

变频器在卸船机制动力矩检测中的应用研究

张彪 王杰

(沧州黄骅港矿石港务有限公司 河北 沧州 061113)

摘要: 卸船机制动器是卸船机重要的安全保护装置, 制动器的性能安全可靠, 是保证卸船机安全平稳运行的基础。制动器的制动力矩作为反应制动器性能的主要参数, 其调整是根据制动器说明书进行的, 没有直观的数据作为支持, 无法保障制动的有效性。本文通过对卸船机力矩检测的软硬件配置、参数设置、轴调试以及力矩测试, 实现了制动器力矩的可视化检测, 方便了制动器的日常维护, 提高了设备的安全性。

关键词: 力矩检测; 变频器; 制动器; 卸船机

0 引言

制动器作为设备的重要安全部件, 由于制动器制动失效导致的事故屡见不鲜, 常规制动器力矩是根据制动器说明书进行调整的, 没有直观的数据支持, 因此一种直观可视的测量方法就显得很重要。

基于上述背景提出通过变频器的参数读取和过载保护功能来进行制动器的力矩检测, 旨在简单、准确、高效的检测卸船机高速制动器和安全制动器的力矩, 同时兼顾帮助设备管理人员更准确的掌握制动器的使用情况和消耗程度, 进而及时对制动器进行维修和更换, 保证设备的安全生产。

1 卸船机驱动简介

本文卸船机主要驱动部分包括: 起升 / 开闭 / 小车运动机构、臂架俯仰机构、大车走行机构和料水机构。

起升 / 开闭 / 小车运行机构的驱动装置设在机器房内, 该机构由五台 500kW 鼠笼式三相异步交流变频电机、盘式制动器和两个参数相同的行星差动减速器和四个卷筒组成的, 卷筒通过卷筒联轴器与减速器相连。臂架俯仰机构同样在机器房内, 它由一台 200kW 鼠笼式三相异步交流变频电机、盘式制动器、一个减速器和一个卷筒构成。电机通过减速器增大力矩后, 通过卷筒缠绕、释放钢丝绳来完成臂架仰起或放平动作。

以上各机构安装盘式制动器有两种形式: 一种是安装在电机高速轴端的高速 (工作) 制动器, 一种是安装在卷筒侧 (低速侧) 的安全制动器。高速制动器的作用是在作业中对电机进行快速起、制动, 安全制动器则是在故障情况下对卷筒进行紧急制动和机构未使能的情况下保持设备的停止。

本文卸船机的驱动控制采用的是西门子 400 系列 PLC 和西门子 Simotion 运动控制器组成的一套电控系统。

由 3 台 900kW 西门子 SINAMICS S120 系列 ALM (Active Line Module) 模块和 7 台西门子 Sinamics S120 系列逆变器构成。其中 3 台 ALM 直流母线并联为 7 台逆变器提供 DC 总线。4 台 560kW 逆变器分别驱动 4 台 500kW 的起升 / 开闭电机, 由于小车机构和俯仰机构不能同时动作, 所以小车机构和俯仰机构共用 1 台逆变器, 由 1 台 560kW 的逆变器驱动。

2 力矩检测技术方案

2.1 力矩检测的软硬件配置

力矩测试需要的硬件是卸船机配置安装的西门子 SIMOTION D435 控制单元, 它是 SIMOTION D 系列产品之一。

SIMOTION 是西门子的一套运动控制系统, 它可以独立完成所有的运动控制任务, 适用于具有许多运动部件的机器。作为运动控制系统, SIMOTION 将逻辑控制、运动控制 (定位、同步等) 以及工艺控制 (压力、温度控制等) 集成在同一个系统中。SIMOTION 提供了三种硬件平台: 控制器平台的 SIMOTION C、驱动器平台的 SIMOTION D 和 PC 平台的 SIMOTION P。

