

ローカルVQC装置の開発

Development of Local VQC.

堀部 勲夫^{*}
Isao Horibe
船戸 直博^{*}
Naohiro Funato
武田 卓^{*}
Takashi Takeda
辻田 昌弘^{*}
Masahiro Tsujita

1 まえがき

近年の電力系統の拡大に伴い、電圧調整の重要性、系統運用の経済性と電力の高品質化の要求、及びそれに伴う無効電力潮流の制御を含めた電力調整が、必要となってきた。

このため、中部電力株式会社・中信変電所のように、系統の動揺を直接受ける変電所では、従来のタイムスケジュール運転、手動調整運転だけでは対処しきれない状態となっていた。又制御対象となる変圧器2次電圧が2種類あり、電圧及び無効電力を一括で総合制御することは、従来の方式では困難であり、新しい制御方式が必要とされてきた。

以上のような必要性及び困難な条件に対処するため、今回、計算機を用いて中信変電所の電圧および無効電力の総合的な自動調整を行う装置を製作した。

2 装置の目的

本装置の目的は

1. 各制御対象の電圧及び無効電力の適正な調整とそれに伴う系統運用上の経済性と安定度の向上を図ること。
2. LRT及び調相設備(SC、ShR)の制御の自動化による

適正な制御と人間系の監視制御の省力化を図ることが主な目的である。

3 装置の概要

本装置は図1に示すようなブロックより構成される。本装置の基本的な動作は、設定部にて設定された各条件とアナログ入力部より入力された電圧(V)、有効電力(P)、無効電力(Q)及びデジタル部より入力された制御条件から、LRT及び調相設備(SC、ShR)の制御条件を判定し、電圧制御及び無効電力制御のためのそれぞれの制御出力を行うことである。制御情報として計算機内部で処理するものとして、目標値、不感帯等の演算がある。目標値は変換器より入力されたV、P、QをA/D変換した値をもとにして演算を行っている。不感帯は設定定数と時間データより演算される。目標値、不感帯の演算、現在の各データと不感帯との比較判定、及び制御条件の判定は一定時間ごとに行い各制御のプログラムを起動している。

その他、現在のV、P、Qの入力データと目標値を表示パネルにて表示するとともに、調相器の動作時には自動的にデータをプリント表示し、押ボタンスイッチによっても任意にプリント表示することができる。又計算機

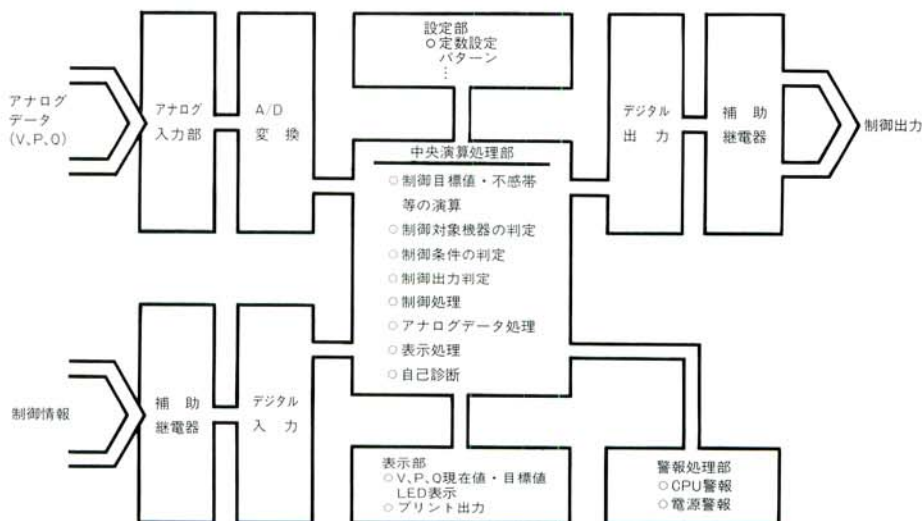


図1 / 装置概略図

Fig. 1/Block diagram of equipment

を使用していることによりソフトウェアにて、各機能の自己診断を定期的に行っており、故障時の探査や装置の保守管理が容易なものとなっている。

4 装置の構成

4.1 ハードウェアの構成

本装置は計算機（マイクロミニコン）を用いた中央演算処理部、計算機の入出力部（I/O）、データ表示部、定数設定部、プリンタから成る演算盤と、電圧・無効電力などのアナログデータ収集用の変換器（トランスジューサ）を内蔵しパターン設定パネルをセットした変換器盤と、外部の装置との入出力を行う補助継電器を収納した補助継電器盤より構成されている。

