

# 断路器动作特性试验中试验电源影响分析

郭贤珊

(华中电网有限公司技术中心, 湖北 武汉 430077)

## Analysis of the Influence of Operation Power Source on Circuit Breaker Mechanical Characteristics Test

GUO Xian-shan

(Central China Grid Company Ltd., Wuhan 430077, China)

**摘要:**通过几起实例,分析了断路器控制回路直流电源对断路器动作特性的影响,指出必须高度重视直流试验电源对断路器测试的影响,并对断路器试验电源提出了建议。

**关键词:**断路器; 试验; 直流电源

**中图分类号:** TM561

**文献标识码:** B

**Abstract:** Through some practical cases presented in the paper, the influence of DC power source of operation of circuit breaker on its mechanical characteristics is analyzed. DC power source for circuit breaker operation should be paid much more attention. Some suggestions are given in the paper.

**Key words:** circuit breaker; test; DC power source

## 1 前言

断路器是电力系统中最重要设备之一,是电力系统承载及切合负载电流和短路电流的重要控制设备,它的性能直接影响到系统的安全,因此必须保证断路器的性能处在良好状态,断路器的分、合闸时间及分合闸速度等参数是断路器的重要性能指标,交接试验和预防性试验规程均要求测试断路器的这些参数。在测试断路器的分、合闸时间和速度等参数时,需要用测试设备操作断路器,在变电站中,控制电源是共用的,如果用变电站的直流电源作试验电源,试验中出现故障就会影响到整个变电站的控制电源,危及到整个电网,所以为了电网的安全,应自备试验电源。另外,在新建变电站的现场交接试验中,变电站直流系统尚未投运,也必须使用其他试验电源,但是试验电源的特性是否对断路器测试结果的正确性有影响,需要加以分析研究。

## 2 试验电源对断路器参数测试的影响实例分析

2004年6月,华中电网磁湖变电站500 kV 断路

器为 GL317 型(5台)和 GL317D 型(带合闸电阻,2台),安装完成后,对高压断路器做了动作特性试验,测试结果见表1。表中同时给出了出厂试验和验证试验的结果。

表1 磁湖 500 kV 断路器试验结果 ms

断路器	出厂试验		厂家现场交接试验		验证试验	
	分	主分	副分	主分	副分	
5021	A相	21.6	20.1	25.8	21.8	21.8
	B相	21.9	20.6	26.2	21.8	21.7
	C相	21.5	20.2	25.8	21.6	21.7
5022	A相	21.6	25.7	22.5	21.8	21.9
	B相	21.8	25.7	22.6	22.0	22.1
	C相	21.5	25.8	22.7	22.1	21.9
5023 (GL317D)	A相	21.1	19.6	25.1	21.8	21.8
	B相	21.1	19.7	25.3	21.7	21.7
	C相	21.0	19.7	25.3	21.8	21.5
5033 (GL317D)	A相	21.3	24.9	19.7	21.6	21.6
	B相	21.5	25.1	19.8	21.6	21.7
	C相	21.6	25.0	19.8	21.5	21.3
5011	A相	21.4	22.5	20.1	21.6	21.8
	B相	21.6	22.4	19.9	21.4	21.3
	C相	21.7	20.6	20.2	21.7	21.6
5012	A相	21.3	22.7	25.2	22.4	22.3
	B相	21.8	22.5	25.0	21.5	21.5
	C相	22.2	23.5	25.9	21.8	21.6
5013	A相	21.5	18.8	24.6	21.7	21.6
	B相	21.7	19.1	24.9	21.5	21.4
	C相	21.3	19.1	25.3	21.0	21.1

通过对厂家在现场的交接试验与出厂试验数据的比较分析表明,该试验结果存在3方面的问题:

(1)现场试验数据中,该变电站7台500 kV 断路器就有6台的分闸时间超出厂家的技术标准(18~24 ms)的规定,对应的断路器分闸速度也比厂家标称值偏小。

(2)现场试验数据与出厂试验结果差别较大,见表1,该类型的断路器在安装过程中可调节部分极

少,安装简单,有这么大差别的可能性较小。

(3)现场试验结果比较发现,断路器的主分和副分的分闸时间差别较大,部分断路器的差别达6ms,由于断路器的主分和副分两套分闸回路的技术参数完全一样,而且从断路器动作要求角度来讲,两套分闸回路的参数和动作时间也应该完全一样,即使有差别也应是较小的制造或测量分散性误差,不可能有这么大的差别。

针对以上情况,通过对上述试验数据和试验过程的了解,得知厂家现场交接试验的试验电源为交流调压器通过半波整流而得到的直流电源,根据以往的试验经验和理论分析结论,整流类型的直流电源的波形质量和带负载能力很差,严重影响测试结果,一般将使动作时间变长,如果使用半波整流电源,那么会由于电压波形不稳定,测试结果将出现偏长和不稳定。鉴于以上分析,现场交接试验的正确性值得怀疑,那么现场试验结果将不能作为交接试验数据,也不能作为以后运行检修的参考依据。于是对所有500kV断路器全部重新进行验证测试,以确保安全。

