

文章编号: 1005-366X(2001)01-0056-03

特种电动机高压阀门准确制动的仿真计算

杨 华¹, 马 先¹, 刘 媛²

(1. 东北大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2. 本溪冶金高等专科学校, 辽宁 本溪 117000)

摘 要: 对于特种异步电动机拖动的高压阀门, 切断电动机交流供电电源后, 在电机的定子绕组中通入适当的直流电流, 产生直流磁场, 使电机进行能耗制动, 让阀心和电机转子的能量, 包括动能消耗在转子的绕组中, 达到准确停车的目的。介绍了这一过程的计算机仿真计算。

关 键 词: 高压阀门; 惯量; 动能; 能耗制动; 计算机仿真

中图分类号: TM921.5 文献标识码: B

1 引 言

电力拖动系统的转动部分, 因为有惯量和速度, 所以在运动中储存一定的动能, 当发出停车命令后, 拖动系统在摩擦力作用下, 在减速过程中除了消耗少量动能使转速下降外, 执行机构还要继续向前行走一段惯性滑程, 然后才会停止。为了减少惯性滑程, 除了系统的摩擦转矩外, 还要加上适当的制动转矩, 才能将惯性滑程限制在允许的范围内实现准确停车。

2 能耗制动的原理

异步电动机在进行能耗制动时, 首先断开开关 K1, 使电动机脱离交流电源, 然后合上开关 K2, 给定子绕组送入直流励磁电流, 如图 1 所示。

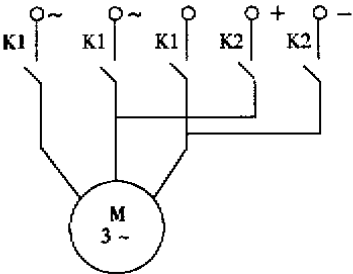


图 1 能耗制动的原理

由于我们采用的高压阀门拖动电动机是特种双笼电机, 由于转子转速的升高, 转子电流的频率 f_2 是变化的, 因此趋肤效应就要考虑, 计算时必须加以适当补偿。

需加以适当补偿。

如图 2 中曲线 1 是正常情况下的能耗制动机械特性曲线, 曲线 2 是增加直流励磁电流的能耗制动曲线, 而曲线 3 则是增加电动机转子电阻时的能耗制动机械特性曲线。笼型电机虽然不能人为地在转子回路中串入电阻, 但随转子绕组温度变化和趋肤效应的作用都会使电动机转子电阻增加, 产生曲线 3 的效果。

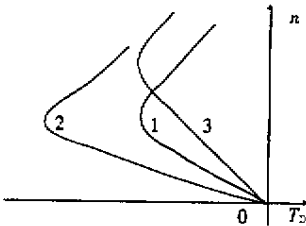


图 2 能耗制动曲线

3 电力拖动系统准确停车的基本原理

生产机械一般都有准确停车的要求, 其核心就是要求停车位置不超过允许的误差范围。由于拖动系统具有一定的机械惯性, 实现上述的准确停车是困难的。

理想状态下停车过程的基本关系如图 3 所示, 这是一种比较典型的速度和行程图。

在速度 C 点上, 以初始速度 V_C 和减速度 b 开始制动, 当制动到速度为零的 D 点时, 其行程为 S 。

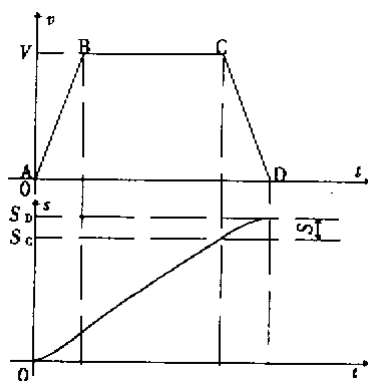


图 3 理想状态下停车过程图

$$S = v^2/2b \quad (1)$$

如果能预先计算出停车点行程 S 以及系统的初始速度 V , 并加适当的制动转矩以产生所需的减速度 b , 就可以使系统走完 S 行程后准确地停在预定的位置上。

但在实际工作中, 由于各种条件的变化, 制动过程会产生偏离准确停车的误差。例如减速点的起始速度 V 会发生波动或者测量误差产生 Δv ; 制动过程中减速度 b 也可能因为转矩的波动产生 Δb , 因而使制动行程 S 产生误差 ΔS 。

