

拟制直流逻辑回路须考虑的问题

东北电业管理局调度局 邹森元

摘要 本文阐述了在直流逻辑回路中存在的隐性缺陷,通过真实性的整组试验后才被发现的,从而如何采取相应的改进措施。并验证了测试法和计算法的一致性。

另外,介绍了继电器线圈并联“二极管串电阻”时,对电阻值的简易试验方法,以代替繁琐的计算法。

这些问题的解决,对现场的调试和从事设计工作者来说,将会起到一些借鉴作用

关键词 线圈反电势 触点不协调

前言

一个逻辑回路设计得正确与否,不但关系到能否正确控制某设备或某一系统的工作状态,而且将影响到被控系统工作的可靠性和安全性。因此,所设计的回路能否得到正确使用,是一个极其重要的问题。

对于设计者来说,他必须首先熟悉各继电器的特性、参数和其机械部分的构造特点。否则,所拟制的回路即使从其逻辑性上看,似乎正确,但如果检验者所作的试验符合其真实性、完整性和代表性^[1]时,则回路中存在的隐性问题就会被发现。若检验者所作的试验不符合“三性”时,则只能等待该系统发生故障,需要该逻辑回路起作用时,才会暴露其不足(反映了真实性),其后果将会是严重的。

1. 不同型号的中间继电器并联使用时所出现的问题。

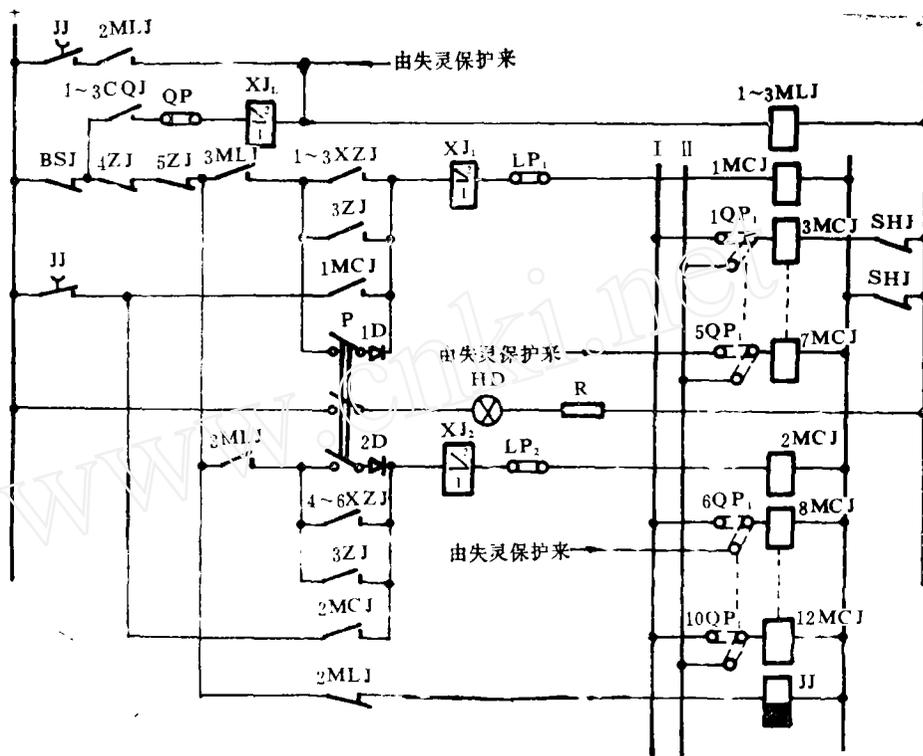
如图1所示的直流控制回路,它是PMH—4型固定连接式,用于220kV母线保护出口回路的部分简化接线图。图中JJ继电器的作用,是监视直流电源消失,以及短时保持出口继电器,使断路器得到可靠动作。3M CJ~7M CJ(8M CJ~12M CJ)为ZJ3—2A型快速中间继电器,1M CJ(2M CJ)为DZ—32B型慢动中间继电器。

