

高速断路器的 10 kV / 10 kA 介质恢复 试验系统关键技术

袁志方¹, 庄劲武¹, 王晨¹, 陈搏², 江壮贤¹

(1. 海军工程大学 电气工程学院, 湖北 武汉 430033;

2. 海军驻大连 426 厂军事代表室, 辽宁 大连 116005)

摘要: 设计了包含电流回路、自然换流回路以及高电压回路的 10 kV/10 kA 试验系统, 用于高速断路器的介质恢复试验。分析得出了高速断路器对于试验系统提出的需求: 为试品制造人工电流过零点, 且在所要求的介质恢复时间内一直维持电流过零点; 电压源需要模拟灭弧熔断器的弧压; 介质恢复开始后, 经过指定的延时后再投入电压源。分析了电流回路的电气参数, 确定了参数选取方案; 提出了自然换流回路中避雷器的选型依据; 总结了串联二极管组件的反向截止规律, 进行了高电压回路点火球隙的性能试验。系统调试结果证实了该介质恢复试验系统具备了完成额定 10 kV/10 kA 高速断路器介质恢复试验的能力。

关键词: 高速断路器; 自然换流; 介质恢复特性; 试验

中图分类号: TM 563

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2014.06.029

0 引言

介质恢复特性是直接决定高速断路器能否成功分断故障短路电流的重要性能指标^[1-3]。在高速断路器的研发过程中, 不可避免地要进行大量的介质恢复特性测试试验。因此, 开发出一套能够全面、真实地反映高速断路器介质恢复性能的试验系统非常有意

义^[4-6]。现阶段用于短路保护装置性能检测的试验方法主要有合成试验法与直接试验法^[7-8]2种。合成试验法的基本思想为交流断路器在分断过程中按分断时序动作, 大电流和高电压不是同时作用在断路器上, 从而使得使用2套电源(电流回路提供弧前的大短路电流, 电压回路提供弧后的高恢复电压)成为一种可能。按照电流源、电压源差别来分类, 国内外的合成试验回路主要有3类。

a. LC 振荡回路作为电压源, 发电机提供短路电流, 西安高压电器研究所的合成回路、ABB公司的EPIC回路^[9]、日立公司的合成回路^[10]均属此类。

b. LC 振荡回路作为电压源, 电网提供短路电流, 沈阳虎石台试验站采用该种回路。

c. 电压源和电流源均为 LC 振荡回路, 诸多高校的中、小型实验室都采用这种方式^[11-12]。

对象为高速断路器^[13-15]的介质恢复试验与对象为交流开关设备^[16-18]的合成试验在电流作用阶段是

相似的, 其区别有3点:

a. 前者需要为试品高速断路器制造人工电流零点, 并且在所要求的介质恢复时间内一直保持零电流, 而后者存在电流自然过零点;

b. 前者要求在电流源作用结束后, 经过指定的介质恢复时间后再投入电压源, 而後者的电流源与电压源的切换是没有时间间隔的;

c. 前者的电压源模拟的是灭弧熔断器的弧压, 而後者的电压源模拟的是线路的瞬态恢复电压 (TRV)^[19-20]及稳态恢复电压^[21-22]。

综上, 合成试验法无法直接应用于高速断路器的介质恢复试验, 而采用直接试验法进行直流限流熔断器的分断试验, 主要问题在于成本太高。

本文根据高速断路器对于介质恢复试验提出的需求, 设计了包含电流回路、自然换流回路以及高电压回路的 10 kV/10 kA 试验系统。试验系统有效地解决了直接试验法进行直流限流熔断器的分断试验成本高和传统的合成试验法不适用于直流限流熔断器的现实问题。已完成的试验系统具有良好的经济性与针对性, 不但可以有效地降低直流限流熔断器在研制过程中的试验成本, 而且可以满足直流限流熔断器的研发和性能检测的要求。

1 10 kV/10 kA 自然换流型介质恢复试验系统方案

1.1 高速断路器与直流限流熔断器

混合型直流限流熔断器由故障短路电流检测装置、高速断路器以及灭弧熔断器组成, 具体见图1。

混合型直流限流熔断器的工作原理是: 在检测到故障短路电流之后, 高速断路器进行线路开断动

收稿日期: 2013-05-08; 修回日期: 2014-03-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50877078, 51177169, 51-307179, 51207166); 海军工程大学自然科学基金资助项目(435-517F21)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(50877078, 51177169, 51307179, 51207166) and the Natural Science Foundation of Naval University of Engineering (435517F21)

