

DZ — 10 型中间继电器限制钩对其工作的影响

徐振华

高春如

无锡双河尖热电厂(214000)

华东电业管理局望亭发电厂(215155)

摘要 本文从DZ—10型继电器电磁结构(类似结构的其它继电器亦有类似问题)着手,分析了其磁路特点、等效磁路、电磁力、电磁力矩以及动作开始的力矩方程。阐明限制钩和街铁之间产生有害的磁制动力矩,此力矩和其接触良好程度、接触面积的大小有很大关系。不良的调整能使继电器拒动,或降低返回系数。从而提示调整及制造时应注意的地方,也建议采用非磁性材料的限制钩为佳。

关键词 中间继电器 电磁结构 限制钩 电磁力矩 动作力矩 制动力矩。

概述

DZ—10型中间继电器的拒动一般有下列两种原因。

(1) 由于电磁铁卷断线造成DZ—10型继电器拒动的原因比较明显,可将继电器线卷进行浸漆密封,或选用较低额定电压采用串联附加电阻等办法予以防止继电器断线。

(2) 由于磁路系统调整不合理造成继电器拒动的原因往往被人们忽视,这一拒动现象,笔者在调试过程中曾多次遇到,调试人员有时认为限制钩调整后对继电器的动作影响不大,未经试验就投入运行,结果造成运行中拒动。为此,对这一问题有必要进行理论分析,并提醒制造厂和运行部门注意。