在一次有选择性的I母线故障时,故障母线被切除后,其相应的出口继电器均没有返回,直至将屏上的直流熔断器短时断开以后才返回。

经事后检验发现, JJ继电器的动作时间为81毫秒, 1M CJ线圈与其它中间继电器线圈并联时,测得1M CJ动合触点的返回时间为83.5毫秒。因此,造成了当JJ在失磁后又重新动作的过程中,在1M CJ还未失磁,其动合触点未打开前, JJ继电器线圈先励磁, JJ的动合触点提前闭合所致,造成了相应的出口继电器一直处于动作状态。

单独测量1M CJ(将1M CJ取下)动合触点的返回时间时仅为4.9毫秒,故与83.5毫秒相比竟相差17倍之多。若将1M CJ更换为ZJ3—2A型(PMH—4型母线保护原设计时1M CJ(2M CJ)与3~7M CJ(8~12M CJ)均为ZJ3—2A型快速中间)快速中间时,则无此保持现象。此时测得其动合触点的返回时间仅为2毫秒。

分析产生这一保持现象的原因,是DZ—32B型继电器线圈匝数比ZJ3—2A型约大5倍,当母线故障切除,保护返回时,上述并联的出口继电器线圈在断电瞬间,由1M CJ产生的反电势将通过3M CJ~7M CJ继电器线圈构成闭合回路,延长了1M CJ继电器动合触点的返回



说明：1~3CQJ起动元件，1~3XZJ、4~6XZJ分别为I、II母线选择元件，

4ZJ、5ZJ：母线破坏固定连接，线路故障断路器失灵时，仍有选择性切除断路器失灵所在母线的其它断路器，并闭锁健全母线的出口继电器。

图1 PMH—4型固定连接式母线保护直流回路部分接线简图

时间。

因此，在拟制直流逻辑电路时，必须考虑不同型号的中间继电器并联使用时，继电器触点返回对其它继电器触点之间的配合关系。

对1MCJ与3MCJ~7MCJ并联，经过暂态计算所得出的数值，与实测结果基本上是相符的（见附录）。

上述问题的改进办法：

1.1 将DZ—32 B型更换为ZJ3—2 A型（如果继电器触点数量够用）快速中间继电器；

1.2 增加DZ—32 B型圆形铁芯

与舌片之间的间隙，以减小1MCJ

（2MCJ）动合触点的返回时间。经

实测可以由83.5毫秒降到57.9毫秒，

而动作时间几乎没有变化。

2 基本电器（时间、中间等）

线圈两端设置吸收元、器件

的问题

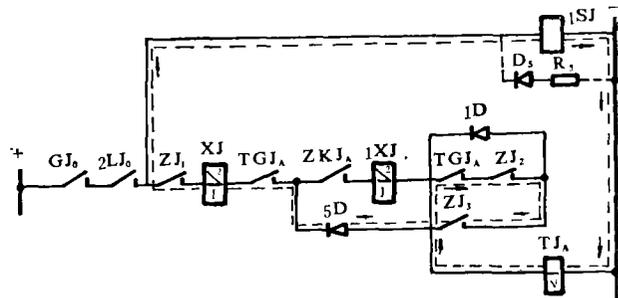


图2 A相综重（非典型）及零序电流方向二段回路简化接线图

如图2所示，作为220kV线路综合重合闸装置中的部分接线图（非典型接线）。本装置在70年代，由设计院提供的原理接线图，运行单位安装投入使用。图中各继电器触点是在合闸脉冲发出后刚进入全相运行、装置未整组复归前的工作状态。现将有关元件的作用说明如下：

- ZJ—重合闸起动、保持中间继电器；
- 2LJ₀、GJ₀—分别为零序电流灵敏二段和功率方向元件；
- TGJ_A—A相分相跳闸固定继电器；
- ZKJ_A—A相方向阻抗选相元件；
- 1SJ—零序电流灵敏二段功率方向保护时间元件；
- TJ_A—A相分相出口快速中间继电器。

