

# Variable Inductorを用いた無効電力制御方法についての検討

E09009 石川幸二郎

指導教員 藤田吾郎

## 1. はじめに

近年、化石燃料の枯渇や地球温暖化といった問題が深刻化し関心を集めている。そのため、温暖化の原因である温室効果ガスの削減が急務となっている。同時に震災の影響から需要地に隣接して設置可能な風力、太陽光などの分散型電源が不足電力を補う手段として注目されている。また、二酸化炭素の排出も抑制できると期待され、今後さらに導入量が増加することが見込まれる。しかし、自然エネルギーを利用した電源は出力が不安定であるという問題点があり、逆潮流による電圧の上昇や不平衡など系統に悪影響を与えてしまう。それを制御するための新しい電力供給形態が必要となってくる。

本稿では、太陽光発電導入における配電系統の品質低下という課題に対し、可変インダクタを用いた無効電力制御を目的とする。そこで太陽光発電を連系した配電系統モデルを構築し、可変インダクタによる制御について、実験的検証および、PSCADを用いたシミュレーションを行い、電圧変動などの系統の品質維持について評価する。

## 2. 逆潮流

逆潮流は、太陽光発電の出力が必要以上に大きく、負荷が小さい場合に生じ、電力が電力系統側に流れ込む現象である。特に、軽負荷の場合に生じやすい。その流れを図1に示す。

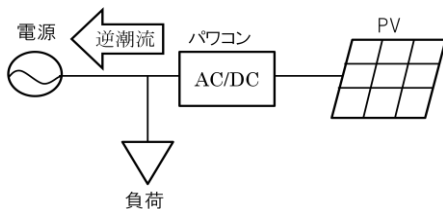


図1 逆潮流の流れ

## 3. 無効電力制御

太陽光発電など分散型電源の無効電力には、線路インピーダンスの $X$ (リアクタンス)と $R$ (抵抗)の割合である $X/R$ 比が影響する。 $X/R$ 比が大きいと、電圧制御は容易である。一方で、 $X/R$ 比が小さいと、制御するのは難しく、太陽光発電が変電所から遠いほど電圧制御の必要性は重要になる。そこで、本研究では $X/R$ 比が小さい場合の制御について考慮する<sup>[1]</sup>。

## 4. 可変インダクタ (Variable Inductor)

可変インダクタを用いた無効電力調整装置は、東北電力、北芝電機、東北大学の共同研究により開発され、東北電力の実配電系統において2005年12月まで行われた実

証試験によって電圧変動抑制効果が検証され、実用化にいたったものである。直交磁心の1次側から直流励磁を加え、2次巻線の実効的なインダクタンスを可変している。

本研究では、サイリスタを用いた可変インダクタについて検討する。構造は、双方向サイリスタとインダクタを並列接続したものである。制御はサイリスタ位相制御で行い、 $T_1$ の位相を変化させることで、インダクタの有無を操作する。そのモデルを図2<sup>[2]</sup>に示す。

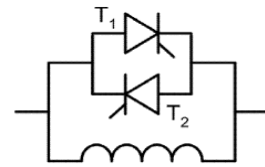


図2 モデル

また、PSCADにおいて可変インダクタを模擬し、シミュレーションを行った。今回は、位相角 $\alpha$ を $45^\circ$ に設定し、可変インダクタ(VI)にかかる電圧、電流の波形をそれぞれ、図3、図4に示す<sup>[1]</sup>。

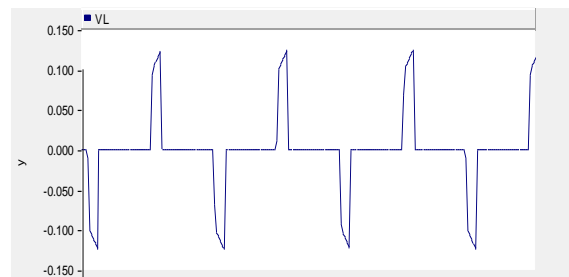


図3 VIにかかる電圧( $\alpha=45^\circ$ )

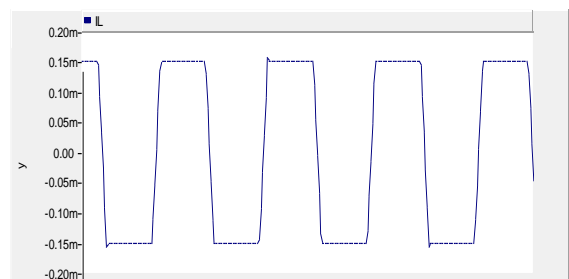


図4 VIに流れる電流( $\alpha=45^\circ$ )

## 5. 評価

図5にPSCADにおいての系統モデルの概要図を示す。変電所を介し、三相の電力系統の末端に負荷と太陽光発電を接続し、発電側に可変インダクタを挿入した系統を模擬している。今回は、可変インダクタの動作確認が目的のため、逆潮流は考えず、力率100%の条件でシミュレーションを行った。

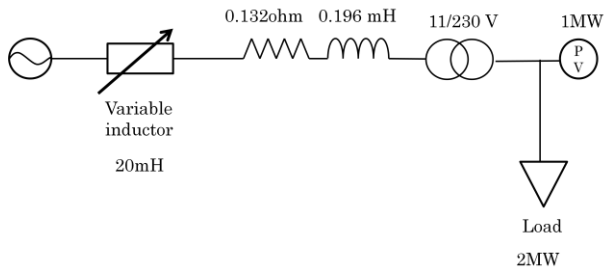


図5 システムモデル

今回、サイリスタの位相角 $\alpha$ は、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $80^\circ$ のケースでシミュレーションを行った。このときの、可変インダクタ(VI)にかかる電圧波形をそれぞれ図6、図7、図8に示す。それぞれ、縦軸は電圧を示し、横軸には時間を示している。三相交流のシステムを模擬しているため、それぞれをU相、V相、W相として、 $120^\circ$ ずらした波形である。可変インダクタに与える指令値も同様にU相、V相、W相を $120^\circ$ ずらした。

