

Title	自動電圧調整器の技術動向および遠隔制御技術の紹介
Author(s)	平野, 南洋
Citation	電気材料技術雑誌. 2017, 26(1), p. 25-31
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76106
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

# 自動電圧調整器の技術動向および遠隔制御技術の紹介

# 平野 南洋

株式会社ダイヘン 〒532-8512 大阪市淀川区田川 2-1-11

# Technical trend of step voltage regulator and introduction of remote control technology

Mihiro Hirano

DAIHEN Corporation. 1-11, Tagawa 1-chome, Yodogawa, Osaka 532-8512, Japan

In recent years, the system has become complicated in the interconnection of dispersed power sources and the like, and more appropriate system voltage adjustment is becoming necessary more than before. Therefore, as demand for step voltage regulator is increasing, this article introduces recent technical trends and remote control technology for step voltage regulator.

1. はじめに

近年、分散電源の連系等で系統が複雑化してき ており、以前にも増して適切な系統電圧調整が必 要になってきている。そのため、自動電圧調整器 (<u>Step Voltage Regulator</u>)の需要も増えていること から、本稿では自動電圧調整器(SVR)について、 最近の技術動向や遠隔制御技術を紹介する。

#### 2. 自動電圧調整器 (SVR)

## 2.1 SVR の役割

配電線の電流は基本的に変電所側から負荷側 に向かって流れ、配電線の電圧はその線路電流と 配電線のインピーダンスにより電流が流れた方 向に下がっていくため、電流が大きいと電圧降下 も大きくなる。(ただし、逆潮流時は除く。)

また、配電線の電圧は、電事法により適正電圧 範囲が101±6Vと定められているが、対策をしな ければ適正電圧範囲を逸脱する場合があり、この ような電圧逸脱を起こさないために SVR を使用 して 6kV 配電線の電圧調整を行う。



Fig2-1. The image of voltage regulation

#### 2.2 SVR の構造と原理

SVR は、図 2-2 に示すように、一般的に変圧器、 負荷時タップ切換器を内蔵する変圧器部と、それ を制御するための制御装置を内蔵した制御部に 分かれている。また、変圧器部には、制御に必要 な電圧、電流の情報を取得するための PT、CT を 内蔵している。

変圧器は基本的に単巻変圧器であり、スライダ

#### 電気材料技術雑誌 第26巻第1号 J. Soc. Elect. Mat. Eng. Vol.26, No.1 2017



図 2-2. SVR の構造 Fig2-2. Structure of SVR

ックと同じ原理で電圧調整を行う。ただし、SVR の変圧器はタップを設けており、各タップに接続 された負荷時タップ切換器により任意のタップ を選択することで電圧調整を行うため、電圧調整 は不連続であり段階的になる。



