

工業企業电工手冊

第六分冊

用 电 設 备

苏联 A. A. 費道洛夫 П. B. 庫茲涅佐夫編

水利电力出版社

目 录

第 25 章 电力拖动和电力拖动的控制	4
A. 电动机的选择	4
25-1. 电动机功率的选择(4) 25-2. 计算电动机机械特性所用公式(7) 25-3. 电动机的典型特性(8) 25-4. 起动和制动电阻的计算(10) 25-5. 鼠笼式异步电动机和同步电动机起动电流的限制(16) 25-6. 旋转物体的转动惯量和飞轮惯量(17)	
B. 电机的技术特性	18
25-7. 统一系列的三相异步电动机(18) 25-8. 鼠笼式转子统一系列的异步电动机的技术数据(20) 25-9. 统一系列异步电动机的变型(23) 25-10. A系列电动机的外形尺寸(25) 25-11. ПН系列直流电动机的技术数据(26) 25-12. ПН系列电机的尺寸(31) 25-13. 起重电动机的技术数据(32) 25-14. 起重电动机的尺寸(34) 25-15. 各种系列电动机的简要特性(36) 25-16. 电机放大机(39) 25-17. 自整角机(40)	
B. 起动调节电器	41
25-18. 盒形开关和转换开关(41) 25-19. 万能转换开关(42) 25-20. 交流接触器(43) 25-21. 直流接触器(43) 25-22. 交流磁力起动器(44) 25-23. 直流磁力起动器(45) 25-24. 磁力空气换向器(45) 25-25. 控制继电器(45) 25-26. 终断开关(46) 25-27. 控制按钮(47) 25-28. 凸轮主令电器(48) 25-29. 控制器(48) 25-30. 电阻器(48) 25-31. 起动和起动调节变阻器(50) 25-32. 防爆式起动调节电器(51) 25-33. 接线板(51) 25-34. 起重机电器(52) 25-35. 平滑调节电压用的自耦变压器(53)	
Г. 典型的电力拖动控制接线	55
25-36. 一般概念(55) 25-37. 接线的应用范围和特性(56)	
第 26 章 电机的安装与运行	64
A. 电机的安装	64
26-1. 电机安装的通则(64) 26-2. 皮带轮、联轴器、轴头、键(69) 26-3. 滑轨、底脚螺丝、底盘下垫片、锥形销(74) 26-4. 滚动轴承及轴承的润滑(77) 26-5. 滑动轴承及轴承的润滑(80) 26-6. 轴承支座的绝缘(85) 26-7. 轴的校准、电机的振动(86) 26-8. 空气间隙(87) 26-9. 电刷(88)	
B. 电机绝缘的干燥	91
26-10. 一般指示(91) 26-11. 干燥(93) 26-12. 干燥的主要参数(94) 26-13. 干燥方法(97)	
B. 电机的试验与检查	104
26-14. 电机验收-移交试验范围及标准(105) 26-15. 线卷欧姆电阻(106) 26-16. 线卷绝缘的电气强度(107) 26-17. 直流电机的整流作用(108) 26-18. 三相电机线卷的引出线(110) 26-19. 轴承绝缘的检验(110)	

Г. 电机的运行.....	111
26-20. 电机的發热(111) 26-21. 轴承的潤滑(113) 26-22. 整流子(114) 26-23. 空气的相对湿度(116) 26-24. 电机的毛病(117)	
Д. 电机的修理	118
26-25. 电动机检查与計划性預先檢修的时期(118) 26-26. 經過修理的电机絕緣电气强度的試驗(119) 26-27. 滑动轴承用巴氏合金(119) 26-28. 滚动轴承(121) 26-29. 浸漬和塗刷用清漆(122) 26-30. 繞綫卷用導綫(124) 26-31. 防锈油(127)	
第 27 章 电爐裝置	127
A. 电爐的技术特性、結構数据与应用范围	127
27-1. 总論(127) 27-2. 电爐裝置的选择与自动化的主要指示(129) 27-3. 电爐的技术特性(132) 27-4. 电爐輔助裝置的技术数据(151) 27-5. 用于电爐裝置的材料特性(157)	
B. 电爐裝置的安裝規程及其安裝	162
27-6. 安裝电爐裝置的主要指示(162) 27-7. 电爐用戶(164) 27-8. 电爐裝置的安裝(164)	
B. 电爐裝置的运用	165
27-9. 电阻电爐的合理运用及提高其工作效果問題(165) 27-10. 电阻电爐的修理与改裝(169) 27-11. 电弧电爐的合理工作狀況(175)	
第 28 章 电鋸裝置	177
A. 电鋸設備的用途和特性	177
28-1. 用途及应用范围(177) 28-2. 直流电弧鋸接机組(179) 28-3. 交流电弧鋸接設備(181) 28-4. 鋸剂層下自动电鋸的設備(182) 28-5. 使用保护性气体的电弧鋸接設備(185) 28-6. 对鋸机(186) 28-7. 点鋸机(186) 28-8. 鏈鋸机(190)	
B. 电弧鋸接工艺的基本概念	193
28-9. 鋼电弧鋸接用的鋸条(193) 28-10. 鋼的手工电弧鋸接規范(196) 28-11. 鑄鉄的电鋸(197) 28-12. 有色金屬的鋸接(199) 28-13. 自动电弧鋸(200) 28-14. 原子氬鋸接(202) 28-15. 电弧切割(204) 28-16. 手工电弧鋸工作地点的設備(205)	
B. 电鋸設備的安裝和运用	205
28-17. 鋸接过程的經濟特性(205) 28-18. 关于安裝电鋸設備的指示(207) 28-19. 电鋸裝置的运行(208)	
第 29 章 电气照明	214
A. 电灯和照明器的特性	214
29-1. 白热灯(214) 29-2. 鏡型灯泡(215) 29-3. 荧光灯(215) 29-4. 照明器(217) 29-5. 集射器(220)	
B. 对照明裝置的要求	220
29-6. 照度标准(220) 29-7. 对眩目效应的防止(224) 29-8. 照明系統(226) 29-9. 照明方式(227) 29-10. 安全条件所容許的最高电压(228)	

