

A²-TVRの開発

Development of Aichi Advanced-Thyristor type step Voltage Regulator

伊藤 大智※ Taichi Ito
高木 俊明※ Toshiaki Takagi
寿川 謙治※ Kenji Fugawa
福岡 匡宏※ Masahiro Fukuoka
水野 秀則※ Hidenori Mizuno
尾本 勇太※ Yuta Omoto

1. はじめに

近年、環境負荷軽減を目的に太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギー(以下、分散型電源)の導入が進んでいる。分散型電源のうち自然エネルギーを利用して発電する太陽光発電と風力発電は、天候などにより発電量が急変することがある。分散型電源が配電系統に大量接続されている現在、発電状況により配電線の電圧が急速・急激に変化するため、分散型電源の特徴に合わせた電圧調整器が必須となっている。

また、最近の新たなニーズとして、三相電圧不平衡への対応が必要となっている。さらに、電圧調整器の大容量化と変電所近傍への設置のニーズも生じている。

これを受け、大容量の電圧平衡調整型サイリスタ式自動電圧調整器(以下、A²-TVR※：当社呼称)を開発したので紹介する。

※読み方：エースクエアTVR

2. A²-TVRの概要

2.1 機能

機械式タップ切換器の自動電圧調整器(以下、SVR)は、タップ切換回数に制限があるが、A²-TVRはサイリスタのON、OFFでタップ切換を行うためタップ切換回数に制限はない。このため、多頻度切換を可能としている。

また、SVRではタップ切換を1段毎にしか行えなかったが、A²-TVRは任意のタップに飛越して切替えることが可能である。この飛越したタップ切換えを行うことで、分散型電源の発電量急変に伴う急激な電圧変動に追従することができる。

A²-TVRの定格・仕様を表1に示す。

表1 A²-TVRの定格・仕様

項目	定格・仕様
相数	3相
定格周波数	50 Hzまたは60 Hz
定格電圧	6600 V
線路容量	3000 kVA、4000 kVA、5000 kVA
二次電流	262 A、350 A、432 A
結線	V-Y結線
タップ切換器	サイリスタ式
タップ切換時間	最短70 ms
タップ切換寿命	無制限

※ 電力事業部 電力システム部 パワエレグループ

2.2 構成

(1) 機器構成

A²-TVRは、変圧器、サイリスタ式タップ切換器、制御装置の各部で構成される。変圧器を収納した外箱の側面に、制御装置、サイリスタ式タップ切換器を収納した制御箱を取付ける構造としている。

サイリスタ式タップ切換器はタップ切換用サイリスタ、GUユニット(ゲート駆動装置)、スナバユニット(スナバ回路、サージ吸収器)、限流ヒューズ等で構成されている。

制御装置は、制御・GAユニット(制御部、ゲートアンブ(GA)部)、電源ユニット、MCユニット(電磁接触器)で構成し、電圧調整制御を行うとともに装置の外部・内部故障に対する保護制御を行う。

(2) 回路方式

回路方式は、高圧配電線の線間に挿入した電圧調整変圧器(V結線)の低圧回路側と高圧配電線に直列に挿入した直列変圧器(星形結線)の低圧回路側をサイリスタ式タップ切換器で結合した間接切換方式を採用している(図1参照)。

2.3 現行品との比較

2012年に三相静止型TVR、2014年に逆潮流対応型TVR、2016年に電圧平衡調整型TVRを開発した(表2参照)。

A²-TVRは、現行品の主な機能(逆潮流対応機能、電圧平衡調整機能)を搭載するとともに、タップ点数を従来の7タップから13タップに増やし、よりきめ細かな電圧制御を実現した。さらに、短絡耐量を2 kAから4 kAにアップした。構造では、扉を一枚扉から観音扉に変更し、柱上での作業スペースを拡大した。性能・構造の比較を表3に示す。

表2 過去開発品の搭載機能

項目	三相静止型TVR	逆潮流対応型TVR	電圧平衡調整型TVR
逆潮流対応機能	×	○	○
電圧平衡調整機能	×	×	○

表3 A²-TVRと電圧平衡調整型TVRとの比較

項目	A ² -TVR		電圧平衡調整型TVR
	タップ数	短絡耐量	短絡耐量
性能	13タップ	4 kA	7タップ 2 kA
	外形寸法	横幅 1380 mm 高さ 2295 mm 奥行 1610 mm	横幅 1420 mm 高さ 2085 mm 奥行 1565 mm
構造	重量	2580 kg(3000 kVA品)	2300 kg
	扉	観音扉	一枚扉

