

制御・保護装置の監視技術

Monitoring Technique of Control and Protective Equipment

高橋 浩 * Hiroshi Takahashi · 佐藤 弘俊 * Hirotohi Satô

I. まえがき

各種産業設備は、ますます大規模化する傾向にあり、しかも製品の品質化、省力化のために、これまで運転員の判断で行ってきた設備の各種操作を、制御・保護装置により自動的に行わせる設備の自動化が積極的に取り入れられている。

したがって、制御・保護装置の設備における重要度はますます高くなる一方、これらの装置に要求される高性能化のためにIC、マイクロプロセッサなど電子部品が積極的に採用され、その構成も複雑化してきている。

これら制御・保護装置に万一不具合が生じた場合、即製品の品質低下、生産低下あるいは設備停止につながるおそれがある。したがって、これらの装置は常に高信頼性を推持していなければならない、その保守業務が重要な要素となるが、装置の高性能化とともにその業務内容も高度化しており、保守員のミスによる設備への影響を考えれば、できるだけ自動化することが望ましい。

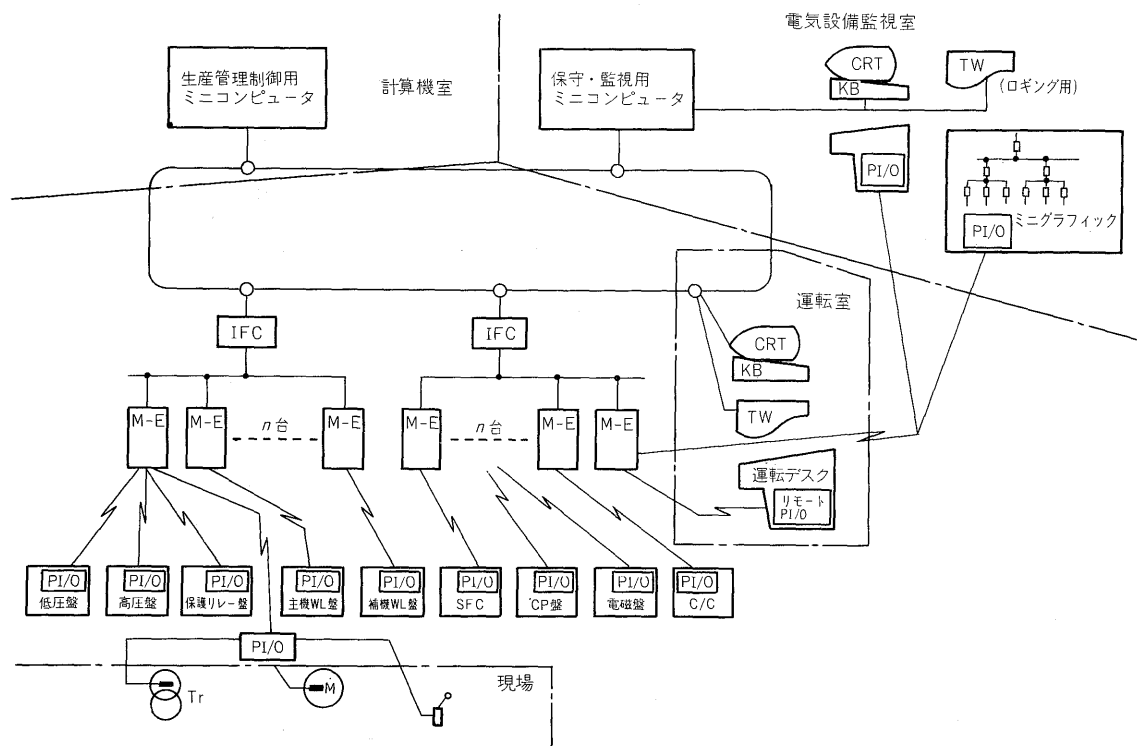
監視技術は、これら制御・保護装置の状態を自動的に監視するもので、本技術の採用により、装置が極端に性能低下する以前に異常の検出ができる。したがって設備の停止など重大事故への進展防止、あるいは保守業務の省力化などに効果があり、設備の信頼度向上が図れることになる。

