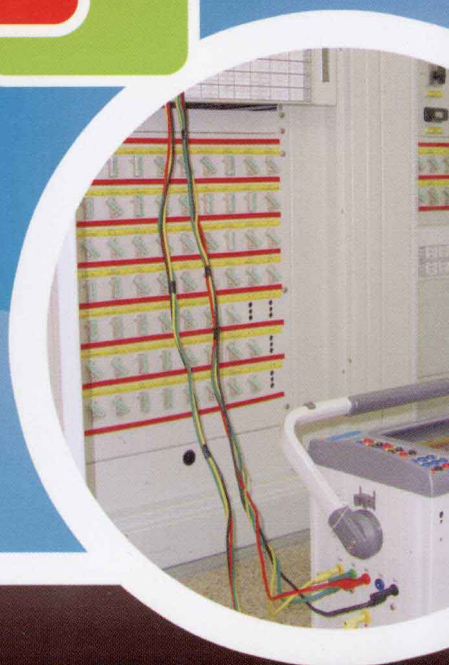


黄国平 编著

电网微机保护测试技术 及故障排查

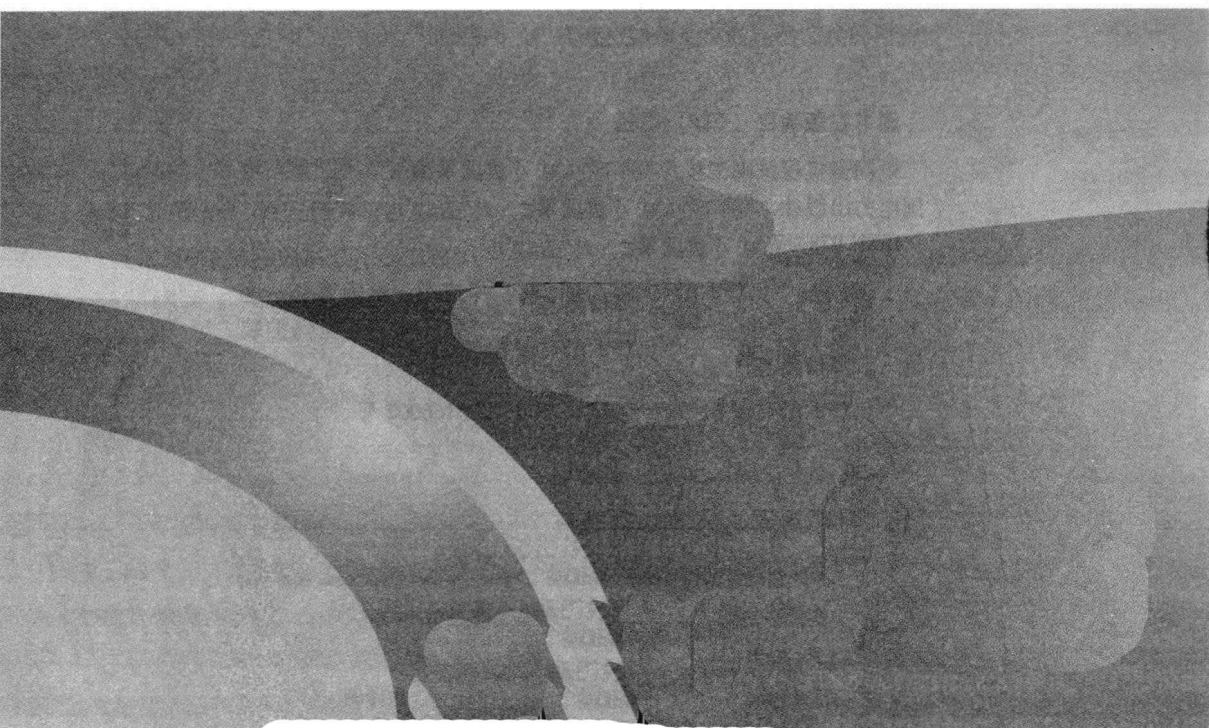


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



黄国平 编著

电网微机保护测试技术 及故障排查



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

电力系统的不断发展,大电网的产生和新型供电技术及设备的不断涌现,对继电保护工作人员的技术、技能提出了更高的要求。本书是为适应电力系统安全经济运行,有效提高继电保护工作人员岗位能力和生产技能编写而成,介绍了电网微机保护测试技术及故障排查。

本书共六章,主要内容包括绪论、高压线路保护测试及故障排查、变压器保护测试及故障排查、母线差动保护测试及故障排查、断路器失灵保护启动回路测试、断路器操作回路测试。

本书适用于从事继电保护维护与运行的技术、管理人员参考使用,可作为继电保护高级工考试教材和继电保护技师、高级技师的指导用书,也可作为继电保护技能比赛用书和继电保护培训中心现场实操教材。