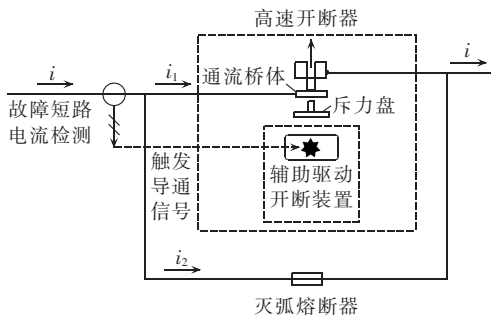


图 1 混合型直流限流熔断器方案

Fig.1 Scheme of hybrid DC current limiting fuse

作,将主电路故障短路电流转移至灭弧熔断器;在电流转移完毕之后,高速断路器进入介质恢复阶段;在灭弧熔断器的弧前时间结束之后,建立较高幅值的电弧电压加载在高速断路器两端,从而考察高速断路器的介质恢复状态,其是成功分断故障短路电流的关键因素之一。

1.2 需求分析

图 2 中, i 为通过高速断路器的电流, u_1 、 u_2 分别为介质恢复失败、成功的加载电压。从中可以看到高速断路器介质恢复试验的过程是比较特殊的,按时序可分为大电流阶段、介质恢复阶段以及高电压阶段 3 个作用过程。

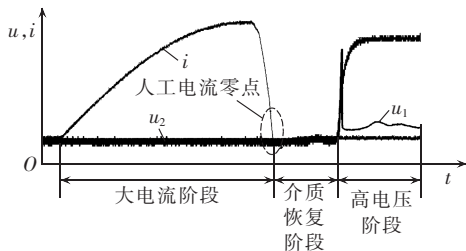


图 2 某高速断路器介质恢复试验波形示意图

Fig.2 Waveforms of dielectric recovery test for a high-speed isolator

由这 3 个作用过程,总结出高速断路器试品对于介质恢复试验系统有 3 个较为特殊的需求:

- a. 制造人工电流零点,并且在所要求的介质恢复时间内一直保持零电流;
- b. 电流源作用结束后,经过指定的介质恢复时间后再投入电压源;
- c. 电压源模拟的是灭弧熔断器的弧压。

1.3 10kV/10kA 自然换流型介质恢复试验系统方案

对象为高速断路器的 10 kV/10 kA 自然换流型介质恢复试验系统电路原理图如图 3 所示。

试验系统主要由电流回路、自然换流回路、高电压回路三部分构成。电流回路与自然换流回路配合,满足 1.2 节中的需求 a;自然换流回路与高电压回路配合,满足 1.2 节中的需求 b;高电压回路满足 1.2 节中的需求 c。

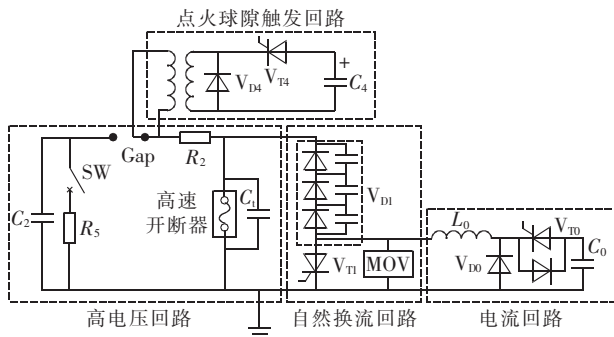


图 3 10 kV/10 kA 自然换流型介质恢复试验系统原理图

Fig.3 Schematic diagram of 10 kV/10 kA natural current-commutation dielectric recovery test system

电流回路的主要构成为:低压电容组 C_0 、回路导通晶闸管 V_{T0} 、电感 L_0 和续流二极管 V_{D0} 。其中,电容 C_0 充电至指定电压后与电感 L_0 配合,产生符合试验要求的初始电流上升率 di/dt ;电流回路是否开始进行短路试验,由晶闸管 V_{T0} 控制,为防止晶闸管 V_{T0} 损坏,在其两端反并联二极管;续流二极管 V_{D0} 的主要作用为保护晶闸管 V_{T0} 与低压电容组 C_0 。

