

配電系統に太陽光発電が接続された場合のTVRの電圧調整効果について

廣瀬 和雅^{※1}
Kazumasa Hirose
神部 晃^{※1}
Akira Kanbe
苅川 謙治^{※2}
Kenji Fugawa

Effect of System Voltage Regulation of TVR in Distribution System with PV System

1. はじめに

昨今、環境意識の高まりにより、電力系統へのメガワット級太陽光発電(メガソーラ)の導入が進んでいる。ただ太陽光発電の出力は、天候の影響により短時間に激しく変動する。そのため、特に配電系統に太陽光発電が接続された場合に発生する出力の急激な変化による電圧変動等の問題が重要視され、解決策が検討されている。現在、配電系統には線路の電圧変動を調整する機器として、自動電圧調整器(SVR: Step Voltage Regulator)が設置されているが、SVRのタップ切換動作間隔は長いため、太陽光発電の影響による電圧変動を抑制できない。

そこで、当社は昨年、サイリスタ式自動電圧調整器(TVR: Thyristor type Step Voltage Regulator)を開発した⁽¹⁾。SVRが機械式接点を用いてタップを切換えるのに対して、TVRは半導体であるサイリスタを使用してタップを切換える。このため、SVRのようにタップ切換時にアークが発生して接点が消耗するようなことはない。したがってTVRは、タップ切換回数に制限がなく、SVRに比べて短時間かつ短い間隔でのタップ切換が可能である。

本稿では、まずTVRの電圧変動抑制効果について、当社実証試験設備で得られた結果を報告する。次に、メガソーラが配電系統に設置された場合のシミュレーションを行ない、TVRとSVRの電圧調整効果の違いについて報告する。

2. 実証試験設備でのTVRの効果

当社では、太陽光発電などの再生可能エネルギーを利用した発電設備が配電系統に多量に導入された場合に発生する課題に対応するための機器を開発している。そして、それらの開発機器の機能検証を行なう実証試験設備(スマートステーション)を本社構内に設置している⁽²⁾。

この設備は、約1,000m²の敷地内に配電用変電所、6kV配電線、各種開発機器、模擬負荷、模擬地絡発生設備などを集中設置している。また、敷地外に設置した太陽光発電設備および蓄電装置、EV充電器なども配電線に接続している。

昨年開発したTVRもこの設備に設置し、太陽光発電などによる電圧変動を抑制する効果の確認試験を行なっている。

試験結果の一例を図1に示す。図1(a)はTVR一次側の電圧変化、図1(b)は二次側の電圧変化である。

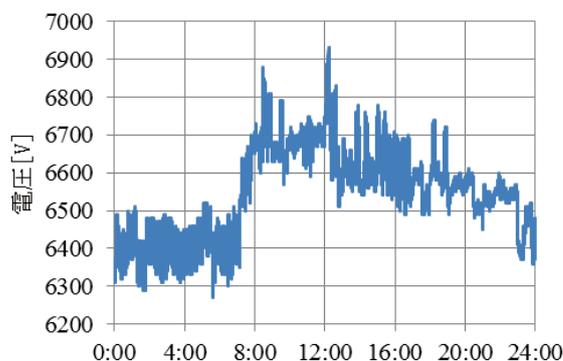
TVR一次側の電圧が、配電用変電所の送出し電圧変動

や太陽光発電電力変動の影響により、6300Vから6900Vまで変動しているのに対し、二次側の電圧は基準電圧6600Vから±100V以内にはほぼ収まっている。これは、TVRが素早くタップを切換えて電圧調整を行なっているためである。そのタップ切換回数は1日に100回以上にもなっている。

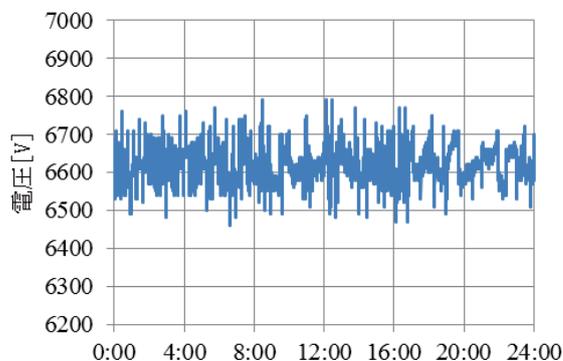
このようにタップ切換動作および切換間隔が短く、また切換回数に制限のないTVRは、配電線の電圧変動抑制に効果的であるという結果が得られている。

3. 電圧調整シミュレーション

高圧配電線にメガソーラが設置された場合のシミュレーションを行ない、TVRとSVRの電圧調整効果の違いについて確認した。なお、シミュレーションには当社が開発した配電線電圧計算プログラムを使用した⁽³⁾。



