

## 中间继电器的常见故障及其预防的方法

四川宜宾供电局 陈代云

在继电保护装置中,采用了大量的中间继电器,特别是作为出口跳闸的中间继电器,其作用尤为重要。若中间继电器发生故障,将引起继电保护装置拒动或误动,导致停电。因而对于中间继电器的运行情况,就成了继电保护工作者及电气运行人员普遍关心的问题。本文介绍中间继电器的一些常见故障,对故障的原因进行简要的分析,并提示相应的对策。

中间继电器常见故障包括:1.线圈匝间或层间短路,2.线圈断线,3.电流线圈与电压线圈绝缘击穿,4.固定触点片的胶木柱绝缘击穿等,现分别介绍如下:

### 一、线圈匝间或层间短路

运行年久的中间继电器,其线圈常发生匝间或层间短路,其特征是电流增大,但动

对A母线出线开关过流IV段的定值为:

$$I_{P_{u.A}}^{\text{IV}} = \frac{k_{r.e}^{\text{IV}} \cdot k_{s.s} \cdot k_{c.o.n} \cdot I_{l.m.a.x}}{k_{r.e}} \quad (2)$$

其中:  $I_{l.m.a.x}$  为最大负荷电流,  $k_{r.e}^{\text{IV}}$  为可靠系数,  $k_{r.e}$  为继电器返回系数,  $k_{c.o.n}$  为接线系数,  $k_{s.s}$  为负荷自启动系数。

由于A母线保护必须与B、C母线保护配合,而且还要考虑设备长期允许电流,所以  $I_{P_{u.A}}^{\text{IV}}$  不可能很大。当A出线开关在瞬间故障跳闸后重合或手动合闸时,若电网电压相角  $\alpha$  较小,就可能造成变压器励磁涌流达到或超过  $I_{P_{u.A}}^{\text{IV}}$  过流定值使过流继电器动作,并通过后加速继电器触点JSJ跳闸,造成合闸不成功(见图6)。

### 三、预防充电涌流造成重合闸不成功的措施

预防充电涌流造成重合不成功的简单方法是加速第II段过流保护。由于过流II段动作电流较大,一般可以躲过充电涌流。

对短线路,过流II段灵敏度往往不够。另外,为了防止因III段过流时间长,重合在III段过流保护范围造成扩大事故而必须加速第III段时,可采用延时后加速的方法,对后加速延时0.3~0.5s,对于容量较小的变压器,在这段时间内,励磁涌流已衰减趋于正常,不会造成后加速误动。

对于一般较长线路,由于线路阻抗限制了变压器充电电流,而且合闸瞬间电压相角  $\alpha = 0$  的概率很小,一般不会引起后加速误动,但如果线路发生瞬间故障而重合闸动作不成功时,则应考虑后加速误动的因素,并采取相应的预防措施。

作电压几乎不变，随着内部的匝间或层间短路日趋严重，最后因电流过大，线圈过热而烧毁。

发生匝间或层间短路有以下几个原因：

1. 潮气的侵蚀，使漆包线的绝缘逐渐被破坏，特别是在湿度大的环境里，继电器盖子处的密封橡胶垫损坏（或未用）的情况下更为严重。

2. 运行年久的中间继电器，绝缘老化。

3. 运行中长期带电的中间继电器（如开关跳闸或合闸位置继电器，熔断器监视继电器等），由于热量积聚，长期处于较为恶劣的状态下运行。特别是线圈经过密封处理的，散热困难，一般运行三到五年以后就可能因过热而损坏，这与制造质量、运行的环境条件及维护情况等有关，例如也有一部份中间继电器运行十年以上尚未损坏的（但一般都有轻微的匝间或层间短路现象）。

