

再 閉 路 継 電 器

中 田 一 衛* 久 島 鉦 明*

Kazue Nakata

Kaneaki Hisajima

Reclosing Relay

Synopsis

We prepared new type of reclosing relay which re-establishes supply of power after temporary faults, or limits the fault section, that must be eliminated, by co-ordination with circuit breakers, reclosers and fuses.

The reclosing relay starts by operation of protection relays or trip of circuit breakers, recloses maximum 3 times, returns after one cycle (constant time), and is locked when the reclosing ends in failure. When many of them are used the same time reclosing is avoided by particular circuits between them.

I. ま え が き

II. 責 務

事故時の停電時間の短縮、および停電区間の極限によるサービスの向上と、故障除去の自動化による配電業務における保守費の低減のために再閉路継電器が広く使用されるようになり、またこれに要求される責務も複雑になってきている。

サービスの面からいえば配電設備を強化して、事故の発生を未然に防止するのがもっともよいが、これには経済的な限界があり、また設備の改善にもかかわらず、自動車の衝突事故など新しい種類の事故原因の増加によってさほど事故は減少を示さず、年間の配電線事故は一電力会社当たり数千件の多きに上ると推定される。それだけにサービスの面からみた再閉路継電器への期待が大きいわけである。

再閉路継電器は初期には回路のしゃ断により自然消滅する事故の場合、自動再閉路によって配電を継続することをねらいとしたが、最近では上記の目的のほかに配電線の要所に設けられた自動開閉器、ヒューズなどによるしゃ断と、変電所のしゃ断器によるしゃ断とを再閉路継電器を仲介として協調的に動作させ、永久故障の場合の停電区間を局所に限定するという目的をもつようになった。このために要求される責務も複雑になってきている。

以下に説明する再閉路継電器は上記の二つの目的にそうよう設計されたもので、適用される配電系統に応じて、もっとも適したものが採用できるよう種類が整備され、また責務が構成されている。

本稿の再閉路継電器としては RMS 2 F 形と RMS 3 F 形があるが、両者の主要責務は同一なので比較的回路の簡単な RMS 3 F 形によって以下の説明を進める。

* 豊田工場

RMS 3 F 形の責務は次のとおりである。

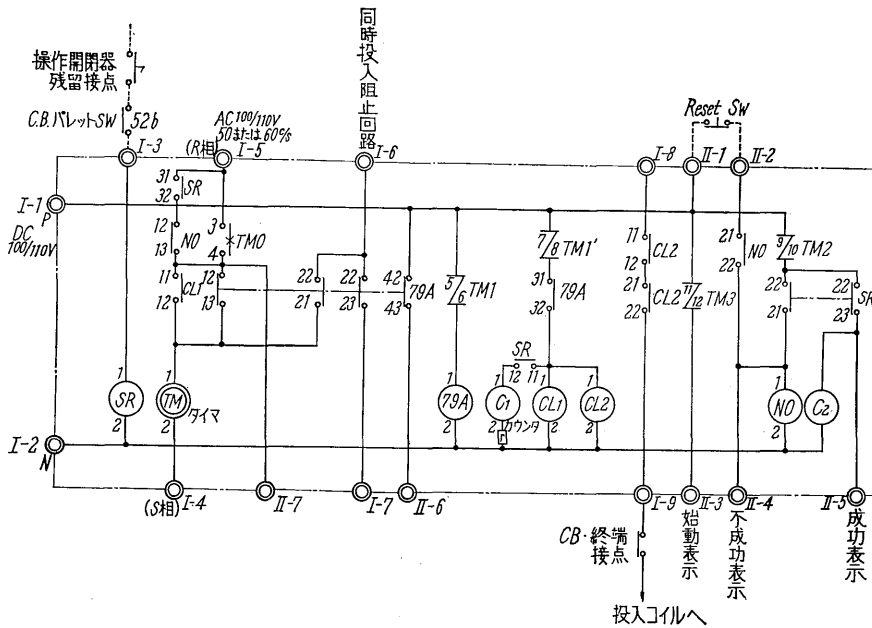
- 1) シャ断器の自動しゃ断によって始動（注文に応じ、保護継電器の動作によって始動するようにも構成できる）。
- 2) 始動後は機械的に自己保持し、停電してもその位置を保ち、一定時間後（1周期後）原位置に復帰する。1周期の長さは、系統の特殊条件に応じられるよう 3 min, 6 min, 9 min の3種類が用意されている。
- 3) 再閉路の回数は3回まで任意の回数にタップにより整定できる。
- 4) トリップから再閉路にいたる時間は（第2回目以後は先行する再閉路のときから計る）15 sec またはそれ以上の時間間隔（6 min, 3 min 形では短くなる）で段階的に、1周期内の任意の時間に整定できる。ただし第1回の再閉路については 1 sec 以下に整定することができる。
- 5) 再閉路成功のときは1周期後完全に復帰して次の故障を待機する。不成功のときはロックし人為的に復帰させない限り自動投入は行なわない。
- 6) 複数個を使用するときは、相互に同時投入を阻止するように構成することができる。
- 7) 始動、成功、不成功などの表示ができる。また投入回数、再閉路成功回数を記憶し表示する。

