

配電用変電所の制御保護装置

Control and Protective Equipment of Distributing Substation

村上 光 暁* 柴 田 満 男**
Mitsuaki Murakami Mitsuo Shibata

要 旨

配電用変電所の近代化に伴い、小形で信頼度が高く、保守点検の容易な制御保護装置が望まれている。これらの要求を満たし、最近の大容量配電用変電所にも適したトランジスタ形制御保護装置を開発し、良好な実績を納めている。

1. 緒 言

配電系統が大都市を中心として急速に近代化されるに従って、これに電力を供給する配電用変電所においても積極的な近代化が望まれている。すなわち負荷の増大、配電系統の集中化に伴う、配電用変圧器の大容量化、変電所建設用地の問題に対するコンパクト化、保守業務の省力化のための無人化および集中制御化である。

このため制御保護方式においても従来のものに代わり、主として次のような特長をもった制御保護装置が要求される。

- (1) 信頼度が高いこと。
- (2) 小形であること。
- (3) 無人変電所として遠方監視制御装置と組合せできるばかりでなく、保守点検が容易な構成であること。
- (4) 対地充電電流対策など大容量化に適応する保護特性をもったものであること。

日立製作所ではトランジスタ形保護リレーを中心として、これらの特性を備えた配電用変電所のトランジスタ化装置の研究開発を行ない良好な実績を納めている。

以下、最近の配電用変電所の制御保護方式の概要と、トランジスタ化装置の構成および動作について述べる。

2. 制御保護方式

2.1 変電所の構成

図1は配電用変電所の各種の構成例を示したもので、図1(a)は従来からおもに配電用変電所に採用されてきた補助母線方式であるが、最近小形で容量の大きい真空しゃ断器(VCB)の開発により二段積みおよび三段積みメタルクラッドスイッチギヤの構成が可能となったため、運用上の融通性、経済性を考慮した新しい変電所構成が考えられている。図1(b)～(d)はその代表例である。

運用の面から構成上、一般に次の点が必要と考えられる。

- (1) 配電線の供給支障なしに各しゃ断器が点検できること。
- (2) 1バンク停止時、隣変圧器より受電できること。
- (3) 工事などによる母線停止ができること。

図1(a)では、母線連絡しゃ断器(CBT₁)と補助母線断路器を投入し切替えることにより、各しゃ断器を点検することができる。またバンク停止のときは、連絡しゃ断器 CBT₁ と CBT₂ を投入すれば隣変圧器からの受電が可能である。しかし配電線の停電なしに主母線を停止することはできない。図1(b)～(d)では、対となっている回線間の連絡断路器または連絡しゃ断器を投入すれば配電線停電なしにしゃ断器点検ができ、1バンク停止の場合は、停止変圧器二次のしゃ断器を切り、母線連絡しゃ断器を投入して隣接変圧器から

