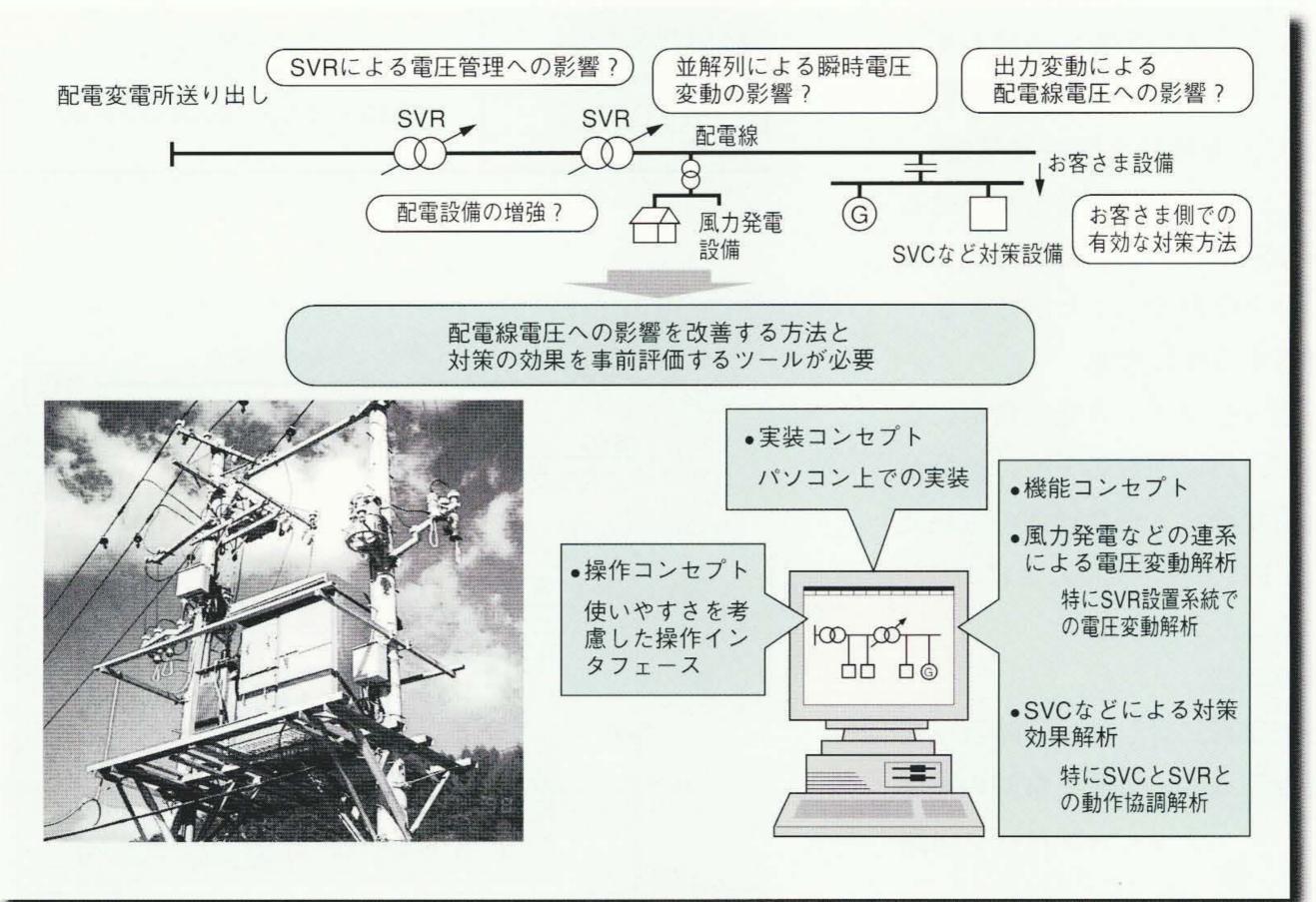
新制御自励式SVCの適用による配電系統安定化技術

New Self-Commutated Static Var Compensator for Stabilized Power Distribution

高杉和郎 唯野幸雄 亚共善浩

Kazuo Takasugi Yukio Tadano Yoshihiro Hirai

渡辺雅浩 Masahiro Watanabe 相澤英俊 Hidetoshi Aizawa



注:略語説明

SVR (Static Voltage Regulator)

