

6 kV 配電線の電力品質を維持する分散電源対応型 SVR

■ 梅山 慶太
Keita Umeyama■ 佐藤 祥輝
Noriyuki Motegi

1 はじめに

地球環境問題や省エネルギーに対する意識の高まりを背景に、国内外で太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの普及拡大に向けた取り組みが行われている。とりわけ日本では、再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff）の施行を契機として、太陽光発電をはじめとした分散電源の電力系統への導入が急速に進んでいる。

6 kV 配電線への分散電源の連系が増加すると、電力潮流が複雑化することに伴う電圧変動の増大により、適正電圧の維持が難しくなる場合がある⁽¹⁾。

電圧変動対策の一つとして電圧調整器の導入がある。その中で、ステップ式自動電圧調整器（Step Voltage Regulator：以下、SVR）は6 kV 配電線の電圧改善を目的に、現在、多くの電力会社で採用されている。

しかしながら、分散電源が多く連系され、逆潮流^{注1)}が発生する6 kV 配電線においては、現在広く普及しているSVR（以下、従来型SVR）では制御の仕様上、意図した制御動作とならない場合がある。そのため、近年、電力会社では逆潮流にも対応可能なSVRのニーズが高まっている。

東光高岳は、従来型SVRを製品化しており、これまでに電力会社へ多数納入してきた。今回、逆潮流が発生する6 kV 配電線においても適切な制御動作が可能である分散電源対応型SVR（以下、新型SVR）を、愛知電機（株）と共同で開発し、製品化したので紹介する。

2 従来型SVRの制御仕様と課題

2.1 従来型SVRの制御仕様

SVRは主に変圧器、負荷時タップ切換器および制御装置から構成される。6 kV 配電線の電圧を制御装置で監視し、設定範囲からの逸脱を検出すると負荷時タップ切換器にタップ切換指令を出力し、変圧器巻線を適切な変圧比に変更することで、電圧を設定範囲内に調整する仕組みである。

表1に、従来型SVRの制御対象とする6 kV 配電線の状態と、その制御内容を示す。従来型SVRは、電力潮流が変電所から線路末端の方向に流れる順潮流の状態を前提とし、送電方向が順送電である(a)の状態では二次側（負荷側）の電圧を調整し、6 kV 配電線の系統切替^{注2)}によりSVRが逆送電となる(b)の状態では、二次側電圧調整を停止しタップ固定に移行する制御動作となる。

表1 従来型SVRの制御動作（順潮流の状態）

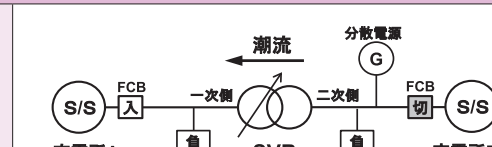
ここで、送電方向の判断は、順送電のときはSVR一次側から二次側に向かう潮流となること、逆送電のときは二次側から一次側に向かう潮流となることを、SVRに実装した逆流継電器により検出することで行っている。

2.2 制御仕様の課題

近年では、分散電源の連系量の増加に伴い、逆潮流が発生する6 kV配電線が増えている。表2に、従来型SVRが逆潮流の状態となった場合の制御内容を示す。

従来型SVRは、分散電源による逆潮流が発生することを想定していない制御仕様であり、前項のとおり、逆流継電器により検出する潮流の向きのみで送電方向を決定するため、(c)の状態を逆送電、(d)の状態を順送電と誤認識し、それぞれに応じた制御動作を行う。すなわち、(c)の場合はタップ固定制御に、(d)の場合は二次側電圧調整に移行することとなる。

配電線の状態およびSVRの制御内容
(c)



潮流

分散電源

G

FCB入

一次側

二次側

FCB切

S/S

変電所A

負

SVR

負

変電所B

(c)

ここで、送電方向の判断は、順送電のときはSVR一次側から二次側に向かう潮流となること、逆送電のときは二次側から一次側に向かう潮流となることを、SVRに実装した逆流継電器により検出することで行っている。

