

一种实现高压隔离开关状态检修的探索实践

从隔离开关状态检修的实际出发,提出了测试隔离开关机械特性的设计方案。该方案的实现,将为状态检修的测试设备增加一个新成员,将会使隔离开关的状态检修有据可依,使之更科学、更合理。

王栋¹ 王大方¹ 吴剑敏¹ 徐楠¹ 张建^{2/1} 1.国网上海市电力公司检修公司

2.上海思源电气如高压电器有限公司

主要是因为户外隔离开关传动环节直接暴露在大气中经受着日晒雨淋,平时操作次数不多,轴销、轴承等传动部位缺少润滑和相对运动,因此其操作卡涩的异常较多。表1是某省电力公司2013年126~550 kV隔离开关缺陷部位分类统计数据^[1]。

表1 126~550 kV隔离开关缺陷部位分类统计表

电压等级/kV	操动机构	传动部分	绝缘子	导电回路	地刀
126	63	67	4	38	1
252	38	37	1	29	1
550	10	3	0	2	0
合计	111	107	5	69	2

数据表明,操动机构、传动部分和导电回路是产生缺陷的三大重灾区,而隔离开关主要是由操动机构、传动部分、导电回路和绝缘子组成,其中某个部位出现问题,都会影响隔离开关的可靠运行。由于机械传动部分的卡涩甚至卡死而导致分不开合不上的故障时有发生。这些故障现在没有有效手段早期诊断,往往是不坏不修,坏了才修,现场检修人员也是凭主观经验,检修质量因人而异没法保证,隔离开关的检修工作十分被动。因此对隔离开关机械特性的定期“体检”,极早科学、准确诊断是提高隔离开关可靠运行的有力保障。

2 国内外研究现状

隔离开关的结构、原理在高压电气设备中属于相对简单的一种,对隔离开关本身及专用检测设备的研究远不如GIS、主变及断路器等设备受到人们的重视。目前,对隔离开关导电部分的测量

0 引言

状态检修是企业以安全、可靠性、环境和成本为基础,通过设备状态评价、风险评估及检修决策,达到设备安全可靠,检修成本合理的一种检修策略。状态检修工作的核心是确定设备的状态,依据设备状态开展相应的试验、检修工作。自2007年国家电网公司全面推进状态检修工作以来,用于监测、测试各种设备状态的仪器、仪表得到长足的发展。就高压隔离开关而言,红外成像诊断技术的推广应用,对尽早检查导体过热异常起到了很好的作用。然而,在检修实践中我们注意到,目前还没有一种能测试隔离开关机械特性状态的设备,将机械传动方面的事故隐患暴露在萌芽状态。为此,本文对隔离开关机械特性测试进行探讨,旨在为全面推进高压隔离开关的状态检修作一份贡献。

1 测试隔离开关机械特性的必要性

高压隔离开关是变电站用量最多的设备之一,它的故障率也高居榜首。



王栋/工程师

关键词/Keywords

隔离开关·
机械特性·
扭力测试·
专家诊断·

主要有回路电阻仪和红外成像仪，绝缘子的检测有超声波探伤仪。未见有用于测量和诊断隔离开关机械故障仪器的使用和报道。研究这样一种设备将为状态检修的测试设备增加一个新成员。这个设备的成功应用，将会使隔离开关的状态检修推向一个新的高度。毫无疑问，也将使隔离开关更安全可靠的运行。

3 机械特性测试仪的功能要求

用于检修现场使用的测试设备，首先应方便携带、操作简单，其次，功能设置应实用，能指导检修工作。为此，该设备应具备以下功能。

1) 能测量、保存隔离开关的扭矩，并能自动绘制扭矩与转动角度的关系力矩曲线 $M(\theta)$ ，为分析和处理操作异常提供依据。

2) 仪器的测量数据可以通过U盘或数据线下载至电脑，并可以转换成word和Excel文档供存档和进一步分析之用。

3) 具有专家诊断功能，在电脑专用工具软件环境里，当选择与同型号标准扭矩曲线 $f = M_0(\theta)$ 比较时，系统自动将两曲线显示在同一坐标里，并能自动分析比较安装调试的质量，得出相应的结论。同样，当选择与同一台历史扭矩曲线 $f = M_n(\theta)$ 比较时，系统自动将两曲线显示在同一坐标里，并能自动分析比较，得出相应的结论。所谓“标准扭矩曲线”是指该型号规格的设备由技师调试，设备状态处于最佳时测试的曲线，此设备可以作为参照的样板；“历史扭矩曲线”即为同台设备运行一段时间或数年前测试的曲线。

4) 在电脑专用工具软件环境里，自动生成测试报告，测试报告内容可包括：操作力矩、操作力测试曲线和诊断结论等。

4 解决方案

4.1 传感器解决方案

隔离开关的分、合闸转动是由操动机构驱动的，隔离开关转动的阻力增加将直接导致操作机构的主轴扭矩的增加，因此测量操动机构的输出扭矩 M 与分合闸转动角度 θ ，可以清楚的了解分合闸全过程扭矩的变化情况，并可自动生成主轴输出扭矩 M 与主轴转过角度 θ 的机械特性曲线

$$f = M(\theta)。$$

反映隔离开关转动阻力的变化有两种方案。第一种方案是将扭矩传感器串接于机构输出轴与隔离开关主转动轴之间，如图1。该方案能直接反映隔离开关扭矩的变化，但需要将扭矩传感器串接在机构输出轴与垂直操作管之间。如果测试已运行的产品或已安装调试完毕的产品，需要破坏操作管，并需重新调试产品，在现场难以实现。

