

停電時間を大幅に削減する 保護リレー自動点検システム

平田陽介*

Automatic Inspection System for Protection Relays to Drastically Reduce Power Failure Time

Yosuke Hirata

要旨

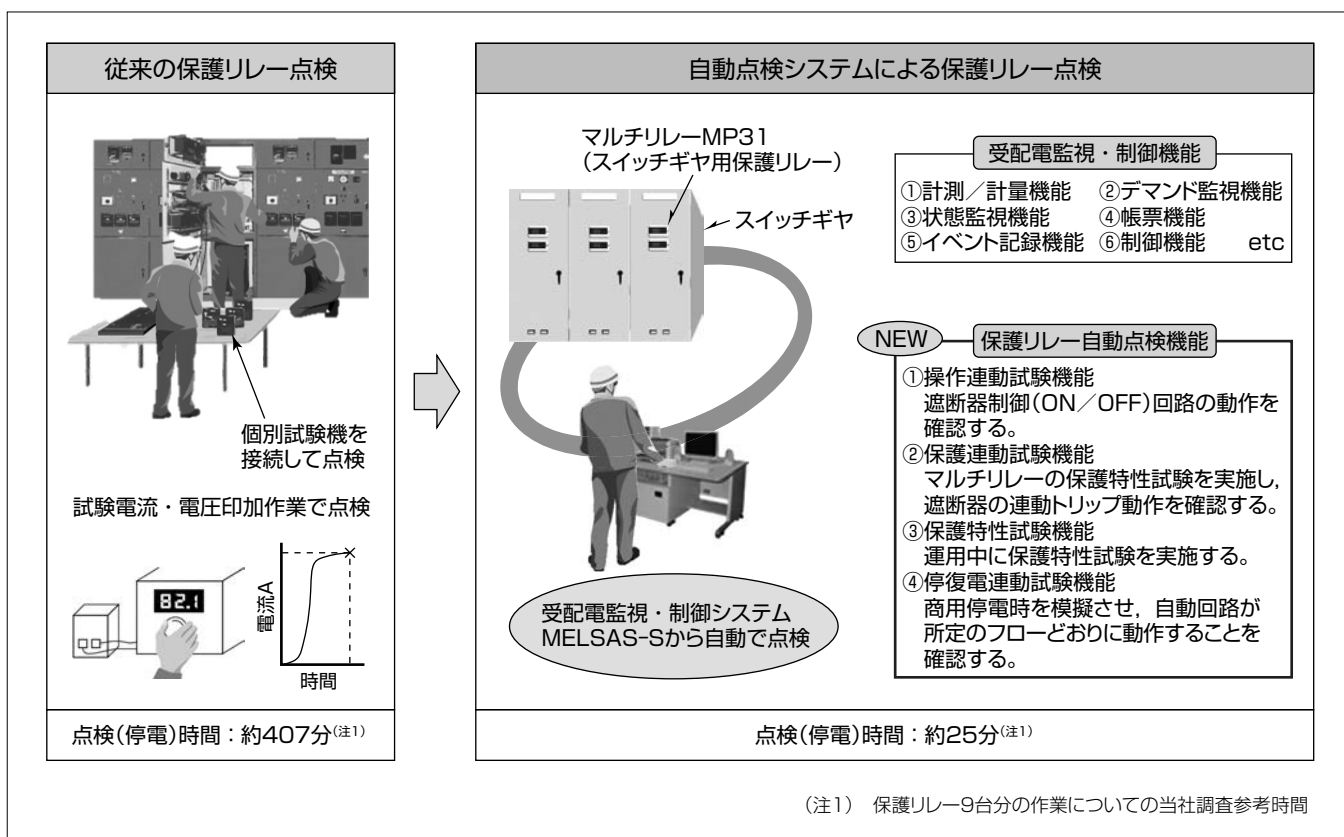
日本では受配電設備などの電気工作物に対して、電気事業法の規程によって保安規定を作成して経済産業省に提出する義務がある⁽¹⁾。これによって各設備に対して点検方法や点検スケジュールを定めている。特に、特高受配電設備や高圧受配電設備に対する点検は知識や経験を要する上に、点検中は停電にするため長時間各負荷への電力供給が停止される。