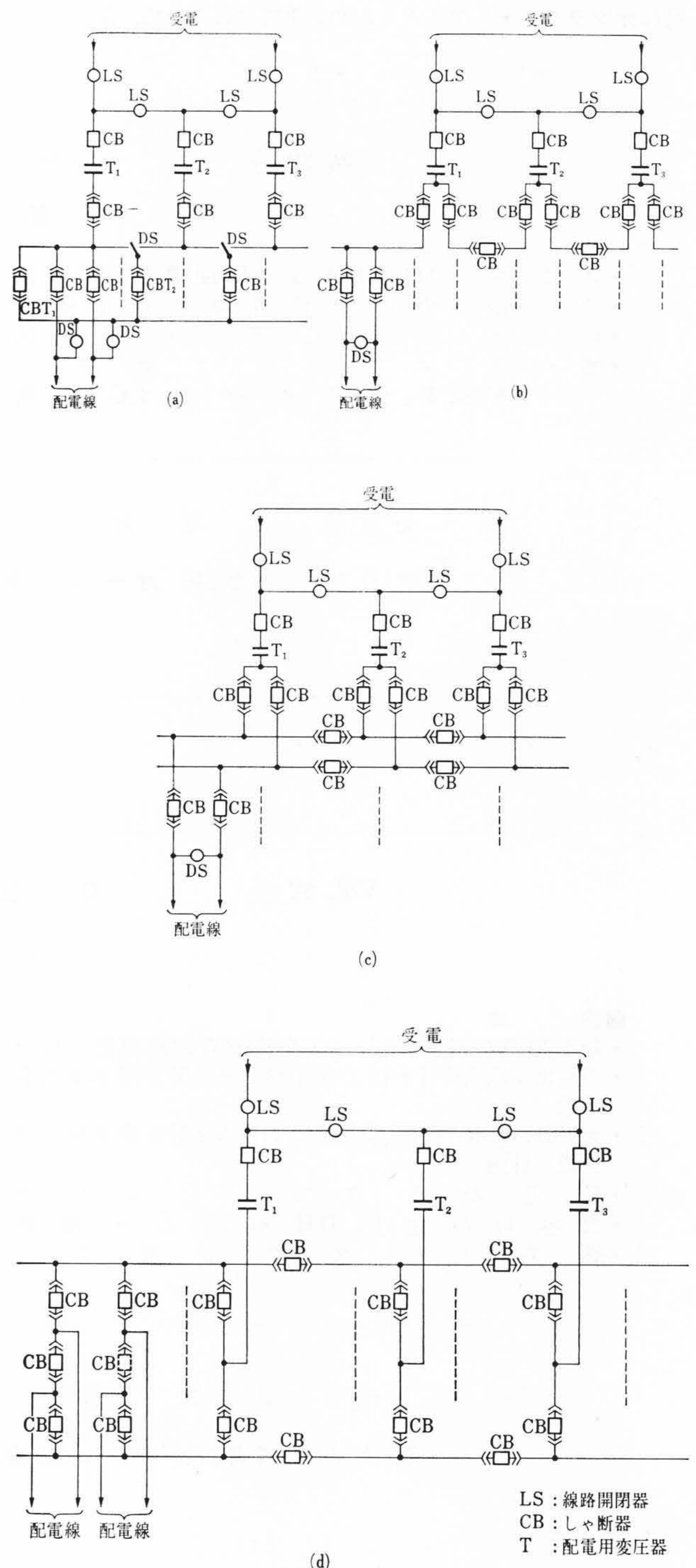


図1 配電用変電所の構成

* 日立製作所大みか工場

** 日立製作所那珂工場

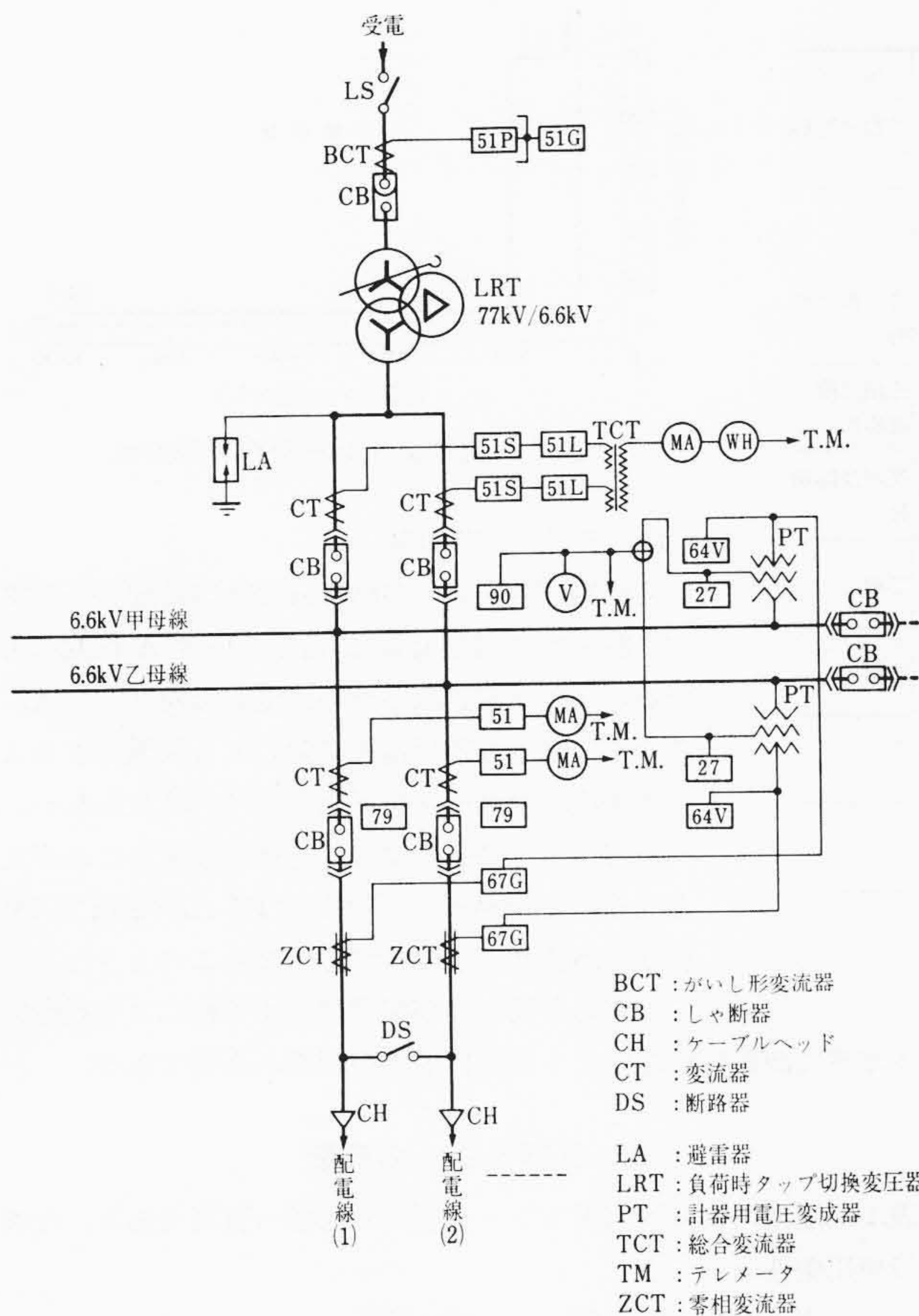


図2 交流単線接続図例

の受電を行なうことができる。しかも負荷を残し2バンクに振りわけ運転することができる。図1(b)では母線停止はできぬが、図1(c)～(d)では、各回線を相手母線側に切換えることにより、配電線を停止せずに母線を停止することができる。なお図1(d)においては、回線間連絡しゃ断器は常時開のため、変電所共通に1台を設置し、点検時その回線にそう入し使用することも可能である。

以上より普通負荷地域では図1(a)(b)方式が、重要負荷変電所においては図1(c)(d)方式の構成が望ましいと考えられる。

なお変圧器容量も従来は10MVAが中心であったが、最近は大容量化して20～30MVAとなり1バンク当たりの配電線構成も最高6回線から12回線となっている。

図2は図1(c)方式の計測器・保護リレーを含めた単線接続図例である。

2.2 監視制御方式

