

3.1 モータの運転の基礎知識

モータの可変速特性

インバータでモータを運転する場合、商用電源時に比べ、考慮すべき点があります。

モータの同期速度 N_s は

$$N_s = \frac{2f}{P} \times 60 = \frac{120f}{P} \quad (\text{r/min}) \dots\dots\dots (1)$$

となります。回転子は同期速度よりわずかに滑った回転速度で誘導作用を受けながら回転トルクを発生します。

モータの定格回転数 N は

$$N = N_s (1-s) = \frac{120f}{P} (1-s) \quad (\text{r/min}) \dots\dots\dots (2)$$

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (3)$$

s : すべり (%)

f : 電源の周波数 (Hz)

P : モータの極数

したがってモータの回転数を変えるには、(1)式より

- ・電源の周波数を考える
- ・極数を変える
- ・すべりを変える

となります。インバータの場合は、モータに供給する周波数を変えることにより可変速にしています。

汎用モータでは、例えば、200V 級モータの場合、200V 50Hz 又は 60Hz の時、最適な磁束密度になるように設計されています。つまり f (周波数) を変える時は、電圧 V も一緒に変える必要があります。

(すべり周波数一定とした場合)

このように汎用インバータでは V/f 比を一定にして可変速運転を行いますので、一般に V/f 一定制御と呼んでいます。例えば 200V 50Hz のモータの場合、200V/50Hz の比を一定に制御するよう、 f を上げたら V も上げ、 f を下げたら V も下げるような制御を行わなければなりません。

図3-1は、モータの等価回路を示します。

$$\text{磁束} : \phi = K_1 \cdot (E/f) \doteq K_1' \cdot (V/f) \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{磁束密度} : B = \phi / A \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{電流} : I = K_2 \cdot \phi \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{トルク} : T = K_3 \cdot \phi \cdot I = K_4 \left(\frac{E}{f} \right)^2 \doteq K_4' \cdot \left(\frac{V}{f} \right)^2 \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{出力} : P = K_5 \cdot \frac{E^2}{f} \doteq K_5' \cdot \frac{V^2}{f} \dots\dots\dots (8)$$

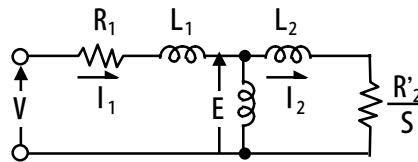


図3-1 モータの等価回路

V/f一定制御を行った時のモータトルクの最大値 T_{max} は、速度に関係なく図3-2のように一定になるはずですが、実際は等価回路の1次回路インピーダンス降下 ($R_1 \times I_1$) が発生するため、磁束 ϕ が減少します。図3-3のように、特に低速領域でトルクが減少します。

この ($R_1 \times I_1$) 降下を補償するために、図3-4(a)のように端子電圧 V を制御し、E/f一定制御 (磁束一定制御) に近いトルク特性を得られるようにしています。これをトルクブーストと呼んでいます。

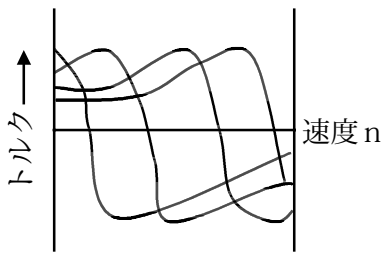


図3-2 E/f一定制御の速度-トルク特性

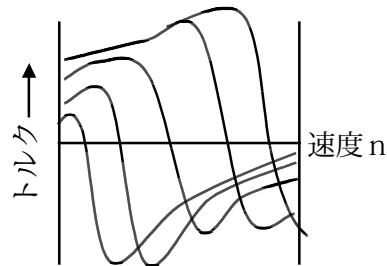


図3-3 V/f一定制御の速度-トルク特性

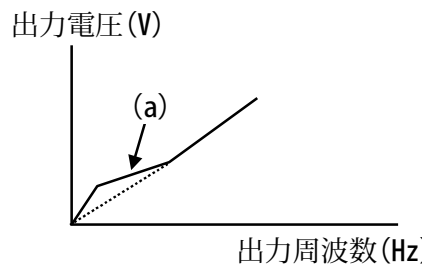


図3-4 モータ端子電圧の補償 (トルクブースト)

HF-320、HF-430 シリーズでセンサレスベクトル制御を使用すると、図3-1のEを一定となるように制御して、低速域から高始動トルクを確保できます。(トルクブーストとは異なります。)

