



高等学校教材
专科适用

电力系统自动装置

南京电力专科学校 许正亚 主编



前 言

本书是电力工程类专科学校“电力系统继电保护”、“发电厂及电力系统”两专业的《电力系统自动装置》课程教材，系根据1988年11月召开的电力工程类高等工程专科会议上制定的教学内容编写的。本书结合专业的生产实际，讲述了电力系统自动装置的工作原理，并对装置的整定计算、调整试验和运行特性作了一定的分析。在选取自动装置时，注意到了结合生产实际和新技术的应用。书中带•的部分为“发电厂及电力系统”专业根据教学要求选讲或学生自学的内容。

本书共分八章。第一、二章由上海电力学院许光一编写，第六、七章由南京电力专科学校王雨春编写，其余各章均由许正亚编写，全书由许正亚任主编。

本书由太原电力专科学校何永华审阅，为此表示衷心地感谢。

限于编者水平，书中不妥和错误之处，恳切希望广大师生和读者批评指正。

编者

1989.6

内 容 提 要

本书主要讲述电力系统自动装置的工作原理,对自动装置的整定计算、调差试验和运行特性也作了一定的分析。

全书共分八章。分别为:备用电源和备用设备自动投入、输电线路三相自动重合闸、输电线路综合自动重合闸、同步发电机自动并列、同步发电机励磁自动调节、自动按频率减负荷、电力系统自动调频、自动解列和故障录波。

本书按电力工程类专科学校“电力系统继电保护”专业的《电力系统自动装置》课程教学大纲要求编写的,可作为电力工程类专科学校“电力系统继电保护”和“发电厂及电力系统”两专业专业限定的教材,也可供从事发电厂及电力系统工作的有关工程技术人员参考。

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 备用电源和备用设备自动投入	3
第一节 概述	3
第二节 对BZT装置的基本要求	4
第三节 备用电源自动投入装置的典型接线	5
第二章 输电线路三相自动重合闸	10
第一节 概述	10
第二节 单电源线路三相自动重合闸(SZCH)	11
第三节 双电源线路三相自动重合闸	17
第四节 自动重合闸与继电保护的配合	28
第三章 输电线路综合自动重合闸	31
第一节 概述	31
第二节 选相元件	32
第三节 阻抗选相元件动作分析	40
第四节 非全相运行继电保护行为	47
第五节 综合自动重合闸接线回路的基本原则	53
第六节 综合自动重合闸装置主要回路	57
第七节 晶体管型综合自动重合闸装置	70
第八节 整流型综合自动重合闸装置	77
第四章 同步发电机自动并列	82
第一节 概述	82
第二节 准同步	83
第三节 整步电压	86
第四节 恒定导前时间脉冲	93
第五节 频差大小和方向的鉴别	97
第六节 压差大小和方向的鉴别	107
第七节 ZZQ-5型自动准同步装置	109
第八节 自同步	124
第五章 同步发电机励磁自动调节	133
第一节 概述	133
第二节 同步发电机的励磁方式	136
第三节 励磁调节器基本概念	141
第四节 励磁系统中的可控整流电路	143
第五节 半导体励磁调节器工作原理	152

第六节	励磁调节器的静特性调整	172
第七节	并联运行发电机间无功功率的分配	176
*第八节	同步发电机的低励磁限制	180
第九节	半导体自动励磁调节器举例	189
第十节	复式励磁和相位复式励磁	192
第十一节	KFD-3相复励自动励磁调节装置	198
*第十二节	KFD-3工作特性的调整及其接线方式	211
第十三节	同步发电机励磁控制系统分析	217
第十四节	同步发电机的继电强行励磁	225
第十五节	同步发电机的灭磁	229
*第十六节	同步发电机的自并激励磁	233
*第十七节	水轮发电机励磁调节特点	237
第六章	自动按频率减负荷	240
第一节	概述	240
第二节	ZPJH工作原理	242
第三节	有关ZPJH的几个问题	244
第四节	自动按频率减负荷装置	247
第五节	防止ZPJH误动作措施	252
第七章	电力系统自动调频	256
第一节	概述	256
第二节	系统频率的一次调整和二次调整	259
第三节	电力系统调频的基本方法	262
第八章	自动解列和故障录波	271
第一节	自动解列装置	271
第二节	故障录波装置	285

绪 论

随着单机组容量的提高和电力系统容量的不断扩大,现代大型电力系统将逐渐形成,系统的网络结构更加复杂,对运行水平的要求也越来越高。

电能的生产过程与其他产品的生产过程不同,其最大特点是电能不能储存,发电、送电、用电必须在同一时刻完成,因此,对电力系统运行有极为严格的要求。运行中发生的问题,如不及时正确的处理,则必将影响电力系统的正常运行,甚至造成大面积停电,或对重要用户的供电长时间中断。电能生产过程的另一特点是从发电厂经输电线、变电所到负荷组成的电力系统,在运行中是一个有机的整体,且分布区域十分广阔。任何局部发生的故障,如处理不当,则同样会影响整个电力系统的正常运行。为了使电力系统更好地安全、经济运行,保证电能质量,自动化技术是必不可少的手段,且对自动化技术提出了越来越高的要求。因而,自动化技术在电力系统中显得十分重要。