因长期带电的中间继电器虽然不易受潮，但散热成了主要问题，因而宜于选用未进行过密封处理的中间继电器线圈。

线圈匝间或层间短路故障，不可能作到绝对避免，但如果注意提高运行维护的质量，可以做到早期发现，并及时更换短路现象较为严重的线圈。为此，应采取以下几方面的措施：

1. 继电器盖子处的密封垫应保持完好状态。在运行中，至少每月清扫一次继电器盖上的积灰，因为灰尘易于吸附潮气中的水份，使继电器的损坏加速。

2. 加强监视：

方法是：用欧姆表监视中间继电器线圈电阻（只限于线圈一极带电的中间继电器）；或采用监视线路，用欧姆表经切换开关轮流测量重要的中间继电器的线圈电阻。这种方法的缺点是稍有不慎或由于监视线路发生故障，就可能造成保护装置误动作。同时，在测量进行的过程中，中间继电器线圈被欧姆表旁路，可能导致保护装置拒动。

运行经验表明：新装的继电器一年以内几乎没有发生过匝间或层间短路故障的，同时，匝间短路并不是一开始就导致该继电器不能工作，因而只要在每年的年度检验工作中测量线圈的电阻值就可以了。测量电阻的方法最好是在校验继电器的动作电压时，在线圈回路串联一只毫安表，如图 1 所示：

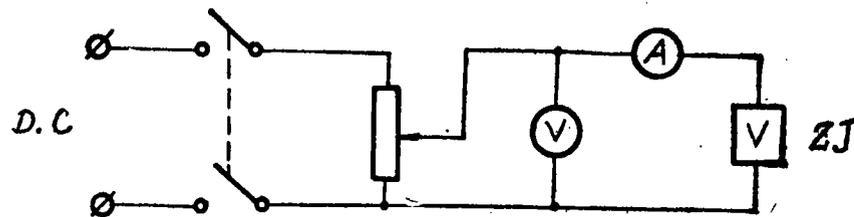


图 1 试验接线图

$$\text{线圈电阻值: } R_{ZJ} = \frac{U_H}{I_{ZJ}}$$

$U_H$ ——继电器的额定电压，单位：伏

$I_{zj}$ ——在额定电压下，通过线圈的电流值，单位：毫安

$R_z$ 继电器线圈电阻值，单位：千欧

在额定电压下测量线圈电阻应符合运行中的实际情况，因为轻微的匝间短路，其漆包线绝缘损坏并不严重，在低电压下测量（包括用欧姆表测量）往往不能发现问题。同时，每年都在额定电压下测量电流，也便于历年的比较。

以DZ——15/220V或DZ——17/220V的中间继电器为例，其额定阻值：

$$R_H = 10k\Omega$$

$$I_H = \frac{U_H}{R_H} = \frac{220}{10} = 22mA$$

当实测电流值 $I_{zj} > I_H = 22mA$ 时即说明线圈有匝间或层间短路现象。

$$\text{当：} \frac{R_H - R_{zj}}{R_H} \times 100\% \geq 10\% \quad (1)$$

$$\text{或：} \frac{I_{zj} - I_H}{I_H} \times 100\% \geq 10\% \quad (2)$$

在符合以上两式之一计算结果的情况下，用于出口跳闸的中间继电器，应当更换线圈，对于其他用途的中间继电器，其要求可以适当放宽。

需要指出：中间继电器线圈发生匝间或层间短路时，其有效匝数减少，但由于电流相应增大，故与动作电磁力矩有关的安匝数几乎不变，所以，企图仅从动作电压上来判断继电器的工作情况，是不完善的，它不可能发现线圈匝间或层间短路的故障。在年度检验中，我们多次发现动作电压完全正常的中间继电器，在作整组试验时烧毁（线圈电阻接近于零）。所以在校验中间继电器动作电压时，应当同时串联一只毫安表监视电流，我们用这种方法发现了不少线圈即将损坏的中间继电器。为防止线圈短路损坏毫安表，在试验时，应注意调节电压的滑线电阻要从零起升压。