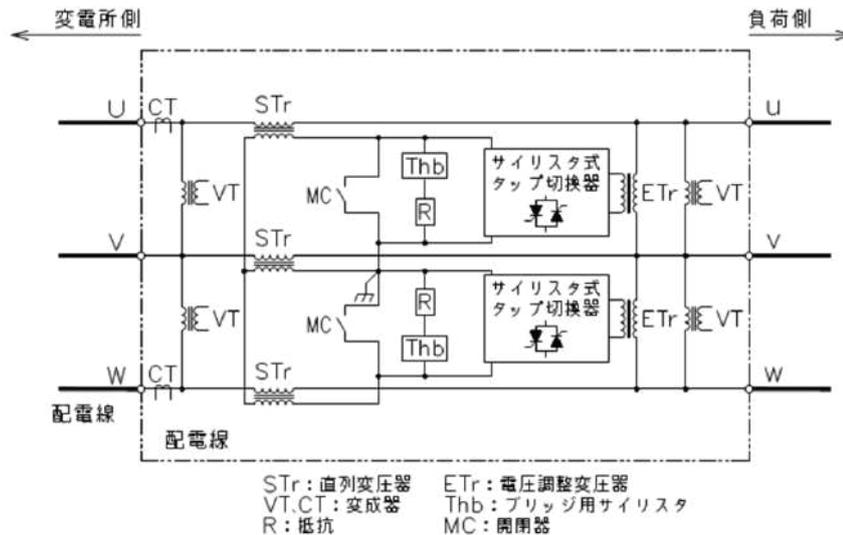


図1 主回路構成

3. 特長

3.1 大容量化

A²-TVRは、現行品よりも大容量化を図った。現行品の線路容量は3000 kVAのみであったが、4000 kVA、5000 kVAをラインナップとして追加し、大容量の配電線にも設置できるようにした。

また、分散型電源が大量に接続されることで変電所近傍での電圧調整ニーズが高まっている。このため、短絡耐量も併せて大きくしている。現行品の短絡耐量が2 kAだったのに対して、A²-TVRではサイリスタを大容量とすることなく新たに開発した短絡保護シーケンスにより短絡耐量を4 kAと大幅にアップした。

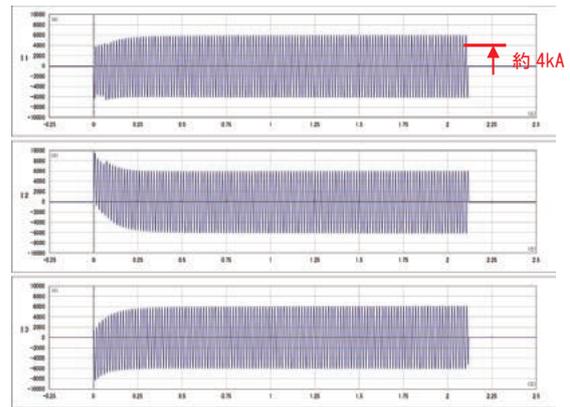
短絡試験時のA²-TVRに通電した電流波形(4 kA)を図2に示す。本試験にて、短絡事故が発生した場合の短絡電流を再現した。結果、新短絡保護シーケンスにより、A²-TVRが破損することなく、また、試験後のタップ切換動作が正常に行われることを確認した。

この変更により、変電所近傍での短絡事故にも耐えることができるため、A²-TVRを設置する場所の選定範囲が拡大した。

3.2 電圧調整機能の性能向上

A²-TVRでは、タップ段数を現行品の7タップから13タップに増加させている。タップ段数を13タップに変更して、調整電圧がきめ細かく線形に増減するようにタップを切り換えることで、ほぼ連続的な電圧調整が可能となった。

また、過去開発品3機種は切換可能回数が5秒に1回であったのに対し、A²-TVRでは2秒に1回と切換可能回数を増やし、よりきめ細かな電圧制御を実現している。



※I1:U相電流、I2:V相電流、I3:W相電流

図2 短絡試験時のTVR通電電流波形

3.3 電圧平衡調整機能

SVRや三相静止型TVR等は、三相一括で電圧調整を行っているため、三相不平衡電圧を改善することはできない。

それに対し電圧平衡調整型TVRは、各相のサイリスタ式タップ切換器を個別に動作させることにより、三相電圧不平衡の改善を可能とした。A²-TVRにも本機能を搭載している。

電圧調整相(図1のUV相とVW相)を三相の一番電圧が高い相と一番電圧が低い相にそれぞれ接続することで、電圧不平衡の高い改善効果を得ることができる。

実配電系統における本機能の効果を図3、図4に示す。

TVRの設置後は、各相の電圧が目標電圧に近づくだけでなく、配電線の電圧不平衡が大幅に改善された。

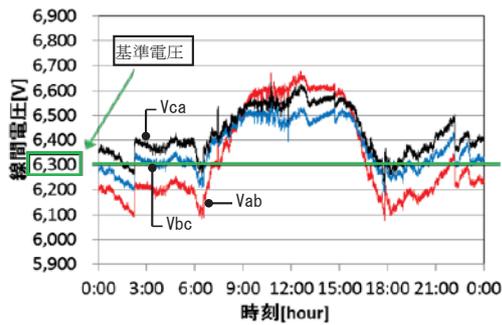


図3 フィールド試験結果(電圧平衡調整型TVR設置前)

