

大型发电机的过负荷保护

许昌继电器厂 张鸿仪

以往的同步发电机由于单机容量较小,过负荷能力较强,其过负荷保护一般采用定时过电流保护并作用于信号,当发电机过负荷时,发出过负荷信号。随着我国电力工业的发展,单机容量日益增大,但由于绕组采用内冷系统,发电机的体积却增大不多,绕组导体的电流密度大为增加;因此发电机的过热性能较差,过负荷能力降低,定延时的过负荷保护已不能满足需要。为了电力系统的运行稳定,并确保发电机的安全运行,需要采用能模拟发电机定子和转子绕组发热特性的反时限过负荷保护。这种保护在发电机过负荷时,先经定延时发出信号,然后经相当长的反时限延时作用于跳闸,这样就使值班人员有较长的时间处理过负荷问题,使发电机负荷恢复正常,保持系统稳定运行。过负荷保护继电器经常通过相当大的负荷电流,运行可靠性要求很高,不允许发生误动作,特别是不允许发生误跳闸现象。许昌继电器研究所研制成功了整流式的发电机定子过负荷继电器和转子过负荷继电器,这两种继电器具有线路简单,性能可靠,抗干扰能力强,不需另接直流稳压电源等特点,已实际应用于保护10~20万KW的发电机。本文先就发电机定子过负荷继电器作较详细的介绍。

发电机定子绕组过负荷时,其绕组将产生附加发热,将此发热看成绝热过程,则引起的温升变化,

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{P_1 - P_0}{C} = \frac{P_0}{C} \left(\frac{P_1}{P_0} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中, P_0 ——过负荷前铜损
 P_1 ——过负荷时铜损
 θ ——绕组温度
 C ——绕组热容量

$$\text{因 } P_0 = kI_0^2, P_1 = kI_1^2$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{P_0}{C} \left[\left(\frac{I_1}{I_0} \right)^2 - 1 \right]$$

$$dt = \frac{C}{P_0} \cdot \frac{1}{\left(\frac{I_1}{I_0} \right)^2 - 1} d\theta$$

$$t = \int_{\theta_0}^{\theta_m} \frac{C}{P_0} \cdot \frac{1}{\left(\frac{I_1}{I_0} \right)^2 - 1} d\theta$$

$$t = (\theta_m - \theta_0) \cdot \frac{C}{P_0} \cdot \frac{1}{\left(\frac{I_1}{I_0} \right)^2 - 1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中, θ_m ——最高允许温度

θ_0 ——过负荷前的绕组温度

I_c ——定子额定电流

I_1 ——过负荷电流

t ——允许的过负荷时间

因 θ_m , θ_0 , C , P_0 均为常数, 则

$$t = \frac{K}{\left(\frac{I_1}{I_c}\right)^2 - 1} = \frac{K}{I_*^2 - 1} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中, I_* ——定子绕组电流的标么值

如果考虑散热因素, 则

$$t = \frac{K}{I_*^2 - (1 + a)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中, a 值是与发电机定子绕组温升特性、温升裕度等因素有关的常数, 对于容量较大的大型发电机, a 值大约为0.01~0.02。

LL—3型定子过负荷继电器在出厂时, 反时限特性接近公式(3), 采用此特性, 可以确保发电机的安全。如果考虑提高系统的稳定性, 也可采用公式(4), 由用户对继电器进行适当调整。

LL—3型定子过负荷继电器, 在1.5倍额定电流下, 继电器的反时限延时为30、60、90、120秒, 用连接片LP 6~8整定, 接通的连接片下的数字和为延时整定值。这些延时整定值可以满足20~60万KW发电机组的保护要求。这是继电器出厂时的情况。如果用户认为必要, 经过适当调整, 也可在不大的范围内调整此延时整定值。之所以按1.5倍额定电流进行反时限延时整定, 是因为对于大型发电机的定子绕组, 1.5倍额定电流已是定子过负荷的最大限度, 超过此电流就不属于过负荷保护的范畴了。

考虑发电机定子绕组为三相平衡过负荷, LL—3型继电器设计为单相式。该继电器的额定周率为50HZ, 额定电流为5A。用户通过适当调整, 额定电流也可适当减小, 但不应小于3.5A。继电器的动作电流调整范围为1.1~1.25倍额定电流; 返回系数不小于0.85; 信号延时整定范围为2~10秒。