1 DZ—10型继电器的力矩和力矩方程。

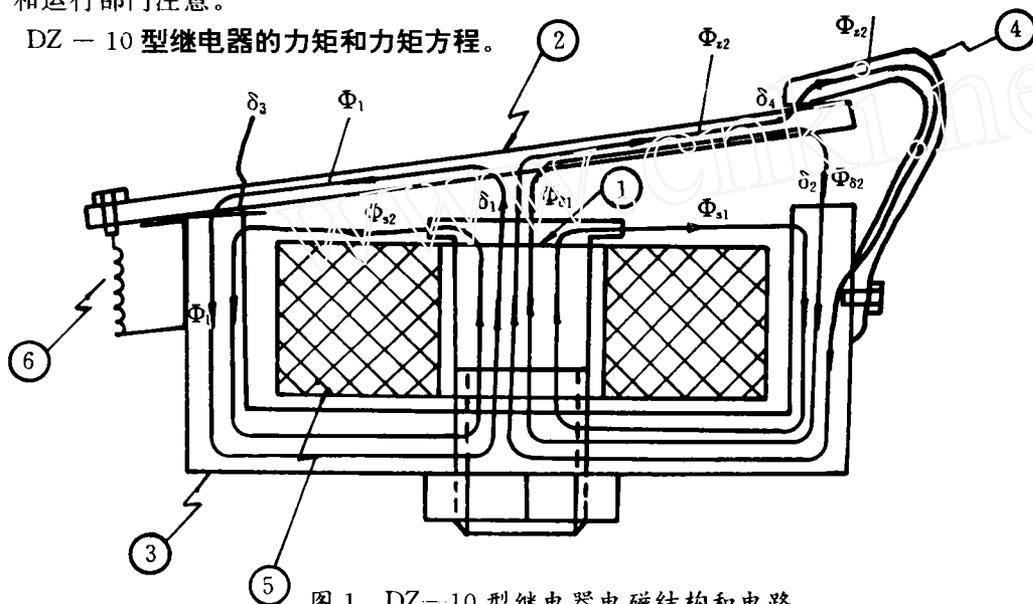


图1 DZ—10型继电器电磁结构和电路

1.1 DZ—10型继电器的电磁结构

DZ—10型继电器的电磁结构如图1所示,它主要有导磁良好的电磁铁芯柱1,可转动的

收稿日期:1994—10—28

衔铁 2, U 字形电磁铁 3, 由铁磁材料做成的限制钩 4, 电磁线卷 5, 产生制动力矩的弹簧 6 等组成。

1.2 磁路特点

DZ-10 型继电器的磁路如图 1 所示, 线卷 5 外加直流电压 U_d , 在线卷内产生电流 I , 当线卷为 W 匝时, 则产生磁势 $IW = \frac{U_d}{R}W = KU_d$, R 为线卷直流电阻, $K = \frac{W}{R}$ 为常数, 一般在额定电压 U_e 作用下 $(IW)_e = 1000$ 安匝, 在磁势 IW 作用下, 铁芯柱 1 中产生主磁通 Φ_0 , Φ_0 由穿过空气隙 δ_1 的磁通 $\Phi_{\delta 1}$ 和漏磁通 Φ_{s1} 、 Φ_{s2} 组成, Φ_0 在铁芯柱内的磁阻为 R_{Fe} , $\Phi_{\delta 1}$ 在空气隙 δ_1 遇到的磁阻为 $R_{\delta 1}$, Φ_{s1} 、 Φ_{s2} 在磁路中遇到的磁阻为 R_{s1} 、 R_{s2} 。 $\Phi_{\delta 1}$ 大部份通过衔铁左侧、衔铁和 U 形磁铁左极靴之间的接触间隙 δ_3 、U 形磁铁左极靴和磁轭形成磁通 Φ_1 , Φ_1 在磁路中遇到的磁阻为衔铁左侧的磁阻 $R_{Fe.6}$ 。间隙 δ_3 的磁阻 $R_{\delta 3}$ 、U 形磁铁左极靴和磁轭的磁阻 $R_{Fe.2}$ 。 $\Phi_{\delta 1}$ 另一部份磁通过衔铁右侧、衔铁和 U 形磁铁右极靴之间的间隙 δ_2 的磁通 Φ_2 , Φ_2 在磁路中遇到的磁阻为衔铁右侧磁阻 $R_{Fe.7}$ 、空气间隙 δ_2 的磁阻 $R_{\delta 2}$ 、U 形磁铁右极靴和磁轭的磁阻 $R_{Fe.5}$ 。 $\Phi_{\delta 1}$ 还有一部份磁通 Φ_{z1} , Φ_{z1} 是经过衔铁右侧、衔铁和限制钩之间接触间隙 δ_4 、限制钩、U 形磁铁右侧的极靴和磁轭, Φ_{z1} 在磁路中遇到的磁阻为衔铁磁阻 $R_{Fe.7}$ 、间隙 δ_4 的磁阻 $R_{\delta 4}$ 、限制钩的磁阻 $R_{Fe.4}$ 、U 形磁铁在右侧的磁阻 $R_{Fe.5}$, 其等效磁路如图 2 所示。

由于空气间隙 δ 的导磁系数 μ_0 和铁磁材料在未饱和时的导磁系数 μ 相比极小, 即 $\mu_0 \ll \mu$,

一般而言磁铁的相对导磁系数 $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = 10^2 \sim$

10^5 , 对铁磁材料的磁阻 $R_M = \frac{l_{Fe}}{\mu \cdot S}$, 式中 μ 为导

磁系数, l_{Fe} (cm) 为磁通经过磁铁的平均长度, S (cm²) 为磁通经过铁芯的截面积。空气隙的磁

阻 $R_s = \frac{\delta}{\mu_0 \cdot S_0}$ 。式中 μ_0 为空气的导磁系数,

δ (cm) 为空气间隙、 S_0 (cm²) 为磁通经过空气

间隙的截面积。图 3 为 DZ-10 型继电器的磁路

实测尺寸, 图 3 为 DZ-10 型继电器磁路实测

尺寸。

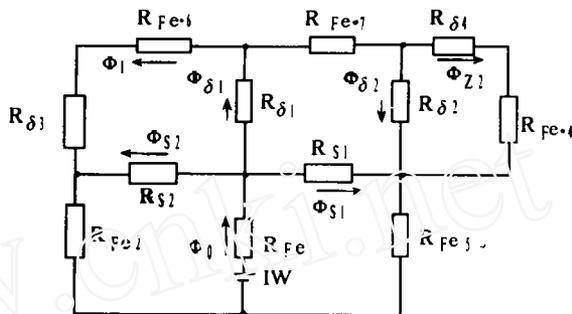


图 2 等效磁路图

根据图 3 和以上分式计算知, $R_{\delta 2} \gg R_{\delta 4} + R_{Fe.4} \gg R_{Fe.5}$, $R_{Fe.6} \doteq R_{Fe.5} \ll R_{\delta 3}$

