

断路器合闸回路故障原因分析及设计优化

文/中油电能电力技术服务公司 郑丽娟

某油田电网SF₆开关合闸缺陷时有发生，容易造成开关合闸线圈或接触器烧毁，烧毁后再进行更换花费成本高、费时费力且影响供电。通过分析断路器合闸回路故障的原因并进行设计优化，同时加强对运维人员的培训，可以把损失降至最低。

问题提出

近年来，某油田电网SF₆开关合闸缺陷时有发生，容易造成开关合闸线圈或接触器烧毁，其一旦损坏，只能进行更换。线圈及接触器烧毁后进行更换不仅成本高，费时费力，而且会延误给用户送电，影响用户正常生活生产，同时影响供电质量和用户满意度。

某区域电网所辖高压断路器在2020年合闸操作1 500次以上，处理断路器拒合缺陷38次，其中停电处理的缺陷29次，包括更换合闸线圈13个、更换合闸接触器16个。对29次因设备烧毁造成的缺陷的原因进行分析和统计可见，误操作与开关机械故障占故障原因的86.2%。

2020年我单位保护专业针对这个问题进行了技术上研究，提出了解决方法并修改了部分变电所断路器合闸回路接线，降低了合闸线圈的烧毁率。但在实际运行中发现，改动后的合闸回路在工作中极易引起合闸接触器长时间带电而导致其烧毁。因此，再次提出对此回路的改进方法，彻底杜绝此类事件发生。

烧毁合闸线圈现象分析

如图1所示，+KM和-KM为正负控制母线；

KK为控制断路器合跳的操作把手；绿灯监视断路器在断开位置；DL为断路器常闭辅助触点，HQ为合闸线圈。+HM和-HM为正负合闸母线；CK1为行程开关常闭触点，弹簧未储能时闭合；CK2为行程开关常开触点，弹簧已储能时闭合；ZLC为合闸接触器，控制电动机D转动；BG为白灯，监视储能弹簧未储能或正在储能；UG为黄灯，监视储能弹簧已储能；D为储能电动机。

正常运行时，控制电源和合闸电源均接通。当断路器在分位时，DL闭合，LD绿灯亮，表示控制回路可以合闸，此时操作KK或者保护装置发出合闸脉冲，合闸线圈通电，若机构已经储能，断路器可直接合闸。断路器合闸后，开关常闭辅助触点断开合闸回路，开关常开触点闭合接通跳闸回路，红灯亮，表示开关合闸成功。在合闸过程中若断路器弹簧未储能，开关并不会合上，而断路器合闸指令发出后，开关常闭辅助触点打不开，合闸线圈HQ会一直处于启动状态，合闸线圈将可能因长时间通电而烧毁。

正常情况下，在操作开关合闸之前应检查开关位置和储能情况，若只看绿灯亮、开关在分位，不去检查开关储能情况就直接操作合闸，这样操作很容易造成合闸线圈通电而烧毁。

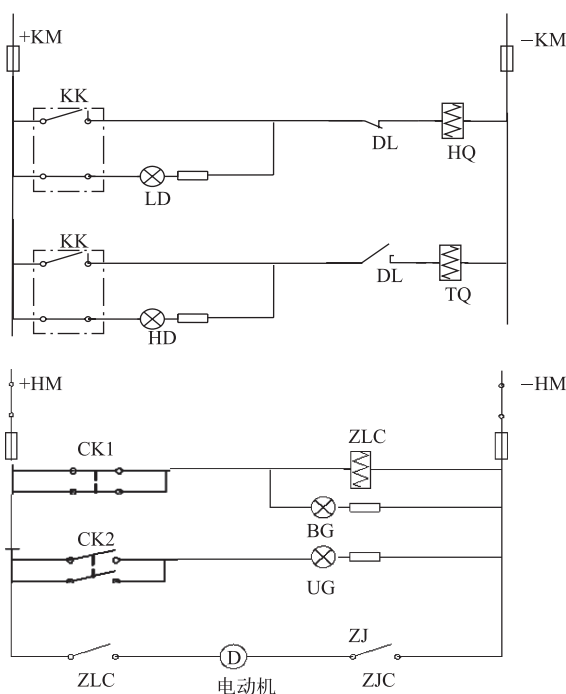


图1 原接线图

改进及优化

1. 第一次改进

为了避免在弹簧未储能时值班人员用KK来合闸,可以使用元器件在弹簧未储能时闭锁住控制合闸的回路。由于合闸线圈在控制回路,控制回路所接元器件大多数在室内控制盘上,通过在合闸线圈与KK控制开关之间的回路中串联储能直流接触器的一副常闭触点,就可以利用原保护装置的控制回路断线监视功能进行储能回路的监视。当弹簧未储能时,储能直流接触器的触点断开控制合闸回路,这时继电保护装置会发出“控制回路断线”信号或绿灯不亮,运行操作人员无法进行合闸操作;当机构完成储能时,储能直流接触器的触点闭合,“控制回路断线”信号消失,控制合闸回路接通,这时方能进行高压开关合闸操作。

