

# 高圧受配電用デジタル形保護継電器「QHA シリーズ」

Digital protective relays for high voltage use “QHA series”

國分 多喜雄 KOKUBUN Takio

最近の保護継電器には、電力システムの信頼性向上や日常点検の負荷の低減とともに、太陽光発電などの分散型電源の電力系統連系への適用が求められている。富士電機は、保護特性の充実や動作整定値を拡充し、信頼性を向上させた高圧受配電用デジタル形保護継電器「QHA シリーズ」を開発した。高圧受配電用に加えて、太陽光発電などの分散型電源と商用電源との系統連系に適用するために、動作値や動作時間整定値のきめ細かな設定を可能にした系統連系用の保護継電器 2 機種をシリーズにそろえている。

Recently, protective relays are demanded for applying to system coordination of the power system including distributed power sources such as solar power generation along with improving reliability of power systems and reducing daily inspection workloads. Fuji Electric has developed “QHA series” digital protective relays for high voltage distribution facilities with enhanced protection features and expanded operation stabilization values that improve reliability. In addition to above, for grid-interconnection applications for distributed generating plants, such as solar power generation and commercial power sources, Fuji Electric has offered the series two grid-interconnection protective relays that allow detailed configuration of operation values and operation-time set values.

## 1 まえがき

最近の電力システムにおいては、OA 機器や情報ネットワークの急激な普及に代表される高度情報化や生産設備の自動化・連続稼働に対応するため、工場やビルなどのあらゆる電気設備への高品質で安定した給電がますます重要となっている。これまでも、高圧受変電設備の信頼性に対する要求は非常に高かったが、高度情報化の進展につれ、いっそう必要不可欠となっている。万一、電力供給のトラブルが発生した場合、影響を最小限に抑えるため、保護継電器には、他へ事故を波及させないための確実な動作と保護協調、日常点検の負担軽減のための高機能化と高信頼化が求められている。

また、世界的な環境問題への意識の高まりおよび東日本大震災後の電力供給能力の低下を受け、再生可能エネルギーの利用が促進され、太陽光発電・風力発電やマイクロガスタービンなどの分散型電源の設置と適用拡大が進んでいる。このような分散型電源を電力会社が供給する電力と併用する系統連系に適用する保護継電器が求められている。

表 1 デジタル形保護継電器「QHA シリーズ」

用途	機器の種類	形式	主な特徴
高圧受配電用	過電流継電器	QHA-OC1 QHA-OC2	保護特性の充実
	過電圧継電器	QHA-OV1	動作特性の安定化 信頼性向上 動作状態の数値確認
	不足電圧継電器	QHA-UV1	
	地絡方向継電器	QHA-DG3 QHA-DG4	動作範囲整定の拡大
系統連系用	地絡過電圧継電器	QHA-VG1	停電補償用別電源不要 系統連系用の整定値採用 外部動作ロック機能付き
	地絡過電圧継電器 + 逆電力継電器	QHA-VR1	