自然换流回路的主要构成为:串联二极管组件 V_{D1} 、换流晶闸管 V_{T1} 、后备保护避雷器(MOV)。其中,串联二极管组件的作用为隔离高压回路与电流回路;晶闸管 V_{T1} 的作用为控制试品起弧后的开始换流时间;MOV 的作用为在串联二极管组件隔离作用失效时,避免高压回路可能对电流回路造成的击穿损坏。

高压回路的主要构成为:高压电容 C_2 、点火球隙(Gap)、高压回路电阻 R_2 、升压整流充电回路。在升压整流充电回路为电容 C_2 充电至所需电压之后, C_2 可在后期为试品提供恢复电压;点火球隙的作用为导通高压回路;电阻 R_2 的作用为在试品击穿后,防止回路电路的电流过大,且在控制 R_2 的阻值之后,其对于后期试品的恢复电压的加载基本没有影响;高压开关 SW 与电阻 R_5 支路可用于系统紧急放电,以及合成试验结束后高压回路电容 C_2 上残余电压的释放。

试验中,事先将电流回路电容 C_1 及高压回路电容 C_2 分别充电至所需电压值 U_{C1} 、 U_{C2} 。然后触发导通电流回路晶闸管,电流回路开始对试品短路放电,在预期初始电流上升率的作用下,试品起弧。

根据不同的控制策略,控制换流回路晶闸管的导通时间,晶闸管导通后,二极管、试品支路的电流开始转移至晶闸管支路。控制换流支路的电阻值、电感值,可得到所需的换流时间。在换流结束后,试品进入介质强度恢复阶段。根据所需时延,并考虑点火球隙固有时延,可在试品熄弧后,经所需时延再导通高压回路,将略小于电容预充电电压的电压加载至试品两端(略小于预充电电压的原因主要是点火球隙有固有电

压降)。

2 电流回路关键技术

电流回路的取值直接决定了试品的弧前状态,是高速开断器的合成试验中很重要的组成部分,现对其回路参数进行探讨与约束。通常的试验情况条件为已知某试品的额定电压 U_e 、弧前 $\int_0^{t_{arc}} I^2 dt$ (t_{arc} 为起弧时刻),要求进行指定 di/dt 条件下的短路试验。在这种条件下,如何约束电流回路电容容量、电容充电电压值、电感值? 本文基于以下 3 点假设,得到相应的试验参数取值方案。

a. 电容充电至试品额定电压的 110%。

b. 假定短路电流对称开断,即假定电弧电压为额定电压的 2 倍,且弧后电流以 $di/dt = U_e/L$ (L 为电流回路电感)的速率衰减为 0,弧压在对应时刻降至试品额定电压水平。

c. 因为线路电阻、电感均未在计算中体现,因此,忽略在电容充电至试品额定电压的 110% 后,电流上升率的变化。在计算过程中,电流上升率 di/dt 恒为 U_e/L 。

在上述假设条件下,得到试验参数的取值方案为:

$$\text{电容充电电压取 } 110\% U_e, C = \frac{10}{U_e} \sqrt[3]{9 \left(\int_0^{t_{arc}} I^2 dt^2 \right) / \frac{di}{dt}},$$

$$L = U_e / \frac{di}{dt}.$$

3 自然换流回路关键技术

自然换流回路中的 MOV 为电流回路的后备保护,二极管组件是回路隔离的关键器件。

MOV 的电气要求为:当且仅当二极管组件损坏,无法实现高压回路与低压电流回路的隔离时,MOV 实现限压功能,确保低压电流回路电气安全。最大电流指标与最大吸收能量指标是 MOV 的主要选型依据。MOV 仅在二极管组件损坏,无法实现高压回路与低压电流回路的隔离时实现限压,那么,根据高压回路的电路拓扑,可得到可能流经 MOV 的最大电流波形。在正常的工况下,MOV 两端可能出现的最大电压为试品的弧压。只要 MOV 的额定电压大于试品可能出现的最高的弧压,就可以确保 MOV 在整个合成试验系统处于正常工况时不发生动作。

在高速开断器的介质恢复试验中,按试验时序,串联二极管组件在承受正向短路电流后,在高压回路作用时,起到承受全部高压回路电容电压的作用,从而隔离高电压回路、电流回路。