(a) TVR 一次側の電圧変化



(b) TVR 二次側の電圧変化

図1 実証試験設備でのTVR電圧調整試験結果

※1 電力事業部 環境エネルギー技術部 パワエレG
※2 電力事業部 変圧器技術部 小形技術G

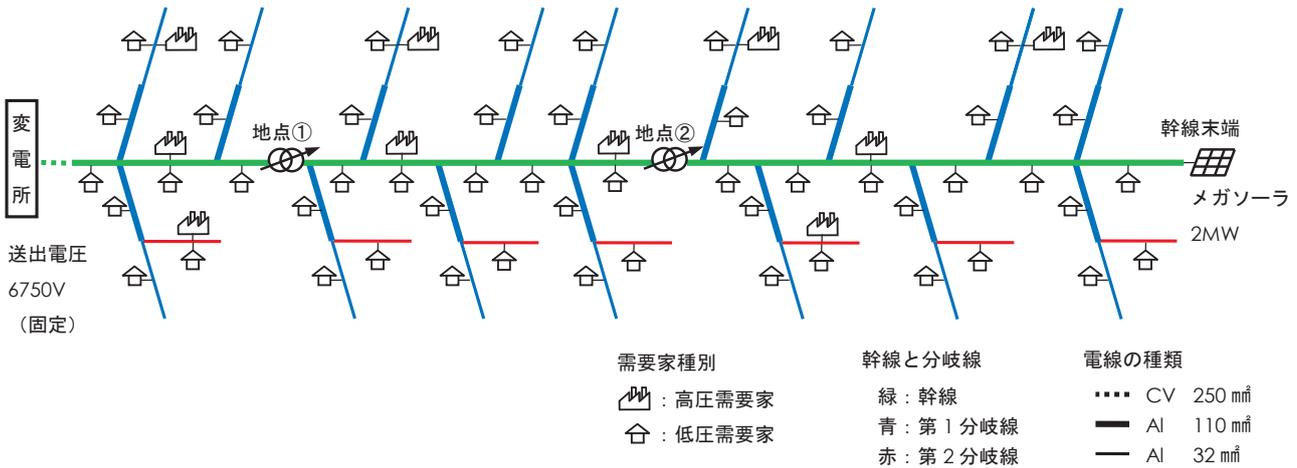


図2 配電システムモデル

3.1 シミュレーション条件

(1) 配電システムモデル

シミュレーションに使用した配電システムモデルを図2に示す。本モデルは、電協研報告書⁽⁴⁾に記載されている配電線モデルの内、農山村地区モデルを基に作成している。このモデルを採用した理由は、農山村地区にメガソーラが設置される場合に、最も配電電圧への影響が大きいと考えられるためである。

負荷はシステム全体に均等に配置し、総容量は2037kVAである(表1)。送出電圧は6750V一定とした。

(2) 電圧調整器

TVRおよびSVRのデータを表2に示す。設置場所は、負荷による電圧降下が200V(2タップ分)発生する地点ごととした(図2:地点①、地点②)。TVRはタップ切戻りに制限がないため、不感帯をSVRに比べ小さく設定した。

(3) メガソーラ

メガソーラは、容量を2MWとし、システムに最も影響を与える幹線の末端に設置した。出力変動パターンは、当社内に設置している100kW太陽光発電設備の測定データを基に、発電出力を20倍にして作成した(図3)。

3.2 シミュレーションパターン

シミュレーションのパターンを表3に示す。SVRを2台設置した場合、TVRを2台設置した場合、TVRとSVRを1台ずつ設置した場合についてシミュレーションを行ない、それぞれの電圧調整効果の違いについて確認した。

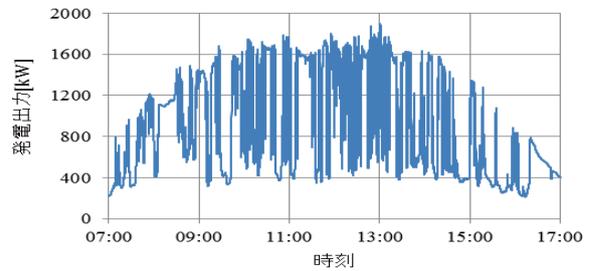


図3 メガソーラ出力変動パターン

表1 負荷容量

	高压需要家		低压需要家		総容量 [kVA]
	容量[kVA]	件数	容量[kVA]	件数	
幹線	210	4	545	14	755
第1分岐線	243	4	650	32	893
第2分岐線	112	2	277	7	389
システム全体	565	10	1472	53	2037