本稿では、高圧受配電用として開発したデジタル形保護継電器「QHA シリーズ」(表 1) について特徴となる技術を紹介する。

## 2 開発の背景

高圧受配電設備において、短絡事故や地絡事故などの波及を防止するために、図 1 に示す単線結線図の例のように各種保護継電器が用いられている。誘導形(機械式)から

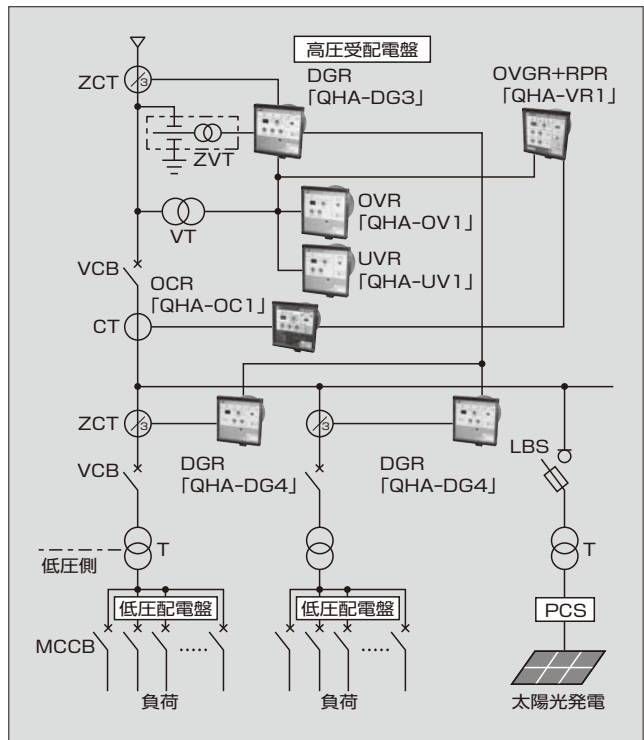


図 1 高圧受配電設備の単線結線図の例

静止形（トランジスタ、アナログ回路方式）を経て、現在、技術の主流はデジタル形（デジタル、ソフトウェア演算方式）に移行している。機能の充実や信頼性の向上などの要求に応えるために、デジタル技術を駆使した高圧受配電設備に使用される過電流継電器（OCR）、地絡方向継電器（DGR）、過電圧継電器（OVR）、不足電圧継電器（UVR）、および太陽光発電を主とした系統連系用保護継電器を開発した。

3 構造と特徴

3.1 共通の特徴

QHAシリーズの共通の特徴は次のとおりである。

(1) デジタル演算方式

入力波形の瞬時値をAD変換し、ソフトウェアによるフィルタ処理後、実効値を演算し引外し判定を行う。デジタル演算とすることにより、高精度で外部環境や経年による影響が少ないため、引外し指令のための動作特性が安定している。

(2) 信頼性向上

システムの信頼性を向上させるために保護継電器の内部回路を常時監視し、異常が発生した場合はLED表示器により容易に見つけられるようにした。これにより日常点検の業務軽減が可能である。常時監視項目、異常時の保護継電器の処置を表2に示す。

表2 監視項目と異常時の処置

監視項目	異常時の処置
メモリ二重化一致	リレーロック*
リレー駆動電源電圧	リレーロック
基準電圧	リレーロック
AD変換精度	リレーロック
電流入力信号の増幅回路	リレーロック
引外し出力二重化回路	異常表示し 運転継続

\*リレーロック：保護継電器内の動作は通常と同様に行うが、外部出力を停止すること

表3 OCRの表示項目

表示項目		表示内容	
表示 選択 項目	状態 表示	R相電流	R相入力電流
		T相電流	T相入力電流
		電流	R/T相入力電流の大きい方
		経過時間	R/T相の経過時間が速い方
		R相経過時間	R相経過時間
		T相経過時間	T相経過時間
整定 値	瞬時電流整定値	整定値	
	限時電流整定値	整定値	
	限時時間整定値	整定値	
整定スイッチ操作後の表示		操作後の整定値	
エラーコード表示		監視項目に対応する表示	

また、引外しの出力リレー駆動回路を二重化し、万一の出力リレー駆動回路故障時の誤遮断を防止するとともに、常時状態監視および定期的な自動動作点検による誤不動作故障の検出も可能とした。

(3) 動作状態と整定値の表示

保護継電器の正面に配置したLED表示器で整定値、動作値、入力電流値、エラーコードなどを表示している。OCRの場合の表示項目を表3に示す。

(4) 取付け方法

外形寸法の統一により、加工穴を統一している。従来品「QHシリーズ」との取付け互換性がある。さらに、正面カバーの付替により、左右どちらからでも開閉可能である。

3.2 過電流継電器（OCR）

OCR（制御器具番号<sup>注1</sup>50, 51）のデジタル化により、継時的にも一段と安定した保護を可能とした。また、保護特性曲線にて限時特性の強反限時、反限時、定限時特性の3特性と瞬時特性の3段特性を追加したことにより、上位と下位との動作協調が容易に実現できる。

