

# 次世代サイリスタ式自動電圧調整器 (TVR) の開発

分散型電源の出力変動に追従した電圧制御の実現

## Development of next-generation, thyristor-type step voltage regulator

Realization of voltage control following output fluctuation of distributed generators

(配電部 配電技術G)

(Distribution Engineering Group, Distribution Department)

昨今の太陽光発電等の分散型電源の導入により、電力品質の維持が困難化しており、出力変動に追従したきめ細やかな電圧制御が求められている。これらの課題に対応するため、応答速度が速く、分散型電源からの逆流に対応した電圧制御機能、三相電圧不平衡改善機能および遠隔制御機能を具備した次世代サイリスタ式自動電圧調整器 (TVR : Thyristor type step Voltage Regulator) を開発した。

In recent years, maintenance of power quality has become difficult due to the introduction of distributed generators such as solar power generation. Therefore, fine voltage control that can handle output fluctuations is required. In order to respond to these issues, we have developed a next-generation, thyristor-type step voltage regulator that has a fast response speed, voltage control function corresponding to reverse power flow, voltage unbalance improvement function, and remote control function.

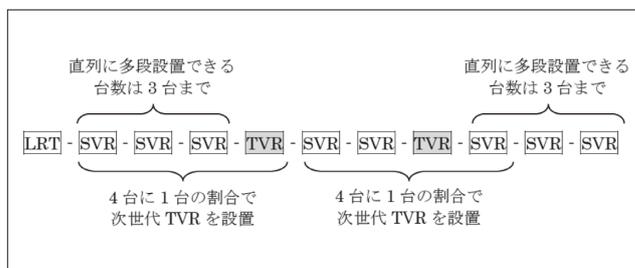
### 1 背景および目的

従来の配電システムでは、変電所から配電線路末端方向への電力潮流に対して、電圧降下対策用として高圧自動電圧調整器 (SVR : Step Voltage Regulator) を設置してきた。また、電圧変動が頻繁に起き、高速制御が必要なごく一部の箇所に対しては、サイリスタ式タップ切換器を具備したTVRを設置し、電圧管理を実施してきた。

しかし近年では、太陽光発電や風力発電等の導入が進み、分散型電源から変電所方向への潮流 (逆流) も多く発生しており、双方向の潮流に対して電圧管理が必要となっている。また、分散型電源の発電量は、日射量や風量等に依存するため激しく変動する。このため、分散型電源が配電システムに大量に連系されている場合、配電システムの電圧は時間帯によって速く大きく変化する。

このような分散型電源の急激な出力変動に追従したきめ細やかな電圧制御を実現するため、次世代TVRを開発した。

た。なお、局所的に分散型電源が集中的かつ大容量設置された場合で、電圧制御が困難な場合には次世代TVRの設置を可能とした。



第1図 次世代TVRの設置基準イメージ

### 2 次世代TVRの設置基準

配電システムにおいて、SVRを直列に多段設置する場合、負荷側のSVRは電源側のSVRと比較して動作時間を長く整定する必要があるため、配電システムの末端に行くほど適正電圧を逸脱する時間が長くなる。また、SVR間の相互干渉により適正電圧を逸脱する場合やハンチングによるSVR動作回数の増加等の課題がある。そこで、SVR多段設置時の電圧逸脱状況をシミュレーションした結果、SVR4台目以降で電圧逸脱時間が指数関数的に増加することがわかった。

このことから、次世代TVRの設置基準は第1図のように「SVRを直列に多段設置する場合は3台までとし、4台に1台の割合で次世代TVRを設置する」ことを基本とし

### 3 次世代TVRの仕様

「高度な電圧管理に対応」、「遠隔制御」をコンセプトに、主に以下の項目について次世代TVRの仕様を検討した。次世代TVRの外観およびSVRとの主な仕様の比較をそれぞれ第2図、第1表に示す。



第2図 次世代TVR外観

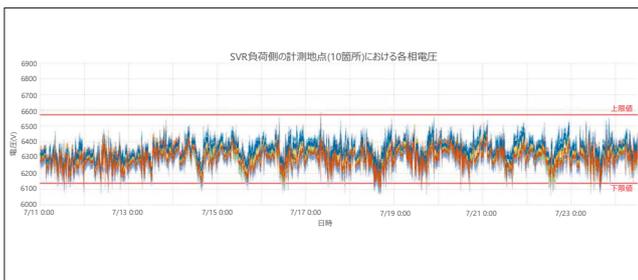
第1表 従来SVRと次世代TVRの主な仕様比較

項目	従来SVR	次世代TVR
タップ幅	150V	50V
タップ点数	6点	13点
最短動作時間	約50秒	約0.07秒
タップ切換耐用回数	20万回	無制限
不感帯整定範囲	1.0～4.0%	0.5～4.0%
変電所方向判定(逆潮流対応)	無	有
電圧調整	三相平均電圧調整	各相個別電圧調整
通信機能	無	有
制御・操作方式	現地自動および手動	遠隔・現地自動および手動

