

自动电力拖动译丛

交通大学工业电气装备教研组主译

科学技术出版社

自动电力拖动译丛

科学技术出版社

內 容 提 要

本書是翻譯蘇聯各雜誌有關金屬切削機床電力拖动方面的各種文章而成。有電力拖动型式的選擇、重型機床的電力拖动、電子—離子放大器的寬度調速電力拖动和有自激放大機的電力拖动等，着重敘述有正交磁場放大機的電力拖动。文中敘述了拖动的工作原理，並介紹計算拖动系統的原則。

本書可供工業企業電力裝備專業學生和教學工作者的教學參考，也可作為工廠企業或設計方面有關工程技術人員的參考資料。

自 動 電 力 拖 動 譯 叢

組織翻譯者 交通大學工業企業電氣化教研組

*

科學技術出版社出版

(上海建國西路336弄1號)

上海市書刊出版業營業許可證出079號

土山灣印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·491

開本 787×1092 耗 1/27·印張 57/27·字數 108,000

1957年3月第1版

1957年3月第1次印刷 印數 1—4,800

定價：(10) 0.85元

前 言

几个月以前，在一次各工业学校（哈尔滨工业大学、东北工学院、天津大学、清华大学、西安动力学院、南京工学院、华中工学院、浙江大学和交通大学等）工业企业电气化教研组的教师们的教学会议上，大家都觉得目前电力拖动方面的中文书籍和论文很少，感到有需要分工合作来翻译有关这方面的论著以满足本专业教学中的迫切需要。于是，决定暂由交通大学工业企业电气化教研组负责组织，来推动这项工作。本书就是为了满足这个目的而出版的。

本书主要是介绍关于电力拖动、电力拖动的自动控制、生产机械的电力装备、自动调整理论等方面的翻译论文，可供学习者和各校同学在学习有关课程和做设计时的参考，同时也可作为工矿企业或设计单位在电力拖动方面工作的工程技术人员的参考。

本书第一集汇集了13篇论文主要是介绍机床电力拖动的型式及其选择、重型机床的电力拖动、具有电子-离子放大器的宽度调速电力拖动和带有自激放大机的电力拖动等，由于我们缺乏经验，缺点在所难免。希望读者们随时给我们提出意见！

交通大学工业企业电气化教研组 1956.10.

目 录

寬度調速的直流電力拖动系統 (B. П. 貝奇科夫)	1
采用電機放大機的二級串接發電機-電動機系統 (B. П. 貝奇科夫)	13
帶有電機放大機的發電機-電動機系統的調速範圍 (C. Я. 杜納也夫斯基)	27
發電機-電動機拖动系統調速極限 (B. A. 舒邊科 B. Г. 索仲諾夫)	36
寬度調速的電力拖动 (C. A. 巴哈列夫)	45
鑽床進給的電力拖动 (M. E. 維爾霍拉特)	53
帶內反饋的寬度調速電力拖动 (C. A. 巴哈列夫)	77
簡單的電機放大機電力拖动系統 (Э. Б. 烏林 Л. В. 德萊尼茨基 Э. А. 切爾諾夫)	90
恒轉速調整系統中他激直流電動機轉速特性的工程計算方法 (A. A. 西羅琴)	95
重型機床進給電力拖动的控制綫路 (M. E. 維爾霍拉特 B. И. 沙敏科夫)	105
自动控制寬廣調速直流電動機的轉速 (A. M. 蘇齊林 E. И. 尤列維奇)	111
重型金屬切削機床主运动的電力拖动型式的選擇 (Я. С. 勃羅夫曼 Н. Г. 捷夫斯)	115
重型機床的電力拖动 (Я. С. 勃羅夫曼)	125

寬度調速的直流電力拖動系統*

В. П. 貝奇科夫

工業中應用的生產機械常常要求拖動的電動機有很大的調速範圍(100:1, 甚至更高)。普通直流拖動系統是不能保證得到這樣大的調速範圍的, 這主要是電動機的機械特性不夠硬的緣故。但是, 如果在發電機的激磁電路中加入反饋, 那就可以得到在某種程度上電動機的轉速是恆定的拖動系統了。