OCRの外観を図2に、定格・仕様新旧比較を表4に示す。

(1) デジタル形保護継電器の動作原理

高圧回路に取り付けてある変流器（CT）から取り込んだ交流入力波形の瞬時値をAD変換し、ソフトウェアに

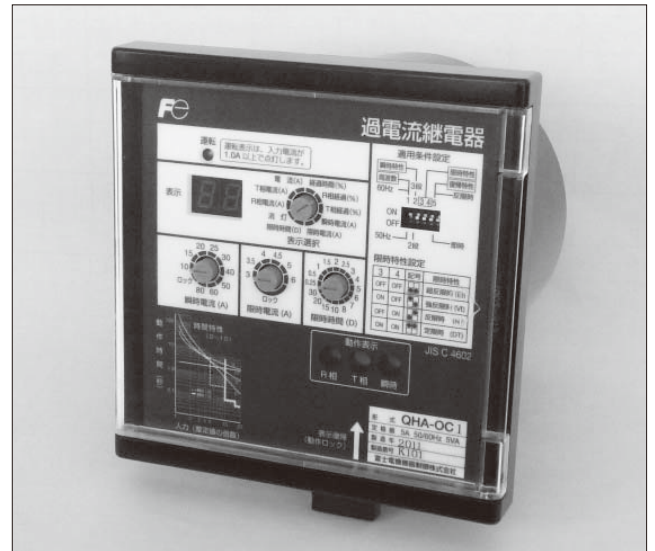


図2 「QHA-OC1」

注1) 制御器具番号：日本電機工業会規格 JEM 1090：2001 で規定された制御器具の番号である。シーケンス図や単線結線図などで機器の名称を数字で表す際に使用する。本稿で示す制御器具番号は次のとおりである。

- 27：交流不足電圧継電器
- 50：短絡選択継電器
- 51：交流過電流継電器
- 59：交流過電圧継電器
- 64：地絡過電圧継電器
- 67：交流電力方向継電器または地絡方向継電器

よるフィルタ処理後、実効値を演算し引外し判定を行う(図3)。

(2) 動作協調

図4に示すOCRの限時動作特性曲線は、従来の超反限時特性に加え、強反限時特性、反限時特性、定限時特性の3種類を備えた4種類である。瞬時動作特性は、図5に示すように従来のアナログ2段特性をデジタル2段特性に変更し、3段特性を追加した。OCRのスイッチで、限時特性4種類、瞬時特性2種類から限時特性と瞬時特性の動作特性をそれぞれ1種類選択することにより、上位と下位の機器との動作協調を容易に設定できる。

高圧受電設備において300kVAを超える場合は、高圧系統の過負荷電流や短絡事故電流を遮断し、保護する機器として遮断器を使用する。その遮断器に動作指令を与えるのがOCRである。設備容量の増大化や電力会社の配電用

変電所内OCRのデジタル化により、上位となる配電用変電所内OCRと下位の変圧器や保護機器との動作協調が取りにくくなる傾向にある。設備容量が小さく、変圧器の励磁突入電流が小さい場合は動作協調が可能である。しかし、設備容量が約1,000kVA以上の励磁突入電流が大きい場合で、かつ、配電用変電所内OCRがデジタル形の図6のような直線的な動作曲線の場合は、双方の保護協調が難しい。遮断器用OCRは、系統の下位にある変圧器の励磁突入電流およびMCCBの動作特性と上位にある配電用変電所内OCRの動作特性間の狭い領域で協調動作しなけ

表4 OCRの定格・仕様新旧比較

項目	形式	開発品	従来品
		QHA-OC1 QHA-OC2	QH-OC1 QH-OC2
限時要素	動作特性	超反限時 (EI) 強反限時 (VI) 反限時 (NI) 定限時 (DT)	超反限時 (EI)
	動作値整定	3-3.5-4-4.5-5-6A-ロック	3-3.5-4-4.5-5-6A
	限時整定	0.25-0.5-1-1.5-2-2.5-3-4-5-6-7-8-10-15-20-30	0.5-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-15-20-30-40-50
瞬時要素	動作特性	デジタル2段特性/ 3段特性	アナログ2段特性
	動作値整定	10-15-20-25-30-50-60-80A-ロック	10-20-30-50-60-70-80-90
表示	数値表示	LED表示(赤色)	なし
事故診断		メモリ二重化一致などの内部常時監視の充実	演算値、つまみ設定異常