工場での生産ライン停止時間や、施設の運用停止時間を考慮するとこれら点検(停電)時間の削減は重要課題の1つとして考えることができる。また、近年では人口減少、高齢化が進み、熟練点検作業員不足の問題も挙げられ、今後ますます受配電設備の点検作業についての問題点が顕著化することが予測される。三菱電機の受配電監視・制御シス

テム“MELSAS-S”では、従来の受配電設備の監視・制御機能に加えて次のスイッチギヤ用の保護リレー点検試験を自動で実施することができるシステムを開発した。

- (1) 操作連動試験
- (2) 保護連動試験
- (3) 保護特性試験
- (4) 停復電連動試験

これによって、熟練作業員がいなくても試験を実施することができる。また、保護特性試験については受配電設備の運用中に保護機能を有効にした状態で点検試験を実施できるため、停電点検前に実施しておくことで点検(停電)時間を大幅に削減できる。



スイッチギヤ用保護リレー点検の自動化

従来の保護リレー点検と今回開発した自動点検システムによる保護リレー点検、及び点検(停電)時間の比較を示す。保護リレー自動点検システムは、受配電監視・制御システムMELSAS-Sから点検指令を受ける。

1. ま え が き

電気工作物などの電気設備を安全かつ長期利用するためには点検作業が重要な作業の1つである。特に高圧電気設備の点検作業は危険を伴うため、専門知識を持った熟練作業員が必要であるが、少子高齢化の影響から今後熟練作業員は減る方向にあると言える。また、点検には長時間設備の停電が必要となるため、点検作業中は工場の生産ラインや、ビルの営業が停止する。

そこで当社は受配電設備の点検作業を少人数で簡単かつ効率的に実施できる保護リレー自動点検システムを開発した。

2. 自動点検システム

2.1 システム構成

保護リレー自動点検システムは当社製の次の製品を組み合わせて実現している。図1にこのシステムの構成を示す。

(1) マルチリレー“MP31”

MP31(図2)は、保護機能、制御機能、計測機能を1台で担うスイッチギヤ用の保護リレーである。自己診断機能や、事故時の故障電流、動作時間などの履歴表示も可能である。さらに利用者の操作性、視認性についても従来機種から大幅に改良している。液晶の視野角拡大や斜めから見た場合のランプの視認性向上、使いやすいボタン配置など改良を重ね、2016年にGOOD DESIGN賞を受賞している。

(2) 受配電監視・制御システム“MELSAS-S”

MELSAS-Sは、受配電設備での通常運転時の監視制御や、故障時、停電時の自動処理支援、さらには保全省力化などをトータルに行う。また、2013年に画面の操作性・

使いやすさを考慮したユニバーサルデザインを製品に導入しており、老若男女画面を見ただけで操作できるよう使いやすさを向上させた(図3)。

2.2 保護リレー点検試験

保護リレー自動点検システムでは、MELSAS-Sのデータ処理ユニット(以下“PC”という。)からMP31に点検開始指令を出して結果を取得することによって、次の4試験を実行して良否判定、結果表示、データ保存を行う。

(1) 操作連動試験

遮断器への制御操作機能を持つMP31の制御回路から遮断器を動作させ、遮断器動作時間を計測して遮断器動作の良否を判定する。遮断器制御回路の健全性の確認を行うとともに、計測された遮断器開閉動作時間から遮断器の劣化を発見するなどの保全支援を行う。