G (Generator)

SVC (Static Var Compensator)

配電系統安定化技術

配電線に連系される瞬時変動負荷や風力発電設備などによる配電線電圧への影響をパソコンで解析するシステムを開発し、新制御方式SVCによって電圧変動が改善されることを実証試験で確認した。

高度情報化の急速な進展によってパソコンなどが多く使用されることにより、配電線の末端では、瞬時の電圧低下などに対応できる電圧安定化装置が求められている。従来、電圧変動対策にはSVR(Static Voltage Regulator)やTVR(Thyristor Voltage Regulator)が使用されてきたが、瞬時の電圧変動には追従できなかった。

また、SVC(Static Var Compensator)を電圧変動対策として用いると、本来SVRで補償すべきゆっくりした電圧変動に対しても動作してしまい、目的である瞬時の電圧変動に必要な補償容量を確保できない場合があり、この課題の解決策が求められていた。

東北電力株式会社、東北電機製造株式会社および日立製作所は、共同研究により、既設のSVRとの補償分担が可能で、効果的な電圧管理が行える「新制御方式SVC」を開発し、実証試験で良好な結果を得た。さらに、SVCの導入効果をパソコンで簡単に検証できる配電線の電圧変動解析支援システムをあわせて開発し、実証試験結果との突き合わせによってその妥当性を検証した。

1 はじめに

配電系統の電圧安定化装置としては、従来、SVR (Static Voltage Regulator)やTVR (Thyristor Voltage Regulator)が使用されてきた。しかし、近年、パソコンなどが急激に増加していることから、瞬時の電圧変動に対応できる装置が求められるようになってきた。

また,高速制御が可能なSVCを従来の電圧一定制御方式のまま導入すると,既設のSVRが設置されている系統

でもSVCが優先して制御してしまい、SVRが動作しなくなる。このため、目的である瞬時の電圧変動に必要な補償容量を確保することも求められていた。

ここでは、これらの課題を解決するために、東北電力株式会社、東北電機製造株式会社および日立製作所が、共同研究で開発した新制御方式SVC(Static Var Compensator)の概要、SVCとSVRとの補償分担が可能であることを実証試験と解析で確認した結果、および解析ソフトウェアについて述べる。

2 新制御方式SVCの概要

2.1 SVCの特徴

新制御方式SVCの特徴は以下のとおりである。

(1) 分散型電源,誘導機に対応する補償機能

この機能は、風力発電のような分散型電源や砕石場・スキー場などで使用されている誘導機モータの起動電流による瞬時電圧低下に対して、変動分を瞬時に補償し、その後、徐々に出力を制御し、SVRに補償を分担させるように動作する。このようなSVRとの協調制御方式により、小容量のSVCで電圧変動を補償することができる。

(2) フリッカ発生負荷に対応する補償機能

この機能は、アーク炉のようなフリッカ発生負荷による短周期の電圧変動に対して、短周期変動分だけを補償するように動作する。日負荷変動による長周期の電圧変動に対して、この変動分をSVRに分担させることにより、SVCの必要容量を小さくすることができる。

(3) 常時電圧変動の並列補償機能

常時の電圧変動が大きい配電線に対して、常時電圧変動補償をSVRと並列動作させることにより、常時の電圧変動も補償が可能である。

2.2 SVCの構成

今回開発した配電用SVC装置の主な仕様を**表1**に,回 路構成を**図1**にそれぞれ示す。

SVC装置は、変換器部と変圧器部で構成する。

変換器は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)を使用したPWM (Pulse Width Modulation) コンバータである。変圧器としては、ギャップレス変圧器を採用した。