图书在版编目(CIP)数据

电网微机保护测试技术及故障排查 / 黄国平编著. —北京:中国电力出版社, 2011. 8

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2033 - 8

I. ①电… II. ①黄… III. ①计算机应用 - 电力系统 - 继电保护装置 - 测试技术②计算机应用 - 电力系统 - 继电保护装置 - 故障检测 IV. ①TM774 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 166002 号

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
航远印刷有限公司印刷
各地新华书店经售

*

2011 年 9 月第一版 2011 年 9 月北京第一次印刷
710 毫米×980 毫米 16 开本 10 印张 176 千字
印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换
版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

随着电力系统的不断发展，大电网的产生和新型供电技术及设备的不断涌现，继电保护已成为保障电力系统安全运行的重要手段，同时也对继电保护工作人员的技术和技能提出了更高的要求，为适应电力系统安全经济运行，有效提高继电保护工作人员素质、岗位能力和生产技能，大力开展继电保护职工岗位技能培训和职业技能鉴定，成为电力企业培训工作的重中之重。因此，编者结合微机保护在各类高压电气设备和输电线路中的实际应用情况，编写了本书。

如何更准确、更高效地进行微机保护的现场测试，更快、更安全地排除微机保护在运行过程中出现的故障，是许多从事继电保护工作的人员所面临的困境。本书是作者结合多年继电保护日常维护、缺陷处理、故障排查的实践工作经验编写而成的。读者通过本书可解决微机保护理论与现场实际保护测试工作所遇到的问题，领会微机保护在运行过程中出现故障的排查方法，降低继电保护现场测试工作的难度，从而提高对继电保护工作的兴趣，培养分析问题、解决问题的能力。

本书的编写始终贯彻实用和通俗的原则，从微机保护装置的原理出发，最后到保护程序逻辑的现场测试，分析测试过程中遇到问题的原因，采取措施排除测试过程中所遇到的问题。

本书列举了大量继电保护装置的现场测试技术及故障排查实例，介绍了220kV线路保护、主变压器保护、母差保护、失灵保护在变电站现场的测试方法、技巧、注意事项、故障的排查处理，以理论指导现场测试，通过现场实践测试来验证理论。本书还介绍了断路器操作回路测试。

由于编写时间紧迫，加之水平有限，本书难免存在疏误之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2011年9月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第二章 高压线路保护测试及故障排查	9
第一节 纵联保护测试	9
第二节 距离保护测试	29
第三节 工频变化量阻抗元件测试	36
第四节 零序方向电流保护测试	40
第五节 高压线路保护永久性故障模拟测试	44
第六节 高压线路保护技能训练与故障排查	45
第三章 变压器保护测试及故障排查	55
第一节 变压器差动保护测试	55
第二节 变压器后备保护测试	75
第三节 变压器保护技能训练及故障排查	97
第四章 母线差动保护测试及故障排查	100
第一节 母线差动保护测试	100
第二节 母线差动保护技能训练及故障排查	119
第五章 断路器失灵保护启动回路测试	122
第一节 运行中 220kV 失灵保护启动回路测试	122
第二节 设备停电时 220kV 失灵保护启动回路测试	125
第三节 220kV 失灵保护启动回路设计要求	128
第四节 RCS-978 主变压器变高失灵联跳主变压器三侧回路改造测试 ..	129
第五节 220kV 断路器失灵保护定值修改	133
第六章 断路器操作回路测试	139
第一节 断路器操作回路基本概念	139
第二节 断路器操作回路测试案例分析	143
第三节 断路器防跳跃回路测试分析	147
参考文献	156

绪 论

一、电力系统对继电保护的基本要求

电力系统在运行中可能出现各种故障和不正常运行状态，最常见也最危险的故障是各种类型的短路，其中包括相间短路和接地短路。此外，还可能发生输电线路断线、变压器同一相绕组的匝间短路等，以及由上述几种故障组合而成的复杂故障。

继电保护装置是指安装在被保护元件上，反映被保护元件的上述故障或不正常运行状态并作用于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。继电保护装置最初是以机电式继电器为主构成的，现代的继电保护装置已发展成以电子元件、微型计算机、可编程序控制器为主构成。

动作于跳闸的继电保护，在技术上一般应满足四个基本要求，即选择性、速动性、灵敏性和可靠性，现分别叙述如下：

1. 选择性

选择性是指继电保护装置动作时，仅将故障元件从电力系统中切除，保证系统中非故障元件仍然继续运行，尽量缩小停电范围。

图 1-1 所示为单侧电源网络中继电保护有选择性动作说明，母线 A、B、C、D 代表相应变电站，断路器 1QF ~ 8QF 分别装有继电保护装置 P1 ~ P8。