III. 回路および構造

1. RMS 3 F 形の標準回路および構造

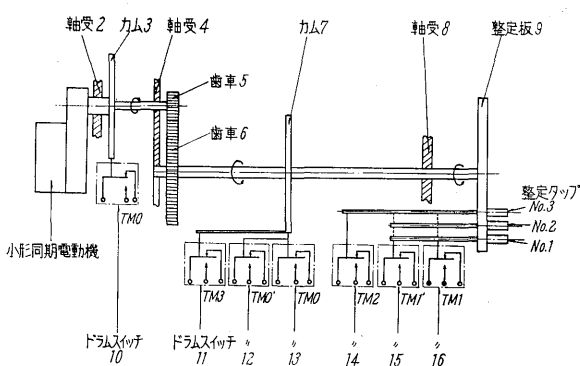
1) 基本回路および構造

第1図に展開接続図を示す。図で TM は限時をとり、シーケンスを進行させるいわば心臓に当たる部分であ

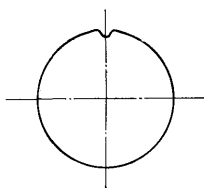


- (注意)
1. 破線内は再閉路継電器を示す。
 2. $\text{---} \text{---}$ はタイマの接点を示す。
 3. $\text{---} \text{---}$ はタイマの機械的の自己保持接点を示す。
 4. 単独使用の時は端子 I-5 と I-6 を結ぶ。
 5. \odot は外部端子を示す。

第 1 図 再閉路継電器展開接続図 RMS 3 F-1 形
Fig. 1. Sequence diagram of reclosing relay, type RMS 3 F-1



第 2 図 再閉路継電器第 1 図の (a) 部原理図
Fig. 2. Construction of (a) by Fig. 1

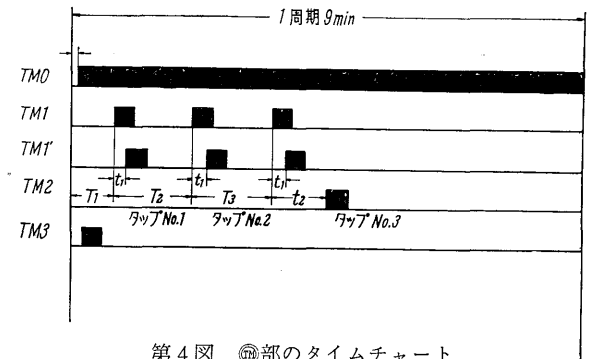


第 3 図 カム
Fig. 3. Cam

る。その他は補助継電器と度数計によって構成される。

第 2 図は TM の原理的な構造を示す。10~16 のスイッチはすべて同一形式のマイクロスイッチでレバが押されるとこれによって接点が切り換えられる。

TM の始動は小形同期電動機のコイルが励磁されることによって行なわれる。カム 3 および 7 は第 3 図のような構造のカムで、くぼみの部分で接点が切り換えられる。調整板 9 は第 8 図の当器の写真にみるようにタップねじをしめ込めるようなタップが円周上に配列した盤である。



第 4 図 (a) 部のタイムチャート
Fig. 4. Time chart of contacts of (a)

同期電動機が始動すると TMO (カム 3 と 7 に各 1 個ずつあり並列に接続される) のレバがカムのくぼみからはずれ、接点が切り換えられる。この模様を第 4 図に示す。カム 3 の TMO はカム 3 が高速に回転することを利用して自己保持にいたる時間の短縮を目的としており、カム 7 の TMO は以後の自己保持を達成する。1 周期が終わったところでカム 3 と 7 のくぼみの位置が同期し、両方の TMO の接点が同時に切れるので自己保持が完全に解ける。

TM 1, TM 1' は調整タップねじ No.1~3 によって接点の切り換えが行なわれる。第 4 図の T_1, T_2, T_3 はそれぞれ調整タップねじの位置によって定まる。TM 1 は同一タップねじの運動に対して TM 1' より t_1 sec 先行して閉路するように配置されている。TM 2 は No.3 のタップねじにのみ応動し、TM 1 より t_2 sec 遅れて閉路する。TM 3 はカム 7 に応動し、始動の時閉路する。各パルスの幅は 1 周期 9 min 形のもので約 7 sec で