演算盤では、装置の制御機能の中心となる処理をマイクロミニコンを用いて行い、表示関係の処理はマイコンを用いて行っており、処理を分散している。又計算機の異常に対処するものとして、計算機内部の各電源電圧の監視や、ウォッチドッグタイマ、パリティチェック機能などを持っている。更に装置が異常となった場合には、自動的に装置が除外となり後備の設備に制御を移すシステムとなっている。

変換器盤では、入力された各アナログ量を直流電圧に変換するトランスジューサを内蔵しており、中央演算処理部のA/D変換処理部にデータを送っている。

補助継電器盤では、計算機のI/Oインターフェースと外部装置との信号の中継処理を行っている。又外部装置のノイズによる計算機の誤作動防止も考慮されたものとなっている。

本装置のハードウェアの構成を図2に、中央演算処理部で扱うアナログ入力、デジタル入・出力を表1に示す。

表1 / データ入・出力項目(アナログ入力、デジタル入・出力)
Tab. 1/Data input output (Analogue input, Digital input output)

表1-a / アナログ入力
Tab. 1-a/ Analogue input

| アナログ入力項目 | |
|----------|---------|
| 1 | 154kV電圧 |
| 2 | 77kV電圧 |
| 3 | 信濃-P |
| 4 | 高根-P |
| 5 | 154kV-P |
| 6 | 77kV-P |
| 7 | 154kV-Q |
| 8 | 77kV-Q |
| 9 | 信濃-Q |
| 10 | 高根-Q |
| 11 | 信濃-V |
| 12 | 高根-V |

表1-b / デジタル入力
Tab. 1-b/Digital input

| デジタル入力項目 | データ数 | |
|----------|----------------|----|
| 1 | LRTタップ動作確認 | 10 |
| 2 | LRTタップ位置上下4タップ | 16 |
| 3 | LRT制御情報 | 4 |
| 4 | タップずれ | 2 |
| 5 | SC・ShR制御情報 | 30 |
| 6 | 154kV 3次CB | 3 |
| 7 | その他制御情報 | 3 |
| 8 | パネルスイッチ情報 | 29 |
| 9 | 計算機制御情報 | 12 |
| 10 | 設定情報 | 24 |
| 11 | マイコンインターフェイス | 31 |

表1-c / デジタル出力
Tab. 1-c/Digital output

| デジタル出力項目 | データ数 | |
|----------|--------------|----|
| 1 | タップ昇降圧 | 4 |
| 2 | SC・ShR「入」切 | 30 |
| 3 | 不応動 | 1 |
| 4 | LVQC異常・除外 | 2 |
| 5 | 制御量不足 | 1 |
| 6 | 自己診断 | 1 |
| 7 | ランプ表示 | 39 |
| 8 | LED表示 | 10 |
| 9 | マイコンインターフェイス | 18 |

