

[文章编号] 1003-4684(2019)02-0032-04

# 基于 LabVIEW 闸门卷扬系统在线监测软件设计

姜晓彤, 刘 辉, 林 放, 陈迪煌

(湖北工业大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 基于原有闸门监测系统无卷扬机故障诊断的功能,在 LabVIEW 上编写 G 语言程序,设计卷扬机系统的在线状态监测软件。监测系统可以实现数据采集、数据存储、历史数据再现以及故障预警等功能。实际运行结果表明,本监测系统可以及时发现卷扬系统的各种故障情况,使检修更具有针对性。

[关键词] 卷扬机; LabVIEW; 监测

[中图分类号] TN913.7

[文献标识码] A

卷扬机作为提拉闸门的重要设备,已然越来越不可或缺。卷扬机故障与否直接关系着闸门系统是否能够正常运行。而变频器作为控制电机的电力控制设备<sup>[1-2]</sup>,已经越来越普遍地用于控制卷扬机。

21 世纪初,富春江电厂泄洪闸门进行的改造,主要针对闸门老旧控制系统升级以及控制状态监测进行,卷扬机并未作为闸门系统的监测对象。但后期闸门运行中多次出现卷扬机故障,影响闸门正常运行。考虑到钢丝绳处于露天环境下,经常受到各种腐蚀并且容易损坏,本文将变频器、卷扬机与钢丝绳作为研究对象并合称为卷扬系统,借助 LabVIEW 上位机软件实时监测卷扬系统的故障情况。

## 1 系统的硬件设计

### 1.1 硬件组成

系统硬件组成包括工控机、变频器、双绞线以及 RS232/RS485 信号转换模块。硬件连接见图 1。

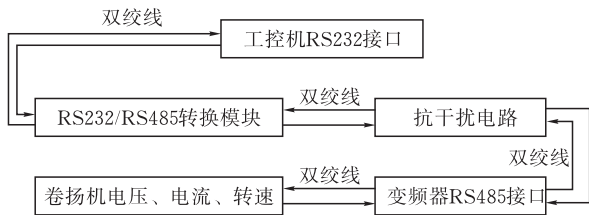


图 1 硬件连接图

工控机选用带有 RS232 接口的台湾研华工业平板电脑 TPC-1251T-E3A,整体内存 128G,满足软件安装内存、程序运行以及数据存储的要求。变频

器选用西门子变频器 MM440,电机功率 45 kW,变频器由微处理器控制,采用绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)作为功率输出器件<sup>[3]</sup>,具有很高的运行可靠性和功能多样性。采用脉冲频率可选的专用脉宽调制技术,可使卷扬机低噪声运行。全面而完善的功能为变频器和卷扬机提供了良好保护。

### 1.2 抗干扰设计

所谓的干扰<sup>[4]</sup>狭义上是指在监测系统传输信号的过程当中,由于设备发生故障或者地面电磁环境等原因,原来正常的信号因叠加了其他噪声而发生畸变,从而影响了系统正常工作时传输的信息量。对于 LabVIEW 与变频器的通讯来说,由于变频器安置在泄洪闸门附近且离控制系统较远,意味着导线的电阻、分布电感、分布电容存在着不连续和不匹配的情况,信号在长距离传输过程中存在着反射波。

本文研究的干扰侧重于信号通过传输路径所引起的干扰,分为串模与共模干扰(图 2a、b),其中信号源  $U_s$ ,干扰源  $U_c$ 。串模干扰指的是产生干扰的电压与所需的测量信号之间通过串联之后叠加到一起,其干扰通常来自于和信号平行铺设的电源线路或者大电流控制线所产生的空间电磁场,短距离来说可忽略不计。然而,由于变频器与控制主机之间的距离长达数百米,干扰源通过电磁感应与长距离信号线之间叠加的感应电压远远大于有效信号的幅值范围。共模干扰是指同时加载在各个信号输入端并且在大地与信号线之间传输的信号。当被测的信号源与接收设备相隔较远以至于两者不能实现等电

[收稿日期] 2019-01-24

[第一作者] 姜晓彤(1994-),女,湖北襄阳人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为电气工程

