

电机及拖动基础 习题与解答

张葆钰 沈毓敏 编



上海科学技术文献出版社

出版说明

1982年4月开始,中央电视大学将《电机及拖动基础》列为必修课程。为满足广大电视大学学员的需要,本书根据教学大纲的要求,由上海市业余工业大学自动控制系教研室以1981年《上海电大通讯》刊登的《电机及拖动基础 习题与解答》为基础,重新编写了这本书。本书第一章至第五章由沈毓敏同志编写,第六章至第十二章由张葆钰同志编写。

在编写过程中,作者参考了合肥工业大学、华中工学院、东北工学院的有关图书资料。由于编写时间仓促、水平有限,谬误之处恳请读者予以指正。

编者 1982年2月

土
甲

目 录

第一章 直流电机	1
一、内容提要	1
二、习题与解答	2
第二章 直流电机的电力拖动	22
一、内容提要	22
二、习题与解答	24
第三章 变压器	69
一、内容提要	69
二、习题与解答	70
第四章 三相异步电动机的基本原理	90
一、内容提要	90
二、习题与解答	91
第五章 三相异步电动机的运行原理	109
一、内容提要	109
二、习题与解答	110
第六章 三相异步电动机的机械特性及各种运转状态	126
一、内容提要	126
二、习题与解答	127
第七章 三相异步电动机的起动及起动设备的计算	144
一、内容提要	144
二、习题与解答	145
第八章 三相异步电动机的调速	163
一、内容提要	163
二、习题与解答	164

第九章 其它交流电动机	167
一、内容提要	167
二、习题与解答	167
第十章 控制电机	177
一、内容提要	177
二、习题与解答	178
第十一章 多电动机拖动系统	187
一、内容提要	187
二、习题与解答	187
第十二章 电力拖动系统电机的选择	195
一、内容提要	195
二、习题与解答	196

第一章 直流电机

一、内 容 提 要

1. 直流电机的工作原理

直流电机中直流电能和机械能之间的转换过程应理解: (1) 电刷和换向器的作用。(2) 电机是可逆的。(3) 额定值的意义。

2. 直流电机的绕组、磁场

电枢绕组的基本形式是单迭绕组和单波绕组。对单迭绕组, 支路对数等于极对数, 即 $a=p$; 而对单波绕组, 支路对数永远等于 1, 即 $a=1$ 。

直流电机的气隙磁场是由励磁磁势和电枢磁势共同建立的。电枢反应作用不仅使气隙磁场发生畸变, 而且还有一定的去磁作用。

电枢绕组和气隙磁场发生相对运动产生感应电势; 气隙磁场和电流相互作用产生电磁转矩。两者都是机电能量变换的要素。且感应电势 $E_a=C_e\Phi n$ (伏); 电磁转矩 $M=C_M\Phi I_a$ (牛·米)。

3. 直流电机的基本方程式

电势平衡方程式

发电机 $U = E_a - I_a R$

电动机 $U = E_a + I_a R$

转矩平衡方程式

发电机 $M_1 = M + M_0$

• | •

$$M_1 \doteq M$$

电动机

$$M = M_2 + M_0$$

$$M \doteq M_2$$

功率平衡方程式

发电机

$$P_1 = M_1 \Omega = P_M + p_{Fe} + p_\Omega$$

$$P_M = E_a I_a = P_2 + p_{Cu} + p_s$$

电动机

$$P_1 = p_{Cu} + p_s + P_M$$

$$P_M = M \Omega = P_2 + p_{Fe} + p_\Omega$$

4. 直流电机的工作特性

运用基本方程式可分析各种励磁方式的直流电机的工作特性。对直流电动机主要的工作特性是转速特性 $n = f(I_a)$ 、转矩特性 $M = f(I_a)$ 和效率特性 $\eta = f(I_a)$ 。对直流发电机主要的工作特性是外特性 $U = f(I)$ 。

5. 直流电机的换向

换向不良使直流电机在电刷下产生火花。火花产生的原因主要在于换向元件中存在电抗电势和电枢反应电势阻碍电流变化,使换向延迟。改善换向的主要方法是装设换向极,以抵消上述两种电势的作用。

二、习题与解答

1-1 如果将电枢绕组装在定子上,磁极装在转子上,换向器和电刷应怎样装置,才能作直流电动机运行?

