

ハイブリッド車用蓄電池システムの開発

1. はじめに

主に非電化線区を走行する気動車は、回生ブレーキを使用することが出来ない、動力にエンジンを使用している等の理由により電車と比較して環境性能が劣っています。JR西日本では、気動車の環境性能向上のため、車両の駆動システムに蓄電池システムを組み込んだバッテリー電車、及びハイブリッド気動車の開発に取り組んでいます。本稿では、ハイブリッドシステムに組み込む蓄電池システムの開発状況について報告します。

2. ハイブリッド車用蓄電池システムの開発

(1) 開発課題

① 小容量・高出力の蓄電池システムの開発

ハイブリッド気動車用の蓄電池システムには以下の役割が要求されます。

- ・ 力行時のエネルギーアシスト
- ・ 回生エネルギーの回収

上記の役割を限られた搭載スペースの中で実現するため、リチウムイオン蓄電池を用いたシステム開発を行っています。リチウムイオン蓄電池は鉛蓄電池等よりも高エネルギー密度かつ高出力が可能で、小容量でありながら鉄道車両の駆動に必要な大電流での放電に対応することが出来ます。一方で、リチウムイオン蓄電池はエネルギー密度の高さに起因して潜在的なリスクが比較的高いと言われています。そこで、弊社では、リチウムイオン蓄電池の正極材料に着目し、より安全性が高い材料を使用した蓄電池セルを採用することで安全性の確保を図っています。加えて、安全性評価試験及び寿命評価試験、実際の使用場面を想定したリスクアセスメントを実施し、万が一の事態に陥った場合の挙動把握と対策の検討を行っています。

② 冷却構造の検討

蓄電池を活用したシステムの重要な課題として温度管理が挙げられます。一般にリチウムイオン蓄電池は周囲温度が高い程寿命が短くなるとされており、特に極端な高温になった場合、熱暴走^{*}に至るリスクがあることから、安全性の観点からも温度管理は非常に重要となります。設計段階でより効果的な冷却構造を検討するため、熱流体解析によってシステムの温度上昇と温度分布の把握を行いました。(図1、2)に示しますように蓄電池システムを3Dモデル化し、各部材の熱伝導率等のパラメータを調整、実際の使用条件と同等の充放電パターンを与えることで発熱の影響を評価しました。また、空冷ファンの配置や風速、フィルタによる圧力損失等を考慮し、より効果的な冷却を行うための構造を検討しています(図1)。

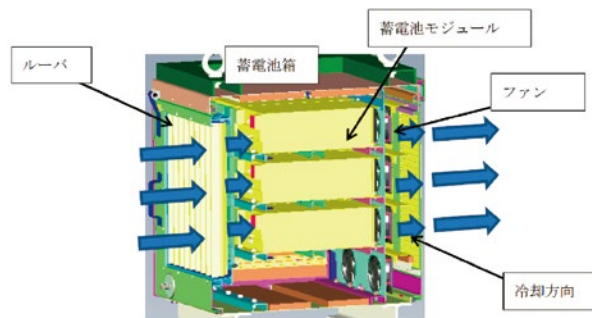


図1：冷却方法の検討

^{*}熱暴走：何らかの原因により電池内部の特定部が発熱し、その発熱が電池内部の反応を引き起こして更なる発熱を招き、電池全体が温度上昇して発熱・発火・発煙などを引き起こす現象

複数の蓄電池モジュールを使用したシステムにおいては、システム内での性能のバラツキを抑えるため、モジュール間の温度差を小さくする必要があります。そこで、冷却の検討においても温度分布を確認し、温度上昇抑制と温度バラツキ抑制の両方の観点から効果的な冷却方法の検討を行いました(図2)。

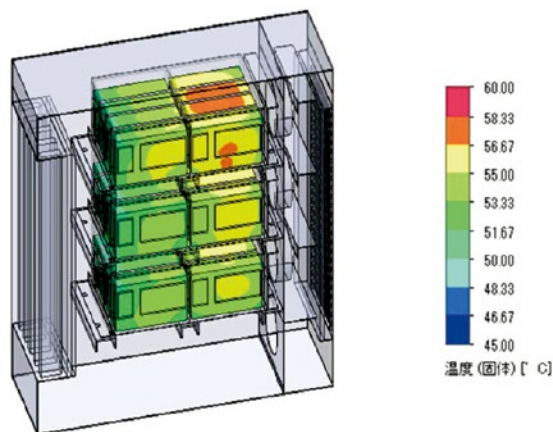


図2：熱流体解析結果

(2) 性能評価試験(定置)