ある。

ふたたび第2図にもどる。保護継電器の動作によりしゃ断器が開放すると、補助継電器 *SR* が操作開閉器の残留接点と、しゃ断器の *b* 接点を通して動作する。*SR* の接点閉路により *TM* が始動する。始動直後 *TMO* 閉路して機械的に自己保持する。 T_1 sec 後に *TM* 1 閉路補助継電器 79A 動作する。79A の動作により *TM* の自己保持回路が切れるが端子 *I-6* に端子 *I-5* と同一の電源が接続されているならば端子 *I-6* から 79A の接点を通して *TM* にいたる回路により *TM* は回転を続ける。*TM* 1 より t_1 sec 遅れて *TM* 1' 閉路し 79A の接点を通して投入用補助継電器 *CL* 1, *CL* 2 が動作し、しゃ断器の投入回路が構成される。また *C*₁ が動作し投入回数が加算される。

再閉路成功すればしゃ断器の終端接点で投入回路が開放されるので以後の投入動作は行なわれない。また *SR* 復帰するゆえ、投入回数の積算も行なわれない。最後に *TM* 2 の接点が閉路すると *SR* 復帰しているゆえ、この *b* 接点を通して再閉路成功の表示が行なわれる。成功回数表示の要あるときは *C*₂ を付する。1 周期が終わったところで *TMO* 開路し、*TM* の自己保持が解けて復帰して待機の状態となる。*TM* 3 は始動と同時に閉路し再閉路継電器の始動を表示する。

不成功のときは第1回目の再閉路動作と全く同様な経過により整定タップねじの数だけ再閉路が行なわれる。

最後に *TM* 2 閉路すると、*SR* 動作しているのでこの *a* 接点を通して *NO* 動作、不成功の表示をするとともに、*NO* 自己保持により *TM* の始動回路をロックする。1 周期終われば *TMO* 開路し、停止する。始動回路がロックされているので復帰ボタンを押して *NO* を復帰させないかぎり再閉路は行なわれない。

2) 同時投入阻止回路

制御電源容量を節約する必要から複数個の再閉路継電

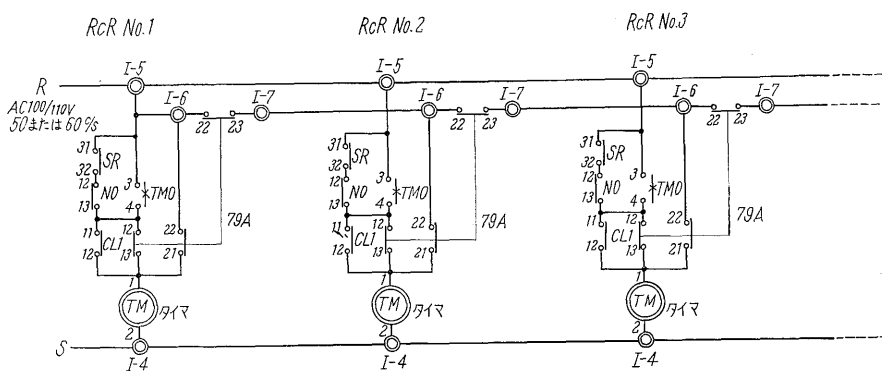
器が使用されるときは同時投入の阻止が必要になる。

第5図に同時投入を阻止する場合の回路構成を示す。

各継電器は第1図に示した回路をもっているが、外部の接続関係によって同時投入を阻止することができる。第5図は第1図のなかから必要部分のみを抜きだし、相互の接続関係を示したものである。各回線に優先順位をつけ、No.1~*n* とする。No.1 継電器の *I-6* の端子は *I-5* の電源に入れるが、No.2 以後の継電器の端子 *I-6* は図のように前段継電器の端子 *I-7* に接続する。

全回線同時にしゃ断した場合を考える。全再閉路継電器は同時にスタートし、接点 *TM* 1 が閉路するまで動く。No.1 継電器の *TM* 1 閉路により 79A 動作、端子 *I-7* にいたる回路が開放するので、No.2 以下の継電器は自己の 79A 動作すると *TM* への給電が断たれて停止する。No.1 継電器の再閉路が終われば *TM* 1 閉路、79A が復帰するので No.2 継電器の *TM* は No.1 の端子 *I-7*、自己の 79A の *a* 接点を通して始動し再閉路を行なう。以下 No.3...*n* の動作も同様である。No.2 以下の各継電器は前段の継電器より *TM* 1 の閉路時間 $+t_1$ だけ、すなわち1周期 9 min のもので約 12 sec 遅れる。第2回目以後の再閉路においてはすでに *TM* 1 の閉路時間 $+t_1$ に相当する時間差ができていたので、これ以上の時間遅れが生じることはない。

