

交流電子負荷によるモータドライバの試験方法

1. モータドライバとは

近年、動力の電動化に伴い、モータを利用する機会が増えています。そのモータを駆動するために矩形波電圧を供給するインバータ回路を搭載した装置、モータドライバがあります。

例えば、誘導モータを駆動する場合、等価回路で簡易的に表すと図1のようにリアクトルと抵抗の回路で表すことができます。モータ自体のインダクタンス成分が、インバータの平滑リアクトルの役割をするため、矩形波電圧を供給することで電流は正弦波状に流すことができます。平滑リアクトルを搭載しないことにより、コストや大きさを抑えることが出来るのでモータドライバでは一般的に用いられる手法です。

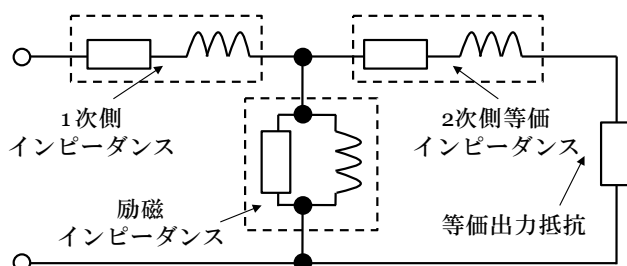


図1 誘導モータの等価回路

2. モータドライバの試験方法

モータドライバの試験を行う際は実際のモータを使用することがありますが、試験対象に合わせたモータを其々用意したり、モータ負荷としての発電機を付加する場合があるなど、手間やスペース、コストがかかる課題があります。

この課題を解決する試験方法として、モータ負荷を直接的に模擬する交流電子負荷装置を用いる方法があります。交流電子負荷は周波数や力率が可変できるため様々な仕様条件の試験に有効であり、エージングなどの長時間の安定負荷条件を維持することも可能です。

3. 三相モータの模擬回路

モータドライバ用矩形波インバータの負荷として交流電子負荷を使用する場合、矩形波状の電圧波形をある程度正弦波状に平滑化する必要があります。

三相モータ模擬の交流電子負荷装置は、電子負荷端

電圧が安定している必要があるため、相電圧＝線間電圧の△結線で使われます。図2に模擬負荷回路を示します。模擬負荷回路は平滑リアクトル、平滑コンデンサ、交流電子負荷で構成されます。

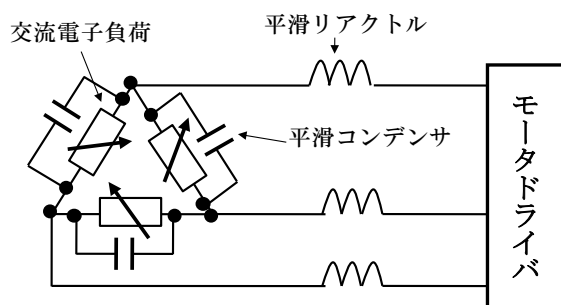


図2 三相誘導モータの模擬負荷回路

4. 矩形波電圧平滑のためのフィルタ

ここではモータを模擬するための平滑化フィルタの計算方法について説明します。

モータ模擬の平滑フィルタのインダクタンス値は、あまり大きすぎると負荷を引いた際に力率が悪くなってしまうため適切な値にする必要があります。

① インダクタンス上限値の計算

交流電子負荷を使用した場合、抵抗値が一番小さい条件で力率が最も悪くなるため、インダクタンスの上限値 L_{max} は以下の式で求められます。

$$L_{max} = \frac{V_{min} \sqrt{(1 - pf^2)}}{6\pi \cdot pf \cdot I_{max} \cdot f_{max}}$$

ここで

V_{min} ; 電子負荷の最低動作電圧

I_{max} ; 電子負荷の最大負荷電流

pf ; 力率の最小値

f_{max} ; 基本周波数の最大値

インダクタンスの上限 L_{max} よりも小さい値でフィルタを構成すれば交流電子負荷の全領域で動作が可能となります。

② カットオフ周波数からのインダクタンス値の決定

モータドライバからの矩形波を平滑するためのインダクタンスの値を決定します。インダクタンスの値 L

はフィルタのカットオフ周波数 f_c とすると、下式

$$L = \frac{V_{\min}}{6\pi \cdot I_{\max} \cdot f_c}$$

で求められます。カットオフ周波数 f_c の値はインバータのスイッチング周波数の約 10 分の 1 の値が一般的です。算出したインダクタンス値が①で計算した上限値より小さければ動作可能となります。

③ 平滑コンデンサの計算

平滑フィルタが平滑リアクトルだけの構成の場合、負荷電流の小さい軽負荷時などは矩形波の電圧が平滑できないため平滑コンデンサを付加する必要があります。この平滑コンデンサ C の定数もカットオフ周波数 f_c から計算を行います。

$$C = \frac{1}{3 \cdot (2\pi \cdot f_c)^2 \cdot L}$$

カットオフ周波数の値を過剰に低く設定してしまうと、平滑コンデンサの容量値が大きくなるため注意が必要です。

④ フィルタ回路の共振点について

平滑フィルタの構成は LC フィルタとなるため共振点があります。この共振周波数で駆動した場合、交流電子負荷の負荷端電圧が上昇してしまい、負荷装置あるいはインバータが破損してしまう恐れがあるため注意が必要です。

また、交流電子負荷で位相を変更させて動作する場合、進み位相（コンデンサ補償）の場合は共振点が変わってしまいます。位相変更をする場合は合わせて注意が必要です。

5. 交流電子負荷を用いたモータドライバの試験

モータドライバ用インバータの負荷として、交流電子負荷を用いた模擬負荷で動作させたときの波形を図 3 に示します。インバータの電圧は矩形波で出力されていますが、平滑フィルタ後の交流電子負荷への印加電圧は正弦波に近い電圧が印加されているのが分かります。この時インバータから流れる電流は、電圧同様正弦波で流れて動作しています。

位相が変更可能な交流電子負荷を使用した場合、インバータ電圧と電流の位相を任意に変更できるため、平滑フィルタで発生した力率のズレを調整することが可能です。このように実負荷のモータを用いなくてもモータを模擬することでより様々な試験が可能となります。

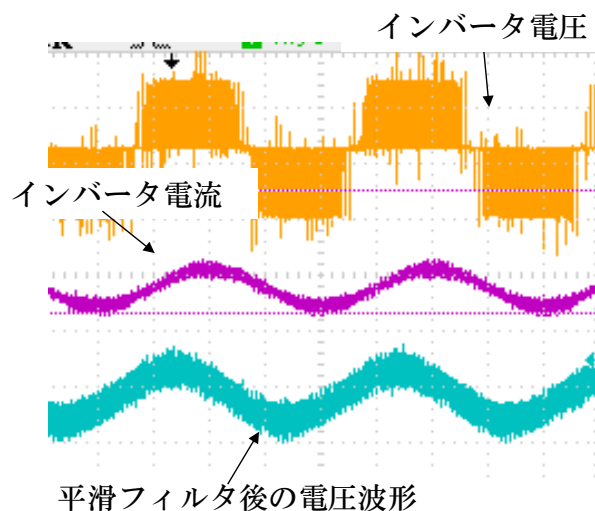


図 3 モータ模擬負荷の動作波形

2022 年 9 月 7 日

株式会社計測技術研究所