为确保串联二极管组件的隔离作用,要求二极管组件的反向截止时间小于试品高速开断器的介质恢复时间,为此,开展了对于二极管反向恢复电荷的

研究。本文针对某额定 3500 A/3000 V 的二极管,在高压回路电容充电至 1000 V、高压回路电阻为 10 Ω 的前提下,统计不同换流时间条件下,二极管反向截止所需电荷量,并对获取的数据点进行了数据拟合,如图 4 所示。

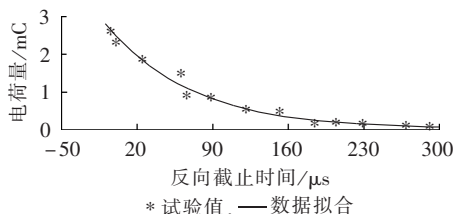


图 4 二极管反向恢复电荷变化

Fig.4 Variation of diode reverse recovery electric charge

介质恢复时间与反向截止所需电荷之间的经验公式为:

$$y = \exp(-12411x - 6)$$

其中, x 为二极管反向截止时间; y 为二极管反向恢复所需电荷量。随着介质恢复时间的增长,二极管反向截止所需电荷逐渐减小;在现有的试验条件下,二极管反向截止所需电荷数的量级为 mC 级。

此外,局限于现阶段二极管制造水平,单只二极管是无法承受 10 kV 的恢复电压的。为此,需要进行多只二极管的串联,进而实现承受高电压的预期工程目标。本文选用 3 只二极管来承受 10 kV 的过电压,均压效果波形见图 5。由波形可知 3 只二极管之间的最大分压差值与总承受电压的比例仅为 5%,较小的分压差值比例反映了良好的均压效果。

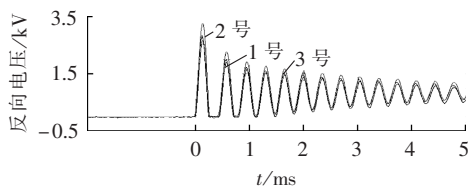


图 5 二极管均压效果波形图

Fig.5 Waveforms of diode voltage-sharing

4 高电压回路关键技术

4.1 触发电路

采用图 6 所示的点火球隙触发电路,其电容容量为 35 μF 。在触发电路电容 C 充电至 150 V 的条件下,进行了点火球隙导通高压回路的测试试验,试验波形见图 7,其中下面的波形图为虚线内波形的放大。

在晶闸管 V_T 导通之后,将预充电压 150 V 加载变压器原边。经过 78 μs 的延时后,点火球隙导通线路,表现为 10 kV 侧端电压急剧下降。变压器原边出现电压波形,至点火球隙两端电压下降的时延包括变压器固有时延、触发极与阴极之间起弧至点火球隙两端起弧的固有时延。

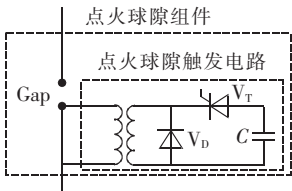


图 6 点火球隙触发电路
Fig.6 Trigger circuit of ignition ball gap

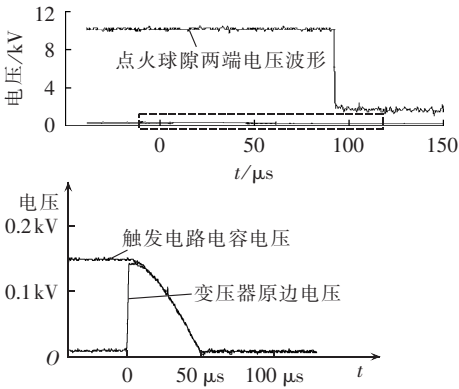


图 7 点火球隙触发导通试验波形
Fig.7 Experimental waveforms of ignition ball gap trigger

4.2 导通时延

点火球隙是高电压回路的导通器件,它的导通性能对于高电压回路的功能实现起着重要的作用。分析了在点火球隙间电压为 2000 V、球隙触发电路电容容量为 7.7 μF 的前提下,不同储能电容充电电压对于点火球隙导通时延的影响,总结如表 1 所示。

表 1 点火球隙导通时延对比

Tab.1 Comparison of ignition ball gap trigger delay

点火球隙间电压/kV	触发电路储能电容充电电压/V	导通时延/ μs
2	<30	—
2	30	65
2	50	44
2	80	34
2	100	32

由试验结果可知,在触发回路储能电容充电电压太小的情况下,点火球隙无法触发导通;随着点火球隙的触发回路储能电容充电电压值的升高,点火球隙的触发时延逐渐减小;在触发回路储能电容充电至一定电压后,随着充电电压的增加,导通试验的增加幅度变得不是很明显了。