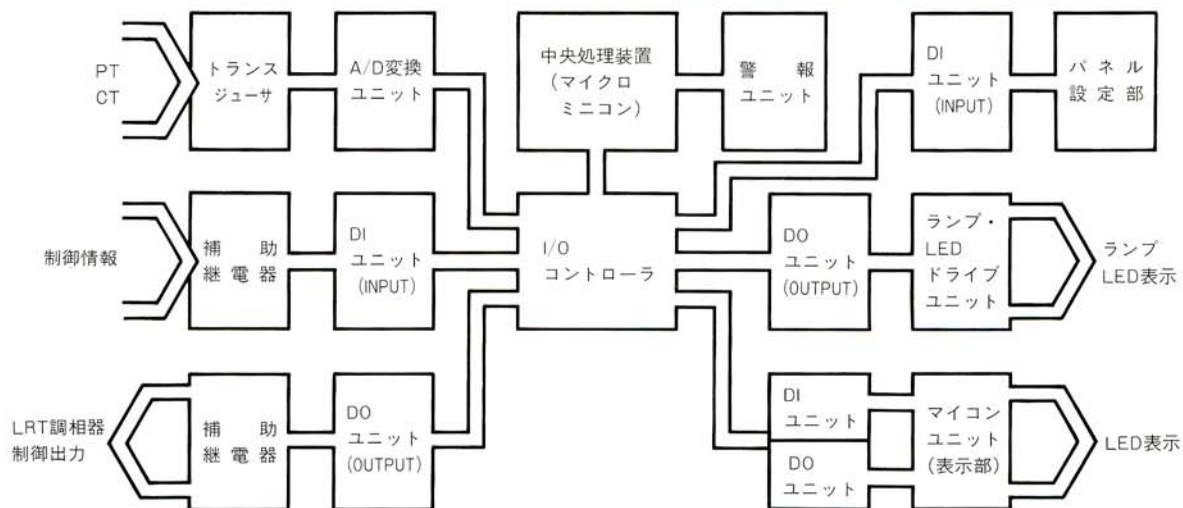


図2/ハードウェアの構成

Fig. 2/Hardware configuration

4.2 ソフトウェアの構成

本装置のソフトウェアは大別して、制御のための処理を主に行うプログラムと、装置自体の管理と各プログラムの管理を行うプログラムに分かれている。

制御プログラムとしては主にインターバル処理、154kV電圧制御処理、77kV電圧制御処理、無効電力制御処理、定数設定処理、表示処理、自己診断処理などから構成されている。管理プログラムとしてはオペレーティングシステムプログラム(OS)があり各制御プログラムの管理などを行っている。

各制御プログラムの機能を表2に示す。

表2 / 制御プログラム内容

Tab. 2 / Program specification

| | プログラム名 | 機能 |
|----|--------------|-----------------------------------|
| 1 | インターバル処理 | アナログデータ処理、及び目標値、不感帯の演算 |
| 2 | 154kV電圧過昇降処理 | 154kV母線電圧過昇降領域処理 (調相設備による電圧制御) |
| 3 | 154kV90Ry処理 | 154kV母線電圧90Ry領域処理 |
| 4 | 77kV電圧過昇降処理 | 77kV母線電圧過昇降領域処理 (調相設備による電圧制御) |
| 5 | 77kV90Ry処理 | 77kV母線電圧90Ry領域処理 |
| 6 | 154kV電圧調整処理 | 154kV電圧調整 (LRTタップ連動による電圧調整) |
| 7 | 77kV電圧調整処理 | 77kV電圧調整 (LRTタップ連動による電圧調整) |
| 8 | 無効電力制御処理 | 無効電力制御とそれともなう電圧制御を行う |
| 9 | 定数設定処理 | 定数の設定を行う |
| 10 | 表示処理 | 表示データの演算と表示ユニットとのインターフェース |
| 11 | 自己診断処理 | 自己診断 (CPU、メモリ、I/O) |

ソフトウェアによるデータの処理の中でアナログ量については、その収集とアナログデータによる演算をインターバル処理で一定時間ごとに行っている。各制御処理プログラムではその値をもとにして制御処理の判定を行っている。

制御プログラムはその制御対象となる電圧と無効電力の制御で常に電圧制御が優先となる方式を採っている。LRTや調相設備の情報と入力されたP、V、Qのデータから、プログラムにより制御条件を判定することにより、常に電圧優先となる処理を行っている。

各制御プログラムはOSにより管理されており、OSのマルチプログラミング機能により、同時に複数の処理が可能となっており、入力データの急激な変動による各種の同時処理に対応している。

