

有载分接开关扭矩在线监测

郭森, 苏勇令

(华东电力试验研究院, 上海 200437)

On-line Torque Monitoring of on Load Tap Changer

GUO Sen, SU Yong-ling

(East China Electric Power Test & Research Institute, Shanghai 200437, China)

摘要: 针对目前电网中广泛使用的 35 kV V 型有载分接开关, 对其储能机构的结构特点及动作原理进行了详尽分析。研究表明, 扭矩监测技术在分接开关在线检测方面具有良好的应用前景, 可在提高检修水平和降低检修成本两个方面为电网的安全运行发挥作用。

关键词: 有载分接开关; 扭矩监测; 数字信号处理

中图分类号: TM41 **文献标识码:** B

Abstract: A detailed analysis has been performed to introduce the structure and the action principle of 35 kV V-type on-load tap changers, which have been widely used in the power grid. The results show that the on-line torque detection technology has a good application future in on-load tap changers. The technology can help in improving the overhauling level and reducing the overhauling cost.

Key words: on load tap changer; torque measurement; digital signal processing

1 前言

有载分接开关(简称“分接开关”)对自身的机械性能要求十分严格。目前变压器整体故障率呈下降趋势, 但分接开关故障仍占有很大比例^[1-2]。现在电网中分接开关的可靠性通常是依靠周期性计划检修(换油和吊芯等)来保证。而状态检修已成为电网中电气设备检修发展的必然趋势, 如果能为分接开关提供新的在线检测手段, 在确保其可靠性的前提下延长检修周期, 则意味着检修成本的降低; 另外, 某些分接开关故障及检修人员的人为失误在目前的检修中难以被发现, 采用新的检测技术也有利于进一步提高检修质量^[3-4]。

弹簧储能过程是分接开关动作中的许多重要事件之一。当储能弹簧性能改变或储能过程中存在机构卡涩时, 必然伴随有传动轴驱动扭矩的变化。笔者

结合现场应用, 对 V 型分接开关(III350/Δ35 kV)传动过程中的扭矩变化规律作了详细的分析。研究表明, 在线监测分接开关传动过程中的扭矩变化对发现和预防分接开关故障是十分有益的。

2 研究对象

选取 III350/Δ35 kV 型 V 型分接开关作为研究对象^[5]。该型号分接开关具有一定代表性, 对它的研究不仅可为电网中该类分接开关的检修给予指导, 还可为研究其它类型的分接开关提供帮助。V 型分接开关为复合式分接开关, 其设计简单紧凑。

与 V 型分接开关配合的典型电动机构为 DCJ30(额定功率为 370 W), 它是分接开关分接变换操作的驱动和控制机构, 安装在变压器油箱侧壁上, 借助垂直传动轴和水平传动轴与主变内部的分接开关联接在一起。DCJ30 在进行调压操作时, 有时会出现连动(交流接触器、中间继电器等电器元件剩磁或铁心板面油脂粘结引起释放延时, 是导致连动现象发生的常见原因之一)、操作失灵和元件故障等异常现象, 可能给变压器的安全运行造成很大危害^[6]。

3 分接开关扭矩产生原理

传动机构是用于联结分接开关与电动机构的中间传动装置。它主要由一对圆锥齿轮及水平、垂直两传动轴组成。通过改变圆锥齿轮传动箱箱体一对圆锥齿轮的齿数及安装位置可以得到不同的传动比及旋转方向。

V 型分接开关的储能释放机构采用拐臂过死点释放原理, 该机构的主体是一个强拉力拉簧(数根)。一端固定在拐臂点 B 上, 另一端固定在定点 C 上。当拨杆顺时针以一定角速度旋转时, 推动拐臂将弹簧拉伸储能。一旦拐臂超越死点, 弹簧立即释放,