最近の配電用変電所は遠方監視制御装置により無人化され、常時は上位の制御変電所より遠方監視制御されることが多い。したがって変電所における監視・計測・制御は、作業時などの現地操作の場合のみで遠方監視制御のバックアップと考えられるので、変電所としての装置はできるだけ簡素化され、盤面の縮小と信頼度の向上が図られている。

したがって図2に示すように変電所における計測は、バンクおよび各配電線の電流、制御所への送信を兼ね設備計画のための積算電力量、母線電圧程度にとどめられ、母線電圧も切換計測として指示計器をできるだけ少なくしている。各量はテレメータにより制御所で計測可能なよう端子に引き出されている。

制御回路は、機器を直接操作するため比較的簡単となるので小形制御リレーにより構成される。表示項目は極力まとめて一括表示とし、遠方監視制御装置への信号渡しと共用するなどにより縮小化を

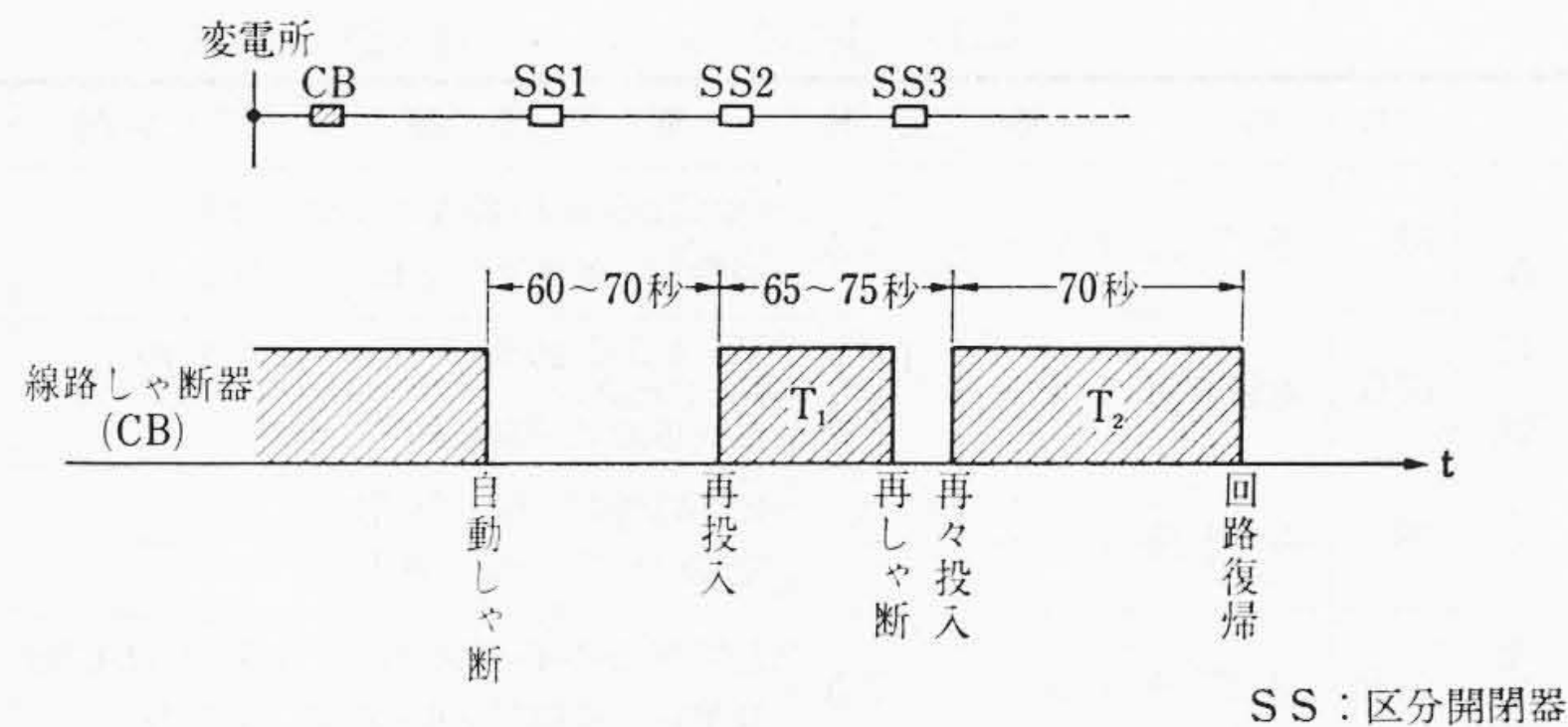


図3 再閉路リレー動作時間図

図っている。

2.3 保護方式

配電用変電所の保護リレー方式としては、2.1に述べたような変電所構成のすべてに適用できることが必要である。

(1) 配電線保護方式

配電線の保護のうち、短絡は過電流リレー(51)、地絡は非接地系の地絡方向リレー(67G)により行なわれる。なお、図1(b)～(d)構成で回線間の連絡断路器またはしゃ断器が投入されているときは両回線をしゃ断する。