2.2 制御仕様の課題

近年では、分散電源の連系量の増加に伴い、逆潮流が発生する6 kV 配電線が増えている。表2に、従来型SVRが逆潮流の状態となった場合の制御内容を示す。

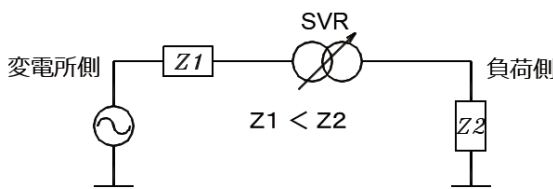
従来型SVRは、分散電源による逆潮流が発生することを想定していない制御仕様であり、前項のとおり、逆流継電器により検出する潮流の向きのみで送電方向を決定するため、(c)の状態を逆送電、(d)の状態を順送電と誤認識し、それぞれに応じた制御動作を行う。すなわち、(c)の場合はタップ固定制御に、(d)の場合は二次側電圧調整に移行することとなる。

表2 従来型SVRの制御動作（逆潮流の状態）

3.1 送電方向判定機能

前項で述べた従来型 SVR の制御上の課題の解決には、SVR の一次側と二次側に対し、どちらに変電所が接続されているかを自律的に判断する機能が必要となる。

新型 SVR は、電力潮流の方向を問わず変電所接続側を的確に判断可能な送電方向判定機能を備えた。判定の基本原理としては、SVR の変電所接続側は発電容量が大きいため電圧維持能力が高く、負荷側と比較してインピーダンス値が小さくなる性質を利用したものである（図 1）。SVR の計測電圧および電流から 6 kV 配電線のインピーダンス $Z1$, $Z2$ を演算し、値の小さい方を変電所接続側と判断し、送電方向が順送電か逆送電かを決定する⁽²⁾。



Z1: SVR 一次側から系統をみたインピーダンス
Z2: SVR 二次側から系統をみたインピーダンス

このように、従来型SVRは、逆潮流が発生する6 kV 配電線においては、意図した制御動作が行われない場合がある。

3 新型SVRの特長

開発した新型SVRは、次の機能を付加することで、逆潮流が発生する6 kV 配電線にも適用可能な制御仕様とした。

3.1 送電方向判定機能

前項で述べた従来型SVRの制御上の課題の解決には、SVRの一次側と二次側に対し、どちらに変電所が接続されているかを自律的に判断する機能が必要となる。

新型SVRは、電力潮流の方向を問わず変電所接続側を的確に判断可能な送電方向判定機能を備えた。判定の基本原則としては、SVRの変電所接続側は発電容量が大きいため電圧維持能力が高く、負荷側と比較してインピーダンス値が小さくなる性質を利用したものである（図1）。SVRの計測電圧および電流から6 kV 配電線のインピーダンス $Z1$ 、 $Z2$ を演算し、値の小さい方を変電所接続側と判断し、送電方向が順送電か逆送電かを決定する⁽²⁾。

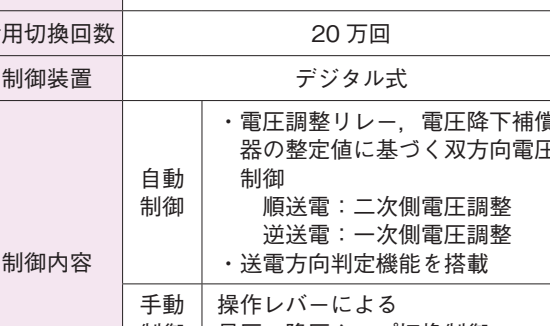


図1 SVRから見た6 kV 配電線のインピーダンス

3.2 双方向電圧制御機能

分散電源が多く連系された電圧変動の大きい6 kV 配電線での使用を考慮すると、逆送電においてもSVRは電圧調整を行えることが望ましい。このため、新型SVRは双方向電圧制御方式を採用し、送電方向判定の結果、順送電の場合はSVR二次側の電圧調整を、逆送電の場合は一次側の電圧調整を行う仕様とした。