答:换向器应固定在定子的端接部分与电枢绕组联接,而电刷应随转子部分转动,这样才能作直流电动机运行。

1-2 在直流发电机和直流电动机中,电磁转矩和电枢旋转方向的关系有何不同?电枢电势和电枢电流方向的关系有何不

同？怎样判别直流电机运行于发电机状态还是运行于电动机状态？

答：在直流发电机中，电磁转矩和电枢旋转方向相反，电枢电势和电枢电流方向相同。在直流电动机中，电磁转矩和电枢旋转方向相同，电枢电势和电枢电流方向相反。当端电压 U 大于电枢电势 E_a 时，直流电机运行于电动机状态，当端电压 U 小于电枢电势 E_a 时，直流电机运行于发电机状态。

1-3 一台 Z_2 直流电动机，其额定功率 $P_e = 160$ 千瓦；额定电压 $U_e = 220$ 伏，额定效率 $\eta_e = 90\%$ ，额定转速 $n_e = 1500$ 转/分，求该电动机的额定电流？

解：因为电动机的额定功率为：

$$P_e = U_e I_e \eta_e$$

所以其额定电流：

$$I_e = \frac{P_e}{U_e \eta_e} = \frac{16 \times 10^4}{220 \times 0.9} = 808 \text{ 安}$$

1-4 一台 Z_2 直流发电机，其额定功率 $P_e = 145$ 千瓦，额定电压 $U_e = 230$ 伏，额定转速 $n_e = 1450$ 转/分，求该发电机的额定电流？

解：因为发电机的额定功率为：

$$P_e = U_e I_e$$

所以其额定电流：

$$I_e = \frac{P_e}{U_e} = \frac{145 \times 10^3}{230} = 630.4 \text{ 安}$$

1-5 一台四极直流电机，采用单迭绕组，问：

(1) 若取下一只电刷，或取下相邻的两只电刷，电机是否可以工作？

(2) 若只用相对两只电刷，是否可以工作？

(3) 若电枢绕组中一个元件断线是否可以工作?

(4) 若有一极失去励磁将产生什么后果?

答: 从四极单迭绕组电机的绕组并联电路图可以看出:

(1) 若取下一只电刷或取下相邻的两只电刷时, 在电动机运行时, 其转矩和功率均减小一半, 在发电机运行时, 其电流和功率也均减小一半。虽然电机仍能运行, 但其工作情况是不正常的。

(2) 若只用相对两只电刷, 则无论对发电机或电动机都不能工作。

(3) 若一个元件断线, 则该元件所在支路失去作用, 电刷端电压不变, 但电流为原来的四分之三, 电机功率为原来的四分之三。

(4) 当一磁极失去励磁时, 该磁极下的一条支路无电势(发电机)或不产生转矩(电动机), 使功率减小。对于多极电机, 还可能产生不平衡情况。

1-6 上题之电机若为单波绕组, 情况将如何?

答: 从四极单波绕组电机的绕组并联图分析可知:

(1) 取下一只或相邻的两只电刷时, 电机仍可运行, 但电刷电流增大。

(2) 取去相对两只电刷时, 电机不能工作。

(3) 若一个元件断线, 则电流和功率都减小一半。

(4) 若一磁极失去励磁, 则电流或转矩都将减小, 且产生不平衡的情况。

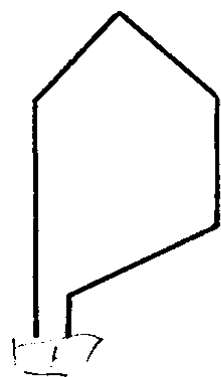


图 1-1 电枢绕组
元件形状

1-7 如果直流电枢绕组元件的形状如图 1-1, 则电刷应放在换向器上的什么位置?

答: 电刷位置应位于几何中性线的换向片上。

1-8 一台四极直流电动机, 试分析在下列情况有无电磁转矩:

(1) 有两个极的励磁绕组的极性相反, 使主极极性变为 $N-N-S-S$;

(2) 主极极性和(1)相同, 但将两 N 极和两 S 极间的电刷拿掉, 另外两个电刷端加直流电压。

答:

$I = a$

(1) 在(1)情况下, 如仍有四只电刷, 则每两条支路所产生的电磁转矩互相抵消, 所以无电磁转矩产生。

(2) 如果去掉两只电刷则相当于两极电机, 故有电磁转矩。

1-9 如果一台 p 对磁极的单迭绕组其电枢电阻为 r_a , 电枢电流为 I_a , 若把它改接为单波绕组, 试问电枢电阻和电枢电流将变为多少?