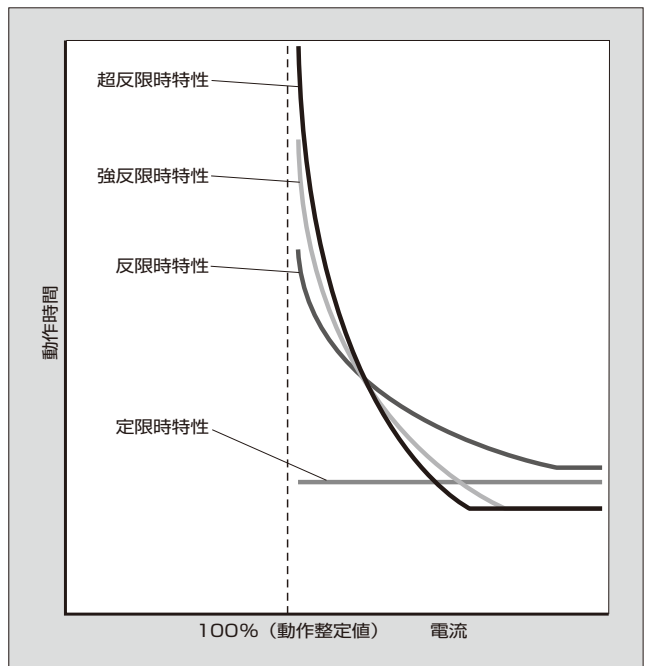


図4 限時動作特性曲線

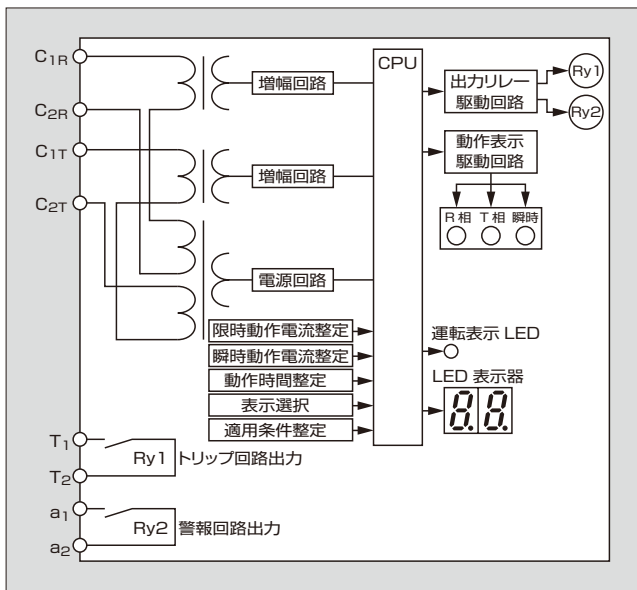


図3 OCRの内部ブロック図

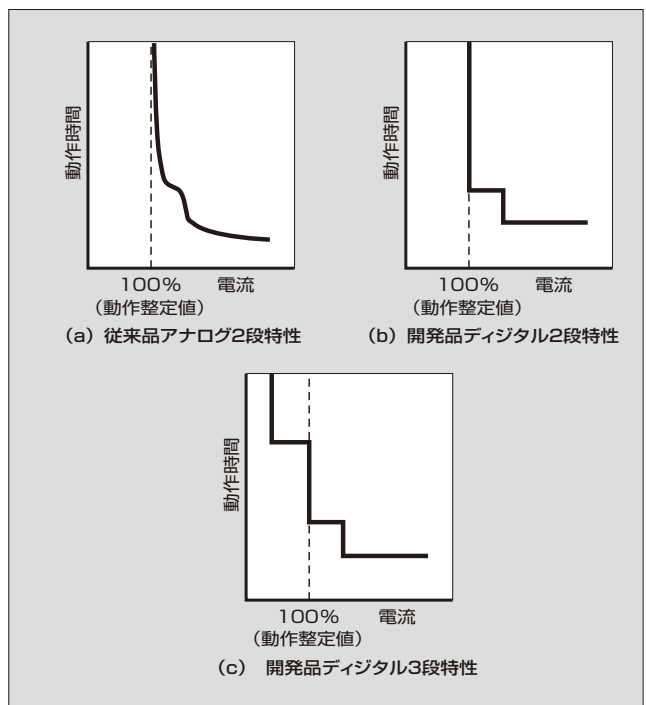


図5 瞬時動作特性曲線

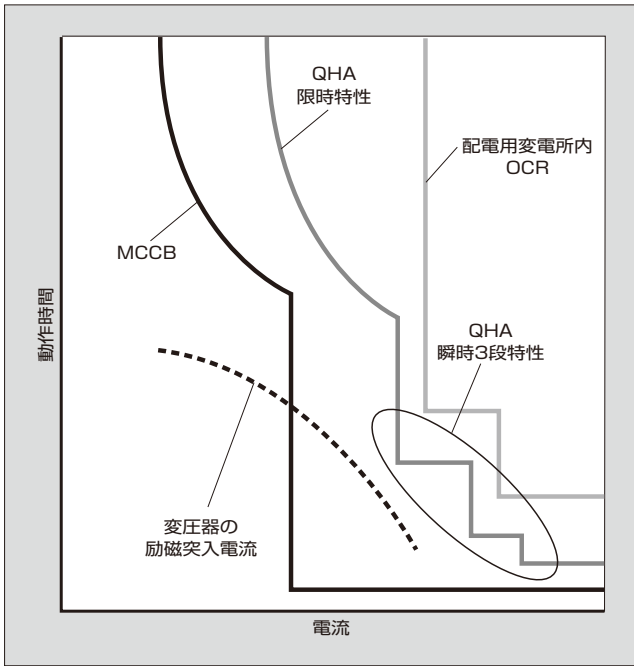


図6 動作特性曲線

ればならないからである。瞬時動作特性において配電用変電所内 OCR の特性に合わせた3段特性を追加することにより、動作協調が容易になった。

### 3.3 地絡方向継電器 (DGR)

DGR (制御器具番号 67) は自設備内の地絡事故のみを検出動作する機器である。DGR もデジタル化により、保護特性が安定している。

DGR には、零相電圧入力を零相電圧基準入力装置 ZVT (形式:「ZPD-2」) から受ける受電用 (形式:「QHA-DG3」) と、零相電圧入力を受電用 DGR から受ける分岐用 (形式:「QHA-DG4」) とがある。同一系統に DGR を複数台使用する場合、受電用 1 台と分岐用とを組み合わせる。受電用 1 台に対し分岐用が最大 20 台接続できる。

接地方式は、非接地方式と PC 接地方式に対応している。また、最近の高圧電線で施設される電線は以前より長くなり、対地静電容量が増大し、地絡事故時の位相角が進み方向になる。これを考慮して最高感度位相角を非接地方式の 45°、PC 接地方式の 20°、それぞれの進み角度の 30° と 60° の 4 種類から選択できる。

### 3.4 過電圧継電器 (OVR)、不足電圧継電器 (UVR)

OVR (制御器具番号 59) と UVR (制御器具番号 27) は、高圧系統の電圧を変圧器により下げて定格電圧 110 V 入力にて電圧変動を監視し、整定値より外れた場合に動作する。演算機能をデジタル化し、保護特性を安定させている。

