

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—

Part3 同期発電機



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（2020年1月号掲載）、交流モータの代表格であるインダクションモータ（同3月号）に続き、今回は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

同期発電機は、発電機の中でも一般によく使われる発電機である。コイルと磁石の組合せで、コイルと磁石いずれかを固定し、回転させることで発電させることができる。最初に、同期発電機の基本原則と、回転電機子形と回転磁界形の違いについて説明し、次に、磁極の数と回転数の関係、同期発電機の等価回路とベクトル図、同期発電機と無効電力の関係について説明する。また、ベクトル図の作成について、例題を解きながら説明する。最後に、回転磁界形の同期発電機の製作例の概要と基本特性の実験例について説明する。

同期発電機の原理

一般に、回転電気機械は図1のように分類される。電気エネルギーから機械エネルギーに変換するものを電動機、機械エネルギーから電気エネルギーに変換するものを発電機と言う。同期機は、回転磁界と同じ速度で回転する交流機の総称のことである。誘導機は、インダクションモータのように、回転磁界に引きずられて回転するので、すべりが存在した。これに対して、同期機は回転磁界と同じ速さで回転する。

最初に、発電機の基本原則として、機械的動力を電力に変換する原理を説明する(図2)。磁束密度 B [T] の一様な磁界中で、磁束と直角方向に長さ l [m] の導体が速度 v [m/s] で運動しているとき、フレミングの右手の法則により、導体には

$$e = vBl \tag{1}$$

で示される起電力 e [V] が誘起される。

導体の両端に負荷抵抗 R [Ω] を接続する。導体の抵抗を r [Ω] とすると、流れる電流 i [A] は

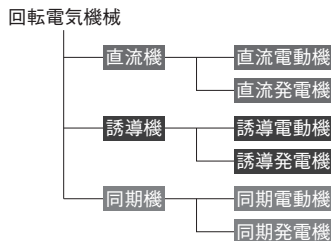


図1 回転電気機械の分類

$$i = \frac{e}{r+R} \tag{2}$$

となる。

(2)式の両辺に i [A] をかけて式を書き直すと

$$ei = ri^2 + Ri^2 \tag{3}$$

が得られる。ここで、 ei [W] は発生電力、 ri^2 [W] は抵抗 r [Ω] による電力損失、 Ri^2 [W] は負荷に供給される電力を示す。

一方、導体に電流 i [A] が流れると、フレミングの左手の法則により、運動方向 (v [m/s]) と反対方向の力(電磁力)

$$f_e = iBl \tag{4}$$

が発生する。

したがって、この電磁力 f_e [N] に等しい機械力を外部から与え、導体の速度 v [m/s] を一定に維持する必要がある。

外部から供給される動力、すなわち機械力 p [W] は

$$p = f_e v = (iBl)v = (vBl)i = ei \tag{5}$$

となり、上記(3)式の発生する電力に等しいことがわかる。このうち ri^2 [W] は銅損としての損失になり、 Ri^2 [W] が負荷に供給される電力(電氣的出力)になる。このように、機械的動力が電力に変換される。これが発電機の基本原則になる。

次に、交流発電機の起電力の発生メカニズムを説明する。

交流発電機のイメージを図3に示す。磁石(磁極N, S)がつくる磁界中でコイル状の導線(以下、コイル)を回転させると、電磁誘導の法則によって導体に電流が誘起される。これはフレミング

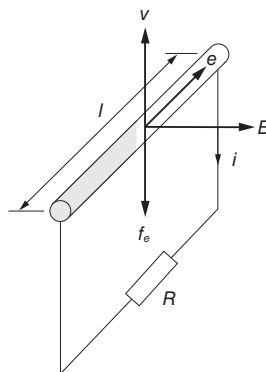


図2 発電機の原理