例如, 圖 1 所示的線路是發電機激磁電路里帶有電機調節器的直流拖動系統。調節器的並激繞組(1III-2III)和電流繞組(1C-2C)合稱為調節繞組, 他們起着反饋的作用。因此, 電動機可以得到硬的機械特性和很大的調速範圍。圖 1 所示的線路中, 除調節繞組外, 還有比較繞組(1O-2O)和放大繞組(1Y-2Y), 比較繞組的安匝和調節繞組的安匝相比, 而放大繞組和發電機的調節繞組(1P-2P)串聯後安在調節器的電樞兩端。放大繞組的作用在於加強反饋的效應。

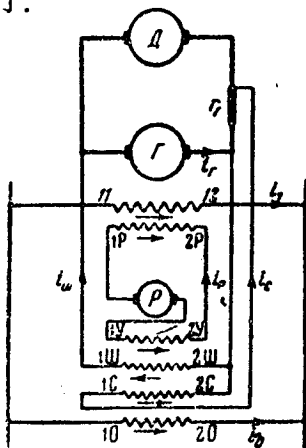


圖 1 帶有電機調節器的直流電力拖動系統線路圖

* В. П. Бычков, Известия Академии Наук СССР, Отделение Технических наук, Часть 1, 167~175, №2, 1950.

就图 1 所示綫路可写出下列方程式:

調节器激磁电路:

$$u_1 = i_o R_o + W_o p\Phi; \quad (1)$$

$$\sigma i_r R_r = i_c R_c + W_c p\Phi; \quad (2)$$

$$e_r - \gamma i_r R_r = i_w R_w - W_w p\Phi; \quad (3)$$

$$e_p - W_p p\Phi_r = i_p R_y + W_y p\Phi; \quad (4)$$

$$e_p = e_p^I + e_p^{II} - e_p^{III} + e_p^{IV}. \quad (5)$$

发电机激磁电路:

$$u_1 = i_1 R_1 + W_1 p\Phi_r; \quad (6)$$

$$e_p - W_y p\Phi = i_p R_y + W_p p\Phi_r. \quad (7)$$

主电路:

$$e_r = i_r R_r + C_e n; \quad (8)$$

$$i_r R_r = I_{CT} R_r + \theta p C_e n. \quad (9)$$

式中:

u_1 ——控制电源电压;

i_o, R_o, W_o ——比較繞組 (1O-2O) 电路中的电流、电阻和匝数;

i_c, R_c, W_c ——电流繞組 (1C-2C) 电路中的电流、电阻和匝数;

i_w, R_w, W_w ——并激繞組 (1III-2III) 电路中的电流、电阻和匝数;

i_y, R_y, W_y ——放大繞組 (1Y-2Y) 电路中的电流、电阻和匝数;

i_1, R_1, W_1 ——发电机參据繞組 (11-12) 电路中的电流、电阻和匝数;

W_p ——发电机調节繞組 (1P-2P) 的匝数;

e_p, e_r ——調节器和发电机的电势;

$e_p^I, e_p^{II}, e_p^{III}, e_p^{IV}$ ——由比較繞組、电流繞組、并激繞組和放大繞組所产生的調节器电势;

e_r^I, e_r^{π} ——由參差繞組和調節繞組所產生的發電機電勢；

Φ, Φ_r ——調節器和發電機的磁通；

i_r, R_r ——主電路的電流和電阻；

$\theta = GD^2 R_r / 375 C_e C_m$ ——拖动系統的機電時間常數。

C_e, C_m ——電動機的電壓系數和轉矩系數。

$$\sigma = \frac{r_r}{R_r}; \quad \gamma = \frac{r_{ar}}{R_r}. \quad (10)$$

式中： r_{ar} ——發電機電樞電阻；

r_r ——主電路附加電阻。

分別在 (1)、(2)、(3)、(4) 式中乘以

$$\frac{\beta_p W_o}{R_o}, \quad \frac{\beta_p W_c}{R_c}, \quad \frac{\beta_p W_u}{R_u}, \quad \frac{\beta_p W_y}{R_y},$$

