

電鉄変電所用電力管理システム

Electric Power Management System for Electric Railway Substations

近年、鉄道輸送の需要の増大に伴う路線の長大化、変電所数の増大に対して電鉄用変電所は、従来以上に合理的かつ的確な運営が要求されてきている。この要求に寄与するため変電所は、ほとんど無人化され、1箇所から全変電所の集中制御が行なわれてきているが、この場合、中央指令所における監視制御業務が膨大なものとなる。したがって、中央指令所に計算機を設置して、監視制御業務の自動化が計画される傾向にある。

本稿は、遠方監視制御システムで電鉄変電所用の情報を集中し、その監視制御業務を計算機システムで自動化する電力管理システムについて述べる。

鈴木保男* Suzuki Yasuo
 遠藤 徹* Endô Tôru
 小淵 要** Obuchi Kaname
 渡辺幸次** Watanabe Kôji

1 緒 言

近年、都市の過密化現象に伴い、輸送需要の増加、労働力の不足、人件費の高騰などに対処し、経営の近代化を図るため鉄道業務のトータルシステム化が行なわれている。本稿は、電鉄変電所の監視制御業務を自動化する電力管理システムについて述べる。

従来、各地の電鉄変電所は、ほとんど無人化され、1箇所の中央指令所に情報を一括集中し、遠方監視制御装置によって監視制御する形態がとられていた。しかし、変電所数の増大に伴い全変電所の状態を中央指令所で監視制御するには、指令員の業務が膨大なものとなるため、事故時における正確な操作、判断、及び迅速性が困難となり、従来方式の遠方監視制御装置だけによる監視制御から一歩進んだ、より合理的、かつ信頼性の高い管理システムが要求されてきた。

このような電鉄変電所の監視制御システム^{1),2)}への要求にこたえるには、計算機を導入して指令所の業務のうち計算機で処理できるものはそれらの業務を自動化することにより合理的な集中制御を行なう必要がある。

2 電鉄変電所の監視制御

2.1 対象設備

集中監視制御の対象となる機器の状態表示と、しゃ断器などの制御を計画するに際しては、極力各変電所の監視制御項目を統一し、計算機処理プログラムや遠方監視制御装置の簡略化、及び共通化を強力に推進する必要がある。

2.2 監視制御の特質と自動化項目

電鉄変電所の監視制御は、一般の変電所のそれに比べ次のような特質をもっている。

- (1) 電車の運転スケジュールに応じて整流器やき電用しゃ断器などの操作を行なう必要がある。
- (2) 多数の変電所によって、常に全路線に対し給電を行なわなければならないため、変電所故障時のほか、変電所からの電力供給や変電所間の負荷の分担など、変電所相互間の関連を考慮した運転が必要である。
- (3) スケジュールに応じた変電所の運転を行なうため、機器の操作回数が多くなる。したがって、的確な操作が要求される。
- (4) 運転指令所からの非常発報により、各変電所のき電しゃ断器をいっせいにしゃ断するような運行管理システムとの関

連を考慮する必要がある。

以上のような電鉄変電所の特質を考慮して、次のような自動化項目が考えられる。

(1) 機器操作の自動化

スケジュール操作や故障時の復旧操作など、指令所から指令員が行なう機器の操作を大幅に自動化し、指令員の負担を軽減し、より信頼性の高い的確な操作を行なう。

(2) 記録業務の自動化

記録業務は、指令員の日常業務のうち約50%を占めていると言われている。また変電所の数が多くなればなるほど、より負担が大きくなるため、自動化が必要である。

(3) 連結業務の自動化

故障発生時など、必要関連各所に連絡するのも非常に重要な仕事であるが、より正確な情報を迅速に連絡するために連絡電話などの自動化が必要である。

3 システムの構成

図1に電力管理システムの全体構成を示す。本システムを大別すると、各変電所の情報を指令所で監視制御するための遠方監視制御システムと、自動処理を行なうための計算機システムの2システムとで構成されている。

以下、各システムについて述べる。

3.1 遠方監視制御システム

遠方監視制御システムは、1箇所の指令所から多数の変電所を集中監視制御するため、高信頼性はもちろんのこと、保守性や監視、操作のしやすさ、及び使いやすさも十分に考慮したものでなくてはならない。

