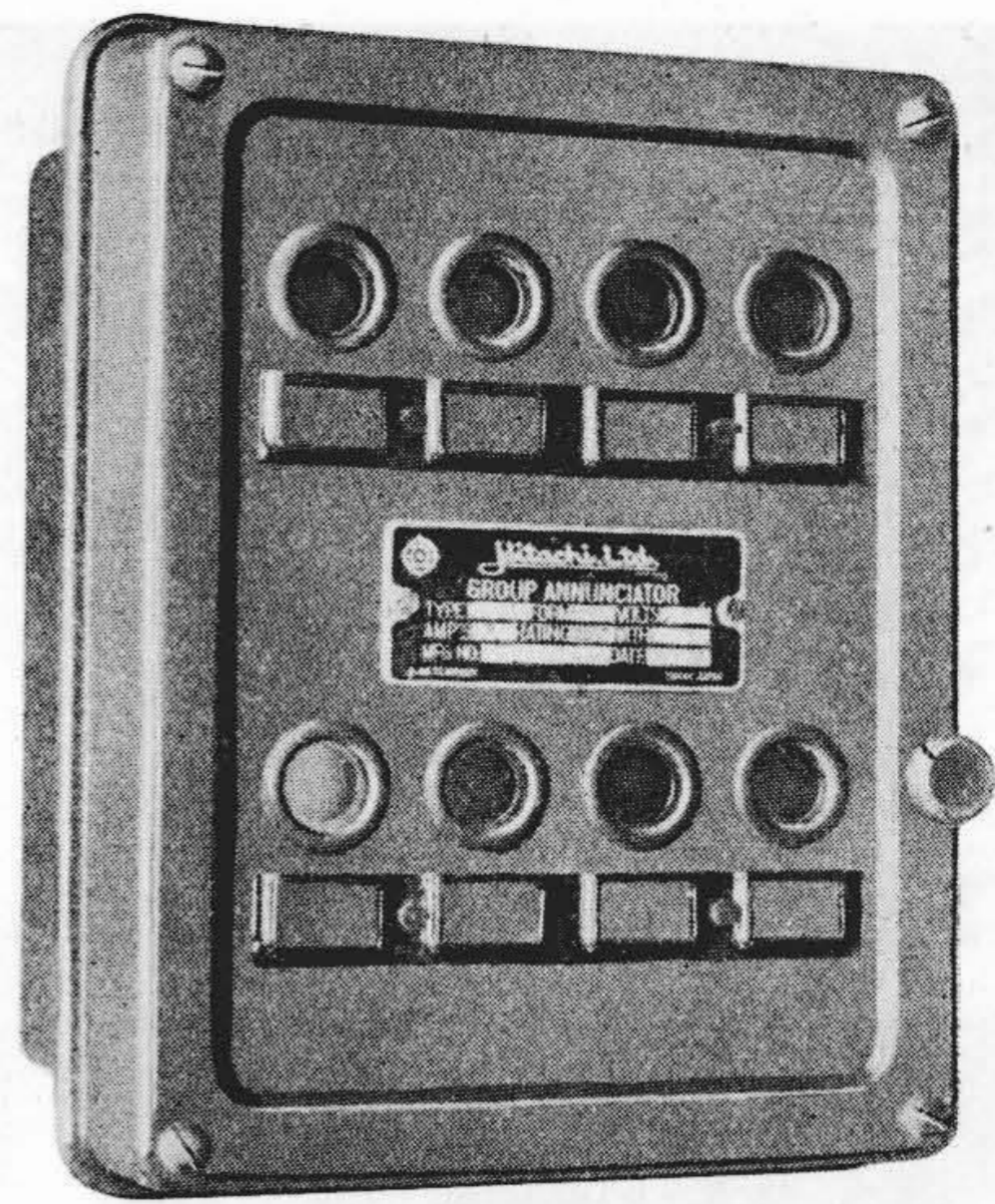
負荷運轉中は案内羽根に連結された開閉器により集合動作表示器に表示される。

發電機の電壓調整は RTA 型三相抵抗器型自動電壓調整器を採用している。系統電壓が降下した場合發電機が過電流又は過勵磁とならぬ様 FO 型 DW 式浮子型電流調整繼電器を組合わせその動作により交流側電流を定格値以下に制限している。又交流異常過電壓は系統或は運轉状態の變化等に起因するものは發生が急激で然も相當の高電壓となり巻線の絶縁を脅かすので、自動復歸式の FV 型 AC 式浮子型過電壓繼電器により速應式電壓抑制を行い全負荷遮斷の様な速度上昇を伴う悪条件の場合でも發電機電壓を定格値の 135% 以下に保つ様になっている。又永續的過電壓は電壓調整装置の故障等に原因するもので、これは IV 型 AC 式誘導型過電壓繼電器により遮斷器及び界磁開閉器を開路して無負荷無勵磁運轉を行う。

水車發電機の普通停止は案内羽根全閉までに止めれば再起動に際しても入口弁全開操作の煩を省き時間を短縮しうる。唯永年の使用による各部の損耗、不具合による漏水により停止が迅速を欠き、或は停止中油壓の喪失により案内羽根が開き重大な結果を惹起する等の懸念より従来は多く入口弁をも全閉する慣わしであつた。この新可逆順序制御方式に於ては案内羽根は全閉後自動的に鎖錠する装置を有し閉鎖機構の改良と相俟つて上述の懸念を除き得たので、停止の際は順序制御器を逆方向に入口弁開の位置におけば案内羽根を徐々に閉じて負荷を減じ全閉鎖錠後遮斷器、界磁開閉器を開路させるようにしている。長期の停止或は修理等のため入口弁をも全閉する時は制御器を停止の位置に進めれば案内羽根全閉鎖錠後入口弁は閉じる。

自動制動は規定速度の 1/3 以下に減速後掛ける事が有効且安全であるから 30% の低速度で確實に動作する接点を遠心力開閉器に追加して HFB 型 ACUCRC 式を新製して目的を達することが出来た。