以下に富士電機の制御・保護装置の監視技術について、幾つかの事例を紹介する。

II. 制御装置の監視技術

まえがきで述べたような背景と、マイクロコンピュータの性能及び信号伝送技術の進歩により、計算機による集中保守・監視システムが重要となってきている。

現在の集中保守・監視システムでは、第1図に示すごとく保守・監視システムに使用される信号の多くが、プラント運転システムで使用される信号と共通であるため、これらの伝送回路を共通としたトータルハイアラキー



第1図 保守・監視システム

Fig. 1. System for supervisory and maintenance

システムを形成している。

このため、各種制御装置及び検出器からのすべての信号を保守・監視用計算機に伝送していたのでは、伝送回路におけるこれらの時間専有率が高くなり好ましくない。各種制御装置側では、以下のような監視制御を行って、その結果を伝送する方式としている。

またこのことは、小規模なプラントにおいては、制御装置自体で保守・監視レベルを向上させることができる。

1. DDCによるサイリスタレオナードの監視技術

一般的な運転条件チェック及びLEDによる故障表示機能以外に、マイクロプロセッサの特長を生かした次のような機能を有している(第2図)。

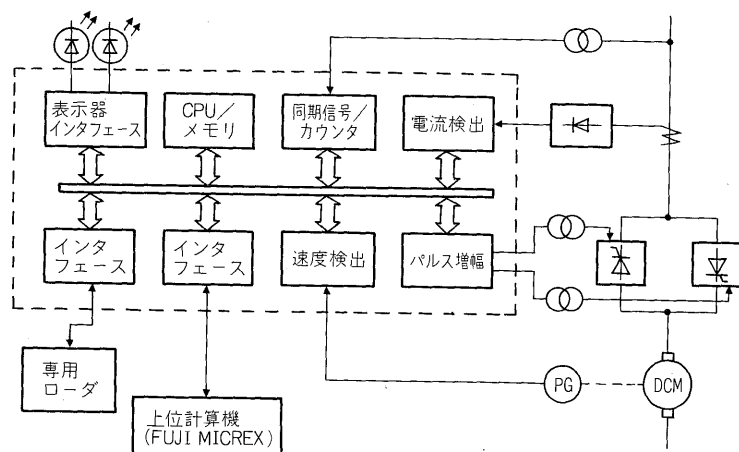
(1) 故障時に故障発生前後のある期間の入出力信号及び演算値を記憶しているため、故障停止後にこれらの記憶値を専用ローダを用いてプリントアウトあるいはビジュグラフへ出力すること、あるいは上位計算機へ故障時の記憶データを伝送することができる。上位計算機はあらかじめ決められた故障解析理論に基づき、

- ① 各制御ブロック(各制御プリント板)
- ② フィードバック系
- ③ サイリスタ変換器
- ④ 電源系統

などのチェックを行い、故障内容の診断を行っている。診断結果については、タイプライタで印字する。これにより、故障原因究明のための再現テスト及び高度な判断能力は不要となり、ダウンタイムを短縮できる。

(2) 調整時の制御定数変更については、専用ローダを用い、整定値の読出し、書込みを行うことができ、また整定値のハードコピーを作成することができる。

(3) 調整時及び故障復帰後の再運転における制御性能のチェックを容易とするため、モータシミュレーション回



第2図 サイリスタレオナード DDC 装置ブロック図
Fig. 2. Block diagram of DDC thyristor converter

路を専用ローダに内蔵している。

2. 一般アナログ・デジタル回路の監視技術

予防保全的立場から運転前に、各演算器・調節器の入力に順次模擬信号を入れ、その出力値をあるべき値と比較チェックする。すべて良好なら運転条件が成立し、不良の場合はその箇所を表示出力する。

