

断路器操作回路详述

郭占伟, 原爱芳, 张长彦, 禹晓辉

(许继电气保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000)

摘要: 断路器作为电力系统的重要元件,其操作回路在断路器切断一次回路过程中起着重要的辅助和保护作用。为了电力系统和设备的可靠运行,必须保证断路器及其操作回路的合理选型和使用。该文全面阐述了断路器操作回路的构成,详细介绍了各组成部分的工作原理及相关参数,指出了各种操作回路的不同,并对工程应用中的实际问题进行了探讨。

关键词: 断路器; 防跳回路; 操作箱

中图分类号: TM561 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4397(2004)19-0067-04

0 引言

随着电力系统的完善和科学技术的发展,电力系统的重要元件——断路器的性能和工艺不断地得到提高和改进,并且为了满足电力系统的需要,断路器的种类日趋繁多,这就要求断路器的辅助操作回路也要不断地改进。由于技术更新速度快,一次设备生产厂家和二次设备生产厂家相互配合还不是太默契,在实际应用中不时出现选型错误的情况,为了避免类似情况在以后的工作中再次发生,在此予以总结,供相关工程技术人员参考。

1 断路器

断路器俗称开关是电力系统的重要元器件,在电力系统中起着接通、切断电流和切除故障的重要作用。断路器的主要指标有电压等级、分断容量、动作时间和同期性。

电压等级指断路器所使用的回路的电压级别,不同电压等级的断路器绝缘强度相差非常大,决不能混用。分断容量是指断路器分断故障电流的能力,主要由断路器本身的散热系统和操作机构的合闸力和分断力决定,分断容量大的断路器可以用在需要分断电流小的回路,而分断容量小的断路器决不能用在需要分断电流大的回路。动作时间是指断路器分断故障电流的时间,从理论上讲分断时间越短越好,但由于条件的限制,分断时间不可能为零。随着科学技术的发展,断路器动作时间越来越短。同期性是指断路器合闸或分闸时三相触头合上或分开的时间差。对电力系统来说,同期性越好,对解除故障越有利。

2 断路器操作回路

断路器操作回路是断路器的重要控制、监视、保护回路,在断路器切断一次回路的过程中起着重要的辅助作用,它是断路器顺利切断一次电流而且在异常情况下不出现损坏的保证。断路器的辅助回路一般由断路器的合跳闸控制回路、断路器的防跳回路、断路器合跳闸位置监视回路、断路器辅助设备监视回路、断路器操作电源监视回路和相关信号回路组成。其中断路器的防跳回路是所有回路的中心。

2.1 断路器防跳跃回路

断路器防跳跃回路是断路器操作回路的主要组成部分,该回路主要用于防止断路器在合闸时跳闸又快速多次合闸、跳闸。由于断路器在正常合闸状态,断路器顺利通过电流,回路电阻很小,断路器内部消耗的功率很小。在分断电流的过程中,主触头逐渐分开,施加在主触头两端的电压不断增加,电流不断减小,电流和电压共同作用将产生巨大的能量,在很短的时间(一般为100 ms以内)内产生大量的热量,尤其是在系统故障状态下,电流要达到正常电流的几倍甚至几十倍。若在短时间内多次反复操作将给断路器产生致命的损坏,严重时可导致断路器爆炸。断路器防跳回路对防止断路器非正常多次合跳(跳跃)起着至关重要的作用。

目前实现防止断路器跳跃的方法有多种,主要有断路器机构防跳、组合继电器防跳(见图1)和延时继电器防跳(见图2)等。其中通过组合继电器防跳最为流行,通过延时继电器防跳在进口断路器和低电压等级断路器中应用较多,断路器机构防跳是通过一种机械机构来实现防跳,从原理上讲是最直接

最可靠的一种防跳方法,但由于技术的限制,目前其可靠性较差,使用的不多。断路器生产厂家应该尽可能地完善和推广该种防跳机构,通过电气防跳都在不同程度上增加了二次回路的复杂性。

