

低压电器试验中选相合闸开关的应用

苗本健, 何东升

(国家中低压输配电设备质量监督检验中心, 广东 东莞 523325)

摘要:介绍了低压电器产品试验中选相合闸开关的应用。阐述了试验中对选相合闸开关的要求,分析了合闸角度的选择,并提出了选相合闸开关今后发展的趋势。

关键词:选相合闸开关;永磁操动机构;合闸角度

中图分类号: TM 506 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-5531(2009)17-0050-03



苗本健(1969—),男,高级工程师,硕士,研究方向为低压电器的技术研究与检测认证。

Application of Phase Selection Switch in Low Voltage Electrical Apparatus Test

MIAO Benjian, HE Dongsheng

(China National Quality Supervision and Testing Center for Mid-Low Voltage Transmission and Distribution Equipment, Dongguan 523325, China)

Abstract: The application of phase selection close switch in low voltage electrical apparatus test was introduced. The test demand for the switch was expounded, and selection for close angle was analyzed. The development trend of phase selection close switch was proposed.

Key words: phase selection close switch; permanent magnetic actuator; close angle

0 引言

在低压电器产品检测认证中,很多标准的试验条件要求都涉及到试验电源合闸相位的控制问题,有的是明确提到合闸相位角度的要求,有的是隐含在试验条款的要求中。如 GB14048.2《低压开关设备和控制设备 低压断路器》中在进行脱扣极限和特性测试时要求试验电流应无非对称分量,这实际上就是要求消除试验回路涌流造成的测试误差。而消除涌流主要方法有串联电阻法、并联电容法以及选相合闸技术。

在低压电器试验中所使用的选相合闸技术与为了抑制空载变压器投入和电容补偿装置中电容的投切过程中产生的涌流、过电压而采用的同步关合技术在本质上是一致的,但两者的应用目的却完全相反。低压电器试验中是利用选相合闸技术来模拟产生配电线路短路状态下过电流、过电压的严酷状况,以此考核低压电器产品的短路保护性能。

1 选相合闸开关分类、要求及特点

1.1 选相合闸开关的分类

目前,在低压电器检测机构中所用的选相合闸开关本体分为两类:有触点式和无触点式。所谓有触点式选相合闸开关就是采用传统的触头来接通试验电路;无触点式选相合闸开关就是采用晶闸管导通来接通试验电路。二者都是通过控制装置来实现在不同相位角度的合闸功能,从应用角度来讲二者各有优势。

1.2 选相合闸开关的要求及特点

一般情况下选相合闸开关只是用于合闸而不具有分断能力。选相合闸开关的基本要求如下:

(1) 合闸动作时间一致性好。对传统有触点式选相合闸开关来说这一点尤其重要,否则选相合闸开关是无法按照预定选相角度进行合闸的。

(2) 开关本体寿命,分为机械寿命和电气寿命。机械寿命的长短和其采用操动机构方式有着很大的关系,操动机构越复杂,故障率相对越高,机械寿命反而越短。由于使用目的不同,电气寿

何东升(1978—),男,助理工程师,硕士,研究方向为电力电子及其控制的应用和低压电器产品的试验认证与研发。

命不是以往在额定电压、电流等条件下的带电操作次数,而是能够完成接通最大合闸电流的次数。

(3) 选相角度精度。标准上要求的选相合闸相角偏差在 $\pm 5^\circ$ 以内。

(4) 控制器功能完善,抗干扰能力强。

根据以上基本要求和检测标准的某些条款特殊性,人们研发了采用晶闸管作为主回路元件的选相合闸开关。这种无触点式选相合闸开关相对于传统有触点式选相合闸开关,主要是在选相角度精度、合闸时间、使用寿命方面有了较大提高。但由于晶闸管本身过流过压性能差,目前合闸电流还不是很大,一般用于 10kA 以下接通能力的场合。

根据目前从各个低压电器检测机构了解到的情况,传统有触点式选相合闸开关还是占据主导地位。这主要有以下几点原因:

(1) 传统有触点式选相合闸开关采用了可靠性高、操动机构简单、使用寿命长的永磁操动机构,动作一致性好,选相精度明显提高。

(2) 控制器与开关本体分离放置避免了开关本体震动和强磁场对控制器的影响,稳定性显著提高。

(3) 合闸接通电流大。据了解目前最大选相合闸开关的接通电流为 150kA。无触点式(晶闸管)选相合闸开关还达不到这个水平。

(4) 维修成本低。操动机构是最容易出现故障的部位,但由于采用了永磁操动机构,零部件数量明显减少,因此,维修相对容易,而且因为材料便宜使得维修成本很低。

2 选相合闸开关在低压电器实验中的具体应用

2.1 选相合闸开关的使用方式

选相合闸开关可以接在试验变压器的高压侧或低压侧。但由于高压侧选相合闸会造成很大的变压器励磁涌流,影响试验电流波形,且有可能使变压器继电保护装置动作,影响试验的进行,因此,在可能的情况下都采用低压侧选相合闸。

选相合闸开关在三相试验电路中的位置布置一般有两种情况:

(1) 在每相试验回路中均设置选相合闸开关。这样的做法使得试验较为方便和安全。

(2) 在其中两相试验回路中设置选相合闸开关,另外一相直接连接试品。这样的设置可以节省成本,减少回路阻抗。

2.2 选相合闸角度的选择

低压电器试验中,用选相合闸开关在变压器副方突然短路,此时的状况与 R 、 L 串联电路突然接到正弦电压上去的情况相似。具体简化等效电路如图 1 所示。

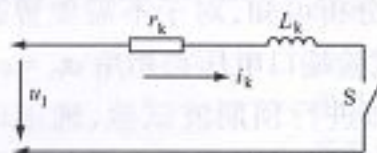


图 1 等效电路

图中, u_1 为试验端口电压; r_k 为短路电阻; L_k 为短路电感; S 表示选相合闸开关。

设电网容量很大,短路电流没有引起电网电压下降,突然短路时电路的微分方程如下:

$$u_1 = \sqrt{2}U_1 \sin(\omega t + \alpha_0) = i_k r_k + L_k \frac{di_k}{dt} \quad (1)$$