当某一年不作全部检验时，应安排部份检验，这时应当用欧姆表测量线圈的欧姆电阻值。

## 二、线圈断线：

运行经验说明，中间继电器特别是出口中间继电器断线，将造成一部份或整套继电器保护装置失效，在发生事故时拒绝动作，可能造成严重后果。

线圈断线的原因如下：

1. 潮气的侵蚀使线圈端部引线处或中部某处起铜绿霉烂而断线，特别是用 $\phi 0.07mm$ 导线绕制的线圈易于断线，这在断线的情况中占一半以上。

2. 机械损伤：即在绕制时，线圈某处受到机械损伤，运行一段时间以后，受外界条件的影响（如锈蚀、瞬间过电压等）而诱发断线。

3. 中间继电器断电瞬间是一个强制跃变的过程，将在线圈两端产生感应电动势。理论分析与实际运行经验都说明，此感应电动势值在瞬间可达电源电压的数十以至数百倍，其长期作用的结果，一是破坏线圈匝间或层间的绝缘，造成线圈匝间或层间短路，

其次也在导线有损伤的地方产生电弧，造成线圈断线。

鉴于中间继电器使用寿命的限制，要完全避免它的断线是不现实的，只能加强维护，延长其使用寿命，并尽可能作到早期发现已断线的中间继电器线圈，以避免继电保护装置拒动事故的发生。根据这一原则，可采取以下措施：

1. 用于跳闸回路或保护装置启动回路的中间继电器线圈，宜于选用进行过密封处理的线圈，盖子处的密封橡胶垫也应保持完好。

2. 保护装置的设计要合理，单一开关的继电保护装置，凡用时间继电器触点直接跳闸即能实现的，尽可能不要设计几套保护共用的出口中间继电器，以减少整套保护装置拒动的概率。

3. 对重要的出口中间继电器，其线圈两端应并联  $2 \sim 5 \text{ k}\Omega$ 、 $30 \text{ w}$  的电阻，当继电器断电时，其线圈电感的储能可以经并联电阻的维持电流而释放，以减小断电时感应电动势的幅值并抑制其对线圈的伤害作用。对特别重要的出口中间继电器，可以考虑采用定期测试电阻的方法进行监视，但应采取可靠措施防止测试时保护装置误动（例如经过切换开关进行测试，在测试时自动断开出口跳闸回路）。

### 三、电流线圈与电压线圈绝缘击穿

以DZB—115型中间继电器为例，该继电器系作为防跃继电器（TBJ）用，电路如图2，图中虚线表示绝缘击穿后构成的通路。

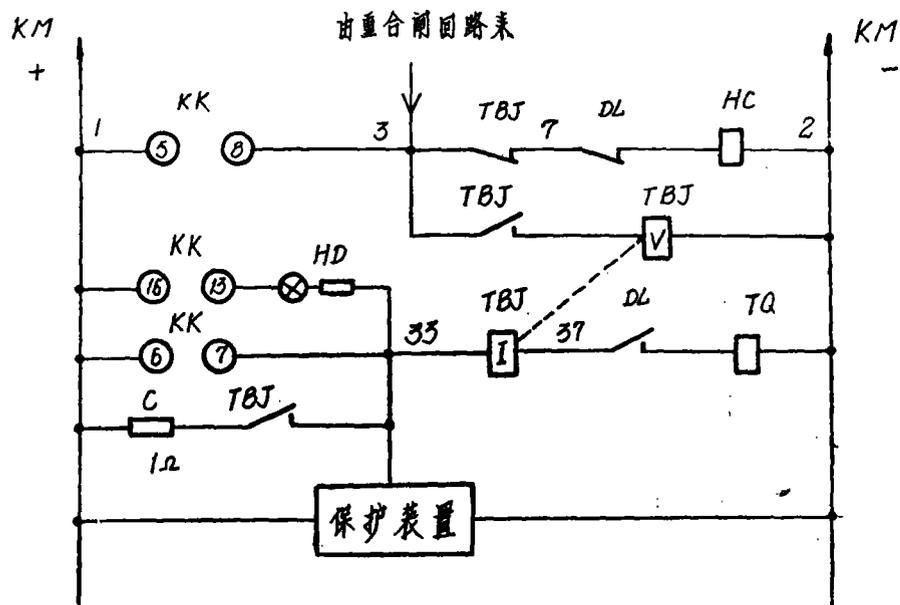


图2 油开关的防跃回路及绝缘击穿示意图

运行中发现不少的防跃继电器（TBJ）电流线圈与电压线圈之间绝缘击穿（我局从1981年至1986年，平均每年约有10只）。其危害是：当保护装置送出跳闸脉冲时，TBJ