图中ZJ是在重合闸时间继电器的滑动触点闭合时动作，并自保持。由时间继电器终止触点使ZJ失磁，复归整组重合闸装置。

2.1 非真实性地模拟A相瞬时性故障，使零序电流灵敏二段功率方向保护动作，A相跳闸后，立即断开试验电源。此时ZJ还未动作，故图2中存在的缺陷是不会被发现的，A相断路器重合成功。

2.2 真实性地模拟A相瞬时性故障，试验电源不立即断开，而模拟了有非全相运行的过程。调整非全相运行电流大于灵敏二段电流元件定值，使GJ₀和2LJ₀一直处于动作状态。当发出合闸脉冲、恢复全相运行时，在GJ₀和2LJ₀返回的同时，ZJ已经动作，1SJ线圈产生的反电势按图2中所画虚线形成闭合回路，使TJ_A再次动作，跳开三相断路器，本应重合成功的且跳了三相。由于模拟试验具有真实性，因此，图2中所存在的缺陷被暴露出来了。

采取的措施：

在1SJ时间继电器线圈两端并联“二极管串电阻”的方法，让时间继电器线圈产生的反电势，由电阻R₅吸收（图2中虚线所示）。电阻值的计算方法见附录。

3 回路设计时要考虑继电器触点的

结构特点

如图3所示，ZQJ₁是作为闭锁非全相运行期间要误动作的保护；3SJ是综重装置的整组复归时间继电器。如果对ZQJ中间继电器的触点结构特点不了解，仅从回路中观察其逻辑关系，是不易看出问题的，必须通过试验才能发现。

当模拟A相接地故障时，A相方向阻抗选相元件ZKJ_A动作，同时M点由保护送入正电位，因为ZQJ是DZ-15型中间继电器，其触点的结构是这样的：继电器动作时，常闭先打

开，常开后闭合（ZQJ₃闭合时间为35毫秒）。TJ_A为快速中间继电器，其动合触点闭合时间为7~8毫秒，返回时间为1~2毫秒。当进行上述模拟故障时，ZQJ与TJ_A触点间将产生跳跃现象。即未等ZQJ₃闭合，ZQJ₁已提前打开，TJ_A立即失磁返回，接着ZQJ继电器线圈也失磁返回，由于M点正电位仍存在，故TJ_A又动作，ZQJ继电器线圈又励磁，这样周而复

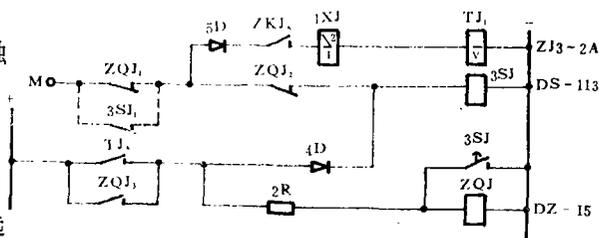


图3 A相综重（非典型）部分直流回路简化接线图

始，产生了两继电器间触点的跳跃。

采取的措施：

在ZQJ₁动断触点两端，并入—3SJ₁时间继电器的瞬时动断触点，其打开时间约50毫秒（经调整后），大于ZQJ₃动断触点的闭合时间。经改进后，ZQJ与TJ_A触点之间的跳跃现象即消失了，使装置恢复了正常工作状态。

笔者想通过以上三个例子，抛砖引玉，使经常接触这方面工作的同志，能收到一点益处。我国某电力系统，曾因二极管短路（见图2，但未采取串R₂电阻），使整个重要地区的供电受到影响，损失较大。