式中, α_0 为电压 u_1 的初相角。

解此常系数微分方程可得:

$$i_k = \sqrt{2}I_k \sin(\omega t + \alpha_0 - \varphi_k) + C e^{-\frac{t}{T_k}} = i_k' + i_k'' \quad (2)$$

式中: i_k' 表示突然短路电流稳态分量的瞬时值; $\sqrt{2}I_k$ 为突然短路电流稳态分量幅值; i_k'' 表示突然短路电流暂态分量的瞬时值; $T_k = (L_k/r_k)$ 为暂态电流衰减的时间常数; $\varphi_k = \arctan(\omega L_k/r_k)$ 为 i_k' 与 u_1 的相位差; C 为待定积分常数,由初始条件决定。

在进行短路分断试验时, $t=0, i_k=0$, 因此,得到

$$i_k = \sqrt{2}I_k \sin(\omega t + \alpha_0 - \varphi_k) + \sqrt{2}I_k \sin(\alpha_0 - \varphi_k) e^{-\frac{t}{T_k}} \quad (3)$$

从式(3)可见,突然短路电流的大小与电压 u_1 的初相角 α_0 和 i_k' 与 u_1 的相位差 φ_k 有关。按两种情况分析:

(1) 当 $\alpha_0 = \varphi_k$ 时发生突然短路,暂态分量为零,突然短路一发生就进入稳态,短路电流最小,其值为

$$i_k = \sqrt{2}I_k \sin \omega t \quad (4)$$

(2) 当 $\alpha_0 - \varphi_k = \frac{\pi}{2}$ 时发生突然短路,

$$i_k = -\sqrt{2}I_k (\cos\omega t - e^{-\frac{t}{\tau_k}}) \quad (5)$$

当 $\omega t = \pi$ 时,短路电流达到最大值(瞬时值)

$$i_{k \max} = \sqrt{2}I_k (1 + e^{-\frac{\pi}{\omega\tau_k}}) = k_y \sqrt{2}I_k \quad (6)$$

$k_y = 1 + e^{-\frac{\pi}{\omega\tau_k}}$ 是突然短路电流瞬时最大值与稳态短路电流幅值的比值,它只是与试验线路中的短路参数 L_k 和 r_k 有关。

从以上分析可知,对于不需要暂态分量的试验,可以在试验端口电压初相角 $\alpha_0 = \varphi_k$ 时选相合闸;对于类似进行预期波试验,确定试验功率因数,以及动热稳定试验需要在某相获得最大瞬时值的时候,应在 $\alpha_0 - \varphi_k = \pi/2$ 时选相合闸。

3 选相合闸开关的发展趋势

选相合闸开关在低压电器检测中应用会越来越广泛。随着电力系统对于同步关合技术的深入研究,各种选相断路器、接触器产品不断涌现。这些新型电器产品也为低压电器的试验提供了硬件支持。

选相合闸开关主要由开关本体和控制器两部分组成,而核心部分是开关本体的设计。随着低压电器的不断发展,对检测设备要求的不断提高,开关本体的发展应具有以下特点:

(1) 合闸接通电流大、体积小。随着电网容量不断增大,低压电器短路分断能力和短时耐受能力也不断加大,因此,选相合闸开关本体的接通电流能力也相应必须增大。对有触点式开关来说主要从改善开关本体的触头材料、结构方面着手,防止触头弹跳,增强其抗熔焊性能。

为了达到较高的合闸接通电流的要求,很多情况下需要多个小容量开关本体并联使用,无形中就会加大整个合闸装置本身的体积,增加了试验回路阻抗,限制了短路电流的输出。因此,在触头问题解决之后,开关本体体积问题也会得到相

应改善。

对于采用晶闸管的开关本体,将会受到大功率晶闸管开发和制造维修成本的限制。

(2) 合闸动作时间一致性好,为提高选相精度奠定基础。对有触点式开关来说主要是改善操动机构的工作方式,尽可能减少机械零部件和传动过程。随着高性能永磁材料的不断开发成功,永磁操动机构因其简单的结构、动作的高可靠性将是选相合闸开关本体操动机构大力发展的方向。

(3) 提高机械和电气寿命,减少检测机构试验和维修成本。低压电器新产品研发成本中很大一部分是试验检测费用,只有降低相应的研发试验费用,才能进一步推动企业新产品研发欲望。

对于控制器来说,主要目的只有一个:就是控制选相合闸开关动作和合闸相位精度,以保证试验要求。对于这方面的各种算法、控制方式已经研究很多,在此不再赘述。但以下问题还应考虑:
① 现有的控制器都没有针对开关本体动作时间、试验电源频率波动的自调整功能,使得整个选相合闸开关相位调整(或者说校准)不是十分方便;
② 目前所用的选相合闸开关控制器与开关本体之间都是采用有线传输的通信方式,为了减少开关本体和试验场地中的各种干扰,控制器应远离试验区域,若能采用无线传输数据和指令的通信方式,将大大提高选相合闸开关动作的可靠性、稳定性。

【参考文献】

- [1] 王爱国,阮于东. 低压电器产品检测新技术[J]. 低压电器,2008(15): 45-49.
- [2] 崔洪庆. 选相开关在实际应用中一些问题的探讨[J]. 华通技术,1994(4):45-47.
- [3] GB 14048.2—2001 低压开关设备和控制设备 低压断路器[S]. 2001.