3 電圧変動補償制御方式

3.1 SVC制御の方式比較

SVC制御での各種制御方式の特徴を以下に述べる。

さまざまな周期の電圧変動に対する各種制御方式の電 圧変動補償の有効性を検討した結果を**表2**に示す。

(1) 電圧一定制御

SVCは常時の電圧変動に対してSVRよりも先に応答することから、SVRとの協調制御が困難であり、また、瞬時変動に必要な容量を確保できない場合がある。

(2) 瞬時制御

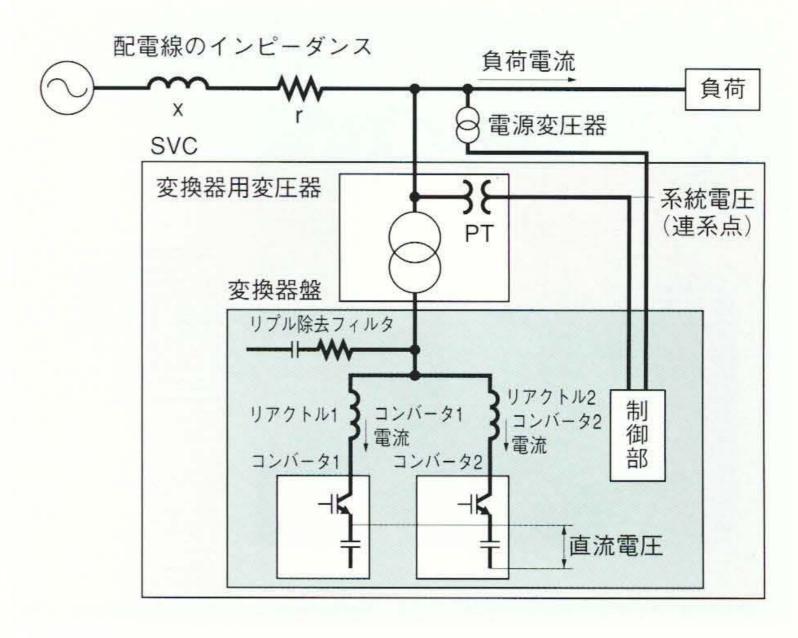
瞬時変動に対して高速動作し、SVRとの協調制御も可能である。ただし、無効電力の制御が一律であるため、電圧変動条件によっては電圧変動が大きいことがある。

(3) 平均電圧制御

表1 配電用SVC装置の主な仕様

連続定格は300 kVAであるが、進み・遅れとも瞬時に360 kVA の補償が可能である。

項目	仕 様		
定格補償容量	300 kVA(進み, 遅れ)		
最大補償容量	360 kVA(進み,遅れ)		
定格交流電圧	6,600 V		
定格周波数	50 Hz		
寸 法	幅2.1×奥行き1.0×高さ2.0(m)		
質 量	3,000 k		



注:略語説明 PT (Potential Transformer)

図1 SVCの主回路構成

高次高調波が系統側に流出しないように、リプル除去フィルタ を設置している。

SVCは電圧変動前のある時間の平均電圧からの変動分に対して動作するものであることから、瞬時の電圧変動に追従できない場合がある。

(4) 平均電圧制御+瞬時制御

さまざまな電圧変動周期の補償性能に優れている。さらに、SVRとの協調制御も可能である。

以上の検討結果から、配電用のSVC制御方式としては、SVRとの動作協調も可能で、瞬時の電圧変動から数分という比較的ゆっくりした電圧変動に対応できる、「平均電圧制御」と「瞬時制御」を組み合わせた制御方式が有効であることがわかった。