事故しゃ断すれば再閉路リレー(79)が起動し、配電線の区分開閉器と協調して、図3に示すように2回再閉路を実施する。事故しゃ断後60～70秒で第1回の再閉路が行なわれ、再投入後65～75秒の確認時間中に再しゃ断が起これなければ成功とし、再しゃ断(T1秒)すれば第1回投入から65～75秒後に再々投入する。ただしT1が5秒以内の場合は、第1区間の事故と判定して最終しゃ断とする。再々投入後さらに70秒(T2)の確認時間を設け、この間にしゃ断すれば最終しゃ断としている。なお至近端短絡事故(51L動作)を検出した場合は再閉路はロックされる。

(2) 変圧器二次保護方式

配電線用過電流リレーと協調し、変圧器二次過電流リレー(51S)により母線短絡事故を検出して二次しゃ断器をしゃ断する。地絡事故により地絡過電圧リレー(64V)動作の場合は、一定時限後に母線地絡と判定して、母線連絡しゃ断器が投入しておればこれをしゃ断し、引き続き事故継続しておればさらに変圧器二次しゃ断器をしゃ断する。

なお短絡または地絡事故により不足電圧リレー(27)または地絡過電圧リレー(64V)が動作すれば警報を行なう。

(3) 変圧器一次保護方式

変圧器一次の過電流リレー(51P)により二次および配電線過電流リレーと協調し変圧器保護およびバックアップ保護を行なうとともに、地絡過電流リレー(51G)により変圧器地絡保護を行なっている。

(4) 電圧調整

通常配電用変圧器としては、負荷時タップ切換変圧器が採用されるので、自動電圧調整リレー(90)により二次電圧を一定とするようタップ操作が行なわれる。なお二次基準電圧はプログラムにより制御される。

2.4 保護方式における留意点

上記各保護方式において、装置の設計・製作にあたっては、回路方式・構成・構造の面で、特に次の点についてじゅうぶん注意する必要がある。

(1) 高信頼化

変電所が大容量化するにつれ、その供給障害の及ぼす影響が大きいため、保護リレー装置には従来以上の高信頼度が要求される。したがって装置の半導体部品は通信工業用の特別高信頼度のシリコンランジスタおよびシリコンダイオードを大幅にディレーテ

表 1 主要リレー仕様一覧表

	記号	名 称	定 格	整 定 範 囲	動 作 時 間	負 担	備 考
配電線用	51	過電流リレー	5 A	低整定4-5-6-8-10Aタップ 高整定：低整定×2倍	1秒 0.1秒	3VA以下	二段限時形
	67G	地絡方向リレー	190V 2 A	V_0 4-5-7-10V タップ I_0 2mA 最大感度角 進み 60°	0.2秒	2VA 1Ω	
	79	再閉路リレー	—	再閉路時間 60~70秒 確認時間 60~70秒	—	—	2回再閉路形
変圧器一次用	51P	過電流リレー	5 A	低整定4-5-6-8-10Aタップ 高整定：低整定×6~10倍	0.5または0.7秒 0.1秒	3VA以下	三相二段限時形
	51G	地絡過電流リレー	2 A	0.2-0.5-1.0-1.5-2.0A タップ	0.1秒	0.1VA以下	高調波抑制付
変圧器二次用	51S	過電流リレー	5 A	4-5-6-8-10A タップ	0.4秒	3VA以下	二相
	51L		5 A	15-20-25-30-35-40A タップ	0.1秒	3VA以下	二相
	64V	地絡過電リレー	190V	4-7-10-15-20-25V タップ	T_1 0.15秒 T_2 0.2~1秒	2VA以下	
	27	不足電圧リレー	110V	60-65-70-75-80V タップ	2秒	2VA以下	
	90	電圧調整リレー	110V	95~124V 1V ステップ 感 度 $\pm 1 \sim \pm 4\%$	3~30秒 (10%偏差時)	4VA以下	

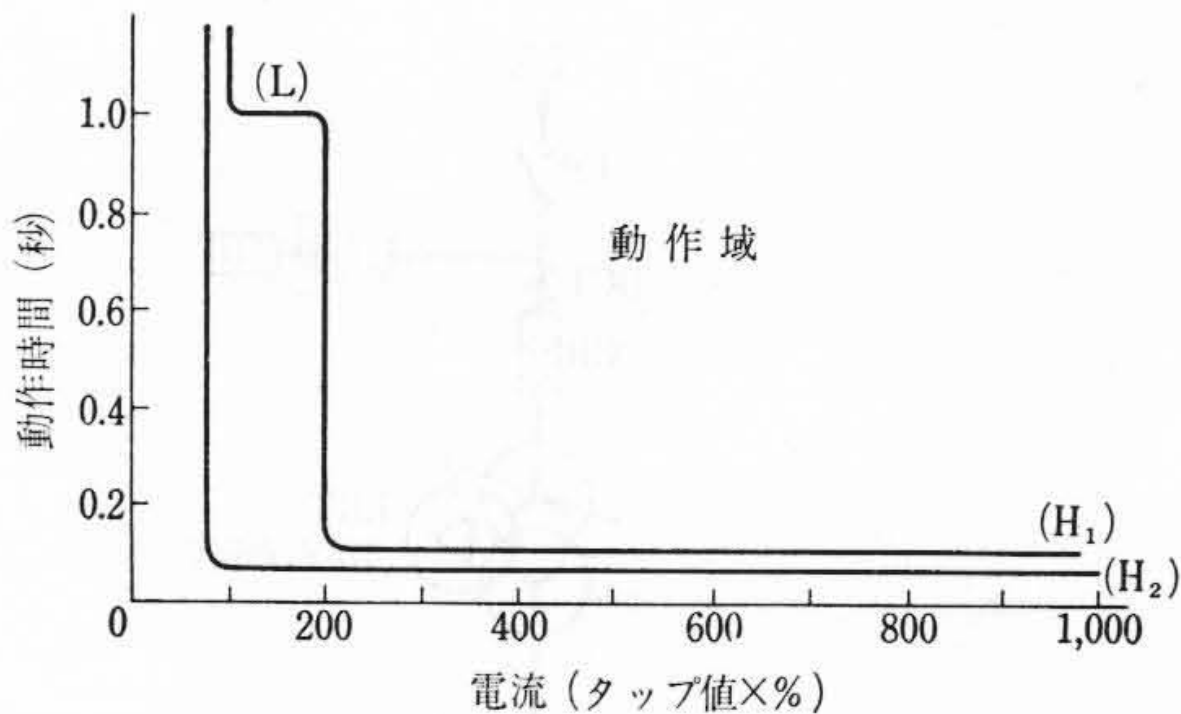


図 5 過電流リレー動作時間特性

(4) 充電電流対策

変圧器容量が20~30MVAの大容量配電用変電所においては対地充電電流は20~30A程度にもなることが予測されるため、地絡方向リレーは、このような過大零相電流に対しても保護できるように大電流域の直線性を考慮しなければならない。一方零相電圧の発生は、対地充電容量のため押えられるので地絡過電圧検出はPT二次電圧で4V程度の高感度を必要とする。なおこのような高感度のため負荷および配電線の不平衡による残留電