本文卸船机 3 个 900kW ALM 模块, 5 个 560kW 逆变器模块, 2 个 250kW 逆变器模块控制系统是由 D435+CU320_2+2 个 CX32 模块搭建的。

力矩测试需要的测试软件是 “SIMOTION SCOUT”。SCOUT 是用于调试 SIMOTION 的工具软件。它的所有任务的处理均采用图形方式完成, 包括组态、编程、测试以及调试。

本文卸船机的 SCOUT 工程文件中, D435 下方包含 3 个驱动单元, 分别是 SIMOTION_CX32_Adr_10, SIMOTION_CX32_Adr_11 和 SINAMICS_Integrated。驱动单元 SIMOTION_CX32_Adr_10 控制的是开闭机构 (Closing_Gaer_1 和 Closing_Gaer_2) 两个电机的逆变器。

驱动单元 SIMOTION_CX32_Adr_11 控制的是大车机构 (Gantry_1 和 Gantry_2) 和小车 / 俯仰机构 (Trolley_1) 电机的逆变器。驱动单元 SIMITICS_Integrated 控制的是起升机构 (Holding_Gaer_1 和 Holding_Gaer_2) 两个电机的逆变器。

SIMOTION D435 集成了西门子 SINAMICS S120 伺服驱动器的一个控制单元 CU320, 即 SINAMICS_Integrated。然而其内置的 CU320 最多可以控制 6 个伺服轴或者 6 个矢量或者 12 个 V/F 轴。因此本工程用 DRIVE-CLiQ 线连接 2 块 CX32 扩展组件的方式来扩展其可控制轴数量。CX32 和 SIMOTION D435 之间只允许星形拓扑连接, 每一个 CX32 都需要对应到一个 SIMOTION D 上的 DRIVE-CLiQ 接口。在硬件组态画面中插入 CX32 时, CX32 模块 “SIMOTION_CX32_Adr_10” 和 “SIMOTION_CX32_Adr_11”, 分别接在了 DRIVE-CLiQ 的 X100 和 X101 接口上。

2.2 参数设置

这里以使用俯仰机构的电机为例进行制动器力矩检测, 首先需要使能 SIMOTION_CX32_Adr_11 块, 使设备在线。在驱动项中找到小车 / 俯仰机构的驱动 Trolley_1, 如图 1 所示。

在图 1 中可以查看设备状态参数 (Configuration)、DDS (Drive Data Set) 驱动数据设置、CDS (Command Data Set) 命令数据设置等。

DDS (Drive Data Set): 驱动数据设置。代表不同的驱动数据组。起选择切换作用的参数有两个, 分别为 DDS 位 0 (P0820) 参数和 DDS 位 1 (P0821) 参数。DDS 位 0 (P0820) 参数和 DDS 位 1 (P0821) 参数共同作用, 可以实现多组驱动数据组的选择、切换。

CDS (Command Data Set): 命令数据设置。命令数据组里有多组参数值可以供用户选择。起选择切换作用的参数有两个, 分别为 CDS 位 0 (P0810) 参数和 CDS 位 1 (P0811) 参数。CDS 位 0 (P0810) 参数和 CDS 位 1 (P0811) 参数共同作用,

可以实现多组命令数据组的选择、切换。

俯仰机构和小车机构共用了一套变频器, 因此需要切换 DDS 和 CDS 来实现控制电机和控制参数的切换。切换到驱动配置 Configuration 界面, 如图 2 所示。

当 DDS 设置为 0 时, 驱动的电机名称为 Trolley_1. TR (TR 为小车的简写), 电机转速 992r/min, 额定电流为 690A, 额定功率 500kW。

当 DDS 设置为 2 时, 驱动电机的名称则变成了 Trolley_1.Boom (Boom 为俯仰的简写), 电机转速为 1486r/min, 额定电流为 275A, 额定功率 200kW。