図 2-3. 電圧調整原理

Fig2-3. Voltage regulation principle

# 2.3 SVR の制御方法

SVRは、まず系統電圧を制御巻線やPTで降圧 した電圧として制御装置が取得し、その取得した 電圧と予め整定した基準電圧とを比較する。

次に、取得した電圧が基準電圧よりも高ければ 降圧、低ければ昇圧するように負荷時タップ切換 器に信号を出し、負荷時タップ切換器を動作させ て電圧調整を行う。

このような制御は制御部の制御装置で行い、昇 降圧の判定は制御装置に搭載した電圧調整継電 器が行う。

基本的に、SVR は電圧調整継電器(90)、逆流検 出継電器(67)、線路電圧降下補償器(LDC)を搭載 しており、各継電器の動作は以下のとおりであ る。



図 2-4.SVR の基本動作

Fig2-4. Basic operation of SVR

90:前述の電圧調整動作を行う。

- 67:測定している SVR2 次側の電圧、電流の位相 から逆潮流を検出する。
- LDC:配電線インピーダンスを考慮して電圧調整を 行う。

例えば、SVR 地点より先の地点が SVR 地点よ りも電圧が降下する場合、それを見越して SVR 地点で余分に昇圧する。

## 3. SVR の技術動向

近年の SVR の技術動向をイメージ化すると図 3-1 のとおりであり、

◇延命化・メンテナンス省力化

◇高機能化

◇配電自動化・スマートグリッド対応

の3つに大きく分けられる。

本項ではこれら3つの内容について示す。



図 3-1. SVR の技術動向 Fig3-1. Technical trend of SVR

# 3.1 延命化・メンテナンス省力化

(1) オーバーホール周期の延長

以前の SVR は、油中切換式タップ切換器を採

#### 論文:自動電圧調整器の技術動向および遠隔制御技術の紹介

用していたため、切換時の油中でのアークに伴う 油の分解生成物やアーク接触子の消耗粉等によ り油が汚損され、絶縁低下やタップ位置表示の視 認性低下が顕著であった。

近年では真空バルブ式タップ切換器を採用し ており、負荷開閉を真空バルブ内で行うため、負 荷開閉に伴う油の汚損がなく、油取替頻度を低減 している。

表 3-1. 負荷時タップ切換器の負荷開閉部 Table3-1. Load switch unit of on-load tap



(2) メンテナンス性の向上

近年では、油密箇所の廃止及び油密材料の長寿 命化を進めている。使用頻度の少ない付属品(油 面計、温度計)については廃止する方向で提案し 徐々に採用されており、また、タップ位置確認窓 については廃止が困難であることから、熱に強く 長寿命が期待できるフッ素ゴムパッキンを採用 するケースもある。

また、SVR は、一般的に吸湿呼吸器を使用した 開放型構造であり、従来の吸湿呼吸器は、SVR 本 体と外気とのシール部に絶縁油を使用していた ため、シリカゲル交換時等に誤って油をこぼして しまうリスクが存在していた。これに対して、現 在はオイルレス式吸湿呼吸器を採用することで、 その問題を解消している。

## (3) 防錆処理の改良

従来、高防錆 SVR はタンクと放熱器を分離し、 それぞれに溶融亜鉛めっきを施していたが、施行 時にタンクに熱歪みが発生しやすいため、鋼板厚 アップや放熱器の分離が必要となり、大形化、コ ストアップの要因となっていた。これに対して、 溶射が施工しやすいよう各部の構造を工夫して 亜鉛アルミ溶射を採用することで、防錆性能は同 等で、かつ上記問題を解決している。図 3-2 に亜 鉛アルミ溶射の施工方法、図 3-3 に防錆原理を示 す。





 $\begin{array}{l} \textcircled{0}2Zn \rightarrow 2Zn^{2*} + 4e^{-} \\ \textcircled{0}2H_2O + O_2 + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-} \\ \textcircled{0}2Zn^{2*} + 4OH^{-} \rightarrow 2Zn(OH)_2 \end{array}$ 

図 3-3. 亜鉛アルミ溶射の防錆原理

```
Fig3-3. Rust prevention principle of zinc aluminum
```

#### thermal spraying

亜鉛アルミ溶射では、アルミの酸化物が亜鉛の カバー材として作用し、亜鉛がイオン化し溶出す ることを防ぎつつ、水や酸素の透過も防ぐことで 鉄素地を防錆する。

#### 3.2 高機能化

# (1) デジタルリレーの採用

従来の SVR は、前述の 90、67、LDC をもつア ナログリレーを採用していたが、近年では SVR に要求される機能が高度化してきていることか ら、当社では高度な機能を搭載したデジタルリレ ーを開発し、それを採用している。仕様例を以下 に示す。

◇最適制御方式への任意切替

(順送、逆送固定、完全逆送、<u>分散電源対応機</u> <u>能</u>等)

◇プログラム制御

(昼夜・曜日ごとの 90 整定値自動切替)

◇系統データ計測・演算・保存(V, I, θ, P, Q等)
 ◇SVR 制御データ保存

(タップ位置、制御モード、整定値等)

#### 電気材料技術雑誌 第26巻第1号

J. Soc. Elect. Mat. Eng. Vol.26, No.1 2 0 1 7

◇遠隔(中央)との通信機能

(データ送信、制御指令受信、子局機能搭載等)