表1に各種遠方監視制御装置の性能比較について示す。

集中監視制御方式を大別すると、1:1形装置を多数組み合わせ(1:1)×N構成とする集合形、制御所装置を多数の被制御所に対して共通として1:N構成とする共通形、及び両者の折衷ともいえる制御1:N、表示(1:1)×Nの構成とするハイブリット形などがある。

電力管理システムを計画するに際し、変電所の数と規模、要求される信頼性、応答性、経済性などの見地より最適の方式を検討する必要がある。

図2に制御卓盤と系統監視盤の外観を示す。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所機電事業本部

3.2 計算機システム

計算機システムの代表例として制御用計算機HIDIC 350を使用した帝都高速度交通営団システムについて説明する。

本システムは、表2に示すような仕様の機器で構成されている。

3.3 計算機と遠方監視制御装置の接続

各変電所の多くの情報を計算機で処理するために、計算機

と遠方監視制御装置の間では、大量のデータが転送される。したがって、その接続方式はシステムが複雑にならないように、十分考慮されなければならない。

図3に計算機と遠方監視制御装置の入出力インタフェースを示す。これは、プロセス入出力装置とデータ交換入出力装置により統一された標準インタフェースとなっている。

表示情報は、遠方監視制御装置の伝送速度と同期して、1

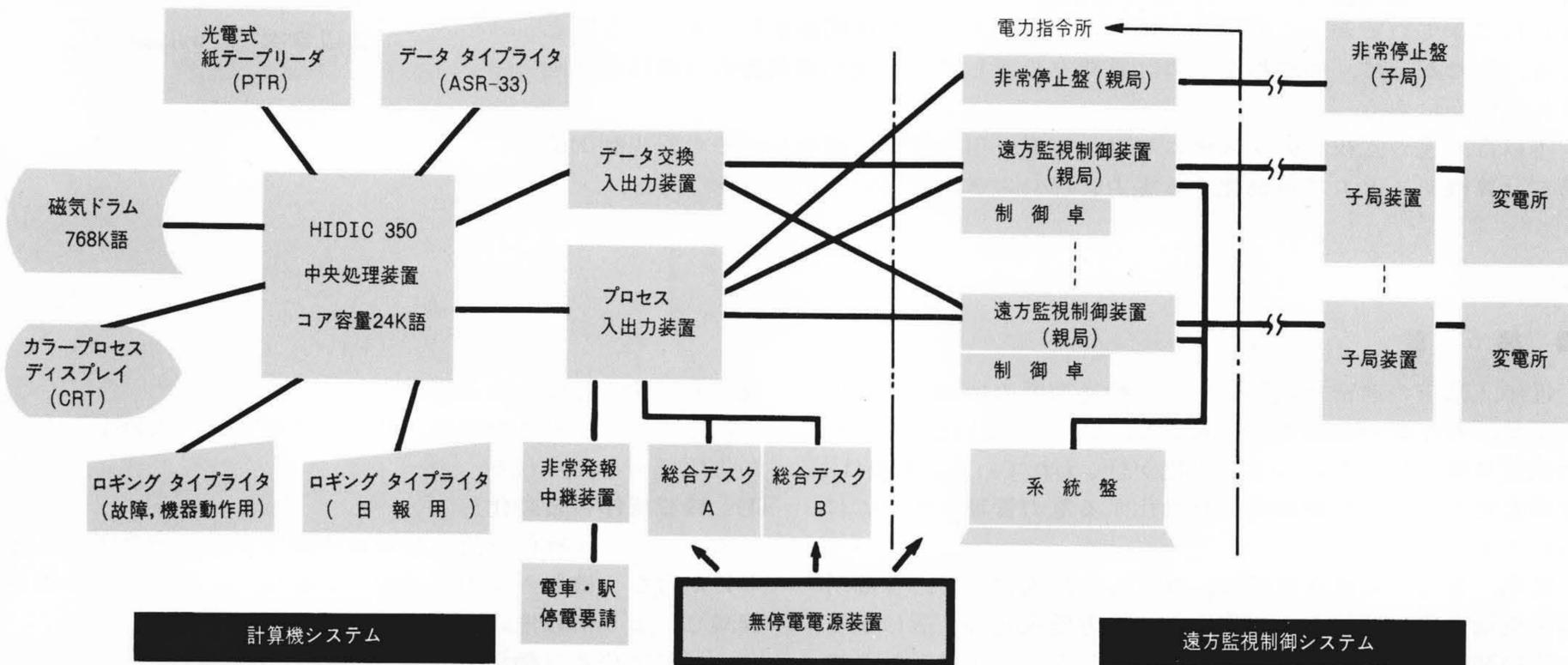


図1 電力管理システム構成図(帝都交速度交通営団システム構成) 各変電所の情報は、遠方監視制御装置、親局装置で集約され、計算機は、この親局装置を通して各変電所を監視制御する。