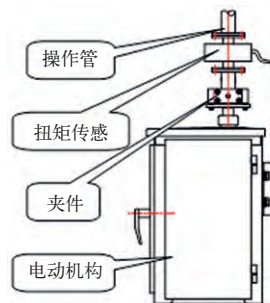


图1 方案一

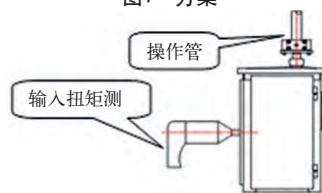


图2 方案二

方案二是用扭矩传感器来测试操动机构的输入扭矩，此扭矩间接反映了隔离开关转动阻力的变化。事实上，我们并不关心隔离开关扭矩的绝对值，而是关心扭矩的变化值及其变化趋势。此方案不需对原有产品的状态作任何改动，见图2。

此方案还能方便地计算出用手动摇把操作需要的操作力。国标GB1985《高压交流隔离开关和接地开关》5.105.1对操作力有明确的规定^[1]：需要多于一圈操作隔离开关或接地开关所需的力应 $\leq 60\text{ N}$ ，并且在最多为需要的总转数的10%的转数内，操作力的最大值允许为 120 N 。国网十八项反措文件的12.2.2.3 条也明文规定：新安装的隔离开关手动操作力矩应满足相关技术要求。

事实上，有些隔离开关由于结构、制造及安装等方面的原因，新安装时操作力矩就比较大，在运行一段时间后力矩就更大，以致分合闸不到位而出现异常。以往并没有测量操作力的专用设备，在安装调试或验收时此项都予以忽略。

以上分析可知，方案二的优势还是很明显的。

4.2 测试仪系统解决方案

图3是系统方案图, 扭矩传感器及其电路将扭矩信号通过整形、A/D电路转换成数字脉冲后, 输入I/O接口电路。同时装在机构主轴上的数字角度仪也将主轴的脉冲输入I/O接口电路。CPU将按转角脉冲 θ 的节奏对扭矩信号 M 进行取样, 从而得到一组转角(θ)-力矩(M)数字并生成 $f = M(\theta)$ 曲线并保存。此时, 如果将测试数据通过“通信”接口上传至计算机, 通过安装在计算机中的专家诊断软件可以将实测数据与标准数据比较, 与历史数据比较, 从而判断出与标准数据和历史数据的差异并推荐检修方案。

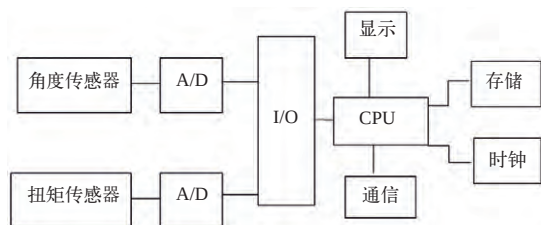


图3 系统方案图

4.3 专家诊断系统解决方案

将两个或多个测试曲线在同一个坐标系里进行比较, 根据比较结果得出相应的结论, 结论来源于对实践的总结。以隔离开关操作力为例, 110 kV及以上电压等级的隔离开关往往需要到现场将三相单极、操动机构进行组装、调试。调试水平的差异将直接体现在操作扭矩上; 一台隔离开关设备经过数年的运行后, 由于环境等因素对传动部分的影响, 其操作扭矩也会增加。增加多少会影响隔离开关的可靠运行? 这需要大量数据的统计, 需要实践。本文只对专家评价的方案进行探讨。

方案一, 平均值分析法如表2, 将两次测得数据的平均值进行比较, 当数值差异超过某一范围时, 定义隔离开关的状态。

表2 平均值分析法

角度 θ_0	0	5	...	180	平均值	
扭矩 M_2	0	M_{11}	M_{13}	M_{1n}	M_{1p}	2014年
扭矩 M_3	0	M_{21}	M_{23}	M_{2n}	M_{2p}	2011年

当某个点操作力增加较多, 对平均值影响不大时, 此方案不能判断这样的局部异常。

方案二, 逐点比较法见表3, 将两次测量数据逐点进行比较, 计算出每点增加的百分比, 同时

输入每个角度下所对应的零部件。当某点增加值超过设定值时, 系统即可判断该点造成该点异常的零部件, 并提出检修方案。

表3 逐点比较法

角度 θ_0	0	5	...	180	
扭矩 M_2	0	M_{21}		M_{2n}	2014年
扭矩 M_3	0	M_{31}		M_{3n}	2011年
零部件状态		触指	...		
百分比 V_{2n}	0	V_{21}		V_{2n}	

5 结束语

该测试仪在现场操作并不复杂, 只有角度传感器需要固定在主轴上, 不增加多少工作量。我们预想: 当隔离开关安装调试完毕后, 就需要对其状态进行检测, 以判定其是否存在原始性缺陷。待其投入运行若干时间后可在现场对其状态进行检测, 分析其机械传动参数的变化趋势来预测是否有缺陷存在, 从而为状态检修提供科学依据。此测试仪可作为设备安装, 工厂化AB类检修最终质量检定手段, 也可作为设备日常运行状态评价依据。

参考文献

- [1] 苑舜, 崔文君. 高压隔离开关设计与改造[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [2] 张永明. 变电所户外高压隔离开关状态检修探讨[J]. 浙江电力, 1998(1): 22-24.
- [3] GIS隔离开关、接地开关机构的模拟试验装置[J]. 高压电器, 2011(1): 22-24.
- [4] 何秀伟. 电机测试技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1987.
- [5] 张勇. 电机拖动与控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
- [6] 林莘. 现高压电器技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

(收稿日期: 2015-05-25) EA

作者简介

王栋 (1980-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为变电检修和电气试验。

张建 (1960-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为高压隔离开关设计和制造。