式中： $\beta_p = e_p / a W_p$ ——發電機空載特性直線部分的斜率。

再估計到 $\beta_p i_o W_o = e_p^I, \beta_p i_c W_c = e_p^{\pi}, \beta_p i_u W_u = e_p^{\pi},$

$$\beta_p i_y W_y = e_p^{\pi}.$$

同樣

$$\frac{\beta_p W_o^2}{R_o} p\Phi = T_o p e_p, \quad \frac{\beta_p W_c^2}{R_c} p\Phi = T_c p e_p,$$

$$\frac{\beta_p W_u^2}{R_u} p\Phi = T_u p e_p, \quad \frac{\beta_p W_y^2}{R_y} p\Phi = T_y p e_p.$$

式中： T_o, T_c, T_u, T_y ——繞組 (1O-2O)、(1C-2C)、(1III-2III)

及 (1Y-2Y) 電路的時間常數，可寫出下列演化後的結果：

$$u_1 k_o + \sigma i_r R_r k_c - (e_r - \lambda i_r R_r) k_u + \left(e_p - \frac{T_p}{k_p} p e_r \right) k_y = \\ = (1 + T_{ocuy} p) e_p. \quad (11)$$

式中： $T_{ocuy} = T_o + T_c + T_u + T_y, k_o = \beta_p W_o / R_o, k_c = \beta_p W_c / R_c, k_u = \beta_p W_u / R_u, k_y = \beta_p W_y / R_y$ ——由各繞組激磁時調節器的轉換系數，

它用來表示當調節器只有某一繞組的安匝在作用時，調節器電勢和該繞組外加電壓的比值。

同样, 变换 (6)、(7)、(8) 式可以写出发电机激磁电路平衡方程式:

$$u_1 k_1 + \left(e_p - \frac{T_y}{k_y} p e_p \right) k_p = (1 + T_{1p} p) e_r. \quad (12)$$

式中: $k_1 = \beta_r W_1 / R_1$, $k_p = \beta_r W_p / R_y$ ——由基本繞組和調节繞組激磁时发电机的轉換系数; $\beta_r = e_r / AW_r$ ——发电机空载特性直綫部分斜率; $T_{1p} = T_1 + T_p$ ——发电机激磁电路時間常数之和。

从方程式 (8)、(9) 得

$$i_r R_r = \left(e_r + \frac{I_{cT} R_r}{\theta p} \right) \frac{\theta p}{1 + \theta p}. \quad (13)$$

从方程式 (11)、(12)、(13) 中消去 $i_r R_r$ 及 e_p 得

$$\begin{aligned} & \left\{ (T_{ocuy} T_{1p} - T_p T_y) \theta p^3 + \left[T_{ocuy} T_{1p} - T_y T_p + (T_{ocuy} + \right. \right. \\ & \quad \left. \left. + T_{1p} - T_{1p} k_y + k_y T_p - \frac{k_{w k_p} T_y}{k_y} + \frac{\sigma k_c k_p}{k_y} T_y + \frac{\lambda k_{w k_p} T_y}{k_y} \theta \right] \right. \\ & \quad \left. p^2 + \left[T_{ocuy} + T_{1p} - k_y T_{1p} + k_y T_p - \frac{k_{w k_p} T_y}{k_y} + (1 - k_y + \right. \right. \\ & \quad \left. \left. + k_{w k_p} - \lambda k_{w k_p} - \sigma k_c k_p) \theta \right] p + 1 - k_y + k_{w k_p} \right\} e_r = u_1 k_0 k_p + \\ & \quad + u_1 k_1 (1 - k_y) + I_{cT} R_r (\lambda k_{w k_p} + \sigma k_c k_p). \end{aligned} \quad (14)$$

根据調节繞組参数之間数值的不同, 所研究的綫路可以給我們各种調节电动机轉速的情形。例如, 可以把参数选择得使总安匝和电动机轉速成正比, 这样便得到按轉速的調节(輸入端的反饋量和电动机的轉速成比例), 按轉速調节的条件可由下式求得

$$E_{uc} = -(E_r - \lambda I_{cT} R_r) k_{w k_p} + \sigma I_{cT} R_r k_c. \quad (16)$$