4 谈点体会

要达到继电保护和安全自动装置的正确动作，则至少必须经过以下几道关口：

- 4.1 所设计的逻辑回路，必须满足被保护设备的要求，保证电力系统的安全、可靠发电；
- 4.2 根据实测的设备参数，给出正确的整定值，对装置进行正确的整定；
- 4.3 对装置进行整组试验时，通入的模拟量，必须符合被保护设备的实际参数和故障发生过程，并作用于断路器跳、合闸良好。
- 4.4 利用工作电压及电流，作带负荷试验，证明二次回路接线符合保护装置的要求。

参考文献

- 〔1〕王梅义等著。高压电网继电保护运行技术。水利电力出版社，1984。
- 〔2〕邹森元等修编。东北电力系统继电保护和安全自动装置反事故技术措施纲要，1983。

附录

1 继电器返回时间测试

按附图1接线，图中ZJ3—2A型为5只并联连接，DZ—32B型为单独1只，测量动合触点返回时间。

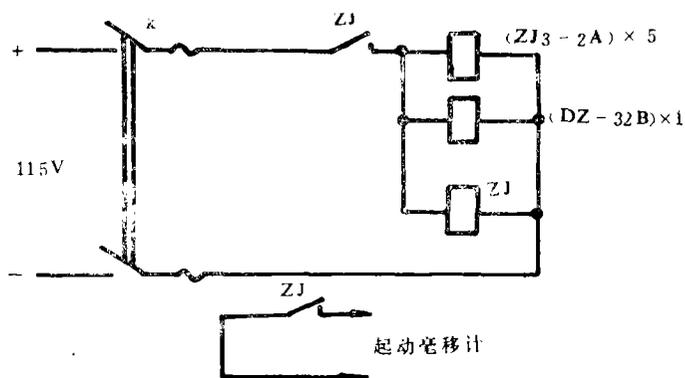
1.1 测量DZ—32B型中间继电器动合触点返回时间为83.5毫秒；

1.2 单独测量DZ—32B型中间继电器动合触点返回时间为4.9毫秒；

1.3 将DZ—32B型中间继电器更换为ZJ3—2A型，

按附图1接线，测得动合触点返回时间为2毫秒，当单独测量时为1毫秒；

1.4 同1项，但增加DZ—32B型中间继电器圆形铁芯与舌片之间的间隙，再测动合触点的



附图1 测量中间继电器时间接线图

返回时间为57.9毫秒。

2 瞬变过程计算

2.1 额定直流电压为110V的继电器参数

1) DZ—32 B型中间继电器线圈参数

电感量 $L_1 = 143.6\text{H}$

电阻值 $R_1 = 3370\ \Omega$

继电器动作电压42V；返回电压15V；

2) ZJ3—2 A型中间继电器线圈参数

电感量 $L_4 = 7.8\text{H}$ ，5只并联 $L_2 = 1.56\text{H}$

电阻值 $R_4 = 2720\ \Omega$ ，5只并联 $R_2 = 544\ \Omega$

其中一只继电器动作电压65伏；返回电压35伏；

3) DS—112型时间继电器线圈参数

电感量 $L_3 = 8.5\text{H}$

电阻值 $R_3 = 424\ \Omega$

2.2 DZ—32 B型和5只ZJ3—2 A型中间继电器并联，计算DZ—32 B型中间继电器动合触点，在保护装置返回的过渡过程后的返回时间，如附图2所示。

1) 稳态电流计算

$I_0 = 0.2455\text{A}$

$i_1(0) = 0.0341\text{A}$

$i_2(0) = 0.2114\text{A}$

2) 取拉氏变换

$$L_1 i_1(0) - L_2 i_2(0) + I_2(s)(R_2 + SI_2) - I_1(s)(R_1 + SI_1) = 0 \quad (1)$$

由于 $I_2(s) = -I_1(s)$

故代入式(1)并整理后得

$$I_1(s) = \frac{L_1 i_1(0) - L_2 i_2(0)}{(R_1 + R_2) + S(L_1 + L_2)} = \frac{L_1 i_1(0) - L_2 i_2(0)}{S + \frac{R_1 + R_2}{L_1 + L_2}} \quad (2)$$

