

PGL—1型故障录波器屏统一原理接线 及复合起动继电器的工作原理

东北电力设计院 张修万

1977年夏水电部召开全国鉴定会，讨论确定了PGL—1型成套故障录波器屏统一原理接线，预计从1978年开始，许昌、阿城及上海继电器厂三厂同时生产，供应全国需要。配套所需的SC25型专用光线式录波器由上海电表厂生产。各厂生产的PGL—1型故障录波器，满足“四统一”要求，即统一技术标准；统一原理接线；统一图形符号及统一屏端子排。给设计、施工、运行提供了很大方便。对屏中各元件的组合、结构及安装方式不要求统一，便于制造厂生产。

PGL—1型和PGL—2型屏原理接线完全相同。

根据需要使用，本文着重介绍定型生产的PGL—1型故障录波器屏统一原理接线及复合起动继电器的工作原理。文后附了许昌、阿城及上海三厂PGL—1型屏的设备表，供使用参考。

一、成套故障录波器的构成

PGL—1型成套故障录波器由SC25型光线式录波器及起动装置屏两大部分组成。具体可分：交流回路；直流回路；振子回路及光线式录波器等部分。

1 交流回路

交流回路是故障录波器的起动测量部分。用以反映系统故障、振荡或其他原因出现起动量并达到起动值时，起动录波器拍照并使直流逻辑回路按给定条件控制故障录波器的工作。

交流回路原理接线见图1。

电压互感器二次侧电压经组合切换开关QK接点引入。QK开关的把手和接点位置图见表1。

交流回路中设置了三个起动元件：复合起动继电器FQJ；低电压起动继电器YJ及过电流起动继电器LJ。复合起动继电器FQJ由电容 C_{AB} C_{1C} $C_{C.}$ ，电阻 R_{AB} R_{1C} $R_{C.}$ 组成输出三相电压的负序电压过滤器；硅二极管 D_1 — D_6 组成的三相全波整流电路；零序变流器DLB；硅二极管 D_7 — D_{10} 组成的单相全波整流电路；抗干扰电容 C_1 ；微分电容 C_2 ；滤

波电容 C_3 ；调整负序电压和零序电流起动值的电阻 R_1 、 R_3 ；匹配增量和稳态量起 动灵敏度用电阻 R_2 ；放电电阻 R_4 ；零序变流器负载电阻 R_5 ；执行元件干簧继电器 GHJ ；保护稳压管 WY 及切换片 $1QP$ 、 $2QP$ 。另尚有起动中间继电器引来的两对常开接点 $1ZJ_3$ 、 $1ZJ_4$ 。

复合起动继电器系一具有灵敏、快速特性的新设计继电器，是 PGL 型成套故障录波器的主要起动继电器，可反映负序电压和零序电流增量或稳态量动作。其工作原理将在下节介绍。低电压起动继电器 YJ 及过电流起动继电器 LJ 均为普通 DL 、 DY (DJ) 型电磁式继电器，不另介绍。

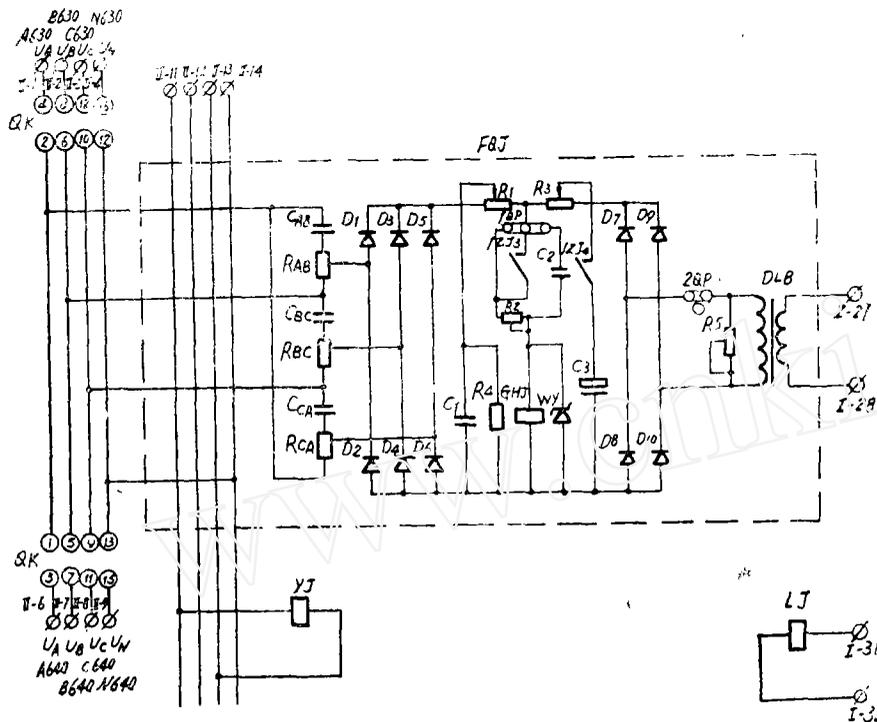


图 1 交流回路原理接线图

表 1

在第一组母线位置的把手型式和接点盒接线各位置	接点号	1-3	2-4	5-7	6-8	9-11	10-12	13-15	14-16	17-19	18-20	21-23	22-24
接于第一组母线时的位置		-	×	-	×	-	×	-	×	-	×	-	×
" "		×	-	×	-	×	-	×	-	×	-	×	-
断开时位置		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2 直流回路

直流回路包括直流逻辑回路和信号回路。直流逻辑回路是故障录波器的逻辑控制部分。用以根据运行要求，按起动信号的不同特征，控制故障录波器的起动和停拍，并给出相应的信号。