表1 各種遠方監視制御装置(SPR:スーパーロール)性能比較 遠方監視制御装置は、小容量から大容量まで各種用意されている。

方式	1:1方式			1:N方式		
	SPR-140C	SPR-340C	SPR-360C	SPR-440C	SPR-740C	SPR-540C
ブロック図						
装置機能	制御 1:1 表示, 計測 1:1	制御 1:1 表示, 計測 1:1	制御 1:1 表示, 計測 1:1	制御 1:N 表示, 計測 (1:1) x N	制御 1:N 表示, 計測 1:N	
子局数, 子局規模	1局. 中容量	1局. 大容量	1局. 超大容量	30局. 中・大容量	60局. 中容量	30局. 小容量
ON-OFF制御	100項目	100項目	200項目	100項目	100項目	10項目
表示(ON-OFF)	120項目	200項目	400項目	200項目	120項目	20項目
計測(パルス入力)	表示項目に含む(パルス入力1量は, 表示1項目に相当)				表示項目に含む (パルス入力1量は, 表示10項目に相当)	
計測(デジタル入力)	表示項目に含む(デジタル入力3けた1量は, 表示10項目に相当)				表示項目に含む (デジタル3けた1量は, 表示10項目に相当)	
計測(アナログ入力)	8量	48量	48量	48量	8量	
表示, 計測ワード数	15ワード	60ワード	60ワード	60ワード	15ワード	10ワード
計算機との結合	制御: 符号化接点, 又は電圧(プロセス入出力装置との結合) 表示, 計測: ワード直列電圧 (データ交換入出力装置との結合)					
適用伝送速度	200, 600, 1,200ビット/秒				50, 200, 1,200ビット/秒	
適用伝送路	全二重回線				全二重, 又は半二重回線	
用途	変電所集中監視制御		特殊大容量情報伝送	変電所集中監視制御 旅客案内		地下鉄換気設備 集中監視