LL—3型继电器的方框图如图1所示。

LL—3型继电器的原理接线图如图2所示。

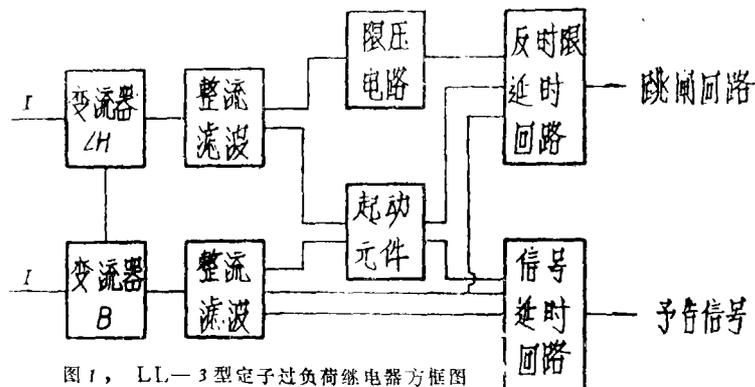


图1, LL—3型定子过负荷继电器方框图

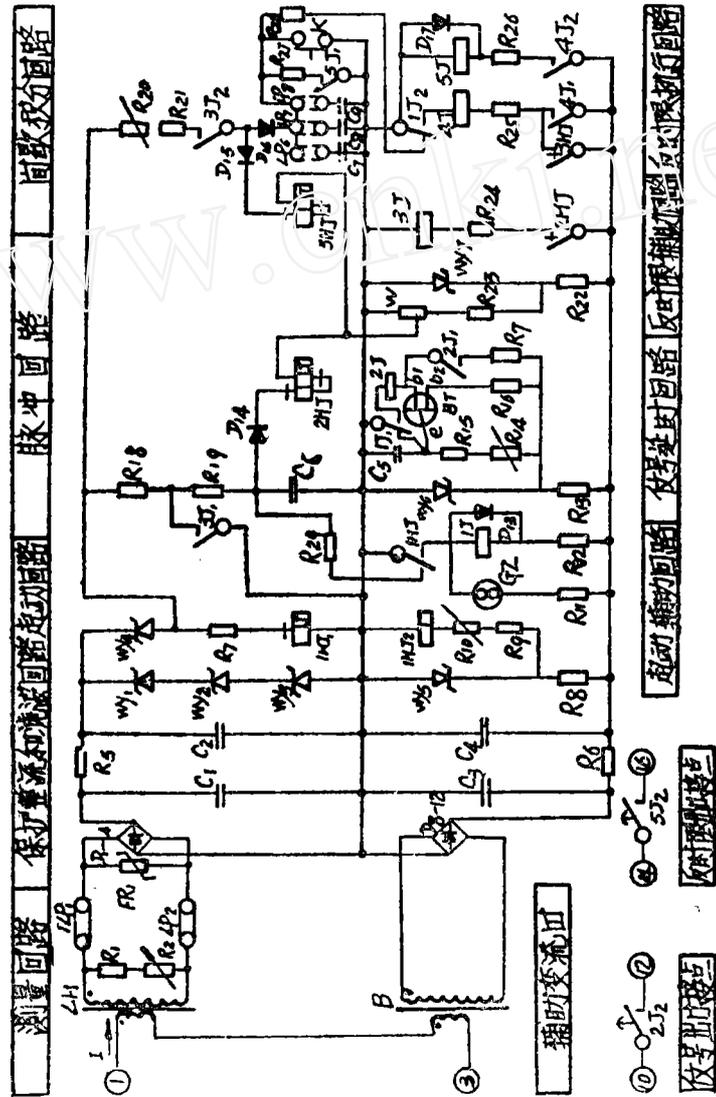


图 2, L.L-3 型继电器原理接线图

LH 为铁心不带气隙的输入电流互感器,其二次绕组与电阻 R_1 、 R_2 并联,这样在铁心没有饱和时,其输出电压 U_{LH} 与输入电流 I 成正比。 J_{LH} 经连接片 LP_1 和 LP_2 接到整流、滤波电路及由稳压管 WY_1 、 WY_2 和 WY_3 组成的限压电路,然后接到起动回路和反时限延时回路上。

为了提高继电器的抗干扰能力,继电器工作回路不用外加的直流电源供电,而用变流器 B 供电。变流器 B 铁心不带气隙,其二次绕组输出电压经整流、滤波后接入继电器工作回路,供给电能。

为了提高起动元件 $1HJ$ 的返回系数及进行动作电流调整,经整流、滤波后的变流器 B 的输出电压加到起动元件的制动回路上。由于采用了稳压电路, $1HJ$ 的制动绕组 $1HJ_2$ 中的电流基本上不受变流器 B 初级电流的影响。

起动元件 $1HJ$ 动作后,辅助继电器 $1J$ 动作,同时测试插座 GZ 上有电压, $1HJ$ 返回时, $1J$ 返回, GZ 上的电压消失,可以借助于高内阻直流电压表进行观测。

辅助继电器 $1J$ 动作后,其触点 $1J_1$ 起动信号延时回路。双基极二极管 BT 的两基极上加上稳定电压,其 RC 电路开始充电,当电容 C_5 上的电压升到 BT 的触发电压时, BT 呈现负阻特性, C_5 经 BT 的发射极 e 和第一基极 b_1 及小型密封继电器 $2J$ 的线圈放电, $2J$ 动作,其一付常开触点 $2J_1$ 用于自保持,另一付常开触点 $2J_2$ 用于控制外部信号电路。调整 R_{14} 可以进行信号延时整定。