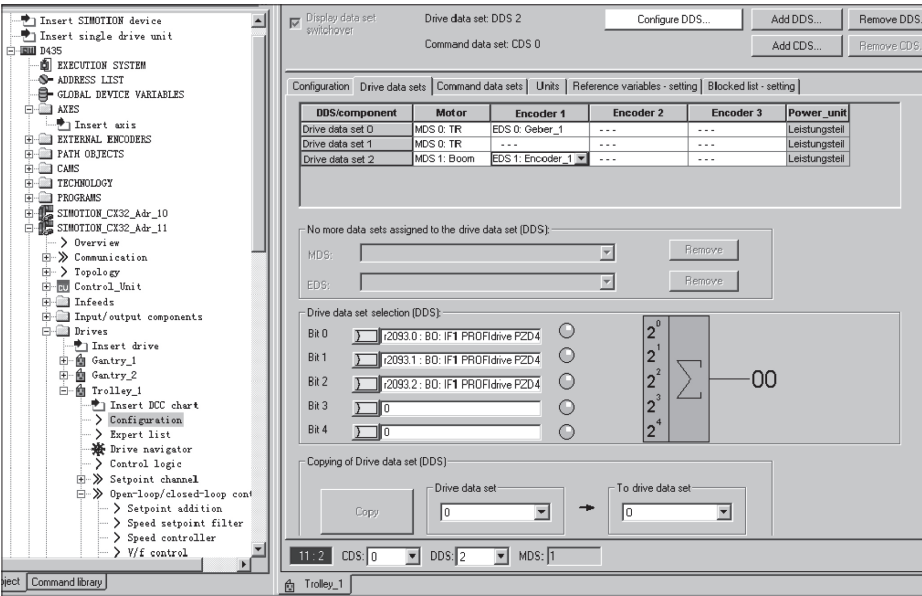


图 1 Trolley_1 主界面

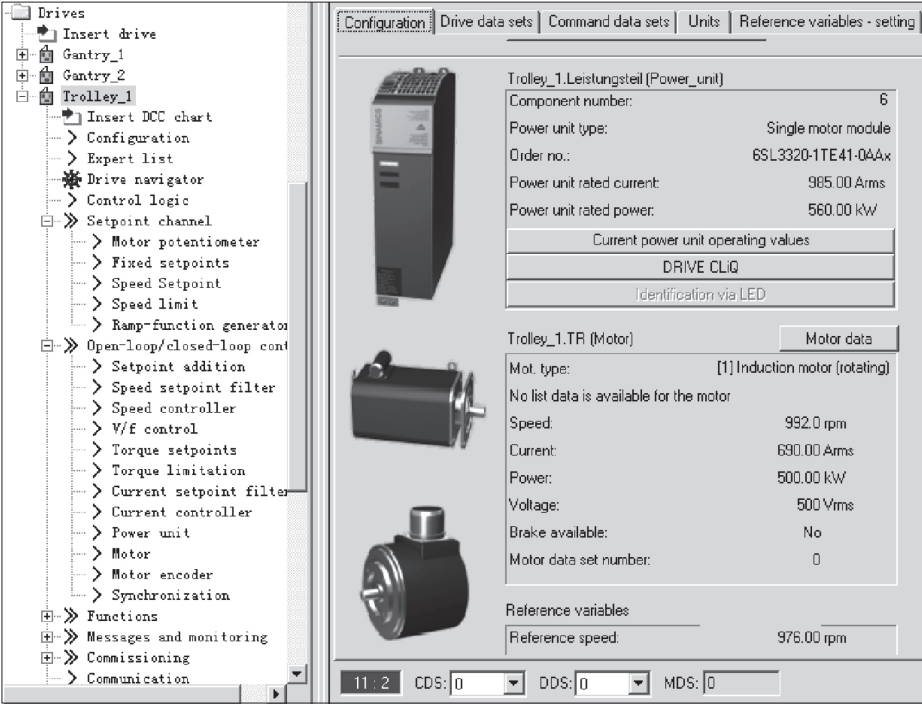


图 2 驱动配置 Configuration 界面

由于本次测试需要测试俯仰电机制动器的力矩, 这里设定 DDS 的参数为 2。为保证电机的输出力矩为需要的数值, 需要进行力矩设置。通过开闭环设置 Open-loop/closed-loop control 选项, 进入力矩设置 Torque Limitation 界面, 如图 3 所示。

