

解説 1 減速機の選び方と組み込む際の注意点

吉川技術士事務所 吉川 博*

*よしかわ ひろし：代表，NPO自動化推進協会理事

生産現場では，産業用ロボットとの協業化が進み，関連する自動化設備の高度化が急務となっている。自動化設備の設計においては駆動系，伝導系の構成が性能を決めるポイントとなるが，とりわけ動力伝達のための減速装置の選択が重要となる。ここでは機械設計者の視点でその要点を解説する。

駆動源としての電動機の特性を理解する

産業機械の駆動源としては，電動モータ，空気圧モータ，油圧モータなどが選択されるが，この中では電動モータの利用が圧倒的に多い。

モータを選定するときには機械の駆動系のシステム構成を基本にして考えなければならない。その選定の基本はモータトルクと負荷トルクのバランスを考慮することにある。

多様な電動モータの中でも，3相交流かご形誘導電動機（インダクションモータ）は，構造がシンプルで堅牢であることと短納期で比較的安価に入手でき，一定速でも可変速でも対応できるため，最も幅広く使用される。駆動源として3相交流かご形誘導電動機を選択する場合には，用途と要求される負荷能力を前提に適切な仕様のものを選定することとなる。基本的にインダクションモータは定格トルクの範囲内で使用するが，図1に示すように始動トルクや最大トルクは定格トルクの2

～3倍の大きさを示し，選定が適切でなく過負荷の状態であっても，なんとか動いてくれるため，現場では定格トルク以上の負荷がかかったままで稼働し過電流による不具合やコイル巻線の温度過熱による不具合などのトラブルの処理に追われているところも見受けられる。

インダクションモータは，一定電圧，一定周波数（200V 50Hz または 60Hz）の商用電源を投入した場合，始動・加速・一定速に至る過程でトルク，電流，すべりは変化する特性を持っているため，駆動，伝導システムの設計時点で負荷トルクや負荷慣性を的確に把握し，余裕率を考慮しながら慎重に選定しなければならない。

3相交流かご形誘導電動機の定格回転速度は，電源周波数に同期し，電源周波数を f [Hz]，電動機の極数を P としたとき

$$\text{モータの回転速度} = 120f/P [\text{min}^{-1}]$$

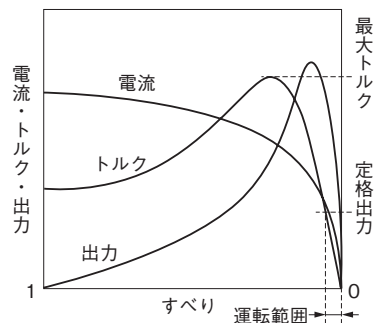


図1 3相誘導電動機の世界・トルク・電流特性

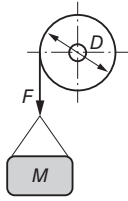


図2 荷の巻上げ時のトルク

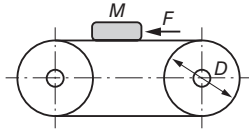


図3 コンベヤ移動に必要なトルク

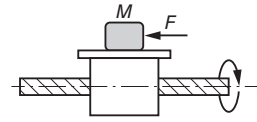


図4 送りねじに必要なトルク

の関係となり、日本では東日本の 50 Hz 地域では $1,500 \text{ min}^{-1}$ (1分間に 1,500 回転)、西日本の 60 Hz 地域では $1,800 \text{ min}^{-1}$ の回転速度となる。実際にはすべりによりモータのロータに誘導電流が流れ、回転する磁界との相互作用でモータの定格回転速度は同期速度より数%低下する。そのすべり量は負荷に比例し、過熱の原因となるので注意したい。

要求仕様を考慮して必要動力を決める

減速機とは、歯車列などを使用してモータの回転速度を減速して出力するための装置であり、減速することにより減速比に反比例したトルク出力が得られる装置でもある。したがって、高速回転・低トルクのモータを、減速機を介することにより、低速・高トルクの用途に適合させることができる。

減速機は変速機とは異なり、機械に組み込まれれば減速比は変化させることができず一定の値に固定されるが、近年は誘導電動機を交流可変周波数で運転することが一般化してきており、機構的に複雑で高コストの変速機を使う代わりに、誘導電動機やサーボモータとインバータの組合せで、可変速度出力を利用することが多くなった。

減速機を選択するには、まず要求される機械の運動機能について、どれだけの動力が必要かを調べる。たとえば図2のような巻上げ作業の場合を考えると

必要なトルク $T=1/2 \cdot D \cdot F$ [N・m]

D : ドラムの直径 [m]

F : 外力 [N]

となるので、たとえば荷の質量が 200 kg、ドラムの直径が 0.4 m とすると、外力 F は、

$$F=200 \times 9.8 (\text{重力加速度}) = 1960 \text{ [N]}$$

必要なトルクは、 $T=392$ [N・m] となる。ドラムの回転数を $n=60 \text{ min}^{-1}$ とすると動力 P は

$P=2\pi Tn/60=2461$ [W] となり、この場合、1/30 の減速機 (60 Hz 地域) と 2.5 kW 程度の電動機が必要となる。

これは、静的なつりあい関係であるが、実際には駆動部分の移動速度、加減速度、負荷時間、摩擦などなどを考慮し、慣性モーメントを考慮した最終的な選択が必要となる。たとえば、上記例における慣性モーメントの計算式は下記のようになる。

$$J=J_A+1/4 \cdot M \cdot D^2 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2]$$

J_A : ドラムの慣性モーメント [kg・m²]

D : ドラムの直径 [m]

M : 負荷の質量 [kg]

同様に、コンベヤを使用する機構での必要駆動トルクは

$$T=1/2 \cdot D \cdot (F + \mu Mg) \text{ [N} \cdot \text{m]} \text{ (図3参照)}$$

D : ローラの直径 [m]

M : 負荷の質量 [kg]

g : 重力加速度 [m/s²]

μ : コンベヤの摩擦係数

F : 外力 [N]

のようになり、送りねじを使用する機構での必要トルクは

$$T=1/2\pi \cdot P \cdot (F + \mu Mg) \text{ [N} \cdot \text{m]} \text{ (図4参照)}$$

P : 送りねじのリード [m]

M : 負荷の質量 [kg]

g : 重力加速度 [m/s²]

μ : 送りねじの摩擦係数