直流回路的原理接线见图2。直流逻辑回路包括：电阻1R、2R组成的直流分压回

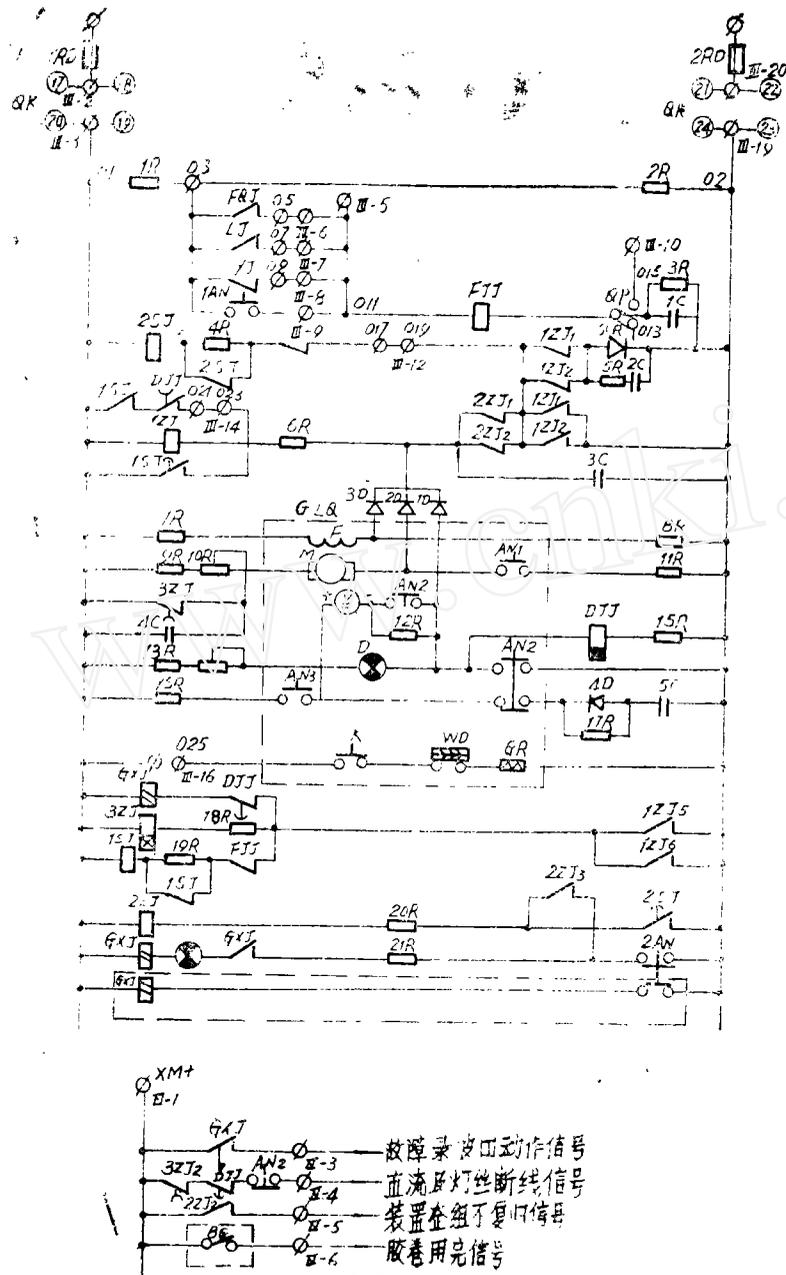


图2 直流逻辑回路及信号回路原理接线图

路，保证FQJ执行元件干簧继电器接点工作在允许电压范围内；可控硅SCR及接入其控制极的不同起动回路；可控硅试验时使用的切换片QP；电阻3R、5R，电容1C、2C构成的可控硅保护回路；整组试验按钮1AN；反映起动物件状态的极化继电器FJJ；起动物件中间继电器1ZJ；解除整组不复归中间继电器2ZJ；倍压起动物件切换中间继电器3ZJ；由电阻7R、8R及电机定子绕组F组成的录波器电机正常降压予励磁回路；正常短接降压电阻9R、10R的3ZJ常闭接点和电机转子M组成的录波器加速起动物件回路；隔离二极管1—3D；电机试验按钮AN₁；测量光源灯电压的直流电压表V及试验按钮AN₂和电压表保护电阻12R；光源灯D及由AN₂常闭接点和电容5C、二极管4D组成的加速燃亮回路；保护光源灯以免热状态下连续闪光损坏的增加时间常数的延时电阻17R；便于调试时观察光点的增亮按钮AN₃；光源灯灯丝断线及直流监视继电器DJJ；由按钮K、温度继电器接点WD及加热电阻GR组成的录波器磁系统恒温加热回路；装置动作信号继电器GXJ；倍压起动物件切换中间继电器3ZJ；装置整组复归时间继电器1SJ；装置长期不复归时解除录波器电机及光源灯工作的时间继电器2SJ；降压电阻6R、15R、18R、20R；复归按钮2AN；此外尚有接入直流电源的熔断器1RD、2RD和切换开关QK的接点等元件。

阿继与许继信号继电器复归方式不同，阿继厂产品GXJ复归接线如虚线方框所示，信号灯回路GXJ线圈改接到虚线方框内。

除直流逻辑回路外，还有信号回路。信号回路根据逻辑回路的动作情况可发出：故障录波器动作信号；直流电源或光源灯灯丝断线信号；装置整组不复归信号以及由SG25型录波器中机械接点发出的胶卷用完信号。

3 振子回路

振子回路是故障录波器记录系统故障电气量的电气—光学转换部分。用以将电力系统发生故障时来自电流和电压互感器二次回路的电气量，经过磁系统振子（通称振子）及振子中的小镜子，按线性关系转换为光学信号，以便通过光学系统在胶卷或涂有感光乳剂的记录纸上留下潜象，经过二次曝光或一般显影处理显示出波形曲线来。

振子回路原理接线见图3。

振子回路包括：由分流器1—12FLQ附加可调电阻1—12R及振子FC线圈组成的电流振子回路；由分压电阻1—

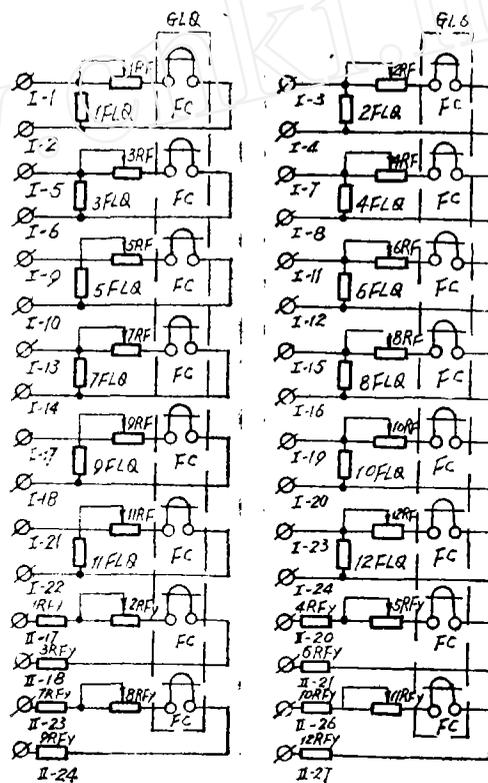


图3 振子回路原理接线图

12 R_{FY} 及振子FC线圈组成的电压振子回路；除2、5、8、11 R_{FY} 为可调电阻外，其余8个为固定分压电阻。上述振子回路均接至屏端子排上，但SC25型录波器本身只有12只振子，考虑到实际使用情况，在屏上配线时，建议将8只振子固定接电流回路，2只振子固定接电压回路，其余两只可视具体情况选接电流或电压。特殊情况下亦可全部振子均接电流回路或按其他需要联接。

本成套故障录波器配有FC6型振子20只，除正常使用12只外，尚有8只作备用。20只振子有三种不同规格，其参数性能及数量见下表。

表 2

振子型号	固有频率 H	工作频率 范围 H	灵敏度光 杠杆 mm/mA	内 阻 Ω	最大允许 电 流 mA	保证线性 最大振幅 mm	数 量 只
FC6—1200	1200	0—400	10	20 ± 4	5	$\pm 3\% \pm 40$	1
FC6—2500	2500	0—800	2	16 ± 4	30	$\pm 3\% \pm 40$	18
FC6—5000	5000	0—1700	0.38	12 ± 4	80	$\pm 3\% \pm 25$	1

4 光线式录波器

SC25型光线式录波器是故障录波器的波形记录部分，用以将系统故障时已转换为光学信号的故障电气量，摄录储存于胶卷盒中的胶卷上。光线式录波器的主要部件有：电机、变速箱、光源灯、灯室、观察屏、胶卷盒，胶片余量指示器、振动子和公共磁系统、直流电压表、按钮开关、电机试验按钮，光源灯试验按钮及增亮按钮，恒温加热装置以及安装支架等。

SC25型光线式录波器的电气接线部分见图2中虚线方框内接线，其接线端子图见图4。SC25型录波器通过背面接线端子与屏上的起动装置，连接成一个整体。录波器可以安装12个FC6型磁电式振子，能同时记录12道信号。录波器采用暗记录形式，

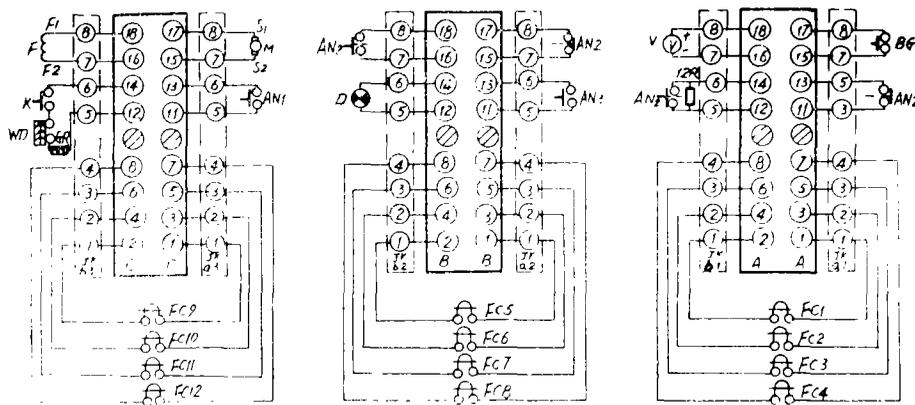


图 4 SC25型光线录波器接线端子图

可用120或135胶片。当录波器单独试验时，将白炽光源调换为高压水银灯后，亦可用61毫米或35毫米普通感光纸。记录纸最大储量为10公尺，移动速度为100毫米/秒。当作内过电压等测试记录需用高速时，需向厂家提出作特殊定货处理。低速误差 $\pm 25\%$ 。录波器采用7伏0.5安仪器泡作光源灯，从振子到记录纸的光臂长为250毫米。录波器的磁系统能使FC6型振子作俯仰及左右调节，并能用螺丝紧固，当振子装满磁系统时，振子插孔 $\phi 6$ 中的磁通密度 $B = 4000 \pm 400$ 高斯。

