

离子电力拖动装置的调整

冶金安装总公司 編



冶金工业出版社

离子电力拖动装置的调整

冶金安装总公司 编

编辑: 欧阳惠霖

设计: 朱毅英

校对: 胡瑞华

1959 年 3 月第一版

1959 年 3 月北京第一次印刷 6,300 册

开本 850×1168 • 1/32 • 50,000 字 • 印张 2 • 定价 0.32 元

北京五三五工厂印刷

新华书店发行

统一书号 15062 • 1365

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲 45 号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 093 号

本書是冶金安裝总公司所編的冶金电气設備調整叢書之一。書中敘述了水銀整流器的調整問題、电压控制部分的調整問題和动力控制环节的控制問題。文內并附有某冶金企业的調整經驗。本書可供电力拖动調整人員用。

目 录

第一章 柵控水銀整流器的調整問題

§ 1.	ШРБ-41型控制柜的簡要說明	(1)
§ 2.	ΦC1-1型靜移相器	(1)
a)	ΦC1-1型靜移相器系統的說明	(1)
б)	ΦC1-1型靜移相器的工作原理	(4)
в)	試驗項目及其方法	(6)
1)	單元試驗	(6)
2)	系統移相試驗	(6)
§ 3.	水銀整流器的定相問題	(9)
a)	柵極的定相	(11)
б)	勵弧極的定相	(14)
§ 4.	水銀整流器并聯工作時所發生的問題	(15)
§ 5.	靜隙式點弧器	(17)
§ 6.	在水銀整流器的維護中所發生的問題	(19)
a)	主陽極頭的預熱問題	(19)
б)	循環水的中斷故障	(20)
§ 7.	水銀整流器的外特性曲綫	(20)

第二章 电压控制

§ 1.	系統圖簡單說明	(21)
a)	給定磁放大器 Y3H 部份	(21)
б)	綜合磁放大器 YVH 部份	(25)
§ 2.	調整步驟	(30)
a)	給定磁放	(30)
б)	綜合磁放	及安匝確定... (30)
в)	綜合磁放	確定
		(32)

§ 3. 調整过程中发现的問題及初步分析.....	(33)
a) 靜移相器控制繞組的安排.....	(33)
б) 电动机运行中几个关键性数值的測定.....	(34)
в) 对綜合磁放大器VYH的要求.....	(34)
г) 柵极定相.....	(35)
д) 移相器偏位安置.....	(37)
e) 起动.....	(33)
§ 4. 电压控制系统討論.....	(44)
a) 运行一般情况介紹.....	(44)
б) 磁放大器工作点討論.....	(45)
в) 靜特性.....	(49)
г) 系統改善的方向.....	(50)
§ 5. 平板控制器ΠК I 及 ΠК II 的討論.....	(51)

第三章 动力制动环節的調整

§ 1. 磁繼电器特性的基本原理.....	(54)
§ 2. 动力制动綫路的說明及設計要求.....	(55)
§ 3. 制动系統的調整.....	(57)

第一章 柵控水銀整流器的調整問題

§ 1. ШПБ-41型控制櫃的簡要說明

ШПБ-41型控制櫃是作為 PMHB-1000×6 型單陽極水銀整流器的點弧、勵弧，以及柵極和水銀泵等系統供電之用。

這種控制櫃被滿意地使用在主變壓器帶有平衡電抗器的“雙反星形”系統中。又由於其柵控的移相裝置中採用了 $\Phi C1-1$ 型靜移相器，所以調相的範圍較廣，調節速度快，適于自動控制。因此本控制櫃被成功地使用在帶有自動調整的離子拖動系統中。

和其他控制櫃一樣，本控制櫃共分成三個系統，即點勵弧系統、柵控系統以及水銀泵電熱系統。其中點勵弧和電熱兩部分和 ШПБ-30—I 型控制櫃基本上相同，請參考有關單陽極水銀整流器的書刊資料。

本書只介紹柵控系統中 $\Phi C1-1$ 型靜移相器的工作特性及其調整經驗。

§ 2. $\Phi C1-1$ 型靜移相器

a) $\Phi C1-1$ 型靜移相器系統的說明

1) 圖 1 為 $\Phi C1-1$ 型靜移相器的柵控原理圖，TC 為三相的橋式變壓器，該變壓器的一次繞組可以接成星形或曲折形。後者可以將相位向前或向後移動 30° ，在這種情況下，為了使二次繞組的電壓不致有 15% 的升高，特設有分接頭 a_1x_1 , b_1y_1 , c_1z_1 。