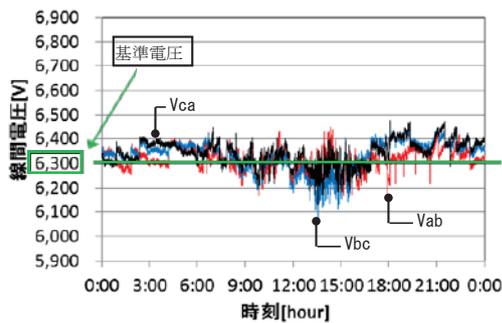


図4 フィールド試験結果(電圧平衡調整型TVR設置後)

3.4 逆潮流対応機能

分散型電源が配電系統に大量連系されると、これらの発電電力により、通常は変電所から負荷方向へ流れる潮流とは逆に変電所方向に流れる潮流(逆潮流)が発生する。また、配電線の系統切替により変電所方向が反対側に切り替わることもある。こういった場合における配電系統の電圧変動に対し、逆潮流対応型TVRは変電所の接続方向を判定し適切な電圧調整を行うことができる。A²-TVRにも本機能を搭載している。

変電所方向判定機能には、系統インピーダンス値を用いて判定するインピーダンス判定方式を採用した。A²-TVRの一次側、二次側から系統をみたインピーダンス値は、タップ切換前後のA²-TVRの一次側、二次側の電圧、電流変化量から算出できる。

変電所側は、短絡容量が大きく電圧維持能力が高いことから、負荷側と比較しインピーダンス値が小さい。インピーダンス判定方式は、インピーダンス値の小さい方を変電所側と判定し、電圧調整方向を決定する。

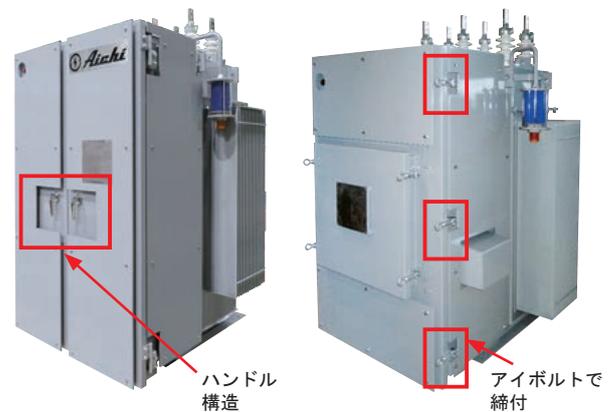
3.5 観音扉構造

現行品の扉構造は一枚扉となっている。二本の電柱間に設置した架台の外周に設けられた手すり部とTVRの一枚扉(開放時)が干渉する可能性がある。干渉により、TVRの操作・設定、また、定期点検などにおけるTVR制御箱内

部の電気機器の交換作業に支障をきたす。場合によっては、TVRを降柱する必要がある。そこで、これらの作業を架台上で行える構造とするため、扉構造を一枚扉から観音扉に変更し、扉一枚当たりの大きさを縮小した(図5参照)。

観音扉構造を採用したことで、TVRの操作・設定は問題なく行うことができる。また、電気機器の交換作業も作業スペースが拡大したことで、降柱することなく実施できる。さらに、現行品の扉締付は、アイボルトで3か所行っていたが、観音扉ではハンドルを回すだけで開閉することが可能となり、容易に扉の開閉を行うことができる。

防水性能については、現行品のIPX3からIPX5にスペックアップした。

図5 外観(左:A²-TVR、右:電圧平衡調整型TVR)

4. あとがき

今回、当社の現行品よりもお客様が使いやすく、性能・機能を大幅に向上したA²-TVRを製品化した。A²-TVRは近年問題となっている自然エネルギー電源による配電線の電圧変動に対して、効果的である。

また、今後、低圧の太陽光発電や大容量単相機器の導入が進んだ場合、配電線電圧管理はますます複雑になることが予想される。電圧平衡調整機能を有効に活用することで、配電線電圧管理を軽減することができる。

今後も電圧調整器のトップランナーとしてさらなる製品開発を進め、電圧品質の向上に貢献していく。

参考文献

- (1) 苅川、梶田、他:「新形三相静止型高圧自動電圧調整器(三相TVR)の開発」愛知電機技報 No.33 (2012)
- (2) 苅川、他:「逆潮流対応型高圧自動電圧調整器」愛知電機技報 No.38 (2017)
- (3) 苅川、他:「三相電圧不平衡対応機能付TVR」愛知電機技報 No.38 (2017)