由于受到电动机最大允许转矩 T_{\max} 以及拖动系统机械强度的限制, 减速度 b 不能太大。停车的行程误差与 v^2 有关, 因此降低 V , 也可以减小最终的误差。从拖动系统储存的动能大小来看, 速度 V 高, 系统储存的动能也大, 另外高压阀门拖动电动机的转子半径较大, 惯性也较大, 使得储存的动能也大, 误差也相应增加。所以降低开始制动的速度 V , 减少系统储存的动能, 使滑程减少, 也可提高停车的准确度, 因此我们采用了多级降速停车的方法。

两级降速停车的情况如图 4 所示。阀门以较高的速度 V_A 开闭, 而在需要停车时, 首先进行第一级能耗制动, 将工作速度降低到速度 V_C , 使阀门的位置接近停车点, 再进行第二级能耗制动, 以达到准确停车的目的。

当然为了更加提高停车精度, 还可以采用三级降速准确停车的方案。我们的阀门系统采用两级降速停车即能满足要求。

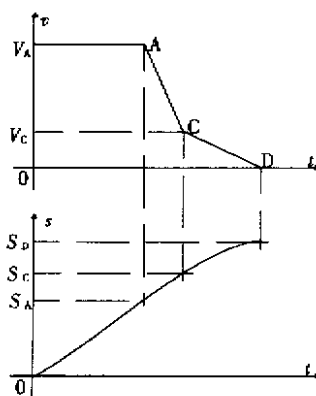


图 4 两级降速停车过程图

4 计算机仿真计算

由于异步电动机磁化曲线的非线性, 在能耗制动过程中磁路的饱和程度将发生变化, 因而励磁电抗也随之改变, 这将对电动机能耗制动产生的最大转矩有较大的影响, 为了确定实现准确停车所需的电动机制动转矩, 必须考虑磁路饱和的影响。为减少计算工作量, 我们采用了计算机仿真技术, 它使计算工作变得十分简单、方便。

系统仿真公式是根据被研究的真实系统的数学模型建立起仿真模型, 然后依据仿真模型在计算机上计算、分析、研究, 获得真实系统的定量关系。

1) 仿真公式

$$I_{\mu}^* = I_{\mu}/I_{10} \quad (2)$$

式中, I_{10} 为空载电流; I_{μ} 为励磁电流。

$$\Phi^* = E_1/E_{10} \quad (3)$$

式中, E_{10} 为额定电压空载时的定子相电势;

$$x_m = E_1/I_{\mu} \quad \gamma = n/n_1 \quad (4)$$

式中, $n_1 = 60f_1/p$, 为同步转速。

$$I_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d \quad (5)$$

$$R_S^2 = \frac{(x_m + x'_{\sigma_2})^2 - \left(\frac{I_1}{I_{\mu}}\right)^2 x'_{\sigma_2}}{\left(\frac{I_1}{I_{\mu}}\right)^2 - 1} = \frac{r'_{\sigma_2}}{\gamma} \quad (6)$$

$$I'_2 = \frac{I_1 x_m}{\sqrt{R_S^2 + (x_m + x'_{\sigma_2})^2}} \quad (7)$$

$$T_D = P m_1 I_2'^2 R_S / (2\pi f_1) \quad (8)$$

$$T_D - T_L = G D^2 / 375 \cdot dn/dt \quad (9)$$

$$t_{\Sigma} = \int dt = G D^2 / 375 \int 1/(T_D - T_L) dn \quad (10)$$

2) 仿真参数 有关参数是根据阀门拖动电

动机铭牌参数、试验参数和设计参数得出的。 $P_N = 2.22 \text{ kW}$; $U_N = 380/220 \text{ V}$; $j = 41.8$; $I_N = 10.6 \text{ A}$; $n_N = 1\,380 \text{ r/min}$; $GD^2 = 0.94 \text{ Nm}^2$; $S = 24 \text{ cm}$; $\Delta S < 3 \text{ mm}$; $I_{10} = 9.5 \text{ A}$ (380 V) ; $I_{10} = 5.36 \text{ A}$ (220 V) ; $K_e = 328.86$; $K_i = 38$; $Z_1 = 36 \text{ 槽}$; $Z_2 = 26 \text{ 槽}$; $W_1 = 174 \text{ (匝)}$; $K_{W_1} = 0.945$; $m_1 = 3$; $m_2 = 26$; $r_1 = 15 \text{ }\Omega$ (200°C) ; $X_{\sigma_1} = 1.731\,7 \text{ }\Omega$; $\gamma'_2 = 2.6 \text{ }\Omega$ (200°C) ; $\gamma_{m0} = 6.00 \text{ }\Omega$; $X_{m0} = 22 \text{ }\Omega$; $T_N = 9550 \times P_N/n_N = 9550 \times 2.2/1380 = 15.22 \text{ Nm}$; $= 0.97 \text{ Nm}$; $I_d = 3.2 \text{ A}$; $U_d = 7.7 \text{ V}$ 。

