

# 市街地へのPV大量導入時におけるSVRを用いた 電圧変動抑制手法の評価

AE21083 風間 裕吏

指導教員 藤田吾郎

## 1. はじめに

近年、地球温暖化対策によるCO2排出抑制として、再生可能エネルギーの普及が進む中、太陽光発電や風力発電といった分散型電源の増加が配電系統に大きな影響を与えている。これらの分散型電源は、従来の集中型電力供給方式と異なり、発電場所が需要地に分散して存在するため、配電系統への逆潮流の発生が増加しやすいという問題がある。逆潮流が起こると、配電系統内の電圧が上昇し、設備や機器に過電圧がかかるなどの電圧異常が発生するリスクが高まる。また、再生可能エネルギーの出力は天候や時間帯に依存するため、発電量の変動が激しく、系統の周波数や電圧も影響を受け、安定性が損なわれる恐れがある。電圧変動の抑制対策として、無効電力制御や蓄電池の導入が一般的に挙げられるが、その中で、本稿では、SVR(Step Voltage Regulator：自動電圧調整器)を活用した一般的な市街地における電圧変動抑制を行う。SVRは、電圧変動が発生した際に自動的にタップを切り替え、電圧をステップ的に調整する装置であり、配電系統内の電圧を一定に保つ役割を担う。特に配電系統内で電圧が大きく変動する地点に設置することで、再生可能エネルギーの導入による電圧変動や逆潮流を抑えることができる。

## 2. 解析条件

### 2.1 解析対象

本論文での対象概略図を図1に示す。想定する連系電圧は、66[kV]とし、PV(PV：太陽光発電)を各需要家に接続する。配電系統全体は、一般的な市街地を想定し、市街地での屋上や駐車場に可能な限り分散型電源が設置されることを想定して行う。観測する電圧変動率は以下式(1)で表される。

$$V_{pcc} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \frac{6600}{\sqrt{3}} \dots (1)$$

ここで、 $V_{pcc}$ ：電圧変動率、 $V_p$ ：観測地点における電圧を表す。

### 2.2 SVR制御

SVRは、負荷変動や配電線の損失による電圧降下・電圧上昇を補正し、規定値内の電圧を供給するものである。配電系統に設置されたSVRは、需要の増加や減少に

応じて電圧を自動的に調整するため、効率的で安定した電力供給が可能となる。出力電圧は、変圧器の巻線の「タップ」位置を切り替えることにより、電圧を微調整する。配電系統の電圧が設定値を外れると、SVRはタップを上下に動かし、電圧がステップ的に降下・上昇する(図2)。これにより、負荷変動需要や配電距離の変化による電圧変動を抑えることができる。

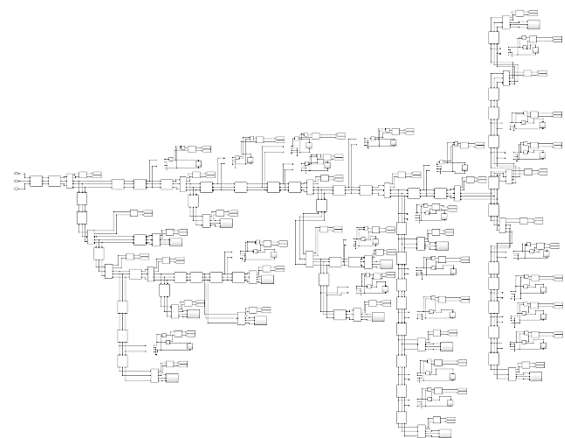


図1 対象エリアの概略図

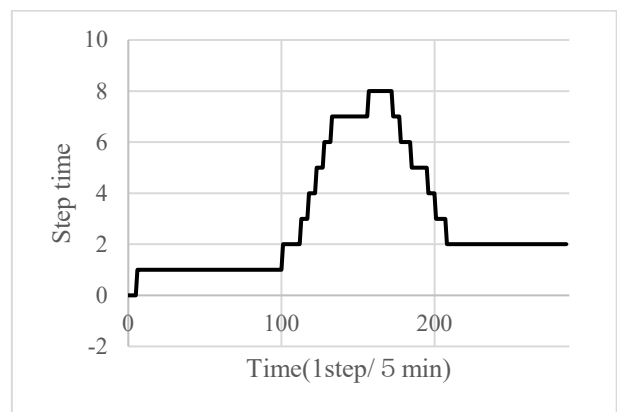


図2 SVRの動作例

## 3. シミュレーション

### 3.1 解析条件

本論文における対象期間は、2022年4月1日とし、5分ごとの電圧変動抑制を行う。PVのデータはISEPのウェブサイト<sup>(1)</sup>にて、九州地方の負荷需要とPV発電量の実測データから引用した。配電系統モデルは、周波数50[Hz]、負荷の遅れ力率0.85とし、JST-CREST126配電線モデル公

