

分散型電源/電力貯蔵を含む環境保全型エネルギー供給システムに関する包括的研究	
題目	「スマートインバータにおける電圧制御パラメータの決定手法」
著者	中西要祐・中垣隆雄・滝沢研二・小野田弘士

1. 研究概要

近年、送・配電システムにおいて再生可能エネルギー等の変動性を内包した電源の大量導入による、電圧上昇問題が顕在化している。そこでスマートインバータと呼称される、様々な制御機能を有した機器の自端にて、無効電力調定率制御によってこれら変動電源による電圧上昇を抑制する機能に期待が寄せられている。しかし、機器の要件や機器の制御パラメータ設計手法については提案がなされている最中である。そこで、本稿では、電力システムの全体を推定した上での配電系統内に設置された再生可能エネルギー発電システムに備わるインバータにおいて、制御パラメータの不安定を回避する決定手法を提案した内容について報告する。

2. 本年度の成果

< 2・1 > 無効電力調定率決定手法の提案

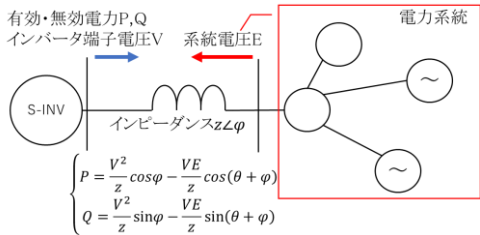


図 1 インバータと系統図および潮流方程式

潮流計算では図 1 のような有効電力 P、無効電力 Q についての連立方程式から成り立つが、本研究では変動する系統電圧を集約して E として、位相角 θ について消去し、(1) 式のように表現した。インバータ側の出力 P、Q の値に応じて(1)式が 0 となる点が解(運転点)である。また、インバータの無効電力調定率 L を用いた $Q=LV$ を代入した L 付き潮流計算におけるインバータ端子電圧の感度が(2)式であり、これが 0 となる点が分岐点である。運用範囲内での L 付き潮流計算の難収束を回避するため、(3)式を満たさない L を潮流計算の解が収束する条件として扱うことを提案する。

$$f(P, Q, V) = \frac{z^2 \left(Q - \frac{\sin(\varphi)V}{z} \right)^2}{E^2 V^2} - \left(\frac{\cos(\varphi)V}{E} - \frac{Pz}{VE} \right)^2 + 1 \quad (1)$$

$$\frac{\partial f}{\partial V} = -2 \left(\frac{\cos \varphi}{E} + \frac{Pz}{EV^2} \right) \left(\frac{V \cos \varphi}{E} - \frac{Pz}{EV} \right) - \frac{2z^2 \frac{V^2 \sin \varphi}{z}}{E^2 V^3} - \frac{4z \sin \varphi \left(L - \frac{V^2 \sin \varphi}{z} \right)}{E^2 V} \quad (2)$$

$$L = \frac{E^2 V^2 \cos \varphi + 2EV^3 (\sin \varphi)^2 + P^2 z^2 \cos \varphi - 2EVz \sin \varphi}{2EVz \sin \varphi} \quad (3)$$

< 2・2 > 適用例

計算を単純化するため、本検討では系統電圧 E およびインピーダンス z は固定した。下図 2 の系統側潮流曲線と PCS 側制御平面との交わりが解曲線であり、赤で示した解曲線が(3)式を満たす分岐点近傍である。

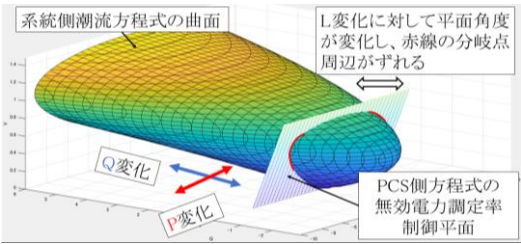


図 2 潮流解曲面と制御平面(L=-1.0)

実運用範囲内でこの解曲線が分岐点に収束する十分条件の L について、(2) 式の解が 0 となる P、V、L の条件を列挙問題として解くことで算出した。その時の最大・最小値の幅は $-1.8 < L < -0.02$ の範囲となる。L=-0.02 とした場合の分岐解は(2)式より $P=0.608$ 、 $Q=-LV=0.012$ である。そこで、任意の初期値 ($P=1, V=1, Q=1$) より L 付き潮流計算の収束点をエラー！参照元が見つかりません。に示すと、解が発散していることが分かる。したがって、提案手法の L は難収束となる十分条件といえるため、本手法は不安定な L を回避するために有効なことが明らかになった。

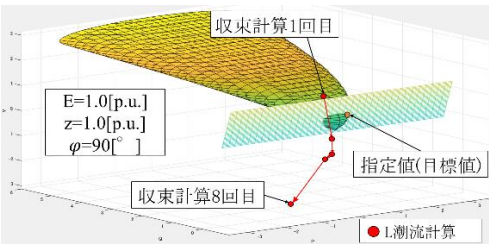


図 3 潮流計算の計算点(L=-0.02)

3. まとめ

潮流計算の難収束問題について分岐点近傍に原因があると推測し、L の値によって分岐点はどのような点を取るのかを算出することで実運用の範囲において分岐点を通る L の値を求めた。しかし、L のパラメータについて検討する際、インバータが接続される地点周辺の系統状態に影響を受ける。そこで、本研究室の持つ確率潮流計算手法を活用することで、再生可能エネルギーなどの変動を含む系統でも高精度なパラメータ設計が期待できる。