3. 運転条件の監視

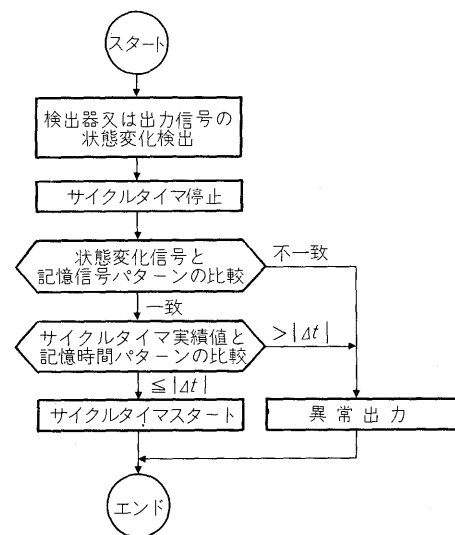
プラントの各設備ごとに、運転条件となっている機械条件及び電気条件を構成している信号の状態を監視し、その不成立条件を運転室又は監視室へ表示する。これにより、休転後のプラントスタートアップを速やかに行うことができる。

4. 検出器及び運転シーケンスの監視

最近の産業用プラントは、高度な自動化・省力化により、リミットスイッチ、HMD(熱塊検出器)、近接スイッチ、光電スイッチなどの検出器が多数使用されるとともに、これらの信号により運転を行うシーケンス回路も極めて複雑となっている。

これら検出器においては、検出器自体の故障のほか、被検出体との相対位置のずれ、被検出体の温度・形状の変化、ごみの付着などにより正常に動作しない場合があり、異常原因の発見に多くの時間を費やす。また、検出器の保守に多くのマンパワーを費やしているのが現状である。更に、運転シーケンスについても上位計算機からの指令、あるいは操作スイッチからの指令により運転シーケンス回路が動作して、駆動レベルの電動機や電磁弁へ出力信号を与えている。

これらの検出器や運転シーケンスの監視方法は、正常



第3図 検出器及び運転シーケンスの監視
Fig. 3. Monitoring system of sensor and sequence

時の自動運転1サイクルについてシーケンス出力信号、検出器の状態変化のパターン及び時間を記憶し、次のサイクル以降はこれらの状態が変化するとき、先に記憶されているパターン及び時間と比較を行い、差異が生じた場合は異常と判断して、監視室へ表示又はタイプライタで印字をしている(第3図)。

これにより、検出器の故障傾向を知ることができるとともに、故障した検出器あるいは運転シーケンス回路を容易に見ることが出来る。

III. 保護装置の監視技術

保護装置は、設備に事故が発生した場合、高速かつ確実に事故除去を行うことが最も重要な使命であるが、更に装置を構成している保護リレーの不良により、不要な動作・しゃ断を行うことのないように配慮することも重要である。したがって、重要な設備については不要動作を防止するために保護リレーを二重化したり、誤不動作による事故除去不能を避けるために二系列化したりして、保護装置の信頼性向上を図っている。

保護リレーの不良は、正常に動作すべきときに動作しない誤不動作と、動作してはいけないときに動作する誤動作とに分類することができる。これらの不良検出手段として監視技術があり、特に電子部品を主体に構成した静止形保護装置に多く適用されている。監視技術は常時監視と自動点検に大別されるが、以下に幾つかの例について述べることにする。

1. 常時監視

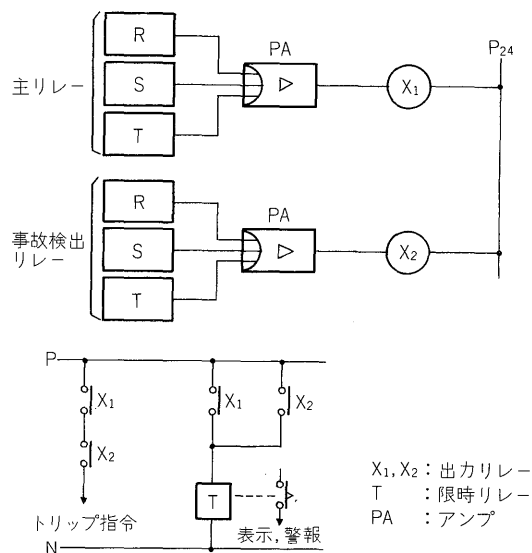
保護リレーの動作状態は、事故がなければ変化することはない。また事故が除去されれば大部分のものは元の状態に戻る。この動作状態を常に監視していれば不良を検出することができる。これを常時監視と称している。この方式は誤動作検出に適しており、一般には外部結線を切り換えたり、模擬入力を加えたりすることなく、保護リレーを通常運用状態で不良検出のことができるのが特長である。