电力系统自动化技术一般有如下两方面的内容:一是电力系统自动装置;二是电力系统调度自动化。前者有自动调节装置和自动操作装置之分,其中同步发电机自动励磁调节和电力系统自动调频属自动调节型自动装置;备用电源和备用设备自动投入、自动重合闸、同步发电机自动并列、自动按频率减负荷、同步发电机强行励磁、水轮发电机低频自启动、自动解列、电气制动、事故切机等属自动操作型自动装置。应当指出,电力系统继电保护是重要的自动操作型自动装置,但已自成体系另设课程,因此通常不再列入自动装置范围。

备用电源和备用设备自动投入装置、自动重合闸装置的使用,可提高供电的可靠性。同步发电机自动励磁调节和强行励磁装置、电气制动和自动切机的使用可提高电力系统的稳定性。同步发电机自动励磁调节和强行励磁装置还能加快故障切除后电压的恢复过程;自动按频率减负荷装置和水轮发电机低频自启动装置的使用,可防止电力系统因事故发生功率缺额时频率的过度降低,保证电力系统的稳定运行和重要负荷的供电;自动解列装置可防止系统稳定破坏时引起系统长期大面积停电和对重要地区的破坏性停电。以上这些自动装置,对保证电力系统的安全运行,防止事故扩大,提高供电可靠性具有重要作用。

自动并列装置的使用,不仅保证了同步发电机并列操作的正确性和操作安全性,而且减轻了运行人员的劳动。当电力系统发生故障要求发电机组迅速投入时,自动并列装置可以加快并列操作的过程。

同步发电机的自动励磁调节装置还可保证电力系统正常运行时的电压水平。自动调频装置可保证电力系统正常运行时有功功率的自动平衡和合理的分配,使系统频率在规定范围内变动。这些自动装置对保证电能质量起到重大作用。

上述这些自动装置在电力系统中应用相当普遍,直接为电力系统安全、经济运行和保证电能质量服务,发挥着极其重要的作用。

由于电力工业的迅速发展，电力系统自动监视和控制技术显得愈来愈重要了，这是实现电力系统调度自动化必不可少的手段，是提高电力系统安全、经济运行的主要措施。电子计算机的应用，大大加快了电力系统调度自动化技术的实现和发展。

电力系统调度自动化有如下主要内容：借助运动装置，将电力系统中各发电厂、变电所瞬息万变的反映电力系统运行状态的实时信息传送到调度控制中心的计算机系统，对实时数据进行收集与处理，进而分析当前的运行状态，通过人机联系显示出来，提供给调度人员，这不仅大大减轻了调度人员的劳动强度，而且提高了调度人员分析判断的正确性，因而提高了电力系统调度质量和运行水平，电能质量得到了保证。电力系统调度自动化的另一内容是电力系统经济出力的实时调度，在有功功率自动平衡的基础上，不断跟踪系统负荷的变化，使整个系统发电的总耗费用最少，在此基础上进行有功功率的合理分配，实现电力系统的经济调度，合理利用能源。此外，电力系统调度自动化的另一重要内容，是借助调度计算机对电力系统进行安全分析。所谓安全分析就是利用调度计算机对当前运行状态进行事故预想，通过事故预想，不仅可提供给调度人员正确的反事故措施，而且可评价出当前运行方式的安全水平。从而，调度人员可选择出合理的最优运行方式，大大提高了系统的安全水平。当系统事故发生后，调度计算机应根据系统的实时运行情况和事故情况提供正确的强有力的事故处理措施，并自动处理，将事故的影响减小到最低程度。应当指出的是，调度计算机目前还没有涉及这方面的功能，事故处理仍靠电力系统自动装置发挥作用。

应当看到，电力系统调度自动化是效果显著、经济效益高、提高电力系统安全经济运行水平的主要技术措施，应大力发展这方面的技术。

根据教学要求，本课程只讲述电力系统自动装置内容。

第一章 备用电源和备用设备自动投入

第一节 概 述

备用电源和备用设备自动投入装置是当工作电源因故障被断开以后，能迅速自动地将备用电源或备用设备投入工作，使用户不致于停电的一种装置，简称BZT装置。一般在下列情况下装设：

- (1) 发电厂的厂用电和变电所的所用电；
- (2) 由双电源供电的变电所，其中一个电源经常断开作为备用；
- (3) 降压变电所内装有备用变压器或互为备用的母线段；
- (4) 生产过程中某些重要的备用机组，如给水泵、循环水泵等。

BZT装置从其电源备用方式上可以分成两大类。图1-1所示是应用BZT装置的典型一次接线图。其中第一种备用方式是装设专用的备用变压器或备用线，称明备用方式，如图1-1(a)、(b)、(c)、(d)所示，图中表明，明备用电源通常只有一个，而且