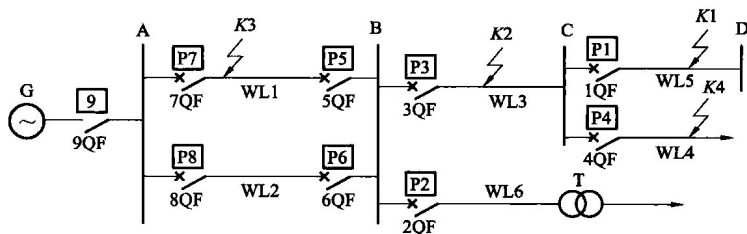


图 1-1 单侧电源网络中继电保护有选择性动作说明

当 K1 点短路时，应由距短路点 K1 最近的保护装置 P1 动作，1QF 跳闸，将故障线路 WL5 切除，变电站 D 停电。当 K3 点发生短路时，保护装置 P7 和 P5 动

作, 7QF 和 5QF 跳闸, 切除故障线路 WL1, 变电站 B 仍可由线路 WL2 继续供电。由此可见, 继电保护有选择性动作可将停电范围限制到最小, 甚至可以做到不中断向用户供电。

对继电保护动作有选择性的要求, 同时还必须考虑继电保护装置或断路器由于自身故障等原因而拒动的可能性, 因而需要考虑后备保护的问题。如图 1-1 所示, 当 K4 点短路时, 应由继电保护装置 P4 动作, 将故障线路切除, 但由于某种原因, 保护装置 P4 拒动或 4QF 断路器跳不开, 此时可由保护装置 P3 动作, 将故障切除。保护装置 P3 这种作用称为相邻元件的后备保护, 由于按上述方式构成的后备保护在远处实现, 故又称为远后备保护。同理, 保护 P7 ~ P8 也可以作为保护 P3 的后备保护。

一般的, 把反映被保护元件严重故障, 快速动作于跳闸的保护装置称为主保护 (如纵联保护), 而把在主保护系统失效时备用的保护装置称为后备保护 (如失灵保护)。

在复杂的高压电力系统中, 如果实现远后备保护有困难, 则可采用近后备保护方式。即当本元件的主保护拒动时, 由本元件另一套保护装置作为后备保护。当断路器拒动时, 由同一发电厂或变电站内有关断路器动作, 实现后备保护。为此, 在每一元件上装设单独的主保护和后备保护, 并装设设备的断路器失灵保护。由于这种后备保护作用是在保护安装处实现, 故又称它为近后备保护。由于远后备保护是一种完善的后备保护方式, 它对相邻元件的保护装置、断路器、二次回路和直流电源引起的拒动, 均能起到后备保护作用, 同时远后备保护的实现简单、经济, 因此应优先采用。只有当远后备保护不能满足要求时, 才考虑采用近后备保护方式 (220kV 及以上系统均采用近后备保护方式)。

2. 速动性

速动性是指快速地切除故障, 保证速动性可以提高电力系统并列运行的稳定性, 减少用户在电压降低的情况下的工作时间, 以及缩小故障元件的损坏程度。因此, 在发生故障时, 应力求保护装置能迅速动作, 切除故障 (如 220kV 及以上系统, 要求全线快速切除故障, 以确保系统稳定)。

3. 灵敏性

灵敏性是指对于保护范围内发生的故障或非正常运行状态的反应能力。满足灵敏性要求的保护装置应该是在事先规定的保护范围内部发生故障时, 不论短路点的位置、短路的类型如何, 以及短路点是否有过渡电阻, 都能敏锐感觉、正确反应。



4. 可靠性

保护装置的可靠性是指在其规定的保护范围内发生了它应该动作的故障时,它不能拒绝动作;而在任何保护不应该动作的情况下,则不能错误动作。这是可靠性的两个方面,前者称“可信赖性”,后者称“安全性”。保护装置的拒动率越低,其可信赖性越高;而误动率越低,其安全性越高。

继电保护装置误动作和拒动作都会给电力系统造成严重的危害,但提高其不误动的可靠性和不拒动的可靠性措施常常是相互矛盾的。由于电力系统的结构和负荷性质不同,拒动和误动的危害程度有所不同,因而提高保护装置可信赖性和安全性的着重点在各种情况下也应有所不同。例如,对于传送大功率的骨干输电线路保护(如220kV及以上输电线路),一般宜强调安全性;而对于其他线路保护,则宜强调可信赖性。

提高继电保护安全性的措施主要是采用元件及工艺质量优良的装置并对其经过全面的分析论证及试验(测试)运行以确认其技术性能能满足要求。而提高继电保护的可靠信赖性,除采用上述措施外,重要的还可以采用装置双重化。

上述的四个基本要求是分析研究继电保护性能的基础。四个基本要求之间既有在一定条件下统一的一面,又有矛盾的一面。

继电保护的可靠性是电力系统对保护装置最基本的性能要求。为了提高可靠性,防止继电保护或断路器拒动的可能性,就需要设置后备保护。因此,保护设备的主保护和后备保护之间及后备保护之间就存在灵敏系数的相互配合的问题,只有正确地计算保护整定值和校验其灵敏系数,才能使得各继电保护的動作具有选择性。可见,继电保护的可靠性与选择性和灵敏性是相辅相成的。