从图2看出,当起动元件 $1HJ$ 没有起动,辅助继电器 $1J$ 没有动作时,双基极二极管 BT 的第一基极上没有加电压, BT 不可能误触发,其第二基极与发射极 e 之间有一反向电压,其数值与稳压管 WY_5 的稳压电压相当,约为 $15V$,而双基极二极管能耐受的反向电压为 $60V$,远大于 $15V$,因而此电路的可靠性是相当高的。

反时限延时回路由脉冲回路、间歇积分回路和一些辅助电路组成,起动元件 $1HJ$ 动作后,间歇积分回路的电容 C_6 充电,电压升高到使极化继电器 $2HJ$ 动作, $2HJ$ 接点闭合后,密封继电器 $3J$ 动作,其触点 $3J_1$ 闭合, C_6 放电, $2HJ$ 返回, $3J$ 返回; $3J$ 的触点 $3J_2$ 闭合时,电容 C_{7-9} 充电, $3J_2$ 每闭合一次,电容 C_{7-9} 充一次电,当其电压升高到一定值时,极化继电器 $3HJ$ 动作。 $3HJ$ 的接点闭合后,密封继电器 $4J$ 动作,而 $4J$ 的线圈在 $1J$ 动作后已通过其触点 $1J_2$ 与变流器 B 的二次直流回路连接。 $4J$ 动作后,其一付常开触点 $4J_1$ 用于自保持,另一付常开触点 $4J_2$ 闭合后使继电器 $5J$ 动作, $5J$ 的一付常开触点 $5J_1$ 使电容 C_{7-9} 放电,另一付触点 $5J_2$ 用于控制外部电路。小型按钮 K 是为了在调试时,使电容 C_{7-9} 电荷放净,以便测出准确的反时限延时。

为了得到接近于(3)式的反时限延时特性,在起动回路上增加了稳压管 WY_4 。设互感器 LH 经整流、滤波后的输出电压为 U , WY_4 上的电压为 U_w ,脉冲回路中使极化继电器 $2HJ$ 动作所需的电压为 U_{d1} 。此时电容 C_6 上的电压建立过程为

$$U_{c6} = (U - U_w) [1 - e^{-\frac{t}{(R_{18} + R_{19})C_6}}]$$

令 $R_M = R_{18} + R_{19}$, 则

$$Uc_0 = (U - U_w) (1 - e^{-\frac{t}{R_M C_0}})$$

$$e^{-\frac{t}{R_M C_0}} = \frac{U - U_w - Uc_0}{U - U_w} = 1 - \frac{Uc_0}{U - U_w}$$

$$t = -R_M C_0 \ln \left(1 - \frac{Uc_0}{U - U_w} \right)$$

Uc_0 升到 U_{d1} 所需时间

$$t_1 = -R_M C_0 \ln \left(1 - \frac{U_{d1}}{U - U_w} \right)$$

但是, 当 2 HJ 动作后 3 J 动作时, 电容 C_0 经 R_{10} 和接点 3 J₁ 放电, 当 C_0 上的电压降到 2 HJ 返回电压时, 2 HJ 返回, 随之 3 J 也返回, C_0 上的电压降到 U_c , C_0 重新开始充电. Uc_0 升到 U_c 所需时间

$$t_2 = -R_M C_0 \ln \left(1 - \frac{U_c}{U - U_w} \right)$$

于是脉冲间隔时间

$$t_s = t_1 - t_2 = R_M C_0 \left[-\ln \left(1 - \frac{U_{d1}}{U - U_w} \right) + \ln \left(1 - \frac{U_c}{U - U_w} \right) \right]$$

我们知道, 当 $|x| < 1$ 时

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots$$

所以

$$\begin{aligned} t_s &= R_M C_0 \left\{ - \left[-\frac{U_{d1}}{U - U_w} - \frac{1}{2} \left(-\frac{U_{d1}}{U - U_w} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(-\frac{U_{d1}}{U - U_w} \right)^3 - \dots \right] \right. \\ &\quad \left. + \left[-\frac{U_c}{U - U_w} - \frac{1}{2} \left(-\frac{U_c}{U - U_w} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(-\frac{U_c}{U - U_w} \right)^3 - \dots \right] \right\} \\ &= R_M C_0 \left\{ \left[\frac{U_{d1}}{U - U_w} + \frac{U_{d1}^2}{2(U - U_w)^2} + \frac{U_{d1}^3}{3(U - U_w)^3} + \dots \right] \right. \\ &\quad \left. - \left[\frac{U_c}{U - U_w} + \frac{U_c^2}{2(U - U_w)^2} + \frac{U_c^3}{3(U - U_w)^3} + \dots \right] \right\} \\ &= R_M C_0 \left[\frac{U_{d1} - U_c}{U - U_w} + \frac{U_{d1}^2 - U_c^2}{2(U - U_w)^2} + \frac{U_{d1}^3 - U_c^3}{3(U - U_w)^3} + \dots \right] \quad \dots (5) \end{aligned}$$