B. 照明裝置的設計	229
29-11. 選擇熒光灯型式(229) 29-12. 選擇照明器型式(229) 29-13. 選擇供金屬加工 机床局部照明用的支架的型式(231) 29-14. 房屋內照明器的佈置(233) 29-15. 室外 空間照明時的照明器佈置(238) 29-16. 照明計算的一般指示(239) 29-17. 定額 法(240) 29-18. 比裝置功率法(241) 29-19. 利用係數法(248) 29-20. 準備法(254) 29-21. 集射器照明的計算(258) 29-22. 計算負荷的決定(259) 29-23. 照明網絡導 線的計算(260) 29-24. 接零導線的計算(266)	
Г. 照明網絡的裝設	267
29-25. 配電盤及其佈置(267) 29-26. 佈線方式的選擇(268) 29-27. 有助於安裝工作 工業化的材料(269) 29-28. 局部照明的裝設(270) 29-29. 接地和接零的裝法(272)	
Д. 照明裝置運行時的主要指示	273
29-30. 用電設備投入運行(273) 29-31. 運行時的一般指示(274) 29-32. 照明裝置 各別部分運行時的指示(274) 29-33. 計劃性檢查和修理的期限(276) 29-34. 照明裝 置中元件的清潔工作的期限(276)	

附：“工業企業電工手冊”各分冊目錄

第一分冊	一般知識
第二分冊	工業企業供電的一般問題
第三分冊	電壓高於1000伏的配電裝置
第四分冊	電壓在1000伏以下的電氣設備的安裝
第五分冊	工業企業電力網
第六分冊	用電設備
第七分冊	直流電源
第八分冊	動力設備、燃料、輔助機械和輔助材料
第九分冊	工業企業通訊
第十分冊	防火技術和安全技術

第 25 章 电力拖动和电力拖动的控制

A. 电动机的选择

25-1. 电动机功率的选择

a). 基本的计算公式

計 算 的 量	公 式	符 号
1. 功 率	$P = \frac{M \cdot n}{975}$ $P = \frac{Fv}{102}$	P ——电动机的功率, 瓩 A ——运动物体的动能, 瓦·秒 M ——电动机的轉矩, 公斤·公尺 M_1 ——机械軸上的轉矩, 公斤·公尺
2. 运动物体的动能	$A = 9.81 \frac{J\omega^2}{2}$ $A = 9.81 \frac{mv^2}{2}$	F ——作用在物体上的力, 公斤 n ——电动机軸的轉速, 轉/分
3. 折算到电动机軸上的靜态轉矩	$M = M_1 \frac{n_1}{n} \frac{1}{\eta}$ $M = F \frac{v}{\omega} \frac{1}{\eta}$ $\omega = \frac{\pi n}{30}$	n_1 ——机械軸的轉速, 轉/分 ω ——旋轉的角速度, 1/秒 v ——物体运动的速度, 公尺/秒
4. 折算到电动机軸上的轉动慣量	$J = J_1 \left(\frac{n_1}{n} \right)^2$ $J = m \left(\frac{v}{\omega} \right)^2$	J_1 ——机械軸上的轉动慣量, 公斤·公尺·秒 ² GD^2 ——飞輪慣量, 公斤·公尺 ²
5. 在恒值的运动轉矩和靜态轉矩下, 电动机起动时间(-)及制动时间(+)	$t = \frac{J\omega}{M \mp M_{cm}} =$ $= \frac{GD^2}{375} \frac{n}{M \mp M_{cm}}$ $J = \frac{GD^2}{4g}$	m ——物体的質量, 公斤·秒 ² /公尺 g ——重力加速度, 公尺/秒 ² η ——机械的效率 t ——時間, 秒
6. 以百分值表示的主要計算量	$P\% = \frac{P}{P_n} 100\%$ $U\% = \frac{U}{U_n} 100\%$ $E\% = \frac{E}{U_n} 100\%$	U ——电压, 伏 E ——电动势, 伏 I ——电流, 安