水力發電所を構成する機器を一貫した意圖の下に能率よく然も安全に運轉するには完全な保護装置があつて初めて實現されるものである。此の意味から保護装置の優劣は發電所の性能を決定する一要素といえる。水力發電所は原動機である水車の機械的特性と發電機、更に連繫する系統をも含めた電氣的特性とを綜合して統一された保護方式を適用し、個々の繼電器の特性を優秀なものとすると共に亦その處置宜しきをうるよう慎重な考慮の下に決定されている。即ちその處置は故障の種類に応じて繼電器動作と同時に遮斷器、界磁開閉器を開き、案内羽



第 4 圖 GB-R 8 型集合故障表示器

Fig. 4. Type GB-R 8 Group Fault Annunciator

根、入口弁を急速に閉鎖して停止するもの、先ず案内羽根を全閉後遮斷器、界磁開閉器を開き入口弁を閉鎖するもの、遮斷器界磁開閉器を開き、無負荷無勵磁運轉をなすもの或は單に警報に止めて保守員の處置にまつもの等になっている。

これら發生故障は計器盤上の集合故障表示器に表示されベル或はブザーにより警報するが特に警報表示用は第 4 圖に示す GB-R 8 型二重ターゲット式とし、故障發生を確認後第一ターゲットを手動復歸すれば第二ターゲットが出て故障繼續中であることを表示するが故障が回復すれば自動復歸する。

調速機驅動方式は最も信頼度の高い永久電磁石式アクチュエーター發電機を用いる電動式である。この回路は單純であるため事故は殆んど考えられない。然し萬一の故障に対する保護装置として電氣的保護繼電器を設けることも考えられるがこのために却つて弱點を作る事にもなり好ましくない。従つて保護装置としては機械的なものをアクチュエーター機構に設置している。而て斯る場合は急停止の必要はないから先づ壓油切換弁により案内羽根を無負荷開き迄閉じ、同時に電氣的にも案内羽根閉用電磁弁を動作させて全閉鎖錠完了後遮斷器、界磁開閉器を開路全停止する。