SC25型光线式录波器是按故障录波器使用而作的专用录波器，其内部元件和接线不需另外改装和改接。录波器作了正常运行时防止漏光的密封处理。

二、复合起动继电器的工作原理

PGL—1型成套故障录波器中的复合起动继电器FQJ是主要起动元件，用以反映各种不对称故障及不是绝对同时发生的三相短路。其起动量可为负序电压或变压器中性点零序电流的增量 ΔU_2 、 $\Delta 3I_0$ 或稳态量 U_2 、 $3I_0$ 。负序电压由输出三相电压的负序电压过滤器引入，零序电流由零序变流器引入。当FQJ反映稳态量动作时，执行元件（干簧继电器）回路仅是一普通直流电路，仅需正比于负序电压或零序电流的整流后直流电流大于执行元件动作值，继电器即动作，工作情况很简单，不赘述。本节仅讨论复合起动继电器中负序电压过滤器的工作及继电器反映增量动作时的情况。

1 输出三相电压的负序电压过滤器工作原理

输出三相电压的负序电压过滤器原理接线如图5。

图中参数按下面关系选择：

$$\begin{aligned} C_{AB} &= C_{BC} = C_{CA} = C \\ R_{AB} &= R_{BC} = R_{CA} = R \\ f &= f_{\text{工}} \\ X_{AB} &= X_{BC} = X_{CA} = X_C = \frac{1}{2\pi f C} \\ R &= \sqrt{3} X_C \end{aligned}$$

\dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C 为输入的三相电压， \dot{V}_a 、 \dot{V}_b 、 \dot{V}_c 为输出的对称三相电压，分别取自距 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C 、 \dot{U}_A 电位向量末端的电阻 R_{AB} 、 R_{BC} 、 R_{CA} 上压降的 $\frac{2}{3}$ 处，亦即：

$$\dot{V}_a = \dot{U}_B + \frac{2}{3} \dot{U}_{RAB}$$

$$\dot{V}_b = \dot{U}_C + \frac{2}{3} \dot{U}_{RBC}$$

$$\dot{V}_c = \dot{U}_A + \frac{2}{3} \dot{U}_{RCA}$$

由于接线系对称三相系统，故可以任一回路来分析其工作，得出有关的关系方程

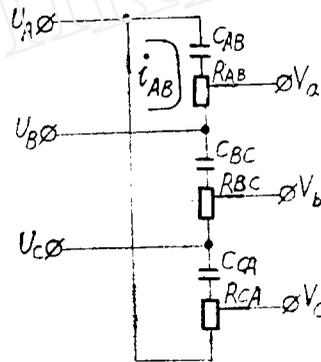


图5 输出三相电压电压的负序过滤器电路图

式, 然后按对称轮换关系, 写出其他两回路的关系方程式。现以 $\dot{U}_A \rightarrow C_{AB} \quad R_{AI} \rightarrow \dot{U}_B$ 回路为例:

设以 \dot{U}_A 向量为基准向量即 $\dot{U}_A = U_A e^{j0^\circ}$

$$\dot{Z}_{AB} = R_{AB} - jX_{AB} = Z_{AI} e^{j\varphi_Z} = Z_{AI} e^{-j30^\circ}$$

$$\varphi_Z = \operatorname{tg}^{-1} \frac{X_{AB}}{R_{AB}} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{1}{\sqrt{3}} = -30^\circ$$

$$\dot{i}_{AB} = \frac{\dot{U}_A - \dot{U}_B}{\dot{Z}_{AB}} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\dot{Z}_{AB}} = \frac{U_{AB} e^{j\varphi_{AB}}}{Z_{AI} e^{-j30^\circ}} = i_{AI} e^{j(\varphi_{AI} + 30^\circ)}$$

$$\dot{U}_{RAI} = \dot{i}_{AB} R_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\left(1 - j \frac{X_{AB}}{R_{AB}}\right)} = \dot{U}_{RAB} e^{j(\varphi_{AB} + 30^\circ)}$$

自电阻 R_{AI} 上距 \dot{U}_A 电位的 $\frac{2}{3}$ 处抽取电阻压降 \dot{U}_{RAB} 的 $\frac{2}{3}$ 为输出电压 \dot{V}_a , 则

$$\begin{aligned} \dot{V}_a &= \dot{U}_B + \frac{2}{3} \dot{U}_{RAI} = \dot{U}_B + \frac{2}{3} \frac{U_{AB} e^{j\varphi_{AB}}}{\left(1 - j \frac{X_{AB}}{R_{AB}}\right)} = U_{AB} e^{j\varphi_{AB}} + \frac{2}{3} \sqrt{1 + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2} e^{j(\varphi_{AB} + 30^\circ)} \\ &= U_{AB} e^{j\varphi_{AB}} + \frac{1}{\sqrt{3}} U_{AB} e^{j(\varphi_{AB} + 30^\circ)} \end{aligned}$$

式中 φ_B 、 φ_{AB} 分别为 \dot{U}_B 、 \dot{U}_{AB} 的相位角。

如以标么形式表示, 令 $|\dot{U}_{A*}| = |\dot{U}_{B*}| = |\dot{U}_{C*}| = 1, R_* = 1$, 代入 \dot{V}_a 式, 可写出输出电压 \dot{V}_a 的标么电压方程为:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{a*} &= \dot{U}_{B*} + \frac{2}{3} \dot{U}_{RAI} = e^{j\varphi_B} + \frac{\sqrt{3}}{3} e^{j(\varphi_{AB} + 30^\circ)} \\ &= e^{j\varphi_B} + e^{j(\varphi_{AB} + 30^\circ)} \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

同理经对称轮换可写出 \dot{V}_b 、 \dot{V}_c 的标么电压方程为:

$$\dot{V}_{b*} = \dot{U}_{C*} + \frac{2}{3} \dot{U}_{RFC} = e^{j\varphi_C} + e^{j(\varphi_{LC} + 30^\circ)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\dot{V}_{c*} = \dot{U}_{A*} + \frac{2}{3} \dot{U}_{RCA} = e^{j\varphi_A} + e^{j(\varphi_{CA} + 30^\circ)} \dots\dots\dots (3)$$

负序电压过滤器输出三相相间电压标么绝对值为:

$$\begin{aligned} |\dot{V}_{SC*}| &= |\dot{V}_{a*} - \dot{V}_{c*}| = |\dot{V}_{b*} - \dot{V}_{c*}| = |\dot{V}_{c*} - \dot{V}_{a*}| \\ &= \sqrt{3} V_{a*} = \sqrt{3} V_{b*} = \sqrt{3} V_{c*} \end{aligned}$$