答: 因为 p 对极的单迭绕组有 $2p$ 条支路并联, 所以每条支路电阻为 $2pr_a$, $2p$ 条支路串联后的总电阻为 $4p^2r_a$ 。改为单波绕组时, 则仅有两条支路并联, 每条支路电阻为

$$\frac{1}{2}(4p^2r_a) = 2p^2r_a$$

电枢电阻为

$$\frac{1}{2}(2p^2r_a) = p^2r_a$$

增加到原来的 p^2 倍。

单迭绕组时, 支路电流为 $I_a/2p$, 改为单波绕组时, 支路电流不变, 但仅有两条支路, 所以总电流为 $2 \times I_a/2p = I_a/p$ 。减少到原来的 p 分之一。

1-10 何谓电枢反应? 电枢反应对气隙磁场有什么影响? 公式 $E_a = C_e \Phi n$ 和 $M = C_M \Phi I_a$ 中的 Φ 应该是什么磁通。

答: 直流电机在负载运行时, 气隙磁场由励磁磁势和电枢

磁势共同产生, 由于电枢磁势的存在使负载时气隙磁场和空载时仅由励磁磁势产生的主磁场有所不同, 电枢磁势对主磁场的影响称为电枢反应。

电枢反应对气隙磁场的影响:

- 1 使气隙磁场发生畸变。
- 2 考虑饱和时, 还存在去磁效应, 使每极磁通比空载时略有减小。

在 $E_a = C_e \Phi n$ 和 $M = C_M \Phi I_a$ 的公式中, Φ 应该是每极合成磁通。

1-11 一台四极直流发电机是单迭绕组, 每极磁通为 3.79×10^6 马, 电枢总导线数为 152 根, 每分钟转速为 1200 转/分, 求电机空载电势。若改为单波绕组, 其它条件不变, 问空载电动势为 230 伏时电机的转速应为多少?

解: 因为单迭绕组, 所以 $a = p = 2$ 。

$$\begin{aligned} E_a &= C_e \Phi n = \frac{pN}{60a} \Phi n \\ &= \frac{2 \times 152}{60 \times 2} \times 3.79 \times 10^6 \times 1200 \times 10^{-8} = 115 \text{ 伏} \end{aligned}$$

改为单波绕组, $a = 1$, $E_a = 230$ 伏,

$$n = \frac{E_a}{C_e \Phi} = \frac{230}{\frac{2 \times 152}{60 \times 1} \times 3.79 \times 10^6 \times 10^{-8}} = 1198 \text{ 转/分}$$

1-12 一台直流电机, $2p = 4$, $s = 120$, 每个元件电阻为 0.2 欧, 当转速 $n = 1000$ 转/分时, 每元件的平均电势为 10 伏, 问当电枢绕组为单迭或单波时, 电刷端的电势和电阻各为多少?

解: 电枢绕组为单迭、转速为 1000 转/分时, 电刷端的电势为:

$$E_a = \frac{s}{2a} \times e_{av} = \frac{120}{4} \times 10 = 300 \text{ 伏}$$

(不考虑被电刷短路元件)

电刷端的电阻(不考虑电刷接触电阻)

$$R_a = \frac{1}{2a} \left(\frac{s}{2a} \times r_a \right) = \frac{1}{4} \left(\frac{120}{4} \times 0.2 \right) = 1.5 \text{ 欧}$$

✕ 电枢绕组为单波时, $2a=2$, 当转速为 1000 转/分时, 电刷端的电势(不考虑被电刷短路元件)

$$E_a = \frac{s}{2a} \times e_{av} = \frac{120}{2} \times 10 = 600 \text{ 伏}$$

电刷端的电阻(不考虑电刷接触电阻)

$$R_a = \frac{1}{2a} \left(\frac{s}{2a} \times r_a \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{120}{2} \times 0.2 \right) = 6 \text{ 欧}$$

1-13 一台四极直流电动机, 额定转速为 1460 转/分, 36 槽, 每槽导线数为 6, 每极磁通量为 2.2×10^6 马, 单迭绕组, 问当电枢电流为 800 安时, 能产生多大电磁转矩?

