

変電所制御用蓄電池長寿命化に関する研究

Study on Prolonging Lifespan of Battery for Substation

充放電反応抑制装置の開発

若経年の変電所制御用蓄電池において、電圧・容量低下等障害が断続的に発生しており、これらは直流回路への交流重畳による蓄電池電極表面での充放電反応が一因であると考えられる。そこで本研究では、充放電反応抑制による蓄電池の長寿命化について検証した。



執筆者
エンジニアリングセンター
技術開発グループ
竹中 裕亮
送電部変電グループ
愛知 慎也

1 経緯

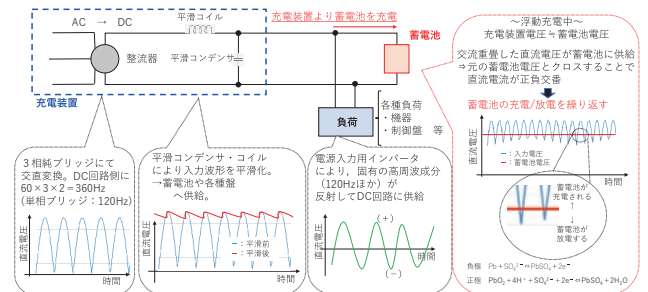
変電所にある遮断器などの機器およびこれらの制御を行う盤等の制御回路には直流が使用されており、直流電源である充電装置が制御用蓄電池（CS形鉛蓄電池）および各種負荷へ接続した構成となっている。このうち蓄電池は充電装置から電源供給できない場合のバックアップ用直流電源として接続されている。鉛蓄電池は一般的に期待寿命14年と言われているもの、若経年の蓄電池で容量低下や電圧・比重低下といった障害（2016年 幸田変電所蓄電池経年8年）が断続的に発生しており、遮断器開閉不応動などの原因になっている。2016年に障害の発生した蓄電池について解体調査を実施した際、陽極材の剥離が発生していることが確認された。この剥離片によって蓄電池内部で微短絡が発生し、電圧および容量低下に至っている。この蓄電池の陽極剥離現象は、充電装置から出力される交流重畳した直流電流によって、蓄電池側で充電/放電サイクルが繰り返されることが一因であることがわかっている^[1]。そこで本研究では、蓄電池陽極剥離現象の一因である充放電反応を抑制することによる蓄電池長寿命化について検討した。

2 変電所における直流回路および蓄電池における充放電反応について

第1図に変電所における制御用直流回路の構成および直流回路への交流重畳について概要を示す。充電装置では交流電流・電圧を、装置内にある整流器により直流電流・電圧に変換している。整流器通過後、平滑コイルおよび平滑コンデンサにより平滑化し、蓄電池の充電および各種負荷（遮断器等他機器、制御・保護盤等）へ供給を行っている。この充電装置からの直流出力は完全に平滑されているわけではなく、直流にわずかな交流が重畳した電流波形となっている。変電所における蓄電池は、充電装置から電源供給できない場合のバックアップ電源としての機能があることから、充電回路と負荷が常に並列接続された状態で充電されており、充電装置電圧=蓄電池電圧の状態が保たれている。これを充電装置から蓄電池への浮動充電と呼ぶ。

この浮動充電中に、充電装置から蓄電池へ交流重畳され

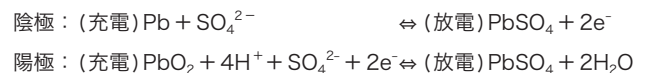
た直流電流が供給されることで、第1図に示すように蓄電池側で正負交番が発生し、充放電反応が短時間で繰り返される。この正負交番は全ての変電所で発生しており、交流重畳深度は設備構成によって異なる。



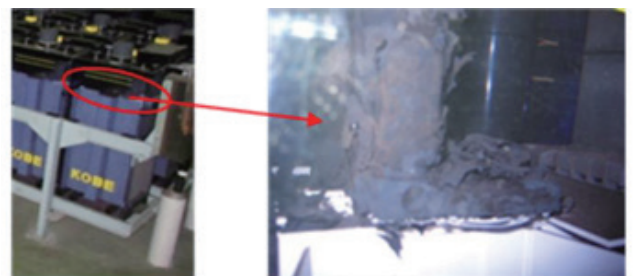
第1図 変電所における制御用直流回路の構成および充放電反応発生概要

3 充放電反応による蓄電池劣化（陽極剥離）

蓄電池で起こる化学反応は以下の通りであり、充電装置からの交流重畳により、この反応は短時間で繰り返されている。



この充放電反応により、陽極において急激な体積変化（膨張・伸縮）が発生する。これにより陽極表面と酸化被膜との間にき裂が広がり、酸化被膜との密着性が失われていくことで、第2図のような剥離片が生成・脱落すると考えられる。したがって充電装置からの交流重畳深度が大きくなると、陽極の体積変化も大きくなり、剥離が促進されると考えられる^[2]。