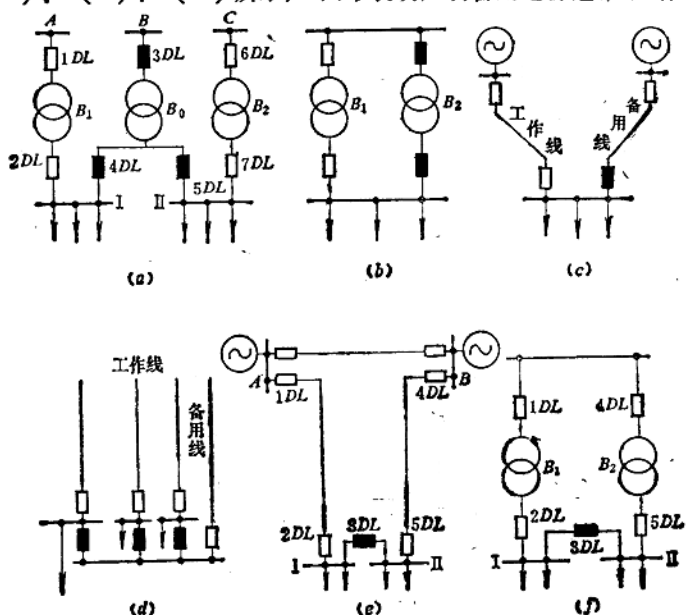


图 1-1 应用BZT装置的典型一次接线图
(a)、(b)、(c)、(d)明备用；(e)、(f)暗备用

一个明备用电源往往可以同时作为两段或几段工作母线的备用，视实际情况和备用电源的容量而定。第二种备用方式是不装设专用的备用变压器或备用线，称暗备用方式，如图1-1(e)、(f)所示，正常情况下，各段母线由各自的工作电源供电，母线分段断路器

器处在断开位置，当某一电源故障跳闸时，*BZT*装置将分段断路器自动合上，靠分段断路器而取得相互备用。因此，要求每一个工作电源的容量都应当根据两个分段母线上的总负荷来考虑，否则在*BZT*动作以后，要减去一些负荷。

从图1-1接线图可以看出，采用*BZT*装置后，有如下优点：

- (1) 提高供电的可靠性，节省建设投资；
- (2) 简化继电保护，因为采用了*BZT*装置后，环形网络可以开环运行（如图1-1, *e*），变压器可以分裂运行（如图1-1, *f*）等，这样就可以采用简单的继电保护装置；
- (3) 限制短路电流、提高母线残余电压。在受端变电所，如果采用开环运行和变压器分裂运行，将使短路电流受到一些限制，供电母线上的残余电压相应也提高一些，在某些场合，由于短路电流受到限制，不需要再装出线电抗器，这样，既节省了投资，又使运行维护方便。

由于*BZT*装置比较简单，费用低，而且可以大大提高供电的可靠性和连续性，因此，广泛应用于发电厂的厂用供电系统和厂矿企业的变、配电所中。

第二节 对*BZT*装置的基本要求

*BZT*装置应满足下列基本要求：

(1) 只有当工作电源断开以后，备用电源才能投入。主要目的是提高备用电源自动投入装置动作的成功率。假如工作电源发生故障，断路器尚未断开时，就投入备用电源，也就是将备用电源投入到故障元件上，这样就势必扩大事故，加重故障设备的损坏程度。实现这一要求的主要措施是：备用电源断路器的合闸部分应该由工作电源断路器的常闭辅助触点来起动。

(2) 工作母线上不论任何原因失去电压时，*BZT*装置都应动作。工作母线失去电压的原因很多，以图1-1(a)为例，就有①工作变压器 B_1 或 B_2 故障；②Ⅰ段或Ⅱ段母线出线发生短路而故障没有被该出线断路器断开；③1DL、2DL或6DL、7DL的操作回路、保护回路或误操作将变压器 B_1 或 B_2 断开；④电力系统内的故障使Ⅰ段或Ⅱ段母线失去电压等。上述这些情况，*BZT*装置都应起动，使备用变压器 B_0 投入，以保证不间断供电。因此*BZT*装置还必须具备独立的低电压起动功能。为了防止工作电源电压互感器二次侧熔断器熔断引起*BZT*误动作，*BZT*低电压起动部分应由两只低电压继电器触点串联构成。

(3) 备用电源自动投入装置只允许将备用电源投入一次。当工作母线发生持续性短路故障或引出线上发生未被断路器断开的持续性短路故障时，备用电源第一次投入后，由于故障依然存在，继电保护装置动作，又将备用电源断开，若再次将备用电源投入，就会扩大事故，对系统造成不必要的冲击。为了实现这一要求，就需控制备用电源或设备断路器的合闸脉冲，使它只能合闸一次。

(4) 一个备用电源同时作为几个工作电源的备用或有两个备用电源的情况备用电源应能。在备用电源已代替某工作电源后，其它工作电源又被断开，必要时备用电源自动投入。

装置仍应能动作。但对单机容量为200MW及以上的火力发电厂，备用电源只允许代替一个机组的工作电源。在有两个备用电源的情况下，当两个备用电源互为独立备用系统时，应各装设独立的BZT装置，使得当任一备用电源都能作为全厂各工作电源的备用时，BZT装置使任一备用电源都能对全厂各工作电源实行自动投入。