2) 電阻器 R 和可變電抗器 Π 分別接於橋式變壓器二次繞組的不同電壓臂上，電阻器 R 接在相電壓為 300 伏的一臂，而可變電抗器 Π 接於相電壓為 150 伏的那一臂。

3) 橋式變壓器的對角線 10—1 端子間接入對角線變壓器 TII 的一次繞組。對角線變壓器的二次繞組接向尖波發生器和補

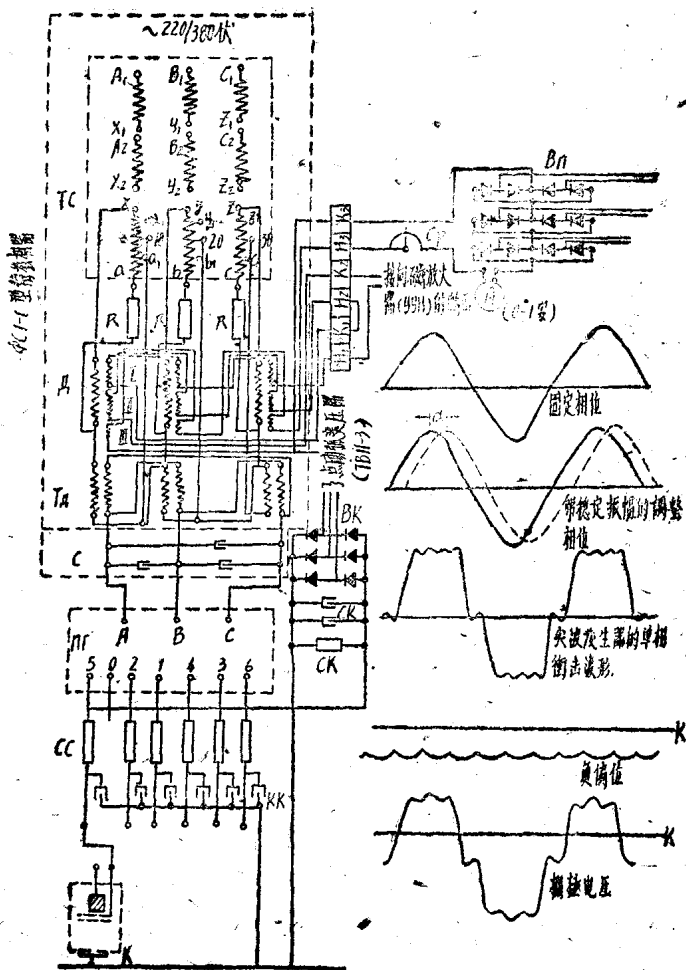


图1 带有ΦC1-1型静移相器的栅控系统

R—电阻 $3 \times (\Pi\Theta-150-250\text{欧}) \times 750\text{欧}$; II—饱和电抗器 (2T3-27型): 交流绕组—两个绕组—1000匝, 带有950匝抽头 ($\Pi\Theta \Pi\Phi 0.8$); 磁化绕组—I—800匝 (27欧), II—800匝 (30欧), III—400匝 (17.5欧) ($\Pi\Theta \Pi\Phi 0.8$); AT—对称线变压器 (T3-25型), 一次绕组: 800匝, $\Pi\Theta \Pi\Phi 0.64$; 二次绕组: 1650匝, $\Pi\Theta \Pi\Phi 0.64$; C—补偿电容器 KBT-MH, 4 微法 $\pm 10\%$, $u_{pa6}=600$ 伏; TC—栅极桥式变压器 (TQ3-1型, 1 千伏安): 一次绕组: $3 \times 220/380$ 伏; 二次绕组: $u_{a-10}=300$ 伏, $u_{x-10}=150$ 伏 (三相同); BII—磁化电阻整流器 (BC-45-46, 25伏, 1.2安); CP—电感调整器 (PCP-2型, 600欧, 160瓦); BK—偏位用氧化铜整流器 (BK-103B型); CK—偏位电阻 ($\Pi\Theta-75-1000\text{欧}$); II—尖波发生器 (T2-2)