4.3 球隙间距

球隙间距是点火球隙的一个重要指标。点火球隙在高压回路导通之前,两端需承受全部的高压回路电容电压,这就要求球隙间距对应的电压不能小于高压回路电压对应的击穿电压。下面针对不同的球隙间距对合成试验的影响,进行试验分析。

使用 10 kV 直流耐压测试仪为点火球隙两端提供电压,根据对应的击穿电压来确定球隙间距。点火球隙间距对应的电压为过流保护条件下的 4700 V

(电流设定为 0.02 mA)。在这种球隙间距条件下,触发回路储能电容容量为 35 μF ,进行高速断路器的合成试验平台的系统调试,其中高压回路电容充电至 1000 V。试验结果如图 8 所示。

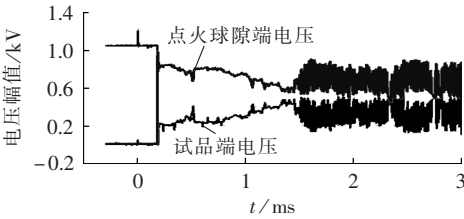


图 8 大球隙间距下的试验波形
Fig.8 Experimental waveforms of big ignition ball gap

调整点火球隙的球隙间距,使其对应的电压为长时间耐压 1500 V,而在高于 1500 V 的条件下则点火球隙被击穿。其他条件不变,再次进行高速断路器的合成试验平台的系统调试,试验结果如图 9 所示。

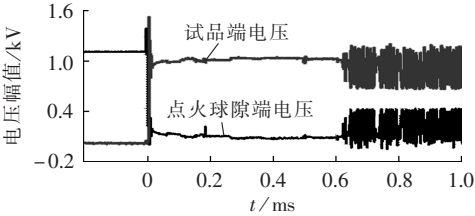


图 9 小球隙间距下的试验波形
Fig.9 Experimental waveforms of small ignition ball gap

对比图 8、9 可见,在调整点火球隙的球隙间距后,高压回路的电压加载状况有了明显的改观,主要体现在:点火球隙的电压降从大于 200 V 降低至 40 V;此外,电压稳定加载至试品上的时间增长,在后一次试验中长达 500 μs 。

由上述对比试验可知:在保证点火球隙被触发前,球隙不被高压回路电容电压击穿的前提下,减小点火球隙的球隙间距,能够有效地保证单位间距内的等离子浓度,从而使得点火球隙不易熄弧,且极大地降低了球隙间电压降。

图 10 反映的是电压源模拟电压波形与灭弧熔断器弧压波形之间的差异对比。从图中可以看出,2 种电压波形基本吻合,可见电压源提供的恢复电压波形是可以模拟灭弧熔断器弧压波形的。

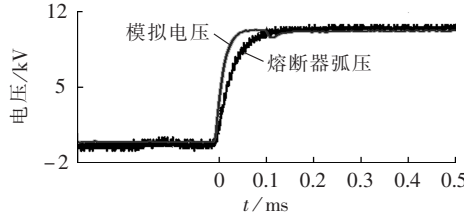


图 10 模拟电压和弧压的对比
Fig.10 Comparison between simulative voltage and arc voltage

5 系统调试

本文以某试品进行了 10 kV/10 kA 条件下的系统调试试验。

主电路各组成部分重要参数指标为:电流回路, C_0 容量为 70 mF、充电至 600 V, L_0 为 15 μ H; 试品并联电容 C_1 容量为 0.2 μ F、额定电压为 10 kV; 点火球隙触发回路, 储能电容 C_4 容量为 35 μ F、充电至 150 V; 高电压回路, 电容 C_2 容量为 10 μ F、充电电压 10 kV, 电阻 R_2 阻值 100 Ω 。