表2 TVRとSVRのデータ

電圧調整器	基準電圧 [V]	不感帯 [%]	1タップ 電圧幅 [V]	タップ点数
TVR	6600	0.76 (±50V)	100	7 (素通しタップ番号4)
SVR	6600	1.5 (±99V)	100	9 (素通しタップ番号5)

表3 シミュレーションパターン

No.	地点①		地点②	
	電圧調整器	動作時限	電圧調整器	動作時限
1	SVR	45秒	SVR	60秒
2	TVR	100V秒	TVR	50V秒
3	TVR	50V秒	SVR	45秒
4	SVR	45秒	TVR	50V秒

※)電圧調整リレーの種類 SVR:定時限型、TVR:積分型

3.3 シミュレーション結果

(1) シミュレーション No.1 (地点①: SVR、地点②: SVR)

シミュレーションで得られた幹線末端の電圧変化を図4に、基準電圧(6600V)に対する幹線末端の電圧変動の発生時間割合を表4に、地点①と②の電圧調整器の動作回数を表5に示す。

表4から電圧が200V以上変動している時間割合が26.1%、300V以上変動している時間割合が3.2%あることがわかる。これは、メガソーラの発電電力変動による短時間で急激な電圧変動に動作時限の長いSVRが対応できていないためである。SVRの電圧調整効果は、メガソーラによる電圧変動に対し不十分であるといえる。

(2) シミュレーション No.2 (地点①: TVR、地点②: TVR)

地点①、地点②のSVRをTVRに置き換えた場合のシミュレーション結果を図5、表6、表7に示す。

表6と表4を比較すると、TVRを設置した場合、電圧変動が200V以上発生している時間割合が、SVRを設置している場合に比べ24.5%減少していることがわかる。また、300V以上の電圧変動は発生している時間割合が0.1%未満と非常に小さい。動作回数はSVRに比べて多く、地点①のTVRは152回、地点②のTVRは563回になっている。このことから、TVRが高速にタップを切换え、きめ細かい電圧調整を行なっていることがわかる。このようにTVRは、メガソーラの発電電力変動による電圧変動に対し効果的であるということがわかる。

(3) シミュレーション No.3 (地点①: TVR、地点②: SVR)

地点①のみをTVRとし、地点②はSVRを設置した場合のシミュレーション結果を、図6、表8、表9に示す。

こちらでもSVRを2台設置した場合に比べ電圧変動が小さくなっている。これは、地点①のTVRが素早くタップを切换えて電圧調整を行なっているためである。このことは、SVRを2台設置した場合に比べて、地点②のSVRの動作回数が減少していることからわかる。しかし、この場合TVRが電圧調整をしているのはあくまで地点①の電圧であり、メガソーラ設置箇所から近くて電圧変動の激しい地点②の電圧変動に対しては、SVRでは対応できていない。その結果、TVRを2台設置した場合と比べて、幹線末端に200V以上の電圧変動が発生する時間割合が13倍に増加してしまっている。

(4) シミュレーション No.4 (地点①: SVR、地点②: TVR)

メガソーラに近い地点②にTVRを設置し、メガソーラから距離があり影響の小さい地点①はSVRを設置した場合のシミュレーション結果を、図7、表10、表11に示す。

この場合の電圧変動は、TVRを地点①、②の両方に設置した場合よりは大きいものの、地点①側のみにTVRを

表4 幹線末端の電圧変動の発生時間割合 (シミュレーション No.1)

100V未満	100V以上 200V未満	200V以上 300V未満	300V以上
53.2%	20.7%	22.9%	3.2%

表5 電圧調整器の動作回数 (シミュレーション No.1)

地点①		地点②	
電圧調整器	動作回数	電圧調整器	動作回数
SVR	2	SVR	50

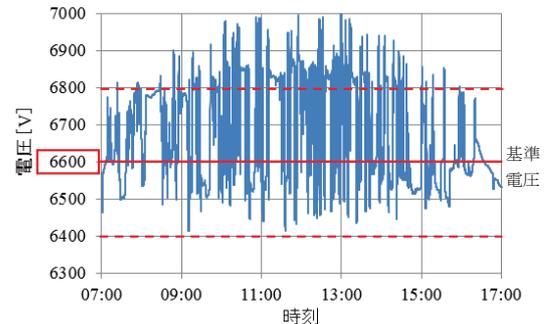


図4 幹線末端の電圧変化(シミュレーション No.1)

表6 幹線末端の電圧変動の発生時間割合 (シミュレーション No.2)

100V未満	100V以上 200V未満	200V以上 300V未満	300V以上
65.8%	32.6%	1.6%	0.0%

表7 電圧調整器の動作回数 (シミュレーション No.2)