プログラム間の相関関係を図3に示す。

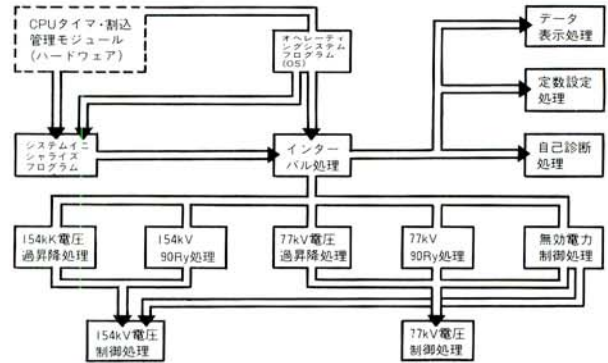


図3 / プログラム相関図

Fig. 3 / Software system

5 装置の機能

5.1 装置の基本機能

本装置の基本機能は、5台のLRTと15台の調相器(SC、ShR)を用いて、電圧と無効電力の適正維持を行うことである。さらに中信変電所では、系統のパターンが5種類(A0、A1、A2、B0、B1)に分けられているため、制御条件をそれぞれのパターンに合わせて設定し、制御を行うこととしている。各パターンの系統構成図を図4に示す。

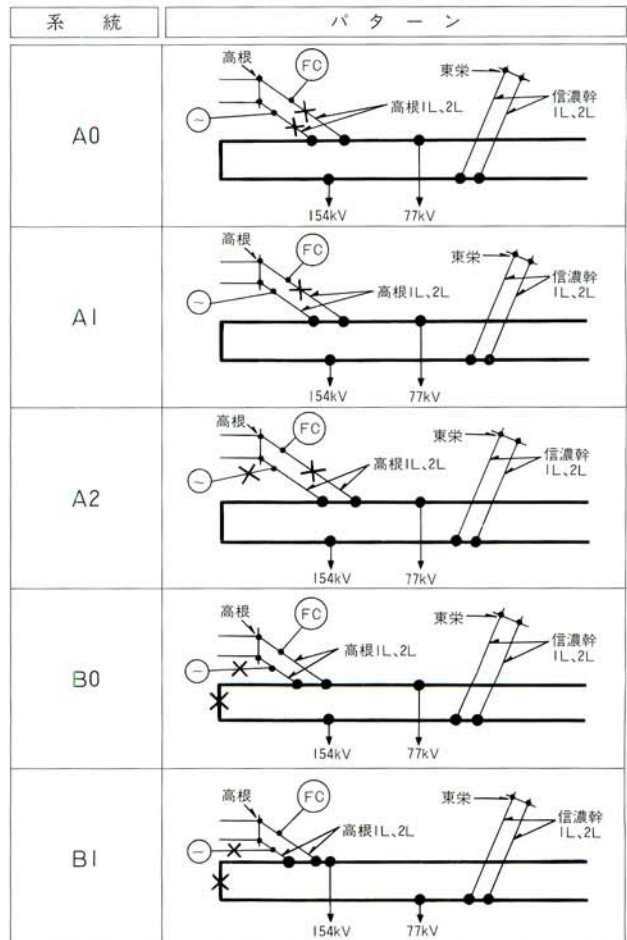


図4 / 系統構成図

Fig. 4 / Power system

5.2 電圧制御機能

(1) 電圧目標値の演算

各バンクの電圧目標値を、そのバンクの有効電力をパラメータとして、次式のように定める。

$$V_{cal} = K \cdot P + V_B$$

ここに P: 有効電力 (MW)

K: 傾度係数 $(V_{max} - V_{min}) / (P_H - P_L)$

V_{max} : V_{cal} 上限値 (kV)

V_{min} : V_{cal} 下限値 (kV)

P_H : V_{max} 時の P の値 (MW)

P_L : V_{min} 時の P の値 (MW)

V_B : $P=0$ の時の V_{cal} の値 (kV)

電圧目標値の77kV母線電圧については、目標値のシフトを設定パネルより行うことができ目標値をより適切な値とすることができる。電圧目標値の設定については、図5の通りである。

