

SVGによるフリッカ抑制効果

豊田 靖臣 (日本ガイシ株式会社)

松野 直也, 富士 重之 (北海道電力株式会社)

The Effectiveness of the flicker suppression of the Static Var Generator

Yasuomi Toyoda (NGK Insulators, Ltd.)

Naoya Matsuno, Shigeyuki Fuji (Hokkaido Electric Power Co., Inc.)

1. はじめに

配電線の電圧は、負荷の変動により常に変化しその状況は、採石場などのような大きな負荷が線路の末端付近にあるとより顕著である。また、近年の電子機器の普及に伴い、電力品質に対する要求が高まっており、配電系統の電圧安定化が強く望まれている。

さらに、電力自由化に伴い、設備容量の大きい様々なフリッカ源が配電系統に接続される機会も増えるものと予想される。

既存の電圧調整器(SVR: Step Voltage Regulator)は、日負荷変動等の緩やかな変動に対応することを目的としており、フリッカには十分対応できない。一方、パワーエレクトロニクス技術の進歩に伴い、フリッカ対策としてパワーエレクトロニクス技術を応用した装置が普及しつつあるが、今までにフリッカ抑制効果について特性評価した事例は少ない。

今回、SVG (Static Var Generator) の各種制御方法について、フリッカに対する抑制効果の評価と検証を実施した。

2. 補償遅れ時間とフリッカ抑制効果

SVGが補償する前の電圧変動とSVGの補償分およびSVG補償後の電圧変動をベクトルで表すと図1のようになる。この関係より、フリッカ抑制率 K は次式で示される。

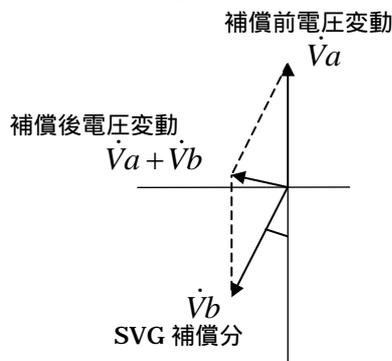


図1. フリッカ抑制効果

$$K = \frac{|\dot{V}_a| - |\dot{V}_a + \dot{V}_b|}{|\dot{V}_a|}$$

$$= 1 - \sqrt{1 + H^2 - 2H \cos \theta}$$

ただし、

$$H = \frac{|\dot{V}_b|}{|\dot{V}_a|}$$

K : フリッカ抑制率

H : 補償率

θ : 補償遅れ角

$|\dot{V}_a|$: SVG補償前電圧変動

$|\dot{V}_b|$: SVG補償分電圧

さらに補償遅れ角 θ は

$$\theta = 2\pi f \tau \text{ (rad)}$$

ここで、

τ : 補償遅れ時間 (sec)

f : 変動周波数 (Hz)

以上のように補償遅れ時間 τ が小さいほど補償遅れ角 θ が小さくなり、フリッカ抑制効果が高くなる。

3. SVGの制御方式

SVGの制御方法としては、フィードバック制御方式を用いた電圧一定制御方式とオープンループ制御方式を用いた力率一定制御方式を採用している。

力率一定制御方式は電圧一定制御方式に比べ、応答速度が速くフリッカ抑制に有効である。また、配電線の電圧管理には、電圧一定制御方式が適しており、これらの両方式を有効に活用するために複合制御方式を開発した。

複合制御方式は、電圧一定制御方式と力率一定制御方式を組み合わせた方式であり、その補償分は電圧一定制御方式の補償分と力率一定制御方式の補償分を加算したものである。応答の速い力率一定制御方式の補償分により、フリッカ抑制を行うものである。