$R_{Fe.6} \doteq R_{Fe.5} \ll R_{\delta 4}$, $R_{s1} \doteq R_{s2} \gg R_{\delta 1}$

由此图 2 可化简为图 4

在图 1 中非工作空气间隙 δ_3 、 δ_4 按一般工艺过程接合的 $\delta_3 \doteq (0.005 \sim 0.01)$ cm, 如果限制钩和衔铁之间吻合良好时 $\delta_4 \doteq (0.005 \sim 0.01)$ cm, 衔铁、U 形电磁铁、限制钩的镀锌层大约有 0.0015cm, 限制钩和衔铁吻合良好时, $\delta_3 \doteq \delta_4 \doteq 0.008 \sim 0.13$ cm。在此情况下, 磁通

$$\frac{\Phi_{\delta 1}}{\Phi_{z2}} \doteq \frac{R_{\delta 3} + R_{\delta 4} + R_{Fe.4}}{R_{\delta 3}} \quad (1)$$

如果铁磁材料限制钩未饱和时 $R_{Fe.4} \ll R_{\delta 3}$ ($R_{\delta 4}$)

$$1 \text{ 式可写成 } \frac{\Phi_{\delta 1}}{\Phi_{z2}} \doteq \frac{R_{\delta 3} + R_{\delta 4}}{R_{\delta 3}} \quad (2)$$

$$R_{\delta 3} = \frac{\delta_3}{\mu_0 \cdot S_{Fe.3}} \quad (3)$$

$$R_{\delta 4} = \frac{\delta_4}{\mu_0 \cdot S_{Fe,z}} \quad (4)$$

式中 $S_{Fe,3}$ 为衔铁和左磁极靴之间接触面积 $S_{Fe,3} = 0.3 \times 3 = 0.9 \text{cm}^2$, $S_{Fe,z}$ 为限制钩和衔铁之间接触面积, $S_{Fe,z}$ 和调整正确与否有很大关系, 其最大接触面积

$$S_{Fe,z,\max} \doteq 0.5 \times (0.5 \sim 0.6) = 0.25 \sim 0.3 \text{cm}^2$$

则 4 式可简化为:

$$\frac{\Phi_{\delta 1}}{\Phi_{Z2}} \doteq \frac{S_{Fe,3} + S_{Fe,z}}{S_{Fe,z}} = \frac{0.9 + S_{Fe,z}}{S_{Fe,z}} \quad (5)$$

1.3 电磁力和力矩方程

作用于转动衔铁的各力和力矩如图 5 所示, 图 5 中 F_{z1} 为弹簧的起始拉力, 产生机械制动力矩 $M_{z1} = bF_{z1}$

F_{d1} 为中间铁芯柱由于 $\Phi_{\delta 1}$ 的作用, 产生作用衔铁的电磁吸力:

$$F_{d1} = \left(\frac{\Phi_{\delta 1}}{5000} \right)^2 \cdot \frac{1}{S_{Fe}} \quad (6)$$

S_{Fe} 为中间铁芯柱的截面积

F_{d2} 为右侧极靴对衔铁的吸力, 在衔铁起始位置时由于 $\delta_2 \gg \delta_{3,4}$, 所以 $\Phi_{\delta 2} \ll \Phi_{\delta 1}$, $\Phi_{\delta 2} \ll \Phi_{z2}$, 即 $F_{d2} \ll F_{z2}$, 可将 F_{d2} 的作用略去不计。

F_{z2} 为右侧衔铁和限制钩之间产生的电磁吸力

$$F_{z2} = \left(\frac{\Phi_{z2}}{5000} \right)^2 \cdot \frac{1}{S_{Fe,z}} \quad (7)$$