解: 电枢总导线数

$$N = 36 \times 6 = 216$$

手算: $N = 216$

支路数

$$2a = 2p = 4, a = 2,$$

电磁转矩

$$\begin{aligned} M &= C_M \Phi I_a = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_a \\ &= \frac{216}{2\pi} \times 2.2 \times 10^6 \times 10^{-8} \times 800 = 605 \text{ 牛} \cdot \text{米} \end{aligned}$$

1-14 一台并励直流电动机将其单迭绕组改接为单波绕组, 试问对其电磁转矩会发生什么影响?

答: 根据: $M = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_a = C_M \Phi I_a$

单迭绕组时, 电枢电流为: $I_a = 2ai_a$ 支路对数等于极对数, 即 $a = p$ 。所以

$$M = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_a = \frac{pN}{2\pi p} \cdot \Phi 2pi_a = \frac{pN}{2\pi} \Phi \cdot 2i_a$$

单波绕组时, 电枢电流为: $I'_a = 2i_a$ 支路对数等于 1, 即 $a = 1$ 所以

$$M' = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I'_a = \frac{pN}{2\pi} \Phi \cdot 2i_a$$

故, 当保持支路电流不变时, 电磁转矩 M 也不变。

1-15 一台并励直流电动机在额定电压 $U_e = 220$ 伏和额定电流 $I_e = 80$ 安的情况下运行, 15°C 时的电枢绕组电阻 $r_a = 0.08$ 欧, $2\Delta U_s = 2$ 伏, 励磁绕组的电阻 $r_f = 88.8$ 欧, 额定负载时的效率 $\eta_e = 85\%$, 试求:

(1) 额定输入功率; (2) 额定输出功率; (3) 总损耗; (4) 电枢回路铜耗; (5) 励磁回路铜耗; (6) 电刷接触损耗; (7) 附加损耗; (8) 机械损耗与铁耗之和。

解: (1) 额定输入功率:

$$P_1 = U_e I_e = 220 \times 80 = 17.6 \text{ 千瓦}$$

(2) 额定输出功率:

$$P_e = U_e I_e \eta_e = 220 \times 80 \times 85\% = 14.96 \text{ 千瓦}$$

(3) 总损耗:

$$\Sigma p = P_1 - P_e = 17.6 - 14.96 = 2.64 \text{ 千瓦}$$

(4) 电枢回路铜耗:

电枢回路电阻和励磁绕组电阻换算到 75°C 时的数值:

$$r_{a75^\circ\text{C}} = r_{a15^\circ\text{C}} \frac{235 + 75}{235 + 15} = 0.08 \frac{310}{250} = 0.099 \text{ 欧}$$

$$r_{f75^\circ\text{C}} = r_{f15^\circ\text{C}} \frac{235 + 75}{235 + 15} = 88.8 \frac{310}{250} = 110 \text{ 欧}$$

励磁电流:
$$I_f = \frac{U_e}{r_{f75^{\circ}\text{C}}} = \frac{220}{110} = 2 \text{ 安}$$

而电枢电流:
$$I_a = I_e - I_f = 80 - 2 = 78 \text{ 安}$$

电枢回路铜耗:

$$p_{\text{Cua}} = I_a^2 r_{a75^{\circ}\text{C}} = 78^2 \times 0.0099 = 602 \text{ 瓦}$$

(5) 励磁回路铜耗:

$$p_{\text{Cuf}} = \frac{U_e^2}{r_{f75^{\circ}\text{C}}} = \frac{220^2}{110} = 440 \text{ 瓦}$$

(6) 电刷接触损耗:

$$p_s = I_a \cdot 2\Delta U_s = 78 \times 2 = 156 \text{ 瓦}$$

(7) 附加损耗:

$$p_{\Delta} = 1\% P_e = 1\% \times 14.96 = 149.6 \text{ 瓦}$$

(8) 机械损耗和铁耗之和:

$$\begin{aligned} p_{\text{Fe}} + p_{\text{D}} &= \sum p - p_{\text{Cua}} - p_{\text{Cuf}} - p_s - p_{\Delta} \\ &= 2640 - 602 - 440 - 156 - 149.6 = 1292.4 \text{ 瓦} \end{aligned}$$

1-16 并励直流电动机的起动电流决定于什么? 正常工作时电枢电流又决定于什么?

答: 起动时 $n = 0$, $E_a = C_e \Phi n = 0$

起动电流为:
$$I_0 = \frac{U_e}{R_a}$$

所以起动电流 I_0 与外加电压 U_e 成正比, 与电枢回路总电阻 R_a 成反比。

正常工作时, 存在反电势 E_a , 此时电枢电流为:

$$I_a = \frac{U - E_a}{R_a} = \frac{M}{C_M \Phi}$$

即取决于负载转矩的大小。

1-17 串励直流电动机为什么不能空载运行? 和并励直流电动机比较, 串励直流电动机的运行性能有何特点?

