

S V G による三相不平衡抑制効果

富士 重之, 松野 直也 (北海道電力株式会社)

豊田 靖臣 (日本ガイシ株式会社)

The Effectiveness of three-phase unbalance compensation of the Static Var Generator

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

Yasuomi Toyoda (NGK Insulators, Ltd.)

1. まえがき

近年、配電系統では、従来機器の S V R (Step Voltage Regulator) では対応できない瞬時電圧変動が顕在化してきている。このため、より高速で電圧変動を補償する装置がパワーエレクトロニクス技術を活用し、開発・普及しつつある。

一方、三相インバータや三相モータの増加に伴い、三相不平衡電圧の抑制に対するニーズも高まってきているが、配電系統における三相不平衡電圧抑制対策は単相負荷の接続切替等により実施されており、調査および工事に多大な労力を要している。

そこで、電圧変動対策として使用している S V G (Static Var Generator) に、三相不平衡電圧を抑制する機能を付加した制御方式を開発した。本論文では、実系統における試験をもとに S V G の三相不平衡電圧抑制効果について検証した結果を報告する。

2. 三相不平衡電圧に対する S V G 出力

図 1 に三相不平衡電圧の各対称分のベクトルを示す。この図をもとに S V G の出力を求める。

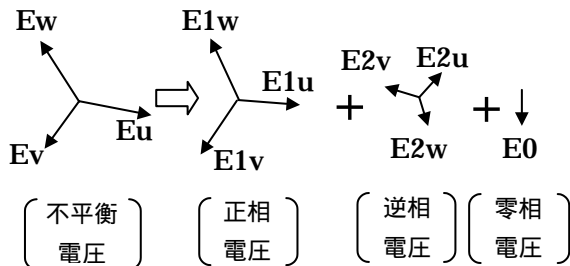


図 1 . 三相不平衡電圧の各対称分

E_u, E_v, E_w から正相電圧 E_{1u}, E_{1v}, E_{1w} 、逆相電圧 E_{2u}, E_{2v}, E_{2w} 、零相電圧 E_0 を求める。

$$E_{1u} = \frac{1}{3}(E_u + a E_v + a^2 E_w)$$

$$E_{1v} = a^2 E_{1u}$$

$$E_{1w} = a E_{1u}$$

$$E_{2u} = \frac{1}{3}(E_u + a^2 E_v + a E_w)$$

$$E_{2v} = a E_{2u}$$

$$E_{2w} = a^2 E_{2u}$$

$$E_0 = \frac{1}{3}(E_u + E_v + E_w)$$

$$\text{ただし、} a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

上記で求められた逆相電圧 (E_{2u}, E_{2v}, E_{2w}) を S V G により打ち消すと三相不平衡を抑制することができる。その時の S V G の各相電流 $I_{2svgu}, I_{2svgv}, I_{2svgw}$ は、系統インピーダンス Z を用いて表すと、次のように求められる。

$$I_{2svgu} = -\frac{E_{2u}}{Z}$$

$$I_{2svgv} = -\frac{E_{2v}}{Z}$$

$$I_{2svgw} = -\frac{E_{2w}}{Z}$$

電圧一定制御に三相不平衡抑制機能を付加する方法として、電圧一定制御を妨げないよう、その余力分を三相不平衡抑制機能に使用することとした。三相不平衡抑制機能に使用する補償量 $I_{2svgmax}$ は、S V G の定格電流 I_{svgmax} と電圧一定制御の補償量 I_{1svg} より以下の式で求められる。

$$I_{2svgmax} = I_{svgmax} - I_{1svg}$$

なお、S V G は、電圧一定制御として急峻な電圧変動補償を優先的に行うため、段階的に出力量を制御する機能を有している。

3. 三相不平衡制御機能動作試験

三相不平衡電圧の抑制効果について三相不平衡電圧を発生させ、以下に示す試験条件で検証した。さらに電圧一定制御との組み合わせ試験も実施した。

3 - 1 試験条件

図 2 の系統において下記の負荷条件で、単相負荷を投入し三相不平衡電圧を模擬した。なお、SVG の定格容量は 300kVar である。

負荷条件：単相負荷 (V-W 間)
 有効電力：100kW
 無効電力：遅れ 100kVar

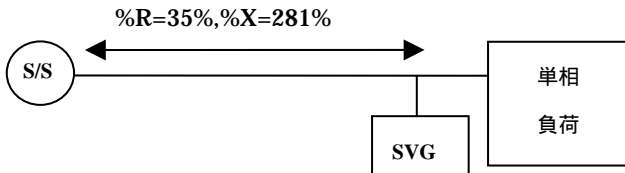


図 2 . 系統条件

3 - 2 試験結果

図 3 に SVG による不平衡抑制機能試験時の各線間電圧および不平衡率を示す。

SVG の三相不平衡抑制機能により、約 4% の不平衡率が 1% 以下まで抑制できることが確認できた。また、電圧一定制御と組み合わせた場合、三相不平衡が抑制された状態で、電圧が 6400V で一定に制御されている。