モータ損失と温度上昇

インバータでモータを運転した場合、回転数変化に対するモータの損失及び冷却係数は、一般的に図3-5、図3-6のようになります。

モータの温度上昇は、発生する損失と冷却係数により次式のような関係があります。

$$\text{温度上昇値} \propto \frac{\text{発生損失}}{\text{冷却係数}}$$

低速域での冷却係数の低減は損失の低減より大きいいため、低速域の温度上昇が大きくなります。したがって、連続して使用できるトルクの低速になるに従い小さくなります。

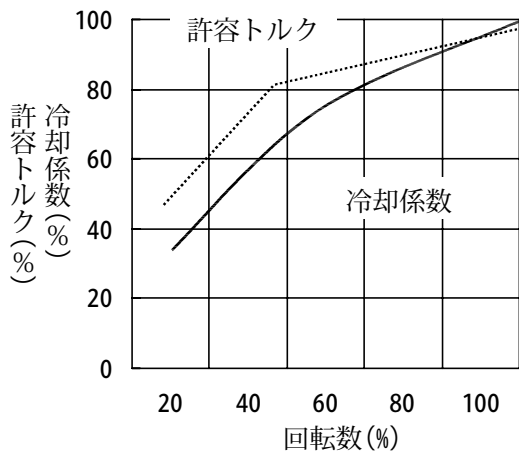


図3-5 モータの冷却係数とトルク

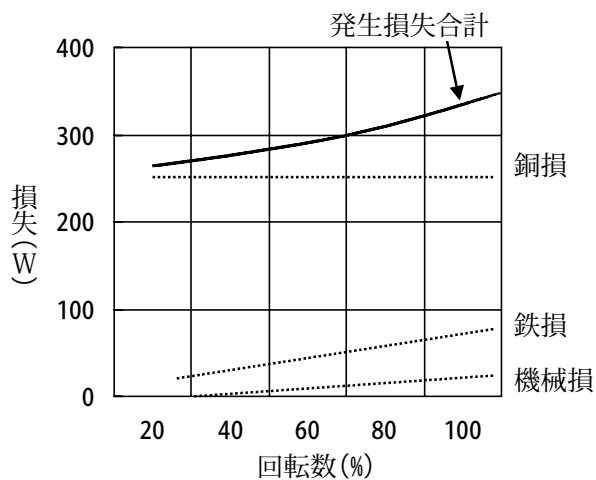
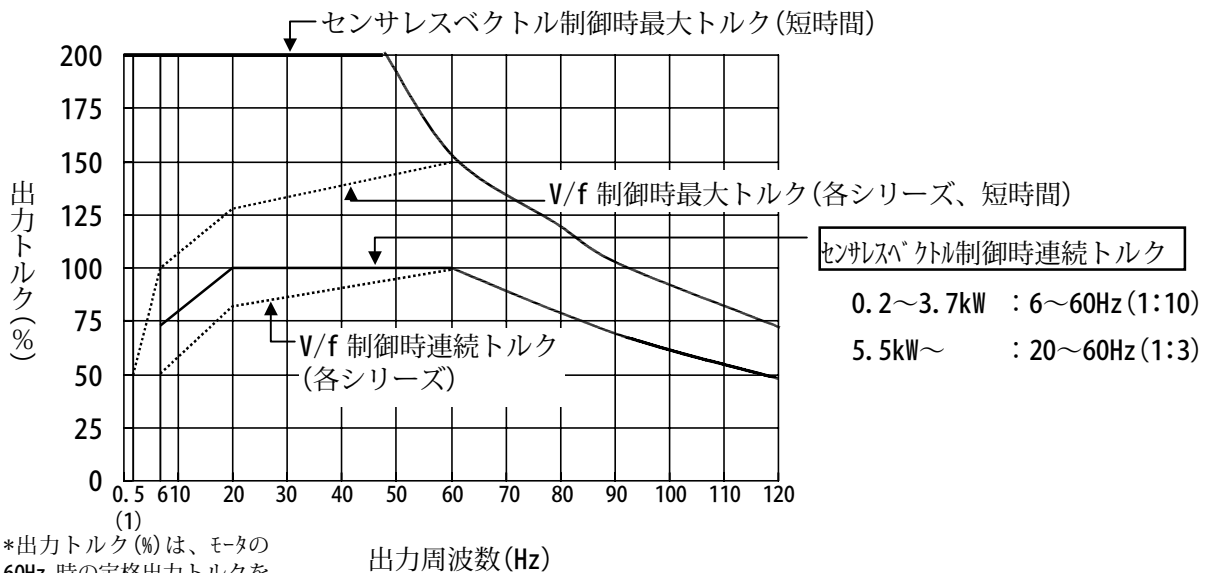


図3-6 モータの発生損失

(3.7kW4極 200V/50Hz 定トルク特性での一例)

HF-320、HF-430 シリーズでセンサレスベクトル制御を使用時は、V/f 制御に比べ、特に低速時において、モータ温度上昇に関係する磁束電流をおさえ連続許容トルクを確保しています。したがって汎用モータを使用しても低速まで連続定トルク範囲が広がります。



(1)
*出力トルク (%)は、モータの60Hz 時の定格出力トルクを100%とします。

0.2~3.7kW : 6~60Hz (1:10)
5.5kW~ : 20~60Hz (1:3)