圧電流で誤動作のないよう系統構成上の配慮が必要である。

3. 保護リレーの概要

表1は配電用変電所保護リレー主要素の仕様一覧表である。なお一般使用条件としては

周囲温度 $-10 \sim 50^{\circ}\text{C}$
制御電源電圧変動 DC 90~140V

を満足している。

次におもな要素の構成および特性は次のとおりである。

(1) 過電流リレー

図4は配電線保護用過電流リレーのブロック図である。本リレーは整流形の原理で、変流器二次電流を整流して直流電圧にし、そのレベルを検出回路で検出する。出力は限時回路を経て出力リレーを駆動する。動作時間特性は図5に示すような2段限時となっており、動作時間の遅い低レベル検出回路(L_1)と、時間の短い高レベル検出回路(H)のOR回路となっている。配電線の過電流リレーは、リレー動作が即時にしゃ断器引はずしとなるため、誤動作のないよう回路構成上も特に注意しなければならない。このため起動要素として、低レベル検出回路(L_1)よりさらに低レベル検出回路(L_2)を設け、これとAND条件で最終出力としている。したがって、1組のレベル検出回路に不良が発生しても誤動作出力を出さないようにしてある。

このような回路構成をもう1組用意して、いずれか一つの回路が動作すればしゃ断出力を出すようにしているのも、いずれか一組の回路が不良で不動作となっても動作するようになっている。

(2) 地絡方向リレー

図6は配電線用地絡方向リレーのブロック図である。

零相電圧 V_0 と零相電流 I_0 の直接位相比較方式を用いており、特にアーク地絡時などに発生するはなはだしいひずみ波入力に対しても安定に動作するよう考慮している。零相電流はフィルタ回路とレベル検出回路を経て方形波に、零相電圧は移相回路とレベル検出回路を経て方形波に整形される。この両波を位相判定して出力リレーを駆動する。また零相電圧(4~10Vタップ)により位相比較回路を起動するようにしてあるので、残留電圧・電流で不要に動作することがない。

図7(a)は地絡方向リレーの電圧-電流特性、(b)は位相特性を

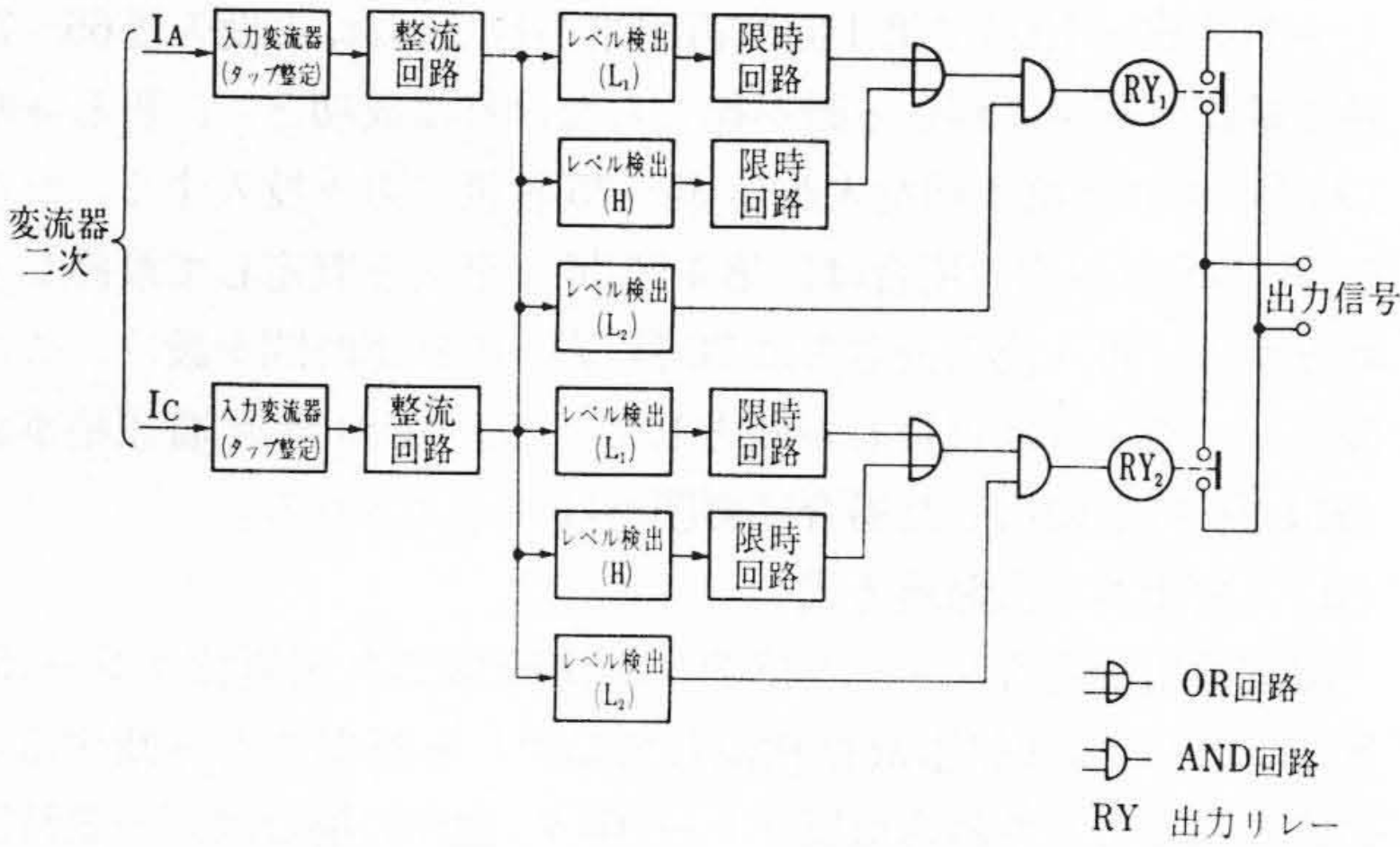


図 4 過電流リレーブロック図

イングして使用するとともに、出荷前には高温エージングを施して初期不良の絶無を期している。また回路構成上からも必要な部分を二重化し、信頼度向上に考慮を払っている。

(2) 保守点検

保護リレーは各要素ごとに簡単に動作点検できるようにし、保守点検の省力化を図っている。通常交流入力回路とトランジスタ回路の間には、入力変成器、整流回路、フィルタ回路などが介在されているが、これらの回路素子には、従来からじゅうぶん実績のあるものを使用しているので、トランジスタ回路入口からの動作点検によりじゅうぶんチェックされる。すなわち保護リレーユニットごとに平常一点検の切換スイッチおよび各要素の点検ボタンスイッチが設けられており、点検側に切換え点検ボタンを押している期間だけトランジスタ回路の入口に直流模擬信号が与えられ、出力リレーまでの全回路の動作点検ができる。なお切換スイッチが平常にあるときは点検ボタンを押しても点検回路は生かされず誤操作を防止している。