当输入端接入额定正序电压时, $\varphi_{AB} = 30^\circ$ 、 $\varphi_{BC} = -90^\circ$ 、 $\varphi_{CA} = 150^\circ$ 、 $\varphi_A = 0^\circ$ 、 $\varphi_B = -120^\circ$ 、 $\varphi_C = 120^\circ$ 。以之代入(1)(2)(3)式, 得:

$$\dot{V}_{a*} = e^{j(-120^\circ)} + e^{j(30^\circ + 30^\circ)} = e^{-j20^\circ} + e^{j60^\circ}$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = 0 \\ \dot{V}_{1*} &= e^{j120^\circ} + e^{j(-90^\circ+30^\circ)} = e^{j120^\circ} + e^{-j60^\circ} \\ &= -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} = 0 \\ \dot{V}_{2*} &= e^{j0^\circ} + e^{j(150^\circ+30^\circ)} = e^{j0^\circ} + e^{j180^\circ} \\ &= 1 + j0 - 1 - j0 = 0 \end{aligned}$$

故当负序电压过滤器输入端接入正序电压时，滤波器的输出电压 $\dot{V}_{2*} = \sqrt{3} \times 0 = 0$ ，即无输出。其向量图如图 6 所示，此时 \dot{V}_a 、 \dot{V}_b 、 \dot{V}_c 为重合于坐标原点的一点，即为输入电压正三角形的内心，输出电压三角形是为 0 的特殊情况。

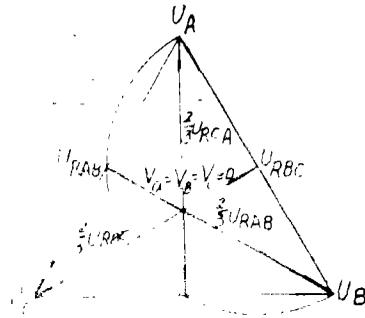


图 6 接入额定频率的正序电压时工作向量图

当输入端接入额定负序电压时，输入电压幅值与接入正序电压时相同，但相位角不同， $\varphi_{AB} = -30^\circ$ 、 $\varphi_{BC} = 90^\circ$ 、 $\varphi_{CA} = -150^\circ$ 、 $\varphi_A = 0^\circ$ 、 $\varphi_B = 120^\circ$ 、 $\varphi_C = -120^\circ$ ，以之代入(1)(2)(3)式，得：

$$\begin{aligned} \dot{V}_{a*} &= e^{j120^\circ} + e^{j(-30^\circ+30^\circ)} = e^{j120^\circ} + e^{j0^\circ} = e^{j60^\circ} \\ \dot{V}_{b*} &= e^{-j120^\circ} + e^{j(90^\circ+30^\circ)} = e^{-j120^\circ} + e^{j120^\circ} = e^{j180^\circ} \\ \dot{V}_{c*} &= e^{j0^\circ} + e^{j(-150^\circ+30^\circ)} = e^{j0^\circ} + e^{-j120^\circ} = e^{-j60^\circ} \end{aligned}$$

输出电压 $|\dot{V}_{2*}| = \sqrt{3} \times 1 = \sqrt{3}$ 。即当接入负序电压时，负序电压过滤器的输出电压等于输入电压的线电压，其工作向量图见图 7。此时 \dot{V}_a 、 \dot{V}_b 、 \dot{V}_c 相当于输入电源电压，但角度向正方向转了 60° ，相序为负序。联接 \dot{V}_a 、 \dot{V}_b 、 \dot{V}_c 三个向量末端构成的三角形，为输出电压三角形。

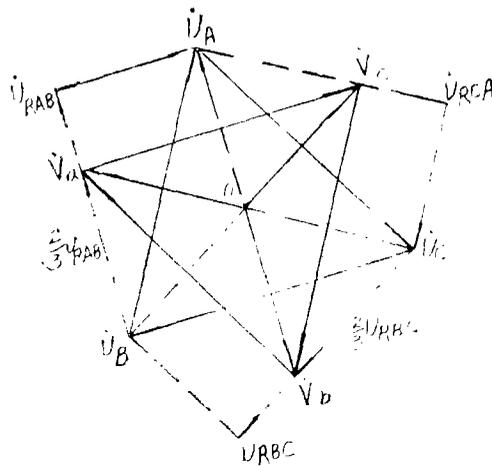


图 7 接入额定频率的负序电压时工作向量图

以上分析是当电源频率为额定值 $f = f_j$ 时情况，当电源频率偏离额定值时，过滤器输出电压的幅值及相位均将随频率而变化，此时可写出以频率 f 为变数的 \dot{V}_a 、 \dot{V}_b 、 \dot{V}_c 方程式如下：

$$\dot{V}_{a*} = e^{j\varphi_B} + \frac{2}{\sqrt{3 + K_f^2}} \cdot e^{j\left(\varphi_{AB} + tg^{-1} \frac{K_f}{\sqrt{3}}\right)} \dots \dots \dots (4)$$

$$\dot{V}_{b*} = e^{j\varphi_C} + \frac{2}{\sqrt{3 + K_f^2}} \cdot e^{j\left(\varphi_{BC} + tg^{-1} \frac{K_f}{\sqrt{3}}\right)} \dots \dots \dots (5)$$

$$\dot{V}_{c*} = e^{j\varphi_A} + \frac{2}{\sqrt{3+K_f^2}} \cdot e^{j\left(\varphi_{CA} + \lg^{-1} \frac{K_f}{\sqrt{3}}\right)} \dots \dots \dots (6)$$

式中 $K_f = \frac{f_H}{f}$ 。当 $f = f_H$ 时, $K_f = 1$, (4)(5)(6) 三式即分别与 (1)(2)(3)

三式相等。(4)(5)(6) 式所表示向量末端的变化轨迹为圆。当输入电压频率变化时, 滤波器的输出电压亦发生变化。联接对应于不

同频率时的 $\dot{V}_a, \dot{V}_b, \dot{V}_c$ 三个向量末端构成的三角形, 即为在该频率下负序电压滤波器输出的电压三角形。正三角形的每一边为滤波器的输出电压(相间电压), 亦即三相全波整流器的输入电压。

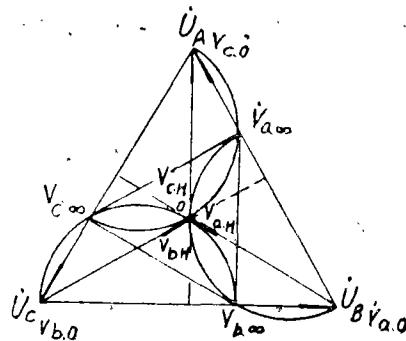


图 8 接入频率变化的正序电压时工作向量图

1) 接入频率变化的正序电压时

当接入频率变化的正序电压时, 滤波器将有由频率变化引起的不平衡输出, 其与频率变化关系的轨迹如图 8 向量图所示。

1) 当 $f = f_H$, 频率为额定值即 $K_f = 1$ 时, 满足 $R = \sqrt{3} X_C$ 的关系, 输出电压

$\dot{V}_{aH} = \dot{V}_{bH} = \dot{V}_{cH} = 0$, 输出电压三角形面积为 0, $\dot{V}_a, \dot{V}_b, \dot{V}_c$ 三点重合于坐标原点。

2) 当 $f = 0$, 频率为 0 即 $K_f = \infty$ 时, $X_C = \infty$, 输出电压 $\dot{V}_{a0}, \dot{V}_{b0}, \dot{V}_{c0}$ 分别与 $\dot{U}_b, \dot{U}_c, \dot{U}_a$ 重合, 理论上的输出电压等于电源电压, 但相对相位向后转动了 120° 。这种情况无实际意义。

(3) 当 $f = \infty$, 频率为无限大即 $K_f = 0$ 时, $X_C = 0$, 输出电压 $\dot{V}_{a\infty}, \dot{V}_{b\infty}, \dot{V}_{c\infty}$ 的线电压为电源电压的相电压。这种情况亦无实际意义。