保护的选择性除了通过故障量参数的整定来获取外,还需要通过保护动作时限的整定来配合。这种保护动作的时限,使得保护装置为了获取选择性而牺牲了保护的速动性。反之,凡是瞬时动作的保护,显然不具备后备保护的功能。为了提高整套保护装置的可靠性,瞬时动作的保护还必须配有后备保护,以构成完整的保护装置。可见,保护的“快速性”与保护的“选择性”、“可靠性”之间是相互制约的。

二、电力系统继电保护的任务和作用

电力系统运行中可能发生各类故障和不正常运行状态。其中故障是指各类相间短路、接地短路和断线。不正常运行状态是指电力系统中电气元件的正常工作遭到破坏,但没有发生故障。例如,过负荷、电力系统发生振荡、系统中出现功

率缺额引起频率降低、发电机突然甩负荷而产生过电压等，都属于不正常运行状态。

继电保护的作用就是在电力系统发生故障和不正常运行时，迅速而有选择性地切除故障元件，保证非故障部分能继续安全运行并及时发出报警信号。因此，继电保护装置的基本任务有以下几点：

(1) 自动、迅速、有选择性地切除故障元件从电力系统中切除，使故障元件免于继续遭到破坏，并保证其他无故障元件迅速恢复正常运行。

(2) 反应电气元件不正常运行情况，并根据不正常情况的种类和电气元件维护条件，发出信号，由运行人员进行处理或自动地进行调整或将那些继续运行会引起事故的电气元件予以切除。

(3) 继电保护装置还可以和电力系统中其他自动化装置配合，在条件允许时，采取预定措施，缩短事故停电时间，尽快恢复供电。

三、继电保护的基本原理及构成

1. 继电保护的基本原理

电力系统中任何电气设备发生故障时，必然有故障信息出现，而故障信息可分为内部故障信息和外部故障信息两大类。这两类信息是继电保护原理的根本依据。在具体的保护装置中，既可单独使用一类信息，也可联合使用两类信息。内部故障信息用于切除故障设备，外部故障信息用于防止切除非故障设备。利用内部故障信息或外部故障信息的特征来区分故障和非故障设备，是继电保护的最基本的原理。

例如在纵联保护中，将差动电流作为内部故障信息，以此作为动作量，而将穿越性短路电流作为外部故障信息，并以此作为制动量，当动作量与制动量满足纵差保护的判据时保护动作。

再如在方向保护中，如规定指向被保护对象的功率为正方向，当发生故障时，比较被保护对象各侧的功率方向均为正方向时，可判断为内部故障；当有一侧功率方向为负方向时，则判断为外部故障。

保护的故障信息可以是一种故障量（包括故障暂态分量），也可以是一种方向比较信息，还可以是一种逻辑关系，如时间量等。

在按照上述原理构成各种继电保护装置时，可以使它们的参数反应于工频电气量（如过电流保护、电流速断保护、低电压保护、电压与电流比值的变化构成的距离保护等）或工频电气变化量（工频变化量距离保护、工频变化量差动保护等），还可以使之反应于上述两个量的对称分量（如负序、零序、正序电气量



及其变化量)。由于在正常运行时,负序和零序分量很小,而在发生不对称接地短路时,它们却有较大的数值。在发生不接地的不对称短路(包括断线故障)时,虽然没有零序分量,但负序分量却很大,因此利用这些分量及其变化量构成的保护装置一般都具有良好的选择性和灵敏性。

此外,除了反映各种工频电气量的保护原理外,还有反映于非工频电气量的保护,如高压输电线路的行波保护和反应非电气量的电力变压器的瓦斯保护、过热保护等。

2. 继电保护装置的构成

一套继电保护装置一般由测量部分、逻辑部分、执行部分组成,其原理结构如图1-2所示。

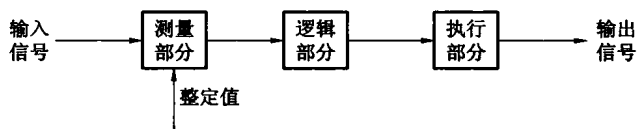


图1-2 继电保护装置的原理结构

(1) 测量部分。测量被保护对象输入的各类故障信息,并与给定的整定值进行比较,根据比较的结果,给出模拟或数字的输出信号,以供保护逻辑部分判断使用。

(2) 逻辑部分。根据测量部分各输出的组合,使保护装置按一定的逻辑关系工作,最后确定是否应该使断路器跳闸或发出信号,并将有关命令传给执行部分。常用的逻辑有“或”、“与”、“否”、“延时”、“记忆”等。

(3) 执行部分。根据逻辑部分传送的信号,完成保护装置最终的跳闸动作和发告警信号。

这三个组成部分对任何继电保护装置都适用,对不同的保护装置所不同的仅仅是构成这三个部分的结构及原理不同而已。如,对微机保护而言,逻辑部分主要是由软件的程序实现的,而继电器式保护装置的逻辑部分是由硬件组成的逻辑回路。