试验结果如图 11 所示, 图 11(b) 波形为图 11(a) 中虚线内波形的放大。

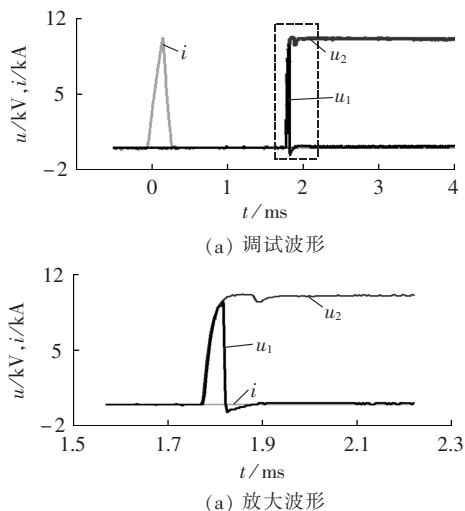


图 11 10 kV/10 kA 条件下的系统调试波形图
Fig.11 Waveforms of system commissioning under 10 kV/10 kA condition

通过本次试验, 获取了 10 kV/10 kA 条件下介质恢复失败以及介质恢复成功的试验结果, 试验结果说明对象为高速开断器的介质恢复试验系统具备了完成额定 10 kV/10 kA 高速开断器介质恢复试验的能力。

6 结论

本文根据高速开断器对于介质恢复试验提出的 3 点较为特殊的需求, 设计了包含电流回路、自然换流回路以及高电压回路的 10 kV/10 kA 介质恢复试验系统。分析了电流回路的电气参数, 确定了参数选取方案; 提出了自然换流回路中的后备保护器件 MOV 的选型依据, 总结了系统隔离器件串联二极管组件的反向截止规律; 进行了高电压回路导通器件点火球隙的性能试验。试验系统有效地解决了直接试验法进行直流限流熔断器的分断试验成本高和传统的合成试验法不适用于直流限流熔断器的现实问题。

通过 10 kV/10 kA 条件下系统调试, 证实了对象为高速开断器的介质恢复试验系统具备了完成额定 10 kV/10 kA 高速开断器介质恢复试验的能力。试验

系统具有良好的经济性与针对性, 不但可以有效地降低直流限流熔断器在研制过程中的试验成本, 而且可以满足直流限流熔断器的研发和性能检测的要求。

参考文献:

- [1] LIU Xiaoming, CAO Yundong, WANG Erzhi. Numerical analysis on the interaction of arc and flow field for SF₆ circuit breaker [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2006(42): 1047-1050.
- [2] GIERE S, KARNERH C. Dielectric strength of double and single-break vacuum interrupters [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2001, 8(1): 43-47.
- [3] BETZ T, KOENIG D. Influence of grading capacitors on the breaking capacity of two vacuum interrupters in series [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 1999, 6(4): 405-409.
- [4] SPINDLE H E, BROWNE T E, MARTIN P E. Synthetic testing techniques [J]. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1972, PAS-91(3): 768-773.
- [5] YAMAZAKI S, HOSOKAWA M, GOTOO T, et al. Synthetic testing and interrupting phenomena under short line fault conditions [J]. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1972, PAS-91(3): 773-782.
- [6] MAZZOLENI B, ROVELLI S. Experiences gained on artificial lines for synthetic testing under short line fault conditions [J]. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1972, PAS-91(3): 823-830.
- [7] SHENG B L. Design consideration of Weil-Dobke synthetic testing circuit for the interrupting testing of HV AC circuit breakers [C]//IEEE Power Engineering Society Winter Meeting 2001. Columbus, Ohio, USA: IEEE, 2001: 295-299.
- [8] SHENG B L, JANSSON E, BLOMBERG A, et al. A new synthetic test circuit for the operational tests of HVDC thyristor modules [C]//IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition. Anaheim, California, USA: IEEE, 2001: 1242-1246.
- [9] YAMASHITA S, MIYAKE N, SUZUKI K, et al. Short-circuit testing method of 3-phase-in-one-tank-type SF₆ gas circuit breaker [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1989, 4(1): 349-354.
- [10] SHENG B L, van der SLUIS L. A new synthetic test circuit for ultra-high-voltage circuit breakers [C]//APEC 2011. Fort Worth, TX, USA: IEEE, 2011: 1-5.
- [11] 张可飞. 实验室合成回路试验系统的智能运行与检测 [D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
ZHANG Kefei. Intelligent running and monitoring of laboratory synthetic circuit test system [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006.
- [12] 刘金慧. 高压大电流开关试验系统的研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2005.
LIU Jinhui. Research on the high voltage high current switch testing system [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2005.
- [13] 戴超. 舰船低压大电流电弧触发式混合型限流熔断器研究 [D]. 武汉: 海军工程大学, 2010.
DAI Chao. Research on shipboard low-voltage high-current arc-triggering hybrid current-limiting fuse [D]. Wuhan: Naval University of Engineering, 2010.
- [14] 陈搏. 高压大电流电弧触发式混合型限流熔断器研究 [D]. 武汉: 海军工程大学, 2012.