4 . フリッカ抑制効果検証試験

フリッカに対する抑制効果を検証するため、電圧変動の周波数を可変し、フリッカ抑制率の周波数特性を求めた。

4 - 1 試験条件

図 2 の系統において下記の負荷条件で、負荷の開閉時間を可変しフリッカを模擬した。なお、SVG の定格容量は 300kVar である。

負荷条件：固定負荷 / 100kW
 変動負荷 / 遅れ 80kVar

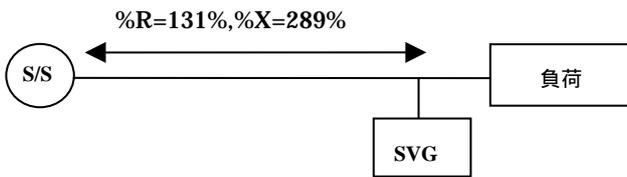


図 2 . 系統条件

4 - 2 試験結果

試験で得られた制御方式別の SVG のフリッカ抑制率を図 3 に示す。

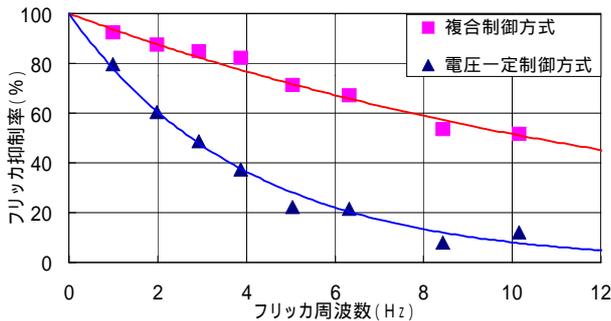


図 3 . フリッカ周波数に対するフリッカ抑制率

試験結果から、複合制御方式は、フリッカ周波数が高くなるに従ってフリッカ抑制率が低下するものの、10Hz までおよそ 50%以上の効果を有することが確認できた。一方、電圧一定制御方式は、約 3Hz から 50%以下の効果しか得られない。

5 . 実系統における実施例

砕石場の負荷が接続された系統での電圧変動を図 4 に、フリッカの分析結果を図 5 に、フリッカ抑制効果を表 1 に示す。

図 5 から負荷のフリッカ周波数は、4.88Hz であるため、4 項での検証試験結果（図 3）からフリッカ抑制率は約 70%になると予想される。

フリッカ抑制効果の測定結果は表 1 に示す通り、全域におけるフリッカ抑制率は 66.3%、4.88Hz のフリッカ抑制率は 66.9%であり、予想値と同等な結果が得られた。

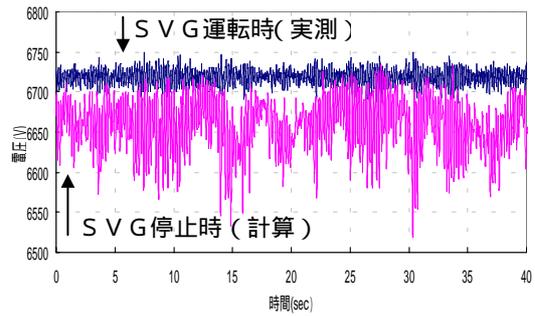


図 4 . 実系統における電圧変動

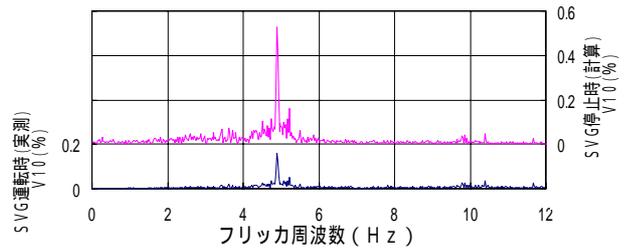


図 5 . フリッカの分析結果

表 1 . V₁₀ の比較とフリッカ抑制率

	停止時 (計算)	運転時 (実測)	抑制率
V ₁₀ (全域)	0.945(%)	0.318(%)	66.3(%)
V ₁₀ (4.88Hz)	0.528(%)	0.159(%)	69.9(%)

6 . おわりに

SVG によるフリッカの抑制方法として、複合制御方式を開発し、複合制御方式のフリッカ抑制効果を検証・評価した。

今回の試験結果から採石場のフリッカである約 5Hz で各制御方式の比較をすると複合制御方式では、約 70%の抑制効果が発揮できるのに対し、電圧一定制御方式では、約 30%の抑制効果しか発揮できないことがわかった。

フリッカ対策の実施にあたっては、負荷のフリッカ周波数を把握した上で、制御方法を含めた対策を考慮する必要があると考える。

7 . 参考文献

- (1)西端克己、高木宏幸、大竹功：配電線におけるフリッカ対策に関する研究（完）北海道電力研究報告、第 276 号、1979-10
- (2)雪平謙二：フリッカの原因と抑制対策、北海道電力研修資料
- (3)富士重之、松野直也：SVG のフリッカに対する動作特性と抑制効果、北海道電力総合研究所、研究年報、第 33 巻、2002-10