續表

計 算 的 量	公 式	符 号
	$M\% = \frac{M}{M_H} 100\%$	Φ ——磁通, 馬
	$\Phi\% = \frac{\Phi}{\Phi_H} 100\%$	r ——电阻, 欧
	$r\% = \frac{r}{R_H} 100\%$	$P_H, U_H, M_H, I_H, \Phi_H$ ——功率, 电压, 轉矩, 电流和磁通的額定值
对直流电动机来說	$R_H = \frac{U_H}{I_H}$	n_0 ——电动机的理想空載轉速, 轉/分
	$n\% = \frac{n}{n_0} 100\%$	R_H ——电动机的額定电阻, 欧
異步电动机	$R_H \approx \frac{U_{2H}}{\sqrt{3} I_{2H}}$	U_{2H} ——电动机轉子滑环上的电压, 伏
	$s\% = \frac{n_c - n}{n_c} 100\%$	I_{2H} ——轉子的額定电流, 安
		$s\%$ ——轉差率, %
		n_c ——电动机的同步轉速, 轉/分

6) 一般工業机械所用电动机功率的选择

电 动 机 用 途	公 式	符 号
水泵用电动机	$P = \frac{\gamma Q (H + \Delta H) \cdot 10^8}{102 \eta \eta_n}$	P ——电动机的功率, 瓩 Q ——机械(水泵、通風机等)的生产率, 公尺 ³ /秒 H ——压力头, 等于吸入和压出高度之和, 公尺 ΔH ——总管内的压力落差, 公尺 γ ——被啣送液体的比重, 公斤/公尺 ³ η ——机械(水泵、通風机等)的效率 η_n ——傳动效率
通風机(引風机)用电动机, 压縮机用电动机	$P = \frac{QH'_c}{102 \eta \eta_n}$ $P = \frac{Q}{102 \eta \eta_n} \times \frac{A_u + A_a}{2}$ $P = \frac{2QA'_a}{102 \eta \eta_n}$	H_c ——总压力, 公厘水柱 A_u ——將 1 公尺 ³ 的空气压縮到压力为 $p_1 = p + 1$ 的等温功, 公斤·公尺 A_a ——將 1 公尺 ³ 的空气压縮到压力为 $p_1 = p + 1$ 的絕热功, 公斤·公尺 A'_a ——在压縮机內將 1 公尺 ³ 的空气压縮到中間压力 $p' = \sqrt{p+1}$ 的絕热功, 公斤·公尺 p ——最后的剩余压力, 大气压

續表

电动机用途		公 式					符 号			
p_1 大气压	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
A_u 公斤·公尺	4 050	6 900	11 000	13 900	16 100	17 900	19 500	20 800	22 000	23 000
A_a 公斤·公尺	4 300	7 700	12 900	17 100	20 500	23 500	26 100	28 600	30 700	32 700
起重机用电动机:										
1) 起升机构的电动机		$P = \frac{(G_H + G_0)v}{102\eta}$					G_H ——額定起重重量, 公斤 G_0 ——起升重物所用設備的重量, 公斤 v ——重物的起升速度, 公尺/秒			
2) 水平运移机构的电动机		$P = \frac{k(G_H + G_1)(\mu r + f)v_1}{R 102\eta}$					G_1 ——機構自重, 公斤 v_1 ——機構运移的速度, 公尺/秒 R ——車輪半徑, 公分 r ——軸頸半徑, 公分 μ ——滑动摩擦系数 f ——滚动摩擦系数, 公分 k ——考虑到軌道与輪緣間摩擦的系数			
运输机用电动机		$P = \frac{Q_m H}{567.2} \sqrt{Q_m} [0.029(1.3 + x) + 0.0058 \sqrt{Q_m} (0.07L + 0.03L_1)]$					Q_m ——运输机或升降机的生产率, 吨/小时 H ——起升总高度, 公尺 x ——导向鼓輪数(非拖动用) L ——运输机的端鼓輪間的長度, 公尺 L_1 ——材料移动行程的長度, 公尺			
翻斗提升机用电动机 (斗式提升机)		$P = \frac{Q_m H}{567.2\eta\eta_n}$								

B) 按等效值选择和校验电动机功率

按下列公式所算出的等效值必須等于或稍小于电动机相应的名牌額定值。

公 式	符 号
長期运行状态 $Q_c = \frac{Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + \dots + Q_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$ $I_s = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$ 当 $\Phi = \text{恒值}$ 时, $M_s = I_s$, 于是 $M_s = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$ 当 $\omega = \text{恒值}$ 时, $P_s = M_s$, 于是	Q_c——电动机内的平均損耗, 瓩 I_s, M_s, P_s——电动机内等效电流, 轉矩和功率——其單位分别为安, 公斤·公尺, 瓩 $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$——电动机内的損耗, 瓩 $I_1, I_2, \dots, I_n$——电流, 安