收稿日期:2005-07-26

作者简介:郭森(1972-),男,湖北襄樊人,工程师,硕士,主要从事输配电设备电气试验及检测研究工作。

从而带动拐臂以高速向同一方向回转,使拨槽件带动槽轮完成一级变换。忽略绝缘油的阻力后,拐臂主要受到外界驱动力以及弹簧和回转轴加于拐臂的两作用力,这两个力必须构成一对力偶,即它们互相平行,大小相等,而方向相反。准确的驱动力矩数值可通过微分求得极值,但通常可应用图像法界定。驱动力矩最大值所对应的回转角是由储能机构的几何位置及弹簧初拉伸长度所决定。

4 扭矩测量中的主要问题及解决方法

根据文[5]中的说明,V型分接开关电动机构的额定输出扭矩为70 N·m,但现场实测发现,电动机构的输出扭矩随负载情况的不同变化相当大,在正常情况下常常远小于70 N·m,即力矩测量对象的变化范围很大。考虑到在扭矩监测中能准确测量到故障情况下的扭矩变化(如圆锥齿轮卡涩等),采用了额定测量范围为100 N·m的JN388-100扭矩传感器^[7]。

分接开关驱动电机经蜗轮、蜗杆减速后扭矩已经变大,加上电信号本身的零点漂移,使得实测数据中含有部分干扰成分。

由于现场测量中不可避免地会出现偶然的脉冲性干扰,对采集的数据采用比较实用的限幅平均滤波法进行处理^[8]。在应用限幅滤波时,注意到最大偏差值 ΔY 的选取。 ΔY 太大,各种干扰信号将“乘机而入”,使测量结果的准确性下降; ΔY 取得太小,则将有可能遗漏正常的扭矩变化数据。通过对大量现场实测数据的分析,确定对V型分接开关 ΔY 取为2 N·m(这时测量系统的采样率约为220点/s),见图1。

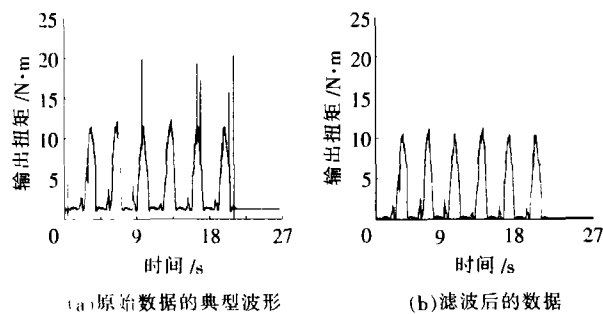


图1 原始数据和采取抗干扰处理数据的比较

通过应用数据处理软件(SIGMAPLOT 2000)对已采集数据进行数字滤波和零点漂移去除处理,在较好地保留采样信号局部特性的前提下可完全解决现场采集数据存在的噪声干扰、零点漂移等问题,具有很好的实用价值。

5 试验结果及分析

(1)正常的扭矩曲线

与该传感器配套的数据采集卡上已带有信号调理单元(含模拟滤波电路),可对现场的强电磁干扰起到部分抑制作用,但因其参数不能过大(否则将产

生过大的延迟和衰减),从而造成滤波后的信号仍然含有部分噪声^[9]。所以采用FFT数字滤波消除干扰。考虑被分析扭矩信号的性质与处理要求(窄带信号且有较强的现场干扰噪声),窗函数选用主瓣宽、旁瓣幅度小的三角窗(Triangle),且衰减很快^[8]。

图2(a)为正常的扭矩曲线,在启动时有一个扭矩的抖动过程,经多次测量数据分析,该干扰为传动轴启动时的自然过程,测量曲线清晰地记录下此过程,传动轴上的最大扭矩约为12 N·m,这时轴转动角约为120°,在连动时一个切换周期约为3.7 s,而弹簧的储能过程约为2.1 s。