位相角 $\alpha$ を変化させることによって、トリガの位置が変化していることが図6、7、8より確認できる。よって、位相角制御によって、インダクタの有無の調節が成功したと考えられる。

## 6. まとめと今後の展望

PSCADにおいて、図6、7、8より模擬した可変インダクタは正常に機能したのが確認できた。今後は、負荷の容量や太陽光発電の出力、力率を考慮し、受電側の電圧変動について検討していく。

また同時に、単相の可変インダクタを仮想した実験的検証を行っていく。内容としては、双方向サイリスタ(トライアック)を製作する。位相制御はPICマイコンによってコントロールを行う。その回路図を図9に、SSR部分の回路を図10に示す。得られた結果PSCADによる評価と比較し、可変インダクタの有効性について検討していく。最終目標として、電力システムとの連系を想定し三相の図6に示したモデルを模擬した実験的検証を行っていく予定である。

## 参考文献

- [1] Johannes MORREN, Grid support by power electronic converters of Distributed Generation units, ter verkrijging van de graad van doctor aan de Technische Universiteit Delft, op gezag van de Rector Magnificus prof. dr. ir. J.T. Fokkema, voorzitter van het College voor Promoties, in het openbaar te verdedigen op maandag 13 november 2006 om 12.30 uur door, p56-57
- [2] 発見と研究のデジタル博物館 <http://dbnst.nij.ac.jp/pro/detail/1460>
- [3] Johannes MORREN, Grid support by power electronic converters of Distributed Generation units, ter verkrijging van de graad van doctor aan de Technische Universiteit Delft, op gezag van de Rector Magnificus prof. dr. ir. J.T. Fokkema, voorzitter van het College voor Promoties, in het openbaar te verdedigen op maandag 13 november 2006 om 12.30 uur door, p50-54

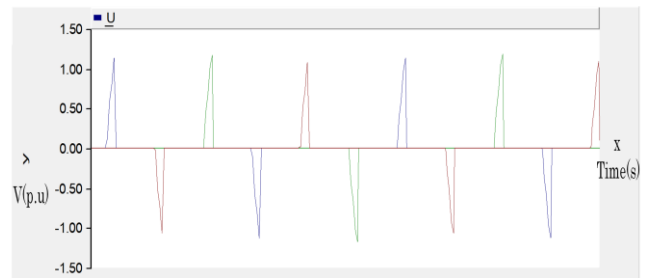


図6 VIにかかる電圧( $\alpha=30^\circ$ )

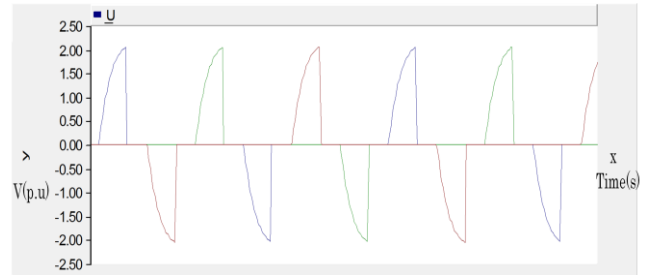


図7 VIにかかる電圧( $\alpha=45^\circ$ )

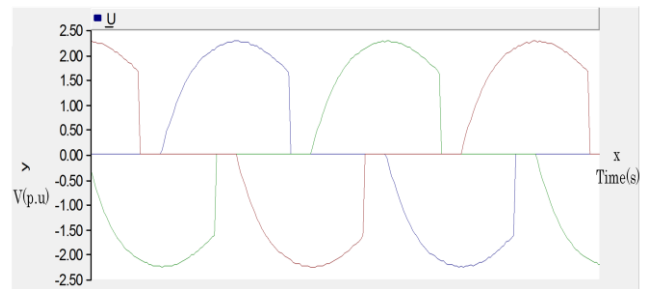


図8 VIにかかる電圧( $\alpha=80^\circ$ )

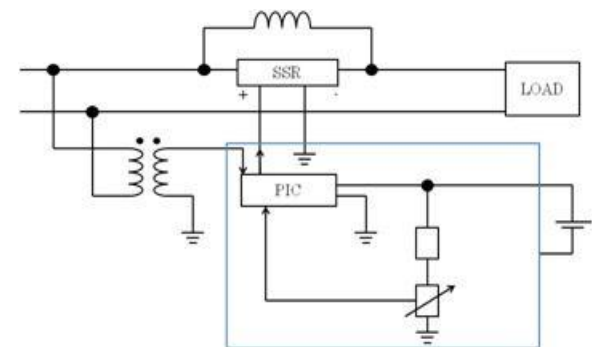


図9 単相SSRの回路図

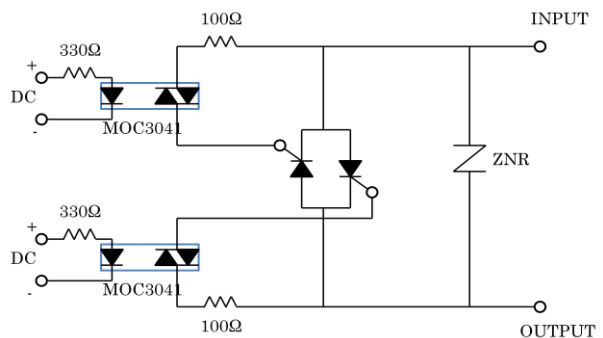


図10 図9におけるSSR回路