由于合闸接触器线圈接在合闸回路中,若合闸电源未投入、弹簧未储能时合闸接触器依然不能动作,起不到上述闭锁作用,因此,应将合闸接触器回路同样使用控制电源来接通,而整个储能回路的元件较少,除给弹簧储能用的电动机回路外,其他回路工作电流在0.2 A左右。因此,将储能电动机回路以外的储能回路电源都改接在保护装置二次回路控制电源中,具体接线如图2所示。

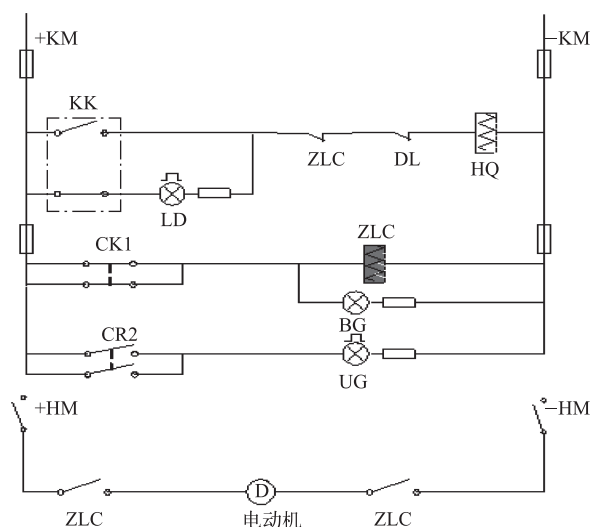


图2 第一次改动后接线图

对区域电网管辖的杏I-1、葡1等多座变电所进行改造后,再未发生因此类误操作引起烧毁合闸线圈的事件。但在后期的工作中发现一些伴生的问题。比如:在合闸接触器接地时,其触点和线圈分布在合闸和控制两个回路中,可能将两个回路同时接地,给查找工作带来麻烦。这样接线还容易造成合闸接触器的烧毁。

2. 烧毁合闸接触器现象分析

这样改动后,避免了烧毁合闸线圈,但在同样的错误操作下,会造成合闸接触器ZLC的烧毁。控制回路带电时,只要弹簧未储能,行程开关CK1就在闭合位,合闸接触器ZLC就会通电动作。若合闸电源未接通,电动机不转动,储能弹簧就不会进行储能,行程开关不会变位,合闸接触器就会因长期通电而烧毁。

在运行中,储能电源断开时,未检查储能电源情况下合闸后弹簧能量释放,行程开关CK1闭合,就会烧毁合闸接触器ZLC。在检修中也可能发生以下情况:当开关班检修断路器时,需要断路器在分位释放弹簧储能并且断开储能电源,确保断路器无法合闸。而保护专业调试装置需要对装置上电,此时只要接通该断路器控制电源,就会导致其合闸接触器ZLC长时间通电烧毁。2020年该缺陷发生16次。

3. 合理设计改进接线图

为了确保在任何情况下都不会发生合闸线圈和合闸接触器的烧毁现象,重新对合闸储能二次回路

进行设计。对回路进行分析如下：只要采用合闸接触器进行闭锁，就会产生烧毁的可能，而且给直流接地时的查找带来不便，因此不再采用，改用其他元件进行闭锁。由于行程开关、直流接触器和储能灯具等均在断路器机构箱内接线，且不属于控制回路，在直流接地时也给查找带来困扰，将其全部恢复到合闸回路中，合闸、控制回路接线分工更明确。经过对回路接线的讨论制定了两种可行方案并进行验证。