(5) 备用电源自动投入装置的动作时间，以使负荷停电的时间尽可能短为原则。停电时间短，对电动机自启动是有利的，但停电时间过短，电动机残压可能较高，当BZT装置动作时，会产生过大的电流和冲击力矩，导致电动机的损伤。因此，装有高压大容量电动机的厂用电母线，中断电源的时间应在1s以上。对于低压电动机，因转子电流衰减极快，这种问题并不突出。同时为使BZT装置动作成功，故障点应有一定的电弧熄灭去游离时间，在一般情况下，备用电源或备用设备断路器的合闸时间，已大于故障点的去游离时间，因而不必再考虑故障点的去游离时间。运行经验证明，BZT装置的动作时间以(1~1.5)s为宜。

(6) 当备用电源无电压时，BZT装置不应动作。正常工作情况下，备用母线无电压时，BZT装置应退出工作，以避免不必要的动作。当供电电源消失或系统发生故障造成工作母线与备用母线同时失去电压时，BZT装置也不应动作，以便当电源恢复时仍由工作电源供电。为此，备用电源必须具有有压鉴定功能。

(7) 应校验备用电源的过负荷和电动机自启动情况。如备用电源过负荷超过允许限度或不能保证电动机自启动时，应在BZT装置动作时自动减负荷。

此外，如果备用电源或备用设备投于故障，一般应使其保护加速动作。

第三节 备用电源自动投入装置的典型接线

目前在电力系统和厂矿企业中应用的BZT装置，接线形式多样，方案不一，但基本原理是大同小异，现以图1-2明备用变压器的BZT装置为例，分析BZT装置的电路结构，工作原理及参数选择。

一、备用变压器自动投入接线

(一) 接线

图1-2示出发电厂厂用变压器自动投入装置的接线，它也适用于变电站备用变压器。其中 B_1 为工作变压器， B_2 为备用变压器，对工作段母线起备用作用，备用分支的数目与工作电源供电的分段母线数相等（图中只画出两段）。