由 5, 6, 7 式可得

$$\begin{aligned} \frac{F_{d1}}{F_{z2}} &= \left(\frac{\Phi_{\delta 1}}{\Phi_{z2}} \right)^2 \cdot \frac{S_{Fe,z}}{S_{Fe}} \\ &= \left(\frac{S_{Fe,3} + S_{Fe,z}}{S_{Fe,z}} \right)^2 \cdot \frac{S_{Fe,z}}{S_{Fe}} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\text{电磁动作力矩 } M_{d1} = aF_{d1} \quad (9)$$

$$\text{电磁制动力矩 } M_{z2} = 2aF_{z2} \quad (10)$$

由式 8, 9, 10 可得

$$\frac{M_{d1}}{M_{z2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{d1}}{F_{z2}} = \frac{(S_{Fe,3} + S_{Fe,z})^2}{2S_{Fe}S_{Fe,z}} \quad (11)$$

$$\text{由于 } S_{Fe} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 1.8^2}{4} = 2.54 \text{cm}^2,$$

d 为中间铁芯直径 $d = 1.8 \text{cm}$

$$S_{Fe,3} = 0.3 \times 3 = 0.9 \text{cm}^2 \quad \text{代入 11 式}$$

$$M_{z2} = \frac{5.08S_{Fe,z}}{(0.9 + S_{Fe,z})^2} M_{d1} \quad (12)$$

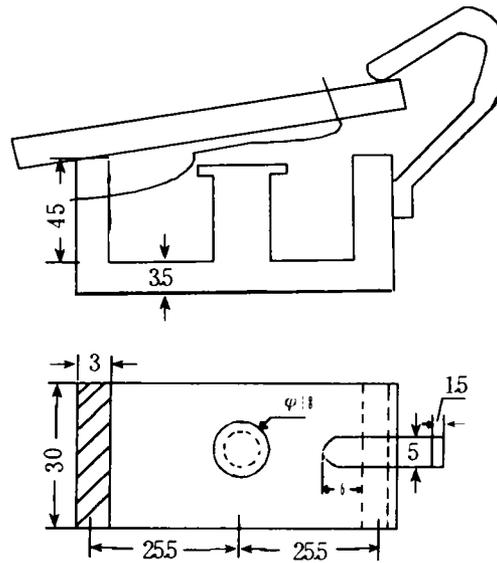


图 3 DZ—10 型继电器磁路尺寸

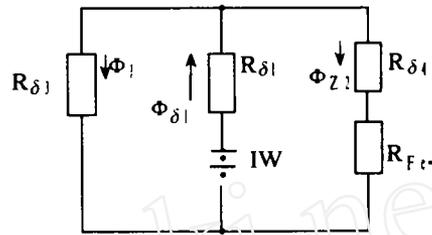


图 4 简化等效磁路图

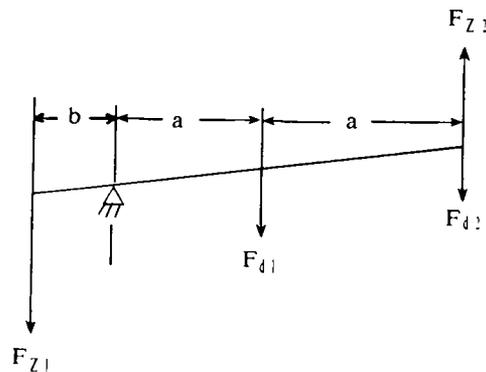


图 5 衔铁作用力矩图

在外加电压 U_d 作用下, 衔铁初始动作时的力矩方程为 $M_{d1} \geq M_{z1} + M_{z2}$

$$\text{或 } M_{d1} \geq M_{z1} + \frac{5.08S_{Fe,z}}{(S_{Fe,3} + S_{Fe,z})^2} M_{d1} \quad (13)$$

$$\left[1 - \frac{5.08S_{Fe,z}}{(S_{Fe,3} + S_{Fe,z})^2} \right] M_{d1} \geq M_{z1} \quad (14)$$