第2図 鉛蓄電池陽極剥離について

以上より、蓄電池劣化プロセスは以下のとおりである。

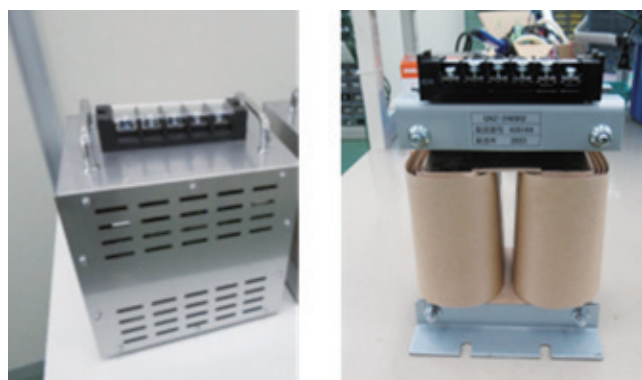
- ①充電装置から交流重畳した浮動充電電流を蓄電池に供給
- ②充放電サイクルによる電極材が体積変化（膨張・収縮）
- ③酸化被膜の密着性が失われ、剥離が促進
- ④剥離片により極間を電氣的に短絡
- ⑤セルの電圧低下
- ⑥電圧低下故障発生（蓄電池劣化）

したがって充電装置からの交流重畳深度を抑制することで、充放電反応を抑制し、蓄電池を長寿命化することができると考えられる^[1]。

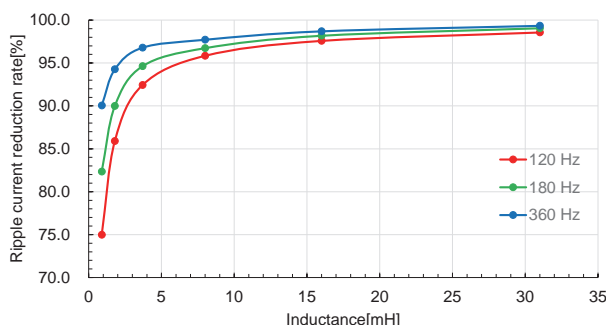
4 充放電反応抑制装置について

本研究では、充電装置と蓄電池の間にリアクトルを直列挿入することで、充電装置からの電流波形のうち交流重畳深度を抑制し、蓄電池における充放電反応の抑制について検討した。第3図に試作した充放電反応抑制装置を示す。外形：W 250 mm × D 200mm × H 250 mm、重量：約 10 kg となっており、小型であるため容易に可搬および設置可能である。また、本装置は外付けにて使用可能であるため、製造メーカーによる充電装置内部改造あるいは蓄電池改造が不要である。

第4図に、充放電反応抑制装置のリプル電流低減効果を示す。充電装置からの電流波形のうち主交流周波数成分である 360 Hz において、1 mH 以上で 90% 以上のリプル電流低減効果があることを確認できた。また実機適用時（当社訓練設備）についても同様にリプル低減効果を確認できた。



(a) 外観 (b) 内部
第3図 充放電反応抑制装置 (1 ~ 32 mH)



第4図 充放電反応抑制装置のリプル電流低減効果

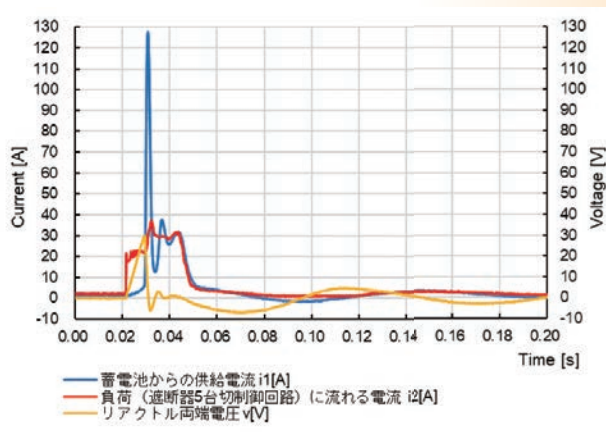
5 検証試験による充放電反応抑制装置適用検討

充放電反応抑制装置挿入による他機器（遮断器など）への影響について、当社訓練設備にてフィールド試験を実施した。第5図に蓄電池単独運転時（充電装置からの電源供給不可時）における負荷電流（遮断器5台同時遮断時の制御電流）波形および本装置両端電圧を示す。第5図より、負荷電流に比べ、蓄電池からの供給電流の立ち上がりが遅れている様相が確認できる。これは、挿入した本装置のリアクトル特性であると考えられる。

以上の結果より、充電装置－蓄電池間に本装置を挿入することで、以下2点を確認できた。

- ①充電装置からの電流波形のうち交流重畳深度を抑制し、充放電反応を抑制することが可能
- ②蓄電池単独運転時における蓄電池からの供給電流は、立ち上がり遅れが発生

ただし、②については、他機器との連携を考慮し、適用可否を検討する必要がある。（故障遮断遅れ裕度のない変電所への適用困難）



第5図 蓄電池単独運転時における遮断器5台同時遮断時の電流波形（充放電反応抑制装置：32 mH）

6 今後の展望

蓄電池寿命年数について定量的な評価を行うため、交流成分のリプル寿命の相関関係を実験的に検証し、充放電反応抑制装置を実運用設備へ適用することによる費用対効果の算出および最適なリアクトル容量の選定を実施していく予定である。

参考文献

- [1] 電力技術研究所「変電所鉛蓄電池陽極はく離現象に関する研究」（2021年）
- [2] 電池工業会「SBA R 0302 据置鉛蓄電池陽極のはく離現象について」（1996年）