1 YJ、2 YJ——反应I母线电压降低的低电压继电器；

1 SJ——低电压起动BZT装置的时间继电器；

1 BSJ——控制BZT装置发出合闸脉冲时间的闭锁继电器；

1 ZJ——出口中间继电器；

YJ——反应备用母线有、无电压的过电压继电器；

YZJ——备用电源电压监视中间继电器；

BK——BZT装置的切换开关；

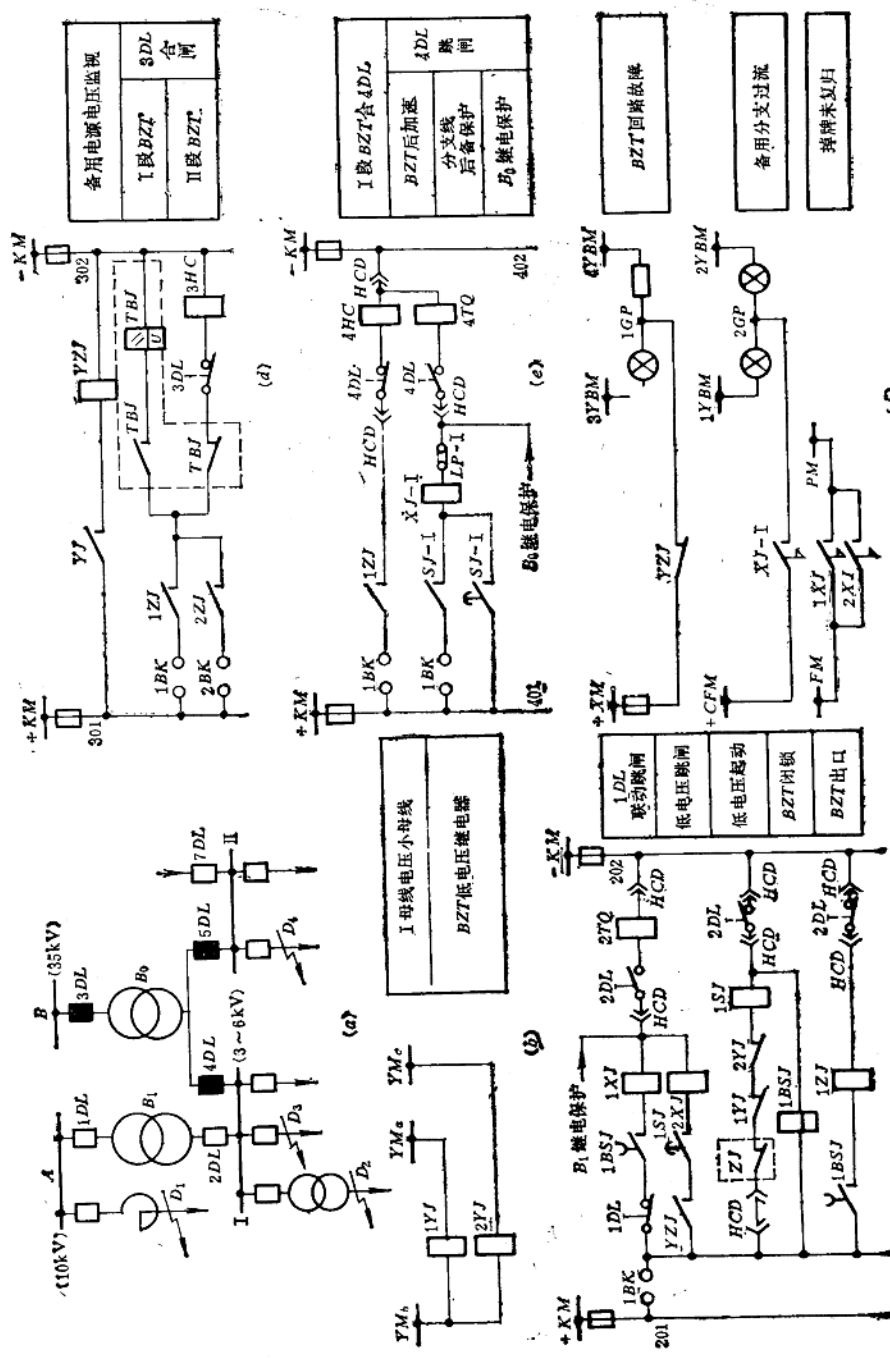


图 1-2 厂用备用变压器 BZT 装置接线
 (a) 一次接线, (b) 低电压继电器控制回路, (c) 2DL 跳闸控制回路, (d) 3DL 合闸控制回路, (e) 4DL 合闸、跳闸控制回路, (f) 信号回路

HCD——成套手车开关柜上的滑动触点。

1YJ、2YJ、1SJ、YJ、YZJ组成BZT装置的低电压起动部分；1BSJ、1ZJ组成BZT装置的自动合闸部分。现将工作原理介绍如下。

正常情况下，将I母线的BZT投入运行，1BK触点接通，I母线和备用母线均有电压，1YJ、2YJ触点断开，YZJ励磁，YZJ的常开触点闭合，为起动作好准备。同时因2DL处于合闸状态，闭锁继电器1BSJ励磁，为BZT装置动作出口做好准备。

当变压器B₁的继电保护装置（主保护或后备保护）动作时，操作正电源经断路器2DL的常开辅助触点接通跳闸线圈2TQ，使断路器2DL跳闸（1DL也跳闸，图中未示出）。2DL跳闸后，其常开辅助触点断开，常闭辅助触点闭合，使1BSJ立即失磁，1ZJ线圈立即通电，则1ZJ的常开触点闭合，使合闸接触器3HC和4HC通电，于是断路器3DL和4DL合闸。合闸后，由于1BSJ的延时返回触点已断开，1ZJ失磁，从而保证BZT装置只动作一次。

当1DL误断开时，其常闭辅助触点闭合，通过已闭合的1BSJ常开触点使2TQ通电，联动2DL跳闸。跳闸后的动作情况如上所述。2DL误跳闸时也有同样的动作过程。

当I母线不论任何原因失去电压时，低电压继电器1YJ、2YJ都动作，其常闭触点闭合，起动时间继电器1SJ，经整定的延时后，1SJ的延时常开触点闭合。若备用母线有电压，YZJ处于动作状态，常开触点闭合，2TQ通电使2DL跳闸，备用电源投入；若备用电源无电压，YZJ处于失磁状态，常开触点断开，2DL不会跳闸，备用电源不投入。

如果备用电源自动投入于持续性短路故障上，则应由装设在4DL上的过电流保护加速切除，这是采用切换开关1BK的触点串接在厂用备用电源分支线的过电流保护装置的时间继电器瞬动触点SJ-I来实现，见图1-2(e)。

由以上分析可看出，图1-2所示的BZT装置接线是满足基本要求的。

(二) 接线特点

(1) 各厂用母线段的BZT装置自动合闸部分的起动，采用了供电元件受电侧断路器与切换开关位置不对应（BZT装置的切换开关处于投入位置而供电元件受电侧断路器处于跳闸位置）起动方式，且切换开关BK按厂用母线段各自独立装设，BZT装置回路的直流电源接到供电元件受电侧断路器的控制电源上。

(2) 设有独立的低电压起动部分。为防止电压互感器二次侧任一相熔断器熔断时BZT装置误起动，1YJ、2YJ接在不同的相别上，其触点串联；在低电压起动回路中串联只有在手车处于工作位置时闭合的滑动触点HCD，以防止由于检修等原因将开关柜移出引起电压互感器失压而误起动，同时还串联了电压互感器断线监视继电器（在电动机低电压保护接线中）的触点，当电压互感器断线时，切断了低电压起动回路。