电流线圈通电，并经绝缘击穿点使电压线圈同时带电，并由TBJ触点自锁，油开关DL跳开后，TBJ也不返回，“1”和“33”之间经电阻C（1Ω）长期短接，同时“3”和“7”之间的合闸回路也被断开，其结果是在非永久性故障时，重合闸装置不能重合成功。或当重合闸装置停用时，油开关试送电不成功。

造成这一问题的主要原因是电路设计上不够合理，运行中TBJ电流线圈经过红灯HD长期带“+”电位，而TBJ电压线圈长期带“-”电位，两线圈之间相当于一个电容器，在电场力的作用下，电荷的运动对介质起破坏作用，特别是在油开关分闸瞬间形成RLC电路的过渡过程中更为严重，长期作用，有如“水滴石穿”，最终破坏介质，绝缘击穿。改进的方法是将TBJ电流线圈改接至跳闸线圈TQ的后面，如图3所示，这种接法不影响防跃继电器的正常工作，但其电流线圈长期带“-”电，与电压线圈之间等电位，运行条件有利，大大减小了两线圈绝缘击穿的概率。同时，采用这种接线，在油开关分闸时，DL触点断开，切断了TBJ<sub>(1)</sub>的“+”电，因而即令两线圈绝缘击穿也不构成上述危害，重合闸装置仍可照常工作，从而提高了重合闸的成功率。