偿电容器C。对角线变压器的作用是：把自用电的低压系统和整流器的高压系统分开，以便静移相器的各个组成元件可以按低压计算其绝缘。

4) 接于桥变压器二次绕组x臂的可变电抗器 Ω 采用2T3—27型饱和电抗器，该电抗器具有三个直流磁化绕组，每个绕组的匝数分别为800匝(I)，800匝(II)及400匝(III)，其交直流绕组的分布示意图如图2所示，为了减少漏磁和降低直流的控制功率，交直流绕组皆绕在同一铁心上；又为了交变电流对直流绕组而感应电势，设置了两个铁心，交流绕组绕在每个中铁心上，而直流绕组跨绕在两个中铁心上，然后两铁心上的交流绕组接成串联，这样交变电流对直流绕组的感应可以彼此抵消。

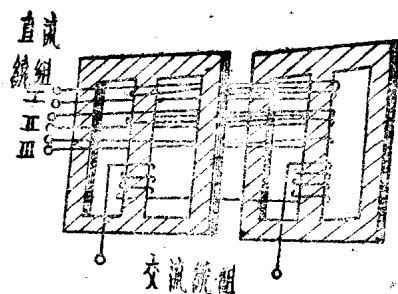


图 2

5) 在某轧钢厂的离子拖动中，直流磁化绕组是如此选定的：即绕组I、II串联(1600匝)作为自动调整用(电压反馈或速度反馈)，绕组III(400匝)为偏位绕组，这个绕组由III₁PB箱内的硒整流器供电，并借手动调整电阻器CP以改变该绕组内的磁化电流，应用这个偏位绕组可以进行阳极头的预热化成，可以适当地减轻磁放大器的输出和整流器并联后的负荷调整。

6) 图1中所示的III₂型尖波发生器的容量较小(270伏安)，约为应用在III₁PB-20及III₁PB-21型控制柜内的III₁型尖波发电器的五分之一。同时补偿电容C也减小了。总之这是因为栅极的移

相裝置採用橋式靜移相器的結果。

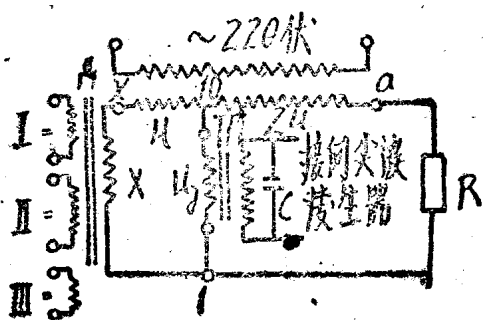


图 3, a

6) ФСЛ—1型靜移相器的工作原理

ФСЛ—1 型靜移相器的工作原理是基于用变化饱和电抗器 Δ 的磁化电流的方法来改变电抗臂电抗 X 。由于电抗的变化，对角线电压 u_d 的相位也相应的发生了变化，并且对角线电压 u_d 向量的终端轨迹是一个圆周，其幅度值近似的保持恒定。这种情况的获得是由以下两个条件决定的。即：第一：要增加桥变压器二次绕组连接有电阻 R 那一臂的电压（本移相器增加一倍）。第二：用电容器 C 以补偿桥对角线中的电抗（如图 3, a 所示）。

根据图 3, a 所示，在对角线的电抗用电容 C 补偿的情况下，对角线的负荷可以看作是一个等值电阻 r_{Σ} ；又根据上述第一条件，即桥变压器二次绕组中两臂电压的比值为 2，采用 2 的原因是在选择 $R = r_{\Sigma}$ 的条件下决定的。选择 $R = r_{\Sigma}$ 的理由是考虑到饱和电抗器的尺寸容量为最小的条件下出发的（请参考 Электронные устройства автоматического управления 54—63 页。或“自动电力拖动释述”杂志 1957 年 6 月号 23—27 页中译文“感应电桥式调相器的理论与计算”）。

由于以上所述理由，我们可将图 3, a 简化成图 3, 6。现在我们用简单的计算方法去表明 ФСЛ—1 型靜移相器的理想移相特性，

即对角线电压 u_θ 的理想工作特性。根据图 3, 6 可列出下列方程式:

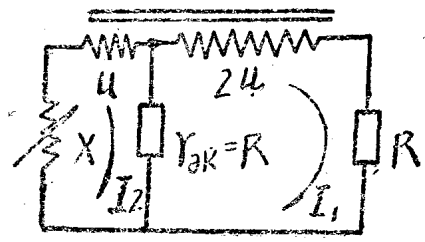


图 3, 6

$$2\dot{u} - \dot{i}_1 R = \dot{u}_\theta \quad (1)$$

$$\dot{u} + \dot{u}_\theta = j\dot{i}_2 X \quad (2)$$

$$\dot{u}_\theta = (\dot{i}_1 - \dot{i}_2) R \quad (3)$$

$$\text{由 (1) } \dot{i}_1 = \frac{2\dot{u} - \dot{u}_\theta}{R} \quad (1)'$$

$$\text{由 (2) } \dot{i}_2 = \frac{\dot{u} + \dot{u}_\theta}{jX} \quad (2)'$$

$$\text{则: } \dot{u}_\theta = \left(\frac{2\dot{u} - \dot{u}_\theta}{R} - \frac{\dot{u} + \dot{u}_\theta}{jX} \right) R, \text{ 即 } \frac{\dot{u}_\theta}{R} - \frac{2\dot{u} - \dot{u}_\theta}{R} = -\frac{\dot{u} + \dot{u}_\theta}{jX}$$

$$j2\dot{u}_\theta X - j2\dot{u}X = -\dot{u}R - \dot{u}_\theta R, \dot{u}(R - j2X) = -\dot{u}_\theta(R + j2X)$$

$$\therefore \dot{u}_\theta = -\dot{u} \left(\frac{R - j2X}{R + j2X} \right) = -\dot{u} e^{-j\theta} \quad (4)$$

式中 $\theta = 2 \tan^{-1} \frac{2X}{R}$ 。

由 (4) 式得知: 当电抗 X 变化时, 对角线电压 $\dot{u}_\theta$ 的终端轨迹是一个圆周, 而其幅度值等于恒定的电压 $\dot{u}$ 。根据这一点我们可以画出对角线电压 $\dot{u}_\theta$ 的工作圆图, 如图 4 所示。图中的 1 点表示当电抗 X 为最大时 (无磁化电流时) $\dot{u}_\theta$ 的终端轨迹, 而 1' 点表示当电抗 X 为最小时 (磁化电流为最大时) $-\dot{u}_\theta$ 的终端轨迹, 相角 θ 为对角线电压 $\dot{u}_\theta$ 的移相范围。

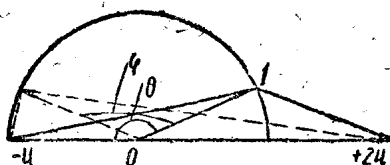


图 4

B) 試驗項目及其方法

I) 单元試驗

- ① 各組成元件的电阻及絕緣电阻測定；
- ② 桥式变压器及对角綫变压器的变比測定；
- ③ 饱和电抗器試驗：
 - (i) 測直流磁化綫圈的极性；
 - (ii) 測直流磁化綫圈的匝比（用交流低压測）。

2) 系統移相試驗

① 試驗目的及方法

本試驗的目的是要得知靜移相器在各种（即柵极点燃，不点燃和带化成負荷时）情况下的移相范围，即在各种情况下求出饱和电抗器磁化电流和对角綫电压相位的变化关系。

观察对角綫电压相位变化的方法，基本上可以采用两种方法，即视波器法和功率因数表法。如果只看最大的移位，电压表法亦可使用。这里只把功率因数表法介紹如下：

图 5 表示功率因数表連接在单相上的情形，在試驗前应当检查三相系統綫路接綫是否正确。各部的参数应当正常。

取电流 I_A 代表电压 u_{ax} 的相位。并用 R_1 調整电流使 $I = 1 \sim 5$ 安。又在尖波发生器一次取电压 u_{ax} 代表桥对角綫电压的相位，并用 R_2 調整电压以滿足功率因数表端子上的规定值，又为了减少在試驗时所造成的測量誤差，測 u_0 电压值时最好使用內阻較

大的电压表。除此之外，在試驗之前应当检查桥变压器和对角綫变压器的极性，然后在接綫时应使电压端子及电流端子的极性相符。

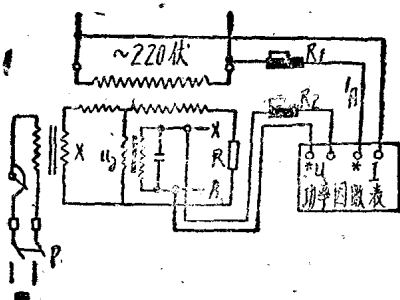


图 5

② 試驗特性

試驗結果表明：

(i) 靜移相器的移相能力是与柵极所处在工作状态有关，即柵极在未点燃时（未点励弧），其移相范围为 115° ；当柵极点燃时（点励弧时），其移相范围为 138.5° ；当柵极处在整流器大电流化成的情况下，其移相范围为 123.5° 。图6表示当直流磁化繞組匝数为1600时磁化电流和对角綫电压相位的变化关系。这个特性告訴我們：当确定柵极与主阳极間相位时，应考虑到柵极所处存在状态，即柵压点燃和不点燃时在初始相位上是不相同的，如图6所示。