注: TC=テレコントロール, TM=テレメータ

群ごとに直列に計算機に取り込まれる。

計算機からしゃ断器などを制御するには、群番号、個別番号の選択信号と入、切の操作信号の組合せによる選択制御方式を採用している。

4 計算機自動化内容

電力管理システムとして、計算機による自動化項目の代表例を次に述べる。

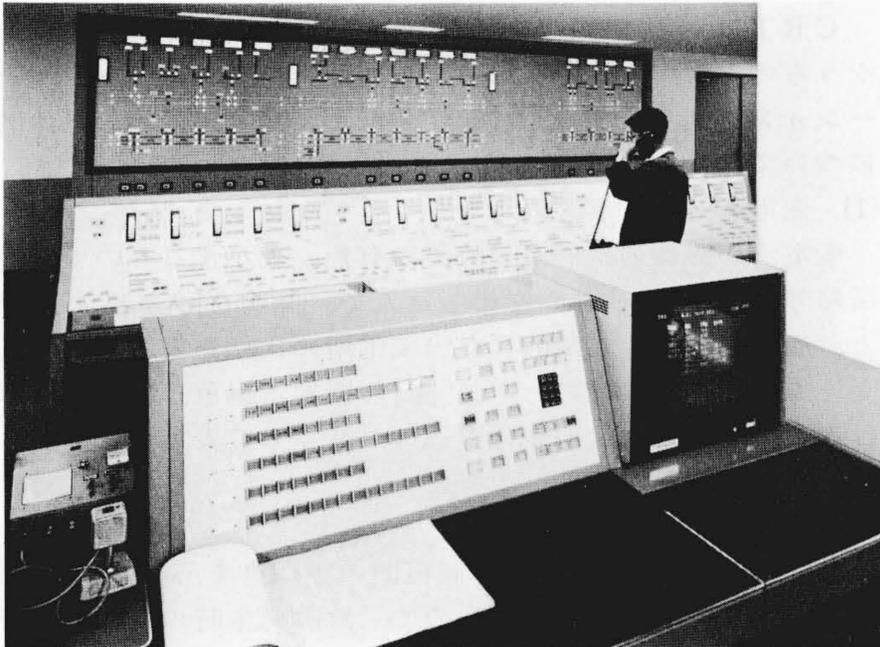


図2 指令所の系統監視盤と制御卓盤 制御卓盤は、各変電所ごとに分割されており、操作性に考慮が払われている。

表2 計算機システムの仕様 制御用計算機HIDIC 350によって、監視制御業務を自動化する。

機 器 名	仕 様
中央処理装置	形 式：HIDIC 350 コアメモリ：24K語 サイクルタイム：0.9 μ s
データタイプライタ	形 式：H-7013 最大10字/秒
光電式紙テープリーダー	形 式：H-7015 紙テープ読込速度：400字/秒
磁気ドラム	形 式：H-7541-8 記憶容量：768K語
プロセス入出力装置	形 式：H-7500 デジタル入力：53語 デジタル出力：29語 割込み入力：3レベル \times 16要因 パルスカウンタ：4ビットカウンタ 11点
データ交換入出力装置	1：1スーパー親局
カラー文字表示装置 (CRT)	形 式：H-7833-4 ビュア寸法：20in 表示文字数：40字/行 16行/画面
ロギングタイプライタ	形 式：H-7859 (レミントン) 日報用 動作故障記録用
オペレーターズコンソール	取付器具：投影表示器 設定用デジタルスイッチ テンキースイッチ 押しボタンスイッチ 故障表示用ランプ

4.1 スケジュール運転

電鉄変電所はその性質上、電車の運転スケジュールに合わせて、毎日の整流器(1変電所当たり2~3台設置)や、直流しゃ断器(1変電所当たり2~5台)の運転スケジュールがほぼ一定している。したがって、変電所数が多くなればなるほどその操作回数が非常に多くなり、指令員の負担が膨大なものとなるので、計算機内のメモリに操作時刻と操作内容を記憶しておき、計算機のタイマに基づいて自動的に処理することにより、指令員の負担を軽減する。なおこの場合、次のようなことを考慮した自動処理を行なう必要がある。

- (1) 1日のスケジュールパターンを10段階程度用意して、朝の始発、ラッシュ時間、終車などの負荷に合わせた操作を行なう。
- (2) スケジュール種別を平日、休日、季節などに対応させるように3組み程度用意して、その内容はオペレーターズコンソールから選択、及び新たな設定ができる。
- (3) 整流器の運転時間の平均化を図るために、先発整流器を毎日切り換える。
- (4) 整流器が故障のために、計算機が自動運転除外になっているときには、その整流器を除いた整流器によってスケジュールどおりの運転台数にする。

4.2 故障時処理

変電所で発生する各種の故障に対して、指令員が常に的確、迅速な処置をとることは困難なので、計算機内のメモリに故障時処理の手順を記憶させておき、故障発生と同時に自動的に復旧操作が行なえるようにする。

