

【学位論文審査の要旨】

(論文審査の要旨)

地球環境問題が深刻化する中で、再生可能エネルギーを活用した電力供給システムの導入が世界的に急速に進展している。しかし、モンゴルのような広大な国土を有する開発途上国では、電力供給網が十分に整備されておらず、特に過疎地域は経済的制約も手伝って再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの導入が困難な状況にある。

本論文では、モンゴル過疎地域の住環境の特徴を踏まえつつ、小規模太陽光発電と、国内に大量に輸入された中古ハイブリッド自動車を使い古したバッテリーを再利用することに着目して、過疎地域に適した家庭用単相電力供給システムを構築することを目的としている。

本論文で得られた成果を以下に示す。

(1) モンゴルの過疎地域における日負荷変動および年間消費電力量の調査分析に基づいて、単相電力供給システムの構成と電力容量、および必要な太陽電池と蓄電池の容量算定を行った。

(2) ハイブリッド自動車に使用されるバッテリーの劣化状態は個々のハイブリッド自動車の使用履歴によって大きく異なる。劣化状態の異なるバッテリーモジュールを組み合わせる電力供給システムに再利用する場合、それぞれの蓄電容量を積極的に均等化する必要がある。従来の蓄電均等化手法は蓄電池の劣化不均一性を考慮していないため、蓄電容量の不均等が残存し、蓄電池の急速劣化を誘発する問題がある。そこで、本研究では多段昇降圧チョッパ回路を用いた蓄電均等化回路を用いて、劣化度合いの異なる複数の蓄電池の蓄電容量を効率的に均等化する手法を開発した。また、各蓄電池の蓄電容量の状態観測が極めて重要であるが、各蓄電池の電圧値、電流値を個別に観測することは複雑化、高コスト化が避けられない。そこで、多段昇降圧チョッパのそれぞれの通流比を意図的に変動させ、これに伴う蓄電池全体の電圧値変動から各蓄電池の蓄電容量を推定・制御する手法を開発した。

(3) 単相電力供給システムでは、単相インバータの直流回路部にインバータ出力周波数の二倍周波数の低周波電力脈動が生じ、低周波リップル電流が蓄電池に流入して蓄電池の劣化を加速させる。これを防止するために、電力脈動を吸収するパワーデカップリング回路を実装した。しかし、インバータ回路およびパワーデカップリング回路のスイッチング動作に起因する高周波リップル電流が増加するため、蓄電池の劣化防止の観点から問題がある。そこで、蓄電池とパワーデカップリング回路の間に比較的小容量のインダクタを挿入するとともに、蓄電池の電流制御系を改善することにより、低周波および高周波のリップル電流を実用上十分な値まで低減した。

(4) パワーデカップリング回路の低周波電力脈動低減機能を蓄電均等化回路に統合した新たな方式を開発した。これにより、部品点数を大幅に低減できるとともに、制御的

にも安定に動作することを実証した。ただし、高周波リップル電流の低減機能を持たないため、更なる改良が必要であることを確認した。

以上のように、本論文は、ハイブリッド自動車で使用した中古バッテリーの再利用時の寿命劣化防止を図りつつ、太陽光発電単相インバータと組み合わせて、過疎地域の電力需要に適した電力供給システムを実現しており、高い工学的価値が認められるとともに今後の幅広い普及が期待される。また、ハイブリッド自動車や電気自動車が世界的に急速に普及するなかで、使用済みバッテリーの有効活用手法は先進的な取り組みとして高く評価できる。よって博士(工学)の学位を授与するに十分な価値を有すると認められる。

(最終試験又は試験の結果)

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上(オンライン)で論文発表を行い、学内外および海外からの多数の出席者を得て極めて活発に質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。