3 J 处于返回位置时, 接点 3 J₁ 断开, 充电电压 $(U - U_w)$ 使脉冲回路电容 C_0 充电, 3 J 处于动作位置时, 电压 $(U - U_w)$ 使间歇积分回路的电容 C_{T-0} (以 C_T 表示) 充电.

如果电压 $(U - U_w)$ 不间断地加于 $R_{20} + R_{21}$ (以 R_T 表示) 和 C_T 组成的充电电路上, 则 C_T 上的电压升到 3 HJ 动作时的电压 U_{d2} 所需的时间

$$t' = -R_T C_T \ln \left(1 - \frac{U_{d2}}{U - U_w} \right)$$

用级数展开

$$t' = R_J C_J \left[\frac{U_{d2}}{U - U_W} + \frac{U_{d2}^2}{2(U - U_W)^2} + \frac{U_{d2}^3}{3(U - U_W)^3} + \dots \right] \quad \dots\dots (6)$$

但实际上, C_J 是间歇充电的, 即当电容 C_0 通过 R_{10} 和接点 $3J_1$ 放电, $3J$ 的接点 $3J_2$ 闭合瞬间 t_s 时才能充电。 t_s 的大小由电阻 R_{10} 和电容 C_0 的数值以及 $2HJ$ 的动作和返回性能所决定, 一般为几十毫秒, 可以视为常数, 因而 C_J 的实际充电时间

$$t = \frac{t_s + t_s}{t_s} \cdot t' = \left(1 + \frac{t_s}{t_s} \right) t' \quad \dots\dots (7)$$

将 (5) 式和 (6) 式代入 (7) 式

$$t = R_J C_J \left[\frac{U_{d2}}{U - U_W} + \frac{U_{d2}^2}{2(U - U_W)^2} + \frac{U_{d2}^3}{3(U - U_W)^3} + \dots \right] \left\{ 1 + \frac{R_M C_0}{t_s} \cdot \left[\frac{U_{d1} - U_c}{U - U_W} + \frac{U_{d1}^2 - U_c^2}{2(U - U_W)^2} + \frac{U_{d1}^3 - U_c^3}{3(U - U_W)^3} + \dots \right] \right\} \quad \dots\dots (8)$$

适当调整电位器 W , 可以改变 U_{d1} 、 U_c 和 U_{d2} 的数值, 在一定的电流范围内, 可以得到接近 (3) 式的特性, 因 U_W 是稳压管 WY_1 的稳压值, 为常数。

在 (8) 式中, 设

$$R_J = 16.5K\Omega, C_J = 200\mu F, R_J C_J = 3.3\text{秒}$$

$$R_M = 33K\Omega, C_0 = 100\mu F, R_M C_0 = 3.3\text{秒}$$

$$U_{d1} = 12V, U_c = 6V, U_{d2} = 10V, U_W = 6.5V$$

$$t_s = 0.06\text{秒} (60ms)$$

$$I = I_s \text{时}, U = 18.5V$$

则 $I_* = 1.1$ 时, $U = 18.5 \times 1.1 = 20.35V, t = 340$ 秒

$I_* = 1.2$ 时, $U = 18.5 \times 1.2 = 22.2V, t = 177.2$ 秒

$I_* = 1.5$ 时, $U = 18.5 \times 1.5 = 27.75V, t = 59.8$ 秒

在计算中, t_s 是按一般情况给定的, t_s 的改变, 可由调整 R_J 得到补偿。

公式 (3) $t = \frac{K}{I_*^2 - 1}$ 中, 设 $t = 60$ 秒, $I_* = 1.5$, 则 $K = 75$, 按照 $t = \frac{75}{I_*^2 - 1}$ 计

算,

$I_* = 1.1$ 时, $t = 357$ 秒

$I_* = 1.2$ 时, $t = 170.4$ 秒

$I_* = 1.5$ 时, $t = 60$ 秒

从以上计算比较, 用公式 (8) 计算的结果与按理论公式 (3) 得到的延时特性曲线是相当接近的。继电器实际调试的结果, 更为接近。

LL—3 型继电器出厂时是按接近于公式 (3) 的特性校验的, 特性曲线如图 3 所示。用户如认为必要, 略微调整电位器 W , 适当提高 U_{d1} 和 U_{d2} , 则继电器的反时限延时特性可以接近于公式 (4)。

LL—3 型继电器可以模拟发电机定子绕组的散热特性, 这样在间歇出现过负荷时, 虽然起动元件间歇动作, 仍能避免继电器反时限回路误动作, 同时又可避免因定子过热而损坏发电机。制造厂按用户提供的定子绕组散热特性时间常数 T 选择 R_{23} , 用户也可