3.2 SVCの基本制御ブロック

配電用SVC新制御方式の基本制御ブロックを図2に示す。各種制御方式の動作確認を行うために、制御方式を切り替えられるように考慮した。

表2 各種制御方式の電圧変動補償の有効性

「平均電圧制御十瞬時制御」の組合せにより、さまざまな電圧変動周期の補償が可能である。

制御方式 変動周期	電圧一定制御 (従来方式)	瞬時制御	平均電圧制御	平均電圧制御 十瞬時制御
制御ブロック	→ 1 1+TL1s 基準 電圧 (Vref) マリミッタ	HPF KTH1S 1+TH1S 不感帯 →	LPF 1 1+TL1S 平均値 (TL2) 電圧 リミッタ	HPF KTH1S 1+TH1S LPF 1 1 1+TL1S 平均値 (TL2) 電圧 リミッタ
瞬時~数サイクル	Δ	0	×	
数サイクル~数十サイクル	Δ	0	Δ	0
数十サイクル〜数十秒	Δ	0	0	0
数秒~数分	Δ	0	0	0
数分~数時間	Δ	Δ	Δ	0
SVRとの動作協調	Δ	0	0	0

注1:記号説明 効果(◎>○>△) ×(効果なし)

注2:略語説明
LPF (Low-Pass Filter)
HPF (High-Pass Filter)
TL1s (Low-Pass Filterの時定数)
KTH1s (High-Pass Filterのゲイン)
TH1s (High-Pass Filterの時定数)