式中: E_{uc} ——由并激繞組及电流繞組安匝的作用而产生的調节器电势; $(E_r - \lambda I_{cT} R_r) k_{w k_p}$ ——由并激繞組安匝作用而产生的調节器电势; $\sigma I_{cT} R_r k_c$ ——由电流繞組的安匝作用而产生的調节器电势。

因为 $E_r = C_e n + I_{cT} R_r$, 故

$$E_{uc} = -C_e n k_u + [\sigma k_c - (1 - \lambda) k_u] I_{cT} R_r. \quad (17)$$

由此推知，當

$$(1 - \lambda) k_u = \sigma k_c \quad (18)$$

時， E_{uc} 正比於轉速 n 。

如果繞組的參數滿足不等式 $(1 - \lambda) k_u < \sigma k_c$ ，則可從(17)式看出，調節過程帶有正復激的性質，若 $(1 - \lambda) k_u > \sigma k_c$ ，則帶有差復激性質。最理想的調節是按轉速調節而不帶有復激的性質，因為差復激使得機械特性的硬度降低而正復激的作用會降低系統的穩定度並增加發電機剩磁的影響。

本線路中比較繞組(10-20)的安匝和並激繞組(1III-2III)的安匝數選擇得在空載時相等。這時

$$u_1 k_o = u_1 k_1 k_u. \quad (19)$$

式中： $u_1 k_o$ ——由比較繞組(10-20)的安匝產生的調節器電勢；

$u_1 k_1 k_u$ ——由繞組(1III-2III)的安匝產生的調節器電勢。

由(19)式，得

$$k_o = k_1 k_u. \quad (20)$$

方程式(20)，確定了繞組(10-20)、(1III-2III)及發電機繞組(11-12)的參數間的關係。

按轉速調節時，根據(20)式可寫出電動機轉速特性方程式

$$n = \frac{u_1 k_1}{C_e} - \frac{1 - k_y}{1 - k_y + k_u k_p} \frac{I_{cT} R_r}{C_e}. \quad (21)$$

轉速特性(或機械特性)的硬度決定於上式右面第二項。

這一項為主電路中靜負載電流 I_{cT} 所引起的電動機轉速降落。這一項愈小，機械特性的硬度愈高。普通直流電動機拖动系統的轉速降落 $\Delta n_1 = I_{cT} R_r / C_e$ ；因此 $\frac{1 - k_y}{1 - k_y + k_u k_p}$ 是由于在系統中引入轉速反饋之後而使電動機轉速降落減小的因子。這一數值由調節器繞組的轉移系數決定；放大繞組的轉移系數 k_y 起着主要的影

响。当 $k_y = 1$ 时轉速降落（調节的誤差）为零。

这时是无差調节。而 $k_y = 1$ 时即无差調节时放大繞組电路的电阻等于临界电阻值。如果这时沒有并激繞組（1III-2III）的电压負反饋，則这种綫路会自激起来，而將不宜应用。

負反饋消除系統自激成長的可能性，使得調节器激磁电路的电阻为临界值时，系統可以工作。

若 $k_y < 1$ ，則为有差調节。

分析 (14) 式后我們可以确定，按轉速調节时系統的穩定度隨着 k_y 的增加而减小。通常，机組的参数間的关系應該使得 $k_y = 1$ 时系統有足够的穩定度。例如，所研究綫路的时间常数 $T_{ocw} = 0.04$ 秒， $T_{1p} = 0.44$ 秒， $\theta = 0.15$ 秒（这些数据是取自某个实际设备的），作出衰减百分数 $\Delta A\% = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100$ 对 k_y 的曲綫如图 2 所示（ $A_1 A_2$ —— 过渡历程相邻半波的振幅值）。图 2 中曲綫 1 为

