

「隔离开关」

垂直伸缩式隔离开关平衡弹簧的设计方法

文/北京ABB高压开关设备有限公司 刘 刚

目前市场上垂直伸缩式的户外高压隔离开关都是以弹簧做为平衡闸刀重力的平衡件。配方通过对垂直伸缩式隔离开关主闸刀为计算对象，给出主闸刀在运动中因重力产生的力特性三种计算方法，①公式法可以确定隔离开关重力特性，设计所需平衡弹簧的初步方案。②利用软件仿真技术可以测量出隔离开关主闸刀运动过程中力特性，得出所需的平衡力特性理想曲线。③利用程序编程可以进行分析数据，找到影响结构性能的关键因素，为最理想的设计提供更优化的解决方案。

以垂直式高压隔离开关为例，该类型隔离开关是在垂直面上动作的一种隔离开关，在分合操作时存在闸刀位能的改变，平衡弹簧就是用来平衡主闸刀的重力，以降低操作力，同时也会减轻构件的（包括绝缘子）受力。弹簧体轻力大，装设灵便，占用空间小，密封在传动箱壳内，较小的操作力使得构件强度降低，现时弹簧个体也减小，降低了整个产品的制造成本。因此要设计一个理想的平衡弹簧是这种隔离开关的关键设计点。

要正确的设计弹簧，需先知道理想的主闸刀的平衡力特性。所谓理想的平衡是这样的一种平衡：主闸刀处于任何位置时，平衡弹簧所产生的平衡力矩都刚好抵消闸刀重力所产生的力矩，此时不管主闸刀如何复杂、笨重，只需要克服摩擦阻力，闸刀就可上升或下降，在不加操作力时，主闸刀能在任意位置停留不动。

公式法计算平衡力特性

1. 理想平衡的补偿能量，平衡力矩与平衡力的计算

隔离开关整个导电系统是由众多零部件组成

的，对于每一个零件进行平衡计算是很麻烦的。为便于计算，将主闸刀重力由位于几个关节点上的集中重力来替代，现将主闸刀整体的重力分配在 a 、 b 、 o 三个点上，此集中重力分别为 $W1$ 、 $W2$ 、 $W0$ ，由于 O 点不动，故 $W0$ 在计算时可略去不计。由于这个隔离开关结构是左右对称的，因此计算时只计算半侧的重力，最后用得出的结果乘以2即可。

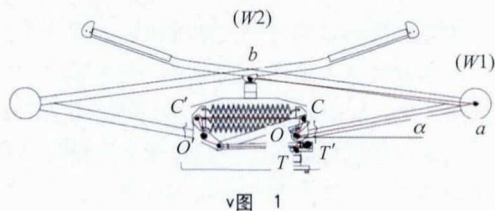


图 1

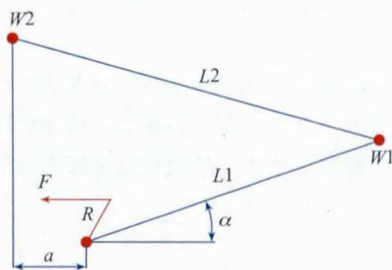


图 2

根据重力矩对a点保持不变的原则, 建立能量守恒

$$\sum M_a = \sum W_i L_a - W_b L_b \quad (1)$$

式中, M 为主闸刀重力产生的力矩, $N \cdot m$; W 为重量, N ; L 为力臂, m 。

则 M_a 为主轴上所需的平衡力矩理想平衡所需的力则是

$$F = M / T \quad (2)$$

式中, F 为所需的平衡力, N ; T 为设计弹簧的力臂, m 。

利用公式可以按需要得出平衡力 F 的几个数据, 以主闸刀转动角度为横坐标, 平衡力 F 为纵坐标, 可以绘制出一个平衡力的曲线。

运动仿真计算平衡力特性

运动仿真计算是一项计算机辅助工程技术, 在设计工程中得到了广泛应用, 涵盖了工程机械、航天航空、汽车、通用机械等众多领域。借助于仿真计算技术对产品进行分析和验证, 加快了开发设计周期, 提高了产品质量的同时也大大缩减了成本。