1) 保護リレーの誤動作・復帰不良監視

大部分の保護リレーは、事故発生で動作し、事故が除去されると復帰する。したがって保護リレーの動作は一定時間であり、これがある時間以上動作を継続していることは、そのリレーが誤動作・復帰不良のいずれかであると判断して良い。

また、保護装置が二重化されるなどして、事故時に動作すべき保護リレーが複数個ある場合、これらリレーの動作状態は常に一致しているはずであり、これらリレー相互間の動作状態を比較すれば、リレー不良を監視することができる。

以上の原理に基づいた誤動作・復帰不良の監視例を第

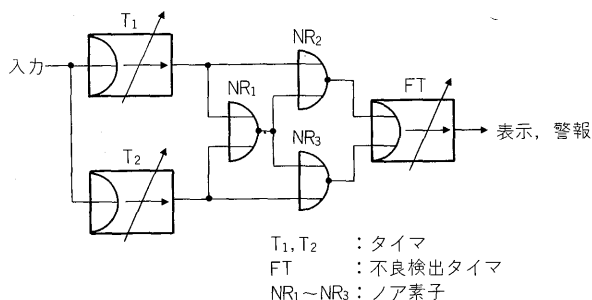


第4図 保護リレーの常時監視
Fig. 4. Monitoring circuit of protective relay

4図に示す。

2) 静止形タイマの不良監視

複数の保護リレー、静止形タイマの不良は、同一機種、機能の出力を比較することにより検出できる。静止形タイマの監視例を第5図に示す。これは同一機能のタイマ2個の相互不一致検出を行い、タイマの整定時間が正常のとき、両者の出力信号がほとんど同時にでて不良検出タイマの出力は不動作である。もしタイマが不良のとき、両者の出力信号の時間差が整定の約30%生じると不良検出タイマの出力が動作し、警報する。

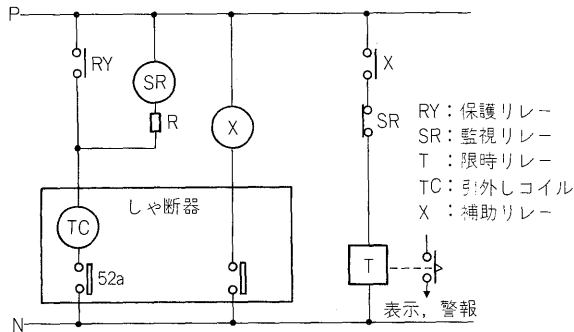


第5図 静止形タイマの監視
Fig. 5. Monitoring circuit of static type time-lag relay

3) しゃ断器引外し回路監視

保護回路の主回路に動作信号と区別できる監視用信号を印加し、この信号の異常を検出する方法がある。

この例としてしゃ断器引外し回路監視回路を第6図に示す。これは保護リレーの主接点部に並列に高感度の監視リレーSRを設け、引外し回路を通して監視リレーに流れる電流で保持させる。しかし、しゃ断器引外し回路の断線が生じると監視リレーの保持が解除され、このリレーは復帰する。これをしゃ断器投入条件にて検出し、警



第 6 図 トリップ回路の監視
Fig. 6. Monitoring circuit of trip circuit

報する。

2. 自動点検

保護リレーの動作状態が変化するような入力変化を強制的に与えてやり、その動作状態の変化をみることにより、その機能が正常であるか否かの確認をすることができる。これを自動点検と称している。自動点検では、保護リレーの強制動作による誤しゃ断を避けるために引外し回路を開路して行うので、この間保護機能は停止することになる。そこで、一般には点検中に事故が発生すると直ちに点検を中止し、引外し回路を閉路して本来の保護機能に戻す事故対応を有している。

