

論文内容要旨

報告番号	甲 先 第 231 号	氏 名	河野 高一郎
学位論文題目	長距離配電線に対応した太陽光発電系統連系用電力変換装置の無効電力制御手法に関する研究		
<p>内容要旨</p> <p>本論文は、著者が徳島大学大学院先端技術科学教育部システム創生工学専攻博士後期課程在学中に行ってきた長距離配電線に対応した太陽光発電系統連系用電力変換装置の無効電力制御手法に関する研究成果をとりまとめたものである。</p> <p>近年、エネルギー安定供給の確保や地球温暖化問題への対応から、再生可能エネルギーの導入が積極的に進められている。特に太陽光発電（PV）については、比較的立地条件の制約を受けにくい、保守が比較的容易といった長所があり、固定価格買取制度の開始以降、PVについては国の認定量および系統への導入量が急激に増加している。</p> <p>PVは日射量にほぼ比例してその出力が増加する。日射量は天候により数十秒程度の短期間に大きく変動することもあり、この場合、PVの出力も同様に変動すると考えられる。</p> <p>配電系統にPVが連系された場合、PVの出力変動に伴い配電系統で電圧変動が発生し、配電系統の電圧が電気事業法で定められた適正範囲から逸脱することが懸念されている。本論文では、条件が最も厳しい、メガソーラーなど大規模太陽光発電が長距離配電線に連系した場合の電圧変動を抑制するため、系統連系用電力変換装置（PCS）の無効電力制御法を検討した。</p> <p>第1章では、本研究の背景となるPVの導入状況および現状のPV連系時の配電系統の電圧変動抑制対策に対する概況について述べ、本研究の目的を示した。</p> <p>第2章では、PVの詳細な導入状況および松山太陽光発電所での実測結果を基にした太陽光発電の特性を示した。太陽光発電はSVR（高圧自動電圧調整器）など機械的接点を持つ従来の電圧調整機器の動作時限(45秒～数分)の間、定格出力に対しどの程度の出力変動を生じるか明らかにした。また、出力変動の激しい時間帯において配電線の電圧変動はどの程度見込まれるか、モデル系統を用いて明らかにした。</p> <p>第3章では、配電系統における現状の電圧制御について述べた。負荷変動に対する電圧変動補償を目的としたSVRやLRT(負荷時タップ切替変圧器)でPV連系時の出力変動に伴う電圧変動を抑制することは動作速度の関係により困難である。PV連系時の電圧変動抑制対策として、無効電力補償装置（SVC）の設置による無効電力制御の電圧制御、蓄電池設置による出力平滑化、SVC設置時に問題となるSVRとの動作協調、PCSの無効電力制御法について述べた。</p> <p>第4章では、シミュレーションで用いた系統条件・負荷条件について説明した。配電</p>			

線の有効電力 P および無効電力 Q は PQ 平面上において、高圧需要家のコンデンサ容量を切片とした直線上を変動する特性があり、この特性を用いて配電用変電所の引出口において計測したフィード電流(皮相電力)から、配電線負荷の力率を推定する手法について提案した。

第5章では、メガソーラーなど大規模太陽光発電連系時の電圧変動対策としてPCSの無効電力制御(力率一定制御)について検討した。PCSの無効電力制御はPVの連系箇所が配電用変電所から5km以内の短距離であれば、電圧変動は十分かつ効果的に抑制されることをシミュレーションおよび連系された発電設備の実測により検証した。一方、10kmを超過する長距離配電線では線路電力損失の影響で電圧変動を抑制することが難しいことがわかった。

第6章では、長距離配電線における電圧変動抑制対策として、PCSの力率を線路電力損失と関係のある配電線負荷の容量およびPVの出力毎に適正に調整する無効電力制御「力率変更制御」を提案した。力率変更制御時に残留する電圧変動は線路電力損失の位置的なばらつき度合いの大きさが関係しており、負荷が小容量の配電線に連系する場合は負荷が大容量の配電線に連系する場合と比較して電圧変動が大きくなることがわかった。

第7章では、提案した力率変更制御の電圧変動抑制効果をシミュレーションにより検証した。その結果、PVの出力を2MW、許容電圧変動幅を2%とすると、従来手法である力率一定制御では変電所から7.5kmの地点まで連系可能であるが、提案手法のうち、通信システムを不要とするロードカーブ方式では12kmの地点まで、通信方式により配電線負荷を発電事業者に正確に連携する場合には18kmの地点まで連系可能となり、連系できる配電線上の適用範囲は大幅に拡大することがわかった。

第8章では、本研究の総括を行った。

論文審査の結果の要旨

報告番号	甲 先 第 231 号	氏 名	河野 高一郎
審査委員	主査 下 村 直 行 副査 安 野 卓 副査 橋 爪 正 樹 副査 北 條 昌 秀		
学位論文題目			
長距離配電線に対応した太陽光発電系統連系用電力変換装置の無効電力制御手法に関する研究			
審査結果の要旨			
<p>再生可能エネルギーの利用拡大に対する社会的な要求を受けて、保守が比較的容易であり、立地上の制限が少ないという長所から、太陽光発電の導入が積極的に進められている。しかしながら、配電系統に太陽光発電が多数連系された場合、その出力変動に伴って配電線の電圧変動が発生し、場合によっては電気事業法で定められた適正範囲から逸脱することが懸念される。</p> <p>これに対し、本研究では、条件が最も厳しい、大規模太陽光発電が長距離配電線に連系される場合に生じる電圧変動を抑制可能な電力系統連系用電力変換装置の無効電力制御法を検討した。</p> <p>まず、太陽光発電の導入状況を明らかにし、現実的に想定すべき出力変動について、実測に基づく評価を行った。そして、電圧対策を行わない場合に生じうる配電線の電圧変動を明らかにした。なお、配電線の電圧変動は、接続される負荷の力率にも影響されるため、これを配電用変電所において推定する手法についても検討した。</p> <p>次に、電圧変動対策として考える他の方法の特徴を明らかにした上で、太陽光発電系統連系用電力変換装置の無効電力制御による電圧制御の効果を検討した。はじめに、既存の力率一定制御による電圧制御であっても、一例として定格2MW程度の太陽光発電を6.6kV配電系統に連系する場合でも、配電線が短距離ならば有効であることを解析及び実験により確かめた。一方で、10kmを超えるような長距離配電線では、線路損失の影響により、既存の力率一定制御では電圧変動の抑制が困難であることを確認した。</p> <p>そこで、線路電力損失と関係のある配電線負荷の容量および太陽光発電の出力ごとに力率を適正に調整する簡便で新しい無効電力制御法として力率変更制御を提案した。その効果について、2MWの太陽光発電をモデル系統に連系する場合において検証した結果、従来手法の力率一定制御では配電用変電所から7.5kmの地点まで連系可能であるが、提案手法のうち、通信システムを不要とするロードカーブ方式では12kmの地点まで、通信方式により配電線負荷を発電事業者に正確に連携する場合には18kmの地点まで連系可能となり、提案手法によって電圧変動が抑制され、太陽光発電を連系できる配電線上の適用範囲を大幅に拡大できることが確かめられた。</p> <p>以上、本研究は、長距離配電線に大容量太陽光発電が連系されるような厳しい条件下でも、太陽光発電系統連系用電力変換装置の無効電力制御により配電系統の電圧を適正範囲内に維持する手法を明らかにした研究であり、本論文は博士（工学）の学位授与に値するものと判定する。</p>			