(3) 縮小化

変電所容量が大きくなり配電線数が増しても、配電盤の占有面は従来に比べ狭くなるよう、トランジスタ回路を全面的に採用して盤全体を大幅に縮小している。

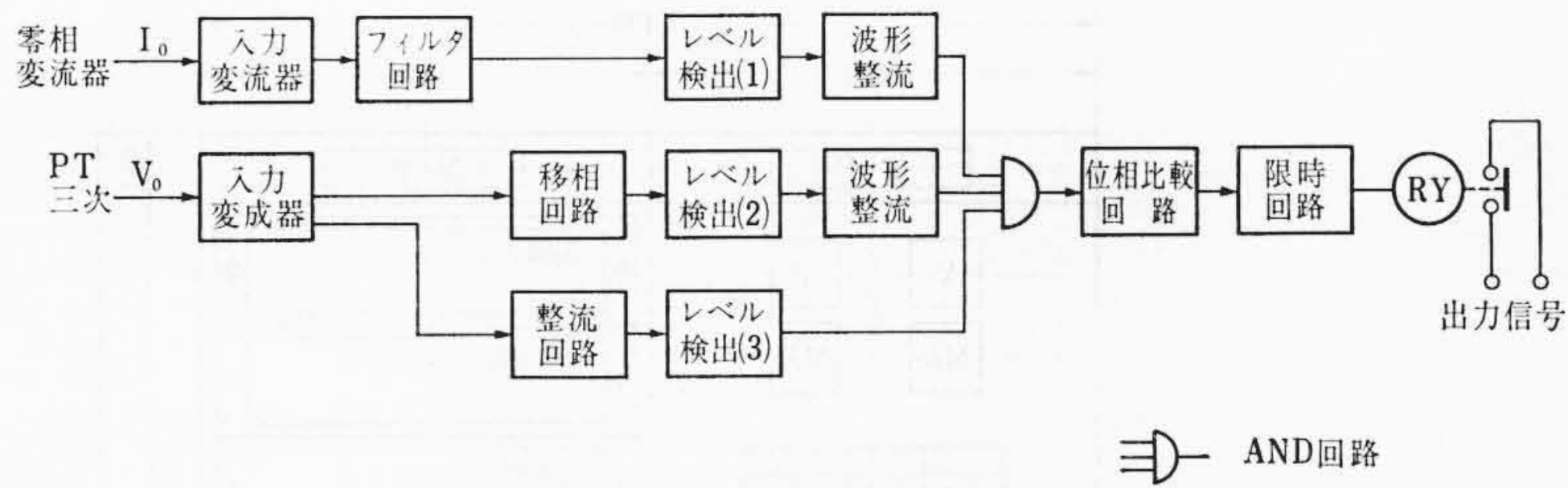


図6 地絡方向リレーブロック図

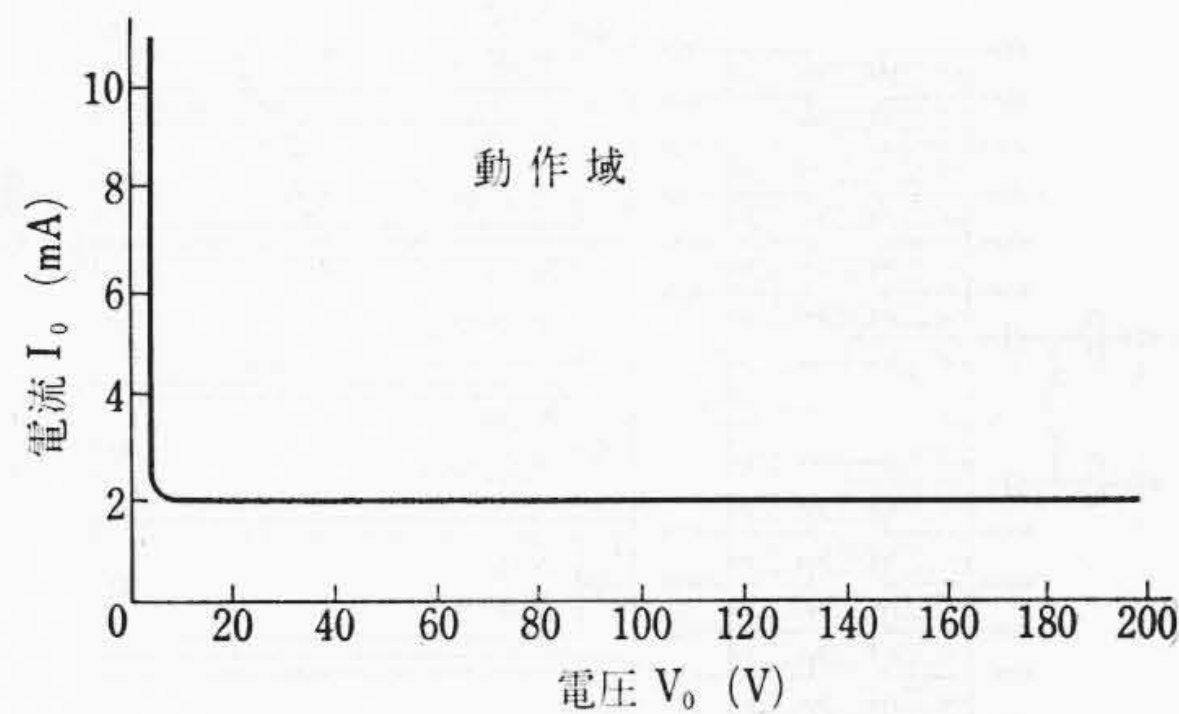


図7(a) 地絡方向リレー電圧-電流特性

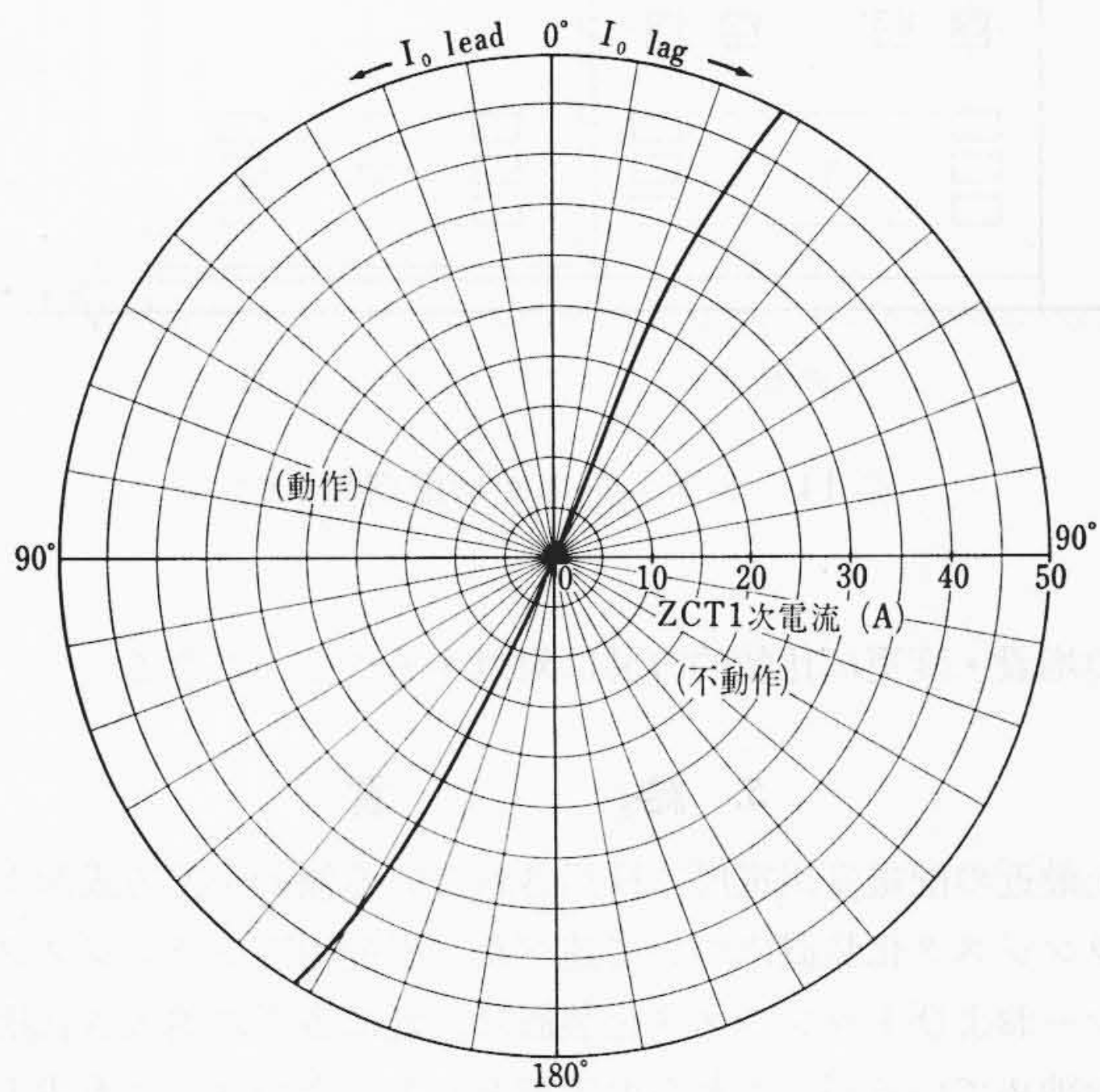


図7(b) 地絡方向リレー位相特性

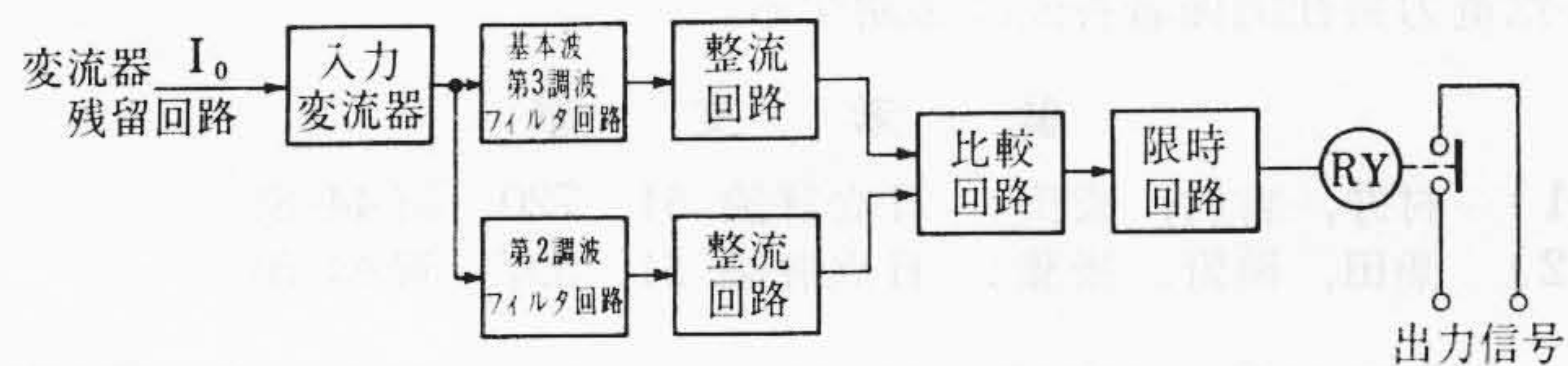


図8 地絡過電流リレーブロック図

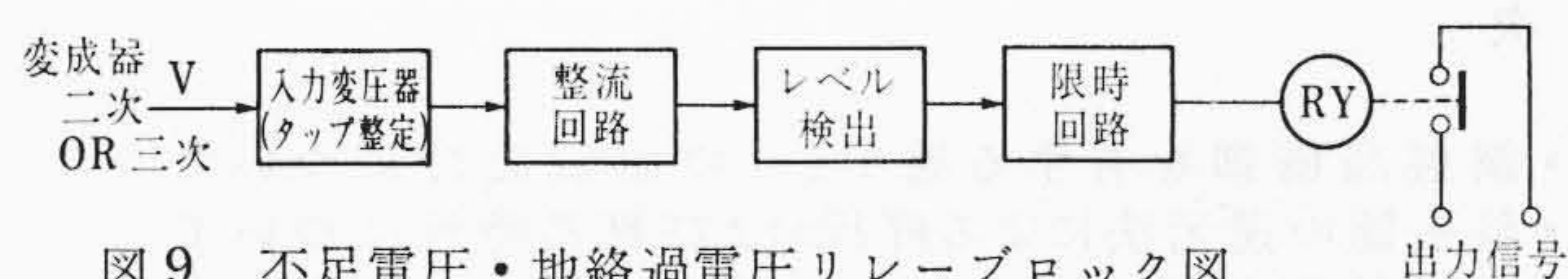


図9 不足電圧・地絡過電圧リレーブロック図

示したものである。対地充電電流が大きく20~30Aでもじゅうぶん直線性をもって動作できるようにしてある。

(3) 地絡過電流リレー

変圧器一次用地絡過電流リレーのブロック図は図8に示すとおりである。

本リレーは変圧器の突入電流による誤動作を防止するために、

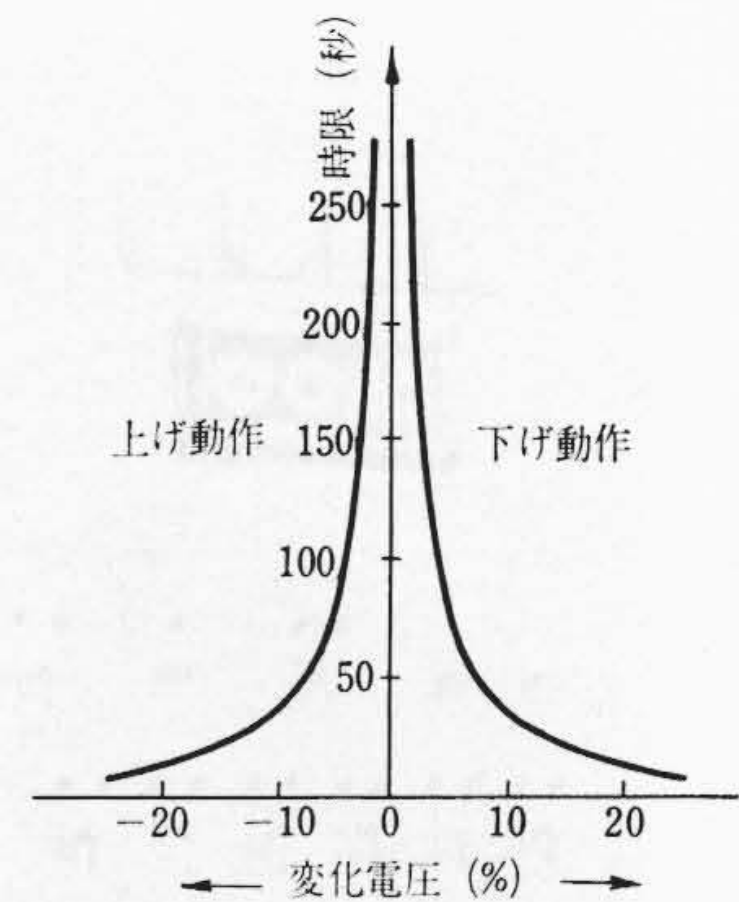


図10 電圧調整リレーの限時特性例

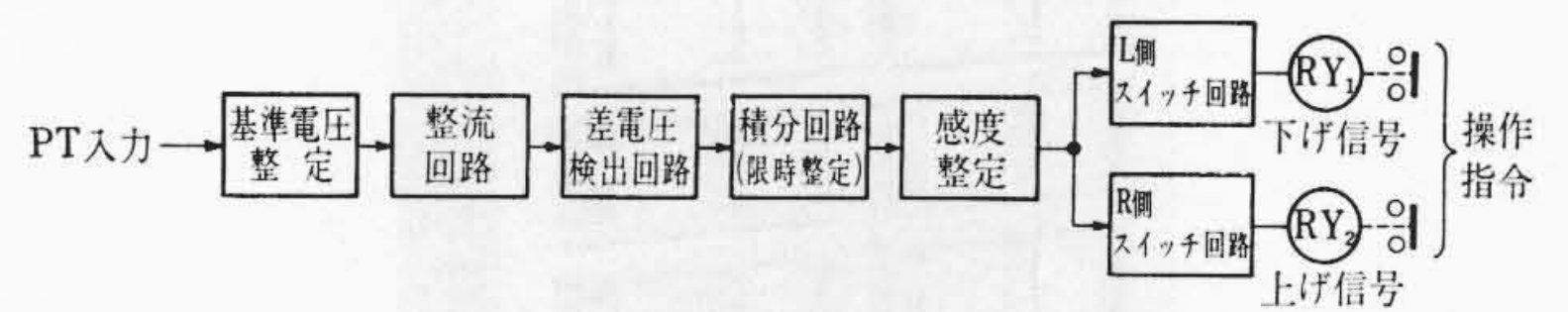


図11 電圧調整リレーブロック図