1) 直流印加による点検

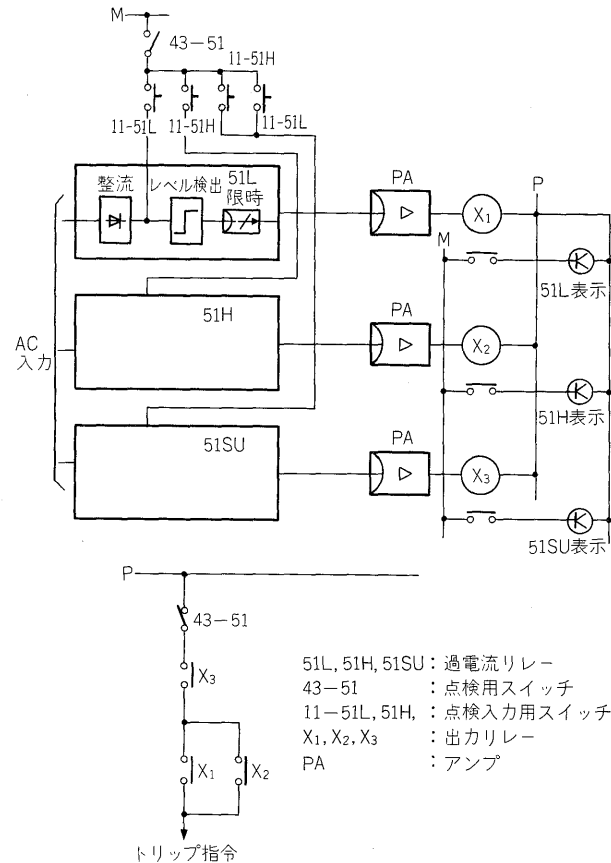
静止形保護リレーでは、主に判定部・出力部に電子部品が多く使われているため、判定部に直流入力を与えて、出力部（直流レベル）までの不良を発見することで大幅な信頼性向上を図ることができ、しかも比較的簡単に構成することができる。第 7 図に過電流リレーの点検例を示す。この方式は、点検用スイッチで点検対象リレーを選択すると同時に引外し回路を開路する。次に、点検入力印加用スイッチにて点検入力を各機能ごとに印加して、リレーの応動を目視して確認する。この方法で注意すべき事項は、単独にてトリップ回路が構成される場合、リレーの復帰時間と点検用スイッチの復帰との協調を考慮することである。

2) 交流印加による点検

保護リレーの入力部から交流電源を印加し点検する方式で、直流印加点検と異なり、入力部も含めた保護リレー回路全体の不良検出を行うことができる。点検入力印加の際、負荷電流をどのように扱うかにより、

- (1) 負荷電流に点検電流を重畳する方式
- (2) 負荷電流を打ち消して点検電流を印加する方式がある。

この具体例を第 8 図に示す。(a)は PT 入力を開路して保護リレーが動作することを確認する方式、(b)は CT・PT 回路を切り換えて点検電源を印加する負荷電流打消し方式、(c)は保護リレーに点検巻線を設け、これに点検



第 7 図 過電流リレーの点検
Fig. 7. Testing circuit of overcurrent relay

電源を印加する負荷電流重畳方式である。

3) 500kV 変圧器保護継電装置の自動監視システム

500kV 変圧器保護継電装置・自動監視システムの概要を以下に紹介する。

(1) 自動点検

本システムの自動点検フローを第 9 図に示す。本点検は、保護リレーの機能維持を図るため、一定周期ごとに実施するが、点検により保護リレーの不良を検出した場合には、不良リレーの種類・不良内容が容易に把握できるようにこれらを表示するようにしている。