(3) 备用电源有压监视中间继电器YZJ的触点直接串接在低电压跳闸回路中。当工作电源和备用电源分别接在发电机电压的不同母线，在接工作电源的母线段发生故障时，可以缩短BZT装置的投入时间。这是因为1SJ在故障发生时就开始起动了，不必等到故障切除后才起动。

(4) 厂用备用电源母线无电压时，设有BZT回路故障信号，通过切换开关1BK

在BZT回路故障时将BZT退出运行,避免不必要的动作。此外,备用电源分支设有过电流动作信号,避免错误强送。

由以上特点可看出,BZT装置接线是合理的,工作是可靠的。

(三) 参数整定

1. 低电压继电器 1YJ、2YJ 的动作电压值的整定

1YJ、2YJ 的动作电压值按如下两条原则确定。

(1) 在工作母线上的电抗器后或变压器后发生故障时(如图1-2(a)中的 D_1 、 D_2 点),低电压继电器不应动作。因为在这两点发生短路时,母线电压虽然下降,但残余电压相当高,BZT装置不应动作。因此,1YJ、2YJ的动作电压 $U_{d.<}$ 为

$$U_{d.<} = \frac{U_{eY}}{K_K n_Y}$$

式中 U_{eY} ——I 母线上的残余电压;

K_K ——可靠系数,取1.1~1.3;

n_Y ——电压互感器变比。

(2) 起动电压应躲过电动机自起动时的最低电压值 U_{min} ,也就是在母线引出线上发生故障时(如图1-2(a)中的 D_3 点),相应继电保护将故障切除后,在电动机自起动的情况下,低电压继电器应返回。故

$$U_{d.<} = \frac{U_{min}}{n_Y \cdot K_K \cdot K_r}$$

式中 K_r ——返回系数, $K_r > 1$ 。

取上两式中的最小值作为整定值。

根据运行经验,低电压继电器1YJ、2YJ动作电压的整定值,约等于额定工作电压的25%。

2. 时间继电器 1SJ 动作时限的整定

1SJ的时限值是保证BZT装置动作选择性的一个重要参数。当系统内发生使低电压继电器动作的短路故障时,应由系统保护切除故障而不应使BZT装置动作,为此,1SJ的动作时间 t_{1SJ} 应满足下式

$$t_{1SJ} = t_{d.\max} + \Delta t$$

式中 $t_{d.\max}$ ——当系统内发生使低电压继电器动作的短路故障时,切除该短路故障的系统保护最大动作时限;

Δt ——时限级差,取0.5~0.7s。

如果存在二级BZT,则低压侧1SJ的动作时间应比高压侧1SJ的动作时间大一个时限级差,以避免低压侧BZT装置不必要的动作。

3. 闭锁继电器 1BSJ 延时返回时间值的整定

1BSJ延时返回时间的作用是保证BZT只动作一次,并且保证备用变压器合闸成功。

由图1-2(c)可知,延时触点的动作时间应大于断路器合闸时间

$$t_{1BSJ} = t_{hs} + \Delta t$$

式中 t_{hs} ——备用变压器断路器合闸时间(包括传动装置的动作时间);

Δt ——时间余度, 取 $0.2 \sim 0.3s$ 。

4. 过电压继电器YJ动作电压值的整定

过电压继电器的作用是监视备用电源是否有电压, 所以当正常电压和备用母线最低工作电压时, YJ继电器应保持动作状态。如图1-2(a)中的 D_4 点发生故障时, 被该出线断路器切除后, 由于电动机自启动的影响, 备用母线出现最低运行电压 $U_{min.B}$, YJ继电器的常开触点应该闭合, 以使I段工作母线的BZT低电压起动部分仍能起动。YJ继电器的动作电压 $U_{d.>}$ 为

$$U_{d.>} = \frac{U_{min.B}}{n_Y K_K K_r}$$

式中 K_K ——可靠系数, 取 $1.1 \sim 1.2$;

K_r ——返回系数, 一般为 $0.85 \sim 0.9$ 。

一般 $U_{d.>}$ 值不应低于70%额定工作电压。

二、关于BZT装置起动方式的讨论

从对BZT装置的基本要求出发, 采用了在BZT装置的切换开关与供电元件受电侧断路器两者位置不对应时, 起动BZT装置。

为了满足不论任何原因使工作母线失去电压时, BZT装置都应起动, 通常有以下两种方式:

最常用的方式是采用低电压继电器来检测工作母线失去电压的状况(如图1-2中所示)。前面已经分析了它能反应工作母线失去电压的所有情况, 并且采用了一些措施来克服电压互感器二次侧断线的影响。但是电动机的残压对BZT装置的动作时间也有一定的影响。

另一种方式是采用低电流继电器、过电压继电器来检测工作母线失去电源的状况, 低电流(取自供电元件受电侧)起动BZT装置, 过电压(取自工作母线)起闭锁作用。这种方式也能反应工作母线失去电压的所有情况, 存在的主要问题是需要装设电流互感器。这种起动方式的最大优点是克服了电压互感器二次侧断线的影响, 因为在运行中只要有负载电流, 即使电压回路断线, BZT装置也不会起动。此外, 这种起动方式还可防止电动机残压对BZT装置动作时间的影响。

复习思考题

1. 若在图1-2(a)的 D_3 点发生两相或三相短路而未被该出线断路器断开时, BZT是如何动作的? 说出各继电器的动作过程。

2. 设图1-2(a)中变压器 B_1 后备保护动作时间为1s, 试整定图1-2(c)中1SJ继电器的动作时间。

3. 为了实现备用母线无电压时BZT不动作, 在图1-2中能否用YZJ的常开触点串接在1ZJ线圈回路中来实现? 试分析之。

4. 试述BZT装置中低电压起动元件的实际作用。何种情况下可省去该起动元件?