实际情况是频率的变化界于两者之间 $0 < f < \infty$, 更确切地说是在额定频率附近变化, 分析两种极限情况是为了了解负序电压滤波器在频率变化时, 输出电压变化的趋势和边界情况。由图 8 可见, 虽接入正序电压, 但频率偏离额定值时, 负序电压滤波器的输出电压将不为 0, 当频率由额定值升高时, 输出电压三角形 $\triangle \dot{V}_a \dot{V}_b \dot{V}_c$ 的面积将从 0 (坐标原点) 展开, 随频率的升高而增大, 并以原点为中心, 向顺时针方向旋转; 当频率由额定值降低时, 输出电压三角形 $\triangle \dot{V}_a \dot{V}_b \dot{V}_c$ 的面积亦将从 0 (坐标原点) 展开, 随频率的降低而增大, 但以原点为中心, 向反时针方向旋转。由图 8 向量图及方程式 (4)(5)(6) 分析不难得知输出电压对频率的变率 $\frac{dV}{df}$, 在 f 为 $f_H \rightarrow 0$ 区间内较 $f_H \rightarrow \infty$ 区间有较大的变率, 即低频段 $\frac{dV}{df}$ 大, 高频段 $\frac{dV}{df}$ 小。因此在实际运行中, 如系统长期低周运行时, 负序电压滤波器可按实际运行可能较多的最低频率调平衡, 这样

当系统频率升高时，引起的稳态不平衡输出较小。

2) 接入频率变化的负序电压时

当接入频率变化的负序电压时，由于相位变化引起输出电压亦将变化，滤波器输出电压的变化轨迹如图9向量园图所示。

(1) 当 $f = f_H$ ，即 $K_f = 1$ 时，滤波器具有正常输出的负序电压，其值等于输入电源电压。

(2) 当 $f > f_H$ ，即 $K_f < 1$ 时，输出电压随 f 的升高而减小， $f \rightarrow \infty$ 时，输出电压趋近（减至）输入电压的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍。输出

电压三角形 $\triangle \dot{V}_{a0} \dots \dot{V}_{b0} \dots \dot{V}_{c0}$ 以原点为中心，向顺时针方向旋转。

(3) 当 $f < f_H$ ，即 $K_f > 1$ 时，输出电压随 f 的降低而增高，当 $f = \frac{f_H}{3}$ 时，有最大的输出电压值，约为输入电压的1.15倍。当 f 继续降低时，输出电压又由最大值开始减小；当 $f \rightarrow 0$ 时，输出电压又趋近于输入电源电压。输出电压三角形 $\triangle \dot{V}_{a0} \dots \dot{V}_{b0} \dots \dot{V}_{c0}$ 以原点为中心，向反时针方向旋转。

(3) 输出电压随频率变化的趋势

如前所述 $f = 0$ 和 $f = \infty$ 两种极端情况无实际意义，但从图9向量园图可以清楚看到负序电压滤波器接入负序电压时，输出电压随频率变化的变动趋势：

(1) 输出电压随频率变化而围绕额定频率时的值上下波动。

(2) 输出电压对频率的变率 $\frac{dV}{df}$ 较接入正序电压时小。

(3) 频率降低至 $\frac{f_H}{3}$ 时，输出电压有最大值。

(4) 频率在 0 到 ∞ 范围内变化时，输出电压不会为 0。

2 执行元件回路工作的暂态过程

复合起动继电器 FQJ 当反映增量动作时，如忽略数值很小的干簧继电器线圈电感，则执行元件干簧继电器和隔离电容回路，相当于接入直流电源的 RC 电路，闭合电路时，有一暂态过程产生，其基本原理接线如图10。图中 E 为正比于负序电压滤波器或零序变流器输出经整流后的直流电压， R_z 为定值调整电阻， R_c 为执行元件干簧继电器 GHJ 的线圈电阻， R_l 为匹配电阻， C 为微分（隔离）电容，切换片 QP 置于 1—2 接通位置。当系统发生故障时，相当于开关 K 闭合，将直流电源接通，电源经过 $R = R_z + R_c$ 向 C

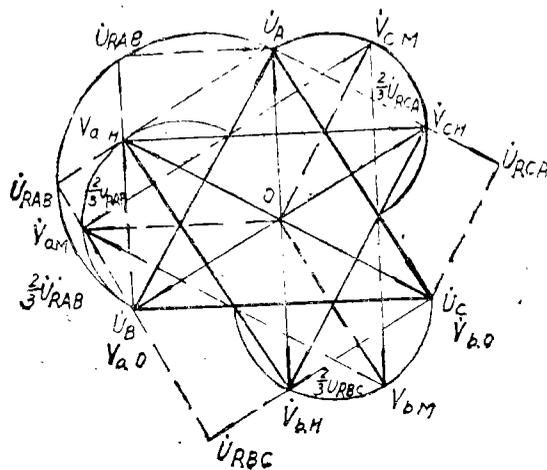


图9 接入频率变化的负序电压时工作向量图

光电。电容 C 上逐渐积累起电荷，电容两端电压 V_c 与其上电荷 Q 有如下关系： $V_c = \frac{Q}{C}$ 。因电路接通瞬间，电容上电荷来不及积累，故电容上电压不能立即建立，电容两端电压不能突变，即 $V_c = 0$ ，流过回路电流 $i = \frac{E - V_c}{R} = \frac{E}{R}$ 。电容的容抗 $X_c = \frac{1}{2\pi fc}$ ，当 $t = 0$ 瞬间，回路中有限电流 $i = \frac{E}{R}$ 流过，因 $V_c = iX_c = 0$ ，而 $i \neq 0$ ，故 $X_c \rightarrow 0$ ，但 $X_c = \frac{1}{2\pi fc}$ 中 C 为一常数，故必是 $f \rightarrow \infty$ 。亦即电源接通瞬间，电容所表现的特性与 $f = \infty$ 的正弦讯号接通的特性相同。

随着电容上电荷的积累，电容两端电压将逐渐上升，回路电流 $i = \frac{E - V_c}{R}$ 将随 V_c 的上升而减小，最后减小到 0 。电压 V_c 上升速度由快变慢，经一长时间 $t \rightarrow \infty$ ，电压 $V_c \rightarrow E$ 。整个电源电压全降在电容上。这时电容呈现电抗为无穷大。 $t \rightarrow \infty$ 时，相当于 $f = 0$ ，由图10可写出方程式 $E = iR + V_c$ ，将 $i = C \frac{dV_c}{dt}$ 代入上式，可得如下微分方程式：

$$E = RC \frac{dV_c}{dt} + V_c$$

解此微分方程可得 V_c 的通解：

$$V_c(t) = V_c(0) + [V_c(\infty) - V_c(0)](1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

上式表明 RC 电路中电容两端的电压 V_c 按指数规律变化。式中 $V_c(0)$ 为 $t = 0$ 时 V_c 的初始值，当滤波器正常无不平衡输出时 $V_c(0) = 0$ ； $V_c(\infty)$ 为 $t \rightarrow \infty$ 时 V_c 的极限（稳态）值， $V_c(\infty) = E$ ； $\tau = (R_z + R_c)C = RC$ 为电路的时间常数。将此代入通解可得：

$$V_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

同样，可写出回路（充电）电流方程式为：

$$i(t) = i(0)e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

根据上式可画出流经干簧继电器线圈回路的电流变化曲线如图11所示。图中分别绘

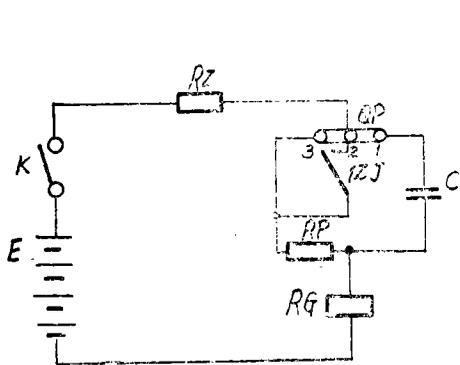


图10 复合起动继电器简化原理电路

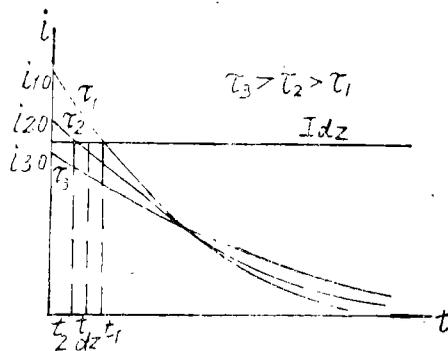


图11 流经执行元件干簧继电器的不同时间常数 $i = f(t)$ 特性曲线

出了在电容量 C 不变, 改变 R 的三条不同时间常数时的电流变化曲线。因 C 不变, 仅变 R , 故当改变 R 时, 不仅改变了时间常数 τ , 而且改变了回路电流的初始值 $i(o)$ 。 τ 愈小则 $i(o)$ 愈大电流衰减也愈快。