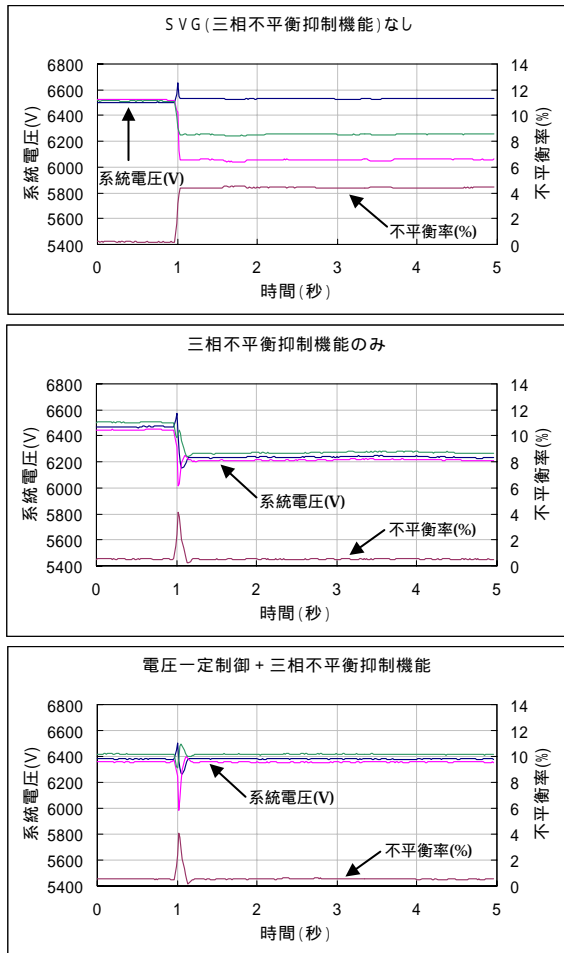


図 3 . 三相不平衡抑制機能試験

4 . 実系統における実施例

図 4 に実系統における測定結果を示す。SVG は定格容量に対して、電圧一定制御の余力分を三相不平衡抑制機能に使用する制御としている。

図 4 の 以前では、SVG は三相不平衡抑制機能のみで運転している。この場合の不平衡率は約 0.2% に改善されている。

図 4 の で三相不平衡抑制機能に加え、電圧一定制御を開始した。図 4 の 直後は、電圧一定制御の必要補償分が定格容量以上であったため、三相不平衡抑制機能に使用する補償量がなく、三相不平衡電圧を抑制することはできず、不平衡率は約 0.2% から約 1.5% に上昇している。その後 SVG は、徐々に電圧一定制御の補償量を制限し、三相不平衡抑制機能に使用できる補償量を増加させ、三相不平衡電圧を抑制している。

電圧変動を SVG が補償した図 4 の においても図 4 の と同様な動作をしている。

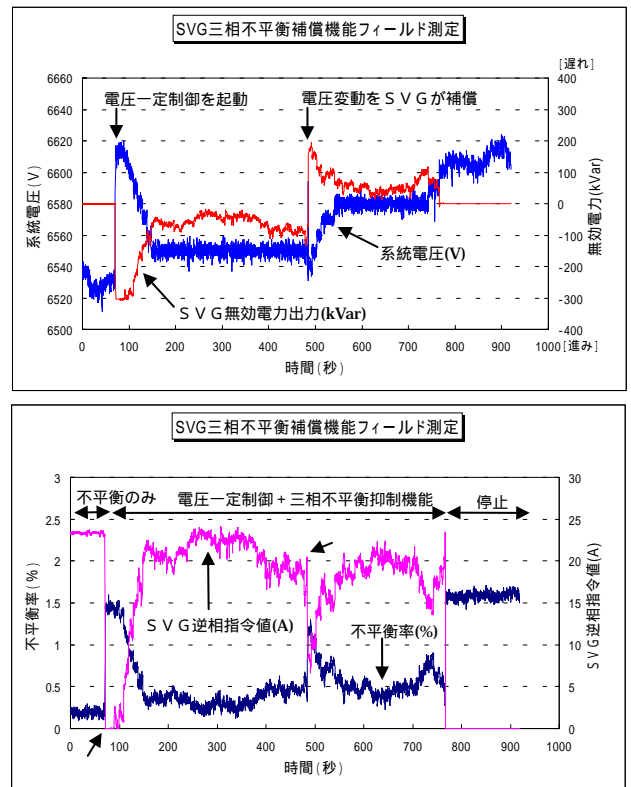


図 4 . 実系統における測定結果

5 . あとがき

従来機能である電圧一定制御に三相不平衡抑制機能を付加した SVG を開発し、実系統での検証を実施した。

今回の試験において、系統電圧への影響を最小限にしなが電圧一定制御の補償量を制限し、三相不平衡抑制機能の補償量を確保することで、電圧変動と三相不平衡の両者を抑制できることを確認した。