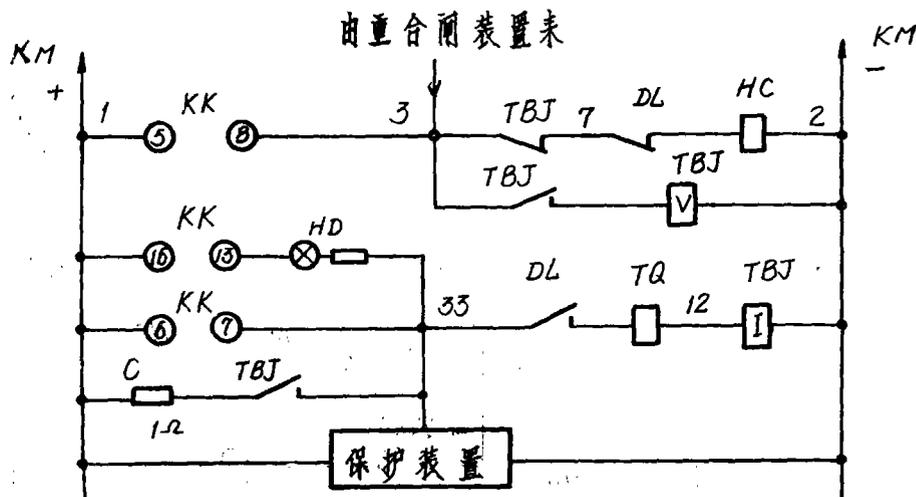


图3 改进后的油开关防跃回路接线图

#### 四、触点胶木柱绝缘击穿引起开关误跳

在运行中多次发现由于中间继电器触点胶木柱绝缘击穿，引起误跳开关的事故。

例如在图2中，防跃继电器（TBJ）用于跳闸回路中的自保持触点，为一常开触点，但与之相联的有一动断触点未用，当其胶木柱绝缘击穿后，即造成油开关误

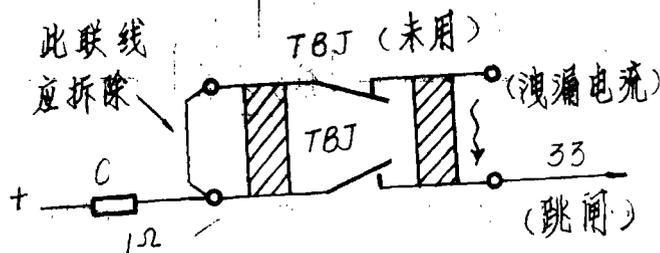


图4 TBJ触点胶木柱绝缘击穿示意图

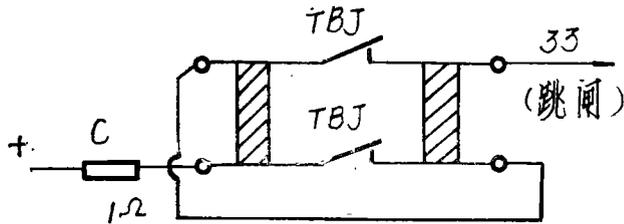


图5 TBJ触点改造图

电流长期作用将破坏介质，使胶木柱碳化，拉成小沟，击穿导电，使油开关误跳闸。

改进的方法：其一、可将图4中所示的TBJ未用的动断触点至动合触点的联线拆除，由于两胶木柱串联，因而减小了绝缘击穿的概率；其二，将未用的动断触点改为动合触点，再接图5的方式串联使用。前一种方法在现场实施起来更为简便。

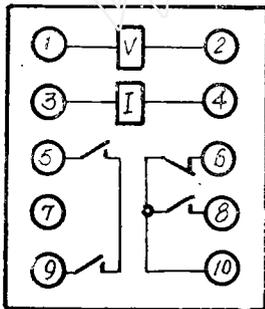
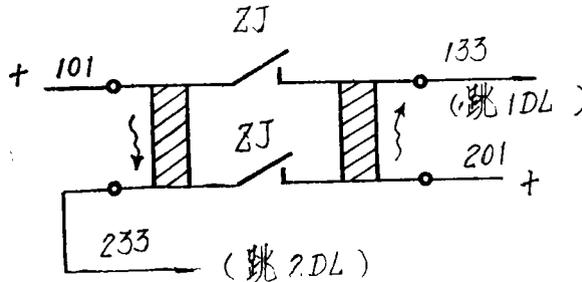


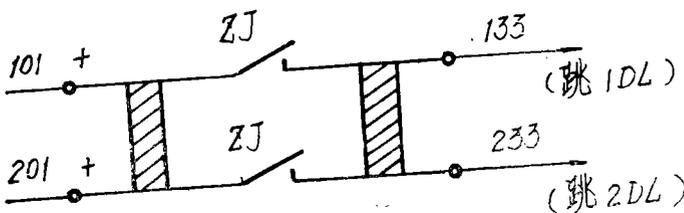
图6 改进后的防跃继电器 (DZB—115型) 内部接线图

建议厂家在制造时，按图5的方式改造其触点，改造后的DZB—115型中间继电器的内部接线见图6。通过这一改造工作，可为用户在使用时提供方便。

除防跃继电器外，其他中间继电器也有类似情况发生，例如，当DZ—17型中间继电器用于跳两个以上的开关时，不慎将其接线接成图7的形式时，任一个胶木柱绝缘击穿都要造成一台开关误跳闸。如在使用时注意接成图8的形式，任一个胶木柱绝缘击穿都不造成直接危害。按图8接线，两个胶木柱的两端都处于等电位工作状态，从而减小了绝缘击穿的概率。图7的接线虽不能说是错误接线，但从实际运行效果上看，仍以按图8接线的方式为好。为了提高触点间的绝缘强度，建议厂家在制造时考虑选用更好的绝缘材料。



←图7 DZ—17型中间继电器触点用于跳两个开关的接线(一)



←图8 DZ—17型中间继电器触点用于跳两个开关的接线(二)

跳闸，如图4所示。

造成这一问题的原因是未用的动断触点长期带“+”电位，而“33”在运行中长期带“-”电位，沿胶木柱的洩漏电流经“33”至TQ线圈。由于该洩漏