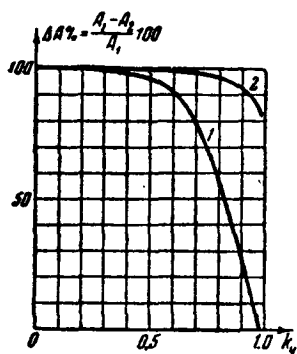


图 2 轉換系数和衰减百分率的关系曲綫

$k_{wk_p} = 1.30$ 时作得，而曲綫 2 是 $k_{wk_p} = 0.32$ 时作得（ k_{wk_p} —— 反饋轉換系数）。由图 2 中的曲綫，可見 k_y 对穩定度的影响是随轉換系数 k_{wk_p} 的不同而不同。同一 k_y 值， k_{wk_p} 愈大，系統的穩定度愈低。由于 $k_y = 1$ 或近于 1 时， k_{wk_p} 对机械特性的硬度影响很小，因此，为要获得所需的过渡历程特性起見， k_{wk_p} 不宜取大的数值。

如果发电机和調节器的主要繞組用桥式电路供电，則图 1 所示綫路中激磁繞組的数目可以縮減。改变形式后的綫路图示于图 3 中，其中发电机繞組的一半（1Γ-2Γ）、（3Γ-4Γ）和調节器繞組的一半（1Y-2Y）、（3Y-4Y）接在桥式电路两臂，这种接法使得这些繞組由两个独立的电源供电（激磁机和調节器），而发电机的繞組同时起着

雙重的作用。

它同時是基本的——參照繞組和調整繞組。由激磁機供電而產生的該繞組的安匝決定發電機的給定電勢(電動機的轉速)，該繞組由調節器供電而得到的安匝所產生的發電機電勢是用來補償主電路電壓降落的。調節器的繞組(1Y-4Y)同樣有着雙重作用，它同時是比較繞組和放大繞組。由激磁機電流在該繞組中產生的安匝和調節繞組(1III-2III)——(1C-2C)的安匝相比較，而由調

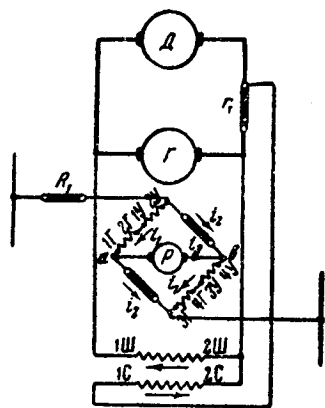


圖3. 在橋形回路中帶有電機調節器的直流電力拖动系統線路圖

節器電流在該繞組中所產生的安匝，當 $k_y < 1$ 時，將調節器的電勢放大。當 $k_y = 1$ 時調節器的電勢完全由此決定。

按圖3線路可寫出下列方程式：

$$u_1 = (i_1 + i_2)R_1 + i_1r + \frac{W_y}{2}p\Phi + \frac{W_B}{2}p\Phi_r + i_2r; \quad (22)$$

$$u_1 = (i_1 + i_2)R_1 + 2i_2r + e_p - i_3r_3; \quad (23)$$

$$(e_r - \lambda i_1 R_r)k_w = \beta_p i_w W_w - T_w p e_p; \quad (24)$$

$$\sigma i_1 R_r k_c = \beta_p i_c W_c + T_c p e_p; \quad (25)$$

$$e_r = C_r n + i_1 R_r; \quad (26)$$

$$i_1 R_r = I_{CT} R_r + \sigma p C_r n; \quad (27)$$

$$e_p = \beta_p i_1 W_y + \beta_p i_c W_c - \beta_p i_w W_w; \quad (28)$$

$$i_1 = i_2 + i_3. \quad (29)$$

式中： R_1 ——和橋形電路串聯的電阻； $r = (r_o + r_y) \frac{1}{2}$ ——橋臂電阻； r_o ——發電機繞組(1Г-4Г)的電阻； r_y ——放大繞組(1Y-4Y)的電阻； r_3 ——調節器電路中a、б兩點間電阻； i_1 、 i_2 ——橋

臂电流; i_3 ——調節器电樞电流.