答：忽略饱和影响，在串励电机中： $\Phi = K_f I_f = K_f I_a$ 。当空载时电枢电流很小，气隙磁通 Φ 及压降 $I_a R_a'$ 很小，要产生一定的反电势 $E_a = C_e \Phi n$ 与电源电压相平衡，电动机的转速将极高。在理论上，如果电枢电流趋近于零，气隙磁通也将趋近于零，则电动机转速将趋近于无限大，使转子遭到破坏。因此串励电动机不允许在空载或负载很小的情况下运行。和并励直流电动机相比较，由于 $I_f = I_a$ ，当磁路不饱和时， $M = C_M \Phi I_a = C_M K_f I_a^2$ 。即随着输出功率 P_2 以及 I_a 的增加，串励电动机的电磁转矩 M 将高于电流一次方的比例增加。所以在同样大小的起动电流下能得到比并励电动机更大起动转矩。并有较大的过载能力。

1-18 试验时如要改变并励、串励、复励直流电动机的转向，应怎么办？

答：改变并励直流电动机的转向时，只要调换电枢绕组或励磁绕组的两出线端（不能同时对调）。改变串励直流电动机的转向时，常采用改变电枢两端极性的接法，而励磁绕组的电流方向仍应保持不变。如要改变复励直流电动机的转向时，需同时调换串励、并励绕组的两出线端。

1-19 电动机的电磁转矩是驱动性质的转矩，电磁转矩增大时，转速似乎应该上升，但从直流电动机的转矩以及转速特性看，电磁转矩增大时，转速反而下降，这是什么原因？

答：从 $M = C_M \Phi I_a$ 和 $n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{R_a}{C_e \Phi} I_a$ 中可以看到当电磁转矩 M 增大时，电流 I_a 将增大，由于电枢电阻压降的增大，使转速降 Δn 也增大，所以转速 n 反而下降。

1-20 试分析电枢反应对并励直流电动机转速特性和转矩的影响。

答：从并励直流电动机的转速 $n = \frac{U - I_a R_a}{C_e \Phi}$ 及转矩 $M = C_M \Phi I_a$ 中可以看出，如不考虑电枢反应的影响，在 $U = U_e$ ， $I_f = I_{f0}$ 的条件下，它们与 I_a 的关系都是线性关系，且 n 随 I_a 的增加而降低， M 随 I_a 的增加而增加。如考虑到电枢反应的去磁作用时。则当 I_a 增加时，使得 Φ 有所减小，从而引起转速 n 回升的趋势及转矩 M 略为下降的趋势。

1-21 并励直流电动机在运行时若励磁绕组断线，会出现什么后果？

答：如励磁绕组断开，则主磁通下降到剩磁磁通值，而电枢电流将迅速增大，转速迅速上升，可能大大超过额定转速，造成“飞车”，使换向器，电枢绕组和转动部件损坏，甚至造成人身事故。电机空载时励磁绕组断开最容易发生这种危险情况。

1-22 一台他励直流电动机接在一个电压为 220 伏的电网上运行时，电枢电流为 $I_a = 10$ 安，电刷压降为 $2\Delta U_s = 2$ 伏，电枢回路电阻为 0.5 欧，试求该电动机内部反电势为多少？假定由于某种原因，电网电压下降为 190 伏，但他励的励磁电流和负载转矩皆保持不变，求达到新平衡时，电动机内部反电势为多少？

解：额定负载时电动机内部的反电势为：

$$E_a = U - I_a R_a - 2\Delta U_s = 220 - 10 \times 0.5 - 2 = 213 \text{ 伏}$$

当 $U = 190$ 伏，但励磁电流和负载转矩都保持不变，即 Φ 和 I_a 不变，所以此时电动机内部的反电势为：

$$E_a = U - I_a R_a - 2\Delta U_s = 190 - 10 \times 0.5 - 2 = 183 \text{ 伏}$$

1-23 已知他励直流电机并联于 $U = 220$ 伏电网运行，并已知 $a = 1$ ， $p = 2$ ， $N = 372$ ，（电枢总导线数）， $n = 1500$ 转/分， $\Phi = 1.1 \times 10^{-2}$ 韦伯，电枢回路总电阻 $R_a = 0.208$ 欧， $p_{Fe} = 362$ 瓦， $p_n = 204$ 瓦。试求：

- (1) 此直流机是电动机还是发电机?
 (2) 电磁转矩、输入功率和效率各多少?