UVR では、動作中に入力の電源がなくなっても、動作時間整定の最大値である 10 秒間の動作を可能とする停電補償コンデンサを内蔵している。この停電補償コンデンサを常時監視し、異常を表示する。その他の監視項目は表 2

と同一である。

## 4 系統連系用保護継電器<sup>(1)</sup>

太陽光発電や風力発電、マイクロガスタービンなどの分散型電源の設置や適用の拡大が進んでいる。このような分散型電源を電力会社が供給する電力と併用する系統連系では、PCS (パワーコンディショナ) を使用する。PCS を使用する場合、社団法人日本電気協会 (JEA) の“系統連系規定<sup>(2)</sup>”に定められた保護機能を備える必要がある。これらの分散型電源を用いた高圧受配電設備での系統連系において、逆潮流がある場合 (売電あり) と逆潮流がない場合 (売電なし) がある。それぞれに対して、特に太陽光発電の系統連系に対応可能な保護継電器 2 機種をシリーズに加えた。

- (a) 逆潮流がある場合 (売電あり): 形式「QHA-VG1」地絡過電圧継電器 (OVGR)
- (b) 逆潮流がない場合 (売電なし): 形式「QHA-VR1」地絡過電圧継電器 (OVGR) + 逆電力継電器 (RPR)

太陽光発電設備と商用電源との連系に必要なきめ細かな動作値、動作時間整定値の設定が可能である。デジタル演算により高調波などの影響を抑えているので、高い精度で継電器が動作し引外し指令を出すことにより、高圧受配電設備を事故から保護することが可能である。また、外部からの継電器動作のロック機能を備えているので、系統連系条件に応じた動作ロックとインタロックが可能である。