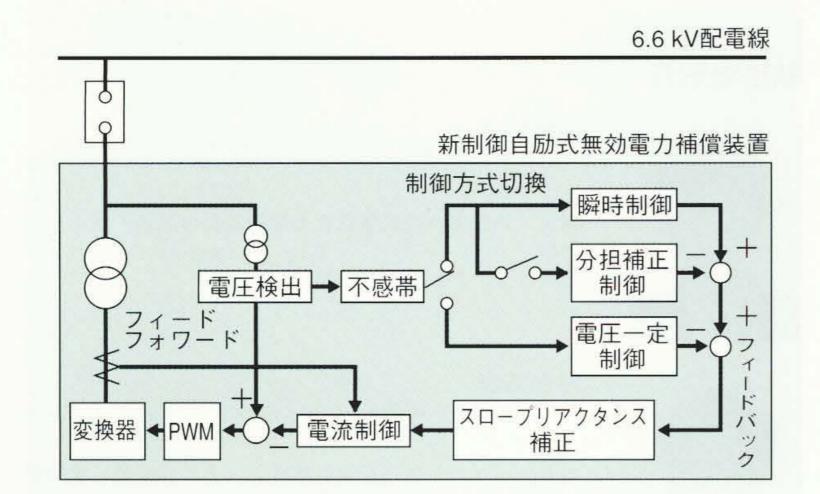


図2 SVCの基本制御ブロック

実証器であることから、各種制御方式の動作確認を行うために、 制御方式を切り替えられるようにした。

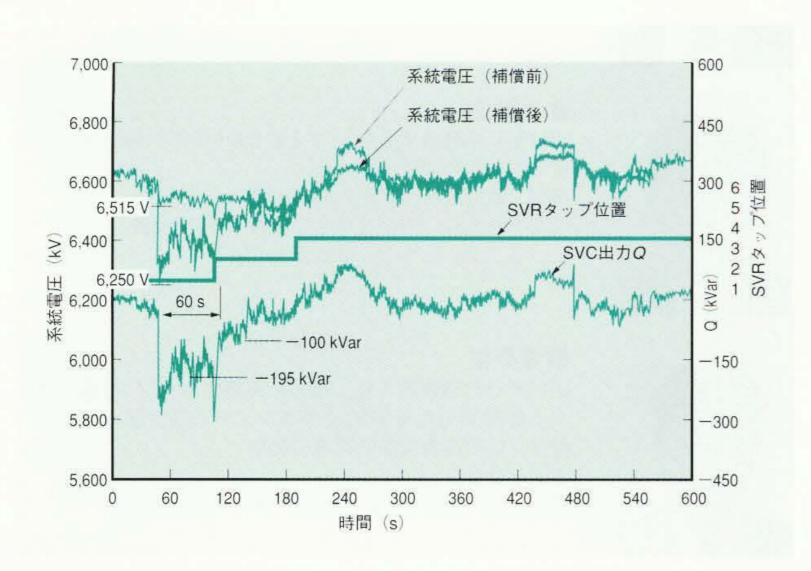


図3 実証試験結果(平均電圧制御十瞬時制御)

瞬時の電圧変動はSVCで補償され、1分以上のゆっくりした電圧変動はSVRで補償されている。

4 試験結果

変電所から15.8 km離れた地点に変動負荷のある系統で、この負荷の近傍にSVCを設置し、「平均電圧制御+瞬時制御」でSVCを運転したときのSVRとの協調制御動作時の波形を図3に示す。同図から、系統の瞬時電圧変動に対してSVCが動作し、徐々に補償出力を制御し、SVRと補償を分担していることがわかる。また、SVC補償なしのときの350 V電圧変動に対し、SVC補償ありのときには85 Vに抑制されている。

5 パソコン版電圧変動解析システム

5.1 電圧変動解析システムの開発コンセプト

この電圧変動解析システムの開発コンセプトは以下の とおりである。

- (1) 電力業界が推進している「お客さまサービスの高度 化」のコンセプトに沿い、パソコンで解析できる、使いや すい操作インタフェースとする。
- (2) SVCとSVRとの動作協調の解析も可能とする。このため、電圧変動の解析時間として数十ミリ秒から数分の解析が可能なもので、ラフモードとフルモードを併用する連続時間断面潮流計算手法とする。

5.2 電圧変動解析システムの概要

この電圧変動解析システムの基本機能は以下のとおりである。システムフローを**図4**に示す。

- (1) 配電線電圧の時間変動計算機能:制御装置の動特性を考慮した連続時間断面の潮流計算を行う。
- (2) GUI (Graphical User Interface) による系統モデル作