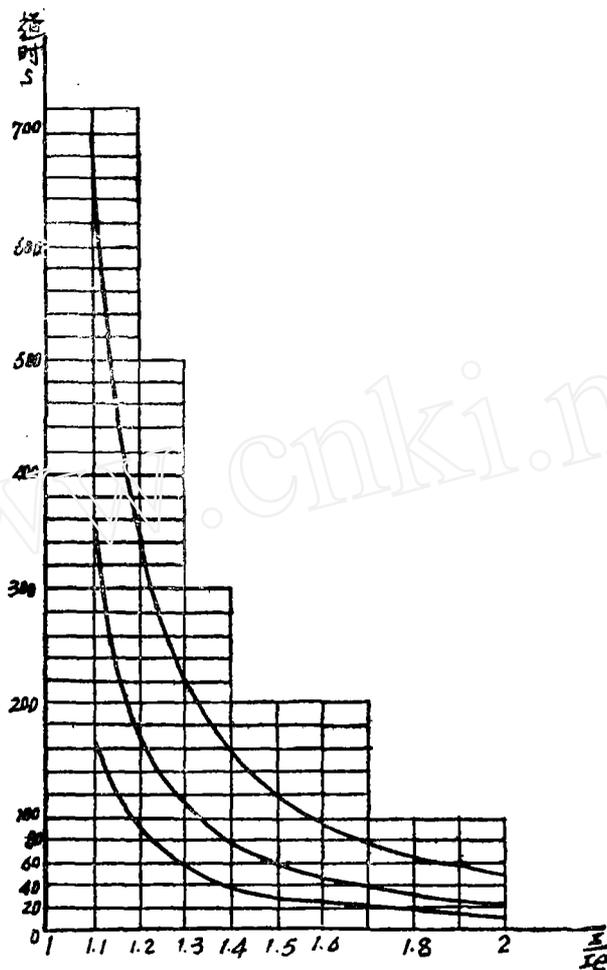


图3、LL-3型继电器反时限特性

自行更换，但应按公式(9)确定该电阻的数值。

$$R_{2s} = \frac{30T}{100t} (M\Omega) \quad \dots\dots (9)$$

式中， T ——发电机定子绕组散热特性时间常数

t ——用连接片(LP_{6-8})按名牌标定值整定的1.5倍额定电流下的延时数值

例如， $t = 60$ 秒， $T = 100$ 秒

$$R_{2s} = \frac{30 \times 100}{100 \times 60} = 0.5 M\Omega$$

充电电容 C_7 和 C_8 均为 $100\mu F$ ， C_9 为 $200\mu F$ ，由这几种电容组合，可以得到30、60、90和120秒的1.5倍额定电流下延时，因而用公式(9)计算 R_{2s} 的数值。

LL-3型继电器出厂时，1.5倍额定电流下的延时，用连接片 LP_{6-8} 整定，为30、60、90和120秒4种，如用户认为确有必要，需要改变此延时整定值，可以细心地调整

可调电阻 R_2 ，调整前需拧开锁紧螺母，调好后，应固紧锁紧螺母。此种调整仅能在不大的范围内改变整定值。如果过大，将破坏延时特性曲线的准确性。

LL—3型继电器出厂时，继电器的动作电流和反时限延时特性均按5A额定电流校验。如果由于系统的电流互感器(C.T)的变比影响，实际的额定电流小于5A，可以打开继电器的连接片 LP_1 和 LP_2 ，在互感器LH的一次绕组通5A交流电流，用高内阻交流电压表($\geq 1K\Omega/V$)测量其二次绕组输出电压。然后在其一次绕组中通实际的额定电流，拧开可调电阻 R_2 的锁紧螺母，细心调整 R_2 使其二次绕组输出电压保持不变，调好后，固紧 R_2 的锁紧螺母。用此方法调整，实际的额定电流不应小于3.5A。调好后，按此实际额定电流检查继电器的动作电流和反时限延时特性。

对于大型同步发电机，其转子绕组的过负荷能力也较差，在过励磁时间较长时，转子绕组也可能因过热而损坏，当系统发生短路故障时，为了保持系统的稳定，发电机转子一般将强行励磁，但如果强励时间过长，也会使发电机转子损坏。因此对于大型同步发电机，应安装转子过负荷保护。LL—2型转子过负荷继电器为通用型的，既可用于主励磁机为 $100H_z$ (或 $150H_z$)交流发电机经整流器给转子励磁的他励方式，也可用于由同步发电机自身发出的电压经变压器和整流器给转子励磁的自励方式，还可用于主励磁机为直流发电机的励磁方式，但此时转子电流需穿过用户自备的直流互感器，在直流互感器二次回路加220V辅助交流稳压电压，此二次回路中接电流表和本继电器的一次绕组，转子电流改变直流互感器导磁体的磁阻，因而也就改变了直流互感器二次回路的电流。