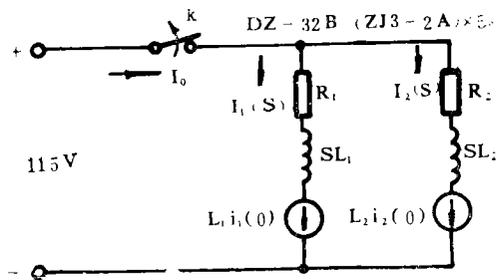
求式(2)的逆变换

$$i_1(t) = L^{-1} I_1(s) = \frac{L_1 i_1(0) - L_2 i_2(0)}{L_1 + L_2} e^{-\frac{R_1 + R_2}{L_1 + L_2} t} \quad (3)$$

已知DZ—32 B型中间继电器的返回电压为15V，故相应的返回电流

$I_F = \frac{15}{3370} = 4.45 \times 10^{-3}\text{A}$ 。附图2的刀闸K断开后，DZ—32 B型中间继电器线圈电流开始按指数曲线衰减。当电流等于或小于 I_F 时，则继电器返回，即：

$$I_F = \frac{L_1 i_1(0) - L_2 i_2(0)}{L_1 + L_2} e^{-\frac{R_1 + R_2}{L_1 + L_2} t}$$



附图2 瞬变过程计算用图

经整理后, 时间 t 的表达式为

$$t = - \frac{\ln \frac{I_F (L_1 + L_2)}{L_1 i_1(0) - L_2 i_2(0)}}{\frac{R_1 + R_2}{L_1 + L_2}} \quad (4)$$

将已知数代入式(4)得

$$t = 72.5 \text{ ms}$$

因DZ—32 B型中间继电器的固有返回时间测得为4.9毫秒。

故 $t_r = 72.5 + 4.9 = 77.4 \text{ ms}$, 与试验值基本相符。

2.3 时间继电器线圈两端并联电阻值的计算

根据图2中出现的问题, 即当时间继电器线圈断电瞬间, 对快速中间继电器线圈放电, 引起快速中间动作。因此, 需要在时间继电器线圈两端并联“二极管串电阻”的办法, 让时间继电器线圈所产生的反电势,

通过电阻 R_5 吸收掉, 以防止快速出口继电器动作。

将图2画成附图3所示的计算用图, 计算中不考虑二极管 $5D$ 和 D_5 的正向电阻值。

1) 稳态电流计算

$$i_3(0) = I_0 = \frac{115}{424} = 0.2712 \text{ A}$$

2) 取拉氏变换

$$I_3(s) (R_3 + sL_3) + [I_3(s) - I_1(s)] R_5 = L_3 i_3(0) \quad (5)$$

$$[I_3(s) - I_1(s)] R_5 = I_1(s) (R_4 + sL_4) \quad (6)$$

解得:

$$I_1(s) = \frac{i_3(0) \frac{R_5}{L_4}}{s^2 + \left(\frac{L_3(R_4 + R_5) + L_4(R_3 + R_5)}{L_3 L_4} \right) s + \frac{R_3 R_4 + R_3 R_5 + R_4 R_5}{L_3 L_4}} \quad (7)$$

将已知数代入式(7)中

$$I_1(s) = \frac{0.034769 R_5}{s^2 + (398.6 + 0.24585 R_5) s + 47.42 R_5 + 17394.872} \quad (8)$$

式(8)可以写成如下形式

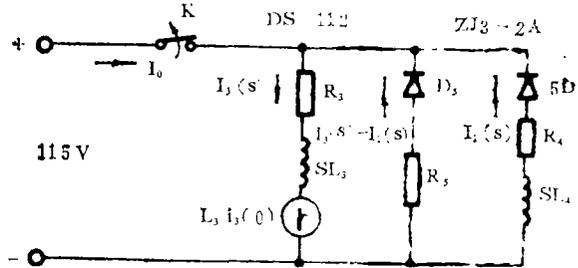
$$I_1(s) = \frac{C}{(s+a)(s+b)} \quad (9)$$