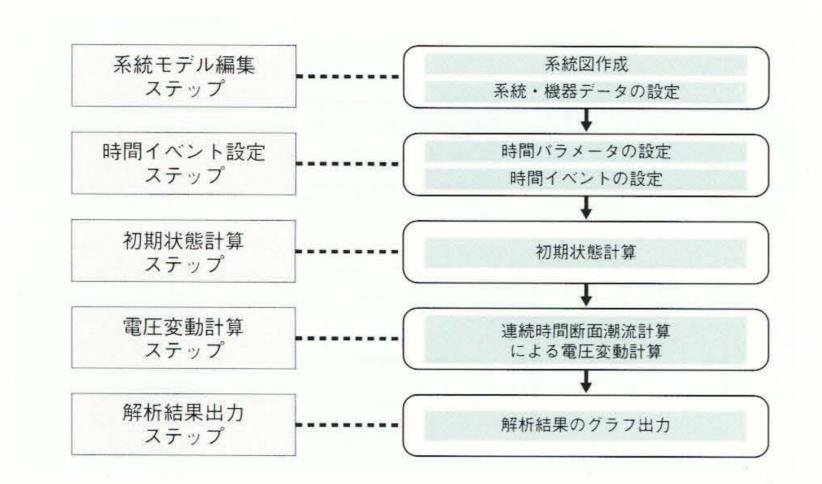


図4 解析システムフロー

あらかじめ作成した系統図とそのデータを基に、さまざまな解析が可能である。

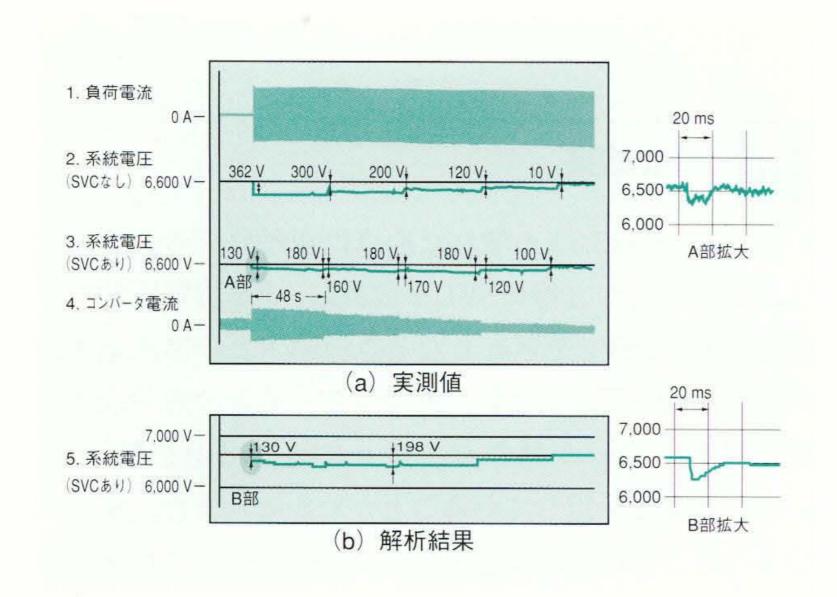


図5 実測値と解析結果

実証試験で得られた電圧変動波形は、瞬時の電圧変動およびゆっくりした電圧変動とも、解析結果と近似している。

成と編集機能

- (3) 時間イベント設定機能:シミュレーション時間幅を任意に設定し、設備の投入解列の設定を行う。
- (4) 解析モデル機能:配電線,負荷,風力発電機,調相設備機器,SVR,SVCの解析を行う。
- (5)解析結果出力機能:指定ノードの電圧変動表示と, 指定時間の電圧断面表示を行う。

5.3 解析結果

2台のSVRが設置されている配電系統で,負荷急変時 の電圧変動について実測した値と解析結果を図5に示す。

図5に示すように、ラフモードとフルモードで実測値 に近似した解析結果が得られ、解析の妥当性が評価で きる。

6 おわりに

ここでは、東北電力株式会社、東北電機製造株式会社および日立製作所が共同で行った新制御自励式SVCの適用についての研究と、その実証試験の内容について述べた。

今後、SVC装置のいっそうの小型化と、電圧変動解析システムの充実を図っていく考えである。

参考文献

- 1) 高杉,外:新制御自励式SVCの適用による系統安定化技 術の開発,平成11年度電機関係学会東北支部連合大会
- 2) 唯野,外:電圧変動解析支援システム(パソコン版)の開発,平成10年度電気設備学会全国大会

執筆者紹介



高杉和郎

1987年東北電力株式会社入社,お客様本部 配電技術グループ 所属

現在、新制御自励式無効電力補償装置の開発・実用化に 従事

電気設備学会会員, 電気学会会員

000

唯野幸雄

1976年東北電力株式会社入社,お客様本部 配電技術グループ 所属

現在、パソコン版電圧変動解析システムの開発・実用化 に従事

電気設備学会会員



平井義浩

1982年東北電機製造株式会社入社,研究開発センタ所属現在,新製品の研究開発に従事



渡辺雅浩

1991年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御第二研究部 電力情報制御グループ 所属 現在, 電力系統の解析と制御の研究に従事 電気学会会員, 情報処理学会会員, IEEE会員

E-mail: mwata@hrl. hitachi. co. jp



相澤英俊

1974年日立製作所入社,電力・電機グループ 電機システム事業部 国分生産本部 送変電システム設計部 所属 現在,電力用変換器の開発に従事 電気学会会員

E-mail: hidetosi_aizawa@ pis. hitachi. co. jp