[通信作者] 刘 辉(1962-),男,湖北武汉人,工学博士,湖北工业大学教授,研究方向为电气工程

位的大地接地点时,会产生大电流而使设备之间电位不相同。基于此,设计截止频率  $\omega_c$  的值为 1000 Hz。

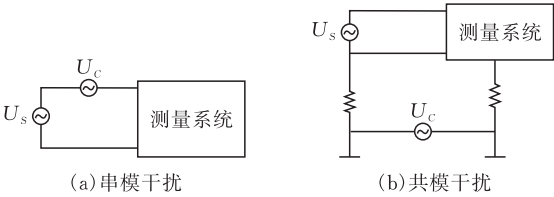


图 2 串模干扰与共模干扰

为了消除其它信号的干扰,本文采用了常用的二级无源低通滤波器,滤波效能高。电路由电容与电阻组成,利用了电容的电抗随频率变化的原理,具体电路见图 3。

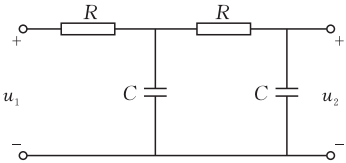


图 3 抗干扰电路

分析图 3 可知输入电压  $U_1$  与  $U_2$  的转移电压比

$$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} =$$

$$\frac{1}{1 - \omega^2 R^2 C^2 + 3j\omega RC} = |H(j\omega)| \angle \theta(\omega)$$

其中

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega^2 R^2 C^2)^2 + 9\omega^2 R^2 C^2}}$$

$$\varphi(\omega) = -\arctan\left(\frac{3\omega RC}{1 - \omega^2 R^2 C^2}\right)$$

通过低通滤波器的转折频率可知,转折频率为幅度下降 3dB 时所处的频率,即输出电压幅值是输入电压幅值的  $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ,故可以知道:

$$\frac{|u_2|}{|u_1|} = \frac{\sqrt{2}}{2} = \left| \frac{1}{1 - \omega^2 R^2 C^2 + 3j\omega RC} \right| = \frac{1}{\sqrt{(1 - R^2 C^2 \omega^2)^2 + (3RC\omega)^2}}$$

通过化简得到

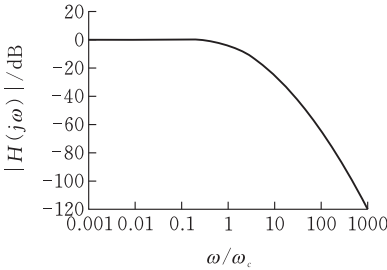
$$\omega^4 C^4 R^4 + 7\omega^2 C^2 R^2 - 1 = 0$$

即得到

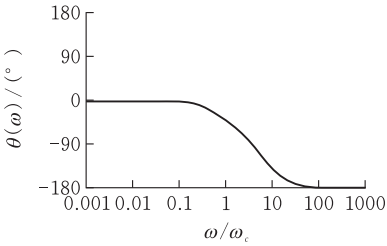
$$\omega^2 C^2 R^2 = 0.14 \tag{1}$$

依据截止频率的值与实际电路设计经验选取电容 C 的值为 0.1  $\mu$ F。那么,依据公式(1)计算得到的电阻 R 的值为 3742  $\Omega$ ,故实际选取的电阻值为 3.74 k $\Omega$ 。使用 MATLAB 中的 Simulink 仿真软件描绘的二阶无源低通滤波器幅频特性曲线和相频特性曲线如图 4a、b 所示。

其中幅频特性曲线表示在不同的频率下输出信



(a) 幅频特性曲线



(b) 相频特性曲线

图 4 二阶 RC 低通滤波幅频和相频特性曲线

号对输入信号的放大倍数,由图 4a 可知当频率小于 1 Hz 时放大倍数基本为 0,随着频率的增加放大倍数显著上升,如此便可通过不同的放大倍数选择不同频率的信号,滤除其它频率的信号;相频特性曲线表示输出电压与输入电压相移的角度随频率变化的关系,由图 4a 可知,当频率大于 1 时,随着频率的增加,不同的频率信号对应着不同的相位移角度,只需通过相应的频率确定相位移角度。经以上分析可知二级无源低通滤波器滤波效果好,抗干扰效果显著,可以满足实际电路的需求。

## 2 基于 LabVIEW 的卷扬系统软件设计

### 2.1 软件设计方案

本文的卷扬机在线状态监测系统用于通过 LabVIEW 与变频器的通信监测卷扬机的整体运行情况,通过研究分析影响卷扬机安全运行的各种因素,并对其形成机理和成因进行细致剖析,找出影响卷扬机运行安全的主要因素及其隐患模式,确定需要重点监测的特性参数以及预警指标。并以此为基础,基于虚拟仪器开发平台——LabVIEW 设计了卷扬机在线状态监测系统。系统用于监测卷扬机实时运行情况,并通过分析应变情况判断其运行状况,因此该监测软件应具备数据采集功能,并提供应变信息的实时显示,同时能在闸门出现问题时提供预警。另外,为了进一步分析卷扬机,还需对采集的数据进行存储,以便后续分析。

本文设计的监测软件分为数据通讯、运行监视、数据处理和预警系统四个模块(图 5),可以实现如下功能:

- 1)采集所需要的卷扬机的各个信号,实现对卷扬机实际电压、实际频率、转矩电流等数据的全程监测;
- 2)设定相应的故障模型,包括转子导条断裂或者开焊、卷扬机接线错误、卷扬机机械卡阻、卷扬系统运行异常,对超过参数设定阈值的监测值进行报警;
- 3)实现对卷扬机所采集信号以及各种故障状态的存储,以便于后续利用所存储的数据对卷扬机进行进一步的研究与分析;
- 4)同时实现以数据曲线及表格再现的方式再次查询监测数据。

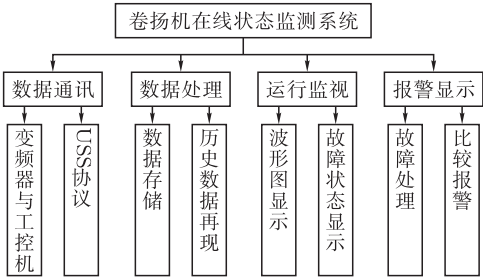


图5 卷扬机监测系统软件结构图

2.2 软件实现过程

- 1)利用 USS 协议实现上位机与变频器的通讯,采集卷扬机实际电压、实际频率、转矩电流、变频器直流电压的实时监测值;
- 2)对原始采集的数据进行优化处理,并显示和存储,供用户观测和分析;
- 3)设立报警阈值门限。根据实际需求设立预警所需的上下限值,用于报警判断;
- 4)当判断超过预警门限时启动预警系统,提醒用户危险情况并保存故障信息。

流程图如图 6 所示。

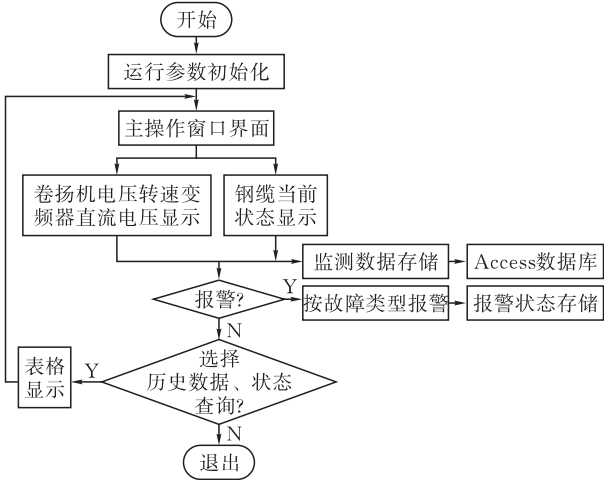


图6 卷扬机监测系统软件流程图

2.2.1 数据通信程序的实现 LabVIEW 与变频器

通讯有多种方法,本文采用的是串行通信接口协议亦即 USS 通讯协议的方法,USS 协议是西门子公司专门为驱动装置开发的一种通信协议,本文采用 USS3.0。其通信机制是主-从访问的模式,总是有主站发送命令给从站,当从站接收的报文格式正确且非广播时,从站不断响应主站的命令。

针对 USS 协议,LabVIEW 提供了特殊的 USS 协议的安装包,例如本程序中使用到的 Send-Telegram-USS, Receive-Telegram-USS, Receive-Par-seUseData-USS 等等 VI,分别表示发送通讯代码,接收通讯代码,接收可使用部分通讯代码。另外,通讯时需配置相应串口,具体配置见表 1。

表 1 串口配置

名称	参数值	含义
波特率	9600	信号传输速率
数据比特	8	信号传输实际数据位数
奇偶	0	无奇偶位
停止位	10	1 位,表示传输的结束
流控制	0	传输机制不使用流控机制
超时	1000 ms	读写操作的时间

相应的串口配置完成后,便可读取所需采集的数据,数据通信程序的软件流程见图 7。

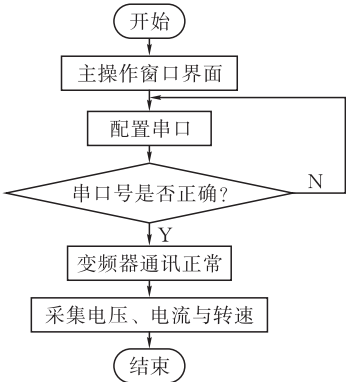


图7 数据通信程序流程图

2.2.2 故障及异常情况报警程序的实现 本文中故障及异常情况的处理主要是指卷扬机与钢缆的故障及异常情况报警。卷扬机的故障及异常情况主要包括卷扬机接线错误、本体故障机械卡阻、转子导条断裂或者开焊以及卷扬系统运行异常。钢缆作为卷扬系统的重要组成部分,其主要作用是提拉闸门,钢缆自身的状况关系到闸门的正常运行与否。实时监测钢缆运行状况,若钢缆处于不良状态,钢缆已有破损情况发生,应加大观测力度,必要时马上更换。故障及异常情况报警程序的流程见图 8。