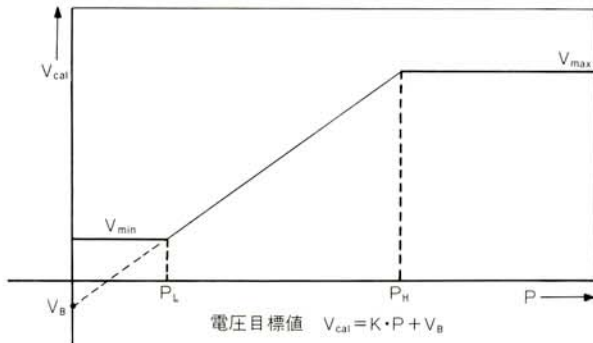


図5/電圧目標値演算法

Fig. 5/Process of objective voltage

(2) 電圧制御方式

(i) 90Ry処理

90Ry 処理は従来の積分形90Ryに相当する機能を、ソフトウェア上で構成したもので、154kV、77kV、それぞれに設けてある。90要素の時限特性は、重み加算方式による4段階時限特性を持っている。この時限特性については、図6の通りである。又この時限特性は設定パネルにより任意に設定できるものとした。

90Ry 処理による電圧制御のためのLRTタップ動作を図7に、90要素の時限カウントの方式を図8に示す。

90Ry 処理による電圧制御中にLRTのタップが上限または下限となった場合は、154kV母線においては33kV調相設備を、77kV母線については77kV調相設備を電圧制御用として使用できることとし、電圧優先制御を行うこととしている。

(ii) 電圧過昇降処理

電圧が急激に変化した場合において154kV、77kV両母線がPT2次換算で目標値を4V以上、上回った場合、又は4V以上下回った場合は、確認時間(1秒)を経た後、過昇処理または過降処理を行う。

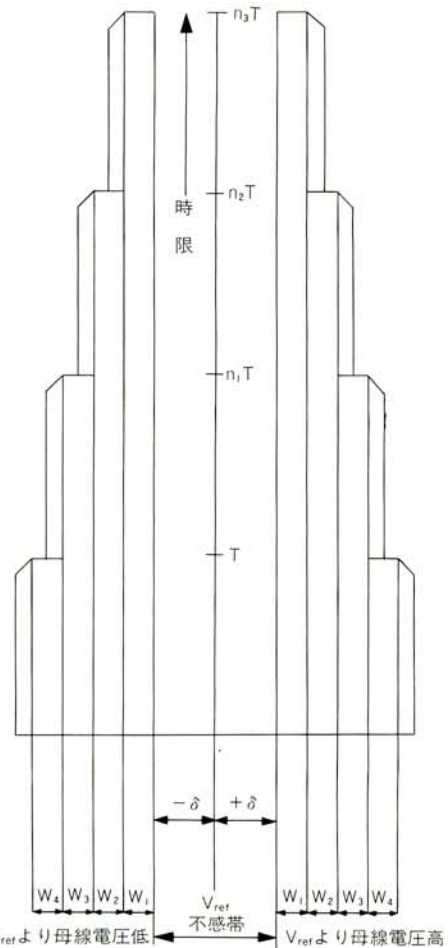


図6/90要素時限特性

Fig. 6/Characteristic of 90Ry

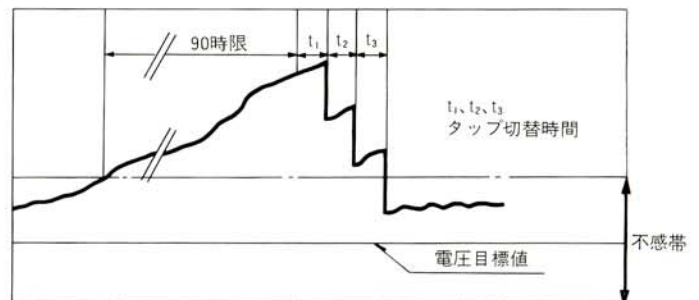


図7/90要素によるLRTタップ動作

Fig. 7/Process of LRT action by 90Ry

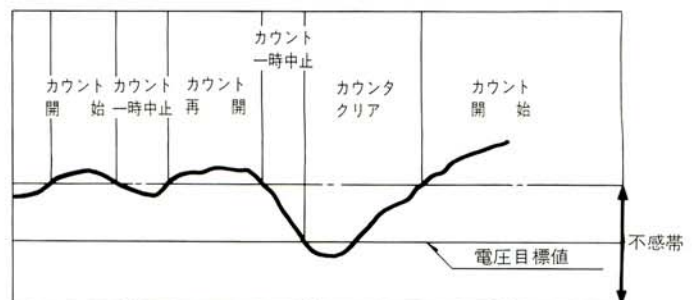


図8/90要素時限カウント

Fig. 8/Process of 90Ry period

154kV 母線過昇時には、輪番制により次に操作を予定されている調相設備の中から、33kVのSC切操作、又はShRの入操作により母線電圧を一旦90Ryの処理の領域内に追込み、その後は90要素の時限を待つことなくLRTのタップ操作を行うことにより、母線電圧を不感帯内に調整する。この場合調相設備を使用することはLRTよりも早く急激な電圧変動に対応することができるからである。

