

3相出力回路の基礎知識と実際

石島 勝
Masaru Ishijima

モータは種類が多く、また、その駆動方法もさまざまな方式が考案され実用化されています。

しかしながら、モータを駆動するために必要な知識やノウハウの本質的な部分は、どの駆動方法においても共通するものがあります。

そこで本章では、モータの駆動方法と駆動回路の基礎知識について解説します。

力とトルクとパワーの関係

第3章では、モータに関する物理量(トルク、回転数など)について、その使いかたや単位を厳密には定義せず、一般的にわかりやすい表現を使用して説明しました。

しかし、モータおよびそのドライバを選定する、もしくは設計する段になると、モータに関する物理量やその単位について理解する必要があります。

● 力とトルクの関係

トルクとは回転力であり、図1に示すように、回転軸から半径 $r = 1\text{ m}$ の位置で発生する力 F をトルクと規定しています。国際単位系(SI)では、トルクの単位

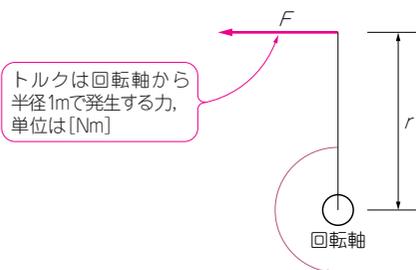


図1 力とトルクの関係

はNmとなります。ここでNはニュートンと呼び、力の単位を表します。1Nは1kgの質量をもつ物体に、 1 m/s^2 の加速度を与える力となっています。

地球上の重力加速度は 9.8 m/s^2 なので、質量1kgに掛かる力 F は 9.8 N となります。また、トルクや力の単位には、国際単位系のほかに**重力単位系**があり、質量1kgに作用する地球上の重力を単位にとり1kgfとなります。トルクの単位はkgfmです。

しかしながら、モータのデータシートを見ているとトルクの単位として、kgmやkgcmなどfの抜けている単位を目にすることがあります。これはfが抜けているだけで、重力単位系と考えることにしています。

トルクの単位で注意が必要なのは、力[N]と長さ[m]を掛けていることです。例えば、トルク1Nmのモータに半径10cm(0.1m)の歯車が付いているとします。

その歯車に発生する力 F は、

$$F = 1\text{ Nm}/0.1\text{ m} = 10\text{ N}$$

となります。単位のmが消えるように計算します。

● トルクとパワーの関係

回転しているモータの出力パワー $P_{out}[\text{W}]$ は、トルクを $T[\text{Nm}]$ 、角速度を $\omega[\text{rad/s}]$ とすると、

$$P_{out} = T\omega$$

となります。

図2に示すように、半径 r の長さぶん円周上を進んだ角度を1radと定義されています。円の1周の長さ L は $L = 2\pi r$ です。

また、周波数 $f[\text{Hz}]$ は1秒間に何周したかということですし、角速度 $\omega[\text{rad/s}]$ は1秒間に何ラジアン進んだかということなので、 $\omega = 2\pi f$ という式が導きだせるわけです。

Keywords

トルク、回転力、ニュートン、重力単位系、出力パワー、入力パワー、効率、4象限動作、抵抗成分、インダクタンス成分、誘導起電力、等価回路、自己インダクタンス、角周波数、逆起電圧、リニア・アンプ駆動、PWMアンプ駆動、フリーホイール電流、Hブリッジ回路、MC33033、フローティング電源、貫通電流、ボディ・ダイオード、フリーホイール・ダイオード、IR2106S、IR2175S

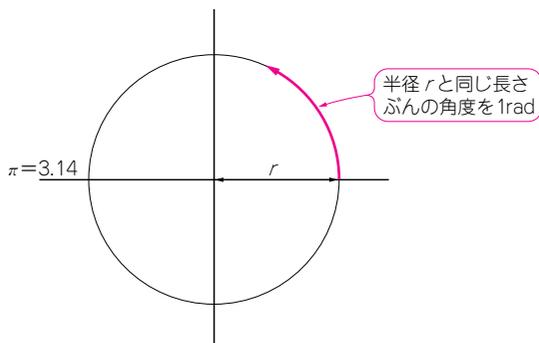


図2 ラジアン の定義

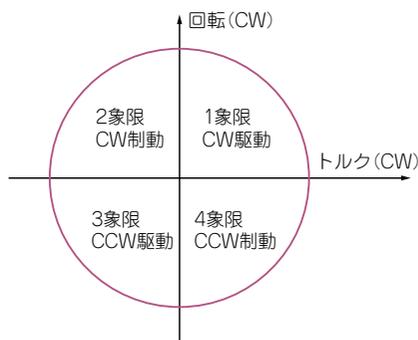


図3 モータ駆動における4象限動作

ちなみに、モータの入力パワー P_{in} [W] は、電圧を V [V]、電流を I [A] とすると、

$$P_{in} = VI$$

となるので、モータの効率は P_{out}/P_{in} となります。

モータ駆動における4象限動作

モータを駆動する場合、図3に示すような4象限動作を理解する必要があります。モータ・ドライバを設計もしくは選定する場合、4象限動作のうち、どの動作に対応させるか、またはどの動作に対応しているかを配慮する必要があります。

モータ・ドライバの駆動方法によっては、まったく対応できないケースがあるので、特に注意が必要となります。

▶ 1象限動作とは

図3の1象限動作を見てください。トルク (CW) は正、回転 (CW) も正に位置しています。よって、1象限動作とはCW方向の駆動を意味します。

▶ 2象限動作とは

図3の2象限動作を見てください。トルク (CW) は負、回転 (CW) は正に位置しています。よって、2象限動作とはCW回転中の制動動作を意味しています。回転方向とトルクの発生方向とは逆の関係になっています。

▶ 3象限動作とは

図3の3象限動作を見てください。トルク (CW) は負、回転 (CW) も負に位置しています。よって、3象限動作とはCCW方向の駆動を意味します。

▶ 4象限動作とは

図3の4象限動作を見てください。トルク (CW) は正、回転 (CW) は負に位置しています。よって、4象限動作とはCCW回転中の制動動作を意味しています。回転方向とトルクの発生方向とは逆の関係になっています。

DCモータの等価回路

モータには抵抗成分 R 、インダクタンス成分 L 、および、誘導起電力成分 e_m があります。

図4に、DCモータの等価回路を示します。

▶ 抵抗 R

抵抗 R はコイルの巻き線抵抗やブラシとコミュテータの接触抵抗があります。抵抗 R の電圧 V_R を求める式は、

$$V_R = RI$$

となります。

▶ インダクタンス L

インダクタンス L はコイルの自己インダクタンスです。インダクタンス L の電圧 V_L を求める式は、

$$V_L = L\omega I$$

となります。 ω は電流の角周波数 [rad/s] となるので、DCモータが定回転中では、その電流は直流なので $V_L = 0$ V となります。しかしながら、インダクタンス L は、モータ起動、制動時およびPWM駆動方式では重要な役割をします。

▶ 誘導起電力 e_m

誘導起電力 e_m はモータが回転することによって発生する電圧です。誘導起電力 e_m は発電作用でモータ電流 I とは逆向きの電流を流そうとする電圧を発生します。そのため、誘導起電力は逆起電圧とも言われます。

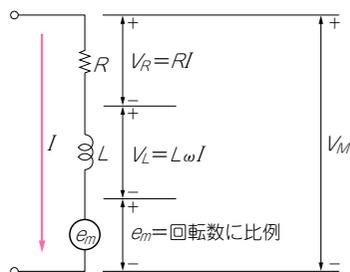


図4 DCモータの等価回路