發電機の電機子巻線層間短絡保護は 1 相分を 2 並列回路としこれらの中に IY 型比率差動電流繼電器を使用しているが、その並列回路の不均衡による常時循環電流を最小にする様コイル配置を考慮して感度を高め、保護範圍を擴大している。

電機子巻線の接地は進展し層間或は相間短絡を惹起するに至れば重大な損傷を招くので、早期に檢出處置せね

ばならない。一方最近中性點は從來よりも高い抵抗接地とし、最大接地電流を 100 A に制限して接地故障の際の鐵心損傷の軽減を圖る方式が一般に採用されて來たため、保護繼電器は極めて高い感度が要求される。これに竊し繼電器は終戦後新に製作した IGY 型比率差動接地電流繼電器を採用し、その比率要素により完全に故障を選択し更に過電流要素により故障を検出するので、誤動作の惧れはなく、且組合せ變流器は三次巻線方式を採用

しているので定格 1500/5 A の變流比と無關係に廣範圍の綜合保護能力を發揮させ、接地電流を從來より減少させたにも拘わらず保護範圍は從來と同様或はそれ以上となしえた。

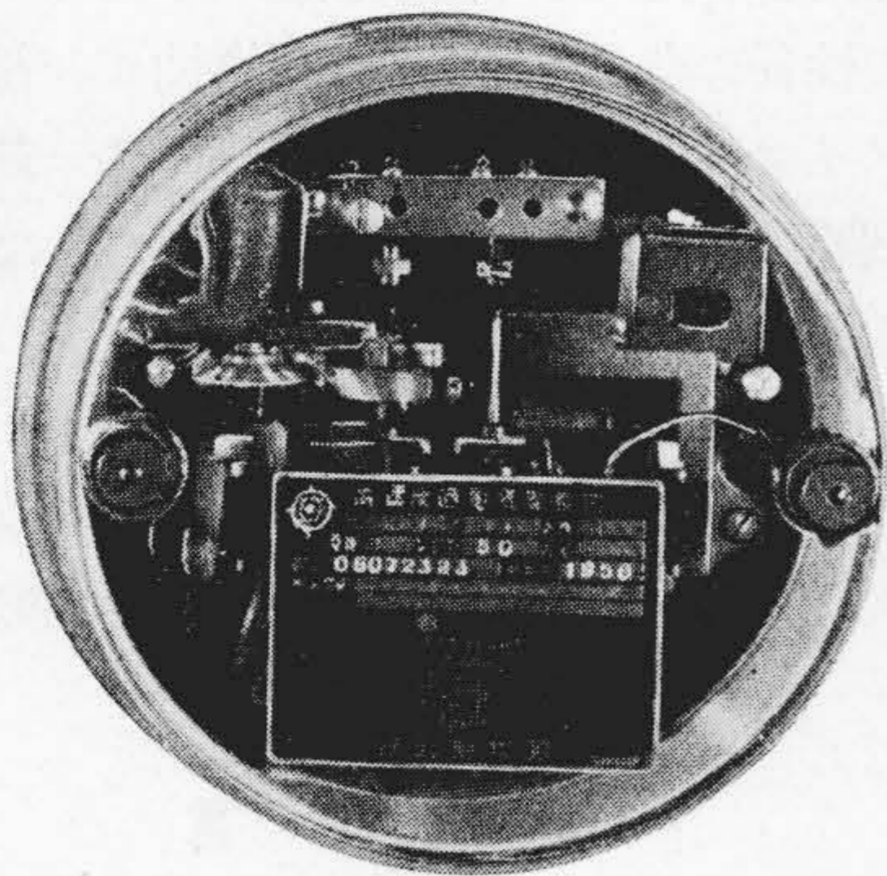
11 kV 母線の短絡故障に對しては第 5 圖に示す日立 KOV 型 QC 式電壓抑制付高速度過電流繼電器を使用し、イムピーダンス特性を加味して高速度に故障を検出し故障發生後數サイクルで遮斷させうる。