解: (1) 电枢电势为:

$$\begin{aligned} E_a &= C_e \Phi n = \frac{pN}{60a} \Phi n \\ &= \frac{2 \times 372}{60 \times 1} \times 1.1 \times 10^{-2} \times 1500 = 204.6 \text{ 伏} \end{aligned}$$

因为 $E_a < U$, 故此直流电机是电动机。

(2) 由 $U = E_a + I_a R_a$

$$I_a = \frac{U - E_a}{R_a} = \frac{220 - 204.6}{0.208} = 74 \text{ 安}$$

电磁转矩

$$\begin{aligned} M &= C_M \Phi I_a = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_a \\ &= \frac{2 \times 372}{2\pi \times 1} \times 1.1 \times 10^{-2} \times 74 = 96.38 \text{ 牛} \cdot \text{米} \end{aligned}$$

或

$$\begin{aligned} M &= 9.55 \frac{P_M}{n} = 9.55 \frac{E_a I_a}{n} \\ &= 9.55 \frac{204.6 \times 74}{1500} = 96.39 \text{ 牛} \cdot \text{米} \end{aligned}$$

输入功率

$$P_1 = U I_a = 220 \times 74 = 16,280 \text{ 瓦}$$

电磁功率

$$P_M = E_a I_a = 204.6 \times 74 = 15,140.4 \text{ 瓦}$$

输出功率

$$P_2 = P_M - p_{Fe} - p_\sigma = 15,140.4 - 362 - 204 = 14,574.4 \text{ 瓦}$$

效率

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{14,574.4}{16,280} = 89.5\%$$

1-24 一台并励直流电动机, $P_e = 96$ 千瓦, $U_e = 440$ 伏,

$I_e = 255$ 安, $I_{fe} = 5$ 安, $n_e = 500$ 转/分, $R_a = 0.078$ 欧, 试求:

- (1) 电动机的额定输出转矩;
- (2) 在额定电流时的电磁转矩;
- (3) 当 $I_a = 0$ 时电机的转速;
- (4) 在总制动转矩不变的情况下, 当电枢中串入一电阻 0.1 欧而达稳定时的转速。

解: 并励电动机的电枢电流为:

$$I_a = I_e - I_{fe} = 255 - 5 = 250 \text{ 安}$$

- (1) 电动机的额定输出功率 $P_e = M_e \Omega$

$$M_e = 9.55 \frac{P_e}{n_e} = 9.55 \frac{96 \times 10^3}{500} = 1833.6 \text{ 牛} \cdot \text{米}$$

- (2) 从电势方程式和 $E_a = C_e \Phi n$ 得出

$$C_e \Phi_e = \frac{U_e - I_a R_a}{n_e} = \frac{440 - 250 \times 0.078}{500} = 0.84 \text{ 伏/转/分}$$

而 $C_M \Phi_e = 9.55 C_e \Phi_e = 9.55 \times 0.84 = 8.02$

这样额定电流时的电磁转矩为:

$$M = C_M \Phi_e I_a = 8.02 \times 250 = 2005 \text{ 牛} \cdot \text{米}$$

- (3) 当 $I_a = 0$ 时的电机转速为空载转速:

$$n_0 = \frac{U_e}{C_e \Phi} = \frac{440}{0.84} = 524 \text{ 转/分}$$

- (4) 假定 $M = M_e$ 不变, 则 $I_a = 250$ 安亦不变, 当电枢中串入 0.1 欧的电阻时, 其稳定转速为:

$$\begin{aligned} n &= \frac{U_e - I_a (R_a + R_\Omega)}{C_e \Phi_e} = \frac{440 - 250(0.078 + 0.1)}{0.84} \\ &= 470.8 \text{ 转/分} \end{aligned}$$

1-25 一台 Z_2-61 并励直流电动机的额定数据如下: $P_e = 17$ 千瓦, $U_e = 220$ 伏, $n_e = 3000$ 转/分, $I_e = 88.9$ 安, 电枢回路总电阻 $R_a = 0.114$ 欧, 励磁回路电阻 $R_f = 181.5$ 欧, 忽略电枢反