- CHEN Bo. Research on high voltage current arc triggering hybrid current limiting fuse[D]. Wuhan:Naval University of Engineering,2012.
- [15] 袁志方. 直流限流熔断器合成试验的研究[D]. 武汉:海军工程大学,2011.
- YUAN Zhifang. Research on synthetic circuit of direct current-limiting fuse[D]. Wuhan:Naval University of Engineering,2011.
- [16] LEE A,VOSHALL R E. Capacitor energy storage synthetic testing of H.V.D.C. circuit breakers[J]. IEEE Transactions on Power Delivery,1986,1(1):185-190.
- [17] JOYEUX-BOUILLON B,DAYET J,van DOAN P,et al. Synthetic testing method for generator circuit breakers[J]. IEEE Transactions on Power Delivery,1986,1(1):179-184.
- [18] van der SLUIS L,SHENG B L. The influence of the arc voltage in synthetic test circuit[J]. IEEE Transactions on Power Delivery,1995,10(1):274-279.
- [19] JAMNANI J G,KANITKAR S A. Design and simulation of 2-parameters TRV synthetic testing circuit for medium voltage circuit breakers[C]//International Conference on Electrical and Computer Engineering,2006. ICECE'06. Dhaka,Bangladesh: IEEE,2006:1-4.
- [20] JAMNANI J G,KANITKAR S A. Design and simulation of 4-parameters TRV synthetic testing circuit for high voltage circuit breakers[C]//International Conference on Electrical and Computer Engineering,2006. ICECE'06. Dhaka,Bangladesh: IEEE,2006:25-28.
- [21] 王晨,张晓锋,庄劲武,等. 基于 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 薄膜的超导故障限流器设计与试验分析[J]. 电力自动化设备,2008,28(4):103-107.
- WANG Chen,ZHANG Xiaofeng,ZHUANG Jinwu,et al. Design and test of superconducting fault current limiter based on $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ thin film[J]. Electric Power Automation Equipment,2008,28(4):103-107.
- [22] 王晨,庄劲武,江壮贤,等. 新型混合型限流断路器在直流电力系统中的限流特性研究[J]. 电力自动化设备,2011,31(5):90-93.
- WANG Chen,ZHUANG Jinwu,JIANG Zhuangxian,et al. Research of current limiting characteristics for hybrid current limiting circuit breaker in DC power system[J]. Electric Power Automation Equipment,2011,31(5):90-93.

作者简介:



袁志方

袁志方(1987-),男,湖南长沙人,博士研究生,主要从事混合型限流熔断器设计及开关电弧介质恢复理论方面的研究(E-mail: yuanzhifang@sohu.com);

庄劲武(1967-),男,浙江宁波人,教授,博士研究生导师,主要从事电力系统自动化与安全运行方面的研究。

10 kV/10 kA dielectric recovery test system for high-speed isolators

YUAN Zhifang¹,ZHUANG Jinwu¹,WANG Chen¹,CHEN Bo²,JIANG Zhuangxian¹

(1. College of Electrical Engineering,Naval University of Engineering,Wuhan 430033,China;

2. Naval Military Representative Office in Dalian No.426,Dalian 116005,China)

Abstract: A 10 kV/10 kA dielectric recovery test system is designed for the dielectric recovery experiment of high-speed isolators,which consists of the current loop,natural current-commutation loop and high-voltage loop. The requirements of high-speed isolators for the dielectric recovery test system are analyzed;the artificial current ZCP(Zero Crossing Point) should be created and maintained during the dielectric recovery period;the arc voltage of arc-extinguish fuse should be simulated by the voltage source;the voltage source should be switched on with a delay of set time after the dielectric recovery starts. The parameters of current loop are analyzed and the parameter selection scheme is determined;the type selection criterion of lightning arrester used in the natural current-commutation loop is proposed;the reverse check law of serial diode is summarized and the performance test is carried out for the gap of high-voltage ignition ball. The results of system commissioning verify that the designed system is capable of testing the dielectric recovery of 10 kV/10 kA high-speed isolators.

Key words: high-speed isolator; natural current-commutation; dielectric recovery characteristic; testing