

直流断路器安秒特性测试仪的开发与应用

袁 田

(徐州供电公司, 江苏 徐州 221005)

摘 要: 直流系统存在着上下级保护不匹配的问题, 这将直接影响变电站一、二次系统的安全稳定运行。考虑到变电站新投运设备动作准确性以及投运多年后的设备其动作特性的校核工作不便, 根据现场直流系统放电特性, 研制本装置用于直流断路器安秒特性校核。本装置采用超级电容模拟现场直流电源瞬时放电信号, 采用分流器和急停单元保证被测设备的安全稳定性。经过现场测试, 本装置对于杜绝变电站直流断路器存在的设备隐患, 避免发生电网事故有一定现场作用。

关键词: 直流断路器; 安秒特性; 保护特性; 级差配合; 保护校验

0 引言

目前变电站或自动化主站机房的直流馈电网络多采用树状结构。在直流系统运行过程中, 如果上下级直流断路器保护动作特性不匹配, 出现短路故障时, 就会引起越级跳闸, 直流断电, 可能造成事故照明电源失电, 严重会引起保护失灵、开关拒动…为此, 国网公司对于新装和运行中的直流保护电器, 规定了必须进行通断特性测试^[1], 保证性能与设计相符, 以确保直流回路上下级配合的正确性。

目前, 直流保护电器的安秒特性一般在国家级实验室或检测站进行测试, 设备占地面积大, 巨型的充电装置和大电流负载箱, 操作复杂; 检修期间, 维护人员因不具备相应的测试手段和工具, 无法检验直流保护电器的安秒特性是否满足要求。

进行直流断路器安秒特性的测试, 是直流电源故障有效控制的必要措施, 直接关系到电网地安全, 对防止事故扩大、保证电力系统安全运行至关重要。

1 现场存在的问题

统计 2009-2011 年直流断路器维护历史数据发现, 由于直流断路器误动或拒动造成的异常动作次数统计如表 1、图 1 所示。

表 1 2009-2011 年直流断路器误异常动作次数

国家电网范围	直流系统失电 /次	一次设备异常 /次	二次装置失电 /次
220kV 变电站	2	21	56
110kV 及以下 变电站	15	82	112

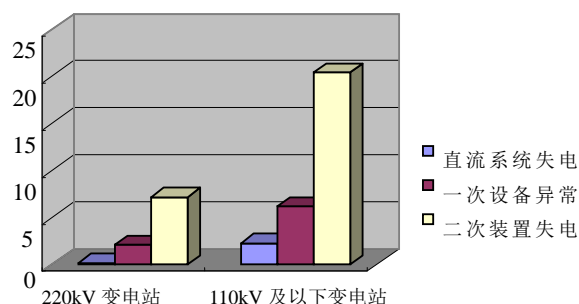


图1 2009-2011年直流断路器误异常动作次数

通过以数据及图表的分析可以看出: 应及时进行直流断路器的测试、校核, 从而杜绝其造成的设备隐患, 避免发生电网事故的发生。

1.1 新投运直流断路器

目前电力系统中使用的小型交直流断路器的技术指标都是由生产厂家在设备出厂时提供的, 一般来说是准确的。但是现场检修维护人员因没有相关的仪器设备, 没有专用仪器测试, 难以确认小型交直流空开安秒特性是否符合要求。

1.2 运行多年直流断路器

运行实践证明, 随着时间的推移, 设备的安秒特性也会发生变化, 特别是投运 3 年后, 设备的技术指标发生偏移, 典型后果是断路器特性发生变化, 从而造成拒动或误动。

目前, 直流保护电器的安秒特性的测试主要在国家级实验室或专业检测站进行, 这是因为相关测试需要配置专门的充电装置和大电流负载箱, 检验、操作程序复杂, 设备比较巨大, 部分运行单位利用变电站蓄电池组对直流保护电器的级差配合进行试验, 对运行的设备难免会有一些影响, 现场检修维