利用(23)及(29)式將(22)式中 i_2 及 i_3 消去, 并进行簡單的变换后得

$$u_1(r+r_3)=i_1(r+R_1)(r+r_3)2-(r+R_1)e_p+ \\ + (2r+R_1+r_3)\left(\frac{W_y}{2}p\Phi+\frac{W_B}{2}p\Phi_r\right). \quad (30)$$

(30)式中乘以 $\beta_r W_B/2(r+R_1)(r+r_3)$ 后得

$$u_1 k_{r1} = e_r - e_p k_{r2} + \left[\frac{k_{r1}}{k_{y1}} T_y p e_p + T_B p e_r \right]. \quad (31)$$

式中: $k_{r1} = \beta_r W_B/2(r+R_1)$ ——由激磁机激磁时发电机的轉換系数;
 $k_{r2} = \beta_r W_B/2(r+r_3)$ ——由調節器激磁时发电机的轉換系数;
 $k_{y1} = \beta_p W_y/2(r+R_1)$ ——由激磁机供电給調節器时繞組(1Y-4Y)的轉換系数

$$T_y = \frac{1}{2} \left[\frac{L_y}{2(r+R_1)} + \frac{L_y}{2(r+r_3)} \right] = \frac{1}{2} [T_{y1} + T_{y2}].$$

式中: T_{y1} ——由激磁机供电时調節器繞組(1Y-4Y)的时间常数;
 T_{y2} ——由調節器供电时調節器繞組(1Y-4Y)的时间常数.

$$T_B = \frac{1}{2} \left[\frac{L_B}{2(r+R_1)} + \frac{L_B}{2(r+r_3)} \right] = \frac{1}{2} [T_{B1} + T_{B2}].$$

式中: T_{B1} ——由激磁机供电时发电机繞組(1Г-4Г)的时间常数;
 T_{B2} ——由調節器供电时发电机繞組(1Г-4Г)的时间常数.

令空载时調節器电势 $e_p = 0$, 則

$$u_1 k_{y1} = E_o k_{u1}. \quad (32)$$

然而 $E_o = u_1 k_{r1}$, 因此 $k_{y1} = k_{r1} k_{u1}$ 而 $k_{y2} = k_{r2} k_{u1}$. 式中 E_o ——发电机空载电势; $k_{y2} = \beta_p W_y/2(r+r_3)$ ——由調節器激励調節器繞組(1Y-4Y)时調節器的轉換系数.

根据上述关系, 并注意到 $e_r = \beta_r i_1 W_1$, 从方程式(24)、(25)、(28)的基础上可以写出方程式

$$(\sigma k_e + \lambda k_u) i_r R_r = (1 + T_{cm} p) e_p. \quad (33)$$

式中: $T_{cu} = T_c + T_u$.

利用(26)、(27)式, 从(33)式中消去 i, R_r , 然后从(31)式消去 e_p , 再根据按轉速調节的条件(18)得

$$\{T_B T_{cu} \theta p^3 + [T_B T_{cu} + T_B \theta + T_{cu} \theta + T_y \theta] p^2 + [T_B + T_{cu} + (1 - k_{y2}) \theta] p + 1\} e_r = u_1 k_{r1} + I_{cT} R_r k_{y2}. \quad (34)$$

轉速特性方程式为

$$n = \frac{u_1 k_{r1}}{C_e} - (1 - k_{y2}) \frac{I_{cT} R_r}{C_e}. \quad (35)$$

当 $k_{y2} = 1$ 时放大繞組电路的电阻为临界值, 这样由(35)式可見調节是無差的, 因此这里的情况和前面所研究綫路是相类似的.

前面所得的是近似的結論, 因为在研究問題时沒有考虑到調节器磁路中磁滯回环的作用. 在不良的情况下磁滯回环对調节过程会起着重要的影响.

考虑到磁滯回环的作用, 帶有調节器的直流電力拖动系統的机械特性是曲綫形的, 負載增加和减少时机械特性具有回环的形式, 如果調节器的磁滯損耗很大, 則这种綫路不能給我們滿意的調节过程, 也不能做到深度調速. 因此对調节器的基本要求是最小的磁滯損耗.