① 点検起動

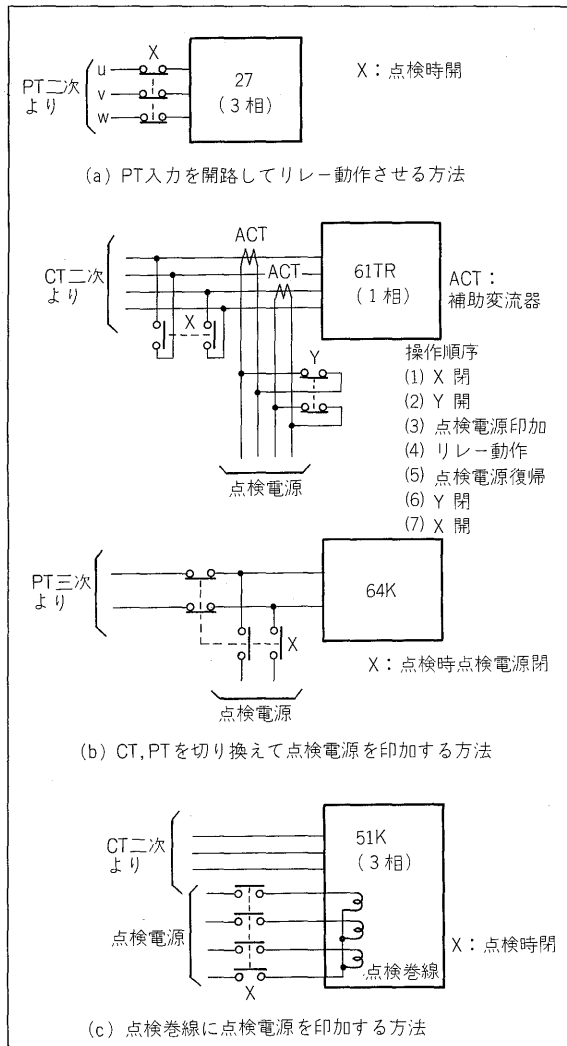
点検起動は、タイマによる自動起動及び手動起動が可能である。

② 点検入力印加方法

保護リレーの点検入力印加は交流電源で行われる。点検入力は保護リレー各相ごとに印加する方法が一般的であるが、点検時の保護機能の停止時間を極力短くすることが望ましい。したがって、点検時間を短縮させる必要があり、ここではリレーを三相一括して点検入力を印加する方法としている。

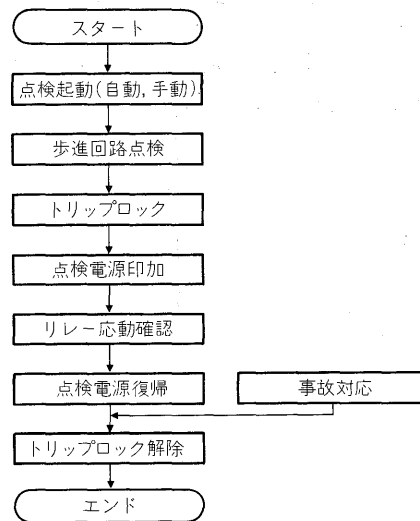
③ 事故対応

自動点検中、系統事故が発生した場合の対応は、非点



第8図 点検入力印加方法
 Fig. 8. Input method of testing circuit

検保護リレーの動作により系統事故と判断し、直ちに点検を中止し、本来の保護機能に戻すようにしており、この事故対応時間は100ms程度である。しかし、500kV変圧器保護の場合、事故時の機器破壊に至る時間との協調を考えると、事故対応時間は必ずしも十分余裕のあるものとはいえない。したがって、点検グループを二分割して重大事故に対しては、事故対応に頼ることなく系統から分離できるよう考慮もしている。



第9図 自動点検フロー
 Fig. 9. Flow chart of inspection

(2) 常時監視

監視範囲は次のとおりである。

- ① 保護リレー、補助リレーの誤動作、復帰不良
- ② しゃ断器引外し回路の断線
- ③ 直流電源装置の異常
- ④ CT・PT二次回路の短絡、断線
- ⑤ 静止形タイマの不一致検出

IV. あとがき

制御・保護装置の高性能化、縮小化のために電子部品が数多く採用され、デジタルが進んでいるが同時に設備の高稼働運転、製品の品質維持のために信頼性に対する要請も強まってきている。

監視技術は、異常の早期発見、事故波及の防止など信頼度向上に非常に効果があり、装置の電子化がその導入を容易にしたことと相まって、今後ますます適用の拡大が予想されるが、本稿で述べた各種技術が何かの参考になれば幸いである。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。