护人员因不具备相应的测试手段和工具，而且无法准确测试其电流-动作时间特性，因而无法检验直流保护电器的安秒特性是否满足要求。

2 现今检验手段

近年来，对直流电源设备的研究、探讨以及管理水平都有很大提高，但对直流系统保护元件及其选择性重视程度还有所不足，直流电源故障引起或扩大事故的现象时有发生，其中也包扩直流回路保护元件选择不当，级差配合不合理，在故障情况下越级动作或者不正确动作切除短路故障引发或扩大事故。

针对直流系统中普遍存在的级差配合不准确问题，可以采用以下解决方法。

2.1 短路测量法

短路测量法是指，采用一个导线或电容器，将被测试设备的两侧短路，形成短时的短路电流，从而由回路中的电流表指示读出所需数据，经换算处理后，得到测试结果的测量方法。

该方法原理简单，操作难度低。但在测量过程中存在数据精确度有限的缺点，通常在粗糙测量中广泛使用。另外，将元件两侧短路存在设备损坏的风险。

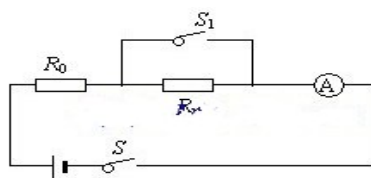


图2 短路测量法原理图

2.2 人工手动测量法

采用外接电阻测试回路，将断路器接入，利用外加的蓄电池提供回路电源。手动调节可变电阻值，获得测试回路的模拟电流信号，经过分流器、毫秒级记录测量数据。该方法采用分流器，可以有效地保护测试设备，将测试曲线完全读取并记录下来。但是，由于采用了外接蓄电池电源对测试设备直接放电，因此不能完全模拟变电站现场实际的瞬间大电流短路状况。测量方法比短路法精确，但是精度有限。该装置没有特别设置存储单元，数据处理能力有限。

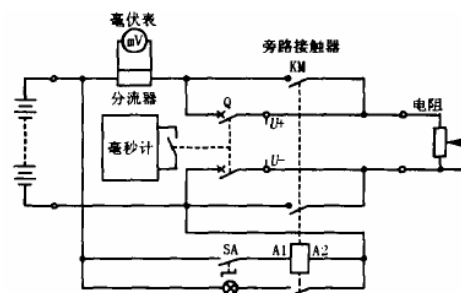


图3 人工手动测量原理图

2.3 专用仪器测量法

研制专用装置，可针对直流断路器的安秒特性测试开发功能模块，最终实现 1~500A 恒定电流输出测试^[2]，能够单独完成小型交直流空开安秒特性的全部测试，并保存、上传数据，也可以由PC机控制操作，由PC机保存、处理数据，生成报表。本装置可永久保存多达 1000 条测试数据，可以随时查询，也可上传到计算机，还可以通过U盘上传数据。研制该装置可实现测试设备的一体化，使用方便，可移动，扩展性好。

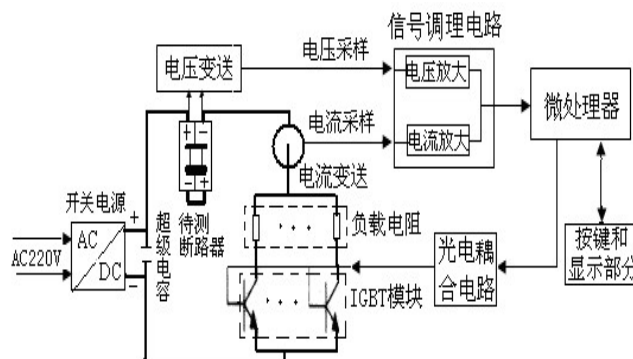


图4 专用仪器测量方法原理图

在直流系统中低压断路器和熔断器是其主要的保护电器，其选型和动作值整定是否适当以及上下级之间是否具有保护的选择性配合，直接关系到能否把直流电源的故障限制在最小范围内^[3]，关系到系统运行的安全，对防止系统破坏、事故扩大和设备严重损坏至关重要。