3)量化的异步机的磁化曲线(略) 有关磁化曲线参数由哈尔滨电机厂提供 ;另外从仿真计算结论可看出励磁电流和转差率的变化有关。

通过计算机仿真计算可以得到高压阀门拖动电动机能耗制动的机械特性。转子绕组温度为 200°C 时计算结果见表 1。

表 1 仿真结果

J	I_{WS} /A	x_m / Ω	I'_2 /A	T_D /Nm	n_s (r/min)
1	.175	27.748 58	11.264 24	7.853 566	1361.388
2	.2	27.446 97	11.216 92	9.413 261	1098.948
3	.3	26.743 2	11.029 43	14.964 45	652.928 5
4	.4	27.446 97	10.890 9	20.939 36	436.655 9
5	.5	26.602 44	10.578 19	24.962 22	338.563 1
6	.6	25.898 67	10.212 82	28.359 34	275.165 8
7	.7	25.335 66	9.789 786	31.167	228.654 2
8	.8	23.752 18	9.213 324	31.504 43	199.442 8
9	.9	22.286	8.558 26	30.948 08	174.683 8
10	1	21.113 05	7.826 733	29.839 14	151.159 2
11	1.1	19.961 43	6.974 242	27.688 01	129.049 6
12	1.2	18.825 8	5.958 941	24.366 29	106.820 9
13	1.3	17.864 89	4.701 597	19.783 71	81.721 53
14	1.4	16.890 44	2.892 055	12.401 88	49.203 85

$t_{\Sigma}(s) = 1.764$

其中 I_{WS} 为电机的励磁电流变化量 ; x_m 为电机的励磁电抗 ; I'_2 为电机转子电流折算值 ; T_D 为电动机能耗制动的电磁转矩 ; n_s 为电机转子转速 ; t_{Σ} 为能耗制动时间($n < 0.02n_1$)。

下面给出转子绕组温度为 200°C 时能耗制动

机械特性曲线如图 5 所示。

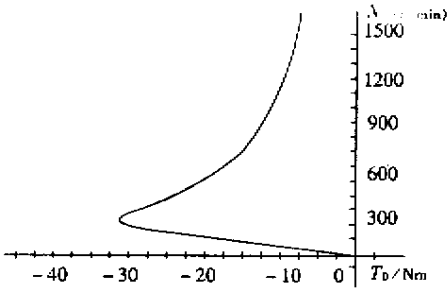


图 5 高压阀门两级能耗制动曲线

5 结 语

高压阀门在停车时采用两级能耗制动可以获得理想的结果 :

1)能耗制动转矩的最大值 $T_{Dmax} \leq 2.5 T_{DN} < T_{Dst}$ 不会损坏机械零件。 T_{Dst} 为允许的启动转矩 , 因高压阀门拖动电动机是个特种电动机 , 故有上述结论。

2)能耗制动时间的最大值 $t_{max} < 2 \text{ s}$; 制动滑程不超过 2.4 mm 。

3)制动时转子电流的最大值 $I'_{2max} < 1.2 I'_{2N}$ 且 $t_{max} < 2 \text{ s}$; 不会引起过大的发热和产生过大的电磁力 , 不会引起温升和损坏转子。

参考文献 :

[1] 刘宗富 , 等 . 电机学 [M] . 北京 : 冶金工业出版社 , 1985 .
[2] 任兴权 , 等 . 电力拖动基础 [M] . 北京 : 冶金工业出版社 , 1980 .
[3] 任兴权 . 控制系统计算机仿真与辅助设计 [M] . 沈阳 : 东北大学出版社 , 1986 .
[4] 胡寿松 . 自动控制原理 [M] . 北京 : 国防工业出版社 , 1982 .

Accurate Control of Special Electromotor High Press Valve

YANG Hua¹ , MA Xian¹ , LIU Yuan²

(1 . School of Information Science & Engineering , Northeastern University , Shenyang 110004 , China ;
2 . Benxi Senior Metallurgy Technological School , Liaoning Benxi 117000 , China)

Abstract : When AC power is cut off , DC power exerting on coil of stator forms DC magnetomotive force , motor can apply break in energy consumption . Thus the valve can accurately stop . And the computer simulation is introduced .
Key words : high press valve ; inertial kinetic energy ; break in energy consumption ; computer simulation