No.2 継電器が No.1 継電器に先行してスタートの場合を考える。No.2 継電器の投入動作中に、No.1 の *TM* 1 閉路するような動作の場合は、No.2 継電器の *CL* 1 の接点が投入動作中ゆえ閉路しており(第5図参照) No.1 継電器の動作には無関係にシーケンスが進行する。したがって No.1 継電器は No.2 継電器より第4図の t_1 に相当する時間だけ遅れて再閉路することになる。No.2 継電器投入の直前に No.1 の 79A 動作のときは、No.2 はその位置で No.1 の再閉路完了を待機するゆえ No.1 *TM* 1 の閉路時間だけ遅れて再閉路



第5図 同時投入阻止回路の構成
Fig. 5. Circuit to avoid simultaneous reclosing

することになる。No.3 以下の継電器についても前段との関係は同様である。

3) 各部分の時間関係

9 min 形の場合について示すと次のとおりである。(6 min 形, 3 min 形ではこれより短くなる)

投入パルスの長さは第4図および第1図から明らかなおとおり $TM 1$ および $TM 1'$ の重なり時間に等しく約 2 sec である。

同時投入阻止回路による, 投入時期の時間差は最小の場合 t_1 で約 5 sec, 最長の場合 ($TM 1$ の閉路時間) $+t_1$ であって約 12 sec である。その他の時間関係については, II. IV. および V. 項参照。

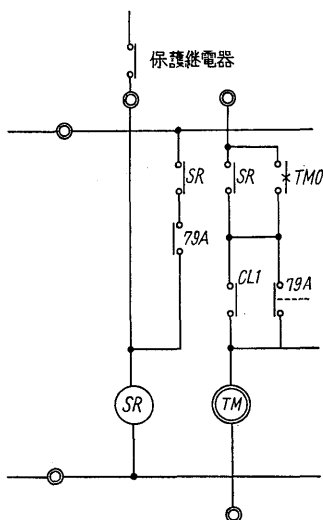
4) 構成要素

TM は 1) に述べた構造であるが, 摩擦箇所を減らすこと, 材料に不銹材料を使用することによって経年的な摩擦の増加を抑制するとともに, 摩擦トルクに対する同期電動機のトルクを充分大きくとって悪い使用条件においても充分確実に動作するよう考慮がはらわれている。補助継電器にはすでに使用実績によって信頼度が証明されている HH 17 形が使用されている。現在工場における耐久試験ですでに約 15 万回の動作が行なわれているがめだつた変化はなく現在なを試験が続行されている。

制御電圧は交流は定格の 70% 以上, 115% の電圧範囲で直流は 70% 以上, 130% 以下の範囲で動作が保障されている。

2. その他の回路

第6図に保護継電器の動作によって始動させる場合の回路を示す。保護継電器の動作で SR 動作, 自己保持する



第6図 保護継電器動作による始動回路

Fig. 6. Circuit for start by protection relay

と同時に TM を始動する。以下第1図と同様である。ただしこの場合は再閉路不成功のときはしゃ断器開放, 保護継電器が復帰しているのて, 再閉路をロックするための回路は不要になる。

ここでは細かい説明を省略するが, 第1回の再閉路から一定時間内の自動しゃ断に対しては2回目以後の再閉路をロックしたり, または一定時間以内の自動しゃ断に対してのみ再閉路を行なわせるような回路構成も若干の変更を加えることにより可能である。

RMS 2 F形では表示回路が異なるが, 本質的な問題点ではないのでここでは説明を省略する。

IV. 機 能

再閉路継電器の機能の第一は, 回路の開放によって自然消滅する事故に対しては配電を継続することであるが, この場合の成功率の一例を第1表に示す。⁽²⁾

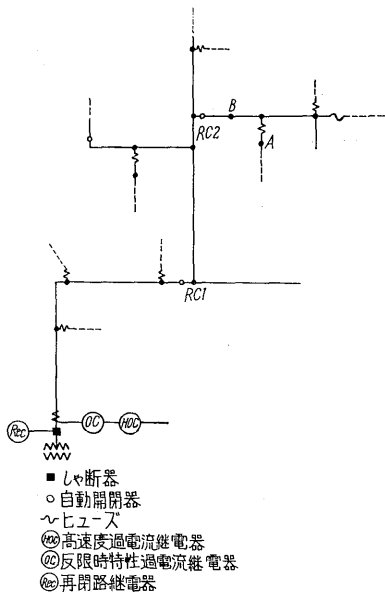
第1表 再閉路継電器の動作結果

Table 1. Reclosing relay performance with delayed and with immediate initial reclosure