四、继电保护的分类及配置

电力系统继电保护装置根据被保护对象不同,分为发电厂、变电站电气设备的继电保护和输电线路的继电保护,前者是发电机、变压器、母线和电动机等元件的继电保护,简称元件保护;后者是指电力网及电力系统中输电线路的继电保护,简称线路保护。

变电站电气设备的继电保护装置主要有变压器保护装置、母线差动及失灵保护装置。

输电线路的继电保护装置主要有中低压线路保护装置（35kV 及以下线路）、高压线路保护装置（110kV 及以上线路）。

（一）变压器保护装置的配置

1. 主保护

（1）瓦斯保护。用于反应油浸式变压器油箱内部故障和油面下降。

（2）变压器纵差保护。用于反映变压器绕组的相间短路故障、绕组的匝间短路故障、中性点接地侧绕组的接地故障及引出线的相间故障、中性点接地侧引出线的接地故障。

2. 后备保护

（1）复合电压闭锁方向过流保护。用于变压器外部相间短路的后备保护，主要用于升压变压器及过流保护灵敏度不满足要求的降压变压器。如果用作变压器相邻元件的后备保护，整定方向应由变压器指向母线；如果用作变压器本身的后备保护，整定方向应由母线指向变压器。

（2）阻抗保护。作为变压器相间短路的后备保护，当母差退出运行时，应投入阻抗保护。在校验复合电压闭锁方向过流保护灵敏度不足时才选用阻抗保护。

（3）零序方向过流保护。作为中性点直接接地变压器的大接地电流系统一侧接地短路的后备保护，是由两段式的零序方向电流构成，零序方向电流保护每段设一个时限，分别由控制字控制投退，Ⅰ段时限跳母联（或分段）断路器；Ⅱ段时限跳本侧断路器，另设Ⅲ段不带方向的零序电流保护作为变压器接地故障的总后备保护，按Ⅲ段时限跳三侧断路器（即全跳）。

（4）间隙过压保护、间隙零序过流保护。作为中性点经间隙接地变压器的后备保护，对分级绝缘变压器的中性点绝缘薄弱部分可以起到过电压的保护作用。

（5）零序过压保护。作为中性点不接地变压器的后备保护，第一时限跳母联（或分段）断路器，第二时限跳三侧断路器（即全跳），但零序电压时限应要求大于零序过流Ⅰ段时限而小于零序过流Ⅱ段时限，这样安排时限的目的是保证中性点不接地变压器先跳闸，接地变压器后跳闸。

220kV 及以上变压器保护均配置双套保护（非电气量保护除外），双重化配置的主变压器保护，必须是完整、独立并安装在各自柜内的主、后备保护一体化



的微机型继电保护装置，每套保护均应配置完整的主、后备保护。非电气量保护应设置独立的电源回路和出口跳闸回路，且必须与电气量保护完全分开。每套完整的电气量保护应分别动作于断路器的一组跳闸线圈。非电气量保护的跳闸回路应同时作用于断路器的两个跳闸线圈。断路器和隔离开关的辅助触点、切换回路，辅助变流器，以及与其他保护配合的相关回路也应相互独立地双重化配置。变压器阻抗保护都必须经电流启动，并应有电压回路断线闭锁。不得使用不能快速返回的电气量保护和非电气量保护作为断路器失灵保护的启动量。主变压器三相不一致不要求启动失灵保护。

（二）母线差动及失灵保护装置

1. 母线差动保护的基本原理

母线差动保护的動作原理是建立在基尔霍夫电流定律的基础之上的，把母线视为一个节点，在正常运行和外部短路故障时流入母线电流相量之和为零，在内部短路故障时则为总短路电流相量之和。但是，由于短路故障时电流互感器的电磁饱和而产生的不平衡电流的影响，使母差保护实施存在困难。

母差保护的稳态误差主要是由电流互感器的误差产生的。母差保护的暂态误差主要是由外部故障时，短路电流中包含直流分量引起的。

2. 母线差动保护的要求

考虑最严重情况，在外部故障时，由于故障线路电流大，电流互感器完全饱和，其二次侧电流降为零，而健全线路电流小，电流互感器无误差，此时差动保护的不平衡电流几乎与短路电流相等，要求在此情况下差动保护应不失去选择性。

母线保护要求能适应母线的任一运行方式，当母线为双母线接线时，在一条母线上发生短路时应有选择性地仅切除故障母线，使健全母线继续运行，特别是在母线分列运行时仍应保持选择性。

当母线为3/2断路器接线时，在内部短路时可能有电流流出，因此应考虑在内部短路时有一定电流流出母线情况下，仍能保证母差保护正确动作。

母线差动保护对系统安全、稳定运行至关重要，为确保母线差动保护检修时母线不至于失去保护，防止母线差动保护拒动而危及系统稳定和事故扩大，220kV及以上母线保护均配置双套保护。每套保护应分别动作于断路器的一组跳闸线圈。对于3/2断路器接线形式的变电站，每条母线均应配置两套完整、独立的母线差动保护，在进行母线差动保护定检时，应保证每条母线至少保留一套差动保护运行。当差动保护与单套的失灵保护共用出口时，应同时作用于断路器的