本文以ANSYS软件为例进行仿真计算。利用软件建立仿真模型, 定义连接和约束, 定义材料属性, 创建伺服电动机, 用来驱动主操作轴的转动。以角度作为变量值。见图3所示。

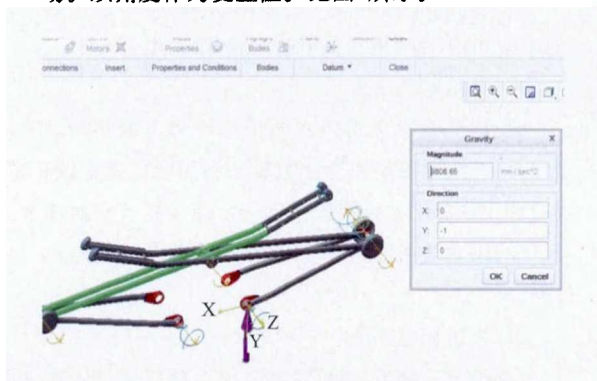


图 3

进行运行运动学分析, 将运行的结果导出成数据并创建曲线。

如图所示, 主闸刀的理想平衡力并不是一条直线, 在接近分闸终了位置时曲率变化较大(理想的状态是曲率越小越好)。而弹簧是一个直线的力特性, 所以在整个运动过程中就会产生补偿能量差, 也就是操作过程中的操作力。

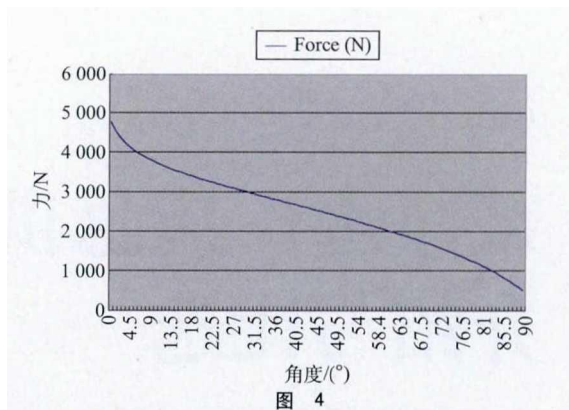


图 4

理论设计出的弹簧力特性如图13所示, 图中粉色斜线即为所选弹簧的力特性, 而图中蓝色曲线为理想状态下的值, 它与粉色曲线在同一横坐标上的差值即为操作力, 理想的状态是尽可能减小操作力。当设计弹簧与理想特性不能完全匹配, 在操作时会出现过补偿, 也会出现欠补偿。

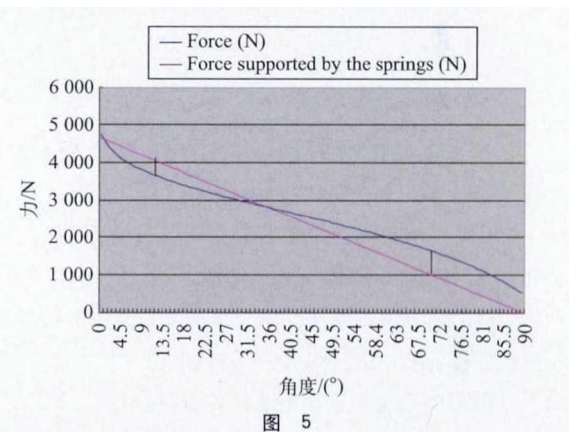


图 5

编程软件进行分析计算

本文选用了QBasic编程软件, 通过数据的变化来确定哪些零件对平衡力影响较大, 更进一步提供一个理想的优化解决方案。

将影响平衡力的因素都设置成变量, 利用变量改变, 输出的数据可以给出不同情况下理想的平衡力曲线。如下图所示。

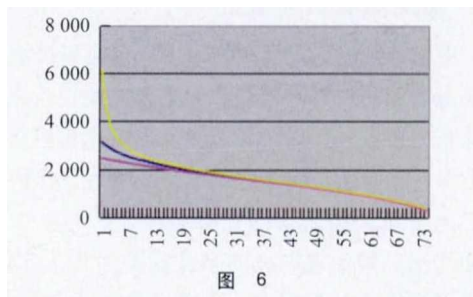


图 6

(下转第92页)