确定初始值的幅值

$$A_1 = \frac{C}{(s+a)(s+b)} (s+a) \Big|_{s=-a}$$

$$A_2 = \frac{C}{(s+a)(s+b)} (s+b) \Big|_{s=-b}$$

求出初始值的幅值以后, 可以写出通过快速中间继电器线圈的瞬变电流式为



附图3 时间继电器线圈断电对快速中间放电时电阻 R_5 值的计算用图

$$i_1(t) = A_1 e^{-at} + A_2 e^{-bt} \quad (10)$$

由于 R_s 为待求值, 欲想通过式(8)求出式(9)中的a和b值较繁琐, 故用试探法求出 A_1 和 A_2 值。选取 $R_s = 300\Omega$, 代入式(7)中得:

$$I_1(S) = \frac{10.43077}{S^2 + 472.355S + 31620.872} = \frac{10.43077}{(S + 391.608)(S + 80.748)}$$

$$A_1 = \frac{10.43077}{(S + 391.608)(S + 80.748)} (S + 391.608) \Big|_{S_1 = -391.608} = -0.03355$$

$$A_2 = \frac{10.43077}{(S + 391.608)(S + 80.748)} (S + 80.748) \Big|_{S_2 = -80.748} = 0.03355$$

$$\text{故 } i_1(t) = -0.03355 e^{-391.608t} + 0.03355 e^{-80.748t}$$

考虑到ZJ3—2A型快速中间继电器的动作时间一般为7~8ms, 故选取 $t = 8\text{ms}$, 代入上式。

$$i_1(t) = -0.03355 e^{-391.608 \times 0.008} + 0.03355 e^{-80.748 \times 0.008} = -1.46 + 17.59 = 16.13 \text{ mA}$$

ZJ3—2A型快速中间继电器的动作电压为65V, 内阻为2720 Ω , 其相应的动作电流为

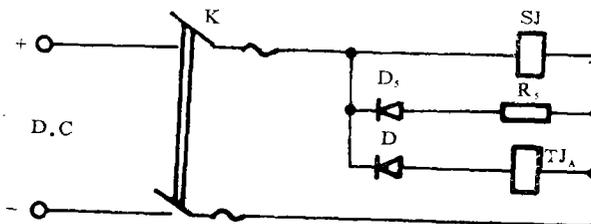
$$I_{dA} = \frac{65}{2720} = 23.9 \text{ mA}$$

由于在时间继电器线圈两端并联了“二极管串电阻”后, 在时间继电器线圈断电瞬间, 通过快速中间继电器线圈电流为16.13mA, 它与动作电流之比

$$K_K = \frac{23.9}{16.13} = 1.48, \text{ 即为}$$

可靠不动作的系数。因此 R_s 可选取250~300 Ω 2W电阻。

以上是利用计算法选取 R_s 值的方法, 因此较为繁琐。下面按附图4接线, 可以利用试验法选取。图中二极管D, 是试验时起隔离用的, 故试验结束时应拆除。



附图4 防止 TJ_A 动作, 选取 R_s 值的试验接线图

1993年《机床电器》征订启事

《机床电器》系国内外公开发行的技术刊物(ISSN1004—0420, CN51—1310), 以传播机床电器和电气控制装置的新技术、新工艺、新材料、新成果为主, 以制造技术和应用技术并重为其特点, 注重介绍工厂行之有效的研究、制造、测试和使用等方面的先进经验, 适合广大从事机床电气和各类机械电气控制的技术人员、技术工人及有关院校师生阅读。本刊为季刊, 每期64页, 约12万字, 每册定价2元, 全年订费8元。11月全国各地邮电局(所)办理1993年订阅手续(邮发代号62—77), 欢迎订阅。

《机床电器》编辑部