两个跳闸线圈。当母差与断路器失灵保护均为双重化时，每套保护应分别动作于断路器的一组跳闸线圈。用于母差保护的断路器和隔离开关的辅助触点、切换回路，辅助变流器，以及与其他保护配合的相关回路也应相互独立地双重化配置。母线保护、失灵保护的判别母线运行方式的开关量输入触点应采用开关场地母线隔离开关和断路器的辅助触点，不能采用经过重动的电压切换触点和跳闸位置 TWJ 触点。

母线差动保护、断路器失灵保护二次回路复杂，一旦投入运行后，很难有全面停电的机会进行全面检验。因此，对母线差动保护和断路器失灵保护，在设计、安装、调试和运行的各个阶段都应加强质量管理和技术监督。所以继电保护人员对母线差动保护、断路器失灵保护及各回路的现场测试，显得非常重要。

（三）高压输电线路保护装置的配置（220kV 及以上电压等级输电线路）

220kV 及以上线路保护装置必须按双重化配置，即配置两套完全独立的全线速断的微机保护，它们由不同的保护动作原理、不同硬件结构构成。

每套保护除了全线速断的纵联保护外，还应具有完整阶段式相间距离、接地距离以及防高阻接地故障的零序电流保护。

两套独立的快速保护装置应安装在各自独立的柜内，并分别接自两组独立的 TA 二次绕组，直流电源、通道设备、跳闸线圈等完全独立。两套保护之间没有任何电气联系，当一套保护异常而退出运行或检修时，不影响另一套保护正常运行。

（1）主保护。按照保护动作原理，纵联保护有闭锁式方向或距离保护、允许式方向或距离保护和分相电流差动保护。按通道分为高频通道、微波通道、光纤通道、导引线通道。常用的有高频通道和光纤通道。但纵联保护应优先采用光纤通道。一般情况下，220kV 及以上线路的纵联保护因故全部退出时，该线路应停运。

（2）后备保护。后备保护一般有距离保护和零序方向电流保护。

高压线路保护测试及故障排查

第一节 纵联保护测试

220kV 及以上电压等级的输电线路配置有双套主保护和后备保护，主保护一般为纵联保护。按照保护的動作原理，常见的纵联保护有闭锁式方向或距离保护、允许式方向或距离保护和分相相电流差动保护。

按照保护信号传输通道的方式主要有电力载波纵联保护（高频保护）、光纤纵联保护（光纤保护）、导引线纵联保护、微波纵联保护。

一、纵联保护的基本概念

1. 允许信号、闭锁信号、跳闸信号

(1) 允许信号是允许保护动作于跳闸的信号，即允许信号是保护动作于跳闸的必要条件。只有同时满足本端保护元件动作和有允许信号两个条件时，保护才动作于跳闸，其逻辑框图如图 2-1 (a) 所示。在图 2-2 所示系统中，对于保护 1、2 而言，当 MN 线路外部 K2 点短路时，N 侧判断为反方向故障，不发允许信号，因此 M 侧保护即使动作，也由于收不到 N 侧发来的允许信号，也不会作用于跳闸；当图 2-2 中线路 MN 内部 K1 短路时，两侧方向元件均判为正向故障，M、N 侧互发允许信号，两侧保护动作于跳闸。允许方式采用相相耦合双频制，即两侧传送信号是相相耦合回路通信，每侧收发信机均只能收到对侧发来的信号。本侧发出的信号频率与收到对侧信号的频率是不同的（即双频制）。

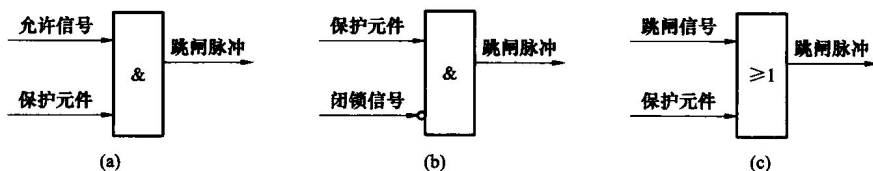


图 2-1 逻辑框图

(a) 允许信号；(b) 闭锁信号；(c) 跳闸信号

(2) 闭锁信号是阻止保护动作于跳闸的信号。无闭锁信号是保护作用于跳

闸的必要条件。只有同时满足本端保护元件动作和无闭锁信号两个条件时，保护才作用于跳闸，其逻辑框图如图 2-1 (b) 所示。在图 2-2 所示系统中，对于保护 1、2 而言，当 MN 线路外部 K2 点短路时，N 侧判为反方向故障，发闭锁信号，因此 M 侧保护即使动作，也由于收到 N 侧发来的闭锁信号，也不会作用于跳闸；当图 2-2 中线路 MN 内部 K1 短路时，两侧方向元件均判为正向故障，M、N 侧均不发闭锁信号，两侧保护动作于跳闸。闭锁方式采用的是相地耦合单频制，即两侧传送信号是某相对地回路通信，其频率是单一的，收发信机既可收到本侧的信号，同时也可收到对侧的信号。本侧发出的信号频率与收到对侧信号的频率是相同的（即单频制）。