5. 能否取消BZT装置中的过电压继电器? 试说明之。

6. 试拟定图1-1(e)及1-1(f)中3DL的BZT装置接线。

第二章 输电线路三相自动重合闸

第一节 概 述

电力系统的输电线路最容易发生故障，提高输电线路运行的可靠性，对电力系统的安全运行具有重大的意义。

输电线路的故障有瞬时性故障和永久性故障两种。例如由雷电引起的绝缘子表面闪络、线路对树枝放电、大风引起的碰线、鸟害和树枝等物落在导线上所引起的短路等，对这些故障，当故障线路由继电保护动作断开以后，电弧熄灭，故障点去游离，绝缘强度恢复，故障自行消除。这时，如把断开的断路器再重新合上，就能恢复供电。线路上也存在永久性故障，例如线路倒杆、断线、绝缘子击穿或损坏等原因所引起的故障。这时，如把跳开的断路器合上，由于故障仍然存在，还要由继电保护动作再次将断路器断开。

运行实践表明，输电线路的故障大多数是瞬时性的，因此，在线路发生故障被断开以后，再进行一次合闸，就有可能大大地提高供电的可靠性。但如果由运行人员手动合闸，由于停电时间长，效果不显著。为此，在电力系统中广泛地采用了自动重合闸装置（简称ZCH），当断路器断开以后，自动地将断路器重新合上。

自动重合闸装置本身不能判断故障是瞬时性的还是永久性的，如果故障是瞬时性的，则重合闸成功，如果故障是永久性的，则重合闸不成功。重合闸成功的次数与总重合次数之比，称为重合闸成功率。运行资料表明，重合闸成功率约在60%~90%之间，可见自动重合闸效果是相当显著的。

在输电线路采用ZCH后，不但提高了供电可靠性，而且可提高系统并列运行的稳定性，还可以纠正断路器本身机构不良、继电保护误动以及误碰所引起的误跳闸。由于ZCH装置投资低，工作可靠性高，因此，不仅在输电线路采用，必要时在电力变压器和母线上也采用ZCH装置。

在采用了自动重合闸以后，当重合于永久性故障时，也带来了一些不利的后果。例如使电力系统又一次受到短路电流的冲击，使断路器的负担加重，因为它要在很短的时间内连续切断两次短路电流。

空气断路器的极限遮断容量在自动重合闸动作时不受影响，受重合闸影响比较严重的是油断路器。当油断路器第一次切断故障电流时，由于电弧的作用，使断路器触头四周的油发生分解和碳化，从而使绝缘油的绝缘性能大大降低，绝缘性能的恢复需要一定的时间，须待碳化物沉淀到油箱底部，并使触头周围充换新的绝缘油，特别是对具有灭弧室的油断路器，其绝缘油的充换时间比较长。因此，过去在使用自动重合闸时，不得不考虑将油断路器的遮断容量降低。在无制造厂家提供具体的数据时，根据短路电流的大小将油断路器的遮断容量乘以一个小于1的修正系数使用。现在制造的油断路器，已经做了重合闸的开断容量试验，因此，不需要再考虑降低遮断容量了。

输电线路的自动重合闸，常分为三相重合闸、单相重合闸及综合重合闸三种。根据重合闸的次数又可分为一次动作的重合闸和二次动作的重合闸。另外还可分为单侧电源重合闸和双侧电源重合闸。

三相重合闸就是当输电线上发生单相、两相或三相短路故障时，继电保护均动作使三相断路器一起跳闸，而后起动重合闸装置，经预定的时间将三相断路器一起合上。如重合不成功，断路器第二次三相跳闸后不再重合，则称之为三相一次重合闸。如果第一次重合不成功，经一定的时间再进行第二次三相重合闸，不论重合成功与否，不再重合，则称之为三相二次重合闸。不过，三相二次重合闸应用不多，在断路器断流容量允许时，无经常值班人员变电所引出的无遥控的单回线路，供电给重要负荷且无备用电源的单回线路，可以采用三相二次重合闸，一般只考虑三相一次重合闸。