續表

公 式	符 号
$P_s = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$	$M_1, M_2 \dots M_n$ ——轉矩, 公斤·公尺 $P_1, P_2 \dots P_n$ ——工作圖上各段的功率, 瓩 $t_1, t_2 \dots t_n$ ——电动机在工作圖(分別按損耗, 电流, 轉矩和功率而表示)上各段的运行時間, 秒
重复短期运行状态 当 $10\% < \eta B\% < 60\%$ 时, 从一个合閘連續系数折算到另一个合閘連續系数 $P_1 = P_2 \sqrt{\frac{\eta B_2}{\eta B_1}}$ 准确公式为: $P_1 = P_2 \sqrt{\frac{\alpha (\frac{\eta B_2}{\eta B_1} - 1) + \eta B_2}{\eta B_1}}$ 式中 α——在額定負載时电动机內的恒值損耗与变值損耗之比	$\eta B_1, \eta B_2, P_1, P_2$ ——电动机的合閘連續系数和与它对应的功率 制造起重电动机的标准 ηB 值: 15%, 25%, 40% $\eta B\% = \frac{t_p}{t_p + t_0} \cdot 100\%$ t_p ——电动机的工作時間, 秒 t_0 ——停止時間, 秒

25-2. 計算电动机机械特性所用公式

电动机名称	公 式	符 号
異步电动机	$M = M_K \frac{2}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}}$ (簡化公式) $s_K = s_N \left(m_N + \sqrt{m_N^2 - 1} \right)$ $m_N = \frac{M_K}{M_N}$	M ——电动机的轉矩, 公斤·公尺 M_K ——电动机的临界轉矩, 公斤·公尺 s_K ——临界轉差率 s ——轉差率
同步电动机	$n_c = \frac{60f}{p}$ $M = \frac{0.975}{n_c} \frac{EU \sin \theta}{x_c}$	n_c ——电动机的同步轉速, 轉/分 f ——电網頻率, 赫 p ——極对数 E ——电动机的电动势, 伏 x_c ——同步电抗, 欧 θ ——电动机的电动势和电压間的相差角
直流他激电动机	$n = n_0 - I \frac{E}{c_e}$	c_e ——系数

电动机名称	公 式	符 号
直流串激电动机	$n_0 = \frac{U}{c_e}$ $c_e = \frac{pN}{60a} \Phi_H 10^{-8} =$ $= \frac{U_H - I_H r_\theta}{n_H} = \frac{E_H}{n_H}$ $R = r_\theta + R_\theta$	n ——电动机轉速, 轉/分 n_H ——电动机的額定轉速, 轉/分 n_0 ——理想空載轉速, 轉/分 U_H ——電網的額定电压, 伏 I ——電樞电流, 安 I_H ——電樞的額定电流, 安 R_θ ——電樞电路內的附加电阻, 欧 r_θ ——電樞的內电阻, 欧 E_H ——电动机的額定电动势, 伏 p ——电机的極对数 N ——電樞綫卷的有效导体数 Φ_H ——电动机的磁通, 馬
	$n_u = n_e \left(1 - \frac{I R_\theta}{U_H - I r_\theta} \right)$ 計算时自然特性可从产品目录中取得	n_e ——在自然特性上电动机的轉速, 轉/分 n_u ——在变阻器特性上电动机的轉速, 轉/分