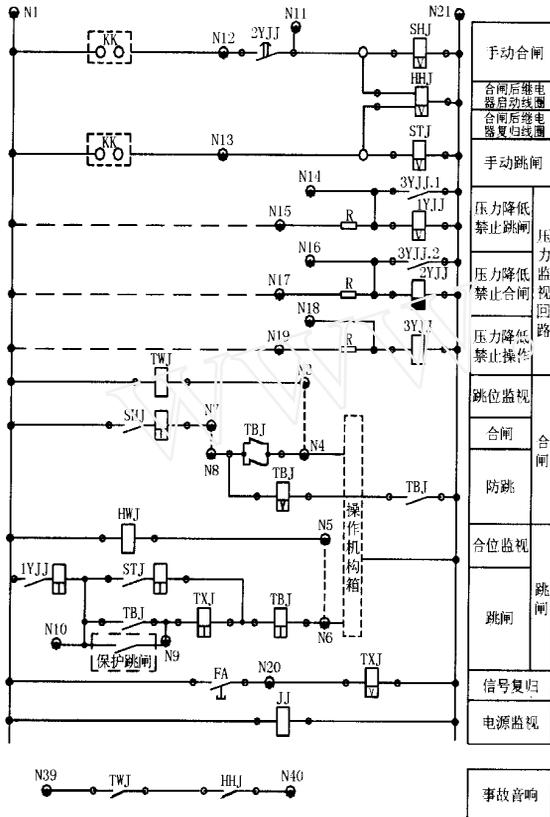


图1 电流起动电压保持继电器防跳回路

Fig. 1 Restraining breaker jump circuit on current relay starting and voltage relay holding

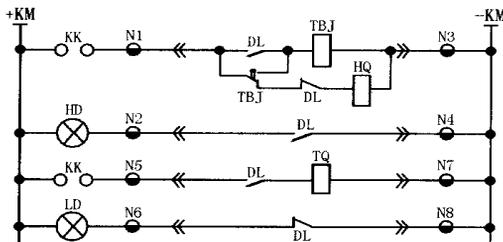


图2 继电器转换触点防跳回路

Fig. 2 Restraining breaker jump circuit on contact changing relay

通过组合继电器防跳回路的原理是(见图1,下简称方法一):当断路器合闸时由于合闸继电器动合触点粘连或合闸脉冲较长或控制开关没有返回,在合闸脉冲解除前,断路器接到跳闸指令跳闸。此时跳闸回路中的防跳继电器电流回路(TBJ)励磁启动,其常开触点闭合将防跳继电器电压回路接通;若合

闸脉冲没有解除,则防跳继电器的电压回路启动并自保持,其串联在合闸回路中的常闭触点断开合闸回路,保证断路器合闸回路在合闸脉冲解除前不再接通,起到防止断路器跳跃的目的。

通过延时继电器防跳的原理是(见图2,下简称方法二):当合闸时,断路器接到合闸脉冲合闸后,其辅助触点闭合,防跳继电器回路接通。若断路器合闸脉冲没有解除(合闸继电器粘连或合闸脉冲较长),则防跳继电器动作(TBJ),其转换触点闭合,防跳继电器触点自保持,并且断开合闸回路,确保在合闸脉冲解除前断路器不再合闸。

两种防跳回路在原理上没有多大区别,均采用继电器动作断开合闸回路,起到防止断路器跳跃的作用,当合闸脉冲解除后自动恢复到正常状态。相比之下方法二回路更为简单,对跳闸回路没有影响;但方法二存在断路器辅助触点闭合的同步问题,若断路器触点同步不好或接触不好,可能出现断路器跳跃,不能起到防跳作用,并且不能监视断路器控制回路断线。方法一在跳闸回路中串入防跳继电器的电流启动回路,电流启动继电器的动作电流为跳闸回路电流的一半,先于断路器跳开前已启动,没有采用断路器辅助触点启动,原理上更可靠。整个防跳回路都位于控制室内,受外部影响小,并且可以通过断路器位置监视继电器监视控制回路的完好性,所以高电压等级断路器多采用方法一防跳,低压断路器和部分进口断路器多采用方法二防跳。

在工程应用中,曾有些人将两种防断路器跳跃的方法同时使用,结果发现断路器在跳闸操作之后不能再次合闸的现象,这主要是因为断路器操作箱为了监视控制回路完好性,将合闸位置监视继电器的端子在内部将 N3 和 N4 短接好了(见图1),而其内阻不够大(一般小于 20 k),断路器本身的防跳继电器内阻又非常大,从而使断路器本身的防跳继电器启动,这时断路器合闸回路已经断开,再也不会导通。解决的方法主要是取消一套防跳回路,也可将操作箱内的断路器跳闸位置监视继电器端子解开(N3和N4分开),由一对独立的断路器常闭辅助触点启动,上述现象即可消除。