(ii) 实际上，对角綫电压 u_0 和其电流在 I_0 在数值不是一个恒定值，而是随磁化电流的变化而变化的。同时这种变化以在化成状态下为最剧烈（去掉补偿电容器时除外），柵极点燃时次之，波动比較緩慢的是在柵极未点燃的时候（如图7所示）。

又根据試驗时的測量，在柵极未点燃时，电流 I_0 落后于电压 u_0 70° ；当柵极点燃时，电流落后于电压变成 25.5° 。又在饱和电抗器的磁化电流为零的条件下，对角綫电压的初始相位当柵极

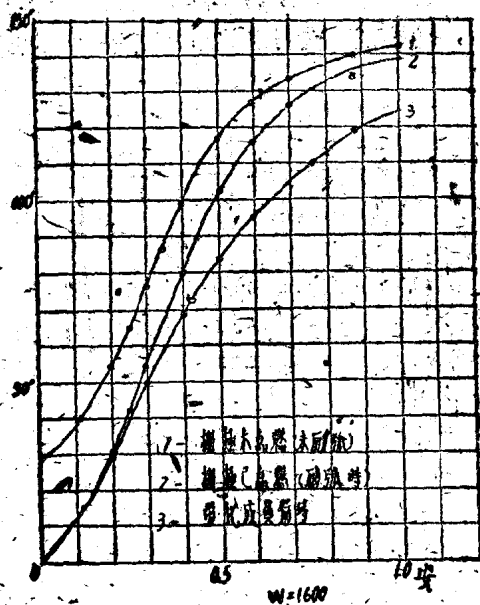


图 6

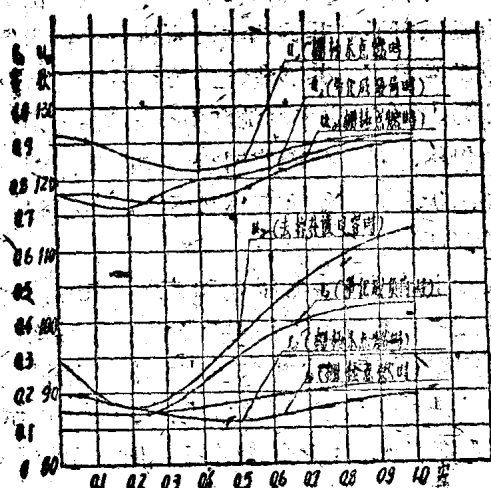


图 7

未点燃时为 48° ；当栅极点燃时为 20° 。

其次根据栅极处在各种状态下的试验数据（如表 1），绘制了对角线电压 u_d 的工作圆图如图 8 所示，这个圆图和我们前面所计算的理想工作圆图比较，有两个不同的地方，即：（1）圆图的圆心从原点向下移动了，其原因是由于桥对角线的功率因数不等于 1 的缘故；（2）对角线电压 u_d 的幅度值较理想圆图的电压幅度值降低了，这个原因我们认为受饱和电抗器中的有效电阻 R_x 和对角线中等效电阻 r_{Σ} 的影响所致。在前面的计算里 R_x 被忽略了， $r_{\Sigma} = R$ ，但在实际的设备中 R_x 并不为零，而 r_{Σ} 亦不完全等于 R ，因此造成了电压 u_d 幅度值的降低。

除此之外，从图 8 中又可看出：栅极点燃和不点燃影响到对角线电压初始角的变化，即对角线电压 u_d 在栅极点燃后其初始角向后移动了 28° ，造成这种移动的根本原因，我们初步认为是当栅极点燃后，因栅极带有阻性电流而使对角线电流 I_d 的相位向前移动的结果。

从图 8 中尚可看出：在不同状态下的工作圆图中，由于圆心向下移动的结果，所以随着对角线电压的相位变化，对角线电压的幅度值也在变化，这是很明显的，以上的试验数据是当电源电压接近额定值时获得的。