ハイブリッド車用蓄電池システムの試作機を製作し、定置状態でエンジン発電機及び主回路装置と組合せた試験を実施することで性能の確認を行いました(図3)。



図3：蓄電池システム試作機



①試験用回路構成

性能評価試験に供した主回路システムの回路図を（図4）に示します。VVVFインバータにはエンジン発電機と蓄電池システムの両方からエネルギーが供給されます。また、蓄電池システムの出力はチョップ装置によって制御され、エンジン発電機との協調動作を行っています。力行アシストと回生エネルギー吸収時の回路構成を（図5、6）に示します。

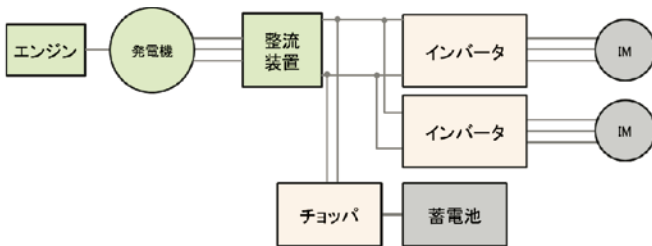


図4：組合せ試験主回路システム図

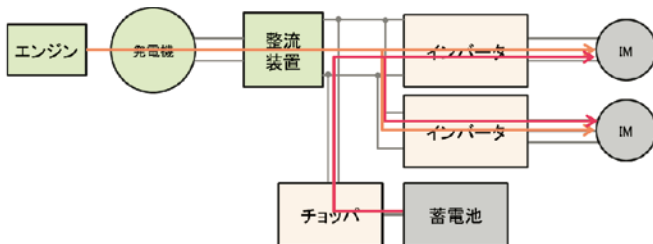


図5：力行アシスト

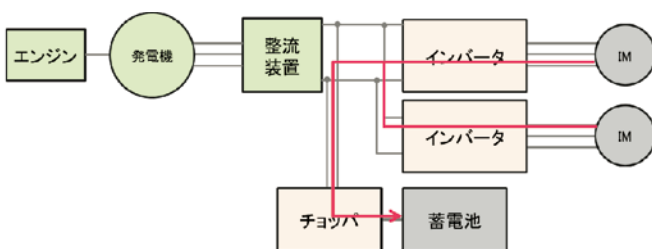


図6：回生エネルギー吸収

②試験結果

試験結果の代表例として、力行アシスト時の測定結果を（図7、8）に示します。今回の試験では、蓄電池システムからのアシスト量を40kWから160kWまで段階的に変化させ、エンジン発電機との協調が取れているかを確認しました。試験の結果、（図7、8）に示しますように各アシスト量において安定してエネルギーを供給できていることを確認しました。また、最高速度まで安定した性能を発揮していることを確認しました。

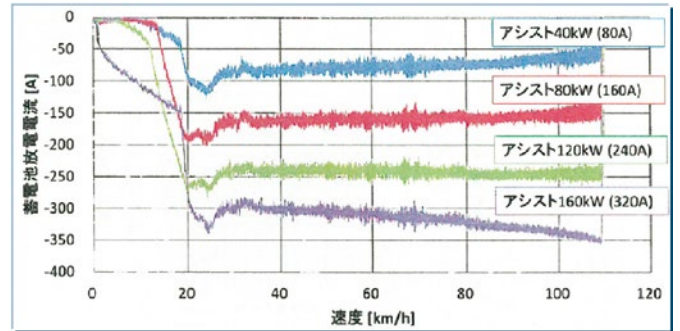


図7：力行アシスト試験結果（蓄電池出力）

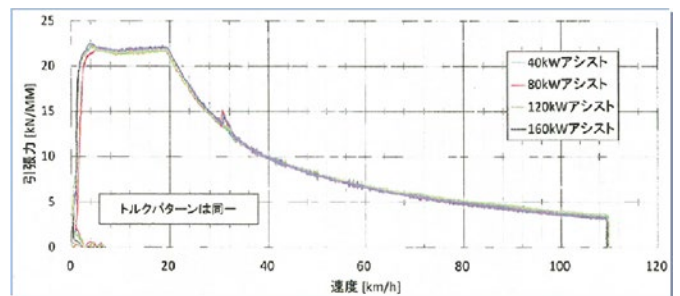


図8：力行アシスト試験結果（引張り力）

3. 今後について

今回の開発では、気動車の環境性能の向上を目指し、車両システムに蓄電池システムを組込んだハイブリッド気動車用蓄電池システムの開発を行いました。組合せ試験を通してハイブリッドシステムが弊社においても実用段階に至っていることを確認しました。

今後は、リチウムイオン蓄電池を活用したシステムの実使用環境での安全性・安定性の確保に努めると共に、更に大容量の蓄電池システムを搭載するバッテリー電車用蓄電池システムについても開発を継続し、実用化を目指していきます。