3. 复合起动继电器的动作条件

图11中 I_{dz} 为执行元件干簧继电器的动作电流, 为一定值, 与时间无关, 故为平行于时间轴的直线。 $i(t)$ 与 I_{dz} 的交点横座标为回路电流 $i(t)$ 发生正跳变后衰减期间持续大于动作电流的时间。图11中 t_1 、 t_2 为初始值电流 $i_1(o)$ 、 $i_2(o)$ 衰减期间大于 I_{dz} 的时间, 此时间如大于执行元件干簧继电器的动作时间 t_{dz} , 则干簧继电器 GHJ 动作, 反之则不动。图11中 $t_1 > t_{dz}$, $FQJ(GHJ)$ 动作; $i_3(t) < I_{dz}$ 第一条条件即不满足, 故不动; $i_2(t)$ 的初始值 $i_2(o)$ 虽大于 I_{dz} , 但 $t_2 < t_{dz}$, 故 $FQJ(GHJ)$ 仍不动作。其原因是虽然 $i_2(o) > I_{dz}$, 但干簧继电器接点尚未及闭合, 而 $i_2(t)$ 已衰减到 I_{dz} 值以下, 故 FQJ 的执行元件 GHJ 不能动作。

由此可见, 复合起动继电器 FQJ 当反映增量动作时, 其动作条件有二:

(1) 回路电流 $i(t)$ 大于干簧继电器 GHJ 动作电流 I_{dz} 。

(2) $i(t) > I_{dz}$ 的持续时间大于或等于 GHJ 的动作时间。

因此, 反映增量动作的条件明显地不同于反映稳态量动作条件。后者仅决定于电流的大小(是否大于动作值); 而前者不仅与电流大小有关, 而且与时间长短有关。此即反映增量动作灵敏度低于稳态量动作灵敏度的原因。为使两者灵敏度一致, 回路中设置了匹配灵敏度电阻 R_2 (图11中的 R_2)。

当复合起动继电器 FQJ 反映增量起动时, 其执行元件干簧继电器 GHJ 线圈回路因串入微分(隔离)电容 C_2 , 正常运行时无相序分量或虽有不平衡输出电压, 但由于 C_2 的隔离作用, 线圈无电流。仅当正常运行中突然发生故障, 反映相序分量的直流输出电压有正跳变, 跳变瞬间电容两端电位不能突变而形同短接, 故有按指数关系衰减的电流流过 GHJ 线圈, 当电流大于其动作值, 且持续时间大于或等于执行元件 GHJ 动作时间时, GHJ 继电器动作, 接点闭合, 控制可控硅触发导通。回路电流随电容两端电压上升而减小, 当电流衰减至 GHJ 动作电流以下时, 继电器返回。 FQJ 是否保持动作, 需视故障是否消失而定。如故障未消失, 则可控硅导通后起动中间继电器 IZJ 动作并自保持, FQJ 继电器电路中的 IZJ 常开接点闭合, 将电路切换改稳态电路工作, GHJ 线圈回路串入匹配电阻, 如流过 GHJ 线圈电流仍大于 GHJ 动作电流, 则 $FQJ(GHJ)$ 继续保持动作, 故障切除后, 无相序分量, $FQJ(GHJ)$ 方复归。

在 FQJ 继电器中设置匹配电阻的作用有二: 在无不平衡输出时, 用以匹配增量和稳态量的动作灵敏度, 使两者相等; 在有不平衡输出时, 用以在增量动作后, 避越稳态不平衡输出。

复合起动继电器采用增量起动的优点是:

(1) 干簧继电器 GHJ 线圈正常无电流流过, 可避免磁化。

(2) 可避越某些情况下正常时不能消除的稳态不平衡输出。

(3) 当用于五次谐波分量较重的系统时, 可不装五次谐波滤过器, 简化接线。

当系统故障为接地故障时, 除出现负序分量外, 尚有零序分量。零序电流经零序变流器DLB和单相桥式全波整流后, 加于FQJ的执行元件GHJ, 仅当正比于零序电流的整流后直流电压高于负序电压滤过器输出经整流后的直流电压, 且跳变峰值大于GHJ的动作值, 持续时间大于或等于GHJ的动作时间时, FQJ(GHJ)继电器方动作。因此负序电压和零序电流不能简单复合, 并非两者之和大于GHJ动作值FQJ(GHJ)即动作。一般情况下主要利用负序电压, 零序电流仅当某些地方使用负序电压起动灵敏度不足, 而零序电流有更高灵敏度时方使用。因此零序电流仅作辅助起动量用。

当电压互感器二次回路断线或其他原因, 使整流后的直流电压出现可能损坏GHJ的高电压时, 稳压管WY击穿, 起限幅保护作用。

三、屏端子排及端子接法

2. PGL-1 型故障录波器屏端子排

故障录波器屏的端子排见下:

I 交流电流回路	
1FLB	01
1FLB	02
2FLB	03
2FLB	04
3FLB	05
3FLB	06
4FLB	07
4FLB	08
5FLB	09
5FLB	10
6FLB	11
6FLB	12
7FLB	13
7FLB	14
8FLB	15
8FLB	16
9FLB	17
9FLB	18
10FLB	19
10FLB	20
11FLB	21
11FLB	22
12FLB	23
12FLB	24
	25
	26
DLB	27
DLB	28
	29
	30
LJ	31
LJ	32
	33
	34

II 交流电压回路	
QK	1 A630
QK	2 B630
QK	3 C630
QK	4 N630
	5
QK	6 A640
QK	7 B640
QK	8 C640
QK	9 N640
	10
QK	11
QK	12
QK	13
QK	14
	15
	16
1RFY	17
3RFY	18
	19
4RFY	20
6RFY	21
	22
7RFY	23
9RFY	24
	25
10RFY	26
12RFY	27
	28
	29
	30

III 直流逻辑回路	
	01 (+)1RD
QK	02 1
QK	03 01
1R	04 03
	05
05	06 011
07	07
09	08
1AN	09
0P	10 015
	11
017	12 019
	13
021	14 023
	15
0LX-K	16 025
	17
	18
QK	19 02
QK	20 2
	21 (-)2RD
	22
	23
	24
IV 信号回路	
TXM	1
	2
FXJ	3
AN2	4
ZZJ	5
BG	6
	7
	8
	9
	10

全屏端子排分四组：I组为交流电流回路端子，全部采用电流试验端子，每两端子间可以跨接，以便调试或退出有关设备时将电流互感器二次回路短接。II组为交流电压回路端子。III组为直流逻辑回路端子，其中部分作跨线端子用的为电流试验端子，其余为普通端子。IV组为信号回路端子。

PGL—2型屏端子排与PGL—1型屏完全相同。因PGL—2型屏上安装两套故障录波器，故PGL—2型屏上有两套PGL—1型屏的端子排，分装两侧。

2. 端子的使用联接方法

(1) 交流回路端子

II—1，II—2，II—3，II—4及II—6，II—7，II—8，II—9分别接入第一组和第二组母线电压互感器二次电压 U_A, U_B, U_C, U_N ，如系单母线或仅有一组电压互感器的接线，则任接一组端子均可，但切换开关QK应放在与之对应的位置上。II—11，II—12，II—13，II—14可接振子回路的电压振子分压回路或转接至其他屏。I—27，I—28接主变中性点零序电流互感器二次回路。当负序电压起动灵敏度已足够时，主变中性点零序电流亦可不用。I—31、I—32接主电源线路电流互感器的B相回路（接其它相亦可），如主电源线路为平行线则接和电流。如有两回主电路线路，必要时亦可增装第二电流继电器，利用空余端子接入。LJ除作过电流起动元件外，尚兼作振荡判别元件。

