
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について、概要を以下に示します。

モータの同期速度 N_s は、(1) 式で求められます。

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

ロータ（回転子）は、同期速度よりわずかに滑った回転速度でトルクを発生します。

モータの定格回転数 N は、(2) 式で求められます。

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

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

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)式より以下の項目となります。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• 電源の周波数を変える。• 極数を変える。• すべりを変える。 |
|--|

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となります。

例えば、200V 級モータの場合、200V 50Hz または 60Hz の時、最適な磁束密度となるように設計されています。

周波数 (f) を変える時は、電圧 (V) も変える必要があります。(すべり s を一定とした場合) 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、 V/f 制御と呼ばれています。

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に、 f を増加させたならば、 V も増加させるような制御を行う必要があります。

図3-1は、モータの等価回路を示します。

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

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

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

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

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

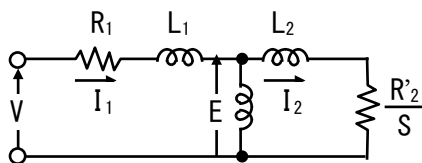


図3-1 モータの等価回路

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、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 (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。

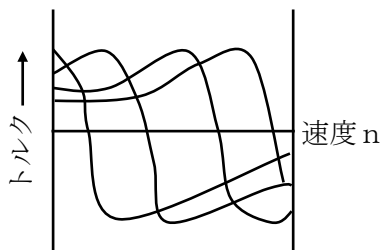


図3-2 E/f制御の速度-トルク特性

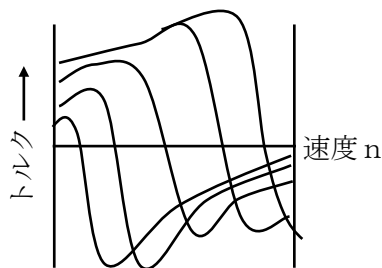


図3-3 V/f制御の速度-トルク特性

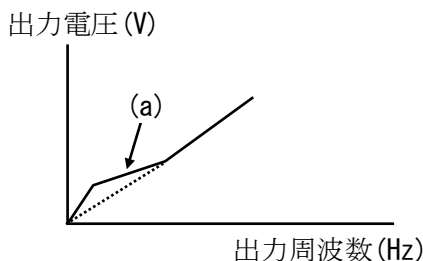


図3-4 モータ端子電圧の補償 (トルクブースト)

HF-430、HF-430 α 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されるので、低速域から高始動トルクを確保できます。

モータの損失と温度上昇

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および冷却係数は、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、以下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は、低速になるに従い小さくなります。

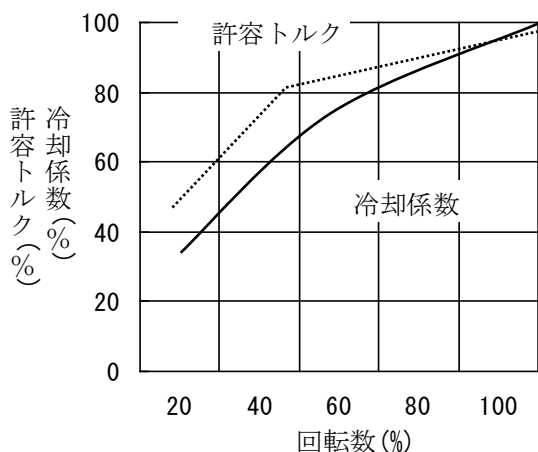


図3-5 モータの冷却係数とトルク

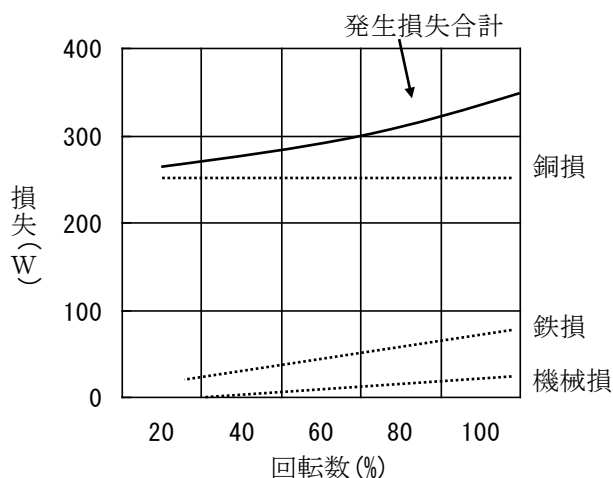
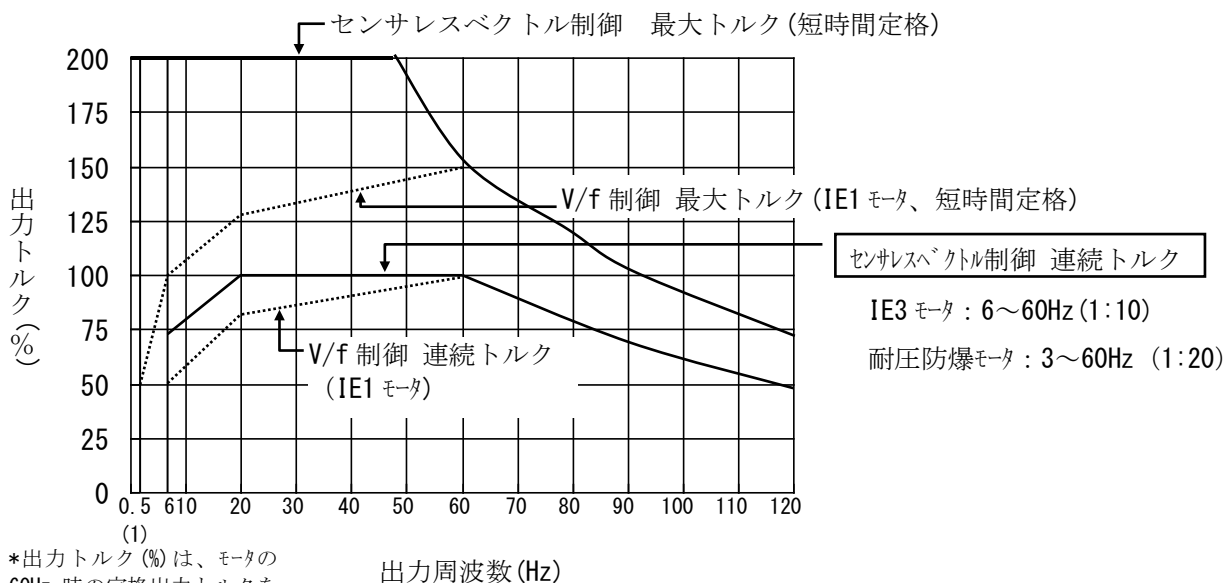


図3-6 モータの発生損失

(3.7kW 200V/50Hz 定トルク特性での一例)

HF-430、HF-430αシリーズでセンサレスベクトル制御時は、V/f制御に比べ低速時において、モータ温度上昇に関する磁束電流を制御しているため、連続許容トルクが確保されます。



(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。