

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	大規模蓄電池システムの高効率運用に関する研究
Title(English)	Study on high efficient operation for the large scale battery system
著者(和文)	水谷麻美
Author(English)	Mami Mizutani
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11502号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:奥野 喜裕,岡村 哲至,末包 哲也,肖 鋒,長崎 孝夫
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11502号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械 エネルギー	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	水谷 麻美		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	奥野 喜裕	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「大規模蓄電池システムの高効率運用に関する研究」と題し、電力系統向け蓄電池システムの高効率運用の実現に必要な技術の一つである高精度充電状態(SOC, State Of Charge)推定についての提案、充放電効率モデルについての提案、高効率運用手法提案、および経年劣化が高効率運用手法に与える影響について検討、実証、考察を行ったものである。

第 1 章「序論」では、電力系統向け大規模蓄電池システムに関して、長期の使用を前提とする社会インフラとして低コストの観点から、蓄電池の性能を可能な限り発揮できるような高精度な状態推定が必要であり、またランニングコストの低減すなわち省エネルギー運用という観点から、高効率な運用が必要であることを述べた。

第 2 章「蓄電池システムにおける充電状態推定」では、通電時の蓄電池セル電圧を用いた SOC 推定手法 (閉回路電圧推定 (CCV, Closed Circuit Voltage) を用いた SOC 推定手法 (CCV-SOC 推定手法)) を提案した。従来は電流積算を主に使用するが、電流センサーの検出誤差が累積されるため、長期運用に適用できなかった。提案方式では、閉回路電圧推定値と、検出される蓄電池電圧との差を SOC 推定値にフィードバックし、SOC 推定値を補正した。電圧情報を使用することで誤差の拡大を防ぐことが可能となる。CCV-SOC 推定方式の適用により 37 日間連続運用後の SOC 推定誤差が 0.8% であることを実証機にて確認し、手法の有用性を示した。

第 3 章「大規模蓄電池システムの充放電効率の評価モデル」では、今まで規格として定められていた充放電効率の算出方法がなく、各メーカーで独自に計算されていた充放電効率モデルの定式化を新規に行った。充放電効率モデルでは、電力系統向け蓄電池システムを構成する主要な機器として、変圧器、変換器、補機、蓄電素子の 4 種類を抽出しそれぞれの損失を設計値として定義した。この充放電効率モデルは、異なる蓄電池システムの充放電効率を所定条件のもとで比較可能なモデルとなる。さらにモデルを考えるうえで、蓄電池システムの運転パターン (SOC 範囲、充放電電力など) の定義が必要となること、補機損失が蓄電池システム設置場所の周辺環境温度によって変動する可能性があるため補機の運用実態に応じ、季節平均・外気温度の安定している期間の平均などの適切値の採用すること、の 2 点を考慮すべき点として提示した。実フィールドにおける充放電効率の実測値に対して非常に近い値で設計値から導出・評価できることを確認し、提案する充放電モデルの確からしさを示した。

第 4 章「大規模蓄電池システムの高効率有効電力指令配分手法」では大規模蓄電池システム、あるいは複数の需要家蓄電池システムを一括管理するようなシステムで従来着目されていなかった効率向上を目標とした有効電力指令配分手法を提案した。本有効電力指令配分方式では、損失の少ない電力変換器 (PCS, Power Conditioning System) と蓄電池の組み合わせを選択する優先度指標の設定と、損失の大きい低出力領域を使用しないように最高効率点以上の有効電力指令配分を実施した。本方式の動作を確認するシミュレーションにより、充電時に低 SOC の蓄電池を有する PCS を優先的に使用するアルゴリズムに従った有効電力指令配分が実施されていることを確認した。また実際の電力系統向け大規模蓄電池システムに対して提案方式を適用し、低電力領域を使用していないことを確認した。さらに、第 3 章で提案した充放電効率評価モデルの考え方をを用いて、電力系統向け大規模蓄電池システムに対して従来の均等配分方式と提案方式を適用・比較した。本提案方式の充放電効率が 4.6% point 向上することを確認し、提案の有効電力指令配分方式の有用性を示した。

第 5 章「大規模蓄電池システムの経年劣化運用に関する研究」では、システム停止なく、通常運用稼働中に電池容量推定が可能な手法を提案した。一般的に経年劣化に伴い電池容量は低下する。従来手法では、電池容量の推定のために、規定の充放電を行う必要があり、システムの稼働率の低下が課題であった。提案方式は、SOC 推定値と充放電電流積算値の相関から電池容量を求める手法であり運用中のデータから推定算出可能であることを示した。実運用データを用いて ±5% 以内の誤差で電池容量が推定可能であることを確認し、手法の有効性を示した。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた知見をまとめ、今後の課題を提起した。大容量蓄電池システムはすでに国内外で普及しつつあるが、導入から 10 年経過したものは少ない。本論文においても劣化に関する電池容量低下の検討について述べているが、劣化に関する更なる検討が今後の課題となる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械 エネルギー	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	水谷 麻美		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	奥野 喜裕	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis was entitled “Study on high efficiency operation for the large scale battery system”. It was described about the estimation method of state of charge of battery, the study of the charge & discharge efficiency model and the high efficiency operation method for the large scale battery system.

Section 2 examined the high quality battery SOC (State of Charge) estimation method.

I proposed the SOC estimation method to use the battery cell voltage during charge & discharge (Closed Circuit Voltage: CCV). The SOC is calculated from current integration generally. However, the current integration method is affected of a current sensor error and it cannot use long time continuously. By the proposed method, the SOC estimation error was 0.8% after 37 days' continuous operation.

Section 3 showed the charge & discharge efficiency model.

The calculation method of battery charge & discharge efficiency was not standard and each battery maker calculated independently. This efficiency model was proposed as general formulation.

Section 4 proposed the high efficient operation for large capacity battery system.

The large capacity battery system has plural power conditioning systems (PCS). I proposed the power distribution method for high efficiency to each PCS. In this method, the priority of PCSs was defined of smaller loss and the power reference was given around the maximum power point. This method can realize higher efficiency 4.6%point than the conventional distribution method.

Section 5 examined the estimation method of battery capacity during operation.

The battery capacity is decreasing by long time use. I proposed the battery capacity estimation method during operation. In this method, the battery capacity is calculated by SOC and current integration value. This method is evaluated as the estimation error less than $\pm 5\%$.

In conclusion, usefulness of these studies were shown and the future problem was described about the degradation of battery.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).