



Title	自励式無効電力補償装置を用いた高速繰り返し電圧変動対策
Author(s)	吉野, 真; 廣瀬, 和雅; 辻本, 賢次 他
Citation	電気材料技術雑誌. 2018, 27(1), p. 14-18
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76109
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

自励式無効電力補償装置を用いた高速繰り返し電圧変動対策

吉野 真¹⁾、廣瀬 和雅¹⁾、辻本 賢次¹⁾、桑原 祐¹⁾

¹⁾ 愛知電機株式会社 電力事業部電力システム部パワエレグループ 〒486-8666 愛知県春日井市愛知町1番地

Countermeasure for High Speed and Repetitive Voltage Fluctuation with the Use of Static Synchronous Compensator

Makoto Yoshino¹⁾, Kazumasa Hirose¹⁾, Kenji Tsujimoto¹⁾, Tasuku Kuwahara¹⁾

¹⁾ AICHI ELECTRIC CO., LTD. POWER ELECTRONICS GROUP, ELECTRIC POWER SYSTEM DEPARTMENT, ELECTRIC POWER PRODUCTS DIVISION 1, Aichi-cho, Kasugai, Aichi, Japan

Distributed power sources, which are widely connected to distribution line these days, need to be disconnected with protective function in case of power outage. Among those distributed power sources, power conditioner for home PV power generation performs the function by inputting high speed micro-reactive power to distribution grid. Home PV power generation is connected to distribution grid on a large scale and fluctuation of inputted reactive power is wide. As a result, voltage on distribution grid widely fluctuates at a high speed (voltage flicker) and the voltage flicker may cause a serious problem. For the countermeasure, we developed static synchronous compensator (STATCOM) with the use of inverter. STATCOM can compensate voltage fluctuation within 16 ms. In addition, STATCOM can reduce sinusoidal vibration of 6 Hz which is simulated voltage flicker to approx. 30 %.

キーワード：STATCOM、電圧調整器、電圧フリッカ、単独運転検出

1. はじめに

近年、太陽光発電や風力発電などの新エネルギーを利用する分散型電源が大量に配電系統に接続されている。これら分散型電源の発電電力は、日射や風速に左右される。その結果、配電線の電圧を短時間かつ頻繁に変動させる。また分散型電源に用いられるパワーコンディショナの一部は、単独運転を検出するための機能により、周期的かつ高速な電圧変動を引き起こす可能性があることが知られている。そのため、これらの普及がさらに進んだ場合には、配電系統の電力品質の低下が懸念される。

このような電圧変動の対策としては、自動電圧調整器が挙げられる。しかし従来の自動電圧調整器は、機械式や半導体によるタップ切換で電圧調整を行なうため、動作が遅く、頻繁な切換ができない。

今回、配電線の高速かつ多頻度の電圧変動に対応するため、タップ切換ではなく無効電力で電圧調整を行なう高圧配電線用 STATCOM（以下、STATCOM）を製品化した¹⁾²⁾ので紹介する。

2. 概要

STATCOM は、自励式 SVC ともよばれ、インバ

ータによって無効電力を連続的かつ高速に制御する装置であり、無効電力によって配電線の電圧を調整する。その特長として、SVR（Step Voltage Regulator）のような機械要素による調整ではないため、メンテナンス周期を長くすることができる。また、高速スイッチング動作が可能な半導体（IGBT）によりインバータを構成しており、TVR（Thyristor-type Step Voltage Regulator）よりも早い応答が可能である。さらに、無効電力を無段階に調整することで、SVR、TVR のようなタップ切換による段階的な電圧調整ではなく、無段階の電圧調整が可能である。

3. 定格・仕様

本装置の外観を図 1 に、定格・仕様を表 1 に示す。本製品は、配電線用に特化した小型・軽量の制御容量 300kVA の製品である。運転電圧範囲の上限は、分散電源の逆潮流や進相コンデンサなどによる電圧上昇にも対応できるよう 7200V と高かった。

回路構成を図 2 に示す。搭載するインバータは、単機容量 75kVA の 4 並列構成とし、300kVA の変圧器にて昇圧して配電線へ接続する。

STATCOM の制御方式には、無効電力を一定とする「無効電力一定制御」、電圧を一定とする「電圧一定制御」、緩やかな電圧変動は抑制せず、フリッカや瞬時電圧変動のみを抑制するフリッカ対策用制御の三種類がある。

無効電力一定制御は、STATCOM が供給する無効電力が一定となるように制御を行なう。検出、演算した無効電力と無効電力設定値が一致するようにフィードバック制御を行なう。