(1) 受電関連の故障例

(a) 受電故障処理

受電線しゃ断器が過負荷しゃ断した時に、1分後に再閉路する。

(b) 受電停電処理

常用の受電線が停電した時に、予備受電線に切り換える。

(c) 受電欠相処理

常用の受電線が欠相した時に、予備受電線に切り換える。

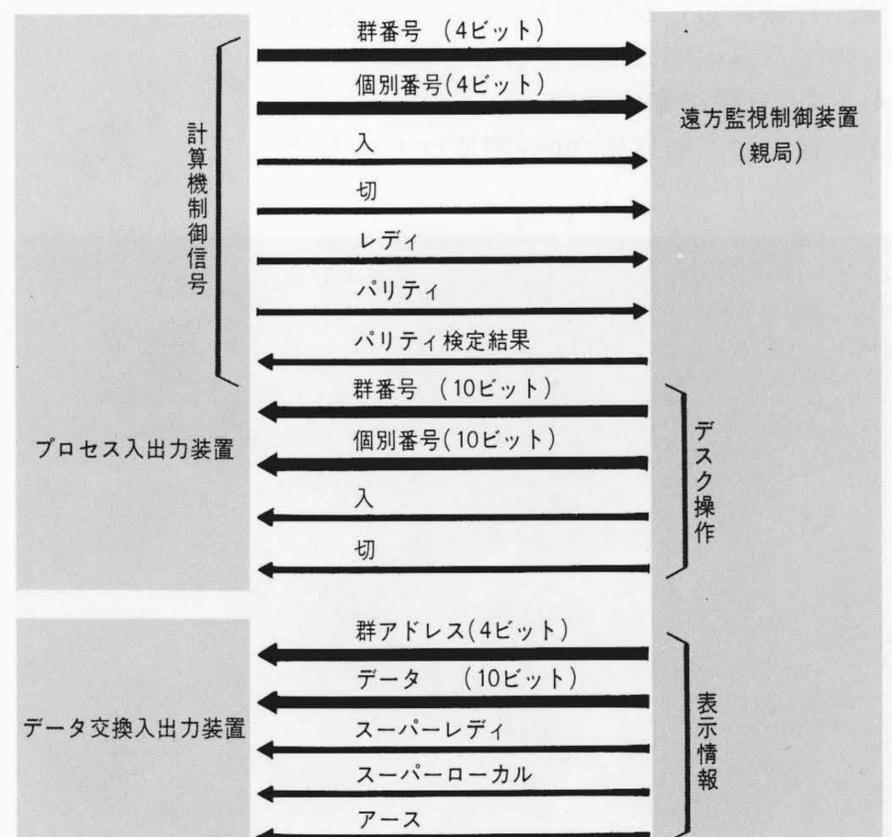


図3 計算機~遠方監視制御装置入出力インタフェース 計算機システムと遠方監視制御システムのインタフェースは統一され、標準化されている。

(2) 整流器関連の故障例

(a) 重故障

故障の発生した整流器は、しゃ断してロックするので、予備の整流器を運転する。また、変電所に予備の整流器がなければ、隣接変電所の予備の整流器を運転する。

(b) 中故障

整流器が過負過しゃ断した時、1分後に再投入するか、予備の整流器の運転を行なう。

(3) き電線関連の故障例

(a) き電線再閉路

き電しゃ断器が自動しゃ断した場合、30秒後に再投入し、5分以内に再びしゃ断した場合は、き電線側に故障が発生したものと再閉路を停止する。

(b) 連絡しゃ断

連絡しゃ断後、30秒経過した時点で原因側しゃ断器、及び連絡しゃ断側しゃ断器を再投入する。

4.3 負荷変動によるスケジュール変更運転

スケジュール運転を行ないながら、各変電所の整流器にかかる負荷の状態を監視して、整流器台数を必要に応じて増減し、効率のよい運転を行なう。また、各変電所のデマンド値を監視し、あらかじめ設定されているその値を超えそうな場合、その変電所の整流器の運転の台数を一時的に削減し、隣接変電所の予備器を運転して負荷の分散を行ない、契約電力を超えないようにする。

4.4 故障、機器の動作記録

変電所の運転状況を把握するために、故障の発生、あるいは機器の動作の都度、その内容をタイプライタに記録するもので、一例を示すと次のとおりである。

(1) 印字内容は、発生時刻(時分)、変電所名略称、故障名、あるいは機械名略称、動作内容と自動状態変化、手動操作、計算機操作の区別を行ない印字する。

(2) タイプライタ用紙58行分を1ページとして紙送りをし、月日の印字をページの先頭に印字して、記録用紙の整理の便を図る。

4.5 日報、月報の作成

各変電所の電力量、整流器の運転時間などを計算して、日報、月報をあらかじめ決められている様式に従って記録するもので、具体例は次のとおりである。

4.5.1 日報の印字内容

(1) 電力量、積算値(30分間及び1日合計)

(2) 30分デマンド最大値(1日及び当月)

(3) 1日平均電力量

(4) 力率、需要率、負荷率

(5) 整流器、変電所運転時間合計(1日及び当月)

4.5.2 月報の印字内容

オペレーターズ コンソールから指令員が指令することにより、電力量や変電所運転時間などの月合計、及び累計の印字を行なう。

4.6 CRTの適用

CRTは、系統監視盤や制御卓盤の詳細な部分の表示を行なうものとして、また、指令員とのマンマシンコミュニケーションを図る装置として適用される。CRT表示の具体例について次に述べる。