注：如果电源电压低于或高于额定电压，静移相器在不同磁化安匝的情况下，其对角线电压相位的移动范围是不同的，一般是电源电压高时移动范围小，电源电压低时移动范围大，因此在栅极定时时，应注意这种特性，特别是在将桥变压器一次绕组向前和向后倒换 30° 时，二次绕组的端子必须相应的倒换否则对角线电压相位的移动范围就缩小了，关于静移相桥对角线电压的相位随自用电电压变化的关系如图 9 所示（本试验特性是从设备资料抄录的，由于现场试验设备的限制，未作此项试验）。

§ 3. 水银整流器的定相问题

在离子拖动中，水银整流器的定相决定于电机的起动条件和电机在栅控中的运转状态。

① 柵极点燃时 (励弧时)

I_{HOM} (安)	0	0.115	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.88	1.0
φ^* (度)	0	15	31.5	54	79	102	116	126	134	138.5
θ (度)	20	35	51.5	74	99	122	136	146	154	158.5
u_d (伏)	113	118	117	117	117.2	118	121	122	124.4	125
I_d (安)	0.15	0.142	0.14	0.145	0.156	0.171	0.19	0.2	0.215	0.23

② 柵极未点燃 (未励弧时)

I_{HOM} (安)	0	0.115	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.88	1.0
φ^* (度)	28	40	54	76	99	107	127	133	139.5	143
θ (度)	48	60	74	96	119	137	147	153	159.5	162
u_d (伏)	126	125	123	122	121	122	123	125	125	125
I_d (安)	0.193	0.175	0.16	0.14	0.126	0.115	0.13	0.15	0.175	0.19

③ 柵极当带化成负荷时

I_{HOM} (安)	0	0.115	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.88	1.0
φ^* (度)	0	14	20	50	68.5	83	95	104	118.5	123.5
θ (度)	20	33	49	69	87.5	102	114	123	137.5	152.5
u_d (伏)	118	116	116	118	120	120	121.4	123	124.5	126
I_d (安)	0.15	0.14	0.14	0.15	0.225	0.3	0.36	0.41	0.44	0.47

④ 将补偿电容 C 去掉时

I_{HMO} (安)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
u_d (伏)	94	90	88	89	93	98	102.5	103	109.5	111.5	113

I_{HOM} —饱和电抗器的磁化电流; φ^* —对角线电压 u_d 的移相范围角; θ —对角线电压 u_d 的相位角 (距横坐标零轴)

a) 柵极的定相

柵极对主阳极间相位的决定是取决于电机的起动条件, 某轧钢厂轧钢电动机的起动是用电压从零逐渐升高的办法以完成起动的。因此它的定相要求柵控角 α 应不小于 90° , 以满足电机在接入水银整流器的整流回路时其入口电压为零。

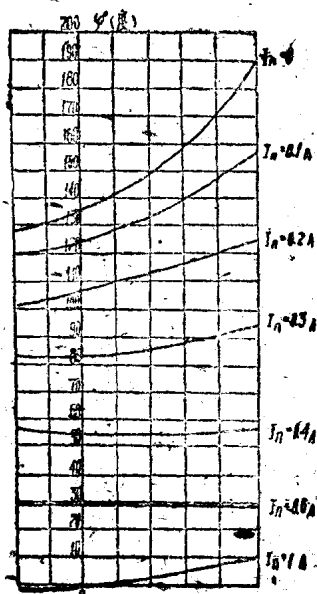


图 9 ΦC1—1 型静移相器的调整角与自用电电压变化的关系

当栅极在深调的状态下，为了使水银整流器的空载电压不致过高，调整角（栅控角） α 定 120° 为最合适。又为了减少自动调节系统（磁放大器部分）的功率输出，在空载电压不高的情况下，尽量加大偏位绕组的磁化电流，使 α 角向前移动一定角度。但必须注意：偏位绕组的磁化电流的增加不应超出电机的可靠停车条件（请参考第二章电压控制部分）。

定相的具体作法是：首先使静移相器的直流磁化电流等于零，然后在栅极点燃的情况下，定栅极的相位落后于该整流筒的主阳极相位 120° 。如果在栅极未点燃的情况下定相，事前应考虑到当栅极点燃后其相位应当产生的变化。在定相时为了检查各个主阳极对各个栅极间的相位，以用电压表测量各个端子的电压为最方便，某轧钢厂水银整流器的主变压器的二次电压为 780 伏，因此建议用测程为 2000 伏的交流电压表直接测量比较合适。又因为一般的相序表为低压的，不能用在这样高的电压系统，因此建议最好在化成时测定相序，或用与主变压器同步的低压电源接于主变压