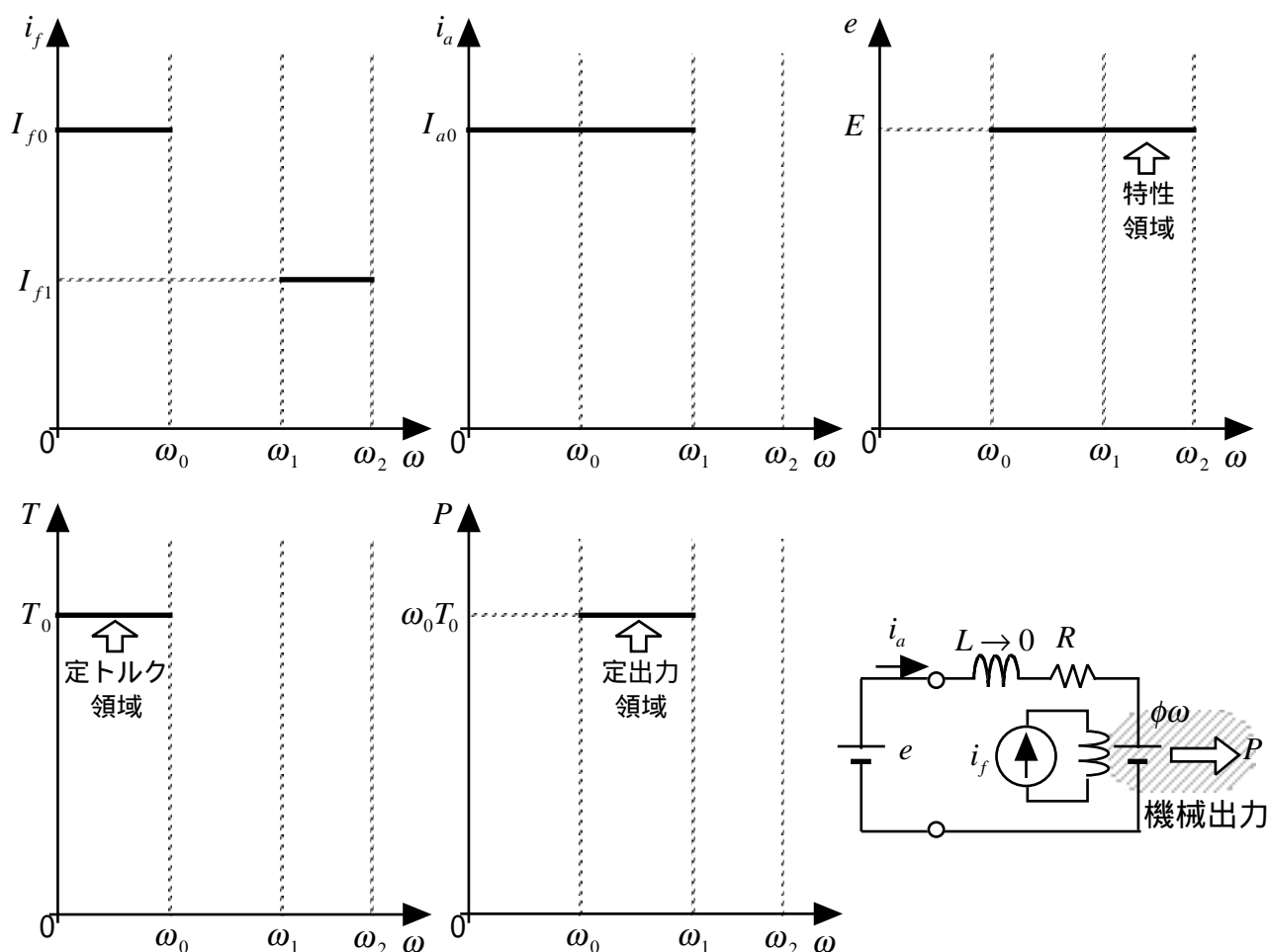


学生番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_ (記入を忘れないように！)