70 MVA 主變壓器は送油水冷式を採用しているので、油循環ポンプは夫々 2 臺宛設置しこれらが運轉中でなければ何れの巻線にも加壓出來ぬ様主回路斷路器と電氣的互鍵回路を完備させている。冷却系統の斷水及び斷油は配電盤上の集合故障表示器に表示、警報させている。

主變壓器巻線保護には第 6 圖に示す三巻線變壓器用 IY₃ 型比率差動電流繼電器を使用し比率は 15, 25, 40% である。

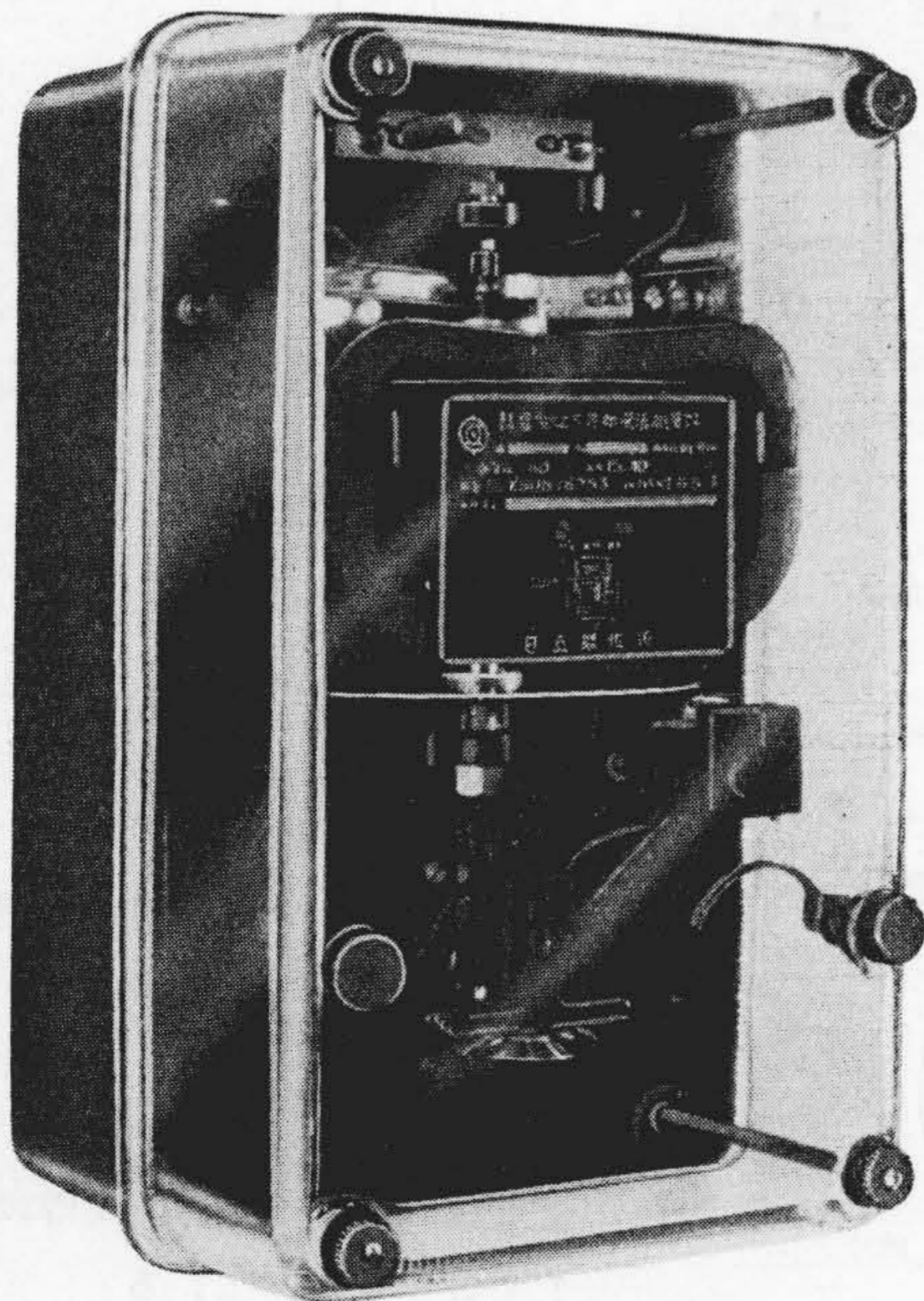
154 kV 受電線の保護繼電方式は系統に入る小原、祖山發電所側の條件を考慮に入れ並行二回線の際は短絡事故に對しては KRV 型 QW 式電壓抑制付高速度逆電力繼電器、接地事故に對しては IG 型 WXL₁₁ 式選擇接地繼電器を用いている。一回線の際は異系統運轉も考慮して夫々方向性の短絡、接地繼電器をおいている。