電圧一定制御は、配電線の電圧があらかじめ設定した電圧値通りに一定となるよう制御を行なう。検出した配電線の電圧と電圧設定値が一致するようにフィードバック制御を行なう。

フリッカ対策用制御は、検出した配電線の電圧にハイパスフィルタを通過させ、その変動分が 0 になるようにフィードバック制御を行なうことで、STATCOM が出力する無効電力を調整する。また、本制御を使用することで、STATCOM は急

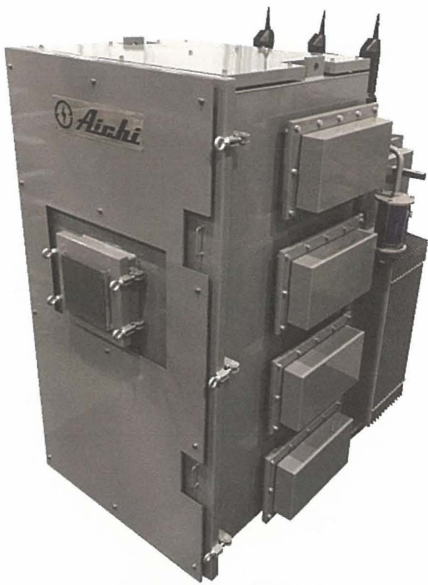


図 1 高圧配電線用 STATCOM の外観
Fig.1 Appearance of the STATCOM

表 1 高圧配電線用 STATCOM の定格・仕様
Table1 Specifications of the STATCOM

項目	定格・仕様	
相数	3相	
定格周波数	50Hz または60Hz	
定格電圧	6600V	
定格容量	300kVA	
運転電圧範囲	5,700V～7200V	
無効電力発生量	±300kvar (並列運転機能により最大±900kvar)	
冷却方式	電力変換器 : 強制風冷 変圧器 : 油入自冷	
制御方式 (※1)	無効電力一定制御 : 設定値 ± 300kvar 電圧一定制御 : 設定値6600V ± 150V フリッカ対策用制御	
総合電流歪率	3%以下 (定格出力時)	
寸法・質量	1415mm(W) 2080mm(H) 1730mm(D)	2750kg
周囲温度	-10～40℃	