设置力矩时, 根据 DDS 设定值不同, 力矩的上下限是不一样的。当 DDS 设定值为 2 时, 上下力矩极限是 $\pm 2600\text{Nm}$; 当 DDS 设定值为 1 时, 上下力矩极限是 $\pm 9600\text{Nm}$ 。这里按照实际俯仰制动器的额定力矩填入, 检测高速制动器时将制动器值设为 2570Nm , 检测低速制动器时将力矩值设为 2700Nm 。

2.3 轴调试

调用 Trolley_1 的轴调试控制面板 “Control panel”, 可以获得电机的控制权, 直接通过变频器, 对电机进行简单的测试操作。由于本次测试时长为 1min 以内, 这里将监控周期设为 100ms 。获得控制器的临时控制权后, 界面如图 4 所示。

图 4 中绿色按钮是电机启动按钮, 红色按钮是停止按钮。将电机的转速设置为较低的 100r/min 。在测试过程中, 需要安排一名司机去俯仰操作站开机, 以保证

LCM 进线柜主进线断路器吸合, 驱动器得电。在俯仰操作站不进行任何操作的情况下, 俯仰机构的高低速制动器均不会自动打开, 而力矩测试过程中, 需要打开高速制动器, 来检测低速制动器。同理检测高速制动器时, 需要打开低速制动器。这时可以通过 S7-400 PLC 程序里电机制动器的控制模块强制打开制动器, 也可以通过制动器自带的纯机械结构, 手动打开他们。但千万不要将低速制动器和高速制动器同时打开, 因为那样卷筒会失去制动, 从而产生各种危险情况。

当一切准备就绪, 通过曲线监控工具 Drive_trace 选择两组需要监控的数据, 分别是电机的实时转速 (Actual speed motor encoder) 和电机的实时力矩 (Torque actual value), 最后观察电机转速和力矩的实时曲线。

2.4 制动力矩测试

根据厂家的给的资料, 高速制动器 USB3-I-560 $\times$ 30-EB800-60 的设定力矩为 2570Nm , 低速制动器 SHI 107, 安装有两组, 每组的制动力矩为 1350Nm 。两组同时测量, 电机的输出力矩应设为 2700Nm 。

安排一名调试人员在电机旁监护, 记录电机运行情况, 另安排一名司机在俯仰操作站进行操作。调试过程

中要保证卸船机状态应处于大臂水平状态, 并随时准备拍急停以应对突发情况。准备就绪之后, 通知司机在俯仰操作站开机。当设备的主进线断路器吸合后, 工程师站调试人员在电机控制界面启动电机, 在机器房电机旁的调试人员可以听到电机启动的嗡嗡声。这时注意观察, 电机输出轴是否有相对运动。工程师站调试人员, 在软件上监控电机的转速和力矩情况, 运行 30s 未出现问题, 则停止电机运行。

(1) 测试高速制动器。

从图 5 和图 6 可以看出, 在给定的额定力矩下, 卸船机俯仰电机和卷筒的速度是 0, 说明高速制动器 USB 3-I-560 $\times$ 30-EB800-60 的制动力矩符合设计要求。