未解决直流系统保护配合问题，需要研制一套适合现场使用的专用装置，从而便捷和准确的测试直流断路器和熔断器的动作特性，保证系统的安全稳定运行。将上述三种方法进行比较(如下表所示)，考虑到现场设备实际需求，采用方法三，进行详细系统功能设计。

表 2 三种测量方法的优缺点比较

方案	方案内容	优缺点分析
短路测量法	采用短接断路器两侧的方法，读取电表指示，获得实验结果	设计成本低，结构简单。测量精度有限，可能造成一次设备的损坏
人工手动测量法	将小电阻与测试断路器串连，通过测试回路中的分流器读取测试曲线	避免了一次设备的损坏，操作较繁琐
专用仪器测量法	采用装用仪器测量，将测试元件嵌入到仪器主回路，且测试回路具有中断保护单元，保证设备的安全稳定	专用测量回路，安全可靠，采用专用模块进行信号采集，精度高，可实现高速存储，快速计算

经过软件配置优化，不仅可实现对单个直流断路器进行开关特性测试，而且能够对整个直流系统的级差配合进行全面测试，并且通过分析软件计算出各级开关容量、馈线选择、等影响级差的相关配合数据；合理设计装置结构，保证最大电流情况下体积的最小化，以解决现场测量难题；产生的断路器短路电流的恒流源，设定最大电流为 1000A，如果采用高频开关电源则价格极高且不易实施，蓄电池有日常维护、循环寿命等不足之处，最终采用了超级电容提供电源的办法。

3 设备功能开发

3.1 系统整体设计

直流断路器安秒特性测试系统由控制装置、分流器和存储记录仪三部分组成。

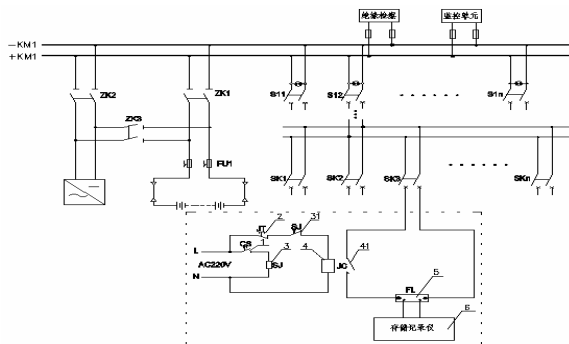


图5 现场连接图

控制装置是测试系统的操作和保护部分，负责主回路的接通和延时保护断开，分流器和存储记录仪是测试系统的采样记录部分，负责电流、分断时间的采集、记录和存储。

测试系统由管理软件^[4,5]、数据采集单元和控制装置三部分组成。管理软件是测试数据管理、分析后台，通过USB2.0 接口与数据存储记录仪通讯，人机对话方式控制，操作简单；数据采集单元主要由分流器和数据存储记录仪组成，实时采集直流电压、

电流数据，实现电压电流的高精度采集和波形的高速录制；控制装置由大功率直流接触器和西门子时间继电器组成，是测试系统的延时保护单元，实现测试主回路的接通和延时分断，并具有事故可人工急停功能，保证测试过程安全可靠。

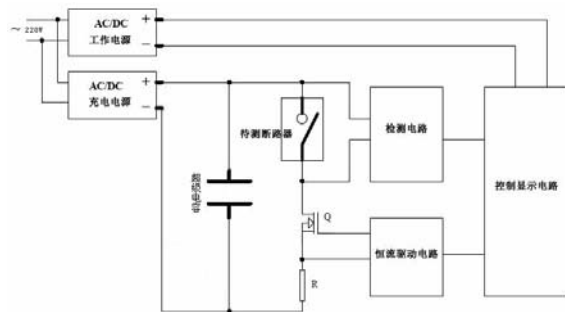


图6 结构拓扑图

3.2 模块功能

3.2.1 电源部分

本装置的实施难点在于产生的断路器短路电流的恒流源，初步设定为最大 1000A 的电流，如果采用高频开关电源则价格极高且不易实施，蓄电池有日常维护、循环寿命等不足之处；因此采用了超级电容提供电源的办法，这主要基于三个原因：