LL—2型继电器的方框图如图4所示。

LL—2型继电器的原理接线图如图5所示。

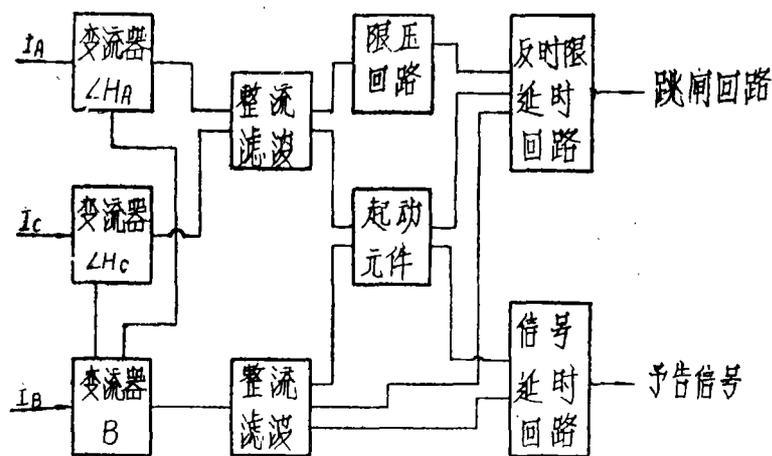


图4、LL—2型转子过负荷继电器方框图

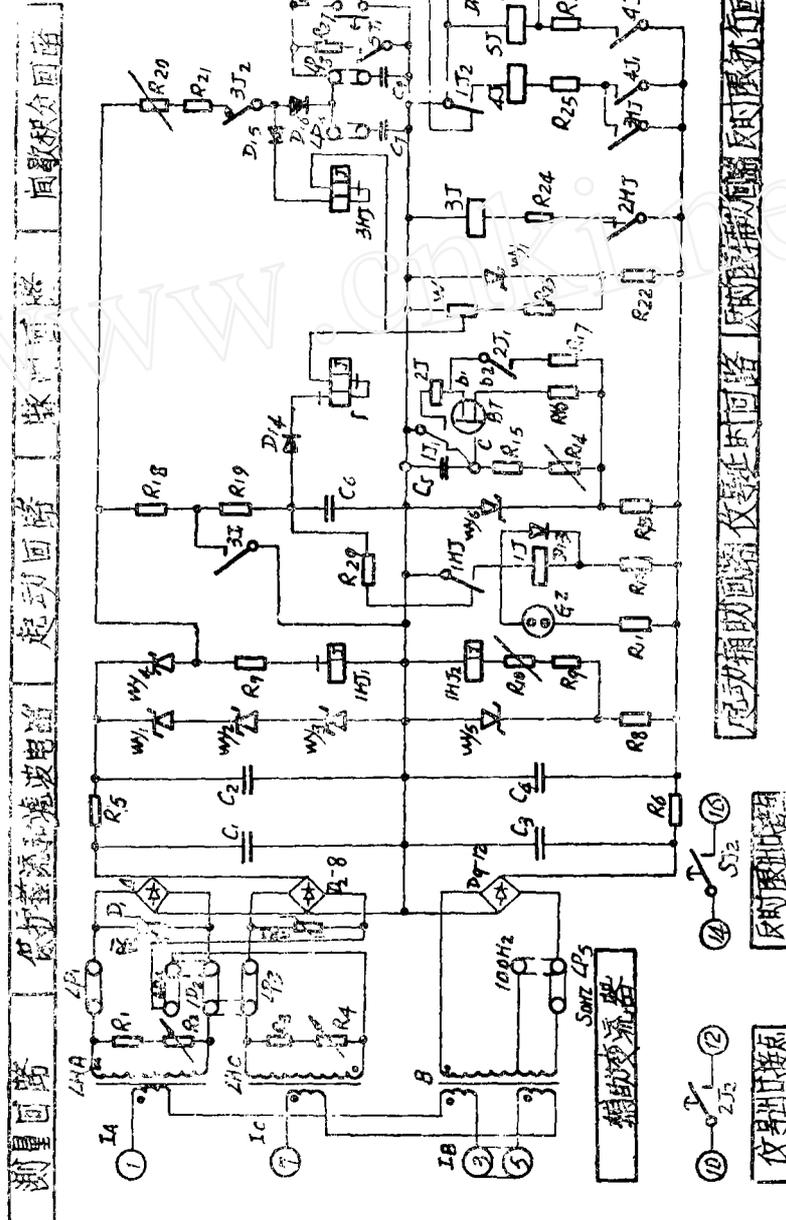


图 5、LL-2 型继电器原理接线图

LH_A 和 LH_C 为铁心不带气隙的输入电流互感器, LH_A 的二次绕组与电阻 R_1 、 R_2 并联, LH_C 的二次绕组与电阻 R_3 、 R_4 并联, 这样在铁心没有饱和时, 其输出电压 U_{LHA} 与一次电流 I_A 成正比, U_{LHC} 与 I_C 成正比, U_{LHA} 经连接片 LP_1 和 LP_2 接到整流桥 D_{1-4} , U_{LHC} 经连接片 LP_3 和 LP_4 接到整流桥 D_{5-8} 上。整流后的电压接到由 C_1 、 R_5 和 C_2 组成的滤波电路上及由稳压管 WY_1 、 WY_2 和 WY_3 组成的限压电路上, 然后接到起动回路和反时限延时回路上。

当转子由交流主励磁机经整流器励磁时, 或采用自励方式时, 连接片 LP_2 、 LP_3 和 LP_4 均按实线位置连接, 此时两组整流桥 D_{1-4} 和 D_{5-8} 均投入工作, 继电器的额定电流为5A。当转子由直流主励磁机励磁时, 继电器的端子3、5连接, 端子1、7接入直流互感器二次回路, 连接片 LP_2 、 LP_3 和 LP_4 按虚线位置连接, LH_A 和 LH_C 的二次回路电压相加并接到一组整流桥 D_{1-4} 上, 另一组整流桥 D_{5-8} 则退出工作, 此时继电器的额定电流变为2.5A。采用直流主励磁机励磁方式, 用户在订货时应在订货单上写明, 以便制造厂进行专门的调整, 否则制造厂一律按5A额定电流校验, 即按交流主励磁机经整流给转子励磁或自励磁方式调整。