(2) 保護連動試験

MP31の機能によって、試験用の保護特性試験信号を発生させ、保護回路を動作させる。トリップまでの動作時間



図2. MP31

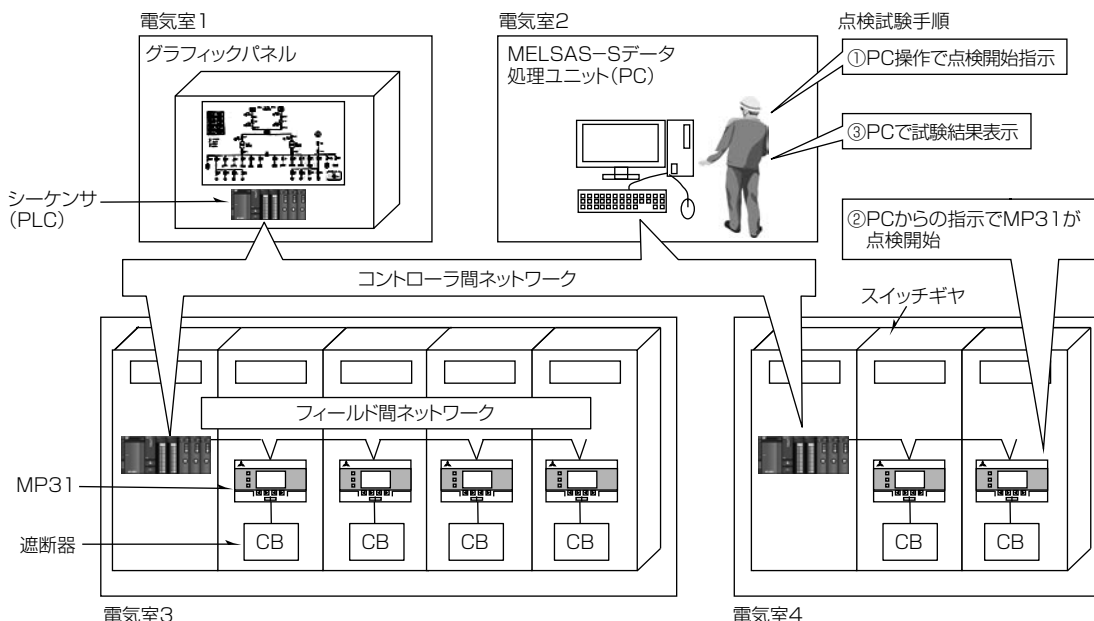
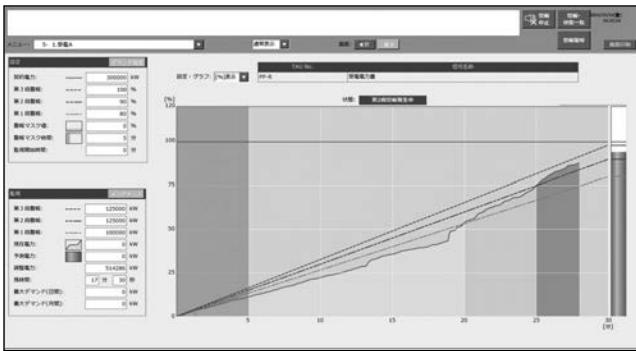
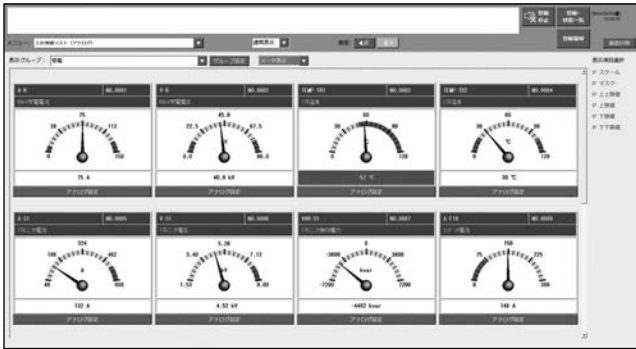