配電盤は總て明朗で然も品位ある灰色仕上の鋼板製で主盤と所内盤とより構成されている。主盤は側面扉付分離机型操作盤、正面直立計器盤、背面直立繼電器盤よりなっている。配置は第 7 圖の平面圖に示す通り、監視機の位置を中心として扇型配置として監視及び操作に便ならしめている。第 8 圖は主盤の外観を示すものである。



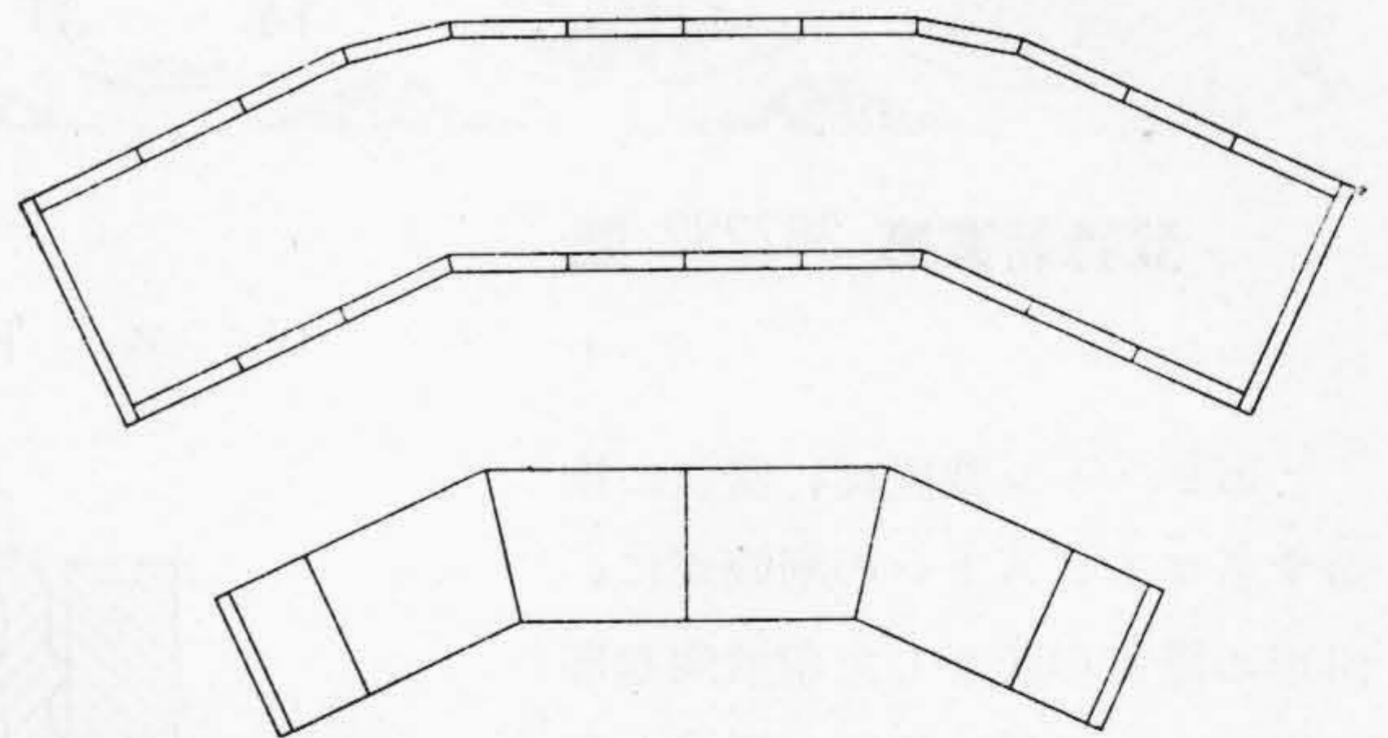
第 5 圖 KOV 型 QC 式誘導環型