(1) 超级电容优良的大电流放电特性，能持续提供短时间的大电流。

(2) 断路器的分断时间一般仅为毫秒级（小型断路器一般为 3~4ms，塑壳断路器为 7~10 ms），所以对电源的要求是瞬间的大电流，而采用超级电容是本方案的一个有效解决办法。

(3) 超级电容充电快速，循环寿命长、不需日常维护、安全可靠。

3.2.2 恒流驱动部分

采用线性电路的恒流控制技术，使用新型功率器件，使得恒流驱动电路响应速度快，恒流精度高，且线路简洁，易于实现。

3.2.3 检测、控制显示部分

采用微控制器技术，可对断路器分断时间进行高精度测试，测试精度可达 0.01ms，并可通过键盘任意设置控制电流，测试人员直接通过后台控制面板设置好所需要的测试电流后，即可进行直流断路器短路分断时间的测试，整个测试过程相当简便。

设备同时应具有相应的保护功能，测试大电流速断过程中，若直流断路器在达到保护时限后仍未分断，设备应将自动停止放电过程，确保测试的安

全性和可靠性。

通过装置的现场实施，可彻底解决直流系统上下级断路器之间的级差配合方面没有检测手段、没有更为合理的分析理论等长期存在的问题，能有效减少由于级差不合造成的误动，尤其是越级误动，避免扩大事故。

4 设备主要参数

设备的主要参数指标如下：

电源输入：AC 220V \pm 10%，频率 50Hz \pm 0.5Hz

测试电流范围：0-1000A

测试电流纹波系数：小于 2%

输出电流稳定性： $\leq \pm 1\%$

时间记录范围：1ms-1000s

最小时间分辨率：0.1m s

5 现场测试

统计历年来变电站直流系统维护记录及历史数据，以2011年5-10月部分数据为例，见表3。

表3 2011 年变电站直流系统维护记录

变电站	直流断路器个数	异常动作次数
220kV 贺村变	227	2
220kV 桃园变	205	1
220kV 苏堤变	233	1
220kV 九里山变	217	2
110kV 吴庄变	165	2
110kV 刘湾变	142	1
110kV 佟村变	154	2
110kV 翟山变	134	1
总计	1477	12

通过从表3中数据可以看出，2011年6-11月变电站直流断路器异常动作次数为12次。随着公司大运行体系的建设完成，2012年度的本部所辖变电站近140座。直流系统的保护配置能否正确动作，直接关系到变电站一次设备能否维持安全稳定运行，因此，我们认为采用专用测试方法，降低直流断路器的异常动作次数是非常必要的。

通过现场测试考察发现，变电站内直流断路器异常动作次数降低到1次，见表4。

表4 2012 年 6-11 月变电站直流系统维护记录

变电站	直流空开个数	异常动作次数
220kV 贺村变	227	0
220kV 桃园变	205	0
220kV 苏堤变	233	0
220kV 九里山变	217	0
110kV 吴庄变	165	0
110kV 刘湾变	142	1
110kV 佟村变	154	0
110kV 翟山变	134	0
总计	1477	1

6 结束语

经现场实验数据统计发现，直流断路器安秒特性测试仪为直流断路器的安秒特性校核提高有效手段，实验期间有效减少了直流断路器的异常动作次数，从而有效杜绝了直流断路器存在的设备隐患，避免了电网事故的发生，有效提高了电网一二次设备的安全稳定运行水平。

参考文献：

- [1] DL/T5044—2003, 电力工程直流设计技术规程[S].
- [2] 范瑞逢,邵卫祥. 直流系统中空气断路器和熔断器级差配合试验研究简介[J]. 直流电源, 2004(2).
- [3] 裘永卫. 低压直流断路器的性能和设计选型[J]. 江苏电器, 2003(6).
- [4] 唐志军,王云茂. 直流电源系统断路器级差配合校验系统的开发[J]. 电力与电工, 2011(03).
- [5] 周锋. 电力系统直流断路器短路级差配置研究[J]. 通信电源技术, 2011(04).

作者简介：

袁田（1987-），女，徐州丰县人，从事电力系统监控运行工作。