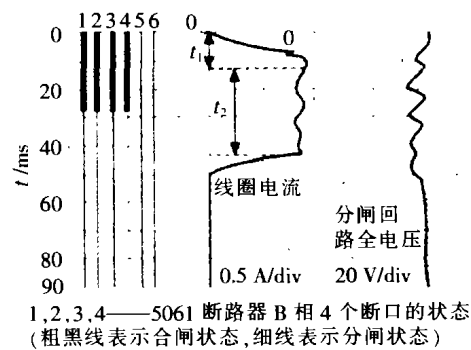
分别使用站内直流电源(115.36V)和CBTM-I型断路器动作特性测试仪的直流电源,对磁湖500kV变电站所有500kV断路器进行试验的结果表明,该类型的断路器动作测试数据与厂家出厂试验保持了较好的一致性,而且所有的断路器主分和副分的分闸时间也相当一致,动作时间也完全满足厂家技术标准的规定。该断路器的分、合闸时间,合分时间及同期性等动作特性满足技术协议要求。

2004年4月,华中电网500kV凤凰山变电站第10,11期扩建工程使用的LW10B-550型断路器,在现场使用变电站直流测试的动作时间值要比厂家的出厂时间值小一些。为了分析原因,笔者带试验设备到厂家做比对试验。厂家使用的是10kW的直流发电机作为试验电源,试验过程录波发现,电源在断路器动作时有5~7V的电压下降,而且一直持续到断路器动作完成,因此可以理解为什么测试的时间比现场长(不考虑变电站直流电源超过额定电压的因素)。

1998年6月,在对葛洲坝换流站5061断路器的试验中,使用了电厂检修分厂的直流试验电源,该直流电源采用交流调压器调压,全波整流输出,这种直流电源的特点是结构简单,但其电源内阻较大,带上负载后输出电压下降较大。在做断路器试验时,自备的试验电源如果特性不满足要求,将会严重影响到测试结果的正确性,甚至会得出错误的结果<sup>[1]</sup>。

在测量葛洲坝换流站5061分闸动作特性时,将直流电源的空载电压调到110V时,同时记录了线圈电流和回路电压的波形,见图1。分析发现,当电

源空载电压为110V时,断路器动作时回路电压大幅下降,实际回路电压只有约98V,因此此时的测量结果不准确;而且该电源波形很差,纹波较大,对测量结果也有影响。因此为了能比较准确地测量断路器的动作特性,采用了等效负载法,即先取一个与控制回路阻值相同的阻抗接到电源上,通过测量和调整电源电压,使负载接通时的等效负载两端电压为断路器控制回路额定电压,然后以此时的电源空载电压作为断路器试验时的控制回路电压,通过这种办法测量的结果见表2。



1,2,3,4——5061断路器B相4个断口的状态  
(粗黑线表示合闸状态,细线表示分闸状态)

图1 空载电压为110V下动作波形

表2 不同电压下5061断路器B相各断口分闸时间 ms

空载电压/V	负载电压/V	1	2	3	4
110	98	28.6	28.3	28.3	28.0
123	110	27.8	27.6	27.6	27.2

因为实际运行中所有断路器都是在控制电压为额定电压时动作的,所以当外加控制电源保持为额定电压时,测得的断路器的动作时间才是要测的参数。从上面试验的结果可知,当加在分闸回路两端的电压(带负载时)不是额定电压110V时,其测量的结果就会得出错误结论,加在分闸回路上的电压越高,断路器的分闸时间越短,因此上述试验中,外加电源为123V(空载)时的测量结果比较准确。

### 3 控制回路电源电压对断路器动作时间的影响分析

电磁铁是高压断路器操动机构的重要元件之一,即使在非电磁操动机构中,分合闸命令首先也是通过电磁铁来传递和放大的。由于各种原因,断路器控制回路的电压会发生变化或波动,操动机构控制回路的电源电压的变化将直接影响到断路器的动作时间<sup>[2]</sup>。也就是说,断路器的动作时间与控制回路电压有关,可以设定电磁铁的动作时间为: $t_d=f(U)$ 。

但是断路器的动作时间与控制回路电源电压之间的函数关系较复杂,而且也受随机因素的影响,因此简单地用某一公式来表达这一函数关系也不能准确反映二者的关系。

控制回路电源电压对液压操动机构断路器的动作时间影响很显著,表3即是对1台LW6-550型SF<sub>6</sub>

表3 某变电站 LW6-550 型断路器在不同控制回路电压下的分闸时间(控制回路额定电压为 110 V)