2.2 断路器位置监视回路

断路器位置监视回路主要用于扩展断路器辅助触点和监测跳合闸回路完整性。当断路器合闸位置监视继电器与合闸控制回路采用同一芯电缆,跳闸位置监视继电器与跳闸控制回路采用同一芯电缆时可以通过触点组合来监视控制回路的完整性。断路

器位置监视继电器采用常规的中间继电器,继电器内阻要大于20倍的断路器合闸线圈或跳闸线圈电阻,保证在正常状态断路器合闸或跳闸线圈分得的电压不大于额定电压的5%。根据反措要求扩展后的触点只能作为信号触点,不能作为保护的判据,更不能采用该类触点作为非全相和失灵保护的判据,在实践应用过程中曾经有过采用该类触点作为保护判据而引起保护误动作的情况。当控制回路断线和位置继电器故障的时候,断路器位置监视回路并不能正确反映断路器位置的真实状态。在跳闸线圈分相设置断路器的操作回路中,由于每相的跳闸线圈,各有一个合闸位置监视继电器,只要有一个继电器返回,断路器三相位置不一致,信号就能动作,就可能出现非全相启动,在实际应用中确实出现过因非全相取断路器位置监视继电器辅助触点为判据,加上区外故障,导致断路器误跳闸的事故。

2.3 辅助压力闭锁回路

断路器的正确可靠工作与断路器的附属设备的状态紧密相关,现在的高压断路器很少再采用电磁线圈直接操作,而是采用中间的动力装置来驱动,跳合闸线圈仅起到启动该类操作动力的功能。断路器的中间动力装置分两类:弹簧储能式和液压储能式。对于弹簧储能式操作机构,断路器操作机构预先通过小型电动机和一整套齿轮机构,将弹簧拉伸或压缩至预定位置,使弹簧储存足够的能量,在合闸或跳闸过程中,由合闸或跳闸线圈将机构启动,储存在弹簧中的能量突然释放,将断路器合上或分断。对于液压储能机构,是操作机构预先通过油泵将液体增压,使高压液体通过活塞压缩容器内的气体储存能量,当合闸或跳闸过程中,由合闸或跳闸线圈将机构启动,储存在容器中的能量突然释放,将断路器合上或分断。由于断路器在正常状态下不进行任何操作,尤其是高压断路器,整个使用期限内也不过操作几百次,但是操作机构要保证随时操作都能够正确动作,这就需要一整套回路来监视和保证动力系统的完整性。

在操作动力不够的情况下,断路器的合闸或跳闸过程就不能保证顺利完成,影响系统的正常工作,在合闸过程中,会引起断路器三相同期性变差,有时会出现非全相;在分闸过程中会引起分断能力不足,造成拉弧时间过长,甚至引起断路器的爆炸。压力闭锁回路就是为了保证断路器必须在操作动力正常时才能进行操作,当操作压力降低时闭锁相应操作,并发出相应预告信号。正常情况下操作动力是满足

操作要求的,只有在极少数状态下才会出现异常状态,为了监视闭锁回路的完好性,通常采用闭锁继电器的常开触点作为闭锁触点。

2.4 跳闸信号回路

电力系统任何回路都具有保护装置进行保护,断路器除了进行人为的合闸和跳闸操作外,还要受到保护装置的控制,当保护装置测出回路处于异常状态需要进行断路器跳闸时,发出跳闸指令,断路器分断,解除回路异常状态。变电站或发电厂为了分清责任,便于事故分析,在保护回路的最后环节增加了保护跳闸信号继电器,当保护装置发出跳闸指令跳闸时,跳闸信号继电器动作,并保持该信号。当正常操作断路器跳闸操作时,信号继电器不发信号。随着变电站自动化系统的发展,变电站取消了手动控制屏,一切操作都可以在计算机上实现,信号回路也随着有所变换。手动控制时,为了防止手动操作断路器跳闸时事故音响发信号,采用转换控制开关KK合后触点闭锁,变电站综合自动化系统中远方操作时,事故音响回路没有办法串入该闭锁触点,只有在操作回路中增加合后继电器(HH),合后继电器(HH)采用双位置继电器,当手动合闸时该继电器启动闭锁触点;人为分断断路器时合后继电器(HH)首先返回,事故音响回路不导通,不发事故音响(见附图1),当事故跳闸时断路器跳闸位置触点闭合,事故音响回路导通,发事故音响信号。