154kV 母線過降時にも同様に調相設備による調整の後LRT操作によって不感帯内に調整される。77kV母線過昇降についても同様である。

(iii) 電圧保護継電器動作領域

両母線電圧が過電圧又は不足電圧の場合で、PT2次側電圧で、131V以上、又は87V以下となった場合は、装置の制御を一切行わないこととした。

5.3 無効電力制御機能

(1) 無効電力目標値の演算

無効電力目標値は、給電指令目標値に準じて中信変電所の受電有効電力P1とタイムスケジュールによりあらかじめ設定されているP2との和をパラメータとし、中信変電所信濃受電点、高根受電点におけるそれぞれの値を次の式より求める。

$$-Q_{ref} = P \times P/a + P/b - Q_b \pm \Delta Q \quad (\text{MVar})$$

ここに P: P1+P2 (MW)

a, b: 演算パラメータ

ΔQ : 無効電力目標値シフト値 (MVar)

Qb: 演算定数 (MVar)

この無効電力の目標値は、信濃受電点、高根受電点のそれぞれに対し、設定パネルよりシフトすることができる。

(2) 無効電力制御方式

(i) 制御の基本方式

無効電力の制御は、中信変電所の信濃受電点、高根受電点における無効電力を系統パターン別に、33kV又は77kVの調相設備を用いて、調整制御を行うこととしている。

調相器の制御については、その開閉器の等頻度操作を目的として、あらかじめ定められた順序に従って、輪番で制御を行うこととしている。又制御は常に切操作が優先となるように行われ、SCが入の場合にShR入操作が行われるようなことがない制御方式がとられている。

又、調相器の開閉器の動作回数を制限するために、時間帯により、同一機器の「入」側と、「切」側の不感帯を変化させている。

無効電力制御のための不感帯の幅の設定は、輪番制による次の調相器の容量をもとにして決定される。不感帯については図9を参照。調相器の容量に対する係数は時間帯ごとに入、切両方向がそれぞれ設定される。

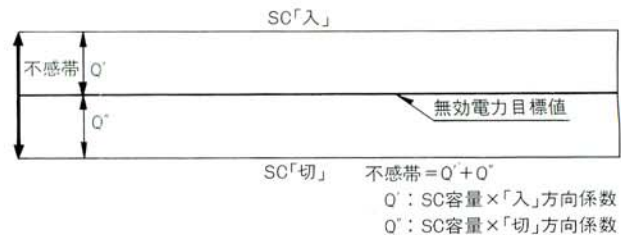


図9 / 無効電力不感帯

Fig. 9 / Careless band of Var

(ii) 協調制御方式

無効電力制御における調相設備の制御時には、電圧優先制御を行うため、必要に応じてLRTのタップ調整を行い、各バンクの電圧が常に不感帯内に保たれたままで無効電力を制御することとしている。

又、電圧優先制御を行っているため、LRTが電圧の補正を行うためのマージンがない位置にある場合は、無効電力調整のための調相器の操作を行わない。各バンクのLRTタップ位置の制限は、タップ上下限より各4タップ分としている。

5.4 自己診断機能

(1) 通常自己診断

計算機システムの自己診断機能として、ウォッチドッグタイマ、及びパリティチェック機能によりCPU動作の監視、装置のCPU電源、ロジック電源、アナログ電源の監視を常時行っている。