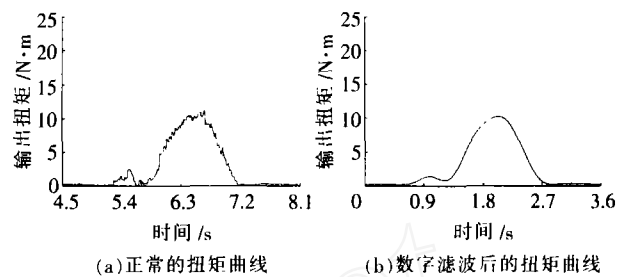


图2 原始数据和FFT滤波后的曲线

(2)圆锥齿轮磨损的扭矩曲线

图3为圆锥齿轮正常和磨损情况下的扭矩曲线对比图,启动时突变过程中的抖动程度明显增强。磨损情况下的扭矩曲线的增长速率较正常时变大,最大扭矩从11 N·m增大为19 N·m,最大扭矩时的转动角从120°前移,整个扭矩曲线的最大变化特征为幅值增强,在完成切换过程的时候总切换时间变化不大。

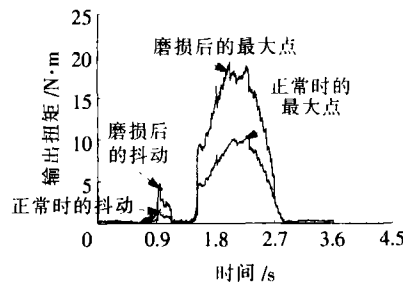


图3 圆锥齿轮正常和磨损的扭矩对比

(3)圆锥齿轮卡涩的扭矩曲线

图4为圆锥齿轮卡涩情况下的扭矩曲线图,启动时突变过程十分明显。卡涩情况下的扭矩曲线的增长速率极大,最大扭矩已接近80 N·m(这时采取手动断电停止试验,否则将可能损坏扭矩传感器)。

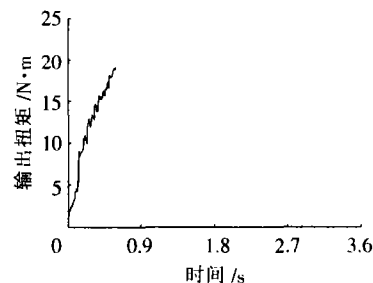


图4 圆锥齿轮卡涩后的扭矩曲线 (下转第448页)

元件绕制紧密度较低,中轴附近不可避免存在气隙,畸变的电场引起的局部放电形成一种沿自愈点边沿扩大的串联形的自愈形状,图6(b)很明显地表明了这种情况。虽然其只占外面几十层,但由于其自愈严重,应该也是元件电容量下降的不可忽视的因素。

图8所示的两种现象其原因可归结为膜在绕制过程中出现褶皱,前者形成了贯穿整个电极的自愈形式,而后者在褶皱处出现了大块的片状自愈点。

由以上分析可知,单个元件的损坏引起了电容器失效,减少了整台电容器的寿命。由于端部接触不良,造成热应力增大而引起元件喷金层的脱落,进一步增大金属膜电极边缘的喷金厚度能有效解决该问题。改进后的电容器寿命延长,且没有再出现元件喷金层脱落。

5 结语

通过设计研制一种自愈式高储能密度脉冲电容器,并对其进行了寿命试验及失效分析。结果表明,元件采用内串结构、金属膜取较高的方阻值是提高金属化膜脉冲电容器储能密度的关键;而金属膜电极

(上接第444页)

6 结语

(1)对分接开关传动机构的结构原理进行了理论上的分析。通过应用数学软件(SIGMAPLOT 2000)对已采集的数据进行零点漂移、限幅及数字滤波处理,在较好地保留采样信号局部特性的前提下,可完全解决现场采集数据存在的噪声污染问题,具有很好的实用价值。可离线和在线检测扭矩曲线,可预防和检测到扭矩异常,能详细了解分接开关的储能过程。

