

# 電 気 電 子 情 報 工 学 実 験 I , II

実 験 題 目                      交 流 電 動 機 の 特 性 と 制 御 \_\_\_\_\_

担 当 教 員 名                      宮 崎   敏 昌 \_\_\_\_\_

遠 隔 講 義 実 施 日              令 和              2 年              6 月      1 8 日

提 出 者                      学 籍 番 号                      20315784 \_\_\_\_\_

氏              名                      佐 藤 凌 雅 \_\_\_\_\_

## 学生実験レポートチェックリスト

チェック項目	チェック欄
レポート提出期限を再確認しましたか。	○
ファイルの形式は PDF、サイズは 10 MB 未満となっていますか。	○
ファイル名は「学籍番号（半角）.pdf」となっていますか。 例）12345678.pdf	○
レポートには、当該テーマ担当教員から指示された必要事項が記載されていますか。	○
図と表にはそれぞれ通し番号が付されていますか。また、キャプションが英語で書かれていますか。	○
参考にした書籍、文献、WEB サイト等は参考文献リストにまとめられていますか。出典のない引用は不正行為にあたります。	○
「実験レポートの書き方」を熟読し、その主旨や注意事項に添って書かれていますか。	○

- \* レポートの提出期限は必ず守ってください。締め切り後の提出は受理されない場合があります。
- \* チェックリストは各自の確認のために使うものです。自分の作成したレポートに対して真摯な態度で記入してください。
- \* チェック項目が満足されていない場合にはレポートが受理されませんので注意してください。

# 1 課題

## 1.1 誘導電動機は身の回りのどこに使われているか？

誘導電動機は構造が簡単で丈夫であり、価格が安く、取り扱いが容易であるなどの利点が多いため、工場における大動力用として、また工作機械などの動力用としてよく用いられる。また、身近な例として、電車の動力用モータや、換気扇、洗濯機などの家電の中にも広く使用されている。

## 1.2 誘導電動機の電気角速度と機械角速度、すべりの関係について検討せよ。

停止している誘導電動機に交流電圧を加えると、回転子導体には大きな誘導電流が流れ、トルクが生じて、回転子が回転する。その回転速度が増して、電気角速度（同期角速度） $\omega$ に近づくと、回転子導体の電流は減少し、トルクは小さくなる。機械角速度（回転子の角速度） $\omega_m$ は $\omega$ より小さく、 $\omega$ と $\omega_m$ の差をすべり角周波数 $\omega_s$ と呼ぶ。また、 $\omega$ に対する $\omega_s$ の比をすべり $s$ という。すなわち、すべり $s$ は次の式で表される。

$$s = \frac{\omega}{\omega_s} \quad (1)$$

## 1.3 本実験で行う誘導電動機のパラメータ測定法（測定方法とパラメータ導出式）について検討せよ。

### 1.3.1 直流電位降下法

測定温度 $t$ [°C]において、一次巻線の各端子間で測定した抵抗の平均値を $R$ [Ω]とし、この値から次の式によって基準巻線温度 $T$ における一次巻線の1相分の抵抗 $r_1$ を次の式で計算する。

$$r_1 = \frac{R}{2} \cdot \frac{235 + T}{235 + t} \quad (2)$$

### 1.3.2 無負荷試験

三相誘導電動機を定格電圧 $V_0$ [V]で無負荷運転し、その時の無負荷電流 $I_0$ [A]、無負荷入力電力 $P_0$ [W]を測定する。この測定データから、励磁コンダクタンス $g_0$ [S]、励磁サセプタンス $b_0$ [S]を次の式で計算する。

$$g_0 = \frac{P_0}{V_0^2} \quad (3)$$

$$b_0 = \sqrt{\left(\frac{I_0}{V_0}\right)^2 - g_0^2} \quad (4)$$

### 1.3.3 拘束試験

誘導電動機の回転子を回転しないように拘束して、一次巻線に一次電流 $I_s$ [A]を流した時の一次電圧 $V_s$ [V]、一次入力 $P_s$ [W]を測定し、励磁回路を除いた等価回路の二次抵抗 $r_s$ [Ω]および合成リアク

タンス $x_s[\Omega]$ を次の式より計算する.