1.3.1 限制钩和衔铁按正确调整接触时

如果限制钩和衔铁按点(或线)接触时, 此时其接触面积甚小, 一般可认为 $S_{Fe,z} = (0.025 \sim 0.05)\text{cm}^2$, 设此时继电器动作电压调至 $U_{dz} = 0.5U_e$ (U_e 为继电器额定电压) 由于 $M_{d1} = KU_d^2 = K(0.5U_e)^2 = 0.25KU_e^2$ 代入式 14, 可解得此时机械制动力矩应调整至

$$\begin{aligned} M_{z1} &= (0.85 \sim 0.719)M_{d1} \\ &= (0.85 \sim 0.719) \times 0.25KU_e^2 \\ &= (0.213 \sim 0.18)KU_e^2 \end{aligned}$$

即当 M_{z1} 调为 $(0.213 \sim 0.18)KU_e^2$, $U_{d1} = 0.5U_e$ 时继电器动作。

1.3.2 衔铁和限制钩良好吻合其接触面积过大时

当 $S_{Fe,z} = (0.25 \sim 0.3)\text{cm}^2$ 时, 此时外加电压 $U_d = U_e$ 代入式 12 可得 $M_{z2} = 0.96M_{d1} = 0.96KU_e^2$, 而弹簧拉力仍按正常拉力(取 $0.18KU_e^2$), 则 $M_{z1} + M_{z2} = 0.96KU_e^2 + 0.18KU_e^2 = 1.14KU_e^2$, 亦即 $M_{z1} + M_{z2} > M_{d1}$, 所以 $U_d = U_e$ 继电器不动作。以上可见如 $S_{Fe,z} = 0.25\text{cm}^2$ 时, 继电器由于电磁制动力矩 M_{z2} 增加至 $0.96M_{d1}$, 继电器拒动。即限制钩和衔铁接触良好并接触面过大时是 DZ-10 型继电器拒动的原因之一。

1.3.3 限制钩和衔铁的临界接触面积 $S_{Fe,zk}$

设继电器外加电压为 $U_d = 0.5U_e$, $S_{Fe,z} = 0.05\text{cm}^2$ 调整的弹簧反力矩 $M_{z1} = 0.719M_{d1} = 0.18KU_e^2$ 条件下, 当外加电压 $U_d = U_e$ 继电器动作时衔铁和限制钩良好接触的最小接触面积 $S_{Fe,zk}$ 为临界接触面积, 可按 13、14 式立方程

$$\left[1 - \frac{5.08S_{Fe,z}}{(0.9 + S_{Fe,z})^2} \right] = 0.18 \quad (15)$$

解方程 15 可得 $S_{Fe,zk} = 0.19\text{cm}^2$

即当 $S_{Fe,z} \geq 0.19\text{cm}^2$ 时, 如果 $M_{z1} = 0.18KU_e^2$ 则继电器在外加电压 $U_d = U_e$ 时, 由于限制钩和衔铁之间产生磁制动力矩 M_{z2} , 使 $M_{z2} + M_{z1} \geq M_{d1}$, 继电器不会动作。其临界接触面积 $S_{Fe,zk}$ 和弹簧制动力矩 M_{z1} 有关。当 $M_{z1} = 0.213KU_e^2$ 时, $S_{Fe,zk} = 0.18\text{cm}^2$

2 结论

通过以上分析、计算知: 假定衔铁、U 形磁铁极靴之间接触间隙 δ_3 和衔铁、限制钩之间接触间隙 δ_4 , 接近相同, 且限制钩内的磁通密度不饱和时, 可知 DZ-10 型继电器, (或其它相似结构, 有限制钩之类产生电磁制力矩的继电器), 其限制钩和衔铁之间接触面积 $S_{Fe,z}$, 对继电器的动作电压影响甚大, 调整不良能造成继电器拒动。