(1) 変電所スケルトン表示

変電所の機器の状態及び故障の有無を表示するもので変電所略号をキーボードから書き込んで、画面を呼び出す機能と、故障発生時、自動的に該当変電所の状態を表示する機能とをもっている。このとき、「開」の機器は緑色、「閉」の機器は赤色、また自動状態変化機器はフリッカで表示する。図4にその一例を示す。

(2) 故障時処理手順の表示

計算機が記憶している故障時復旧の手順書を、キーボードからの要求により表示するもので、故障発生時の自動しゃ断器名、計算機制御機器名及び手順を一目で見ることができ、指令員が操作手順の把握を迅速に行なうためのものである。

4.7 緊急連絡電話

変電所で故障が発生した場合、その処置を迅速にとらせるために、計算機から故障内容を関連部署に電話連絡をするもので連絡内容は、「火災発生」、「非常発報」、「き電線事故」、「受電不能」などの故障発生、及び復旧連絡である。内容はあらかじめ録音テープに録音されており、計算機はテープの選択信号と、起動信号を外部装置に与える。これにより所定の箇所の電話が鳴り、録音内容が連絡される。

5 結 言

以上、電鉄変電所用の電力管理システムについて述べた。

計算機を主体とした電力管理システムは、前述したように既に実施され、実績が得られつつある。

その結果、自動化による指令員の負担が軽減され、全変電所の運転状況把握が容易になり、合理的かつ保安度の高い監視制御ができるようになったと確信している。

今後、輸送力の増加に伴い必然的に変電所の増設や既設変電所の設備増が行なわれていく。したがって、本システムもこれら将来計画に対して十分な拡張性をもっているだけでなく、運行管理システムや他のサブシステムとの結びつきを深め、それぞれがオンラインで結合され、よりち密な運転ができる総合トータルシステムを確立していくことを今後の目標としている。

終わりに、システム設計に関し、種々御指導と御協力をいただいた顧客関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

1) 内田、木下ほか：「電鉄変電所の総合管理システム」、日立評論、54、855 (昭47-10)
 2) 黒木、小林ほか：「最近の集中遠方監視制御の動向」、日立評論、56、587 (昭49-6)

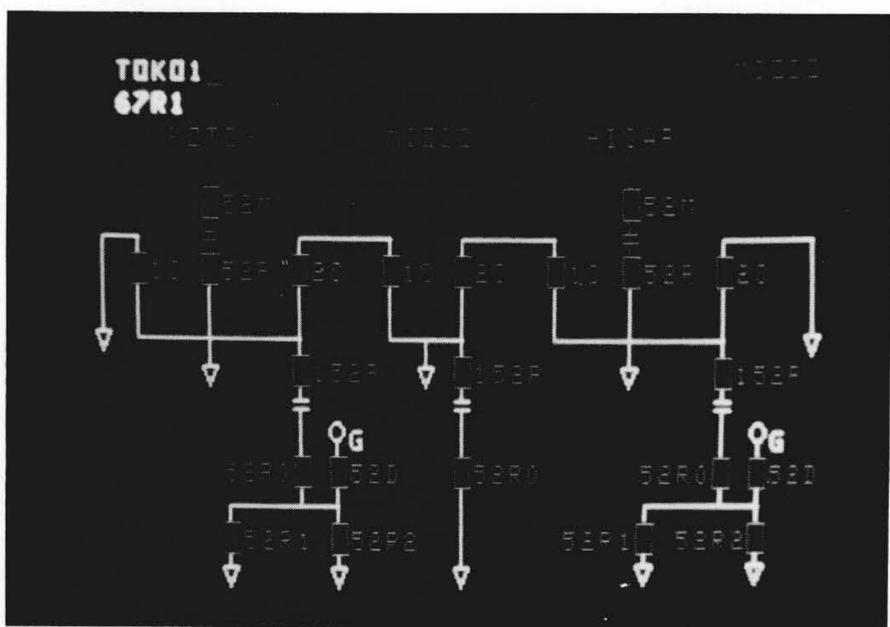


図4 CRT表示例 変電の機器の状態が表示される。入、切は赤、緑の色別で示され、状態が変化した機器はフリッカする。