電壓抑制付高速度過電流繼電器

Fig. 5. Type KOV Form QC Induction Ring Type High Speed Overcurrent Relay with Voltage Restraint



第 6 圖 IY₃ 型比率差動電流繼電器

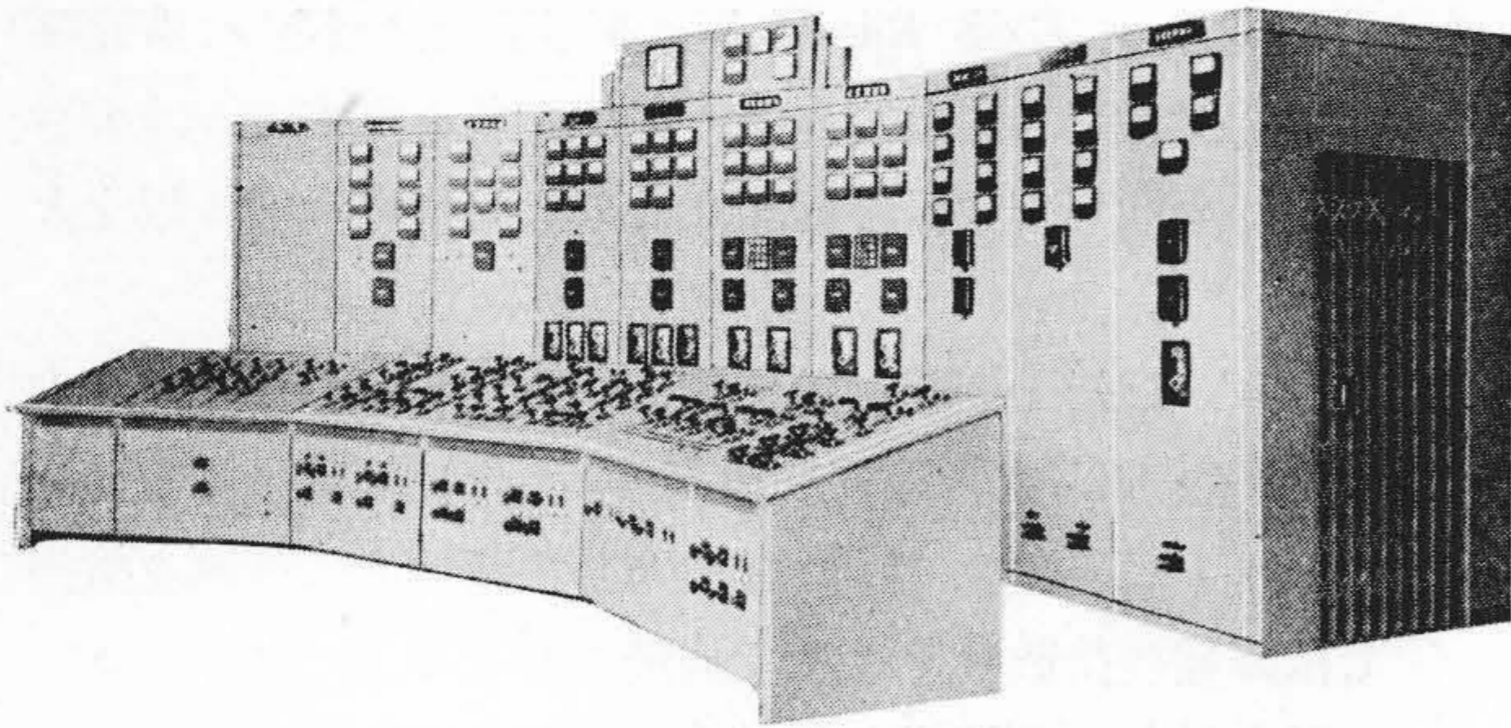
Fig. 6. Type IY₃ Ratio Differential Current Relay