再 閉 路	初回再閉路は時間をおいて行なう。	初回再閉路はトリップ直後行なう。
成功回数	第1回	85
	第2回	5
	第3回	1
最終的に失敗	9	8

第1回目の再閉路で成功率はほとんど決まってしまうので, この場合の再閉路回数はせいぜい2回目までが意味がある。第1回目の再閉路は比較的短い無電圧時間の後, 行なっても成功率に大差がないのでサービスの面からはこの方が好ましいと考えられる。RMS 3形においてもこの点が考慮され, 1回目の再閉路は比較的短時間に整定できること前述のとおりである。

第2の機能は他の機器との協調動作によって永久的な故障発生の場合, 停電区間を必要最小限に止めることである。例を上げて説明する。⁽³⁾ 第7図のような配電系統において A 点で短絡が発生したとする。自然消滅する性質の故障ならば HOC によってヒューズ溶断前に変電所のしゃ断器が開放し, 続いて再閉路すると, そのまま配電が持続される。永久的な短絡であれば第1図の再閉路後ヒューズが溶断し (HOC は第1回のトリップの後ロックされるものとする), A 点を含む区間のみが除かれる。次に B 点で永久的な短絡が発生の場合を考える。HOC によってまず変電所のしゃ断器がトリップする。初回の再閉路によってまず RC_1 までの区間が生きる。この区間



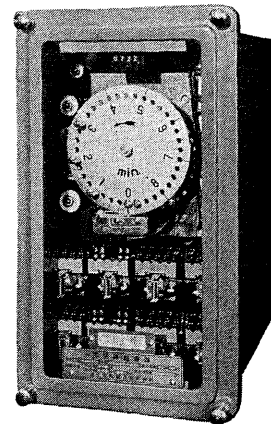
第7図 配電系統の一例
Fig. 7. Typical distribution circuit

の充電によって一定時間後 RC_1 が自動閉路する。次いで一定時間後 RC_2 が自動閉路する。故障点 B への故障電流の流入によって変電所のしゃ断器はふたたびトリップする。第2回目の再閉路に対しては RC_1 は閉路するが RC_2 は閉路せず、 RC_2 の区間のみが除去され、健全部分の配電が継続される。

以上の説明から明らかなように第2の機能をはたすためには2回の再閉路が必要になる。当器においては第2の機能と、第1の場合の機能の遂行に2回の再閉路を割り当てるものとして3回までの再閉路が考慮されている。

しゃ断から再閉路にいたる時間は、第1回目については前述したとおりであるが、2回目以後においては、継電器の復帰、自動閉路器の時間特性、自動閉路器の直列段数など系統の条件によって異なり一定には定められない。多くの実施例は 20 sec~1 min 以内と考えられる。当器ではⅡに述べたとおり1周期 3 min, 6 min, 9 min の3種類が用意されている。

再閉路継電器の復帰については成功の確認と同時に瞬時復帰させるタイプもあるが、当器ではしゃ断器の責務



第8図 再閉路継電器 RMS 2 F 形
Fig. 8. Reclosing relay, type RMS 2 F

との協調を考慮して必ず1周期を経ぬと復帰させないこととした。

第8図にRMS 2 F形の外觀を示す。RMS 3 F形とは回路および補助継電器の個数が異なるのみで他は全く同様である。

V. む す び

以上に最近製品化された再閉路継電器についてRMS 3 F形を中心に述べた。自然消滅する事故時の再送電、自動閉路器、ヒューズ、しゃ断器などの協調動作による永久故障時の停電区間の極限という二つの目的に対して十分な能力を発揮するものとする。

当器は需要家をはじめ関係各位のおしめないご援助によって完成できたものであり、紙面をかり厚くお礼申し上げます。

参考文献

- (1) 長岡, 他: 再閉路方式利用による配電線故障負荷開放について 電力 昭36年 p. 1251~55
- (2) A.E. Anderson: Automatic Reclosing of Oil circuit Breakers, AIEE Jan. 1934 p. 48~53
- (3) W. H. Johnson 他 Distribution Circuit Protection for the American Electric Power Company, AIEE III Feb. 1960 p. 1833~37
- (4) L. E. Goff: An Improved Reclosing Relay AIEE II 1950, p. 1480~84



*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。