(2) 测试低速制动器。

从图 7 和图 8 可以看出, 在给定的额定力矩下, 卸船机俯仰电机和卷筒的速度是 0, 说明低速制动器 SHI 107 的制动力矩符合设计要求。

3 结语

变频器在卸船机制动力矩检测上的应用, 提供了一种检测力矩的新方法,

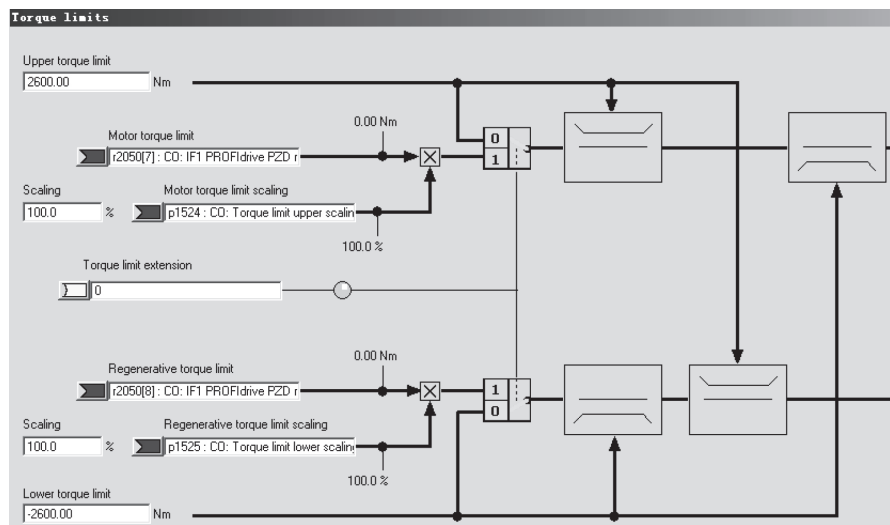


图 3 力矩设置 Torque Limitation 界面