第 7 圖 主配電盤配置平面圖

Fig. 7. Plan of the Main Switchboards Arrangement

操作盤の前面垂直部は下部を充分靴先が入る程度に引込ませてあるので操作は樂に行える。多種多様の開閉器のハンドルはその用途と種類に應じて夫々ステッキ、橢圓菊或は鉤形とその形狀を變え、頂部に器具番號を彫刻し



第 8 圖 2×19,500 kVA 水力発電所制御用
側面扉付分離机型主配電盤

Fig. 8 Separated Desk Boards Type Main
Switchboards with Side Doors for
2×19,500 kVA Hydro-Electric
Power Station.

特に急停止用は赤色として目的と用途機能が判然としているので合理的配置順序と共に操作を誤りなく迅速確實にしている。又電源開閉器を各盤各器機毎におき、夫々の操作回路を完全に切分けられるようにして、かゝる大容量発電所の操作回路の健否の点検、故障検出を容易にしている。

指示計器は全て角型半埋込式の S_{23} 型としている。発電機出力は有効分のみならず無効分をも直讀して運轉状態を把握するため、無効電力計をおき力率計に代えている。又變壓器を通じて 154 kV 系統と 275 kV 系統が連繫されるので變壓器 154 kV 一次側は各バンク夫々有効分、無効分電力を積算し、又 275 kV 側有効分及び無効分出力を 2 バンク分綜合記録せしめている。更に 275 kV

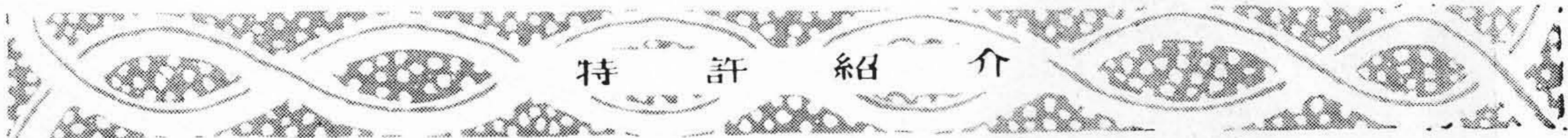
送電線は枚方向送電々力有効及び無効分を二回線分綜合指示させ系統運轉状態を監視出来るようにしている。

275 kV, 154 kV 送電線はその搬送電話用結合蓄電器を分壓器としても兼用し盤上の電壓計と組合せて検壓計とした。

變流器、計器用變壓器の二次回路引込口及び保護繼電器接點回路には全て各盤毎に試験端子を設け、用途器具名を記入した記號板をつけている。配線は回路の性質に応じて色別した耐燃性ゴム線を使用し、ワイヤーポケットよりの出口には一定の規則による回路種別、接續關係、極性を表わした線番號を打込んだアルミバンド及び相、極性を表わす色バンドをつけて整然と配線している。各盤裏面は淡青色の明い塗装で、計器、繼電器の端子を圍んで輪廓と器具名を記入してあるから複雑な盤裏面配線の點檢に極めて便である。

[V] 結 言

以上で本発電所開閉、制御装置の概要を述べたが、最初にも述べた様に我國最初の超高壓新北陸幹線の起點となる大容量発電所としての重要性に鑑み、主発電機の安定確實な運轉を第一の主眼とし、最小の保守員を以て安心して能率よく目的を遂行出来るよう完備した保護装置と共に新機軸を盛つた制御装置により送電不斷の實をあげるよう慎重考慮して設計製作されている。