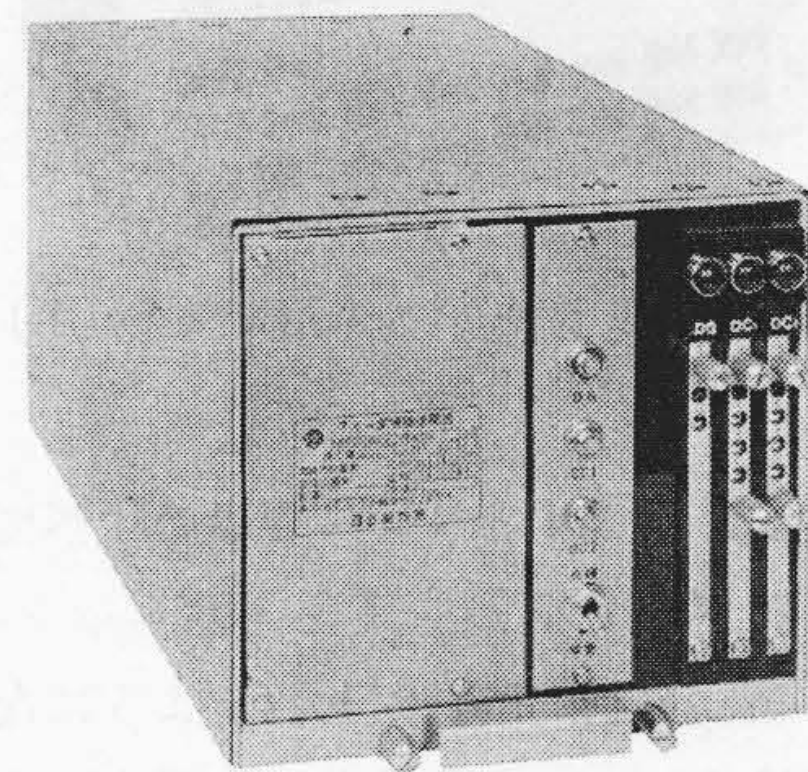


図12 配電線用リレーユニット

基本波および第3高調波分に比例した電圧と、第2高調波分に比例した電圧を比較回路で比較し、第2高調波による抑制効果をもたせるように構成されている。

(4) 不足電圧・地絡過電圧リレー

図9は不足電圧および地絡過電圧リレーの動作ブロック図である。整流形の原理により、入力電圧を整流後レベル検出し、限時回路を通して出力リレーを動作させる。

(5) 電圧調整リレー

電圧調整リレーは図10に示すように、積分特性をもった限時形である。図11はその構成を示したものである。PT二次電圧を整定基準電圧と比較し、差電圧を積分して一定値を越えたとき正または負のスイッチ回路を動作させ上げまたは下げの信号を出す。本リレーの電圧検出部は従来から実績のある回路であるが、特に操作の補助リレーおよび限時リレーを含めて1個のケースに納められ、縮小化している。

4. トランジスタ形配電盤

4.1 保護リレーユニットの構成

各保護リレー要素は、いくつかの要素の組合せからなるリレーユニットで構成されている。このリレーユニットを組み合わせ、配電線ユニット、変圧器二次ユニット、変圧器一次ユニットを構成する。

図12は配電線用のリレーユニットの一つで、過電流リレー要素(51)と地絡方向リレー要素(67G)より構成されている。配電線ユニットは、このほかに、再閉路ユニット(79)を組み合わせている。