又、バンク2次電圧を計算機システムから独立したセンサにより監視しており、その電圧が設定値を超えた場合は、装置異常と判定し計算機の異常をチェックする。

(2) 定時自己診断

装置は1日1回、設定された時刻にソフトウェアにより自己診断を行う。又、計算機を試験モードとした場合は、任意に診断を行うことができる。

自己診断の内容としては、A/D変換器の精度チェック、入出力部の補助継電器までを含んだI/Oチェック、計算機のメモリーチェックなどである。

自己診断にて異常が発見された場合は、直ちに装置を除外し、後備の設備に制御をうつす。

6 装置運転状況

VQC装置の運転状況下での、電圧制御、無効電力制御の状況を、図10、図11で示す。

電圧及び無効電力はいずれも不感帯内におさめられており、VQC装置にて適切な制御が行われていることが示されている。図はいずれも特定の系統パターンの状況であるが、他の系統パターンの場合も同様である。

又、図12に調相設備の運転状況を示す。

これらの図に示すように本VQC装置にて一応の制御目標は達成された。

制御定数 $V_{B15} = 150$ [kV] $K_{15} = 15 \pm \delta_{15}$ (不感帯) $= 140$ (1.4%)
 $V_{max15} = 155$ [kV] $V_{min15} = 150$ [kV]

| 時刻 | 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P(MW) | 323.0 | 324.5 | 295.5 | 277.5 | 266.0 | 255.5 | 250.5 | 270.0 | 264.0 | 297.5 | 316.5 | 309.5 |
| V(kV) | 154.4 | 154.7 | 153.6 | 154.1 | 153.7 | 154.0 | 154.9 | 153.0 | 152.8 | 154.2 | 153.3 | 153.7 |

| 時刻 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P(MW) | 311.0 | 299.5 | 290.5 | 282.0 | 275.5 | 271.0 | 335.5 | 345.0 | 337.0 | 336.0 | 319.5 | 297.0 |
| V(kV) | 154.3 | 153.3 | 153.7 | 154.1 | 152.8 | 152.9 | 154.3 | 154.6 | 155.0 | 154.7 | 153.5 | 153.7 |

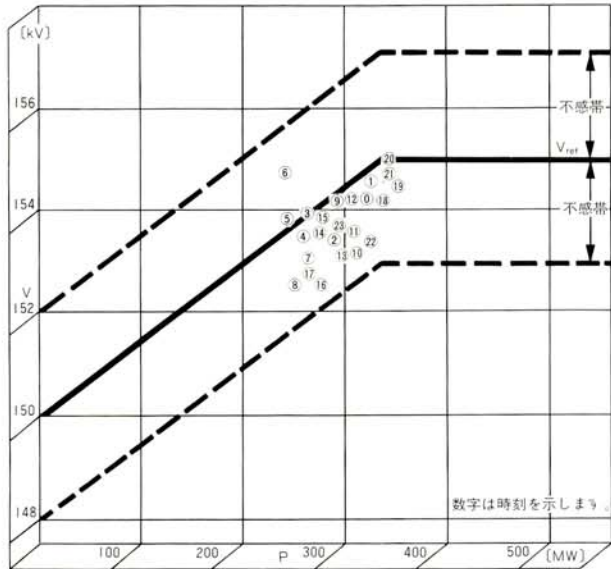


図10/電圧制御状況：154kV電圧(A₁系)

Fig. 10/State of voltage control

| 時刻 | 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 |
|----|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|
| P1 | 289.7 | 277.3 | 268.7 | 250.3 | 258 | 252.7 | 279 | 336 | 381.7 | 468 | 416.3 | 452.7 |
| P2 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 140 | 180 | 180 | 180 | 180 |
| Q | 13 | 30.7 | 26.3 | 28.7 | 37.7 | 38 | 51.3 | 36 | 23 | -21 | -17 | -0.3 |

| 時刻 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P1 | 403.7 | 452.3 | 467.7 | 429.3 | 469.7 | 428.5 | 409.5 | 381 | 378.5 | 364.5 | 321 | 301 |
| P2 | 140 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| Q | 4 | -12.3 | -3.3 | -20.7 | -7.3 | 4 | 0 | 8.5 | 5.5 | 18.5 | 17.5 | 10 |