地点①		地点②	
電圧調整器	動作回数	電圧調整器	動作回数
TVR	152	TVR	563

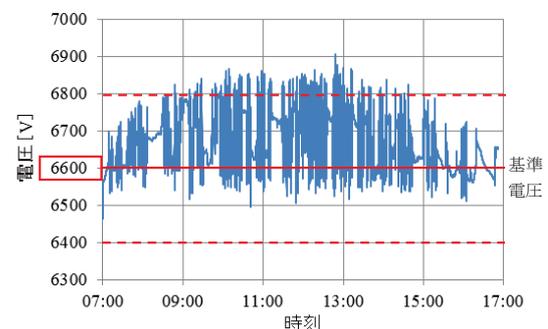


図5 幹線末端の電圧変化(シミュレーション No.2)

設置した場合に比べ小さくなっている。TVRの設置位置は、電圧変動が大きいメガソーラ設置箇所の近くが有効であるということがわかる。

3.4 TVRの電圧調整効果のまとめ

今回のシミュレーションで、タップ切換間隔が短く、かつ短時間でタップ切換が可能なTVRは、メガソーラの影響による電圧変動に対して効果的であるということがわかった。またその設置箇所は、より電圧変動の大きいメガソーラ設置箇所の近くが良いということもわかった。

太陽光発電の出力は数秒で大きく変動する。今回使用した発電出力パターンでは、最も変動の激しい部分で5秒間に約50%の出力変動が発生している。その変動に対し、タップ切換間隔が長い(数十秒を要する)SVRでは対応できない。今回のシミュレーションで、地点②にSVRを設置した場合は、電圧変動が200V以上発生している時間割合が20%以上にもなっている。

今後、太陽光発電の導入が進み、配電系統に与える電圧変動が大きくなっていった場合、それに対応するにはTVRが必要になってくると考えられる。

4. あとがき

今回、シミュレーションにより、配電系統にメガソーラが接続された場合のTVRの電圧調整効果と、効果的な設置箇所について確認することができた。

今後さらにシミュレーションと実証試験設備での検証を進め、より効果的なTVRの運用方法を検討していく予定である。

参考文献

- (1) 苜川、梶田、他：「新形三相静止形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) 「次世代配電機器実証試験場」愛知電機技報No.33(2012)
- (3) 佐藤、神部、他：「配電線系統の電圧解析手法」愛知電機技報No.23(2000)
- (4) 配電線高調波対策専門委員会：「配電系統の高調波障害防止対策」電気協同研究第37巻第3号(電気協同研究会 1981)

表8 幹線末端の電圧変動の発生時間割合(シミュレーションNo.3)

100V未満	100V以上 200V未満	200V以上 300V未満	300V以上
58.1%	21.0%	20.8%	0.1%

表9 電圧調整器の動作回数(シミュレーションNo.3)

地点①		地点②	
電圧調整器	動作回数	電圧調整器	動作回数
TVR	182	SVR	8

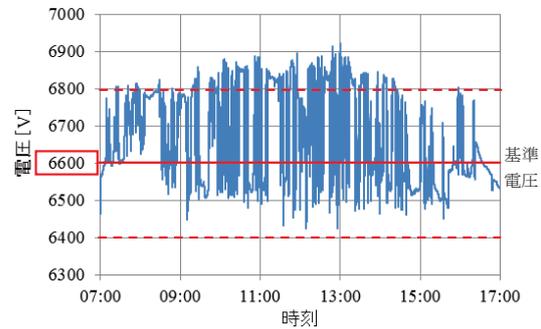


図6 幹線末端の電圧変化(シミュレーションNo.3)

表10 幹線末端の電圧変動の発生時間割合(シミュレーションNo.4)

100V未満	100V以上 200V未満	200V以上 300V未満	300V以上
65.4%	32.9%	1.7%	0.0%

表11 電圧調整器の動作回数(シミュレーションNo.4)

地点①		地点②	
電圧調整器	動作回数	電圧調整器	動作回数
SVR	2	TVR	517

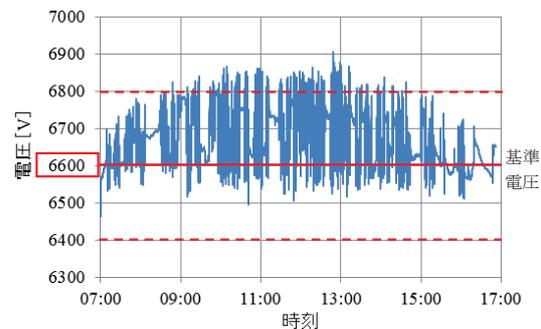


図7 幹線末端の電圧変化(シミュレーションNo.4)