$$r_s = \frac{P_s}{I_s^2} \quad (5)$$

$$x_s = \sqrt{\left(\frac{V_0}{I_0}\right)^2 - r_s^2} \quad (6)$$

#### 1.4 誘導電動機の一次電流，トルク，機械出力，効率，力率について理論式を検討せよ.

##### 1.4.1 一次電流

二次電流 $I_2[\text{A}]$ が流れると， $I_2[\text{A}]$ によって生じる起電力を打ち消すように一次側に一次負荷電流 $I'_1$ が流れる．ここで，一次巻線と二次巻線の巻数比を $\alpha$ とすると， $I_2[\text{A}]$ と $I'_1$ の間には次の関係が成立する．

$$I'_1 = \frac{1}{\alpha} I_2 \quad (7)$$

また，一次電流 $I_1[\text{A}]$ は，一次巻線に流れる励磁電流 $I_0[\text{A}]$ と，一時負荷電流 $I_1[\text{A}]$ とのベクトル和になる．

$$I_1 = I_0 + I'_1 \quad (8)$$

##### 1.4.2 トルク

電動機のトルクが $T[\text{N}\cdot\text{m}]$ ，角速度が $\omega[\text{rad/s}]$ ，回転速度が $n[\text{min}^{-1}]$ とすれば，出力 $P_o[\text{W}]$ は次の式で表現される．

$$P_o = \omega T = 2\pi \frac{n}{60} T \quad (9)$$

よって，トルク $T$ は

$$T = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P_o}{n} \quad (10)$$

##### 1.4.3 機械出力

1相分の二次入力を $P'_2[\text{W}]$ ，二次銅損を $P'_{c2}[\text{W}]$ ，機械出力を $P'_o[\text{W}]$ とすると，次の式が成り立つ

$$P'_2 = I_2^2 \frac{r_2}{s} = \frac{P'_{c2}}{s} \quad (11)$$

$$P'_o = P'_2 - I_2^2 r_2 = P'_2 - P'_{c2} = P'_2 - sP'_2 = (1-s)P'_2 \quad (12)$$

##### 1.4.4 効率

効率 $\eta$ は機械的出力 $P_o[\text{W}]$ ，一次銅損 $P_{c1}[\text{W}]$ ，二次銅損 $P_{c1}[\text{W}]$ ，鉄損 $P_i[\text{W}]$ を用いて次のように表される．

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + P_{c1} + P_{c2} + P_i} \quad (13)$$

#### 1.4.5 力率

力率は次のように表される.

$$\cos \phi = \frac{\operatorname{Re}(I'_1 + I_0)}{|I'_1 + I_0|} \quad (14)$$

### 1.5 電力変換器を用いた誘導電動機の可変速駆動方式について調査せよ.

誘導電動機は本質的には電源の周波数によって決まる同期速度にほぼ近い一定の速度でしか回転しえない. そのため, 可変速運転を行うためには工夫が必要である. そこで, 入力された交流電流を一度コンバータで直流に変換し, 直流電流をインバータを通して再度交流に戻して制御を行う. 速度可変は, 直流を交流に変換するインバータにて, 周波数や電圧を変更することで実現される.

### 1.6 次の述語について説明せよ. 定格, 効率, 損失, 負荷, トルク, 力行および回生.

#### 1.6.1 定格

誘導電動機を使用する上で, 電圧, 電流, 出力, 回転速度などについて, 標準的な使い方を示す値.

#### 1.6.2 効率

入力電力に対する機械出力の比のこと.

#### 1.6.3 損失

電動機に輸入された電力は鉄損や銅損, 機械損などの損失を受けるため, 100%機械的エネルギーに変換されることはない.

#### 1.6.4 負荷

電動機の軸の回転を妨げるように働く力のこと.

#### 1.6.5 トルク

回転体が回転する力のこと. 力と回転半径の積で与えられる.

#### 1.6.6 力行

動力車の動力機関が力を動軸に与え, 動輪を駆動して走行している状態.

#### 1.6.7 回生

機器で生じる余剰なエネルギーを回収し, 電力に変換して再利用すること. 例えば, 車両において減速の際にタイヤの回転で生じる運動エネルギーを使用して電動機を駆動させて発電を行う. 発電された電力を回収することで電力を再利用できるため, エネルギー効率が向上する.

## 参考文献

- [1] 深尾正 （2015）. 電気機器概論. 実教出版株式会社.