(2)正常的测量原始数据中包含有一定的干扰成分,在经过数字处理后得到的扭矩曲线与推导出的理论曲线很好地相符合。

(3)正常的分接开关操作时,获得的扭矩波形仅为图中的一个周期,但图8已表明,测量系统能很好地监测到图中的连动现象。

(4)实测数据显示,标准^[6]中所写的扭矩为最大值,而现场实测数据通常只有15 N·m,新型的更小;如何评估这些曲线,可使用力矩指纹图技术。通过周期性获得的实际曲线和指纹图相比较,关键是有多少偏差是危险的,这一问题可通过积累现场数据解决。

(上接第442页)

参考文献:

- [1] Lammers A J W, Leufkens P P, Shoonenbery G C. MV Vacuum Switchgear Based on Magnetic Actuators [A]. IEE Conference Publication[C], No. 459, London, 1998.
- [2] 林 苹. 永磁机构与真空断路器[M]. 北京:机械工业出版社,

端部的加厚处理是提高电容器通流能力、改善电极端部与喷金层接触的有效途径;电容器元件外层薄膜自愈严重及其薄膜中轴附近的贯通性自愈是造成单支元件电容量下降的主要原因。

参考文献:

- [1] Sarjeant W J, Zirnheld J, MacDougall F W. Capacitors[J]. IEEE Trans. on Plasma Science, 1998, 26(5): 1368-1392.
- [2] Bramoull M. Evolution of the DC Capacitors [A]. 12th IEEE International Pulsed Power Conference [C], Monterey (USA), 1999: 106.
- [3] 林福昌. 高储能密度脉冲电容器的研究 [J]. 高电压技术, 2002, 28(7): 34-37.
- [4] Maurizio Rabuffi, Guido Picci. Status Quo and Future Prospects for Metallized Polypropylene Energy Storage Capacitors[J]. IEEE Trans. on Plasma Science, 2002, 30(2): 1939-1942.
- [5] 马 野. 从方阻值谈自愈式低压并联电容器元件的设计和改造[J]. 电力电容器, 1996(4): 8-10.
- [6] 冯锦华. 如何选择金属化铝膜方阻值[J]. 电子元件与材料, 1997, 16(2): 53-55.
- [7] 林福昌, 李 劲, 姚宗干. 电磁发射兵器用电容器的选取[J]. 兵工学报, 2003, 24(3): 416-418.

(5)传动过程发生异常时,可通过安装在传动轴上的力矩传感器来检测。该结果是在复合式V型分接开关上获得的,但也可应用到电网中其它电压等级和类型的分接开关。

参考文献:

- [1] 张德明. 变压器有载分接开关 [M]. 辽宁科学技术出版社, 1998.
- [2] 李赞群, 赵支列. 有载分接开关电动机常见故障的诊断及处理[J]. 变压器, 1999, 36(10): 32-38.
- [3] Naoki Amano. Recent Trends in Ultralarge-capacity Three-phase Transformer Technology [J]. Hitachi Review, 2002, 51(5): 164-168.
- [4] La M L, Park S Y, Lin C C. Mechanical Failure Detection of Circuit Breakers [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1988, 3(4): 1724-1731.
- [5] MR公司. V型有载分接开关使用说明书[K]. 2002.
- [6] DL/T 574-1995. 有载分接开关运行维修导则[S].
- [7] 孟 臣. JN338智能数字式转矩转速传感器及其应用 [J]. 国外电子元器件, 2003(11): 56-58.
- [8] 刘广臣, 张惠安, 贾爱宾. 数字信号处理中的加窗问题研究 [J]. 湖南:长沙大学学报, 2003, 17(4): 59-62.
- [9] 翟潮庆. 扭矩传感器的测量结果不确定度评定 [J]. 上海计量测试, 1988, 3(4): 1724-1731.

2002.

- [3] 游一民, 陈德桂, 候建新, 等. 永磁操动机构的发展和应用[J]. 高压电器, 2003, 39(6): 54-56.
- [4] 张俊民, 徐国政, 钱家骊, 等. 一种永磁操动机构的智能控制与电子驱动装置的研制[J]. 高压电器, 2003, 39(1): 27-33.