方案一：利用继电器闭锁合闸回路，如图3所示。

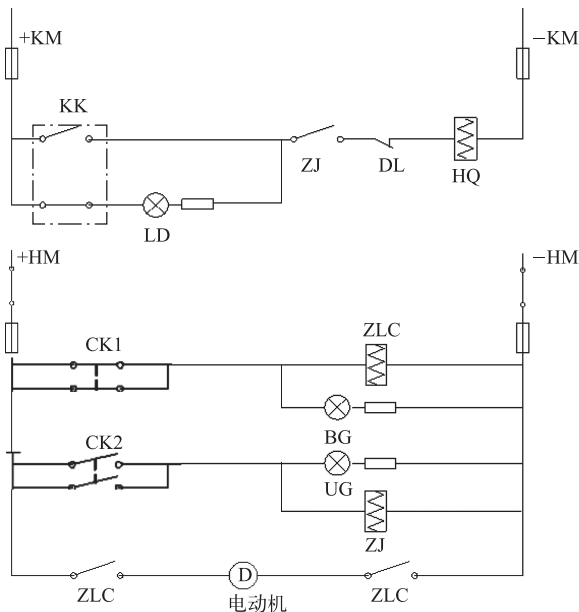


图3 方案一设计图

原理说明：该方案使用中间继电器ZJ进行闭锁合闸回路，在未储能时，ZJ打开，合闸回路断开无法进行操作，保护合闸线圈。

验证：在未储能时，能够实现闭锁功能，保护合闸线圈，不会发生合闸接触器长时间带电情况，所以满足设计需要。在送上储能电源后，电动机储能，储能完毕。接触器ZLC失电，不会造成接触器的烧毁。

方案二：利用断路器行程开关闭锁合闸回路，如图4所示。

原理说明：该方案使用行程开关常开触点CK3进行闭锁合闸回路，在未储能时，CK3打开，合闸回路断开无法进行操作，保护合闸线圈。

现对两种方案进行对比。方案一需要选择能够长期带电的电压型中间继电器，现有型号即使满足要求，但从可靠性、实用性和后期维护的方面考

虑，长期带电容易引起损坏，而且中间继电器线圈在合闸回路中，触点在控制回路中，若因其损毁而发生直流接地，同样会给查找带来不便。方案二在合闸回路中增加一副行程开关触点CK3，当合闸电源未送，弹簧未储能时，CK3触点断开控制合闸回路，这时继电保护装置会发出“控制回路断线”信号或绿灯不亮，无法进行合闸操作。当送上合闸电源时，合闸接触器ZLC励磁，ZLC两副常开触点闭合，电动机开始储能，当机构完成储能时，CK2触点闭合，UG黄灯亮，表示弹簧已储能，同时CK3触点闭合，“控制回路断线”信号消失，控制合闸回路接通，这时方能进行高压开关合闸操作，这样合闸线圈、直流接触器烧毁情况都可规避。通过对比可知，第二种方案接线简单，但添加行程开关可能需要对机构箱进行焊接类改造。当对通用电气厂家进行技术咨询，得到肯定答复后，对行程开关触点容量、接线可靠性等进行考察，可以满足要求时，可以选用方案二。

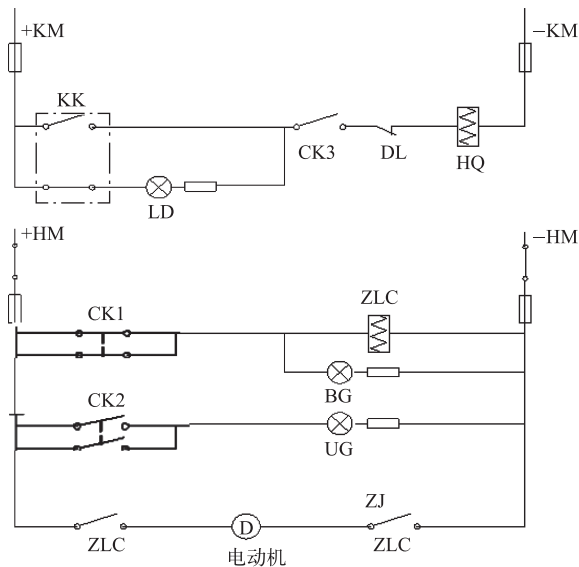


图4 方案二设计图

结束语

在更改回路保证防止合闸线圈或合闸接触器烧毁技术措施的基础上，应该加强运行人员培训，在未投入合闸电源时不可合闸断路器。由于运行人员技术水平不均，对二次回路并不了解，应加强对他们的培训，减少合闸操作在开关拒合时对线圈的损坏，降低处理缺陷的时间与难度。EA

(收稿日期：2021-12-27)