自动重合闸装置应满足下列基本要求。

(1) 用控制开关手动操作或通过遥控装置将断路器断开，或将断路器投于故障线路后随即由继电保护装置动作将其断开时，自动重合闸装置都不应该动作。

(2) 当断路器处于不允许实现自动重合闸的不正常状态（例如气压、液压降低）时，或当系统频率降低到按频率自动减负荷装置动作将断路器跳闸时，能自动地将ZCH闭锁。

(3) 采用控制开关位置与断路器位置不对应原理起动自动重合闸装置。

(4) 在任何情况下，自动重合闸的动作次数应符合预先的规定。如一次重合闸只应该动作一次，当重合于永久性故障而再次跳闸后，不允许再自动重合闸。

(5) 自动重合闸装置在动作以后应能自动复归，准备好下次再动作，但对10kV及以下的线路，如经常有人值班时，也可采用手动复归的方式。

(6) 自动重合闸装置应与继电保护配合，以实现在重合闸之前或重合闸之后加速保护的动作回路。当用控制开关手动合闸时，也应采用加速继电保护动作的措施。当采用后加速保护时，如果冲击电流或断路器三相不同步合闸所产生的零序电流有可能引起继电保护误动作时，则应采取防止误动的措施。

(7) 在两侧电源供电线路上采用自动重合闸，应考虑合闸时的同步问题。

第二节 单电源线路三相自动重合闸 (SZCH)

单电源线路是指单侧电源辐射形单回线路、平行线路和环形线路，因为这种线路只有一个电源供电，不存在非同步重合的问题，重合闸装置装于线路的送电侧。

一、装置接线

三相一次自动重合闸装置的原理接线如图2-1所示。对110kV线路的三相自动重合闸，重合闸的起动及逻辑回路和操作继电器等作为一个整体。

重合闸的起动及逻辑回路由下列元件组成：时间继电器1SJ、带有电流自保持线圈的重合闸继电器ZHH、充电电阻6R、放电电阻7R、电容C、氖灯ND组成。接线图中的其余部分介绍如下。

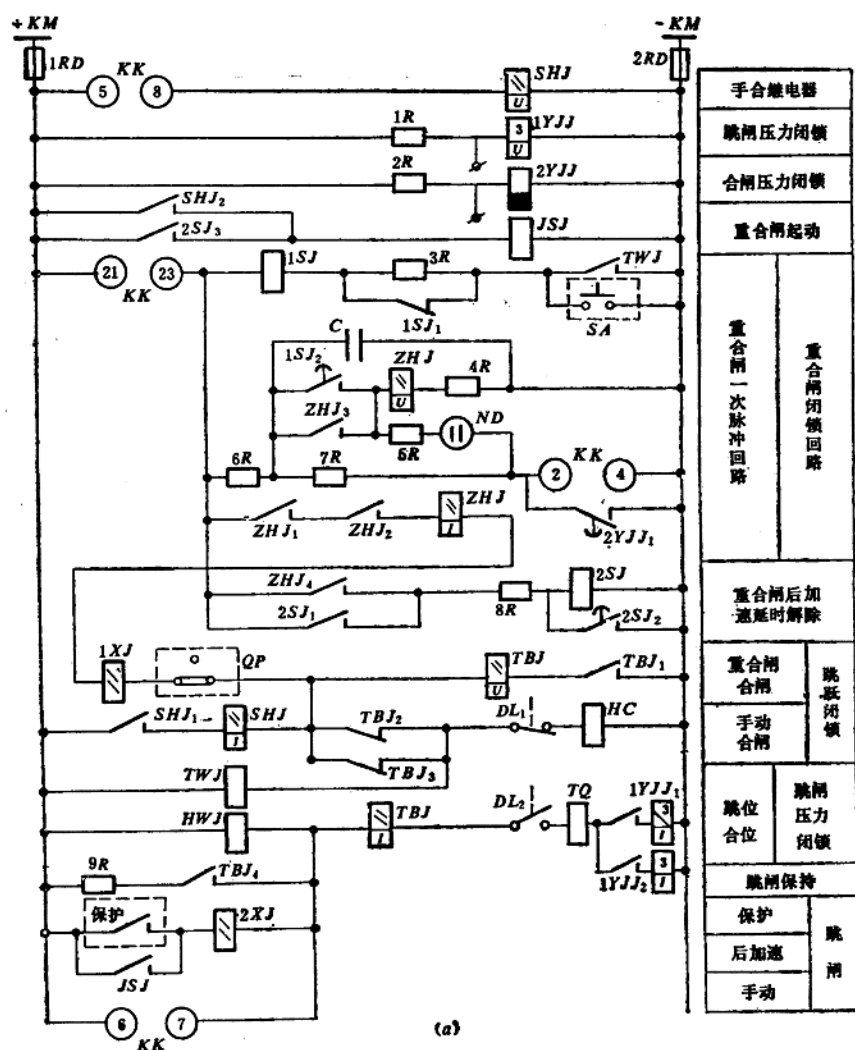


图 2-1 110kV线路三相一次自动重合闸装置（包括操作继电器）原理接线图
(a) SZCH接线；(b) KK控制开关触点通、断情况

TWJ是跳闸位置继电器，断路器跳闸后，由于断路器的辅助常闭触点接通，TWJ动