(2) 直流回路端子

直流操作电源来的“+”“—”两端可接熔断器之前，当不需经熔断器时，可直接接III—2、III—20。III—4、III—5必要时可接入其他起动继电器接点。III—10当单独测试可控硅特性时接入控制电流（此时切换片QP需切换至O13、O15接通位置）。III—6、III—7、III—8、III—12、III—14系电流试验端子。当断开III—6、III—7、III—8中的任一个时，可停用相应的起动继电器。当断开III—12时，可解除防止电机长时不复归回路，亦可在有两条主电源线路时，接入第二主电源线路的过流继电器接点。断开III—14时，可解除操作与故障鉴别回路。III—3和III—16端子当需使用恒温加热器时，可用跨线联接起来。

IV—1端子接直流信号“+”电源。IV—3、IV—4、IV—5、IV—6端子根据需要分别接至灯光和音响信号。

(3) 振子回路端子

I—1、II—2；I—3、I—4；I—5、I—6；I—7、I—8；I—9、I—10；I—11、I—12；I—13、I—14；I—15、I—16等8组端一般情况下固定接电流量。I—17、I—18；I—19、I—20；I—21、I—22；I—23、I—24可视需要再部分接电流量，特殊情况下，全部均接电流量亦可。II—17、II—18；II—20、II—21一般情况下固定接电压量。II—23、II—24；II—26、II—27两组可全接或接一组电压量。但振子使用总数不能超过12组。

四、原理接线的动作说明

正常运行无故障时，故障录波器装置中各元件状态如图2所示。反映系统故障的测量元件（起动继电器）均不动作，可控硅SCR不导通，电机定子线圈 F 经分压电阻接入约50%额定电压的予励磁，光源灯 D 回路经断线监视继电器线圈通而不亮，测量光源灯电压的电压表 V 连同串联保护电阻 $12R$ 被光源灯灯丝电阻短接而无指示，光源灯加速燃亮回路电容 $5C$ 已充好电（接近直流电源电压），全部回路中除直流及光源灯灯丝断线监视继电器 DJJ 处于励磁动作状态外，其他继电器均处于失磁状态。信号回路均未接通。

1. 系统发生不对称短路时：

系统出现负序电压或负序电压和零序电流两者的增量，复合起动继电器 FQJ （其执行元件是灵敏快速的干簧继电器 GHJ ）迅速动作， FQJ 的常开接点接通可控硅 SCR 的控制极回路，流经控制极电流已调定大于 SCR 的触发电流并有足够灵敏度，可控硅立即导通，电机转子 M 和光源灯 D 及其加速回路经中间继电器 $1ZJ$ 、 $2ZJ$ 的常闭接点接通电源，电机定子由50%额定电压予励磁转为额定电压励磁，电机转子在两倍额定电压下加速起动，光源灯加速燃亮， $SG25$ 型录波器开始录波。

可控硅导通后，起动中间继电器 $1ZJ$ 动作，经本身的两对桥式接点 $1ZJ_1$ 、 $1ZJ_2$ 自保持，并将电机及光源灯自可控硅阳极负载回路断开，自动切换经 $1ZJ$ 接点回路保持连续拍录。 $1ZJ$ 的另两对常开（切换）接点 $1ZJ_3$ 、 $1ZJ_4$ 闭合，励磁切换中间继电器 $3ZJ$ ，其常闭接点断开，将转子电压由两倍额定电压切换为额定电压。在复合起动继电器 FQJ 中的一对 $1ZJ_3$ 常开接点闭合，干簧继电器 GHJ 线圈回路的微分电容 C_2 经匹配电阻 R_2 分路， FQJ 在第一次动作后切换为反映稳态量工作，故障未消失前， FQJ 一直处于动作状态。 FQJ 中的另一对 $1ZJ_4$ 常开接点闭合，将接于零序电流全波整流输出端的滤波电容 C_3 投入。（因零序电流的整流电路是单相全波整流电路，波纹系数较差，如不接较大容量滤波电容，则当单独依靠零序电流工作时， GHJ 接点可跟踪100赫电源而抖动。如正常即将 C_3 接入，则又将大大延迟 GHJ 的动作时间，故采用正常时 C_3 不接入，仅在故障起动作后将 C_3 投入。）接于可控硅控制极回路，反映起动元件动作状态的极化继电器 FJJ ，在故障未消失前也一直励磁动作。 FQJ 的常闭接点将整组复归时间继电器 $1SJ$ 线圈回路断开，保证故障录波器在故障未切除前或重合闸周期内一直连续录波。断线监视继电器 DJJ 线圈因在可控硅导通 $1ZJ$ 开始动作时即被短接， DJJ 约经0.1秒延时复归，其常闭接点将经 $1ZJ$ 常开接点的装置动作信号继电器 GXJ 回路接通，装置向中央信号屏发出故障录波器动作信号，同时故障录波器屏上也发出自保持灯光信号，信号由值班人员手动复归。

故障切除或重合闸成功后，系统无故障，起动元件复归，反映起动元件状态的继电器 FJJ 因可控硅控制极回路开断无电流亦随之返回，可控硅阳极负载早经转移，故亦迅速关断。 FJJ 返回后其常闭接点将整组复归时间继电器 $1SJ$ 线圈回路接通， $1SJ$ 励磁其时限到后， $1SJ$ 终止接点闭合，短接 $1ZJ$ 线圈，整组接线复归正常状态。

2. 系统发生对称短路时

故障瞬间系统亦可能短时出现相序分量，复合起动继电器 FQJ 迅速动作，接通可控硅 SCR 控制极回路，触发可控硅，电机加速起动，光源灯加速燃亮， $SC25$ 型录波器开始录波。因系对称故障， FQJ 短时动作后可能复归，但低电压起动元件 YJ 或过电流元件 LJ 将接力动作，继续接通可控硅控制极回路，可控硅保持导通，故障录波器继续录波。

故障消失后，装置复归情况同前。

当低压或过流起动元件反映对称短路灵敏度不足时，可将反映距离三段阻抗继电器动作的接点或其他接点引来，接入备用接点引入端子，同 FQJ 、 LJ 、 YJ 接点并联，作对称短路起动元件用。

3. 系统发生振荡时

故障录波器起动装置感受到电压降低伴随电流增大，此时低压起动元件 YJ 常闭接点或过流起动元件 LJ 常开接点先后闭合或同时闭合，接通可控硅 SCR 控制极回路，触发可控硅， $SC25$ 型录波器开始录波。

因系统振荡开始时振荡周期一般较长，大于 DJJ 继电器失磁复归时间（约0.1秒），通常 YJ 和 LJ 动作后第一次接通可控硅 SCR 控制极回路的时间均大于 DJJ 的失磁复归时间，短时录波复归回路解除作用，以后即使低压和过流起动元件在系统振荡过程中断续起动，无论振荡周期是否愈来愈短，因反映起动元件动作状态的继电器 FJJ 随可控硅的通断而动作或复归，整组复归时间继电器 $1SJ$ 断续起动而不能连续计时，所以故障录波器将连续录波，录下振荡全过程。直到振荡平息后， YJ 和 LJ 全部复归， FJJ 亦复归，整组复归时间继电器 $1SJ$ 励磁，经 $1SJ$ 的整定时限后， $1SJ$ 终止接点短接 $1ZJ$ 线圈，装置方整组复归。