3 三相操作断路器与分相操作断路器

断路器按照操作动作方式可分为三相操作断路器和分相操作断路器。大家对分相操作断路器一般都没有异议,其各相主触头分别由各自的跳合闸线圈控制,可分别进行跳闸和合闸操作,线路断路器需要单相重合闸,故多选用分相操作断路器。对于三相操作断路器,就是三相只有一个合闸线圈和一个(或两个)跳闸线圈,断路器通过连杆或液体压力导管传动操作动力,将三相主触头合闸或分闸。电力系统中发电机、变压器和电容器等设备不允许各相分别单独运行,所以该类设备所用断路器均要求采用三相操作断路器。然而早期由于技术条件的限制,不能制造出大容量的三相操作断路器。对于大型发电机变压器组,多采用分相操作断路器来代替三相操作断路器,在电气上通过中间继电器接点扩展合闸和跳闸出口接点实现三相连动操作。在工程上有人同样称该类断路器为三相操作断路器,实际上这种叫法是不对的,这两种断路器的操作回路是

完全不同的,很容易引起人们的误解。对于分相操作的断路器其操作回路中的防跳回路必须分相设置,若该类断路器按照三相断路器来处理,则只有一个防跳回路没法同时提供给3个跳闸线圈使用。

4 断路器的合闸和跳闸电流

在断路器二次回路设计中,断路器的合闸和跳闸电流是必须知道的参数,因为对于电流启动电压保持的断路器防跳回路中,为了保证防跳电流继电器可靠启动,必须选择该继电器的启动电流为断路器跳闸电流的一半。同时各种继电器触点的容量是非常有限的,为了保证保护跳闸出口触点和合闸继电器的触点不被跳闸和合闸电流烧毁,必须保证断路器的合闸电流和分闸电流必须由断路器的辅助触点来分断,而不能由继电器的触点来分断,所以在该类触点回路中都串接有电流保持线圈,保证在电流存在的情况下出口触点不断开。又由于合跳闸回路为电感性回路,回路电流在接通以后都要经过逐渐上升的过程,为了保证电流继电器可靠启动,我国规定,其电流线圈的启动电流为合跳闸回路额定电流的一半。

随着技术的发展和继电保护人员的不断探索,现在许继电气公司推出了ZSZ-800、ZTZ-800系列等多种断路器操作箱,该类断路器操作箱的断路器合跳闸回路电流继电器采用自适应的方式,不必根据断路器跳合闸回路电流的不同,选择不同的电流继电器规格。该类操作箱主要继电器均采用进口松下大功率小型继电器,动作速度快,并且动作可靠,大大提高了断路器操作回路的可靠性,使用起来更加方便。

5 结束语

目前我国电力系统处于旧系统改造和新系统建设的高峰期,为了保证电力系统和设备的可靠运行,必须要保证断路器及其操作回路的合理选型使用,本文通过对断路器操作回路各个组成部分工作原理的介绍和分析,提出了断路器操作回路的造型设计过程中应注意的事项,对工程设计人员有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 徐国政,等(XU Guo-zheng, et al). 高压断路器原理和应用(Principle and Application of High Voltage Breaker) [M]. 北京:清华大学出版社(Beijing: Tsinghua University Press),2000.
- [2] 国家电力调度通讯中心(National Power Dispatch and Communication Center). 电力系统继电保护实用技术问答(Manual of Power System Protection Practical Technique) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press),2000.
- [3] 华北电力科学研究院(North China Electric Power Science Institute). 发电厂及电力系统反事故技术措施汇编(Corpus of Power Station and System Restraining Accident Document) [Z]. 北京:华北电力科学研究院(Beijing: North China Electric Power Science Institute).

收稿日期: 2004-05-28; 修回日期: 2004-08-06

作者简介:

郭占伟(1974-),大学,助理工程师,从事电力系统及自动化专业研究;

原爱芳(1972-),大学,工程师,从事电力系统继电保护工作;E-mail: aifangyuan_xjgc.com

张长彦(1975-),大学,工程师,从事电力系统继电保护工作。

Protection and control of breaker operating circuit

GUO Zhan-wei, YUAN Ai-fang, ZHANG Chang-yan, YU Xiao-hui

(Protection & Automation Business Department, XI Electric Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: As an important unit of electric power system, breaker's operating circuit plays an important role of assisting and protecting in cutting off the primary circuit. In order that the electric power system and equipment run reliably, breaker and its operating circuit must be selected and used correctly. This paper fully expounds the construction of breaker's operating circuit, introduces each component's working principle and relevant parameters in detail, points out the difference of each operating circuit, and probes the actual problems in engineering application.

Key words: breaker; restraining jump circuit; control box