開データ<sup>(2)</sup>を基に、MATLAB/Simulinkにて作成した。シミュレーションでのケースとSVR制御の有無について、表1にまとめる。

表1 シミュレーションケース

	PV導入	SVR制御
Case I	×	×
Case II	○	×
Case III	○	○

シミュレーションにおけるPVの導入量として、ISEPの実測データより1日の太陽光発電量を導出し、末端で電圧変動率が±2%を超える6倍の発電量を系統に接続している。

### 3.2 SVR制御による効果検証

市街地での電圧制御を行うにあたり、Case I では、PVが配電系統内に大量導入される前の状態でのシミュレーションを行った。また、Case II では、分散型PV大量導入に伴う逆潮流、過電圧問題の発生確認のため、系統モデルの高圧需要家に分散型PVを大量導入した場合を検討した。最後にCase III では、Case IIに加えて、SVRを導入後の系統状況での検討を行った。SVRの設置箇所は、任意の箇所で設置を行い、電圧変動率を観測した箇所は、図1内の右下の系統末端で行った。タップ回数に関しては、任意設置したSVRの出力点で観測した。詳細のSVR装置内の設定を表2に示す。

表2 SVRに関する詳細設定

1タップの電圧幅	0.015pu(99V)
タップ数	-8~+8(16ステップ)
初期タップ位置	0
制御目標電圧	1.0pu(6600V)
制御デッドバンド	0.02pu(6468V~6732V)

### 3.3 解析結果

シミュレーションによる結果を図3に示す。Case I のPV未導入かつSVR未導入の際は、図3内のCase I より±2%以内に収まっており、問題が発生していないことが分かる。次にCase IIに着目してみると、分散型PVで発電がおこなわれている時間帯では常に電圧変動率が+2%を超えている。Case IIIでは、分散型PVが導入した時間帯から電圧変動率が+2%を超え始め、発電が少なくなり始めた時間から急激に電圧変動率が-2%を下回っていることが読み取れる。

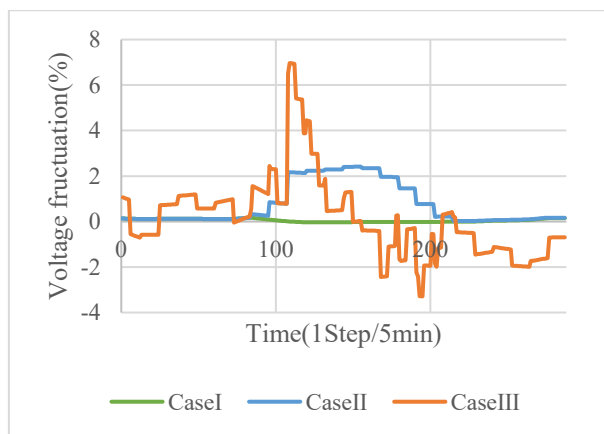


図3 各ケースによるシミュレーション結果

## 4. まとめと今後の課題

本稿では、一般市街地における分散型PVの大量導入に伴う電圧変動率抑制手法の一つとして、SVRの使用を提唱し、変動を一部抑えることができた。図3より全体を俯瞰してみると、変動抑制の時間は減少し、電圧変動の抑制には一定の効果があることを確認した。しかし、電圧が急上昇・急降下する昼間の時間帯では、SVRの動作による変動抑制は低いことが分かる。

今後は、5分間で設定している分解能を1分ごとへ細かく刻み、タップの電圧幅と動作を変更することや、発電が見込まれる特定の時間のみでのSVR動作を行うことで、より効率的で細かい制御を検討する。

## 参考文献

- (1) Institute for Sustainability Energy Policies (ISEP) Energy Chart [Website: <https://isep-energychart.com>]
- (2) 早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構 「JSTCREST126配電線モデルを国内外で公開」 <https://www.waseda.jp/inst/across/news/501>