

リアクトルレス昇圧チョップを用いたインダイレクトマトリックスコンバータの 10-15 走行における運転効率の検証

ゴーテックチャン, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

Efficiency Analysis based on 1015 Vehicle Driving Patterns
by using the Reactor Less Boost Converter in an Indirect Matrix Converter
Goh Teck Chiang, Jun-ichi Itoh (Nagaoka University of Technology)

1. はじめに

近年, ハイブリッド自動車や EV 自動車, 新エネルギー発電の要求が高まっており, 交流電源と直流電源を連系できる電力変換システムが広く研究されている。

著者らは, これまでに小型で高効率なインダイレクトマトリックスコンバータ (以下 IMC) とリアクトルレス昇圧チョップを組み合わせた連系システムを提案している⁽¹⁾。さらに, 1 パルス駆動制御法を提案し, フィードフォワード補償を使ってバッテリー電流の振動を抑制できることを実験によりを示した⁽²⁾。しかし, ハイブリッド自動車においては運転時の走行モードが複雑であり, 提案回路の効率は自動車の走行モードによって大きく変化する問題がある。

本論文では, 提案回路をハイブリッド自動車へ適用した時の効率を最適化することを目的とし, 自動車の 10-15 走行モードに対して⁽³⁾, 提案回路に 6 つの駆動方式を適用して効率を解析する。

2. 回路構成及び効率解析方法

図 1 に提案回路の構成を示す。IMC には大きな電解コンデンサが不要な利点がある。加えて, 提案回路では昇圧チョップを IMC の DC リンクに接続し, バッテリーをモータの中性点と昇圧チョップの間に接続した構成である。チョップには昇圧に利用するリアクトルが不要であり, 小型化と高効率を実現することが可能となる。

図 2 に 3 つの電力駆動モードを示す。 P_{gen} は発電機の電力, P_{bat} はバッテリーの電力, P_{out} はモータの入力電力である。図 2 に加えて, インバータの制御法は PWM 駆動と 1 パルス駆動を切り替えることが可能なので, 全部で 6 つの駆動方式がある。モータの制御は V/f 制御であるため, モータ速度により逆起電力と周波数が変わることになる。

図 3 に 1015 走行モードの運転パターンを示す。損失解析は回路シミュレータ PLECS(Plexim)を用いる。ただし, IGBT とダイオードをそれぞれ 1 個とし, 整流器は IGBT を逆直列に接続したものを想定した。使用したデバイスは整流器

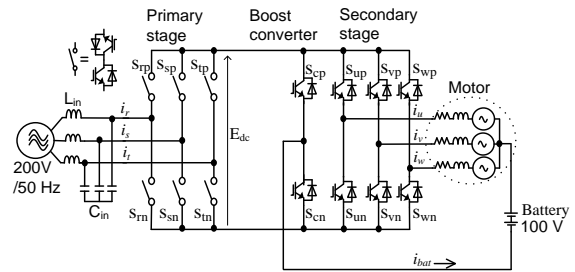


Fig. 1. Proposed circuit configuration.

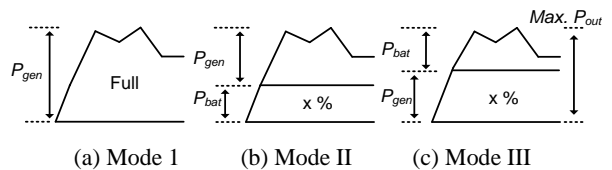


Fig. 2. Input power drive systems.

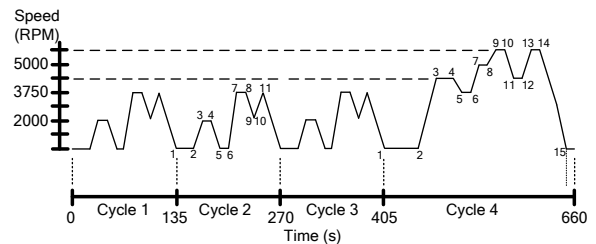


Fig. 3. 1015 vehicle driving patterns.

IGBT: 富士電機 1MBH30D-060, インバータ IGBT: 富士電機 2MBI50N-060 であり, 後に実験で検証することを相違して, ここでは 8kW 程度のミニモデルを想定している。そして, 提案回路は図 2 の駆動モードで動作させる。また, モータの速度により, PWM 駆動と 1 パルス駆動を切り替えて制御する。

3. シミュレーション結果

図 4 にインバータを PWM 駆動した時の 1015 モードの第 1 周期のシミュレーション波形を示す。なお, 図 4 ではモード II と III の結果を示している。入力電圧は 200V, 入力