図1. システム構成



(a) デマンド監視画面



(b) アナログメータ画面

図3. MELSAS-S画面サンプル

を計測して保護特性の良否判定を行うとともに、遮断器の連動トリップ動作の確認を行う。これによって周辺補助リレーの動作を含めたシーケンス回路の健全性の確認を行う。

(3) 保護特性試験

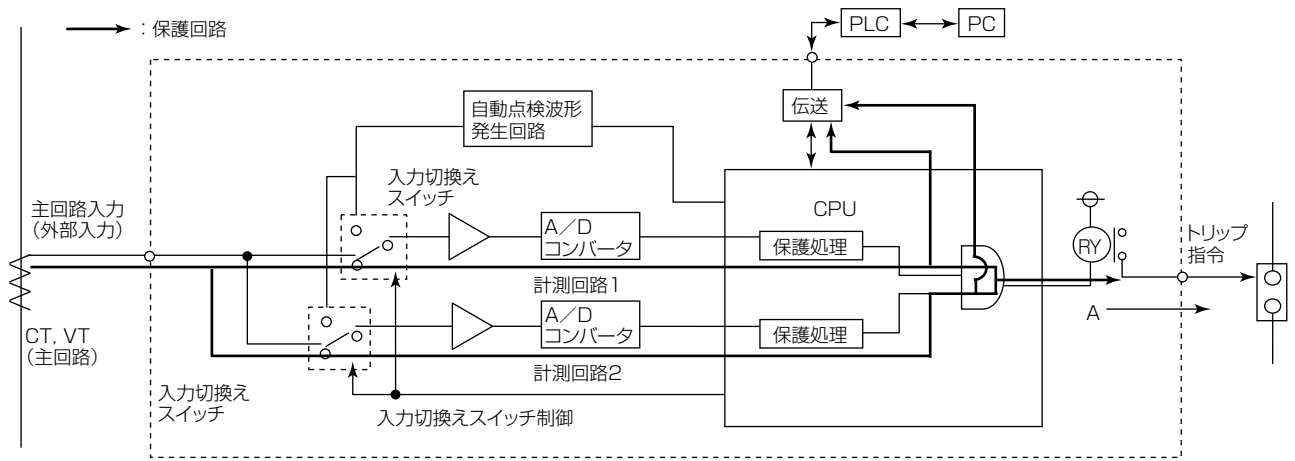
MP31では計測回路(保護検出回路)が二重化されている。これによって、点検時に片系回路で保護状態を保ちながら片系回路にだけ試験用の保護特性試験信号を内部で発生させる。これを交互に回路を切り換えて点検を行う。これによって受配電設備の運用中にMP31の保護検出回路の健全性の確認を行う。

(4) 停復電連動試験

停電時に自家用発電機を起動して系統を切り換えるような自動回路を組み込んでいる場合、MP31から模擬信号を発生させることによって自動回路を動作させ、登録されたフローどおりの順序・時間で動作するか確認することによって自動回路と動作させる機器の健全性の確認を行う。

3. MP31での保護特性試験

MP31は計測回路を二重化している。これによって片系の計測回路が故障しても運用を継続できる。二重化した計



A/D : Analog to Digital, RY : Relay, CT : Current Transformer, VT : Voltage Transformer