控制回路电压/V	分闸时间/ms
110	27.6
98	28.3
62	34.0

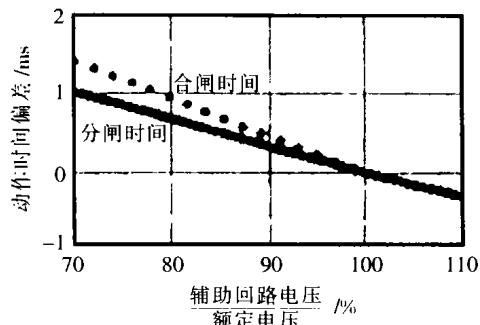


图2 断路器动作时间变化与控制回路电压的关系

断路器液压机构的实际测量值。

根据对 ABB 公司的 HPL 型断路器的试验统计得出图 2 曲线。当电源电压在 70%~110% 的额定电压范围变化时,断路器的分合闸时间在 1.25~1.75 ms 间变化。

#### 4 直流电源的技术要求分析

电力行业标准与电力系统变电站的直流电源有关的两个标准 DL/T459-2000《电力系统直流电源柜订货技术条件》和 DL/T781-2001《电力用高频开关整流模块》对变电站的直流电源的电压稳定和纹波要求都作出相应的规定。对稳压准确度要求是:充电浮充电装置在浮充电(稳压)状态下,交流输入电压在其额定值的-10%~+15%的范围内变化,输出电流在其额定值的 0%~100%的范围内变化,输出电压在其浮充电电压调节范围内的任一数值上保持稳定,其稳压准确度应符合表 4 的规定。对于纹波系数要求与稳压要求相同。

表4 充电装置的准确度及纹波系数允许值 %

	相控型		高频开关电源
	I	II	
稳压准确度	≤±0.5	≤±1	≤±0.5
稳流准确度	≤±1	≤±2	≤±1
纹波系数	≤±1	≤±1	≤±0.5

注: I、II 表示充电浮充电装置的准确度分类

DL/T724-2000《电力系统用蓄电池直流电源装置运行维护技术规程》对恒压充电稳压准确度范围也有类似规定。

根据以上几个标准对变电站直流电源的要求,现场断路器试验使用的便携式电源可以按照其最低技术标准来要求。一般断路器每相分、合闸回路的电流峰值都在 3 A 左右,变电站直流电压等级有 24,48,110,220 V 几种,同时考虑到断路器最低动作电压测试的需要,因此对现场直流试验电源的要

求有:直流隔离输出,电压在 20~265 V 之间,连续可调,或有 24,48,110,220 V 几个档可选,最大输出电流 ≥10 A,有较强的带负载能力,稳压准确度和纹波系数均 ≤2%。

需要注意的是,对于变电站直流电源,直流标称电压的定义是:用直流系统中受电设备的直流额定电压表示;而直流额定电压的定义是:用供电设备的直流额定电压表示。对应标称电压为 110 V 和 220 V 的直流电压的额定直流电压为 115 V 和 230 V,因此在实际变电站中,直流电压通常比该设备规定的直流电压高一些。

#### 5 结语

(1)在变电站中,由于控制电源是共用的,如果用变电站的直流电源作试验电源,在试验中出现故障,就会影响到整个变电站的控制电源,危及到整个电网,所以为了电网的安全,应自备试验电源。

(2)通过以上比较测试分析表明,现场安装交接试验过程中,由于变电站站用直流系统尚不能使用,必须使用直流试验电源,在测试断路器的动作特性时应特别注意直流试验电源的性能对动作时间和分、合闸速度等试验结果的影响,这不仅关系到试验结果的准确性,可能导致错误的结论,而且给下一步的运行检修带来错误的依据。因此,基建和运行检修过程中要注意现场试验条件和试验设备的技术要求,高度重视试验电源对断路器动作特性试验的影响问题,必须使用合格的直流电源。

(3)据有关直流电源的规程、技术标准,对现场使用的直流试验电源可以按照以下技术要求:电源电压隔离输出,直流电压输出在 20~250 V 之间连续可调,或 24,48,110,220 V 几档可选,最大输出电流 ≥10 A,稳压准确度(带负载能力) ≤2%,纹波系数 ≤2%。

(4)现场交接试验以及其他试验中,须注意分析比较断路器的动作时间特性,包括以下 3 个方面:①测试结果与规程规定和技术标准的比较。②测试结果与出厂试验和上次试验的结果比较。③断路器主分和副分的动作时间比较。

#### 参考文献:

- [1] 郭贤珊. 试验电源在断路器机械试验中的影响[J]. 华中电力, 1999, 12(2): 15-17.
- [2] 清华大学高压教研室. 高压断路器[M]. 北京: 电力工业出版社, 1980.

作者简介:郭贤珊(1971-),男,硕士,高级工程师,现从事高压技术试验研究和技术监督工作。电话:027-86762572。