

# 昇圧機能を付加した時分割四象限チョッパによる複数直流モータドライブの運転特性

川村 卓也\*, 野口 季彦 (静岡大学)

Operation Characteristics of Multiple DC Motor Drive Fed by Time-Sharing Four-Quadrant Chopper with Voltage Boost Function  
Takuya Kawamura, Toshihiko Noguchi (Shizuoka University)

## 1. まえがき

現在、モータの制御技術の発展に伴い、移動機器の電動化が急速に進んでいる。しかし、実装するモータが多くなるとそれぞれのモータを独立に駆動する回路が必要となるため、大型化や制御装置全体の機構の複雑化、高コスト化を避けることができない<sup>(1)</sup>。そこで、本稿では同時に複数台の直流モータを独立して駆動できる新たなチョッパとその制御法を提案する。提案する回路は従来法よりもスイッチング素子数を大幅に低減することが可能である。ここでは、実験により種々の運転特性を確認したので報告する。

## 2. 回路構成と動作原理

従来の四象限 H ブリッジチョッパを図 1 に示す。従来法では 1 台の直流モータを四象限運転するために 4 個のスイッチング素子を必要とする。そこで、スイッチング素子数を低減するために、図 2 に示したような時分割四象限チョッパを提案する<sup>(2)(3)</sup>。時分割四象限チョッパ回路では、それぞれの H ブリッジチョッパの一方のレグを共通としている。Qp, Qn により構成される共通レグは常に 1 kHz, 50% デューティサイクルでオンオフを繰り返す。そして、外側の Q1, Q2, Q3, Q4 などによって構成されるレグは共通レグの 10 倍の周波数である 10 kHz で動作させてモータの速度制御を行う。共通レグを 2 台のモータに対して時分割で動作させることにより、それぞれの直流モータを独立して四象限運転させることが可能となる。しかし、このとき電源の電圧利用率は半分になってしまう。そこで、図 3 に本稿で提案する昇圧機能を付加した時分割四象限チョッパを示す<sup>(4)</sup>。Qp, Qn で構成する共通レグは常に 1 kHz, 50% デューティサイクルで動作しているので、共通レグに電圧源  $V_B$  とインダクタ  $L_B$  を接続することで、キャパシタ  $C$  の電圧は電圧源の倍に昇圧することができる。これにより従来法と同じ電圧の電源を使用することが可能となる。従来は  $m$  台の直流モータを駆動するのに  $4m$  個のスイッチング素子が必要であったが、提案法では、 $2m+2$  個のスイッチング素子で  $m$  台の直流モータを独立に四象限運転することが可能である。図 4 に正転-逆転動作時のスイッチング波形と動作モードを示す。Mode①では、共通レグのみをオ

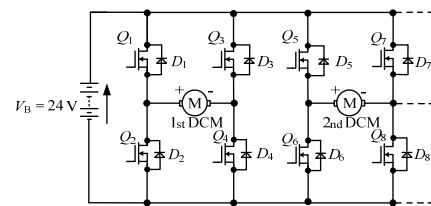


図 1 従来の四象限 H ブリッジチョッパ  
Fig. 1. Conventional four-quadrant H-bridge chopper for DC motors.

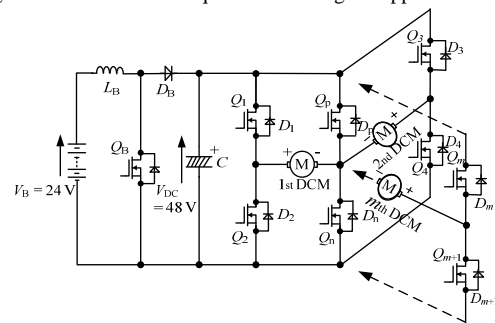


図 2 時分割四象限チョッパ  
Fig. 2. Time-sharing four-quadrant chopper for DC motors.

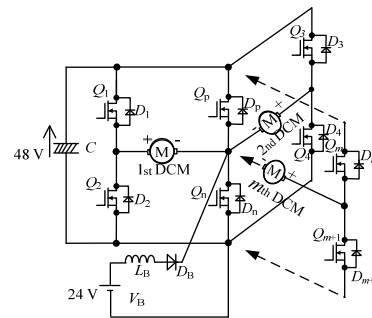


図 3 提案する昇圧機能を付加した時分割四象限チョッパ  
Fig. 3. Proposed time-sharing four-quadrant chopper for DC motors incorporating voltage boost function.

ンオフし、キャパシタ  $C$  の充電に備える。Mode②では  $Q1$  をオンし、モータ  $ML$  には正方向に電圧が印加され図のように電流が流れる。続いて Mode③ではモータ  $ML$  に流れる電流は下側のダイオード  $D2$  を通り還流する。Mode④になり、スイッチが  $Qp$  に切り換わると  $L_B$  に蓄えられていたエネルギーはキャパシタ  $C$  に転送され、倍電圧に昇圧される。 $Qp$  がオンの区間で  $Q4$  をオンすると、モータ  $MR$  には負方向の電圧が印加され、電流も負方向に流れる。モータ