図4. MP31通常運用時の回路状態

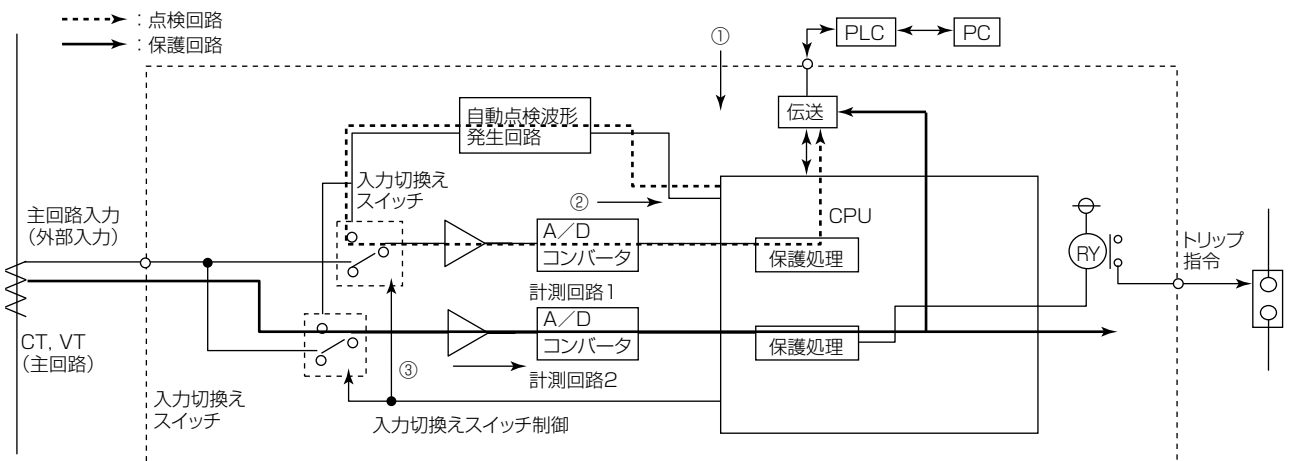


図5. MP31保護特性試験時の回路状態

測回路を利用して保護特性試験を受配電設備の運用中に実施することによって、無停電の保護特性試験を実施できる。

MP31の通常運用時の回路状態を図4に、保護特性試験中の回路状態を図5に示す。MP31では計測回路を二重化しているため、一方の計測回路では外部からの入力、もう一方の計測回路では保護特性試験信号の監視を行うことで、設備運用中に保護特性試験の実施を可能にした。

PCからの保護特性試験開始指令を図5の①のように受信すると、まず図5の②のように計測回路1で保護特性試験を実施する。計測回路1の保護特性試験中は、図5の③のように計測回路2によって外部入力の監視を行う。計測回路1の保護特性試験終了後は、計測回路1と2の動作を切り換え、計測回路1で設備保護のため外部入力監視、計測回路2で保護特性試験を行う。外部入力と自動点検波形発生回路は、入力切換スイッチによって電氣的に切換えを行う。

保護特性試験中に外部入力監視側回路で設備の事故を検出した場合、点検を中止して遮断器に対してトリップ指令を出すことで設備保護を行う。また、MP31は各計測回路の健全性確認を常に行っており、片系の計測回路に異常が発生した場合、MELSAS-Sに異常を通報して異常となった計測回路を停止し、正常な計測回路だけで運転を継続する。この状態の場合、保護特性試験開始指令を受け付けない。また、試験中にこの状態になった場合は試験を中止する。

4. MELSAS-Sでの自動点検機能追加

MELSAS-SのPCにMP31と連携する点検機能や、点検作業を効率化する機能を追加した。

4.1 点検機能

MELSAS-SのPCからMP31の点検を実施、良否判定、結果の表示、データを保存する機能を追加し(図6)、PCで受配電設備の情報を一元管理できるようになった。

さらに、受配電設備の運用中に実施する保護特性試験についてはスケジュール機能を搭載しており、カレンダーで指定した実施スケジュールに基づいて自動で保護特性試験が実行可能になる(図7)。

保護連動試験と保護特性試験では、各保護要素の故障を試験的に発生させ故障検出回路の健全性を確認している。保護連動試験は故障検知後トリップ信号を出力するが、保護特性試験は故障検知後トリップ信号は出力しないという違いがある。また、MP31が故障を検知してトリップさせるためのトリップ回路は図4のAのとおり、各保護要素で共通した回路を使用している。つまり、任意の1要素で保護連動試験を実施することで、トリップ回路の健全性が確認できるため、受配電設備の運用中に保護特性試験で各保護要素の健全性を確認しておけば、停電後、保護連動試験を行う項目を少なくできるため、停電時間を削減できる。

4.2 点検作業効率化機能

4.2.1 整定値・設定値取得機能

PCはMP31の保護機能の動作条件(以下“整定値”という。)にしたがって試験指示コマンドを送信する。つまりMP31を点検する前に必ず最新の整定値をPCに設定しておく必要がある。そこで、MP31の整定値を変更した際、自動でPCの整定値を更新する機能を追加した。これによって、いつでも最新の整定値で試験できるため、現場のMP31とPCの設定を確認しなくても点検作業に入ることができる。

