

電流源形モータエミュレータの電流制御帯域の設計法

学生員 田中 元粋* 学生員 三浦 克樹 学生員 安田 匠

上級会員 伊東 淳一 (長岡技術科学大学)

Design Method of Current Control Bandwidth in Current Source Type Motor Emulator

Gensui Tanaka*, Student Member, Katsuki Miura, Student Member, Takumi Yasuda, Student Member,
Jun-ichi Itoh, Senior Member (Nagaoka University of Technology)

キーワード: モータエミュレータ, 電流制御, 安定解析, 極配置

Keywords: Motor emulator, Current control, Stability analysis, Root locus plot

1. はじめに

近年, 高速モータなど特殊なモータ駆動技術開発のための試験装置として, 電力変換器でモータを模擬するモータエミュレータの導入が進んでいる。エミュレータには, モータ電流を模擬する電流源形とモータ電圧を模擬する電圧源形がある。電流源形では良好なモータ特性が得られるが, エミュレータの電流制御がインバータの電流制御と干渉するため, エミュレータの電流制御帯域をインバータの電流制御帯域よりも十分に高く設計する必要がある⁽¹⁾。本稿では, エミュレータに必要な電流制御帯域について解析する。

2. 検討モデル

図1にモータ駆動試験装置の回路図を示す。本回路は, モータを駆動するインバータ(DUT)をPWM整流器とインダクタ L_{rec} からなるエミュレータに接続している。

図2に本システムの制御ブロック図を示す。エミュレータはDUTの出力電圧から求めたモータ電流を指令値としてPWM整流器の電流を制御する。このときDUTに電流制御器があると, 共に L_{rec} に流れる電流を制御するため, 電流制御間に干渉が発生する。従ってDUTがPWM整流器をモータ負荷とみなすには, PWM整流器の電流制御はDUTの電流制御に対して十分に高速であることが求められる。今回模擬対象とするモータはPMモータとし, 非干渉化制御および $i_d=0$ 制御を実装している。DUTにはベクトル制御を実装し, q軸電流指令値は速度制御にて決定する。

3. 解析結果

図3にDUTの電流制御帯域 f_{inv} を500 Hzとし, PWM整流器の電流制御帯域 f_{rec} を800~1550 Hzで変化させた時の極配置図を示す。なお, モータパラメータは5.5 kWのPMモータを想定し, $R=0.21 \Omega$, $L_q=4.3 \text{ mH}$ とした。また, DUTとPWM整流器のキャリアは帯域に比べて十分に高いとし, 理想アンプとして模擬している。図3より, $f_{rec}=999 \text{ Hz}$ において極が虚軸上に位置している。そのため, 本システムの安定限界は f_{inv} の約2倍である。

図4に f_{rec} に対するゲイン余裕と位相余裕を示す。 f_{rec} が増加するとゲイン余裕が増加している。 $f_{rec}>1080 \text{ Hz}$ の条件に

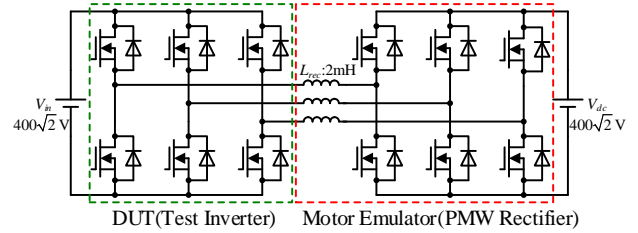


Fig.1 Circuit diagram of motor emulator.

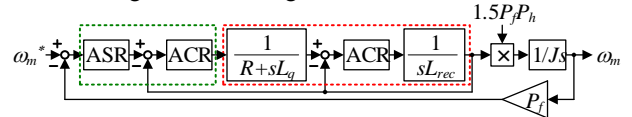


Fig.2 Control block diagram.

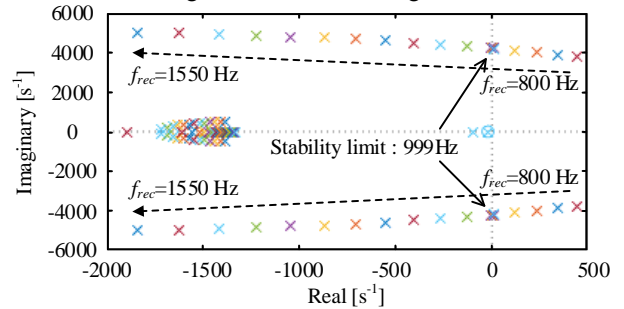


Fig.3 Root locus of motor emulator.

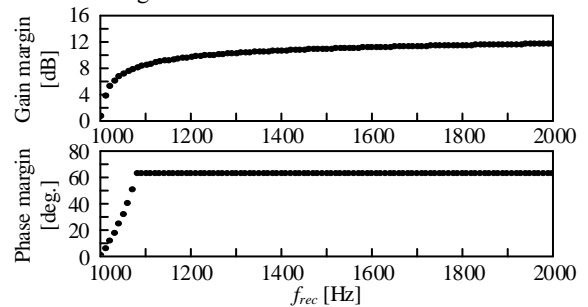


Fig.4 Plots of gain margin and phase margin.

において位相余裕はほぼ変化せず, ゲイン余裕も2.2倍程度からほぼ変化しない。従って, 約2.2倍以上の制御帯域を持つことで電流源形エミュレータの電流制御間干渉による不安定化を防止できる。さらに今後, 離散系による解析や実機による検証を進める予定である。

文献

(1) K. S. Amitkumar, et. al., IEEE Tran. Transp. Electrification, Vol. 4, No. 4, pp. 901-911 (2018)