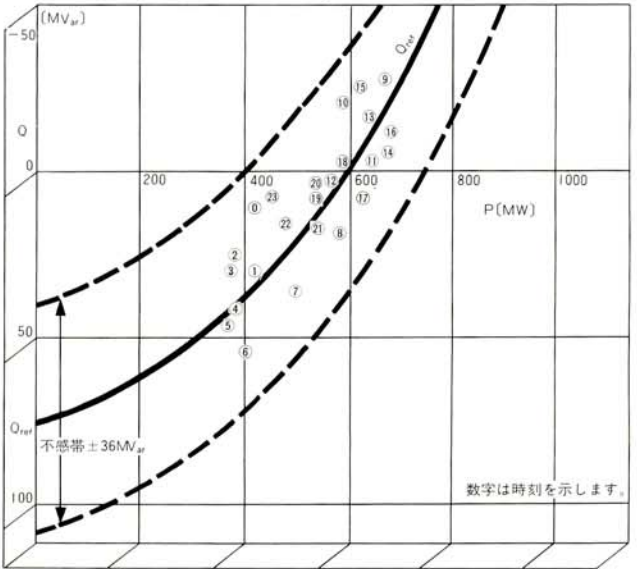


図11/無効電力制御状況

Fig. 11/State of Var control

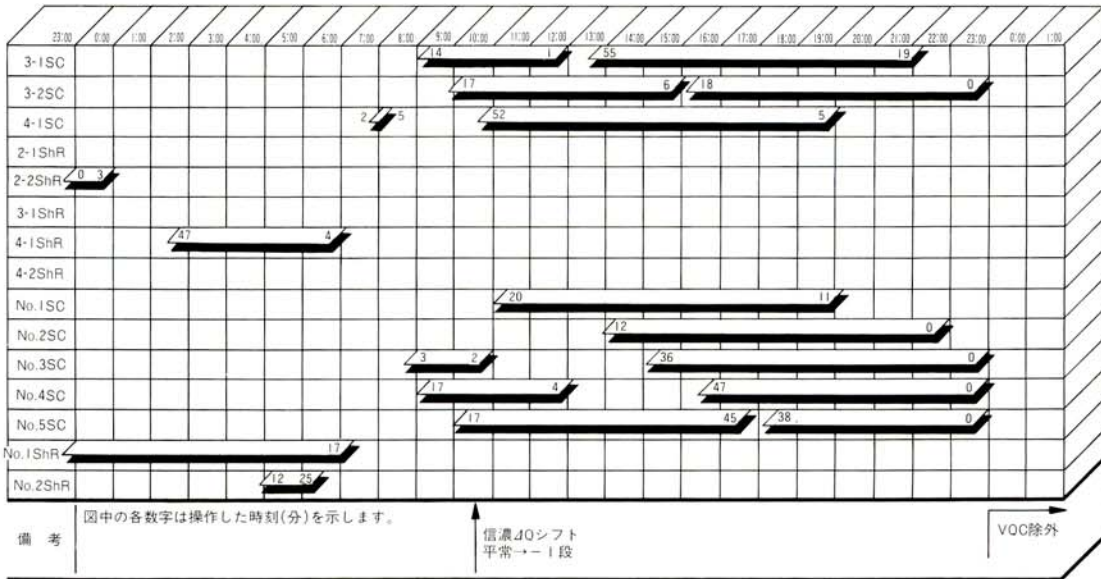


図12/調相設備使用状況

Fig. 12/State of SC, ShR control

7あとなぎ

本装置は、中部電力株式会社殿と当社システム開発本部が共同で試作した清水発電所のローカルVQCの経験を活かして、製作された。

電圧及び無効電力の制御の基本方式は清水変電所のローカルVQCの制御方式と同様であるが、制御対象となるバンクが2種類あることと、それによる制御項目が増加したこと、中信変電所のパターン別制御、及び両バンク

の連携制御等、装置の制御規模が清水変電所のローカルVQCよりかなり大きなものとなった。

このため清水変電所のローカルVQCではマイコンを用いていたが、中信変電所のローカルVQCでは、マイクロミニコンを用いて処理項目の増大に対処するとともに、信頼性、保守性等を高めた。

本装置の設計製作に当り、中部電力株式会社殿の関係各位の多大なご支援ご協力により、一応の成果を得たことを特に付記し、社内の関係者も含め深く謝意を表す。