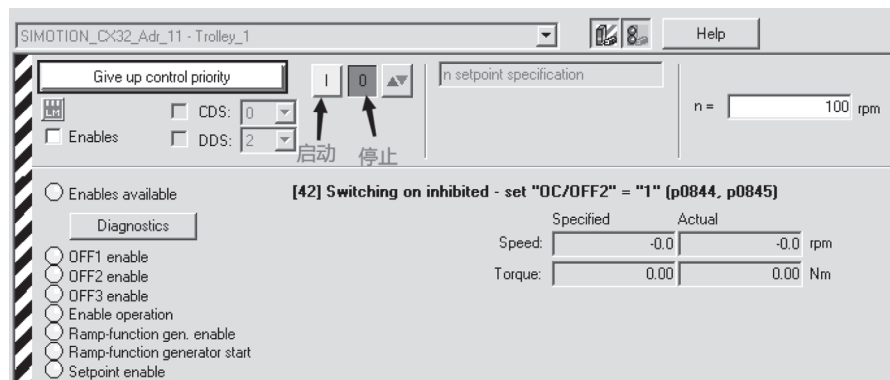


图 4 电机控制界面

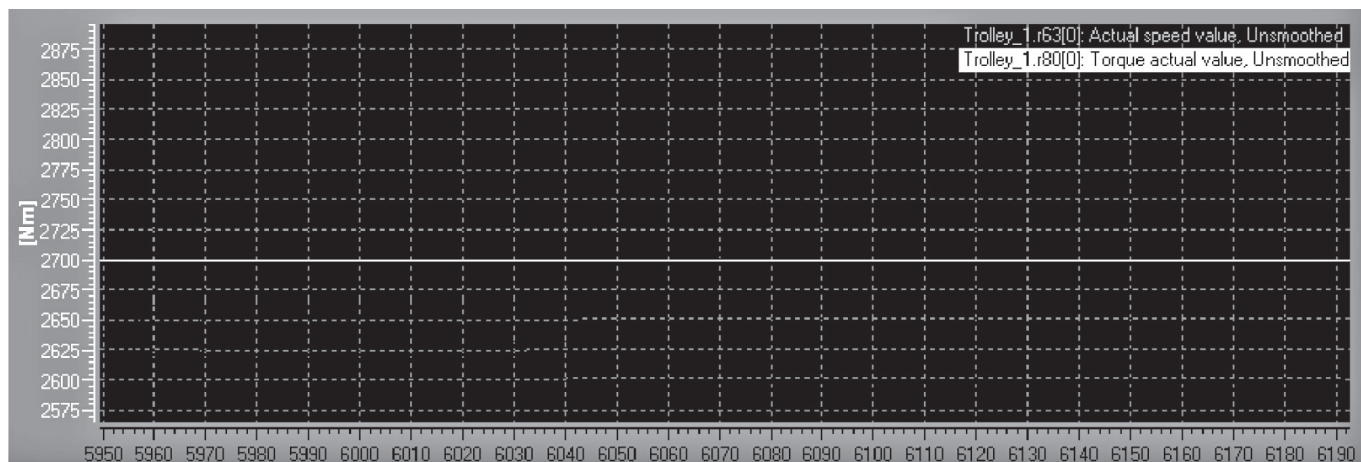


图5 测试高速制动器时电机实时力矩曲线

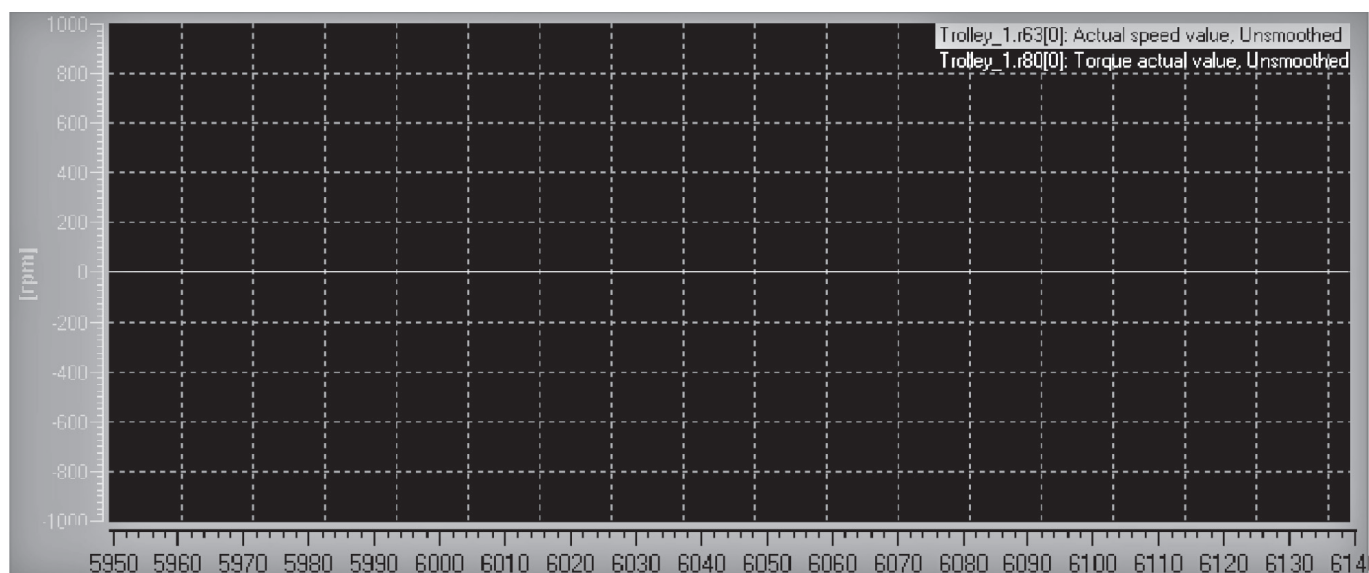


图6 测试高速制动器时电机实时转速曲线

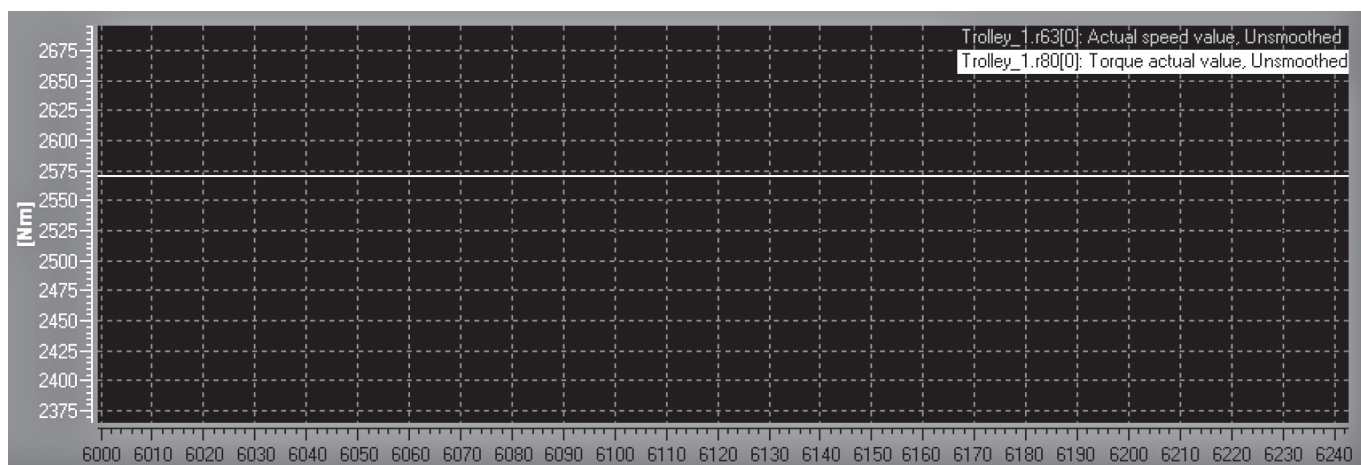


图7 测试低速制动器时电机实时力矩曲线

即通过控制变频器的输出参数来控制电机的输出力矩,让电机以制动器的设定力矩低速转动,制动器处在抱死(制动)状态,只要电机在半分钟内无任何转动,则说明制动器的制动力矩达到设计要求,从而可以更简单、快速、

便捷的检测设备制动器的力矩是否符合设计要求。同时通过周期性对卸船机制动器力矩的检测,卸船机管理人员可以准确的掌握制动器的使用状况,方便对制动器进行维修和更换,保证设备的安全生产。