(※1) いずれかを選択

峻な変動のみを抑制するため、緩やかな変動を SVR に調整させることで、SVR との協調制御が可能となる。

4. 特長
4. 1. 柱上設置可能

STATCOM を H 柱架台に設置可能な重量・寸法

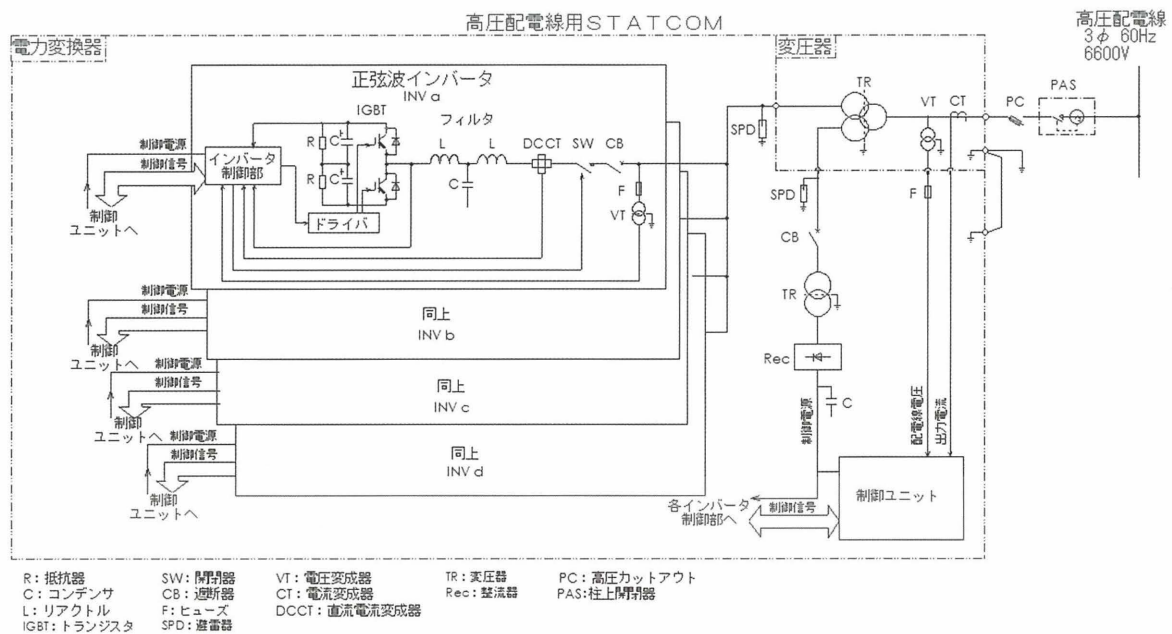


図 2 高圧配電線用 STATCOM の回路構成
Fig.2 Circuit diagram of the STATCOM

とした。また、インバータの耳障りなスイッチング音を大幅に低減するため、IGBT のスイッチング周波数を可聴周波数上限まで高めた。その結果、騒音を低減した。図 3 に実際の装柱状態を示す。

4. 2. 高い保守性

インバータの冷却方式は、冷却ファンによる強制風冷とした。ただし、プリント基板、リレー等の制御装置は、発熱部と分離したスペースに収納している。また、冷却ファンに長寿命タイプを採用するとともに、出力に応じて回転数制御を行う方式とした。これらにより、部品交換周期を 15 年とした。また、各部品をユニット式としたことで、部品交換作業の簡易化を図っている。

4. 3. 高速応答

IGBT のスイッチング周波数を高めることなどにより、応答時間を高速化した。また、制御方式は、最新のロバスト制御、アイデア制御とフェーザ制御を組合せており、従来製品よりも大幅に高速制御性能を向上させている。3 相電圧をフェーザに変換し、 $\gamma\delta$ 空間で電圧フィードバックを行なっている。このため、高速な電圧制御が可能となった。さらに、周波数変動や高調波歪による影響

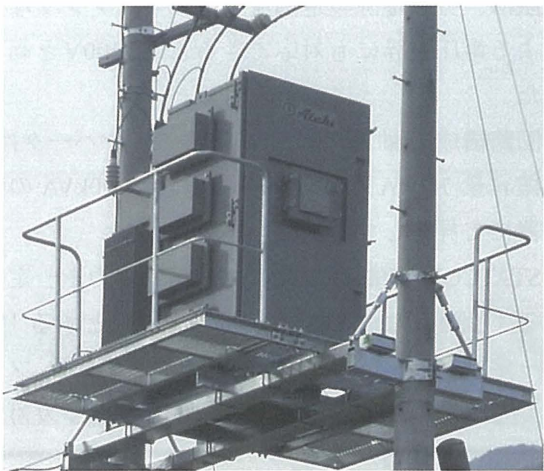


図 3 STATCOM 装柱写真
Fig.3 The STATCOM installed on utility poles

を受けない連続位相比較同期方式を使用し、フェーザ変換に必要な配電線電圧の位相を正確に検出している。電流制御系には、3 相電流を瞬時複素交流ベクトル（アイデアと呼ぶ）に変換し、アイデア空間で電流フィードバックを行っている。同時に、外乱の影響を受けない 2 自由度ロバスト制御を採用した。これらにより、従来手法では実現が難しかった高速性（応答 30ms 以下、6Hz フリッカを 1/3 以下）を実現した。

(1) 瞬時電圧低下

電圧がステップ状に変化した場合の STATCOM の動作波形を図 4 に示す。電圧が急峻に低下した場合でも、STATCOM は即座に無効電力を出力し、30ms 以内に電圧調整を行なっている。

SVR の電圧調整時間は数十秒、TVR でも最短 70ms であるのに対し、STATCOM は非常に高速な電圧調整が可能となっている。よって、分散型電源の影響(天候の急変による発電出力の低下など)による急峻な電圧低下が発生しても STATCOM は対応が可能である。

(2) 周期的な電圧変動

電圧が正弦波状に変化した場合の動作波形を図 4 に示す。167ms (6Hz) 周期の正弦波状の電圧変動に対し、STATCOM が電圧調整を行なうことで、STATCOM がいない場合に比べ電圧変動の幅を約 68%抑制している。

TVR の場合、連続の切戻回数に制限があるため、周期的な変動が長期間続いた場合に対応できない。一方、STATCOM はこのような制約がない。また、応答速度も非常に高速であり、周期的な変動に対しても応答可能である。よって、配電線の周期的な電圧変動（電圧フリッカ）に対しても STATCOM は効果的である。

5. おわりに

今回、新たに非常に高速な電圧調整が可能な電圧調整器として、高压配電線用 STATCOM を製品化した。近年問題となっている自然エネルギーを利用する分散型電源による配電線の高速かつ多頻度の電圧変動に対して、本装置は効果的である。