下面的例子中, 假定調节器能滿足上述基本要求, 計算图 3 所示綫路中激磁电路的参数时, 不考虑磁滯回环現象. 計算是按給定的靜特性进行的.

系統稳定性的校驗并非十分必要, 因为前面已經講过, 系統过渡历程的特性通常是适合要求的.

計算举例: 发电机 ПН-1320; $P_H = 100$ 仟瓦; $u_H = 230$ 伏; $I_H = 435$ 安; $n = 975$ 轉/分; $r_{ar} = 0.0136$ 欧; $r_{avr} = 0.0054$ 欧; $W_B = 5, 200$; $r_B = 48.8$ 欧; $l_{cpr} = 1$ 公尺; $\beta_r = e_r / AW_r = 0.015$. 电动机 ПН-1320; $P_H = 88$ 仟瓦; $u_H = 220$ 伏; $n_H = 720$ 轉/分; $I_H = 450$ 安; $r_{ad} = 0.0136$ 欧; $r_{and} = 0.0054$ 欧.

设电动机的基本转速 $n_0=790$ 轉/分, 按下列順序計算参数.

主电路电阻

$$R_r = (r_{ar} + r_{enr} + r_{en0} + r_{ad}) \cdot 1.22 = (0.0136 + 0.0054 + 0.0054 + 0.0136) \cdot 1.22 = 0.0464 \text{ 欧}.$$

比值 λ 及 σ :

$$\lambda = \frac{r_{ar} \cdot 1.22}{R_r} = \frac{0.0136 \cdot 1.22}{0.0464} = 0.357;$$

$$\sigma = \frac{r_{enr} \cdot 1.22}{R_r} = \frac{0.0054 \cdot 1.22}{0.0464} = 0.142.$$

这里把发电机附加极繞組的电阻用作主电路附加电阻.

电动机的电势系数

$$C_e = \frac{u_N - I_N(r_{ad} + r_{en0}) \cdot 1.22}{n_N} = \frac{220 - 450 \cdot 0.19 \cdot 1.22}{720} = 0.291.$$

空載时发电机激磁电流

$$I_{B0} = \frac{E_0}{\beta_r W_e} = \frac{C_e n_0}{\beta_r W_e} = \frac{0.291 \cdot 790}{0.015 \cdot 5200} = 2.95 \text{ 安}.$$

額定負載时由調节器电势产生的桥臂中的电流

$$I_p = \frac{I_N R_r}{\beta_r W_B} = \frac{435 \cdot 0.0464}{0.015 \cdot 5,200} = 0.258 \text{ 安}.$$

調节器功率

$$P_p = 2uI_p = 2 \cdot 110 \cdot 0.258 = 57 \text{ 瓦}.$$

式中: u ——調节器額定电压.

按照产品目录选用功率最小的 ПН-5 型电动机, ПН-5, $P_N=0.37$ 仟瓦; $I_N=3.22$ 安; $n_N=1,410$ 轉/分; $r_{ap}=4.3$ 欧; $W_p=5,200$; $l_{cp.p}=0.385$ 公尺; $\beta_p=e_p/AW_p=0.18$.

放大繞組导綫的截面积

$$q_y = q_B = \frac{l_{cp.p} W_B}{57 r_B} = \frac{1.5 \cdot 200}{57 \cdot 48.8} = 1.867 \text{ 公厘}^2.$$

采用标准截面 $q_y=1.9113$ 公厘²; $d_y=1.56$ 公厘.

式中: q_B ——发电机激磁繞組导綫截面.