4. 系统操作短时出现相序分量时

系统内操作时可能短时出现相序分量，复合起动继电器 FQJ 动作， FQJ 接点闭合，接通可控硅 SCR 控制极回路，触发可控硅， $SC25$ 型录波器起动录波。但因操作出现相序分量时间很短，一般均小于3—4周波，故 FQJ 及 FJJ 继电器短时动作后迅速复归。 DJJ 继电器线圈自可控硅导通开始起动中间继电器 $1ZJ$ 即被短接失磁开始复归，但因 DJJ 不是瞬时复归，而是带0.1—0.15秒延时复归，故在短时录波一操作与故障鉴别回路中的 DJJ 常开接点失磁断开前，反映起动元件动作状态的继电器 FJJ 已先复归，接通整组复归时间继电器 $1SJ$ 线圈回路， $1SJ$ 励磁，其瞬动接点闭合，即将 $1ZJ$ 线圈短接， $1ZJ$ 失磁复归，整组接线随之复归，停止拍录。故当系统因操作短时相序分量时，故障录波器虽起动录波，但只拍录很短时间，可避免不必要的长期拍录，以节约胶卷。

5. 电压互感器二次回路断线或其他异常起动时

电压互感器二次回路断线时，会出现负序电压或失去电压， FQJ 或 YJ 继电器均可能起动，接通可控硅 SCR 控制极回路， SCR 导通， $SC25$ 型录波器起动录波。因在值班人员处理完故障前， FQJ 或 YJ 一直动作不复归， SCR 一直导通，反映起动元件动作状态的继电器 FJJ 亦一直动作， $1SJ$ 不能励磁，装置将长期不复归，故障录波器将长时录波。但此

时因系统无故障，过流起动元件 LJ 不会动作，其常闭接点一直闭合，故当可控硅 SCR 导通开始，起动中间继电器 $1ZJ$ 动作自保持，即将解除录波器长期不复归的时间继电器 $2SJ$ 线圈回路接通， $2SJ$ 励磁，待其整定时限到后， $2SJ$ 终止接点将解除录波器长期不复归的中间继电器 $2ZJ$ 线圈回路接通， $2ZJ$ 励磁动作自保持，其常闭接点将录波器电机和光源灯电源切断， $SC25$ 型录波器停止拍录， $2ZJ$ 常开接点发出装置整组不复归信号，以便运行人员及时排除故障。故障排除后，个别情况下如 $2SJ$ 继电器或信号未复归，可利用 QK 切换开关瞬间切至断开位置再迅速切回正常运行位置的方法来复归。

当装置中可控硅击穿，某些接点粘住或其他原因异常起动时，装置亦可能出现上述整组不复归情况，其动作解除情况同上。

6. 光源灯灯丝断线或直流电源消失时

光源灯灯丝断线时，断线监视继电器 DJJ 线圈串入高电阻 $12R$ ，不能保持动作而复归，因可控硅未导通，其他继电器均未励磁动作，故 DJJ 常闭接点延时复归闭合后经 $3ZJ$ 和 AN_2 常闭接点，发出灯丝断线或直流断电信号。因直流断电时，信号动作情况相同，故两信号合为一信号。

当灯丝断线时，除发出信号外， $SC25$ 型录波器上测量光源灯电压的电压表尚有指示。如仅有信号而电压表无指示，则表明是直流断电，运行人员可据此判断故障，正确处理。

7. 试验检查时

正常运行中为检查故障录波器是否良好，可利用试验按钮分别进行不同检查试验。

(1)按下整组起动试验按钮 $1AN$ ，相当于加上模拟起动信号，故障录波器整组动作一次，可检查直流逻辑回路及 $SC25$ 型录波器工作是否正常。

(2)按下电机试验按钮 AN_1 ，录波器电机在降压励磁情况下，慢速转动，可单独检查电机是否良好。

(3)按下光源灯试验按钮 AN_2 ，可检查光源灯工作电压是否正常，再同时按下增亮按钮 AN_3 ，可加额定电压于光源灯上，便于检查光点位置及调整信号振幅。

按下 AN_2 时，自动将直流及灯丝断线信号回路解除工作，以免 AN_2 接点短接 DJJ 线圈后误发信号。

正常运行中如发现电压表有指示时，未查明原因前，不得按下 AN_2 ，以免灯丝断线时损坏电压表。

进行上述试验时，宜将胶卷盒退出。

8. 投入及停用恒温加热器

当需使用恒温加热器时，将屏端子Ⅲ—3、Ⅲ—16用跨线连接，同时将按钮开关 K 合上即可。利用加热电阻 GR 加热磁系统，当磁系统温度升高到温度继电器的定值时，温度继电器 WD 接点自动断开；温度降低时又自动接通，这样可保证磁系统工作在一定温度范围内，满足振动子工作精度的要求。

当停用恒温加热器时，可断开按钮开关 K 。如根本不需使用恒温加热回路时，则Ⅲ—3、Ⅲ—16两端子间跨线不接即可。

附：PGL-1型故障录波器屏设备表

序号	符号	名称	型式	数量	备注
1	GLQ	光线式录波器	SC25	1	
2	∩	复合起动继电器	FQJ	1	最小定值 $n_2-3I_0-0.5A$
3	LJ	电流继电器	DL-32/10(许)DL-23C/10(阿)	1	DL-13/10(上)
4	YJ	电压继电器	DY-36/160(许)DY-28C/160(阿)	1	DJ-132/160(上)
5	FJJ	极化继电器	JH-1YHY-11	1	309.026.16.WI/WII2JY
6	1ZJ	电码继电器	DM-1(0042)(许.阿)	1	DZ-32/110(上)内阻4000Ω
7	2ZJ	中间继电器	DZ-318/110(阿) DZB-262/110(许)	1	DZ-503/220110V(上)
8	3ZJ	中间继电器	DZ-208/110(许) DZ-318/110(阿)	1	DZS-311.110V(上)
9	1SJ	时间继电器	DS-32C/220(许) DS-22/C220(阿)	1	DS-112C/220V(上)
10	2SJ	时间继电器	DS-33C/220(许) DS-23/C220(阿)	1	DS-113C/220V(上)
11	GXJ	信号继电器	DX-31/220(许) DXM-2A/220v	1	DX-50/110V(上)
12	DJJ	电码继电器	DM-(2200)(许.阿)	1	DZ-303/110V(上)
13	SCR	可控硅	3CT3 1000V	1	
14	1-4D	硅二极管	2CZ5 1000V	4	
15	1R	线绕电阻	RXYC-50-4K	1	
16	2R	线绕电阻	RXYC-10-300Ω	1	
17	3R	金属膜电阻	RJ-1-1K	1	
18	4R, 19R	线绕电阻	RXYC-20-27K	1	
19	5R	金属膜电阻	RJ-2-200Ω	1	
20	6, 15, 18, 20R	线绕电阻	RXYC-2-3-9K	4	
21	7R	线绕电阻	RXYC-50-1.2K	1	
22	8R	可调线绕电阻	RXYC-50-2.5K	1	
23	9R	线绕电阻	RXYC-50-1.5K	1	
24	10R	可调线绕电阻	RXYC-50-1K	1	
25	11R	线绕电阻	RXYC-50-3K	1	
26	12R	金属膜电阻	RJ-2-500K	1	此电阻装在录波器本体内
27	13R	线绕电阻	RXYC-100-400Ω	1	
28	14R	可调线绕电阻	RXYC-100-100Ω	1	
29	16R	线绕电阻	RXYC-50-2K	1	
30	17, 21R	金属膜电阻	RJ-2-20K	2	阿继产品无21R, GXJ线圈移下
31	1-4C	金属膜电容	CZJL-400-0.47T	4	
32	5C	金属膜电容	CZJC-400-20M	1	
33	QK	组合切换开关	LW2-2.2.2.2.2/FA-8x	1	
34	1-2RD	熔断器	220V 10A	1	
35	1-2NV	按钮	LA2	2	
36	Od	切换片		1	
37	1-12FLQ	分流器	30A 75mV	12	
38	1-12RF	附加可调电阻	WX-2-56Ω	12	
39	1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12RFY	分压电阻	RJ-2-24K	8	
40	2, 5, 8, 11RFY	电位器	MTH-2-10K	4	

表中(许)、(阿)、(上)分别表示是许继、阿继、上继产品。因三厂的电流、电压、时间、中间继电器型号不同,故将不同型号分别列出。