图 2-2 区内、外故障及保护动作示意图

(3) 跳闸信号是直接引起跳闸的信号。此时与保护元件是否动作无关，只要收到跳闸信号，保护就作用于跳闸，其逻辑框图如图 2-1 (c) 所示。

2. 监频信号

由于闭锁方式仅在区外故障时才能发出闭锁信号，区内故障时没有高频信号在线路上传送，因此如果区内故障造成高频通道阻塞对保护动作不起影响，不会造成拒动。而允许式方向或距离保护则相反，必须防止本线路故障时阻塞高频通道而拒动。因此对允许式方向或距离保护通常在正常运行时发出监频信号，使保护通道经常处于监视之下。在区内故障时停发监频信号，改发允许信号，收发信机提供一对监频消失时闭合的接点供保护逻辑查询。

二、纵联保护的单端测试方法

纵联保护的单端测试方法是指线路两侧分别完成各自的保护测试和通道测试。高频保护在测试时，收发信机背面的连片应设置在“负载”而构成“自发自收”。对于光纤保护，保护控制字中的通道自环试验控制字应设置为“1”，并用尾纤短接 RX、TX 而构成“自发自收”。对于采用 FOX-41 的保护，应把 FOX-41 装置中的对侧纵联编码与本侧纵联编码设为一致，并用尾纤短接 RX、TX 而构成“自发自收”。

以下讲述的测试方法，试验前线路断路器均在合位，重合闸方式均为单重，状态 1 均使重合闸充电，直至“充电”灯亮，才按键进入状态 2 进行试验。



(一) RCS-901 纵联变化量方向保护的测试 (以闭锁式为例)

试验接线如图 2-3 所示。

1. 试验前的准备

(1) 将收发信机整定在“负载”位置,或将本装置的发信输出接至收信输入构成“自发自收”。

(2) 仅投主保护压板,重合把手切在“单重方式”。

(3) 整定保护定值控制字中“纵联变化量方向”置 1,“允许式通道”置 0,“投重合闸”置 1,“投重合闸不检”置 1。

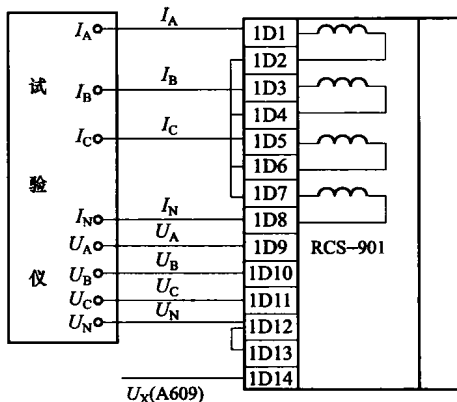


图 2-3 试验接线

2. 试验方法

模拟正方向短路故障。从调试软件的主菜单中进入“状态序列”。试验仪操作的具体步骤如下:

(1) 单相接地瞬时故障模拟试验 (以 A 相为例, 正序灵敏角 78° , 零序灵敏角 72°)。

1) 状态 1: $\dot{U}_a = 57 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_b = 57 \angle -120^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_c = 57 \angle 120^\circ \text{ V}$, $\dot{i}_a = 0 \angle 0^\circ \text{ A}$, $\dot{i}_b = 0 \angle -120^\circ \text{ A}$, $\dot{i}_c = 0 \angle 120^\circ \text{ A}$, 结束方式设为按键控制;

2) 状态 2: $\dot{U}_a = 30 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_b = 57 \angle -120^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_c = 57 \angle 120^\circ \text{ V}$, $\dot{i}_a = 5 \angle -72^\circ \text{ A}$, $\dot{i}_b = 0 \angle -120^\circ \text{ A}$, $\dot{i}_c = 0 \angle 120^\circ \text{ A}$, 结束方式设为时间控制 (一般设为 50ms, 大于装置保护动作整定时间);

3) 状态 3: $\dot{U}_a = 57 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_b = 57 \angle -120^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_c = 57 \angle 120^\circ \text{ V}$, $\dot{i}_a = 0 \angle 0^\circ \text{ A}$, $\dot{i}_b = 0 \angle -120^\circ \text{ A}$, $\dot{i}_c = 0 \angle 120^\circ \text{ A}$, 结束方式设为时间控制 (一般设为 1s, 大于装置重合闸整定时间)。