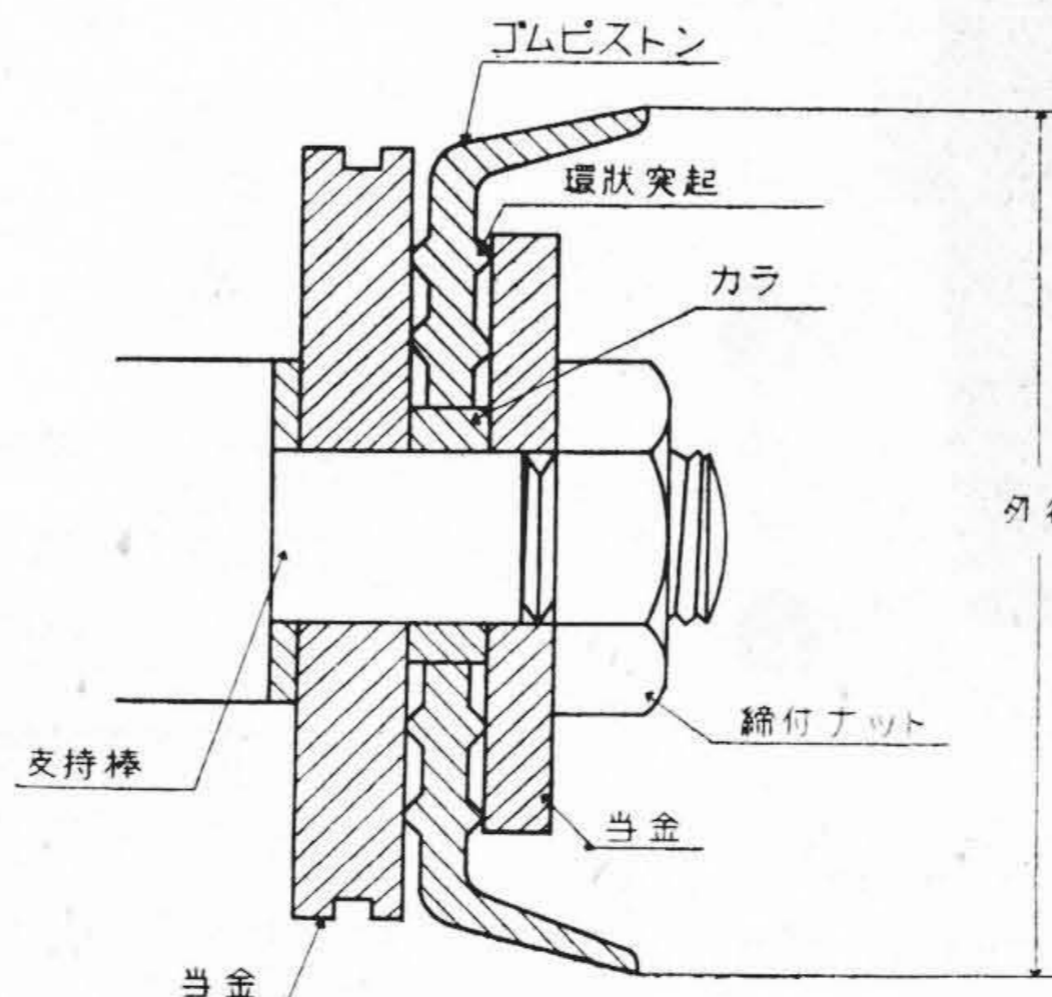
登録新案第 382232 號

久保澤 稔

ピ ス ト ン 装 置

このピストン装置は、當金に接着するゴムピストンの両端面に、山形の断面形状をした環状突起部を同心かつ對稱の位置に形成したものである。

従來のこのようなピストン装置では、ゴムピストンの端面は平面で出来ているので、取付の際締付ナットの締付により生ずる歪が直接ゴムピストンの外徑に影響し、



その形状を不正確にするため空気機關等に使用する場合空気洩れをきたす缺點があつた。

このピストン装置では、環状突起部により上記歪の影響を局部的におさめてゴムピストンの外徑に及ぼさずにすむ。戸閉機械、大型巻上機のサーボピストン等に實施して効果をあげている。

(富 田)