2.2.3 数据存储程序的实现 数据存储程序主要实现 13 组数据的存储:当前采集数据的时间、卷扬机实际电压、实际频率、转矩频率、卷扬机接线错误、本体故障机械卡阻、转子导条断裂或者开焊、卷扬系

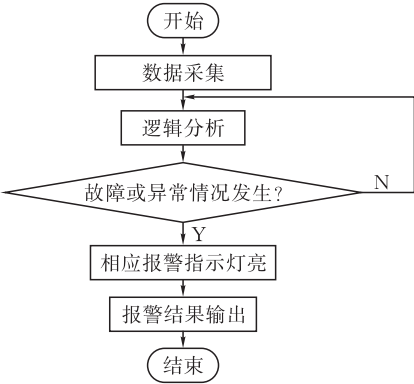


图 8 故障及异常情况报警程序流程图

统运行异常以及钢缆状态。其中,当前采集数据的时间以时分秒(例如 23:12:45,即 23 时 12 分 45 秒)的形式存入数据库中;卷扬机接线错误、本体故障机械卡阻、转子导条断裂或者开焊、卷扬系统运行异常及钢缆状态这几种状态量若为真则存入数据库得信息为 true,若为假则存入数据库得信息为 false。整体程序实现以卷扬机信息为数据库名称,借助 SQL 语言<sup>[5]</sup>对数据库进行定义及操作,月日(格式为:1112,即 11 月 12 日)为数据库中表的名字,每日创建一张新表,每时存储一次数据的功能。数据存储程序见图 9。

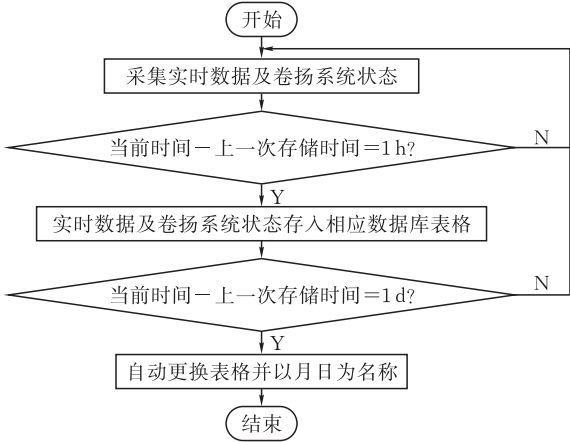


图 9 数据存储程序流程图

3 试验结果

试验结果见图 10 与图 11,图 10 表示卷扬系统当前运行状态,其中卷扬机电流、卷扬机转速、变频器直流电压的波形以波形图的形式展示,钢缆的 5 种状态以布尔控件的形式显示,代表钢缆良好状态的布尔灯亮表示钢缆目前状态良好;图 11 表示历史数据查询的结果,选择数据存储的数据库名称及以月日命名的表格名称即可查询该表数据,图 11 中显示的是卷扬系统当前状态查询结果,数字 1 表示状态发生,数字 0 表示状态未发生。

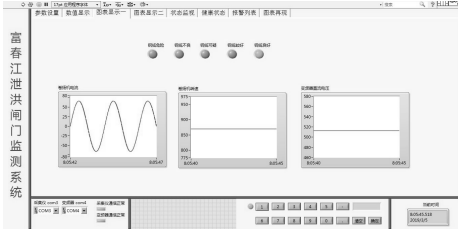


图 10 卷扬系统运行显示界面



图 11 卷扬系统历史数据再现界面

4 结束语

本文是富春江电厂泄洪闸门在线监测系统中卷扬系统的设计,基于原有闸门系统中卷扬机经常出现故障导致闸门不能正常运行的情况,以卷扬机、变频器与钢丝绳为研究对象,编写了基于 LabVIEW 的卷扬系统在线状态监测系统,系统用于监测卷扬系统的实时运行情况,并通过分析故障以及异常情况及时检修。本文的创新点在于研究分析了闸门运行安全的各种因素,并对其形成机理和成因进行了细致剖析,找出影响闸门安全运行的主要因素及其隐患模式,确定了需要重点监测的特性参数及预警指标,在闸门监测系统中加入了卷扬系统的故障分析。整体系统具有数据通信、数据存储、数据再现、故障分析以及报表显示的功能。有效的预估了卷扬系统可能发生的故障,减少了因为不必要检修及故障停机时间延长导致的人力物力的浪费,提高了系统的运行效率。另外,在其它设计系统状态监测的领域,本系统亦有较大的应用价值。

由于硬件条件的限制,变频器与工控机的通信系统的采样率比较低,闸门在提升或者下降时,对于实时数据的采集尚有些缓慢,下一步的研究可以考虑如何提升系统的采样率,以提高实时监测的效率。

(下转第 52 页)