当放大繞組的电阻为临界值时,

$$k_{y2} = \frac{\beta_p W_y}{2(r+r_3)} = 1; \quad r = \frac{r_B + r_y}{2};$$

$$\beta_p W_y = 2r_3 + r_B + \frac{l_{cp} \cdot p}{57q_y} \cdot 1.22.$$

由此得

$$W_y = \frac{r_B + 2r_3}{\beta_p - \frac{l_{cp} \cdot p}{57q_y} \cdot 1.22};$$

放大繞組的匝數

$$W_y = \frac{r_B + 2r_3}{\beta_p - \frac{l_{cp} \cdot p}{57q_y} \cdot 1.22} = \frac{48.8 \cdot 1.22 + 2 \cdot 8.6 \cdot 1.22}{0.18 - \frac{0.385}{57 \cdot 1.9113} \cdot 1.22} = 470.$$

这里選用 $r_3 = 2r_{ap}$ 是有一些裕量的。

放大繞組電阻

$$r_y = \frac{l_{cp} \cdot p W_y}{57q_y} \cdot 1.22 = \frac{0.385 \cdot 470 \cdot 1.22}{57 \cdot 1.9113} = 2.02 \text{ 歐}.$$

并激繞組激磁時調節器的轉換系數

$$k_w = \frac{\beta_p W_y}{\beta_r W_B} = \frac{0.18 \cdot 470}{0.015 \cdot 5,200} = 1.083.$$

并激繞組的匝數

$$W_w = C_e n_o \frac{1 + (1 - \lambda) S_n}{i_s l_{cp} \cdot p \cdot 1.22} \cdot 57 = 230 \frac{1 + 0.643 \cdot 0.0878}{3 \cdot 0.385 \cdot 1.22} \cdot 57 = 9,320.$$

式中: $S_n = \frac{I_n R_r}{C_e n_o} = \frac{435 \cdot 0.0464}{230} = 0.0878$; $i_s = 3$ 安/公厘².

并激繞組的截面積

$$q_w = \frac{k_w l_{cp} \cdot p}{\beta_p \cdot 57} \cdot 1.22 = \frac{1.083 \times 0.385}{0.18 \cdot 57} \cdot 1.22 = 0.0497 \text{ 公厘}^2.$$

採用標準截面積 $q_w = 0.049$ 公厘², $d_w = 0.25$ 公厘。電流繞組激磁時調節器的轉換系數

$$k_c = \frac{(1 - \lambda) k_w}{\sigma} = \frac{0.643 \cdot 1.083}{0.142} = 4.91.$$

電流繞組匝數

$$W_c = \frac{\sigma I_n R_r}{i_s l_{cp} \cdot p \cdot 1.22} \cdot 57 = \frac{0.142 \cdot 435 \cdot 0.0464}{3 \cdot 0.385 \cdot 1.22} \cdot 57 = 203.$$

串激繞組(即電流繞組——譯者注)的截面積

$$q_c = \frac{k_{cl} c_p \cdot p}{\beta_p \cdot 57} 1.22 = \frac{4.91 \cdot 0.385 \cdot 1.22}{0.18 \cdot 57} = 0.225 \text{ 公厘}^2.$$

选用标准截面积 $q_c = 0.23758$ 公厘². $d = 0.59$ 公厘, 和电桥串联的电阻

$$R_1 = \frac{u_1}{2I_{B0}} - r = \frac{220}{2 \cdot 2.95} - \frac{59.5 + 2.02}{2} = 6.55 \text{ 欧}.$$

R_1 的数值可根据某一给定转速时所需 I_{B0} 的数值用上式计算.

結 論

1. 采用桥式电路的放大机直流电力拖动系统可得到宽度调速.
2. 这时调速范围仅由磁滞现象所限制.
3. 调节器可以由普通直流电机的磁场绕组改绕而得, 但最好挑选磁滞回环较小的机器.
4. 这种系统毋须采用锁定装置.
5. 由于这种线路很简单, 在需要自动调节工作电动机转速的机械中, 应当获得广泛的应用.

参 考 文 献

1. А. А. Фельдбаум: Связь устойчивости и статизма в электроприводе с бустергенератором. Вестник электропромышленности, № 1, 1946.
2. Д. П. Морозов: Возбуждение электрических машин в схемах электромашинной автоматики. Электричество, № 9, 1948.
3. А. Б. Челюсткин: Рототрол и его применение Американская техника и промышленность, № 7, 1944.

(楊世仁譯自“苏联科学院通报, 技术科学之部”1950年第2期)