また、CT比やVT比などMP31の計測・計量に関する設定値についてもPCがデータを取得し、このMP31の計測・計量用のスケールを自動で修正する機能を追加した。これによって複雑な設定がなくなり、変更内容に合わせてPCの設定が正しく行われる。

4.2.2 整定値・状態比較機能

通常、年次点検時にMP31の整定値と遮断器状態を変更するため、点検前にMP31の整定値と遮断器状態をメモしておき、点検終了後に点検前の状態に戻ったことを確認する作業を行っていた。

そこで、点検作業の支援機能として整定値・状態比較機能を搭載した(図8)。点検前と点検後の整定値や状態信号

日時	デバイスNo	種類	番号	種	特性カーブ	標準	初期値	目標値	測定値	判定
2017/06/02 10:13:42	L2F1	A	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	0.450	0.550	0.500	良
2017/06/03 10:13:42	L2F1	B	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	0.450	0.550	0.500	良
2017/06/03 10:13:42	L2F2	A	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	0.450	0.550	0.500	良
2017/06/03 10:13:42	L2F2	B	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	0.450	0.550	0.500	良
2017/06/03 10:13:42	L2F3	A	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	1.800	2.200	2.000	良
2017/06/03 10:13:42	L2F3	B	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	1.800	2.200	2.000	良
2017/06/03 10:13:42	L2F4	A	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	0.270	0.330	0.300	良
2017/06/03 10:13:42	L2F4	B	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	0.270	0.330	0.300	良
2017/06/03 10:13:42	L2F6	A	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	1.800	2.200	2.000	良
2017/06/03 10:13:42	L2F6	B	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	1.800	2.200	2.000	良
2017/06/04 02:28:55	L2F6	A	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	1.800	2.200	2.000	良
2017/06/04 02:28:55	L2F6	B	67(電線方向)	-	-	Ao130% Vo150%	1.800	2.200	2.000	良

図6. 点検結果の表示例



図7. スケジュール設定例

デバイスNo	保護要素名	設定名称	点検前	点検後
			前測定値	現測定値
S1	50	動作電流	210	250
		動作時間	INST	0.5
	51	CB投入ロック選択	LOCK	UNLOCK
		特性カーブ	OFF	100

図8. 整定値・状態比較結果の表示例

表 1. 点検時間の比較

点検作業項目	従来の点検	自動点検システムによる点検	
		時間	備考
試験準備・後片付け	60分	5分	試験用部材不要 整定値・設定値取得機能を使用
保護リレー整定値控え	18分	1分	整定値・状態比較機能を使用
保護特性試験	236分	(通常は受配電設備運用中に実施)	MELSAS-Sから実施
操作連動試験	5分	12分	MELSAS-Sから実施
保護連動試験	50分		
停復電連動試験	20分	6分	MELSAS-Sから実施
保護リレー整定値確認	18分	1分	整定値・状態比較機能を使用
合計(停電時間)	407分	25分	-

の差分を比較，表示・印刷する機能を追加した。これによって，作業時間短縮と人為的ミスの削減に貢献する。

5. 点検時間の比較

従来の保護リレー点検作業と自動点検システムによる点検作業の点検(停電)時間の比較を表 1 に示す。ここでは保護リレー 9 台の点検作業を想定した点検時間の比較をしている。従来の点検の場合は試験機を用意して 1 台ずつ点検する。自動点検システムによる点検の場合は運用中に保護特性試験を実施しておいた状態にし，停電後，このシステムで点検を実施する。

結果として 407 分程度必要としていた点検(停電)時間が 25 分で完了できるようになり，保護リレーの点検(停電)

時間を 382 分(約 6 時間)削減できる。また，人に頼る作業や確認を排除しているため人為的ミスも少なくなる。

6. むすび

従来の受配電監視・制御機能に加え，保護リレー自動点検機能を取り込み，停電時間大幅削減による操業率向上や人為的ミス削減に貢献するシステムを開発した。今後も信頼性が高く，効率的なシステムを創出していく。

参考文献

- (1) 電力設備保守近代化研究会：電力設備の保守近代化，オーム社 (1994)

