

[开关设备]

断路器试验数据应用于仿真计算处理方法研究

文/河南平高电气股份有限公司 王延豪
平高集团有限公司 赵晓民

在断路器设计过程中，经常要应用试验中采集到的数据进行仿真计算，试验中干扰因素会对采集到的数据产生不同程度的影响。一般情况下可消除干扰源，重新采集；但有一些不太强烈、持续时间较长的干扰，一般无法消除，这些干扰在仿真计算过程中会被放大，影响分析。通过对某型号断路器分闸特性曲线的处理，使用MATLAB对采集到的数据进行拟合处理，再将处理后的数据导入动力学分析软件Adams中，进行了仿真计算，提高了分析效率。

问题概述

在断路器设计过程中，需要进行仿真计算，为使仿真计算结果能够指导设计，需要在仿真时使用接近产品实际工况的数据，这些数据绝大多数来源于断路器试验过程中采集到的数据。这些数据往往数据量较大，同时存在一些干扰因素，如测试传感器在其精度范围内的浮动、断路器在分合闸操作过程中的震动、试验仪器自身固有的干扰和周围电磁环境变化等，都会叠加在试验数据内，造成高次数据畸变。

以断路器常规的机械特性测量为例，采集到的每条特性曲线有4 800多个数据，每个数据的时间间隔为0.06 ms。如果数据受干扰较大，从曲线的图形上就可反映出来，这些干扰一般可以消除。但试验中采集到的数据一般都是受不太强烈、持续时间较长的干扰，从曲线图形上无法用肉眼直接观察到，这些干扰一般无法消除，如果只是分析产品的状态，由于试验数据已经经过测试仪器的程序处理，符合使用要求，不会影响分析结果；但若要进一步地进行仿真计算，仿真计算过程中会对试验数据进行微分和积分等运算，数据中的干扰会被放大，从而影响分析结果。

以某型号断路器分闸特性曲线为例，介绍使用MATLAB对采集到的特性曲线数据进行处理，滤掉“寄生”干扰，然后将处理后的数据导入动力学分析软件Adams中，进行仿真计算。

数据处理过程

如图1所示为用数据采集设备采集到的某型号断路器分闸特性曲线，该曲线为行程—时间曲线，可准确提供断路器机械状态指标，如总行程、超程、刚分点及对应的时间长度。

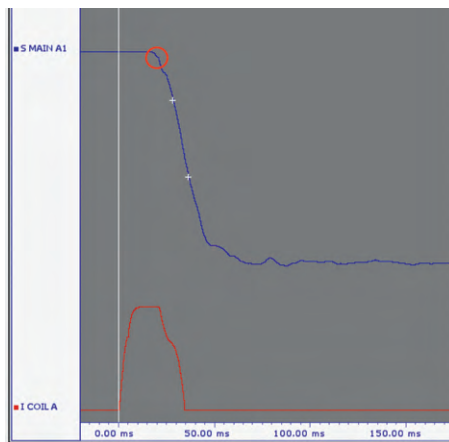


图1 某126 kV瓷柱式断路器分闸特性曲线

1. 直接应用试验中采集的数据

为了对比处理效果,首先直接采用试验中采集的数据进行仿真分析。将图1中的分闸特性曲线提取出来,为降低误差,选取分闸过程中间40 ms的数据,作为位移驱动以Spline样条曲线的形式加载到用Adams建立的模型中,设置仿真时间为40 ms,进行仿真计算。在仿真过程中,设置测量目标,分别输出分闸位移(图2)、速度(图3)和加速度(图4)。