光伏发电负荷采用本文所述的方法进行预测,得到的结果与实际负荷相比如图3。从图3上可以看出两阶段还原法较好地中和了分布式电源的不确定

性,得到的预测母线负荷曲线与实际母线负荷曲线拟合度较高。根据计算,日负荷预测精确度为96.05%,表明了该预测方法的可用性。

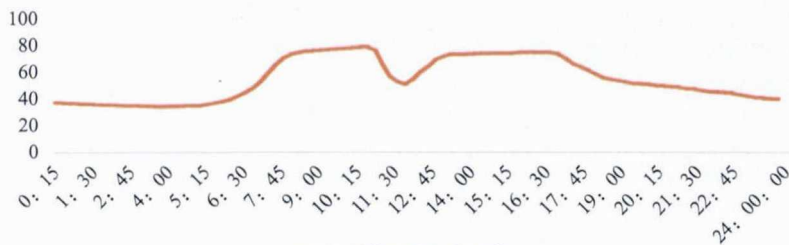


图2 母线工作日典型曲线

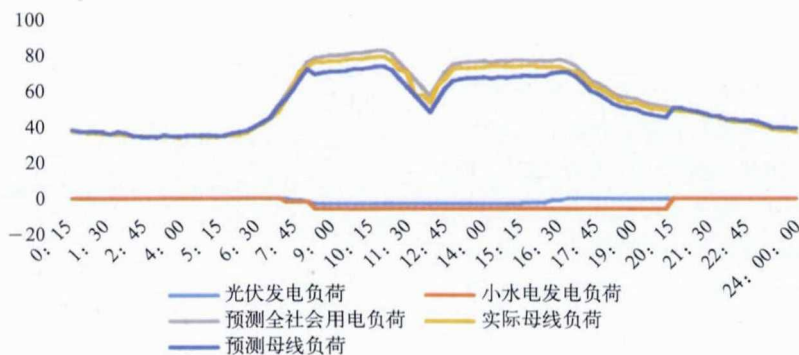


图3 预测实际曲线对比

结束语

本文研究了考虑分布式电源的母线节点净负荷预测模型和方法,采用两阶段还原法,讨论了母线负荷的特点和预测方式、分布式电源发电负荷的特点和预测方式,并用算例验证了采用两阶

段还原法提高了含分布式电源的母线净负荷预测的精确度,表明了该方法的适用性。**EA**

(收稿日期:2017.08.30)

(编辑:白文亭)

(上接第55页)

通过对各个变量的变化分析,可以看出上下导电臂的长度比($L2:L1$)和下导电臂转动中心距离 a 对弹簧力的影响很大,但改变 a 时,弹簧的拉伸空间就变小,弹簧刚度及线径需要增加,具体结构上比较难实现。所以适当改变 $L2:L1$ 的长度比,能减小理想曲线的曲率,会更容易设计弹簧来达到理想的设计。

结束语

通过对垂直式高压隔离开关的平衡弹簧力特性的计算,利用公式法确定新设计的结构初步方案,利用软件仿真技术比较精确地确定了理想状态下的平衡特性曲线,再利用程序算法可以分析数据,找到影响结构性能的关键因素,以提供更优化的、最经济的解决方案。

垂直式高压隔离开关主要影响平衡力特性的因素是上下导电臂的长度比,比较合适的比例应确定,设计平衡弹簧时采用组合弹簧并联形式,并采用大小弹簧分别投入工作的方式来匹配理想的力特性。

单独使用这三种方法也可以求出需要计算的力特性,但每种方法均有优缺点:公式法方便快捷,但不准确;仿真计算结论精确,但不能确定解决方案中的核心问题,编程软件做为数据分析可找出影响结论的关键因素,提供参数化的设计方案,但又不能快速生成模型。因此实际应用中应该多种方法综合使用,各取所长,设计出最理想的产品出来。**EA**

(收稿日期:2017.08.26)

(编辑:白文亭)