保护单跳单重, 保护装置“A 相跳闸”、“重合闸”灯亮, 报文显示“纵联变化量方向”元件动作, 动作时间 25ms。

同理, 可模拟 B、C 相单相接地故障, 校验“纵联变化量方向”继电器。

注: 在做接地故障测试时, 灵敏角应为零序灵敏角 72° , 电流滞后电压, 所以为负。

(2) 相间短路瞬时故障模拟试验 (以 AB 相短路为例)。

1) 状态 1: $\dot{U}_a = 57 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_b = 57 \angle -120^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_c = 57 \angle 120^\circ \text{ V}$, $\dot{I}_a = 0 \angle 0^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_b = 0 \angle -120^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_c = 0 \angle 120^\circ \text{ A}$, 结束方式设为按键控制;

2) 状态 2: $\dot{U}_a = 30 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_b = 30 \angle -120^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_c = 57 \angle 120^\circ \text{ V}$, $\dot{I}_a = 5 \angle -48^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_b = 5 \angle 132^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_c = 0 \angle 120^\circ \text{ A}$, 结束方式设为时间控制 (一般设为 50ms, 大于装置保护动作整定时间);

3) 状态 3: $\dot{U}_a = 57 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_b = 57 \angle -120^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_c = 57 \angle 120^\circ \text{ V}$, $\dot{I}_a = 0 \angle 0^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_b = 0 \angle -120^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_c = 0 \angle 120^\circ \text{ A}$, 结束方式设为时间控制 (一般设为 1s, 大于装置重合闸整定时间)。

保护三跳不重合, 保护装置“A 相跳闸”、“B 相跳闸”、“C 相跳闸”灯亮, “重合闸”灯不亮, 液晶上显示“纵联变化量方向”, 动作时间为 23ms。

同理, 可模拟 BC、CA 相间短路, 校验“纵联变化量方向”继电器。

注: 在做相间故障时, 灵敏角应为正序灵敏角 78° ; 在做相间短路时, 电压与电流的夹角怎样才能确定呢? 假定 AB 相间短路时的 $\dot{U}_{Af}$ 、 $\dot{U}_{Bf}$ 之间的夹角仍然为 120° , 只是 $\dot{U}_{Af}$ 、 $\dot{U}_{Bf}$ 的幅值比正常时减少并相等等于 30V, 从而可通过相量图来计算 $\dot{U}_{Af}$ 与 $\dot{I}_{Af}$ 、 $\dot{U}_{Bf}$ 与 $\dot{I}_{Bf}$ 之间的夹角, 如图 2-4 所示, $\dot{U}_{Af} = 30 \angle 0^\circ \text{ V}$ 、 $\dot{U}_{Bf} = 30 \angle -120^\circ \text{ V}$ 、 $\dot{I}_{Af} = 5 \angle -48^\circ \text{ A}$ 、 $\dot{I}_{Bf} = 5 \angle 132^\circ \text{ A}$ 。因为是相间短路, 短路电流 $\dot{I}_A$ 与 $\dot{I}_B$ 大小相等、方向相反, 但相间短路电流 $\dot{I}_{ABf}$ 与相间短路电压 $\dot{U}_{ABf}$ 之间的夹角, 还是为最大灵敏角 78° , 这样就可算出 $\dot{U}_{Af}$ 与 $\dot{I}_{Af}$ 之间的夹角为 48° , $\dot{I}_{Af}$ 滞后 $\dot{U}_{Af}$; $\dot{U}_{Af}$ 与 $\dot{I}_{Bf}$ 之间的夹角为 132° , $\dot{I}_{Bf}$ 超前 $\dot{U}_{Af}$ 。把计算出的数据输入试验仪状态 2, 即可模拟出相间短路故障。当然也可用试验仪的“Tab”键计算。

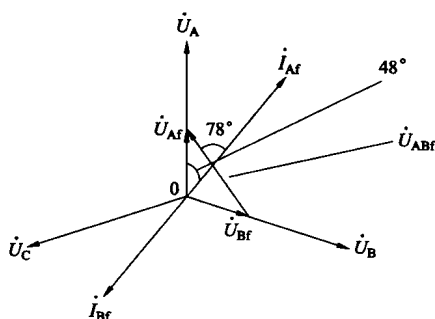


图 2-4 AB 相间短路时电压、电流相量图

(3) 三相短路瞬时故障模拟试验。

1) 状态 1: $\dot{U}_a = 57 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_b = 57 \angle -120^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_c = 57 \angle 120^\circ \text{ V}$, $\dot{I}_a = 0 \angle 0^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_b = 0 \angle -120^\circ \text{ A}$, $\dot{I}_c = 0 \angle 120^\circ \text{ A}$, 结束方式设为按键控制;

2) 状态 2: $\dot{U}_a = 30 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_b = 30 \angle -120^\circ \text{ V}$, $\dot{U}_c = 30 \angle 120^\circ \text{ V}$, $\dot{I}_a =$