商用電源が停電した場合でも、継電器の動作責務時間の最大である 5 秒間は確実に動作するよう停電補償コンデンサを内蔵している。これにより停電対策としての外部電源設置が不要である。また、監視項目は、表 2 と同一であり、停電補償コンデンサの監視機能は UVR と同一である。

### 4.1 地絡過電圧継電器 (OVGR)

OVGR (制御器具番号 64) は図 7 (a) の単線結線図のように系統側への逆潮流がある場合 (売電あり)、系統側の地絡事故を検出し、発電側を解列<sup>(注2)</sup> することで事故の影響が及ばないようにするものである。また、OVGR は ZVT (形式:「ZPD-2」) からの零相電圧の入力電圧により地絡事故の判断を行っている。

OVGR の定格および仕様を表 5 に示す。

### 4.2 地絡過電圧・逆電力継電器 (OVGR+RPR)

「QHA-VR1」は、地絡過電圧継電器 (OVGR) と逆電力継電器 (RPR) の機能を合わせたものである。

OVGR の機能は、表 5 の「QHA-VG1」と同一である。RPR (制御器具番号 67) の機能は、図 7 (b) の単線結線図のように系統側への逆潮流がない場合 (売電なし)、太陽光発電側から系統側へ発電した電気が流れないかどうかを監視