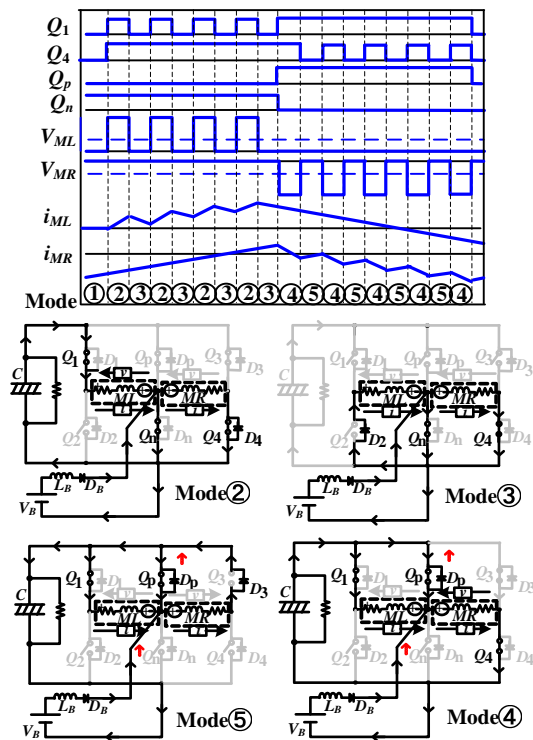


図 4 正転-逆転動作時のスイッチング波形と電流経路  
Fig. 4. Operation waveforms and current paths in forward-backward operation.

MLはQ1をオンすることによって正の電流はQ1とQpを  
通って還流する。また、Mode⑤になるとモータRMに流  
れる電流は上側スイッチのダイオードD3を通り還流する。  
Mode⑤の後Mode②に戻り、Mode②~Mode⑤が繰り返さ  
れる。この動作を実現することで、それぞれのモータは独  
立して四象限運転を行うことができる。

3. 実験結果

図5に電源電圧24V、インダクタ $L = 0.5\text{ mH}$ 、キャパシ  
タ $C = 3000\text{ }\mu\text{F}$ とした実験結果を示す。使用したモータの  
100%トルクとなるように実負荷試験を行った。今回は2台  
のモータをML, MRと名付けてそれぞれ別々の回転方向と  
速度指令でモータを駆動した。Q1を10kHz, 80%デュー  
ティーサイクルで動作させると、Qnがオンの区間にMLに正  
の電圧が印加され、電流も正方向に流れる。Qpがオンの区  
間にQ4を50%デューティーでスイッチングすることで  
MRには負の電圧を印加することが確認できる。また、同  
時に昇圧動作も行われていることがわかる。図6に総合効  
率を示す。上の図は図1~3に示した回路の負荷に対する  
総合効率であり、従来の四象限チョップHブリッジチョッ  
と比較すると時分割四象限チョップは効率が悪化し、昇  
圧機能を付加した時分割四象限チョップは昇圧チョップの  
効率の分だけ落ちてしまう。下の図は時分割四象限チョ  
ップの駆動周波数を変化させたときの効率特性であり、共  
通レグの周波数を上げることで軽負荷時の効率を改善でき

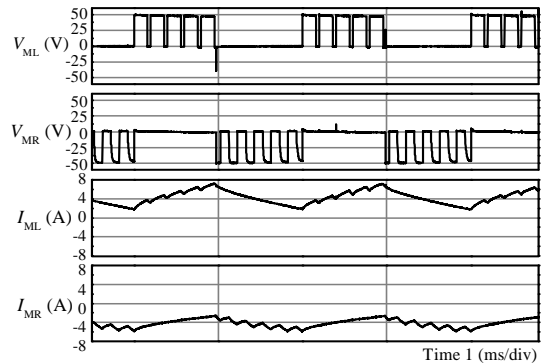


図 5 正転 (80%) - 逆転 (50%) 負荷時の実験波形  
Fig. 5. Experimental waveforms in forward (80%)  
-backward (50%) full-load operation.

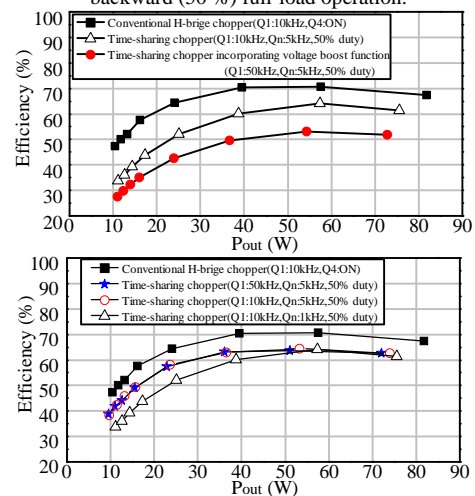


図 6 総合効率  
Fig. 6. Total efficiency.

とが確認できた。これはモータの電流リップは主に共通レ  
グの周波数に依存しているため、共通レグの周波数を上げ  
ることで電流リップに起因した銅損や鉄損を低減できるた  
めであると考えられる。

4. まとめ

本稿では、共通レグを設けた時分割制御に基づく新しい  
チョップ回路を提案した。昇圧機能を付加することによ  
って従来チョップと同じ電圧源を使用し、新たにスイッ  
チング素子を付加することなく複数のモータを四象限運  
転できることを実験によって確認した。

文 献

- (1) 土山・手島・飴井・大路・作井:「高齢者向け屋内移動機器の開発」,  
平成 17 年電気学会産業応用部門大会, Vol.2, 58, p.p.325-326 (2005)
- (2) C. Anyapo, K. Saito and T. Noguchi:“Four-Quadrant Operation of Two DC  
Motors with Three-Leg Full-Bridge Chopper Incorporated Voltage Boost  
Function,” The 2009 Annual Meeting I.E.E. Japan, pp.42-43, 2009
- (3) 川村・野口:「複数台直流モータの時分割四象限運転法」, 平成 23 年電  
気学会産業応用部門大会, 1-60 (2011)
- (4) 川村・野口:「昇圧機能を付加した複数台直流モータの時分割四象限運  
転法」, 平成 23 年電気学会研究会, MD-11-56/LD-11-80, pp13-18 (2011)