直流モータを用いた可変速駆動システム (ex. 電車) は、なるべく広い速度範囲で大きなトルクを得るため、上のグラフのような制御を行う。上のグラフで線が引かれていない部分を、下記の誘導に従って数式を導きつつ描け。曲線の概形と通る点も明記せよ。

(1) 用いる方程式

上の等価回路において、(1)~(3) 式の関係が成り立つ。なお、ここでは静特性を扱うので、インダクタンスは無視する。

$$T = \phi i_a \quad (1) \quad e = R i_a + \phi \omega \quad (2) \quad \phi = k i_f \quad (3)$$

(2) 定トルク領域 (  $0 \leq \omega \leq \omega_0$  )

この場合、  $i_a = I_{a0}, i_f = I_{f0}$  で、ともに一定になるように電圧  $e$  を制御する。(2),(3) 式から  $e = R I_{a0} + k I_{f0} \omega$  で、グラフは直線になる。縦軸( $\omega = 0$ )との交点の電圧は (4) 式になる。

$$e(0) = \boxed{\phantom{000000}} \quad (4)$$

また、  $e = E$  となる角速度が  $\omega_0$  なので (5) 式が成り立つ。

$$\omega_0 = \frac{E - RI_{a0}}{kI_{f0}} \quad (5)$$

トルクは、(1)(3)式から(6)式のように一定となり、出力は角速度  $\omega$  にトルクをかければよいので(7)式となる ( $T_0$ を用いて表せばよい)。(7)は確かに一定となっている。

$$T = T_0 = kI_{f0}I_{a0} \quad (6) \quad P = \boxed{\phantom{000000}} \quad (7)$$

## (2) 定出力領域 ( $\omega_0 \leq \omega \leq \omega_1$ )

この場合、 $i_a = I_{a0}, e = E$ で、ともに一定になるよう  $i_f$  を制御する。(2),(3)式と(5)式からそれぞれ得られる(8),(9)式を用いて  $E, R, I_{a0}$  を消すと、 $i_f$  は(10)式ようになる。

$$i_f = \frac{E - RI_{a0}}{k} \frac{1}{\omega} \quad (8) \quad \frac{E - RI_{a0}}{k} = I_{f0}\omega_0 \quad (9)$$

$$i_f = \boxed{\phantom{000000}} \quad (10)$$

また、トルクは(1),(3),(6)式から導かれる式に(10)式を代入して(11)式のようになる。さらに、出力は(12)式となり、確かに定出力になっている。

$$T = (ki_f)I_{a0} = T_0 \frac{i_f}{I_{f0}} = \boxed{\phantom{000000}} \quad (11) \quad P = \boxed{\phantom{000000}} \quad (12)$$

## (2) 特性領域 ( $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$ )

この場合、 $i_f = I_{f1} \frac{\omega_0}{\omega_1} I_{f0}, e = E$ で、何も制御しないため、直流機の生の特性<sup>注1</sup>が現れる。(2),(3)式を変形して  $i_a$  に関連した定数を消去すると、 $i_a$  は(13)式ようになる。

$$i_a = \frac{E - kI_{f1}\omega}{R} = \frac{E}{R} - \frac{E - RI_{a0}}{R} \frac{\omega}{\omega_1} \quad (13)$$

$i_a$  のグラフは直線になり、横軸 ( $i_a = 0$ ) との交点は(14)式のようになる。

$$\omega_2 = \boxed{\phantom{000000}} \quad (14)$$

これを用いると、 $i_a$  は(15)式ようになる。

$$i_a = \frac{E}{R} \left( 1 - \frac{\omega}{\omega_2} \right) \quad (15)$$

また、トルクは(1),(3),(6)式から導かれる式に(15)式を代入して(16)式のようになる。さらに、出力は(17)式となり、2次関数の形となる。

$$T = \frac{\omega_0}{\omega_1} \frac{i_a}{I_{a0}} T_0 = \frac{\omega_0}{\omega_1} \frac{E}{RI_{a0}} T_0 \left( 1 - \frac{\omega}{\omega_2} \right) \quad (16) \quad P = \boxed{\phantom{000000}} \quad (17)$$

<sup>注1</sup> 界磁巻線の構成 (直巻・分巻・複巻・他励) によって異なるので、本演習のようになるとは限らない。