变流器B铁心不带气隙, 其二次绕组输出电压经整流、滤波后接入继电器工作回路, 供给电能。

当同步发电机转子采用自励方式或由直流主励磁机励磁时, 继电器的额定周率为0HZ, 连接片 LP_5 应转到50HZ位置。当同步发电机转子由100HZ(或150HZ)交流主励磁机经整流器励磁时, 连接片 LP_5 应转到100HZ位置, 此时继电器的额定周率为100HZ。当继电器使用于100HZ周率, 特别是用于150HZ周率时, 用户应对继电器的动作电流和反时限延时特性在使用的额定周率下进行细心校验, 以保证继电器能在该周率下可靠工作。

考虑到发电机转子允许通过的强励电流时间, LL—2型转子过负荷继电器的反时限延时, 在2倍额定电流下为10、20和30秒, 用连接片 LP_6 和 LP_7 进行整定, 接通的连接片下的数字和为延时整定值。

LL—2型继电器的动作电流调整范围为1.05~1.2倍额定电流, 返回系数不小于0.85, 信号延时调整范围为2—10秒。

LL—2型继电器的起动回路、信号延时回路和反时限延时回路与LL—3型继电器基本相同, 关于其动作原理和工作过程, 这里不再重述。

LL—2型继电器出厂时是按接近公式(3)的特性校验的, 特性曲线如图6所示。如用户认为必要, 可略微调整电位器 W , 适当提高 u_{d1} 和 u_{d2} , 则继电器的反时限延时特性可以接近于(4)式。式中, I_{*} 为继电器的一次相电流标么值按平衡过负荷考虑, 电流 I_{*} 与转子励磁电流 I_f 成正比。

LL—2型继电器可以模拟发电机转子的散热特性, 这样在间歇出现过负荷时, 虽然起动元件间歇动作, 仍能避免反时限回路误动作, 同时又可避免因转子过热而损坏发电机。制造厂按用户提供的转子绕组散热特性时间常数 T 选择 R_{2s} , 用户也可自行更换, 可按公式(10)确定电阻 R_{2s} 的数值

$$R_{2s} = \frac{10T}{100t} (M\Omega) \quad \dots\dots (10)$$

式中, T ——发电机转子绕组散热特性时间常数

t ——用连接片 (LP_6 、 LP_8) 按名牌标定值整定的 2 倍额定电流下的延时数值

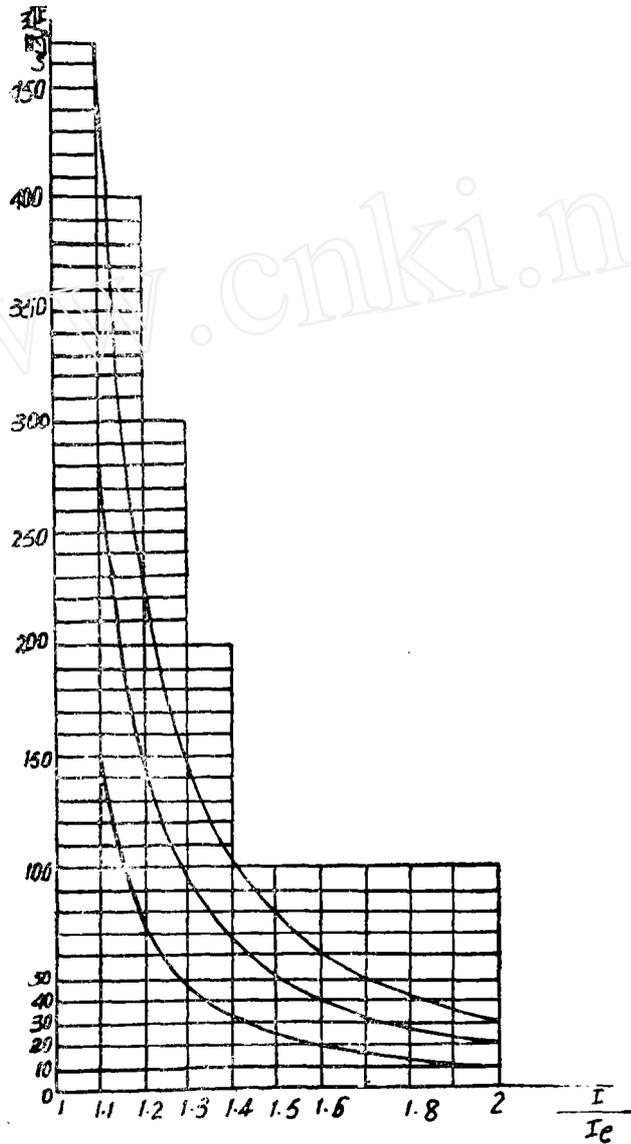


图 6、LL-3 型继电器反时限特性

例如, $t = 20$ 秒, $T = 50$ 秒

$$R_{2s} = \frac{10 \times 50}{100 \times 20} = 0.25 M\Omega = 250 K\Omega$$

充电电容 C_7 为 $100\mu F$, C_8 为 $200\mu F$, $C_7 + C_8 = 300\mu F$, 分别得到10秒、20秒和30秒的2倍额定电流下延时, 因而用公式(10)计算 R_{20} 的数值。