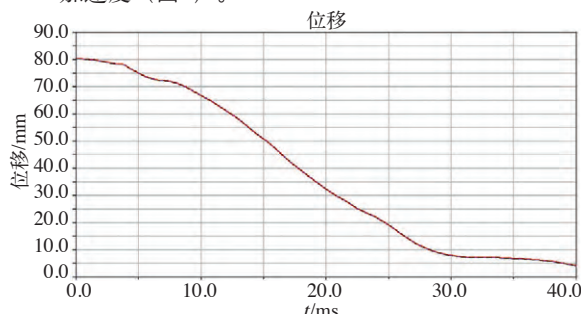


图2 仿真计算中测量的位移曲线

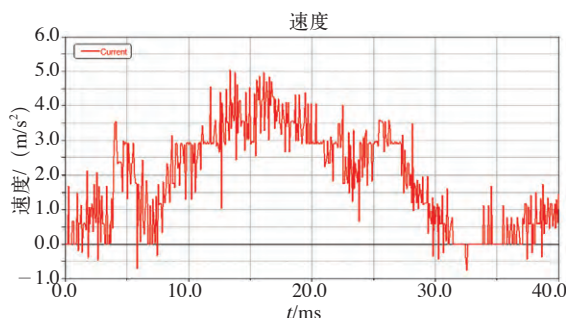


图3 仿真计算中测量的速度曲线

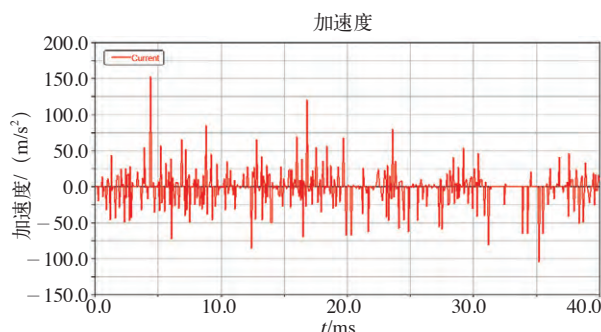


图4 仿真计算中测量的加速度曲线

从图2可看出仿真计算中测量出来的位移曲线与加载的原始位移曲线基本相同,但图3的速度曲线和图4的加速度曲线却在运动区间内上下跳动,无法准确确定形状。图3和图4反映的状态与断路器在实际驱动力作用下的状态无法对应,这说明在数据采集的过程中明显产生了大量的畸变数据。

2. 原因分析

如前所述,在断路器特性测量的试验中存在

着很多干扰,这些干扰使得采集的数据在其实际位置上下波动,但波动幅度较小,同时由于采集到的数据密度较大,数据量较大,使得无法用肉眼直接从数据曲线上观察到波动,但如果对采集到的数据进行分析,就可发现数据在极短时间内密集跳动。通过对图1中采集到的特性曲线部分区域(图1中圈出的区域)进行放大,可以观察到特性曲线并不是光滑的曲线,而是由很多微小的锯齿状曲线组成,如图5所示。

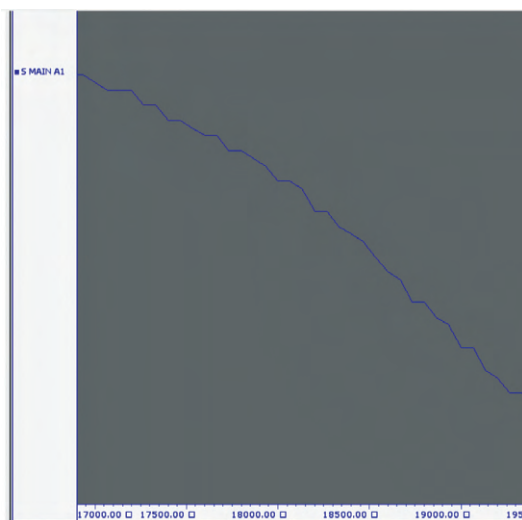


图5 对图1曲线部分区域放大

进一步分析可知这些微小的锯齿状曲线主要是一些干扰引起的,这些干扰主要有断路器分合闸过程中的振动、测量设备的精度误差及自身固有的电路电磁干扰、试验过程中环境因素变化以及其他干扰。

这些微小的锯齿状曲线数据在仿真计算中,被进行一系列微分和积分等运算,锯齿形状被逐渐放大,最后在测量的结果中就显现出来。

所以直接应用试验中采集到的数据进行仿真计算,把试验中小的干扰进行了放大,降低了数据的准确性,影响分析结果。

3. 对试验中采集的数据进行处理

MATLAB是数据拟合和数值计算的专业软件,提供了多种数据拟合的方法,其中多项式拟合是一种比较实用、相对简单的数据拟合方法。采用多项式拟合对图1中的数据点进行拟合处理,为减少误差,仍然选择图1分闸特性曲线中间40 ms的数据,将选择出来的数据导入到MATLAB的工作空间中,应用MATLAB软件提供的多项式拟合函数polyfit(),先用5次多项式对导入的数据曲线

进行拟合, 拟合效果如图6所示。

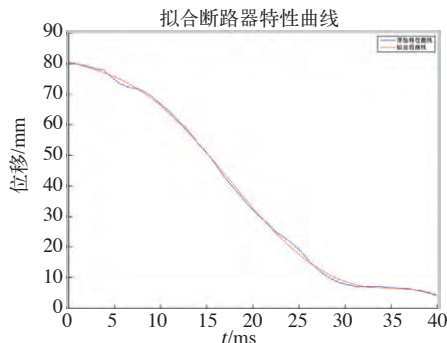


图6 对特性曲线用5次多项式拟合效果

从图6中的拟合曲线和原始曲线对比来看, 拟合的误差较大, 效果较差。提高多项式拟合精度的一种有效办法就是提高拟合多项式的次数, 再用10次多项式进行拟合, 效果如图7所示。