上記仕様の内、「分散電源対応機能」について は、近年重要度が増していることから、以下に詳 細を示す。

まず、従来型 SVR の太陽光発電等分散電源連 系における問題点について示す。

系統に分散電源が連系されると、それらの出力 が消費電力を上回った場合、系統に電力が逆流す る。このとき、図 3-4 のように系統の末端電圧が 上昇してしまい、前述の適正電圧範囲 101±6V を 逸脱する場合がある。





Fig3-4. System voltage image during backward flow

上記のような状況において、従来型 SVR では 対応できないケースが存在する。

前提として、SVR は変電所と反対側の電圧を調 整しなければ正しく機能しない。また、従来型 SVR は、電流の流れる向きを監視しており、電流 が流れてくる方向を変電所側と判定する。

上記内容を踏まえた上で、まず、分散電源のな い系統においては、電流は変電所側から負荷側に 流れるため、その情報をもとに SVR は変電所側 を変電所方向と正しく判定し、それと反対側の電 圧を制御する。

よって、分散電源のない系統において、SVR は 問題なく電圧制御が可能である。

次に、分散電源がある系統においては、分散電 源出力により、電流が変電所側から負荷側の方向 ではなく、負荷側から変電所側となる場合があ る。このとき、従来型の SVR では、電流の流れ る向きを見て変電所方向を判定していることか ら、負荷側を変電所方向と誤判定してしまい、そ の反対側である変電所側の電圧を制御すること から、正しく電圧調整を行うことができない。

つまり、分散電源が連系された配電線では、逆 潮流時において、

◇系統切替・逆送電による逆潮流

◇分散電源連系による逆潮流

のいずれによるものかを判定しなければ、SVR は 適正な電圧制御ができない。

上記の問題を解決するための方法は以下の2つ





Fig3-5. Problems of Conventional SVR

がある。

1 つ目は子局を使用した遠隔制御機能により中 央装置から SVR に変電所方向を与える方法であ る。

2つ目はSVRがタップ切換時の電圧変化を利用 して、自律制御で正しく変電所方向を判定する方 法である。この方法は図 3-6 に示すように、タッ プ切換時の SVR の1 次側・2 次側の電圧変動は変 電所側の方が小さいことを利用して変電所方向 を判定する。





#### 論文:自動電圧調整器の技術動向および遠隔制御技術の紹介

上記の変電所方向判定機能を搭載した分散電 源対応型 SVR は、大型分散電源が連系、あるい は PV が集中的に連系された系統に適用される。

(2) 高速化

前述のような分散電源が連系された配電線で は、太陽光発電の発電量の急激な変化により、急 峻な電圧変動が起こるため、高速、かつ多頻度に 電圧調整を行う必要がある。

その対策機器の一つとして TVR(<u>Thyristor type</u> step <u>Voltage Regulator</u>)が挙げられる。TVR は、従 来の真空バルブ式タップ切換器と異なり、負荷開 閉部にサイリスタを使用しており、高速なタップ 切換が可能である。

また、従来の SVR では真空バルブよる切換回 数の制限があるのに対して、TVR はサイリスタを 使用しているため、基本的に切換回数に制限がな く、高速、かつ多頻度な電圧調整が可能である。

なお、現状はコストの問題からスポット的な採 用となっており、全面的な採用には至っていな い。





(a)4000kVA

図 3-7. TVR の外観(当社製)

Fig3-7. Appearance of TVR(Own products)

#### 3.3 配電自動化・スマートグリッド対応

近年、系統の複雑化により、遠隔制御、遠隔計 測の需要が増えてきている。

SVR では、子局を介して中央装置-SVR 間で 計測データや制御指令を送受信し、SVR の情報収 集や電圧制御を遠隔から実施することが可能で ある。



図 3-8. 遠隔制御・遠隔計測 Fig3-8. Remote control and remote monitoring

#### 4. 遠隔制御技術の紹介

前項で遠隔制御の一例を示したが、本項では遠 隔制御技術の具体的な仕様例、スマートグリッド および次世代配電網の概要について示す。

#### 4-1. 遠隔制御技術の仕様例

遠隔制御技術について、図 4-1 に仕様例とその 導入メリットを示す。遠隔制御機能により、従来 は SVR 設置現場に行って実施していた SVR のタ ップ切換、整定値変更、状態監視等の作業や調査 等が営業所等から容易に実施可能となり、省力化 に大いに貢献している。



