

機械技術者のためのモータと 発電機の超入門

—例題と実験例を活用する—

Part1 DCモータ



電気機器とは、広義の意味で電気で駆動する機械やスイッチ類のことを指す。主に、パワーエレクトロニクスを支えるリレーやシーケンス、モータ（直流モータや交流モータ）や発電機、変圧器、遮断機、二次電池や電源機器などを含む。

本講座では、電気機器として、DCモータ、交流モータとしてインダクションモータ（誘導モータ）、交流発電機として同期発電機を、3回に分けて取り上げる。

家電機器や制御機器に広く使われているDCモータと、交流モータの代表格であるインダクションモータについて、また、交流発電機の代表格である同期発電機について解説する。必要最小限度に例題を入れ、可能な限りわかりやすく解説する。また、理解の手助けになるように、具体的な実験や測定例を紹介する。

執筆者

大阪電気通信大学 白田 昭司*

*うすだ しょうじ：客員教授 工学博士

E-Mail : info@usuda-lab.info URL : <http://usuda-lab.info>

はじめに

DCモータは、制御用モータとしてアクチュエータやロボットなどに多く使用されている。これらの制御には、速度制御、位置制御、トルク制御が使われている。最初に、モータの基礎として、モータの用途と種類について説明し、DCモータの原理と制御方法について説明する。次に、ホールICを使用したブラシレスモータの駆動回路の仕組みについて説明する。最後に、DCモータの速度制御の実験例について説明する。

モータの用途と種類

モータとは、電気エネルギーを機械エネルギーに変換して物を動かす動力を備えた回転機のことをいう。モータの用途は、動力とアクチュエータに大別される。

動力とは、エネルギー変換としての利用を主目的にした使い方で、モータは一定の速度で回転すればよいことになる。この場合、モータの制御は必要とせず、単に動力源として使用する。

アクチュエータとは、機械を動かす駆動要素、すなわち、直線運動をする駆動装置または制御装置のことを指す。制御装置としてのアクチュエータは、制御系の中で操作部の役割を担う。このアクチュエータの駆動源にモータや電磁コイルを使用する。

モータの主な種類として、DCモータ、ステッピングモータ、同期型ACサーボモータ、ブラシレスサーボモータ、インダクションモータなどがある。

DCモータは、直流モータ、直流サーボモータとも呼ばれている。小型のDCモータは、アクチュエータ用として使われる。DCモータは、回転制御がしやすく、高速応答であることから、制御用モータとして最も適したモータであるといえる。しかし、DCモータは、構造上、回転子と接触する機械式接点(ブラシ)を使用していることから、回転時に発生するスパークや回転騒音があり、接点摩耗からくる寿命といった欠点がある。最近では、DCモータは、制御用途以外にもバッテリーで駆動できる掃除ロボットや無人搬送用台車など

にも搭載されている。

ステッピングモータは、ステップモータ、パルスモータとも呼ばれている。デジタル入力で駆動し、回転角が入力パルスに比例するという特徴がある。このことからステッピングモータは、アクチュエータとして使用される。応答速度があまり速くないので、高速応答を必要とするフィードバック制御には不向きであり、このことからシーケンス制御に多く使用されている。

同期型ACサーボモータは、交流サーボモータまたは同期モータとも呼ばれている。交流で駆動するモータで、コイルに3相交流を加えると回転磁界が発生し、回転子である磁石は、この回転磁界に引っ張られて回る。電源周波数に同期して回転するので同期モータの名で呼ばれている。

ブラシレスサーボモータは、DCモータと同じ直流モータに属し、原理的にはDCモータと同じように回転動作をする。ただし、構造や寸法からくる制約の違いで、性能的にはDCモータと少し異なる。

インダクションモータは、交流モータに属する。安価で、堅牢であり、大型の物が容易に製作できるので、汎用モータとして民生用、産業用に広く使用されている。

DCモータの基本原理

DCモータの原理図を図1に示す。固定子に永久磁石を使い、回転子(電機子)にコイルを使う。固定子から出る磁束 Φ (磁束密度 B [T])の中で有効長 l [m]のコイルに電流 I [A]を流すと力(回転力) F [N]が発生する。図中の力 F の方向はフレミングの左手の法則に従う。

力 F は次式で表され、この力によって回転子が回転する。

$$F = B \cdot I \cdot l \quad (1)$$

モータの回転子が回転することにより、トルク T (力 $F \times$ 回転子の腕の長さ $\frac{L}{2}$)が発生するが、トルクの時間的な変化は、図2のように表すことができる。すなわち、回転数が上がりトルクが増していく加速運動と、一定速度で回転する等速運動に分けることができる。加速運動では、回転トル