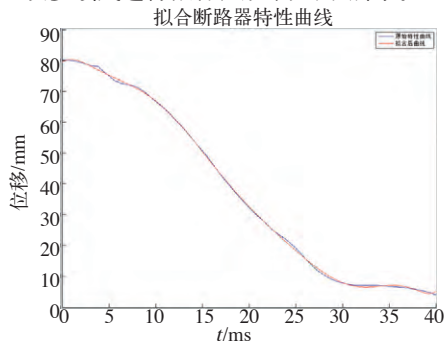


图7 对特性曲线用10次多项式拟合效果

从图7中可看出提高拟合多项式的次数后, 拟合精度有所提高, 但10次多项式拟合的误差还比较大, 继续提高拟合多项式的次数。经过验证, 用20次多项式进行拟合, 拟合误差相对较小, 拟合效果如图8所示。

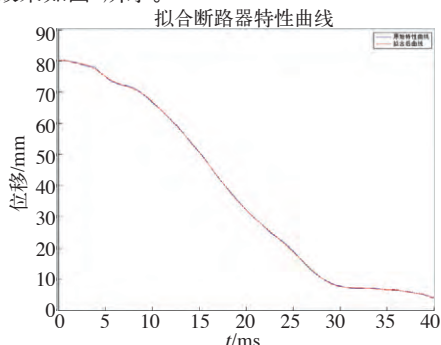


图8 对特性曲线用20次多项式拟合效果

从图8中可看出, 用20次多项式拟合后的曲线基本与原始特性曲线一致, 这里就用20次多项式拟合后的曲线数据进行分析。

4. 应用拟合数据仿真分析

将拟合后的曲线数据提取出来仍然作为位移驱动, 以Spline样条曲线的形式加载到用Adams的模型中, 设置仿真时间为40 ms, 进行仿真计算,

在仿真过程中, 分别测量分闸位移 (图9)、速度 (图10) 和加速度 (图11)。

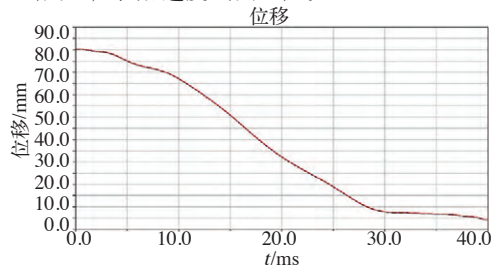


图9 应用拟合数据后测量的位移曲线

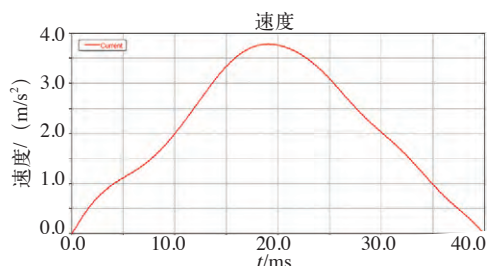


图10 应用拟合数据后测量的速度曲线

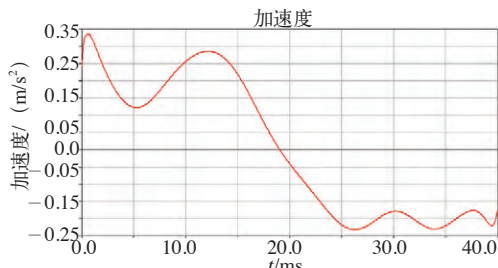


图11 应用拟合数据后测量的加速度曲线

将图10、图11的曲线与直接应用试验中采集到的数据仿真出来的曲线图3、图4对比, 可知经过数据拟合后的仿真计算大大降低了试验中干扰的影响, 提高了分析的准确性。

结束语

直接将试验中采集到的特性曲线数据应用于断路器的仿真计算, 在仿真计算时对数据中的干扰进行放大, 得出的结果不但加大了分析难度, 也会影响分析的准确性。对试验中采集到的数据进行拟合处理, 实际上就是过滤了试验中常规方法难以消除的干扰, 即去除畸变数据, 将采集到的不光滑的数据曲线, 变成较为光滑的曲线。

介绍了在MATLAB中选择合适的多项式对试验中采集到的数据进行过滤处理的方法, 减弱了数据中固有干扰的影响, 之后将处理后的数据应用到仿真分析中, 获得了明显的效果, 降低了数据分析的难度, 提高了设计效率。EA

(收稿日期: 2016.04.08)

(编辑: 刘群彦)