<注 2> 解列: 電力系統から発電設備などを切り離すこと

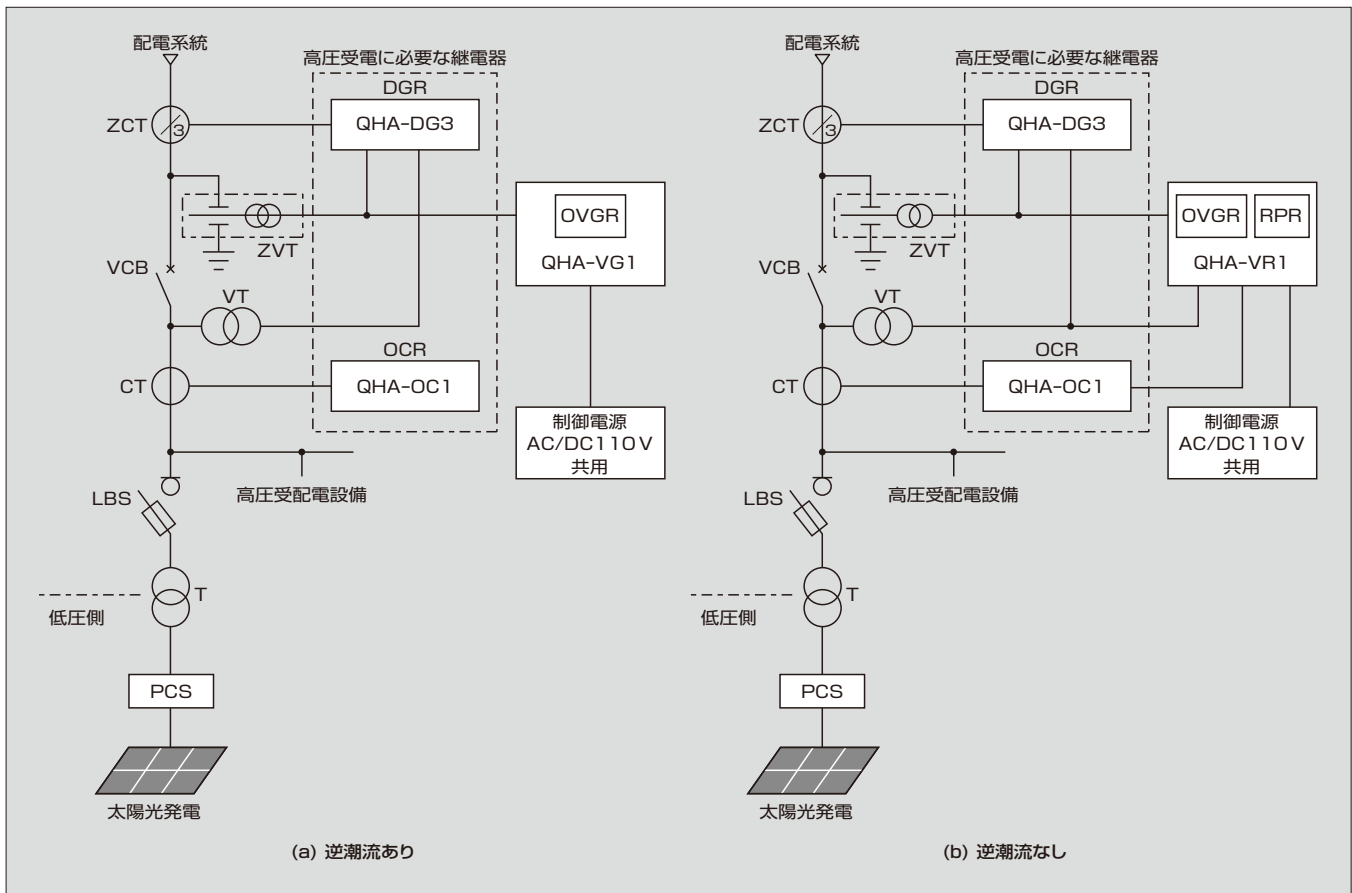


図7 系統連系の単線結線図

表5 OVGRの定格および仕様

項目	形式	QHA-VG1
引外し方式		電圧引外し
制御電源		AC/DC110V
零相電圧整定		完全地絡時零相電圧3.810Vの 2-2.5-3-3.5-4-4.5-5-6-7.5- 10-12.5-15-20-25-30%
動作時間整定		0.1-0.2-0.3-0.4-0.5-0.6- 0.7-0.8-0.9-1-1.2-1.5-2- 2.5-3-5s
定格周波数		50/60Hz (切替式)
表示	運転表示	LED表示 (緑色)
	動作表示	磁気反転式 (橙色)
	数値表示	LED表示 (赤色)
消費VA		7VA
入力機器		ZVT 形式「ZPD-2」
準拠規格		JEC-2511

する。系統側へ流れた場合は、保護継電器が動作して太陽光発電側を系統から解列し、単独運転<sup>〈注3〉</sup>を防止する。

系統側の遮断器が開放された場合、太陽光発電側が系統

〈注3〉 単独運転：商用電源から切り離された系統において、分散型電源から供給される電力のみで配電線に電気が通じている状態



図8 「QHA-VR1」

から解列されずに商用電源から分離された部分系統内で運転を継続すると、本来無電圧であるべき範囲が充電される単独運転となる。単独運転となった場合に人身や設備の安全に対して大きな影響を与える恐れがあるので、太陽光発電側を系統から解列する必要がある。

「QHA-VR1」の外観を図8に、定格および仕様を表6に示す。

表6 OVGR+RPR の定格および仕様

形 式		QHA-VR1
項 目		
引外し方式		電圧引外し
制御電源		AC/DC110V
OVGR	零相電圧整定	完全地絡時零相電圧 3,810V の 2-2.5-3-3.5-4-4.5-5-6-7.5-10-12.5-15-20-25-30%
	動作時間整定	0.1-0.2-0.3-0.4-0.5-0.6-0.7-0.8-0.9-1-1.2-1.5-2-2.5-3-5s
	入力機器	ZVT 形式「ZPD-2」
RPR	動作電力	ロック -0.2-0.4-0.6-0.8-1-1.5-2-3-4-5-6-7-8-9-10%
	動作時間整定	0.1-0.2-0.3-0.4-0.5-0.6-0.7-0.8-0.9-1-1.2-1.5-2-2.5-3-5s
定格周波数		50/60Hz (切替式)
表示	運転表示	LED 表示 (緑色)
	動作表示	磁気反転式 (橙色)
	数値表示	LED 表示 (赤色)
消費 VA		7 VA
準拠規格		JEC-2511

⑤ あとがき

本稿では、高圧受配電用として開発したデジタル形保護継電器「QHA シリーズ」について特徴となる技術を紹介した。今後、電力品質の維持・向上はますます重要になってくる。多様化する電力設備において電力品質を阻害する要因から需要家設備を保護するために、お客様の要求に合った継電器を開発し、商品化していく所存である。

参考文献

- (1) 鹿野俊介ほか. 受配電保護・監視機器「F-MPCシリーズ」の最新機器と技術. 富士時報. 2008, vol.81, no.3, p.246-249.
- (2) 日本電気協会. 系統連系規定JEAC9701-2010.



國分 多喜雄

高圧真空遮断器，高圧保護継電器の開発設計に従事。現在，富士電機機器制御株式会社技術・開発本部開発部主任。





\*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。