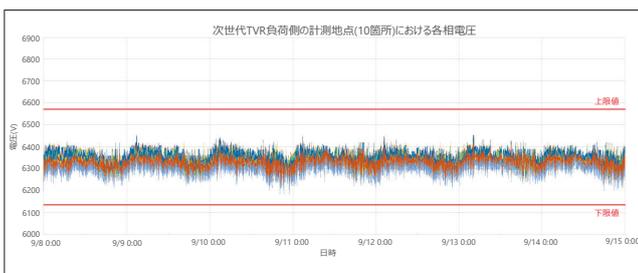
### (1) 応答速度(不感帯整定範囲)

SVRはタップ切換回数に制限があるため、タップ切換器が過度の切換動作を行わないように不感帯を整定している。一方、次世代TVRはタップ切換器にサイリスタを採用しているため、タップ切換回数に制限がないことに加え、タップ切換が瞬時に可能である。そのため、不感帯をSVRよりも小さく整定できるように不感帯整定範囲を変更し、常に基準電圧に近い電圧での制御を可能とした。

フィールド検証におけるSVRと次世代TVRそれぞれの負荷側における各相電圧計測記録を第3図、第4図に示す。



第3図 SVR負荷側の各相電圧計測記録



第4図 次世代TVR負荷側の各相電圧計測記録

この結果より、次世代TVRは動作時間が非常に短く、不感帯も小さいことから、即時タップ動作に至り、SVRと比較して電圧変動が大幅に低減されていることが確認できた。これにより、分散型電源の出力変動に追従して、常に基準電圧に近い電圧での制御を実現することができたと言える。

### (2) 逆潮流対応

SVRは電力潮流の下流側の電圧調整を行うため、逆潮流が発生すると、潮流の下流側となる変電所側の電圧を調整してしまう問題が発生する。一方、次世代TVRは逆潮流時においても実際の変電所接続方向を一次側・二次側のインピーダンス値により自動判定し、負荷側の電圧

調整を行う仕様とした。これにより、双方向の潮流に対して適正な電圧制御を可能とした。

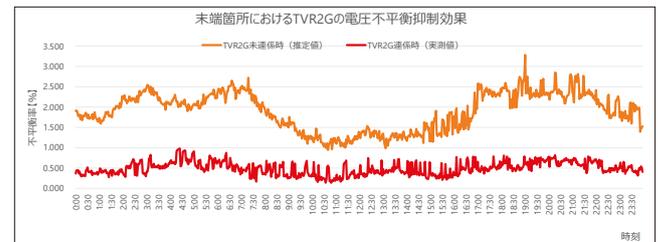
### (3) 三相電圧不平衡改善

SVRは配電線の電圧不平衡が発生している場合においても、三相一括で電圧の上げ下げを実施していた。一方、次世代TVRは各相(UV相、VW相)個別で電圧を計測し、各相個別に電圧制御を行う仕様に変更することで、各相の電圧がそれぞれ目標電圧に近づき、三相電圧不平衡の改善を可能とした。

フィールド検証における次世代TVR設置前後の平均不平衡率と配電系統末端箇所での不平衡率比較をそれぞれ第2表、第5図に示す。

第2表 次世代TVR設置前後における平均不平衡率

計測箇所	平均不平衡率(%)	
	設置前(推定値)	設置後(実測値)
TVR 1次側	—	0.411
TVR 2次側	—	0.315
配電系統末端	1.894	0.477



第5図 配電系統末端箇所における電圧不平衡率の比較

この結果より、次世代TVRを設置することで、配電系統末端箇所での電圧不平衡率が大幅に改善されることが確認できた。これにより、各相個別の電圧制御による配電系統の電圧不平衡率改善は効果的であり、家庭用太陽光発電等の単相分散型電源の大量連系による三相電圧不平衡等に対しても、きめ細やかな電圧制御が実現できるようになったと言える。

### (4) 遠隔監視・制御

次世代TVRでは、通信部を搭載し、タップ昇圧・降圧制御や電圧・電流の計測、潮流状態の確認など、遠隔監視・制御機能を付加した。これらの遠隔機能を使用し、配電自動化システムに連係させることで、将来的に高速かつタイムリーな電圧制御への対応を可能とした。

## 4 まとめ

今回の検討および検証結果により、次世代TVRは分散型電源の出力変動に追従したきめ細やかな電圧制御が実現できることを確認した。また、三相電圧不平衡の改善や遠隔制御・監視も可能となり、より高度な電圧管理に対応した。

今回開発した次世代TVRは、現在フィールド検証を実施しており、2020年度からの本格導入を予定している。



執筆者/香取秀治