25-3. 电动机的典型特性

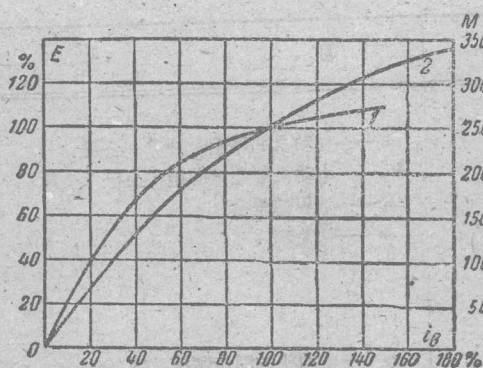


圖 25-1 空載通用特性曲綫

1—直流电机; 2—同步电机。

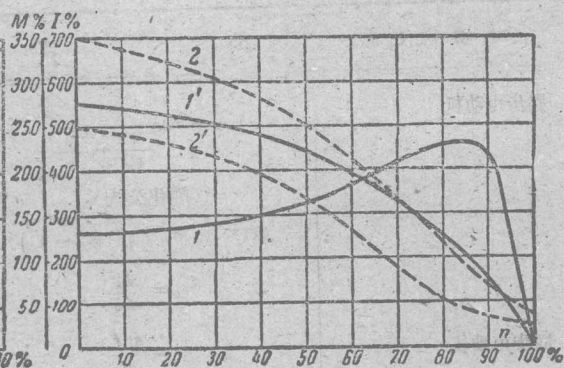


圖 25-2 鼠籠式异步电动机的特性曲綫

1—軸上轉矩; 2—电动机定子电流; 曲綫 1 和 2 属于正常轉差率的电动机, 1' 和 2' 相当于高轉差率的电动机。

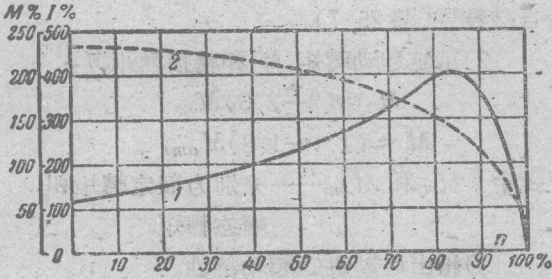


圖 25-3 轉子電路內的附加電阻等於零時，
繞線式異步電動機的特性曲線
1—軸上轉矩；2—電動機定子電流。

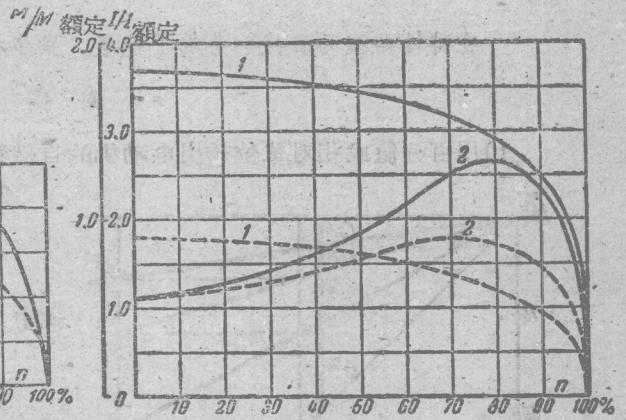


圖 25-4 同步電動機在同樣電網電壓下經電抗
器(實線)和自耦變壓器(虛線)起動時的起動特性曲線
1—線電流；2—軸上轉矩。

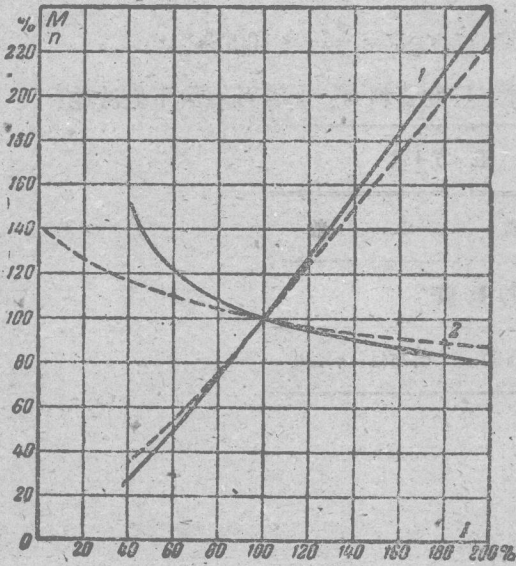


圖 25-5 串激(實線)和復激(虛線)起重電動
機的通用特性曲線
1—轉矩；2—轉速。

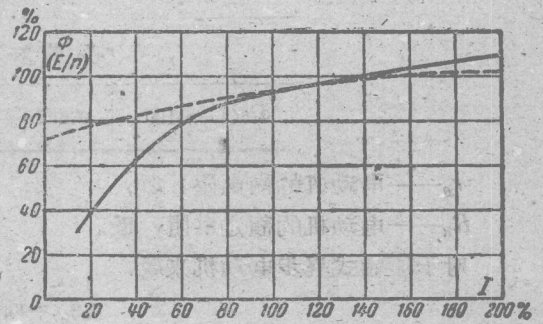


圖 25-6 串激(實線)和復激(虛線)起重電動機的
 $\left(\frac{E}{n}\right)\% = f(I\%)$ 的特性曲線

25-4. 启动和制动电阻的计算

在特性曲线为直线的条件下他激、异步和串激电动机启动电阻的计算

a) 图解法

1) 用百分值或相对单位画出电动机的自然特性(图 25-7)。

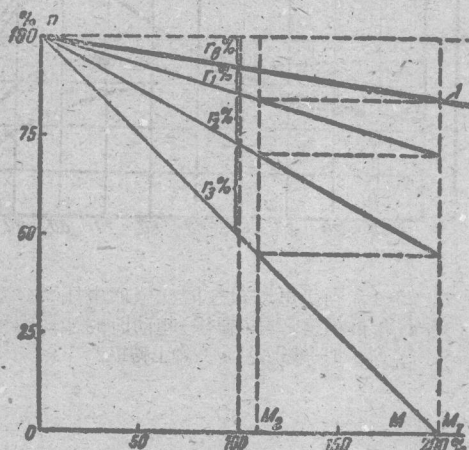


图 25-7 具有直线特性的电动机启动电阻计算的图解法
1—自然特性。

式中 $r_e\%$ ——电动机的内电阻, %; 当没有工厂的资料时, $r_e\%$ 可以由下表决定:

电动机的激磁方式		
他 激	复 激	串 激
$r_e\%$ 的大约数值		
$0.5(1-\eta)100$	$0.6(1-\eta)100$	$0.75(1-\eta)100$

r_e ——电动机的内电阻, 欧;