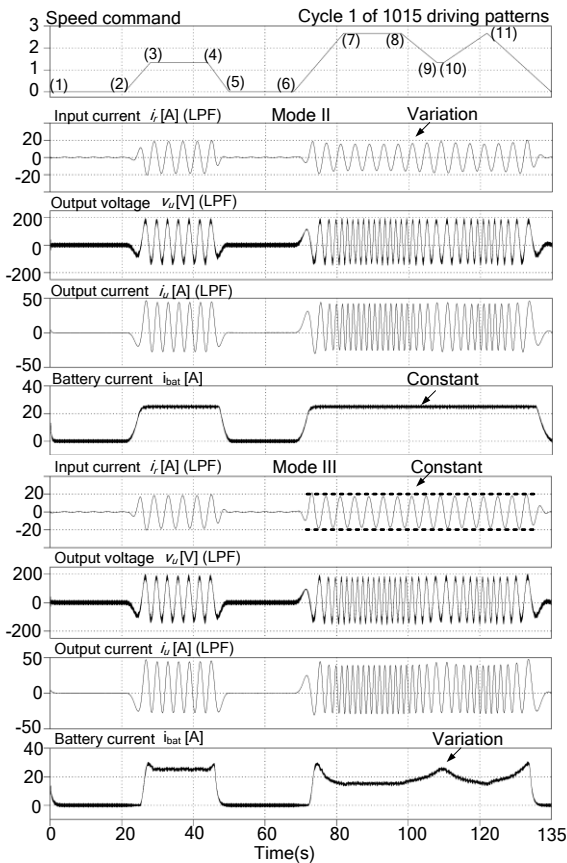


Fig. 4. Mode II and III simulation results.

周波数は 50Hz, スイッチング周波数は 10kHz, バッテリ電圧は 100V である。モード II では, P_{bat} の最大電力を P_{out} の 30% に設計し, P_{bat} の最大電力以上の電力は P_{gen} から提供される。結果より, i_{bat} は常に一定に制御されており, 入力電流 i_r は出力電力の要求によって変動している。

一方, モード III の結果は, P_{gen} の最大電力を P_{out} の 70% と設計し, P_{out} の 70% 以上の電力は P_{bat} から提供される。結果より, 入力電流はほぼ一定に制御されているが, i_{bat} が変動していることを確認した。

4. 解析結果

図 5 に PWM 駆動における 1015 モード第 1 周期の効率を示す。結果より, このときの最大効率はモード III になることを確認した。図 6 に PWM 駆動においてモード II と III のバッテリー電力を変動させて解析した結果である。

結果から, モード II の場合, P_{bat} を P_{out} の 30% にすることで効率が最大になることを確認した。また, P_{bat} を P_{out} の 40% にした場合, 効率はほぼモード I に同じになることを確認した。一方, モード III の場合, P_{bat} を P_{out} の 40% にしたとき, 効率はほぼモード I と等しくなり, P_{bat} を P_{out} の 20% とした場合に効率が最も高くなることを確認した。

図 7 に 6 つの駆動方式によって提案回路のエネルギー消費量の比較を示す。(a) に PWM 駆動の結果を示し ($P_{out} = 6kW$), モード III はモード I により 5% を増えることを確認した。(b)

に PWM と 1 パルスを合わせた駆動の結果を示し ($P_{out} = 8kW$), モード III はモード I により 1.7% 増えることを確認した。また, モード II のエネルギー消費量は最大になることを確認した。

5. まとめ

本論文では, 1015 走行モードに基づいて提案回路が 6 つの駆動方法に対して運転効率を検討した。その結果, 低速度運転の場合には PWM 駆動を使用してモード III の P_{bat} を P_{out} の 20% とした場合, 平均効率 94.5% を達成することが可能である。さらに, モード II の駆動方式はエネルギー消費量が最大になることを確認した。

なお, 本研究の一部は平成 21 年度産業技術研究助成事業の支援を受けており, 関係各位に感謝の意を表します。

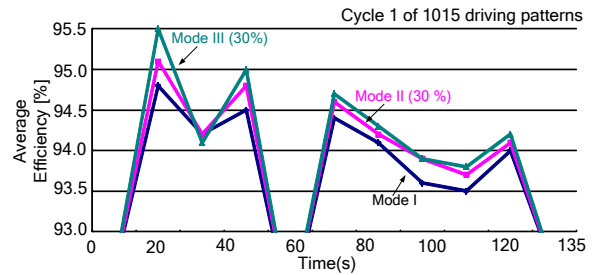


Fig. 5. Efficiency analysis of cycle 1 (PWM).

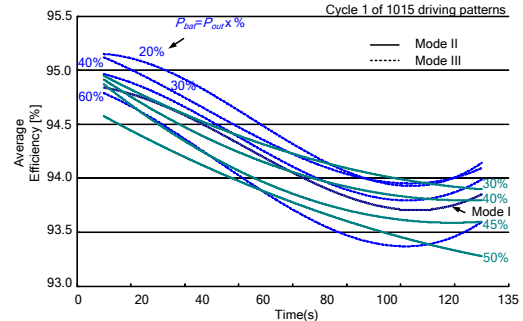


Fig. 6. Battery power analysis (PWM).

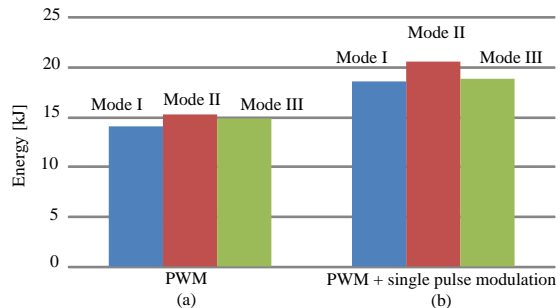


Fig. 7. Energy consumption chart.

文 献

- (1) Goh T.C, J Itoh: *IEEE Trans. on PE*, pp. 1599-1607, Oct. 2011
- (2) Goh T.C, J Itoh: *IEEE EPE conf.*, pp. 1-10, Sept. 2011
- (3) 国土交通省自動車燃費一覧, <http://www.mlit.go.jp/jidosha/>