LL—2型继电器出厂时, 2倍额定电流下的延时, 用连接片 LP_6 和 LP_8 整定, 为10、20和30秒三种时间。如果用户认为确有必要, 需要改变此延时整定值, 可以细心地调整可调电阻 R_{20} , 调整前需拧开锁紧螺母, 调好后应固紧锁紧螺母。此种调整仅能在不大的范围内改变整定值。如果过大, 将破坏延时特性曲线的准确性。

LL—2型继电器出厂时, 除用户在订货时指明采用直流主励磁机的励磁方式外, 继电器的动作电流和反时限延时特性均按5A额定电流校验的。如果由于系统的电流互感器(C.T)的变比影响, 实际的额定电流小于5A, 可以打开继电器的连接片 LP_1 和 LP_2 、 LP_3 和 LP_4 , 将继电器的端子3和5连接, 在端子1和7之间, 即变流器 LH_A 和 LH_C 的一次绕组中通5A单相交流电流, 用高内阻交流电压表($\geq 1K\Omega/V$)分别测量 LH_A 和 LH_C 的二次绕组输出电压 U_{LHA} 和 U_{LHC} , 两者应当相等。然后在其一次绕组中通实际的额定电流, 拧开可调电阻 R_2 和 R_4 的锁紧螺母, 细心调整 R_2 和 R_4 , 使 U_{LHA} 和 U_{LHC} 保持原来数值并相等。调好后, 固紧 R_2 和 R_4 的锁紧螺母。用此方法调整, 实际的额定电流不应小于3.5A。调好后, 按原位置接通 LP_1 、 LP_2 、 LP_3 和 LP_4 , 并按此实际额定电流检查继电器的动作电流和反时限延时特性。

如发电机采用直流主励磁机励磁, 而用户在订货时又未指明, 可以先将继电器端子3、5连接, 在端子1和7之间通5A, 50HZ交流电流, 用高内阻直流电压表($\geq 4K\Omega/V$)测量电容 C_2 上的电压 U_{C2} , 然后将连接片 LP_2 、 LP_3 和 LP_4 按名牌上的虚线位置连接, 在端子1和7之间通2.5A额定电流或不小于1.75A的实际额定电流, 细心调整 R_2 和 R_4 , 使电压 U_{C2} 保持原来的数值, 并用高内阻交流电压表分别测量 LH_A 和 LH_C 的二次绕组输出电压 U_{LHA} 和 U_{LHC} , 使两者保持相等。

LL—2型转子过负荷继电器还可起到交流主励磁机在相间短路或三相短路时的后备保护作用。

LL—2型转子过负荷继电器和LL—3型定子过负荷继电器, 靠增加输入电流互感器, 还可以发展成三相式的继电器。

上述两种继电器用JH—1Y型极化继电器作为起动元件, 可靠性较高, 但该极化继电器的返回系数较低, 通过稳压管 WY_4 的作用及在制动绕组 $1HJ_2$ 中通制动电流, 可以将返回系数提高到0.85以上。如极化继电器的返回系数调得高一些, 则该两种继电器的返回系数可以提高到0.9以上。

该两种继电器用两只JH—1Y型极化继电器作为反时限延时回路中产生延时的主要元件, 但JH—1Y继电器的动作电压有2~3%的变差, 因而以JH—1Y为主要元件的脉冲回路和间歇积分回路组成的反时限延时回路的延时变差也较大, 一般在10%左右。这是此两种继电器的不足之处。但是由于用JH—1Y继电器作为时限延时回路的主要元件, 可靠性很高, 并且在1.1倍额定电流下可以产生长达700~800秒的延时, 这是其主要优点。如果需要更高的反时限精度和动作电流精度及更高的返回系数, 可以选用晶体管式或数字电路式的过负荷继电器。

此两种继电器在1.1倍额定电流下的反时限延时约为1.2倍下的两倍，因而作反时限延时特性试验时，必须注意电流的稳定，避免电流波动对延时的影响。此两种继电器为极端反时限继电器，其反时限程度较反时限负序电流继电器更高，因而在试验反时限特性时必须注意电流波动的影响。

对于20万KW以上的大型发电机组，LL—2和LL—3型过负荷继电器是具有较高可靠性的过负荷保护设备。对于较小的机组，如果电站设计者认为必要，也可选用。

参 考 文 献

1. 《大型机组晶体管继电保护》上册
许昌继电器研究所
清华大学 电力系1977年6月
2. 《大容量发电机组整流式成套继电保护装置技术报告》① 内蒙古自治区电力勘测设计院
1975年 呼和浩特