2.1 限制钩和衔铁之间接触面越大, 产生制动磁通 Φ_{z2} 越大, 电磁制动力矩 M_{z2} 越大, 对继电器的动作电压提高越大。当 $S_{Fe,z} = 0.19\text{cm}^2$ 是其临界值, 一般超过 $0.2 \sim 0.3\text{cm}^2$ 继电器在 U_e 时也不会动作。所以正确的调整要求是点(或线接触)亦即接触面积 $S_{Fe,z}$ 越小, 对继电器的动作越有利, (动作电压, 返回系数均有利。)

1 $\frac{1}{2}$ 接线失灵保护及其它几个问题

陈宗显 中南电力设计院(430071)

1 失灵保护用 CT(P 级)

1.1 在额定一次电流下的允许误差

精确等级	比值差	相角差	* 复合误差
5P	$\pm 1\%$	$\pm 60'$	5%
10P	$\pm 3\%$	—	10%

* 额定准确限值一次电流下的复合误差

1.2 返回时间

失灵保护起动必须同时具备两个条件,一为保护动作,另一为电流检测元件动作。故障切除后,上述两元件应快速返回,否则增加失灵保护延时,对系统稳定不利。线路保护返回时间约 30ms,电流继电器返回时间亦为 30ms 左右。TPY 型带小气隙铁心,励磁阻抗小,二次电流衰减慢,故保护返回时间慢,不宜接失灵保护。失灵保护带 0.25 ~ 0.3s 延时跳闸,电流继电器整定值较小,故对 CT 无暂态特性要求,接不带气隙的 P 级铁心,励磁阻抗大,返回时间快。

2.2 当 δ_1 、 δ_2 不变的情况下,限制钩的正确调整如图 6a 所示,不正确的调整如图 6b 所示。

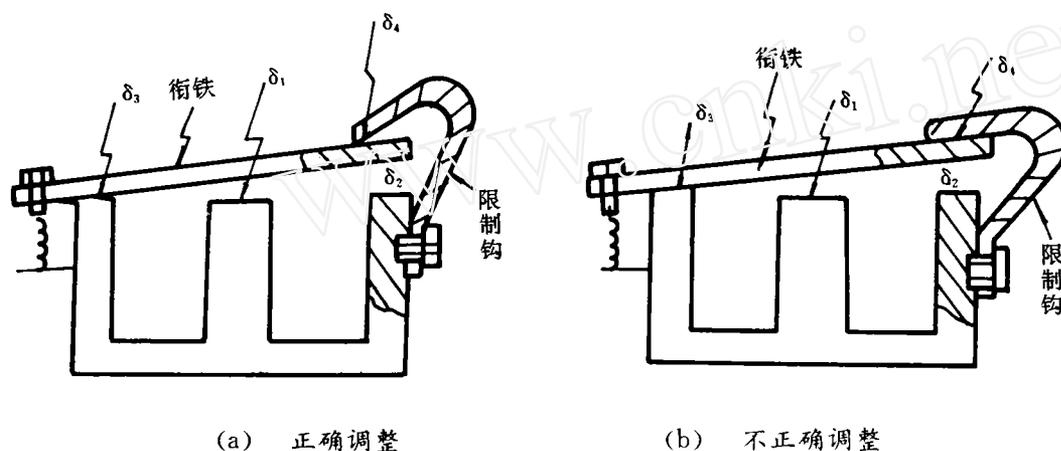


图 6

2.3 同样分析可知, $S_{Fe,z}$ 越大, F_{z2} 越大,继电器相同 U_{dz} 时弹簧制动力矩 M_{z1} 越小。当继电器动作到终止位置时的电磁力矩和始动时的电磁力矩完全不同,此时 $F_{z2} \rightarrow 0$,而 M_{d1} 、 M_{d2} 大幅拉大,其返回力矩方程为 $M_{z1} \leq M_{d1} + M_{d2}$,所以当 U_d 下降至继电器返回的电压 U_{FM} 取决于 M_{z1} , M_{z1} 越小、 U_{FM} 越小、返回系数越小。

2.4 从材料选择上,笔者认为限制钩应选用非导磁材料,此时不会产生无用、有害的电磁制动力矩 M_{z2} ,这仅作制造厂设计部门参考。