R_N ——电动机的额定电阻, 欧。

对于绕线式异步电动机来说,

$$r_e\% = s_N\%,$$

式中 r_e ——转子每相的电阻。

6) 解析法

1) 给定启动级数 m , 决定启动转矩的倍数。

2) 给定启动转矩 M_1 和转换转矩 M_2 :

$$M_1 \approx (2-2.5)M_N,$$

$$M_2 \approx (1.1-1.2)M_{cm},$$

式中 M_N 和 M_{cm} ——分别为额定转矩和静态转矩。

3) 画出电动机的启动特性。

4) 当 $M = M_N$ 时, 求出各级启动电阻:

$$r_1 = r_1\% \frac{R_N}{100} [\text{欧}];$$

$$r_2 = r_2\% \frac{R_N}{100} [\text{欧}];$$

$$r_3 = r_3\% \frac{R_N}{100} [\text{欧}];$$

$$r_e\% = \frac{r_e}{R_N} \times 100 [\%].$$

在正常起动的情况下(已給出轉換轉矩 M_2),

$$\lambda = \sqrt[m+1]{\frac{10^4}{r_e \% M_2 \%}},$$

式中 $\lambda = \frac{M_1}{M_2}$ —— 起動轉矩的倍数。

在强迫起动的情况下(已給出起動时的最大轉矩 M_1),

$$\lambda = \sqrt[m]{\frac{10^4}{r_e \% M_1 \%}}.$$

2) 決定起動級数:

$$m = \frac{\lg \frac{10^4}{r_e \% M_1 \%}}{\lg \lambda}.$$

3) 各級起動电阻值可由下列关系式求得:

$$r_1 = r_e (\lambda - 1);$$

$$r_2 = r_1 \lambda;$$

$$r_3 = r_2 \lambda;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$r_n = r_{(n-1)} \lambda.$$

一級反接制動时外加电阻的計算

$$R_{np} \% = \frac{200 - s_{cm} \%}{M_1 \%} 100 - s_n \% [\%],$$

式中 $s_{cm} \%$ —— 与电动状态的静态轉矩相对应的轉差率。对于直流他激电动机來說

$$s_{cm} \% = \Delta n_{cm} \% = \frac{n_0 - n_{cm}}{n_0} 100 [\%],$$

$M_1 \%$ —— 制動时的最大轉矩, %。

他激电动机用一級能耗制動时外加电阻的計算

$$R_{d.m.} \% = \frac{100 - \Delta n_{cm} \%}{M_1 \%} 100 - r_e \% [\%].$$

例 1. ПОН-85型直流他激电动机

$P_n = 9$ 瓩, $n_n = 1500$ 轉/分, $U_n = 220$ 伏, $I_n = 48$ 安。

a) 电动机的自然特性:

$$\eta_n = \frac{P_n \times 1000}{U_n I_n} = \frac{9000}{220 \times 48} = 0.855;$$

$$r_e \% \approx 0.5 (1 - \eta_n) 100 = 0.5 (1 - 0.855) 100 = 7.25 \%;$$

$$R_N = \frac{U_N}{I_N} = \frac{220}{48} = 4.58 \text{ 欧};$$

$$r_e = R_N \times \frac{r_e\%}{100} = 4.58 \times 0.0725 = 0.332 \text{ 欧};$$

$$c_e = \frac{U_N - I_N r_e}{n_N} = \frac{220 - 48 \times 0.332}{1500} = 0.136 \text{ 伏/轉/分};$$

$$n = \frac{U_N}{c_e} - I \frac{r_e}{c_e} = \frac{220}{0.136} - I \frac{0.332}{0.136} = 1618 - 3.45I.$$

6) 起动电阻的计算 (图解法)。

已知:

$$M_{cm} = M_N; \quad M_1 = 2M_N; \quad M_2 = 1.1M_N.$$

先按下列两点用百分值作出自然特性:

$$n_0\% = 100\%;$$

$$n_N\% = \frac{n_N}{n_0} 100 = \frac{1500}{1618} \times 100 = 92.7\%.$$

作图情形见图25-7。

变阻器的每级电阻为:

$$r_1 = \frac{r_1\%}{100} R_N = 0.067 \times 4.58 = 0.31 \text{ 欧};$$

$$r_2 = \frac{r_2\%}{100} R_N = 0.13 \times 4.58 = 0.6 \text{ 欧};$$

$$r_3 = \frac{r_3\%}{100} R_N = 0.22 \times 4.58 = 1.01 \text{ 欧};$$

Б) 电动机用一级能耗制动时外加电阻的计算。

已知:

$$M_1 = 2M_N; \quad M_{cm} = M_N;$$

$$R_{\partial.m.\%} = \frac{100 - \Delta n_{cm}\%}{M_1\%} 100 - r_e\% = \frac{100 - 7.25}{200} 100 - 7.25 = 39.1\%;$$

$$R_{\partial.m.} = \frac{R_{\partial.m.\%}}{100} R_N = 0.391 \times 4.58 = 1.79 \text{ 欧}.$$

例 2. MT-31-6 型绕线式异步电动机:

$P_N = 11$ 瓩; $n_N = 955$ 轉/分; $U_N = 220/380$ 伏; $m_N = 31$; $U_{2N} = 200$ 伏; $I_{2N} = 35.6$ 安。

a) 电动机的自然特性: ①

$$M_N = 975 \frac{P_N}{n_N} = 975 \frac{11}{955} = 11.2 \text{ 公斤} \cdot \text{公尺};$$

$$s_N = s_N (m_N + \sqrt{m_N^2 - 1}) = 0.045 (3.1 + \sqrt{3.1^2 - 1}) = 0.267;$$

① 为简化计算起见, 我们认为电磁转矩就等于电动机轴上的转矩。

$$M_N = m_M M_n = 3.1 \times 11.2 = 34.8 \text{ 公斤} \cdot \text{公尺};$$

$$M = M_N \frac{2}{\frac{s}{s_N} + \frac{s_N}{s}} = \frac{69.6}{\frac{s}{0.267} + \frac{0.267}{s}} \text{ 公斤} \cdot \text{公尺}.$$

然后把各种不同的 s 值代入, 即可求出对应的转矩 M 值, 并可根据所得的许多点而绘出特性曲线。

6) 起动电阻的计算 (分析法)。

已知:

$$M_{cm} = M_N; \quad M_1 = 2.5 M_N; \quad M_2 = 1.15 M_N;$$

$$r_e \approx \frac{U_{2N} \times s_N}{\sqrt{3} I_{2N}} = \frac{200 \times 0.045}{\sqrt{3} \times 35.6} = 0.145 \text{ 欧};$$

$$\lambda = \frac{2.5 M_N}{1.15 M_N} = 2.17;$$

$$m = \frac{\lg \frac{10^4}{s_N \% M_1 \%}}{\lg \lambda} = \frac{\lg \frac{10^4}{4.5 \times 250}}{\lg 2.17} = 2.82;$$

取 $m=3$

变阻器的每级电阻值为:

$$r_1 = r_e (\lambda - 1) = 0.145 (2.17 - 1) = 0.17 \text{ 欧};$$

$$r_2 = r_1 \lambda = 0.17 \times 2.17 = 0.37 \text{ 欧};$$

$$r_3 = r_2 \lambda = 0.37 \times 2.17 = 0.8 \text{ 欧}.$$

Б) 一级反接制动时转子电路内外加电阻的计算:

$$R_{np} \% = \frac{200 - s_{cm} \%}{M_1 \%} 100 - s_N \% = \frac{200 - 4.5}{250} \times 100 - 4.5 = 74 \%;$$

$$R_{np} = \frac{R_{np} \%}{100} \times R_N = 0.74 \times \frac{200}{\sqrt{3} \times 35.6} = 2.4 \text{ 欧}.$$

串激电动机

а) 起动电阻的计算

起动变阻器每级的电阻值可以用图25-8所示的作图法来决定。

1) 用百分值作出电动机的自然特性。

2) 给定 $M_1\%$ 和 $M_2\%$ 并按图25-5中曲线1 求出相应的电流 $I_1\%$ 和 $I_2\%$ 。

3) 沿电阻轴读取:

$$r_e \% = \frac{r_e}{R_N} 100 [\%];$$

$$R_1\% = \frac{U\%}{I_1\%} 100[\%];$$

$$R_2\% = \frac{U\%}{I_2\%} 100[\%].$$

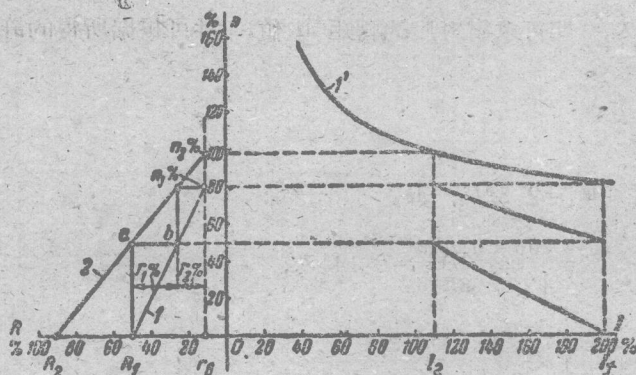


圖 25-8 串激电动机起动电阻计算的图解法

1'—自然特性。

綫段 ab 就决定了变阻器的第一級电阻 $r_1\%$ ，余此类推。

6) 决定起动变阻器每級的电阻:

$$r_1 = \frac{r_1\%}{100} R_n [\text{欧}]$$

$$r_2 = \frac{r_2\%}{100} R_n [\text{欧}]$$

6) 一級反接制动时外加电阻的计算

$$R_{np}\% = \frac{10000 + (10000 - I_{cm}\% \cdot r_e\%) \frac{a_1\%}{a_{cm}\%}}{I_1\%} [\%],$$

式中 $I_{cm}\%$ ——制动前在电动状态下的电流，%；

$I_1\%$ ——制动时的最大电流，%；

$a_1\%$ 和 $a_{cm}\%$ ——从圖 25-6 的曲綫中所求得的，对应于电流 $I_1\%$ 和 $I_{cm}\%$ 的 $\left(\frac{E}{n}\right)\%$ 值。