また、送電方向に応じて最適な電圧調整が行えるよう、一次側と二次側とで個別の制御整定値（基準電圧、動作時限、電圧降下補償量など）の設定を可能とした。

4 新型SVRの仕様および構造

4.1 仕様

新型SVRの主な仕様を表3に示す。

表3 新型SVRの主な仕様

項目	仕様
相数	3相
定格周波数	50 Hz
線路容量	5,000 kVA
結線	単巻スター結線
タップ点数	9タップ
一次タップ電圧	6,900 V, 6,800 V, 6,700 V, 6,600 V, 6,500 V, 6,400 V, 6,300 V, 6,200 V, 6,100 V
定格二次電圧	6,500 V
素通しタップ	タップ5 (6,500 V)
タップ切換器	真空バルブ式負荷時タップ切換器
耐用切換回数	20万回
制御装置	デジタル式
制御内容	自動制御 ・電圧調整リレー、電圧降下補償器の整定値に基づく双方向電圧制御 順送電：二次側電圧調整 逆送電：一次側電圧調整 ・送電方向判定機能を搭載
	手動制御 操作レバーによる昇圧・降圧タップ切換制御
	遠方制御 遠方制御器を介して素通しタップへの切換制御
耐汚損特性区分	等価塩分付着量 0.06 mg/cm ² 以下（一般用）
外形寸法	幅 1,315 × 奥行 1,630 × 高さ 2,020 mm
質量	2,550 kg

4.2 構成

新型SVRの主な構成（簡略図）を図2に示す。

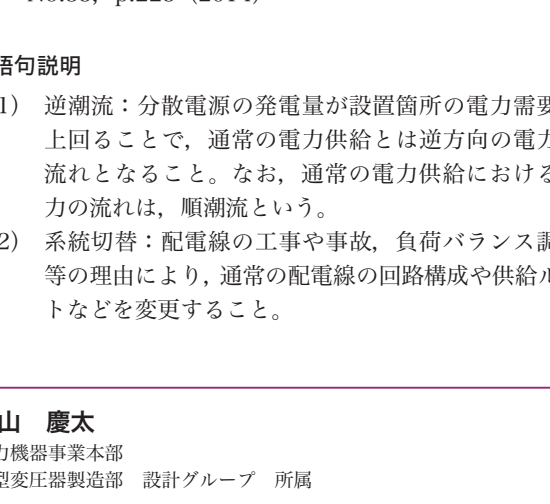


図2 新型SVRの主な構成（簡略図）

4.3 外観

新型SVRの外観を図3に示す。



図3 新型SVRの外観

5 おわりに

2020年10月に政府から宣言された「2050年カーボンニュートラル」の実現に向け、太陽光発電や風力発電をはじめとした分散電源の導入量は今後も増加していく見通しである。このため、新型SVRによる6 kV 配電線の電圧安定化の重要性がさらに増すものとする。

これからも、お客さまのニーズに対応した電圧調整器を開発し、製品ラインナップの拡充に努める所存である。

参考文献

- (1) 茂木他：「配電系統の電圧適正化に向けた取組み」、東光高岳技報、No.2 (2015)
- (2) 「逆潮流対応型高圧自動電圧調整器」、愛知電機技報、No.35, p.225 (2014)

語句説明

注1) 逆潮流：分散電源の発電量が設置箇所の電力需要を上回ること、通常の電力供給とは逆方向の電力の流れとなること。なお、通常の電力供給における電力の流れは、順潮流という。

注2) 系統切替：配電線の工事や事故、負荷バランス調整等の理由により、通常の配電線の回路構成や供給ルートなどを変更すること。

梅山 慶太

電力機器事業本部
小型変圧器製造部 設計グループ 所属

茂木 規行

電力機器事業本部
小型変圧器製造部 設計グループ 所属