Fig4-1. Specification example of remote control and introduction merit

4-2. スマートグリッドおよび次世代配電網の概要 スマートグリッドとは、従来からの集中型電源 と送電系統との一体運用に加え、情報通信技術の 活用により、太陽光発電等の分散型電源や需要家 の情報を統合・活用して、高効率、高品質、高信

# 電気材料技術雑誌 第26巻第1号

J. Soc. Elect. Mat. Eng. Vol.26, No.1 2 0 1 7

頼度の電力供給システムの実現を目指すもので ある。図 4-2 に示すように、電力系統全体を考慮 する必要がある。



Fig4-2. Image of smart grid(Electric power system)

このスマートグリッドの実現を踏まえ、SVRの 遠隔制御を導入した系統電圧調整に関する次世 代配電網のイメージを図 4-3 に示す。近年では、 系統の電圧・電流の計測データや、複雑化した系 統に対応したアルゴリスムにより、中央装置から SVR を含む対策機器を制御し、配電系統全体を考 慮して電圧調整するシステムが検討されている。



図 4-3. SVR 遠隔制御による次世代配電網のイメージ Fig4-3. Image of the next generation electricity distribution network by SVR remote control

5. おわりに

本稿では、自動電圧調整器(SVR)について、その電圧調整原理や技術動向等を紹介した。

広く普及し、SVC 等と比較してコスト的に優位 な SVR は、今後も配電線の電圧調整において重 要な役割を担っていくものと考える。

#### 参考文献

- R. Vetury, N. Q. Zhang, S. Keller and U. K. Mishra: IEEE Trans. Electron Devices 48 (2001) 560.
- R. J. Trew, D. S. Green, J. B. Shealy: IEEE Microw. Mag. 10 (2009) 116.
- S. C. Binari, P. B. Klein and T. E. Kazior: Proc. IEEE 90 (2002) 1048.
- C. Mizue, Y. Hori, M. Miczek and T. Hashizume: Jpn. J. Appl. Phys. 20 (2001) 021001.
- Y. Hori, Z. Yatabe and T. Hashizume, J. Appl. Phys. 114 (2013) 244503.
- Z. Yatabe, Y. Hori, W.-C. Ma, J. T. Asubar, M. Akazawa, T. Sato and T. Hashizume: Jpn. J. Appl. Phys. 53 (2014) 100213.
- B. M. Green, K. K. Chu, E. M. Chumbes, J. A. Smart, J. R. Shealy and L. F. Eastman: IEEE Electron. Device Lett. 21 (2000) 268.
- 8) 高橋 清、長谷川 文夫、吉川 明彦:「ワイド バンドギャップ半導体光・電子デバイス」森 北出版株式会社,第1版第3刷 (2008) 246.
- 9) S. Arukumaran, T. Egawa, H. Ishikawa, T. Jimbo and Y. Sano: Appl. Phys. Lett. 84 (2004) 613.
- K. Hayashi, Y. Yamaguchi, T. Oishi, H. Otsuka,
  K. Yamanaka, M. Nakayama and Y. Miyamoto: Jpn. J. Appl. Phys. 52 (2013) 04CF12.
- N. Onojima, H. Higashiwaki, J. Suda, T. Kimoto, T. Miura and T. Matsui: J. Appl. Phys. 101 (2007) 043703.
- M. P. Seah and W. A. Dench: Surface and Interface Analysis 1 (1979) 2.
- T. Nanjo, K. Kurahashi, A. Imai, Y. Suzuki, M. Nakmura, M. Suita and E. Yagyu: Electron. Lett. 50 (2014) 1577.
- 14) M. Yoshiki: SUNBEAM Annual Report with Research Results. 4 part 1 (2014) 14.

(2017年8月17日 受理)



**平野 南洋(ひらの みひろ)** 1981年5月9日生。2006年3月 鹿児島大学大学院電気・電子工学 専攻修了。同年4月株式会社ダイ ヘン入社。主として電圧調整機器 の開発に従事。現在、配電システ

ム事業部技術部電圧調整機器開発課に所属。