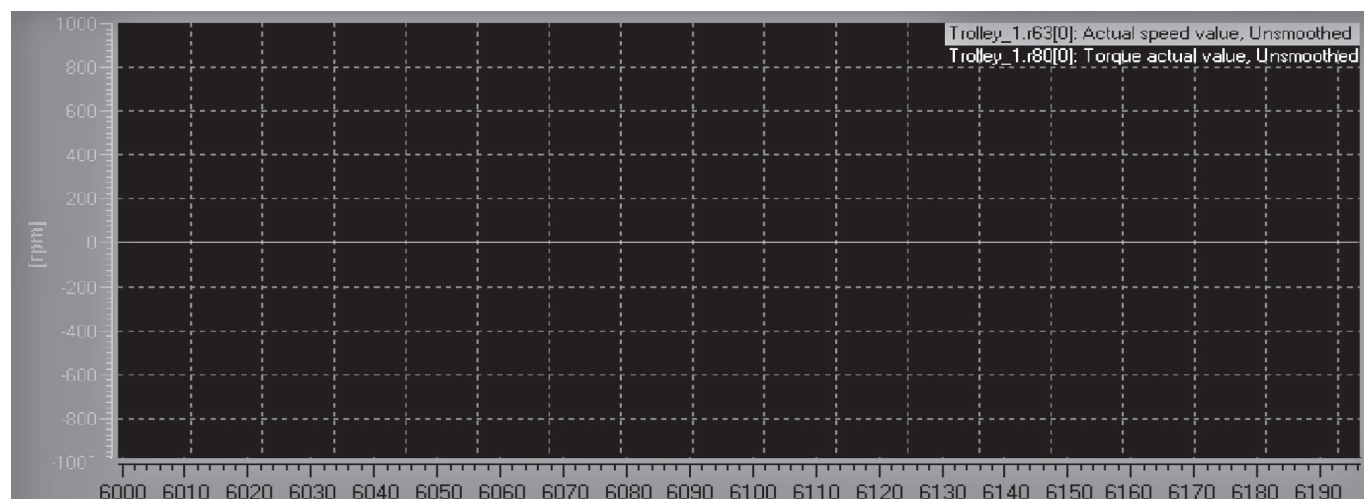


图 8 测试低速制动器时电机实时转速曲线

参考文献:

- [1] 胡剑斌, 陈璐, 姜敏岗. SINAMICS 传动系统在冷轧生产线上的应用 [J]. 科技创新与应用, 2012(32):44.
- [2] 孙铁弓. 基于 SIEMENS 运动控制系统的冷拉伸滚压设备研究 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2008.
- [3] 牛建军, 王鹏凯. 西门子 S120 传动装置接地在高棒生产线的应用 [C]. 2014 年全国轧钢生产技术会议文集, 2014.

[4] 郭艳萍, 钟立. 变频及伺服应用技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2016.

作者简介: 张彪 (1989.12-), 男, 汉族, 河北保定人, 中级工程师, 本科, 研究方向: 港机设备智能控制、机电维修; 王杰 (1987.11-), 男, 汉族, 河北衡水人, 中级工程师, 硕士研究生, 研究方向: 港机设备智能控制、机电维修。

(上接第 85 页)

4.2 约束模态的计算验证

表 4 为排气消声系统约束模态试验测试结果与 CAE 仿真结果对比 (图 6), 可以得到: 第一, 仿真结果与模态试验测试得到的前六阶频率存在一定差值, 振型均一致; 第二, 排气系统自由状态下, 仿真结果与模态实验结果的前三阶模态的振型及固有频率基本一致; 第三, 随着频率阶次提升, 计算模态结果与试验模态结果差值逐渐升高, 数值仿真模型不宜用于消声系统模拟。

约束模态数值分析的误差除了自由模态的误差来源外, 还有包括:

(1) 橡胶吊挂的刚度、阻尼参数表现为动态特性和非线性;

(2) 发动机与排气系统连接处的法兰的连接刚度等参数不准确, 经多次仿真计算发现此处连接刚度对约束模态影响较大。此外试验的台架的刚度可能对模态实验也有一定影响。

5 结语

自由模态及约束模态试验结果与数值结果的低阶模态频率接近, 且振型一致, 数值仿真中建立的排气系

统模型是准确的。随着频率增加, 试验结果与数值结果误差增大, 主要原因包括: 首先, 试验过程中传感器的安装偏差、台架的刚度不足、锤击的不一致性、测试系统本身的系统误差; 其次, 数值仿真模型中无法准确地建立波纹管模型, 无法很好地模拟橡胶吊耳的非线性。

排气消声系统的约束模态受到多方面因素的影响, 现阶段的测试结果能提供一定的设计参考。若在实车测试中出现怠速工况频率范围内的模态, 通过在实车上调整悬挂点位置、调整排气支管的长度的方案进行改进。

参考文献:

- [1] 方彦奎, 李长玉. 汽车排气系统动态特性仿真及实验验证 [J]. 电子测量技术, 2021, 44(04): 45-50.
- [2] 柳泽田, 尹辉俊. 某乘用车汽车排气系统振动特性分析 [J]. 机械设计与制造, 2022(02): 94-98.
- [3] 徐维维, 马心坦, 朱凯. 某乘用车排气系统悬挂位置的确定 [J]. 噪声与振动控制, 2020, 40(05): 169-171.
- [4] 谭祥军. 从这里学 NVH- 噪声、振动、模态分析的入门与进阶 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2018.