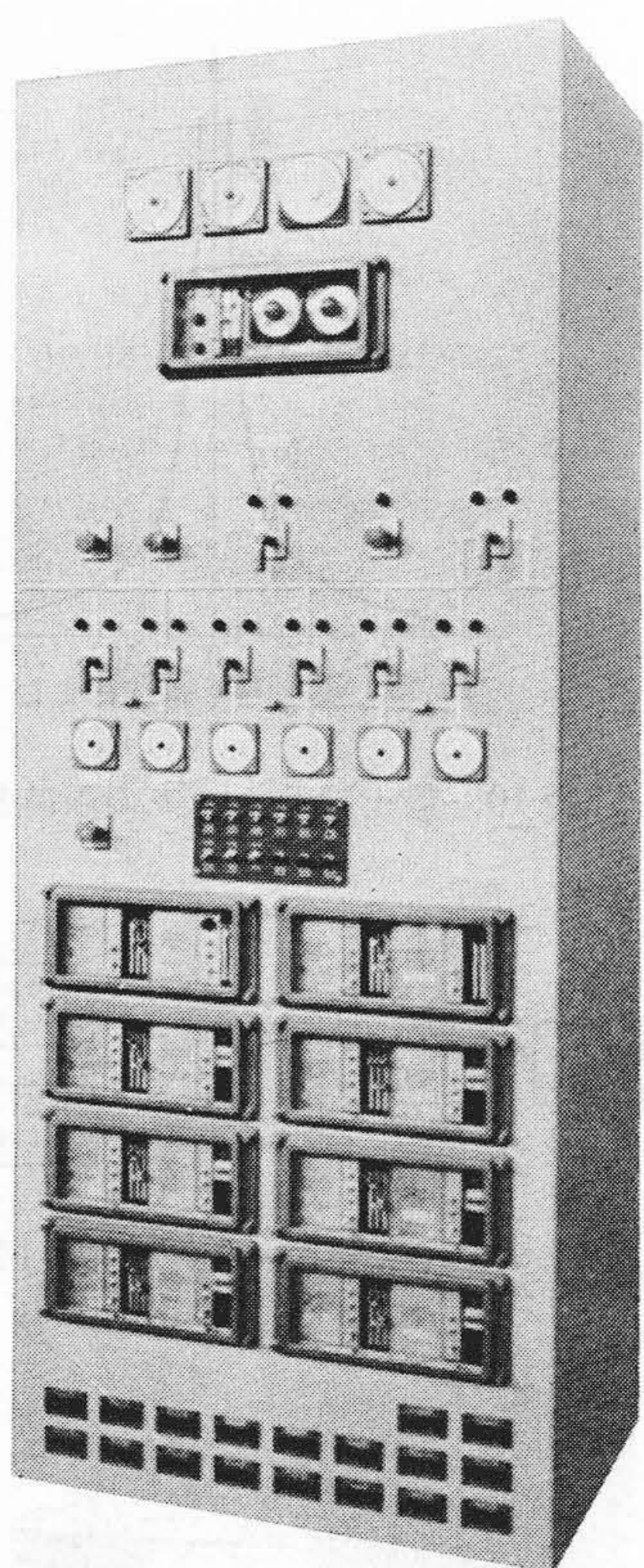


図13 トランジスタ形配電盤(1)

リレーユニットは、構成するリレー要素のすべての回路を含み、それぞれ単独のプラグイン構造をもち、ユニットの着脱によってCT回路などの短絡は自動的に行なわれるようになっている。したがって、リレー点検、ユニット交換などの場合でも簡単な取り扱いが可能であり、保守点検も容易である。

4.2 配電盤の構成

図13は、上記リレーユニットを従来と同様のリレーケースに収納して、配電線ユニット、変圧器二次ユニット、変圧器一次ユニット、LRTユニットを構成し一面にまとめたものである。1バンク6回線の監視制御用計器、表示器、操作スイッチ、保護リレーを収納した例で、バンク構成が比較的簡単なものに適用される。図14は、監視制御盤と保護リレー盤を分離した例で、保護リレー盤はキュービクル構造で、リレーユニットをキュービクル内にまとめている。1バンク6回線の保護リレーと制御用補助リレーを収納し、バンク構成が複雑なものにまで適用される。

いずれにおいても盤幅は従来の電磁形配電盤に比べ1/3程度に縮小され、ビルディングブロック式にユニットを積み重ねているので、

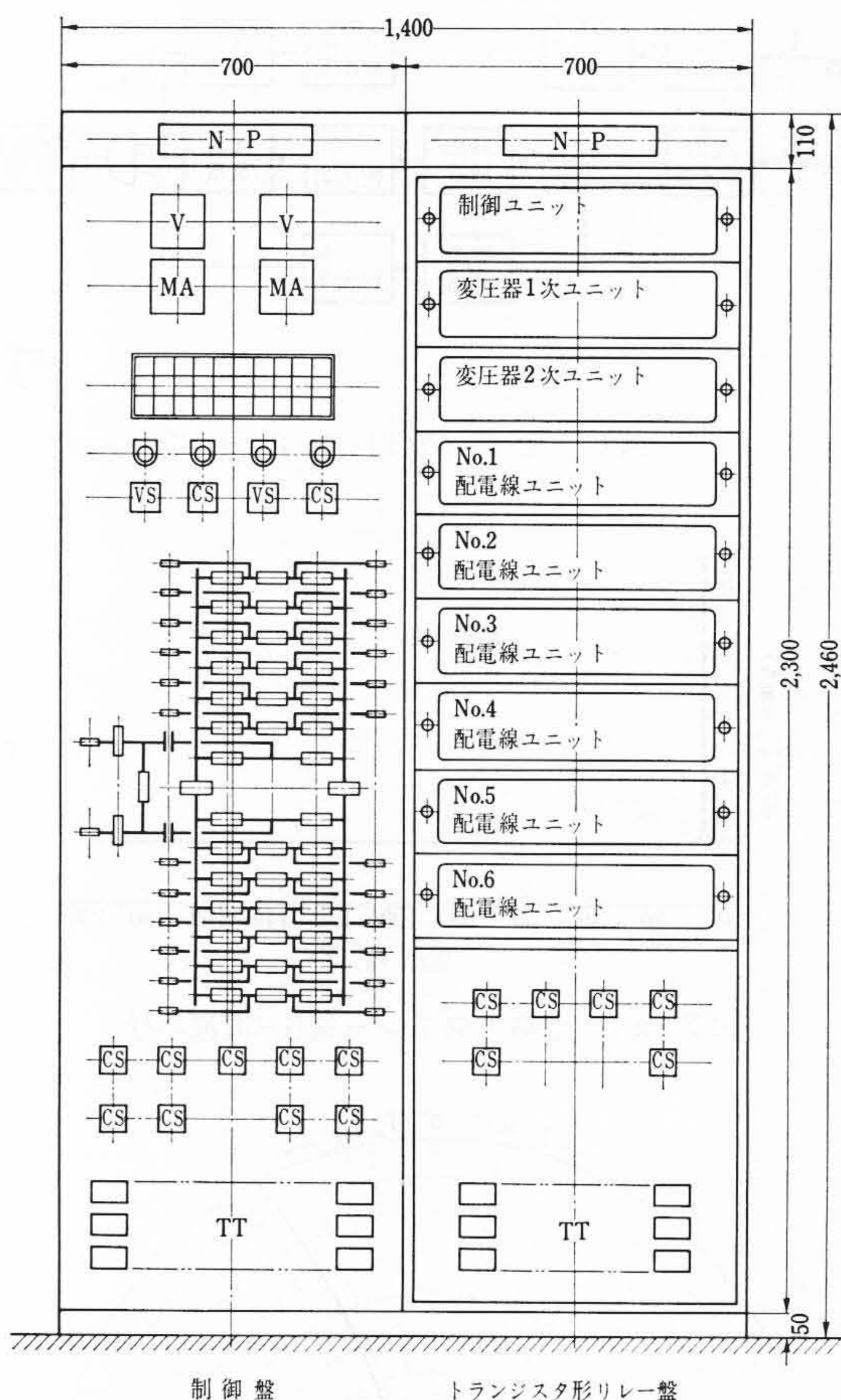


図14 トランジスタ形配電盤(2)

系統の増設・変更に比較的容易に対処することができる。

5. 結 言

以上最近の配電変用電所に採用されている制御保護方式およびそのトランジスタ化装置について述べた。配変用のトランジスタ形保護リレーおよびトランジスタ化装置は、既に各所に納入され所期の実績を納めているが、これらの実績をもとに今後さらに方式上の検討を重ね、よりいっそう信頼度の高いすぐれた装置とするよう努力していく所存である。最後に装置の開発に当たり終始ご指導いただいた電力会社関係者各位に深謝する。

参 考 文 献

- (1) 村井, 吉村, 柴田: 日立評論 51, 720 (昭44-8)
- (2) 柴田, 磯野, 後藤: 日立評論 51, 397 (昭44-5)

Vol. 30

日立造船技報

No. 4

目 次

■ 論 文

- ・配管系応力計算の電算化
- ・船尾船橋楼の振動
- ・細長船に対する波浪中船体運動方程式の検討

- ・鋼製高橋脚を有する橋りょうの耐震設計について
- ・斜張橋の還元法による解析および構造特性について
- ・立円筒形加熱炉における熱効率および受熱分布

………本誌に関する照会は下記に願います………

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町60 郵便番号554