本製品はすでに電力会社殿の配電線にて実運用され、お客様からは高い評価を受けている。

また、従来からある SVR、TVR と本装置を組み合わせ、定常的な電圧変動を SVR、TVR で抑制し、急峻な電圧変動を本装置が補償することで、配電線全体の電圧管理として非常に有効になると考える。今後は、さらなる性能向上を行なっていく。

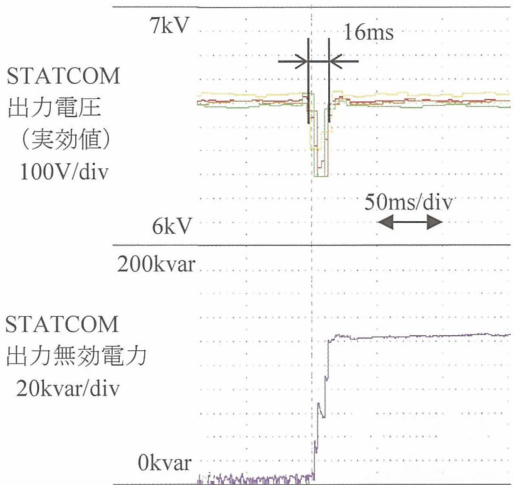
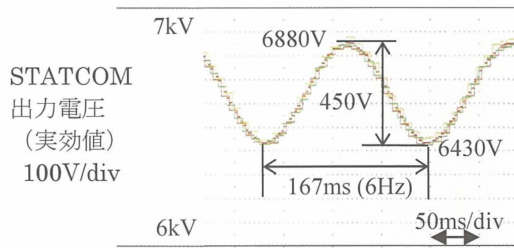
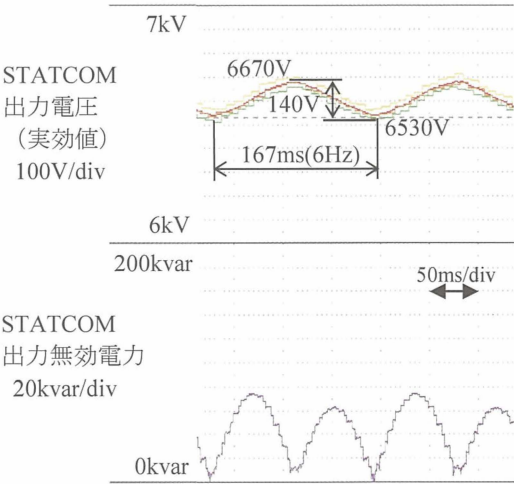


図 4 ステップ状の変化に対する動作
Fig.4 Waveforms of response for voltage sudden change



(a) STATCOM 停止時



(b) STATCOM 運転時

図 5 正弦波状の変化に対する動作
Fig.5 Waveforms of response for periodic voltage fluctuation

参考文献

- 1) 愛知電機株式会社:「高压配電線用 STATCOM
の開発」、愛知電機技報 No.37 (2016) p.30
- 2) 廣瀬和雅、桑原祐:「高压配電線用 STATCOM」、
電気評論第 637 号(2017) pp.30-33、

(2018 年 7 月 12 日 受理)

著者略歴



吉野 真

1988 年 9 月 5 日生。2013 年 3 月
愛知工業大学大学院工学研究科修了。
同年 4 月愛知電機株式会社入社。
太陽光発電用パワーコンディショナ
の開発を経て、現在、配電線用電圧
調整器の開発に従事。電気学会会員。



辻本 賢次

1974 年 7 月 28 日生。1993 年 3 月
愛知工業高校卒業。同年 4 月愛知電
機株式会社入社。核融合プラズマ実
験用特殊電源、太陽光発電用パワー
コンディショナの開発を経て、現在、
配電線用電圧調整器の開発に従事。



廣瀬 和雅

1984 年 4 月 29 日生。2010 年 3 月
名城大学大学院理工学研究科修了。
同年 4 月愛知電機株式会社入社。
太陽光発電用パワーコンディショナ
の開発を経て、現在、配電線用電
圧調整器の開発に従事。



桑原 祐

1963 年 10 月 23 日生。1986 年 3 月
名古屋大学工学部電気学科卒業。
同年 4 月愛知電機株式会社入社。
核融合プラズマ実験用特殊電源、
太陽光発電用パワーコンディショナ
の開発を経て、現在、配電線用電圧
調整器の開発に従事。電気学会会員。