Б) 他激电动机用一級能耗制动时外加电阻的计算

在激磁繞卷电路內的外加电阻

$$R_{d.e} \approx \frac{U_n}{I_{nes}} [\text{欧}],$$

式中 I_{nes} ——能耗制动时电动机的他激电流，安。

电枢电路內的外加电阻

$$R_{\sigma.m} = \frac{a_{nes}\% n_{cm}\% U_n}{10000 I_1} [\text{欧}],$$

式中 $a_{nes}\%$ ——可以从圖 25-6 中的曲綫，根据电流 $I_{nes}\%$ 的数值而求得。

$n_{cm}\%$ ——制动开始前在电动状态下的轉速。

例 3. МП-51 型直流串激电动机

$P_n = 25$ 瓩; $I_n = 134$ 安; $U_n = 220$ 伏; $n_n = 570$ 轉/分。

a) 起動电阻的計算

已知: $M_{cm} = M_n$; $I_1 = 2 I_n$; $I_2 = 1.1 I_n$;

以及用百分值作出的电动机特性(圖 25-5, 25-6)。

所需的作圖示于圖 25-8 中。这里

$$R_1\% = \frac{U\%}{I_1\%} \times 100 = \frac{100}{200} \times 100 = 50\%;$$

$$R_2\% = \frac{U\%}{I_2\%} \times 100 = \frac{100}{110} \times 100 = 91\%;$$

$$r_0\% = 0.75(1 - \eta_n)100 = 0.75 \left(1 - \frac{25 \times 10^3}{134 \times 220} \right) \times 100 = 11.2\%;$$

$$R_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{220}{134} = 1.64 \text{ 欧}。$$

变阻器每級的电阻;

$$r_1 = \frac{r_1\%}{100} \times R_n = 0.24 \times 1.64 = 0.395 \text{ 欧};$$

$$r_2 = \frac{r_2\%}{100} \times R_n = 0.15 \times 1.64 = 0.246 \text{ 欧}。$$

6) 一級反接制动时附加电阻的計算

已知: $I_{cm} = 0.7 I_n$; $I_1 = 1.8 I_n$;

$$R_{np}\% = \frac{10000 + (10000 - I_{cm}\% \times r_0\%) \frac{a_1\%}{a_{cm}\%}}{I_1\%} =$$

$$= \frac{10000 + (10000 - 70 \times 11.2) \frac{107}{84}}{180} = 120\%;$$

$$R_{np} = \frac{R_{np}\%}{100} R_n = 1.2 \times 1.64 = 1.97 \text{ 欧}。$$

Б) 他激电动机用一級能耗制动时附加电阻的計算。

已知: $I_{nes} = 0.8 I_n$; $I_{cm} = 0.7 I_n$; $I_1 = 1.8 I_n$ 。

激磁繞卷电路內的附加电阻

$$R_{\sigma.e} \approx \frac{U_n}{I_{nes}} = \frac{220}{0.8 \times 134} = 2.06 \text{ 欧}。$$

电樞电路內的附加电阻

$$R_{\sigma.m} = \frac{a_{nes}\% \times n_{cm}\% U_n}{10\,000 I_1} = \frac{88 \times 114 \times 220}{10\,000 \times 1.8 \times 134} = 0.91 \text{ 欧}.$$

25-5. 鼠籠式异步电动机和同步电动机起动电流的限制

a) 用电抗器起动

將电網中起动电流降低 p 倍时, 电动机的起动轉矩要降低 p^2 倍。

$$x_A = z_K (\sqrt{p^2 - \cos^2 \varphi_K} - \sin \varphi_K),$$

式中 x_A ——当定子星形联接时每相的附加电抗, 欧;

z_K ——短路阻抗(每相), 欧;

φ_K ——电压与起动电流間的相差角;

z_K 和 $\cos \varphi_K$ 由下列关系式求出:

$$z_K = \frac{U}{\sqrt{3} I_n} \quad \text{和} \quad \cos \varphi_K \approx \frac{k_m}{k_1};$$

式中 U ——綫压, 伏;

I_n ——每相起动电流, 安;

k_m ——起动轉矩的倍数;

k_1 ——起动电流的倍数。

当 $\varphi_K = \frac{\pi}{2}$ 时

$$x_A = z_K (p - 1) = \frac{U}{\sqrt{3} I_n} (p - 1).$$

6) 用自耦变压器起动

將电網中起动电流降低 p 倍时, 起动轉矩降低 p 倍。

选择自耦变压器时, 应先給定所希望的起动容量 S_n , 仟伏安, 或是电網中所容許的起动电流的倍数 I'_n 、所要求的起动轉矩的倍数 m'_n 和拉入轉矩 m'_{sx} 的倍数。除此之外, 必須知道电动机的視在容量 S_σ , 仟伏安, 起动电流的倍数 I_n , 以及当 U_n 时起动和拉入轉矩的倍数 m_n, m_{sx} 。从 $I'_n = U_n^2 I_n$ 式中(其中 $U_n = \frac{U}{U_n}$), 可求出电动机上的电压值 U 。

校驗:

$$m'_{sx} \leq m_{sx} U_n^2;$$

$$m'_n \leq m_n U_n^2;$$

$$S_n \geq I_n S_\sigma.$$

Б) 电动机直接起动

用这种方法起动时, 容許的电網电压降为: