



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113156156 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 30

(21) 申请号 202110351923.1
 (22) 申请日 2021.03.31
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 113156156 A
 (43) 申请公布日 2021.07.23
 (73) 专利权人 中车青岛四方车辆研究所有限公司
 地址 266031 山东省青岛市市北区瑞昌路231号
 (72) 发明人 林显琦 杨其林 张佳波 苗存绪
 (74) 专利代理机构 青岛清泰联信知识产权代理有限公司 37256
 专利代理师 李红岩
 (51) Int. Cl.
 G01P 3/00 (2006.01)
 G01P 21/02 (2006.01)

(56) 对比文件
 CN 109050576 A, 2018.12.21
 CN 107600115 A, 2018.01.19
 CN 112519835 A, 2021.03.19
 CN 111762235 A, 2020.10.13
 US 2013103225 A1, 2013.04.25
 US 2014188352 A1, 2014.07.03
 CN 111516661 A, 2020.08.11
 CN 101915586 A, 2010.12.15
 CN 106568605 A, 2017.04.19
 CN 109318946 A, 2019.02.12
 CN 107054404 A, 2017.08.18
 关吉瑞. 基于多速度源的动车组列车速度算法研究.《电子世界》.2019, (第3期), 第78-80页.
 刘宏友等. 160kmh快捷货车转向架蛇行失稳临界速度的确定方法.《铁道车辆》.2017, 第55卷(第6期), 第1-5、18页.

审查员 赵培

权利要求书4页 说明书13页 附图4页

(54) 发明名称

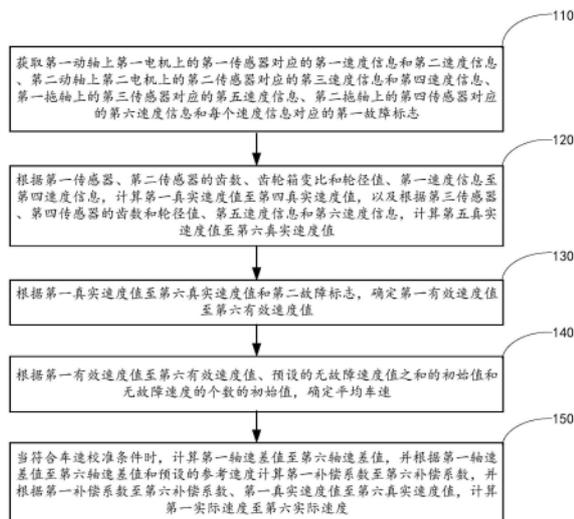
一种列车用多速度传感器系统速度处理方法

法

(57) 摘要

本发明提供了一种列车用多速度传感器系统速度处理方法, 包括: 获取第一至第六速度信息和每个速度信息对应的第一故障标志; 根据第一、第二传感器的齿数、齿轮箱变比和轮径值、第一至第四速度信息, 计算第一至第四真实速度值, 根据第三、第四传感器的齿数和轮径值、第五和第六速度信息, 计算第五和第六真实速度值; 根据第一至第六真实速度值和第二故障标志, 确定第一至第六有效速度值; 根据第一至第六有效速度值、预设的无故障速度值之和的初始值和无故障速度的个数的初始值, 确定平均车速; 当符合车速校准条件时, 计算第一至第六轴速差值, 并和预设的参考速度计算第一至第六补偿系数, 并和第一至第六真实速度值, 计算第一至第六实际速度。

CN 113156156 B



1. 一种列车用多速度传感器系统速度处理方法,其特征在于,所述方法包括:

获取第一动轴上第一电机上的第一传感器对应的第一速度信息和第二速度信息、第二动轴上第二电机上的第二传感器对应的第三速度信息和第四速度信息、第一拖轴上的第三传感器对应的第五速度信息、第二拖轴上的第四传感器对应的第六速度信息,以及每个速度信息对应的第一故障标志;

根据第一传感器、第二传感器的齿数、齿轮箱变比和轮径值、第一速度信息至第四速度信息,计算第一真实速度值至第四真实速度值,以及根据第三传感器、第四传感器的齿数和轮径值、第五速度信息和第六速度信息,计算第五真实速度值至第六真实速度值;其中,第一传感器采集的第一速度信息和第二速度信息,以及第二传感器采集的第三速度信息和第四速度信息为电机速度,结合速度传感器齿数、齿轮箱变比和轮径值进行换算,得到第一真实速度值至第四真实速度值;第三传感器采集的第五速度信息和第四传感器采集的第六速度信息采集的为轮轴速度,结合速度传感器齿数和轮径值进行换算,得到第五真实速度值和第六真实速度值;

根据所述第一真实速度值至所述第六真实速度值和第二故障标志来排除故障信息,以确定第一有效速度值至第六有效速度值;

根据所述第一有效速度值至所述第六有效速度值、预设的无故障速度值之和的初始值和无故障速度的个数的初始值,确定平均车速;

当符合车速校准条件时,计算第一轴速差值至第六轴速差值,并根据第一轴速差值至第六轴速差值和预设的参考速度计算第一补偿系数至第六补偿系数,并根据第一补偿系数至第六补偿系数、第一真实速度值至第六真实速度值,计算第一实际速度至第六实际速度;

其中,所述根据所述第一有效速度值至所述第六有效速度值、预设的无故障速度值之和的初始值和无故障速度的个数的初始值,确定平均车速具体包括:

当每一个第二故障标志为0时,无故障速度值之和等于无故障速度值之和的初始值与对应的真实速度值之和,且无故障速度的个数等于无故障速度的个数的初始值;

当任意一个第二故障标志为1时,无故障速度值之和等于无故障速度值之和的初始值,无故障速度的个数等于无故障速度的个数的初始值;

当无故障速度的个数大于等于1时,无故障速度值之和除以无故障速度的个数得到平均车速。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法之前还包括:

采样列车上的第一动轴上第一电机上的第一传感器测量的第一原始速度信号和第二原始速度信号;

采样列车上的第二动轴上第二电机上的第二传感器测量的第三原始速度信号和第四原始速度信号;

采样列车上的第一拖轴上的第三传感器测量的第五原始速度信号;

采样列车上的第二拖轴上的第四传感器测量的第六原始速度信号;其中,列车上具有第一转向架和第二转向架,所述第一转向架包括所述第一动轴和所述第一拖轴,所述第二转向架包括所述第二动轴和第二拖轴;

对所述第一原始速度信号至所述第六原始速度信号进行数字化处理,得到第一速度信息至第六速度信息;

对所述第一原始速度信号至所述第六原始速度信号进行判断,当所述第一原始速度信号至所述第六原始速度信号中任意一个超过预设的第一区间、预设的第二区间和预设的第三区间中的任意一个区间时,确定超过预设的第一区间、预设的第二区间和预设的第三区间中的任意一个区间的原始速度信号对应的第一故障标志为1;其中,1表示故障。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据第一传感器、第二传感器的齿数、齿轮箱变比和轮径值、第一速度信息至第四速度信息,计算第一真实速度值至第四真实速度值,以及根据第三传感器、第四传感器的齿数和轮径值、第五速度信息和第六速度信息,计算第五真实速度值至第六真实速度值具体包括:

当第一速度信息至第六速度信息中任意一个为0时,第一真实速度值至第六真实速度值为0;其中,0表示正常;

当第一速度信息至第四速度信息均不为0时,采样频率除以第一速度信息至第四速度信息中的任意一个,再除以对应的传感器齿数,再除以对应的齿轮箱变比,再乘以对应的轮径值,再乘以 π ,确定第一速度信息对应的第一真实速度值至第四速度信息对应的第四真实速度值中的任意一个;

当第五速度信息和第六速度信息均不为0时,采样频率除以第五速度信息或者第六速度信息,再除以对应的传感器齿数,再乘以对应的轮径值,再乘以 π ,确定第五速度信息对应的第五真实速度值或者第六速度信息对应的第六真实速度值。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述第一真实速度值至所述第六真实速度值和第二故障标志,确定第一有效速度值至第六有效速度值时,所述方法还包括:

根据所述第一有效速度值至第六有效速度值、所述第一真实速度值和第二真实速度值、列车运行速度上限、第一列车判定运行速度和第二列车判定运行速度,确定第三故障标志;

根据所述第一故障标志或所述第三故障标志,确定第二故障标志。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述根据所述第一有效速度值至第六有效速度值、所述第一真实速度值和所述第二真实速度值、所述列车运行速度上限、第一列车判定运行速度和第二列车判定运行速度,确定第三故障标志具体包括:

当每个有效速度值或对应的真实速度值大于列车速度上限时,对应的第三故障标志为1;

当有效速度值中的最大值或者真实速度值中的最大值大于第一列车判定运行速度,且存在任一有效速度值小于第二列车判定运行速度,或者存在任一真实速度值小于第二列车判定运行速度时,有效速度值小于第二列车判定运行速度所对应的第三故障标志为1,或者真实速度值小于第二列车判定运行速度所对应的第三故障标志为1;其中,所述第二列车判定运行速度小于所述第一列车判定运行速度;

当任一有效速度值与参考速度之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者第一真实速度值与参考速度之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定对应的第三故障标志为1;

当第一有效速度值与第二有效速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者,第一真实速度值与第二真实速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定第一个第三故障标志和第二个第三故障标志为1;

当第三有效速度值与第四有效速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者,

第三真实速度值与第四真实速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定第三个第三故障标志和第四个第三故障标志为1;

当第五有效速度值与第六有效速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者,第五真实速度值与第六真实速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定第五个第三故障标志和第六个第三故障标志为1。

6. 根据权利要求4所述的方法,其特征在在于,所述根据所述第一真实速度值至所述第六真实速度值和第二故障标志,确定第一有效速度值至第六有效速度值具体包括:

当第一有效速度值至第六有效速度值中的每个对应的第二故障标志均为0时,第一有效速度值等于第一真实速度值,直至第六有效速度值等于第六真实速度值;

当第一个第二故障标志为1且第二个第二故障标志为0时,第一有效速度值等于第二真实速度值;当第二个第二故障标志为1且第一个第二故障标志为0时,第二有效速度值等于第一真实速度值;

当第一个第二故障标志为1且第二个第二故障标志为1,且第一有效速度值或者第二有效速度值为0时,确定第一电机故障;

当第三个第二故障标志为1且第四个第二故障标志为0时,第三有效速度值等于第四真实速度值;当第四个第二故障标志为1且第三个第二故障标志为0时,第四有效速度值等于第三真实速度值;

当第三个第二故障标志为1且第四个第二故障标志为1,且第三有效速度值或者第四有效速度值为0时,确定第二电机故障;

当第五个第二故障标志为1,且第六个第二故障标志为0时,第五有效速度值等于第六真实速度值;当第六个第二故障标志为1且第五个第二故障标志为0时,第六有效速度值等于第五真实速度值;

当第五个第二故障标志为1且第六个第二故障标志为1,且第五有效速度值等于平均车速时,确定第三传感器故障;

当第五个第二故障标志为1且第六个第二故障标志为1,且第六有效速度值等于平均车速时,确定第四传感器故障。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在在于,所述当符合车速校准条件之前,所述方法还包括:

确定当前时刻列车的第一有效速度值与前一时刻的第一有效速度值之差,直至当前时刻的第六有效速度值与前一时刻的第六有效速度值之差均小于预设的第一阈值时,确定符合车速校准条件;

当每个第二故障标志为0,且任意一个有效速度值、任意一个真实速度值和平均车速均大于预设的第二阈值时,开始进行速度校准。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在在于,所述当符合车速校准条件时,计算第一轴速差值至第六轴速差值,并根据第一轴速差值至第六轴速差值和预设的参考速度计算第一补偿系数至第六补偿系数,并根据第一补偿系数至第六补偿系数、第一真实速度值至第六真实速度值,计算第一实际速度至第六实际速度具体包括:

根据每个有效速度值和参考速度之差,确定对应的第一轴速差值至第六轴速差值;

根据第一轴速差值至第六轴速差值分别与参考速度之比,确定对应的第一补偿系数至

第六补偿系数；

根据第一有效速度值至第六有效速度值分别除以对应的补偿系数加1的商，确定对应的第一实际速度至第六实际速度。

9. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法之后还包括：

第一有效速度值至第四有效速度值中的每个除以 π ，再除以齿轮箱变比，再除以轮径值，确定对应的第一电机频率和第二电机频率；

预设的第三阈值分别乘以第一实际速度至第六实际速度，得到转换后的第一实际速度至转换后的第六实际速度，并通过查找预设的列车牵引特性曲线，确定列车牵引特性；

将所述平均车速发送给列车网络。

一种列车用多速度传感器系统速度处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及列车测速技术领域,尤其涉及一种列车用多速度传感器系统速度处理方法。

背景技术

[0002] 列车用速度采集系统通常具备多路电机速度信号和拖轴速度信号,主控系统通过对所有信号的综合处理,进而实现对列车速度的控制。

[0003] 现有技术中,可以利用速度传感器或者雷达进行测速,但是在列车测速时,对单个列车,采用多路速度信号进行测速及控制时,如何提升信号采集处理的冗余性,及如何实现无实测轮径值时的轮径校准速度补偿功能,是一个急需解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明实施例的目的是提供一种列车用多速度传感器系统速度处理方法,以解决现有技术中的问题。

[0005] 为解决上述问题,本发明提供了一种列车用多速度传感器系统速度处理方法,所述方法包括:

[0006] 获取第一动轴上第一电机上的第一传感器对应的第一速度信息和第二速度信息、第二动轴上第二电机上的第二传感器对应的第三速度信息和第四速度信息、第一拖轴上的第三传感器对应的第五速度信息、第二拖轴上的第四传感器对应的第六速度信息和每个速度信息对应的第一故障标志;

[0007] 根据第一传感器、第二传感器的齿数、齿轮箱变比和轮径值、第一速度信息至第四速度信息,计算第一真实速度值至第四真实速度值,以及根据第三传感器、第四传感器的齿数和轮径值、第五速度信息和第六速度信息,计算第五真实速度值至第六真实速度值;

[0008] 根据所述第一真实速度值至所述第六真实速度值和第二故障标志,确定第一有效速度值至第六有效速度值;

[0009] 根据所述第一有效速度值至所述第六有效速度值、预设的无故障速度值之和的初始值和无故障速度的个数的初始值,确定平均车速;

[0010] 当符合车速校准条件时,计算第一轴速差值至第六轴速差值,并根据第一轴速差值至第六轴速差值和预设的参考速度计算第一补偿系数至第六补偿系数,并根据第一补偿系数至第六补偿系数、第一真实速度值至第六真实速度值,计算第一实际速度至第六实际速度。

[0011] 在一种可能的实现方式中,所述方法之前还包括:

[0012] 采样列车上的第一动轴上第一电机上的第一传感器测量的第一原始速度信号和第二原始速度信号;

[0013] 采样列车上的第二动轴上第二电机上的第二传感器测量的第三原始速度信号和第四原始速度信号;

[0014] 采样列车上的第一拖轴上的第三传感器测量的第五原始速度信号；

[0015] 采样列车上的第二拖轴上的第四传感器测量的第六原始速度信号；其中，列车上具有第一转向架和第二转向架，所述第一转向架包括所述第一动轴和所述第一拖轴，所述第二转向架包括所述第二动轴和第二拖轴；

[0016] 对所述第一原始速度信号至所述第六原始速度信号进行数字化处理，得到第一速度信息至第六速度信息；

[0017] 对所述第一速度信号至所述第六速度信号进行判断，当所述第一速度信号至所述第六速度信号中任意一个超过预设的第一区间、预设的第二区间和预设的第三区间中的任意一个区间时，确定超过预设的第一区间、预设的第二区间和预设的第三区间中的任意一个区间的速度信号对应的第一故障标志为1；其中，1表示故障。

[0018] 在一种可能的实现方式中，所述根据第一传感器、第二传感器的齿数、齿轮箱变比和轮径值、第一速度信息至第四速度信息，计算第一真实速度值至第四真实速度值，以及根据第三传感器、第四传感器的齿数和轮径值、第五速度信息和第六速度信息，计算第五真实速度值至第六真实速度值具体包括：

[0019] 当第一速度信息至第六速度信息中任意一个为0时，第一真实速度值至第六真实速度值为0；其中，0表示正常；

[0020] 当第一速度信息至第四速度信息均不为0时，采样频率除以第一速度信息至第四速度信息中的任意一个，再除以对应的传感器齿数，再除以对应的齿轮箱变比，再乘以对应的轮径值，再乘以 π ，确定第一速度信息对应的第一真实速度值至第四速度信息对应的第四真实速度值中的任意一个；

[0021] 当第五速度信息和第六速度信息均不为0时，采样频率除以第五速度信息或者第六速度信息，再除以对应的传感器齿数，再乘以对应的轮径值，再乘以 π ，确定第五速度信息对应的第五真实速度值或者第六速度信息对应的第六真实速度值。

[0022] 在一种可能的实现方式中，所述根据所述第一真实速度值至所述第六真实速度值和第二故障标志，确定第一有效速度值至第六有效速度值时，所述方法还包括：

[0023] 根据所述第一有效速度值至第六有效速度值、所述第一真实速度值和所述第二真实速度值、所述列车运行速度上限、第一列车判定运行速度和第二列车判定运行速度，确定第三故障标志；

[0024] 根据所述第一故障标志或所述第三故障标志，确定第二故障标志。

[0025] 在一种可能的实现方式中，所述根据所述第一有效速度值至第六有效速度值、所述第一真实速度值和所述第二真实速度值、所述列车运行速度上限、第一列车判定运行速度和第二列车判定运行速度，确定第三故障标志具体包括：

[0026] 当每个有效速度值或对应的真实速度值大于列车速度上限时，对应的第三故障标志为1；

[0027] 当有效速度值中的最大值或者真实速度值中的最大值大于第一列车判定运行速度，且存在任一有效速度值小于第二列车判定运行速度，或者存在任一真实速度值小于第二列车判定运行速度时，有效速度值小于第二列车判定运行速度所对应的第三故障标志为1，或者真实速度值小于第二列车判定运行速度所对应的第三故障标志为1；其中，所述第二列车判定运行速度小于所述第一列车判定运行速度；

[0028] 当任一有效速度值与参考速度之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者第一真实速度值与参考速度之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定对应的第三故障标志为1;

[0029] 当第一有效速度值与第二有效速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者,第一真实速度值与第二真实速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定第一个和第二个第三故障标志为1;

[0030] 当第三有效速度值与第四有效速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者,第三真实速度值与第四真实速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定第三个和第四个第三故障标志为1;

[0031] 当第五有效速度值与第六有效速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者,第五真实速度值与第六真实速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定第五个和第六个第三故障标志为1。在一种可能的实现方式中,所述根据所述第一真实速度值至所述第六真实速度值和第二故障标志,确定第一有效速度值至第六有效速度值具体包括:

[0032] 当第一有效速度值至第六有效速度值中的每个对应的第二故障标志均为0时,第一有效速度值等于第一真实速度值,直至第六有效速度值等于第六真实速度值;

[0033] 当第一个第二故障标志为1且第二个第二故障标志为0时,第一有效速度值等于第二真实速度值;当第二个第二故障标志为1且第一个第二故障标志为0时,第二有效速度值等于第一真实速度值;

[0034] 当第一个第二故障标志为1且第二个第二故障标志为1,且第一有效速度值或者第二有效速度值为0时,确定第一电机故障;

[0035] 当第三个第二故障标志为1且第四个第二故障标志为0时,第三有效速度值等于第四真实速度值;当第四个第二故障标志为1且第三个第二故障标志为0时,第四有效速度值等于第三真实速度值;

[0036] 当第三个第二故障标志为1且第四个第二故障标志为1,且第三有效速度值或者第四有效速度值为0时,确定第二电机故障;

[0037] 当第五个第二故障标志为1,且第六个第二故障标志为0时,第五有效速度值等于第六真实速度值;当第六个第二故障标志为1且第五个第二故障标志为0时,第六有效速度值等于第五真实速度值;

[0038] 当第五个第二故障标志为1且第六个第二故障标志为1,且第五有效速度值等于平均车速时,确定第三传感器故障;

[0039] 当第五个第二故障标志为1且第六个第二故障标志为1,且第六有效速度值等于平均车速时,确定第四传感器故障。

[0040] 在一种可能的实现方式中,所述根据所述第一有效速度值至所述第六有效速度值、预设的无故障速度值之和的初始值和无故障速度的个数的初始值,确定平均车速具体包括:

[0041] 当每一个第二故障标志为0时,无故障速度值之和等于无故障速度值之和的初始值与对应的真实速度值之和,且无故障速度的个数等于无故障速度的个数的初始值;

[0042] 当任意一个第二故障标志为1时,无故障速度值之和等于无故障速度值之和的初始值,无故障速度的个数等于无故障速度的个数的初始值;

[0043] 当无故障速度的个数大于等于1时,无故障速度值之和除以无故障速度的个数得到平均车速。

[0044] 在一种可能的实现方式中,所述当符合车速校准条件之前,所述方法还包括:

[0045] 确定当前时刻列车的第一有效速度值与前一时刻的第一有效速度值之差,直至当前时刻的第六有效速度值与前一时刻的第六有效速度值之差均小于预设的第一阈值时,确定符合车速校准条件;

[0046] 当每个第二故障标志为0,且任意一个有效速度值、任意一个真实速度值和平均车速均大于预设的第二阈值时,开始进行速度校准。

[0047] 在一种可能的实现方式中,所述当符合车速校准条件时,计算第一轴速差值至第六轴速差值,并根据第一轴速差值至第六轴速差值和预设的参考速度计算第一补偿系数至第六补偿系数,并根据第一补偿系数至第六补偿系数、第一真实速度值至第六真实速度值,计算第一实际速度至第六实际速度具体包括:

[0048] 根据每个有效速度值和参考速度之差,确定对应的第一轴速差值至第六轴速差值;

[0049] 根据第一轴速差值至第六轴速差值分别与参考速度之比,确定对应的第一补偿系数至第六补偿系数;

[0050] 根据第一有效速度值至第六有效速度值分别除以对应的补偿系数加1的商,确定对应的第一实际速度至第六实际速度。

[0051] 在一种可能的实现方式中,所述方法之后还包括:

[0052] 第一有效速度值至第四有效速度值中的每个除以 π ,再除以齿轮箱变比,再除以轮径值,确定对应的第一电机频率和第二电机频率;

[0053] 预设的第三阈值分别乘以第一实际速度至第六实际速度,确定列车牵引特性;

[0054] 将所述平均车速发送给列车网络。

[0055] 通过应用本发明实施例提供的列车用多速度传感器系统速度处理方法,首先对各速度信号进行故障判断,然后排除故障信号,获取有效信号,计算平均速度,并基于此进行速度补偿,实现轮径校准和电机控制,最终实现列车速度控制,具有可靠性高、冗余性强的应用特点。

附图说明

[0056] 图1为本发明实施例提供的列车用多速度传感器系统速度处理方法流程示意图;

[0057] 图2为本发明实施例提供的速度采集系统示意图;

[0058] 图3为本发明实施例提供的列车用多速度传感器系统速度处理的框图;

[0059] 图4为本发明实施例提供的FPGA采样原始速度信号流程示意图;

[0060] 图5A为本发明实施例提供的时间-电机电流示意图;

[0061] 图5B为图5A的局部放大图;

[0062] 图6A为本发明实施例提供的时间-转化后的实际速度示意图;

[0063] 图6B为图6A的局部放大图。

具体实施方式

[0064] 下面结合附图和实施例对本申请作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释相关发明,而非对该发明的限定。另外还需要说明的是,为便于描述,附图中仅示出了与有关发明相关的部分。

[0065] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

[0066] 图1为本发明实施例提供的列车用多速度传感器系统速度处理方法流程示意图。图2为本发明实施例提供的速度采集系统示意图。图3为本发明实施例提供的列车用多速度传感器系统速度处理的框图。结合图1和图3,对本申请的流程进行说明。

[0067] 本申请的列车用多速度传感器系统速度处理方法的执行主体为列车用速度采集系统,该速度采集系统如图2所示,包括现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)和数字信号处理(digital signal processing,DSP)芯片,FPGA采用M法进行6路速度信号的采集,并进行数字化处理后,将得到的数字量的速度信息发送给DSP芯片,DSP芯片进行进一步的计算处理,得到多种处理后的速度信息,该些处理后的速度信息可以进行轮径校准和电机控制,最终实现列车速度控制,可靠性高且冗余性强。

[0068] 如图1所示,该方法的执行主体为速度采集系统,该方法包括以下步骤:

[0069] 步骤110,获取第一动轴上第一电机上的第一传感器对应的第一速度信息和第二速度信息、第二动轴上第二电机上的第二传感器对应的第三速度信息和第四速度信息、第一拖轴上的第三传感器对应的第五速度信息、第二拖轴上的第四传感器对应的第六速度信息和每个速度信息对应的第一故障标志。

[0070] 具体的,在步骤110之前,速度采集系统需要采集动轴和拖轴对应的原始速度信号。每个列车包含两个转向架,可以称为第一转向架和第二转向架,第一转向架包括第一动轴和第一拖轴,第二转向架包括第二动轴和第二拖轴。结合图2,第一动轴为M1,第二动轴为M2,第一拖轴为T1,第二拖轴为T2。第一动轴通过对应的齿轮箱等传动装置与第一电机进行机械连接,第一电机上装有第一传感器,第一传感器分a、b两路,等效采集第一动轴的第一原始速度信号和第二原始速度信号,并判断列车行驶方向。其中,方向判断可以根据a、b两路原始速度信号的波形,若a的波形超前于b的波形,则确定列车方向向前,若a的波形滞后于b的波形,则确定列车方向向后。第一拖轴上直接装有第三传感器,直接采集第一拖轴的第五原始速度信号。同理,第二电机上装有第二传感器,第二传感器分a、b两路,等效采集第二动轴的第三原始速度信号和第四原始速度信号,并判断列车行驶方向。第二拖轴上直接装有第四传感器,直接采集第二拖轴的第六原始速度信号。具体包括如图2所示的步骤:

[0071] 步骤201,采样列车上的第一动轴上第一电机上的第一传感器测量的第一原始速度信号和第二原始速度信号;

[0072] 步骤202,采样列车上的第二动轴上第二电机上的第二传感器测量的第三原始速度信号和第四原始速度信号;

[0073] 步骤203,采样列车上的第一拖轴上的第三传感器测量的第五原始速度信号;

[0074] 步骤204,采样列车上的第二拖轴上的第四传感器测量的第六原始速度信号;其中,列车上具有第一转向架和第二转向架,第一转向架包括第一动轴和第一拖轴,第二转向架包括第二动轴和第二拖轴;

[0075] 具体的,列车速度系统中的FPGA以采样频率 F_{spd} ,通常为几十MHz采集6路速度信号,即第一原始速度信号至第六原始速度信号。其中,第一原始速度信号可以记为 spd_m1_a ,第二原始速度信号可以记为 spd_m1_b ,第三原始速度信号可以记为 spd_m2_a ,第四原始速度信号可以记为 spd_m2_b ,第五原始速度信号可以记为 spd_t1 ,第六原始速度信号可以记为 spd_t2 。第一传感器至第四传感器皆为速度传感器。

[0076] 其中,步骤201-步骤204的执行顺序不受编号的影响。

[0077] 步骤205,对第一原始速度信号至第六原始速度信号进行数字化处理,得到第一速度信息至第六速度信息;

[0078] 具体的,FPGA将第一原始速度信号至第六原始速度信号转换为数字量,得到第一速度信息至第六速度信息,依次记为: $spd1$ 、 $spd2$ 、 $spd3$ 、 $spd4$ 、 $spd5$ 、 $spd6$,并将其输出给DSP芯片。

[0079] 其中,FPGA将 $spd[x]$ 可以通过双口随机存取存储器(random access memory, RAM)传输给DSP,从而提高了传输速度,以便于DSP快速进行后续计算。

[0080] 步骤206,对第一速度信号至第六速度信号进行判断,当第一速度信号至第六速度信号中任意一个超过预设的第一区间、预设的第二区间和预设的第三区间中的任意一个区间时,确定超过预设的第一区间、预设的第二区间和预设的第三区间中的任意一个区间的速度信号对应的第一故障标志为1;其中,1表示故障,0表示正常。

[0081] 具体的,由于速度传感器的信号具有一定的电平特征,当其静止时,电平为 U_0 。当其转动时,为高电平 U_{up} ,低电平 U_{dw} ,且占空比为50%的脉冲信号。此时,FPGA以 ΔU 的容差对信号进行判断,当速度信号范围超过预设的第一区间 $U_0 \pm \Delta U$ 、预设的第二区间 $U_{up} \pm \Delta U$ 和预设的第三区别 $U_{dw} \pm \Delta U$ 时,报出特定信号故障,可以记为第一故障标志,依次可以以 F_fpga_spd1 、 F_fpga_spd2 、 F_fpga_spd3 、 F_fpga_spd4 、 F_fpga_spd5 、 F_fpga_spd6 表示。其中,容差为差错容限,单位为V,为一个预设值。

[0082] 步骤120,根据第一传感器、第二传感器的齿数、齿轮箱变比和轮径值、第一速度信息至第四速度信息,计算第一真实速度值至第四真实速度值,以及根据第三传感器、第四传感器的齿数和轮径值、第五速度信息和第六速度信息,计算第五真实速度值至第六真实速度值。

[0083] 具体的,步骤120包括:

[0084] 当第一速度信息至第六速度信息中任意一个为0时,第一真实速度值至第六真实速度值为0;

[0085] 当第一速度信息至第四速度信息均不为0时,采样频率除以第一速度信息至第四速度信息中的任意一个,再除以对应的传感器齿数,再除以对应的齿轮箱变比,再乘以对应的轮径值,再乘以 π ,确定第一速度信息对应的第一真实速度值至第四速度信息对应的第四真实速度值中的任意一个;

[0086] 当第五速度信息和第六速度信息均不为0时,采样频率除以第五速度信息或者第六速度信息,再除以对应的传感器齿数,再乘以对应的轮径值,再乘以 π ,确定第五速度信息对应的第五真实速度值或者第六速度信息对应的第六真实速度值。

[0087] 下面对上述内容进行具体的说明。 $DSP_spd[x]$ 根据x的值,依次表示第一真实速度值至第六真实速度值。

[0088] 对于第一动轴和第二动轴的第一速度信息至第四速度信息,由于速度传感器直接采集电机速度,因而需要结合速度传感器齿数Num[x]、齿轮箱变比Tratio[x]和轮径值Dwheel[x]对其进行换算,以得到第一真实速度值至第四真实速度值,具体如下:

[0089] 当spd[x]=0时,DSP_spd[x]=0;

[0090] 否则,DSP_spd[x]=Fspd/spd[x]/Num[x]/Tratio*Dwheel* π 。其中,x=1,2,3,4。

[0091] 对于第一拖轴和第二拖轴的第五速度信息和第六速度信息,速度传感器直接采集轮轴速度,因而只需要结合速度传感器齿数Num[x]和轮径值Dwheel[x]进行换算,以得到第五真实速度值和第六真实速度值,具体如下:

[0092] 当spd[x]=0时,DSP_spd[x]=0;

[0093] 否则,DSP_spd[x]=Fspd/spd[x]/Num[x]*Dwheel* π 。其中,x=5,6。

[0094] 步骤130,根据第一真实速度值至第六真实速度值和第二故障标志,确定第一有效速度值至第六有效速度值。

[0095] 其中,在执行步骤130的同时,还需要确定执行以下步骤,以确定第三故障标志,并在确定第三故障标志后,通过第三故障标志和第一故障标志来确定第二故障标志,以便于进行有效速度值的计算,具体如下:

[0096] 根据第一有效速度值至第六有效速度值、第一真实速度值和第二真实速度值、列车运行速度上限、第一列车判定运行速度和第二列车判定运行速度,确定第三故障标志;

[0097] 根据第一故障标志或第三故障标志,确定第二故障标志。

[0098] 下面,对如何确定第三故障标志进行具体的说明。

[0099] 当每个有效速度值或对应的真实速度值大于列车速度上限时,对应的第三故障标志为1;

[0100] 当有效速度值中的最大值或者真实速度值中的最大值大于第一列车判定运行速度,且存在任一有效速度值小于第二列车判定运行速度,或者存在任一真实速度值小于第二列车判定运行速度时,有效速度值小于第二列车判定运行速度所对应的第三故障标志为1,或者真实速度值小于第二列车判定运行速度所对应的第三故障标志为1;其中,所述第二列车判定运行速度小于所述第一列车判定运行速度;

[0101] 当任一有效速度值与参考速度之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者第一真实速度值与参考速度之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定对应的第三故障标志为1;

[0102] 当第一有效速度值与第二有效速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者,第一真实速度值与第二真实速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定第一个和第二个第三故障标志为1;

[0103] 当第三有效速度值与第四有效速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者,第三真实速度值与第四真实速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定第三个和第四个第三故障标志为1;

[0104] 当第五有效速度值与第六有效速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,或者,第五真实速度值与第六真实速度值之差的绝对值大于参考车速的占比阈值,确定第五个和第六个第三故障标志为1。下面对上述步骤进行具体的说明。其中,F_dsp_spd[1]至F_dsp_spd[6]依次表示第一个第三故障标志至第六个第三故障标志。F_spd[1]至F_spd[6]依

次表示第一个第二故障标志至第六个第二故障标志。

[0105] 对第三故障标志 $F_{dsp_spd}[x]$ 的判定如下：

[0106] 当 $V_{car}[x]$ 或 $DSP_spd[x] > V_{max}$, $F_{dsp_spd}[x] = 1$;其中, V_{max} 为列车速度上限,为一预设的经验值;

[0107] 当 $\max(V_{car}[x])$ 或 $\max(DSP_spd[x]) > V_{min1}$,且存在任一个 $V_{car}[x]$ 或任一个 $DSP_spd[x] < V_{min2}$ 时, $F_{dsp_spd}[x] = 1$;其中, V_{min1} 为第一列车判定运行速度, V_{min2} 为第二列车判定运行速度;第一列车判定运行速度和第二列车判定运行速度都为预设的经验值,且 $V_{min1} > V_{min2}$;

[0108] 当 $\text{abs}(V_{car}[x] - V_{ref_car})$ 或 $\text{abs}(DSP_spd[1] - V_{ref_car}) > V_{dis}$, $F_{dsp_spd}[x] = 1$;其中, V_{dis} 为参考车速的占比阈值,一般取参考车速的30%。但是当参考车速激增时, V_{dis} 则不予采样。比如当前参考车速为100m/s,轴速突然采集到150m/s,则认为是无效的, V_{dis} 短时间内不予采用,如果长时间保持该速度,认为采样故障。

[0109] 当 $x=1,2$ 时, $\text{abs}(V_{car}[1] - V_{car}[2])$ 或 $\text{abs}(DSP_spd[1] - DSP_spd[2]) > V_{dis}$, $F_{dsp_spd}[x] = 1$;

[0110] 当 $x=3,4$ 时, $\text{abs}(V_{car}[3] - V_{car}[4])$ 或 $\text{abs}(DSP_spd[3] - DSP_spd[4]) > V_{dis}$, $F_{dsp_spd}[x] = 1$;

[0111] 当 $x=5,6$ 时, $\text{abs}(V_{car}[5] - V_{car}[6])$ 或 $\text{abs}(DSP_spd[5] - DSP_spd[6]) > V_{dis}$, $F_{dsp_spd}[x] = 1$ 。

[0112] 最后,当第一故障标志 $F_{fpga_spd}[x] = 1$ 或 $F_{dsp_spd}[x] = 1$ 时, $F_{spd}[x] = 1$ 。

[0113] 在通过上述方法确定第二故障标志后,可以结合每个第二故障标志和真实速度值来排除故障信息,从而确定有效速度值,下面对步骤130中的如何根据第一真实速度值至第六真实速度值和第二故障标志,确定第一有效速度值至第六有效速度值进行具体的说明。

[0114] 当第一有效速度值至第六有效速度值中的每个对应的第二故障标志均为0时,第一有效速度值等于第一真实速度值,直至第六有效速度值等于第六真实速度值;

[0115] 当第一个第二故障标志为1且第二个第二故障标志为0时,第一有效速度值等于第二真实速度值;当第二个第二故障标志为1且第一个第二故障标志为0时,第二有效速度值等于第一真实速度值;

[0116] 当第一个第二故障标志为1且第二个第二故障标志为1,且第一有效速度值或者第二有效速度值为0时,确定第一电机故障;

[0117] 当第三个第二故障标志为1且第四个第二故障标志为0时,第三有效速度值等于第四真实速度值;当第四个第二故障标志为1且第三个第二故障标志为0时,第四有效速度值等于第三真实速度值;

[0118] 当第三个第二故障标志为1且第四个第二故障标志为1,且第三有效速度值或者第四有效速度值为0时,确定第二电机故障;

[0119] 当第五个第二故障标志为1,且第六个第二故障标志为0时,第五有效速度值等于第六真实速度值;当第六个第二故障标志为1且第五个第二故障标志为0时,第六有效速度值等于第五真实速度值;

[0120] 当第五个第二故障标志为1且第六个第二故障标志为1,且第五有效速度值等于平均车速时,确定第三传感器故障;

[0121] 当第五个第二故障标志为1且第六个第二故障标志为1,且第六有效速度值等于平均车速时,确定第四传感器故障。

[0122] 下面对上述情况进行更为具体的说明。其中, $V_{car}[x]$ 根据 x 的值,依次可以表示第一有效速度值至第六有效速度值, $DSP_spd[x]$ 根据 x 的值,依次可以表示第一真实速度值至第六真实速度值。

[0123] 对于 $x=1$:

[0124] 当 $F_spd[x]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x]$;

[0125] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x+1]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x+1]$;

[0126] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x+1]=1$ 时, $V_{car}[x]=0$,且报出第一电机上的第一传感器故障,需停机进行故障处理或切换无速度传感器控制。

[0127] 对于 $x=2$:

[0128] 当 $F_spd[x]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x]$;

[0129] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x-1]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x-1]$;

[0130] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x-1]=1$ 时, $V_{car}[x]=0$,且报出第一电机上的第一传感器故障,需停机进行故障处理或切换无速度传感器控制。

[0131] 对于 $x=3$:

[0132] 当 $F_spd[x]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x]$;

[0133] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x+1]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x+1]$;

[0134] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x+1]=1$ 时, $V_{car}[x]=0$,且报出第二电机上的第二传感器故障,需停机进行故障处理或切换无速度传感器控制。

[0135] 对于 $x=4$:

[0136] 当 $F_spd[x]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x]$;

[0137] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x-1]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x-1]$;

[0138] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x-1]=1$ 时, $V_{car}[x]=0$,且报出第二电机上的第二传感器故障,需停机进行故障处理或切换无速度传感器控制。

[0139] 对于 $x=5$:

[0140] 当 $F_spd[x]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x]$;

[0141] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x+1]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x+1]$;

[0142] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x+1]=1$ 时, $V_{car}[x]=Vave_car$,即平均车速,并报出第三传感器故障。其中, $Vave_car$ 为平均车速,在步骤140中对平均车速的计算进行具体的说明,此处不再赘述。

[0143] 对于 $x=6$:

[0144] 当 $F_spd[x]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x]$;

[0145] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x-1]=0$ 时, $V_{car}[x]=DSP_spd[x-1]$;

[0146] 当 $F_spd[x]=1$ 且 $F_spd[x-1]=1$ 时, $V_{car}[x]=Vave_car$,即平均车速,并报出第四传感器故障。

[0147] 步骤140,根据第一有效速度值至第六有效速度值、预设的无故障速度值之和的初始值和无故障速度的个数的初始值,确定平均车速。

[0148] 具体的,步骤140包括如下内容:

[0149] 当每一个第二故障标志为0时,无故障速度值之和等于无故障速度值之和的初始值与对应的真实速度值之和,且无故障速度的个数等于无故障速度的个数的初始值;

[0150] 当任意一个第二故障标志为1时,无故障速度值之和等于无故障速度值之和的初始值,无故障速度的个数等于无故障速度的个数的初始值;

[0151] 当无故障速度的个数大于等于1时,无故障速度值之和除以无故障速度的个数得到平均车速。

[0152] 下面对上述内容进行具体的说明。

[0153] 首先可以设置初始值:即设置无故障速度值之和的初始值为 $Vave_car_temp=0$,无故障速度的个数的初始值为 $Num_temp=0$ 。

[0154] 对于 $x=1,2,3,4,5,6$,分别执行以下操作:

[0155] 当 $F_spd[x]=0$ 时, $Vave_car_temp=Vave_car_temp+DSP_spd[x]$,且 $Num_temp=Num_temp+1$;

[0156] 当 $F_spd[x]=1$ 时, $Vave_car_temp=Vave_car_temp$,且 $Num_temp=Num_temp$ 。

[0157] 若6个速度都执行完后, $Num_temp \geq 1$,则 $Vave_car=Vave_car_temp/Num_temp$;

[0158] 否则, $Vave_car=0$ 。

[0159] 此处,计算出的平均车速 $Vave_car$,可以作为列车参考速度,上传列车网络,以便于列车的控制系统进行控制,以实现冗余控制。

[0160] 步骤150,当符合车速校准条件时,计算第一轴速差值至第六轴速差值,并根据第一轴速差值至第六轴速差值和预设的参考速度计算第一补偿系数至第六补偿系数,并根据第一补偿系数至第六补偿系数、第一真实速度值至第六真实速度值,计算第一实际速度至第六实际速度。

[0161] 本申请的速度采集系统中,默认轮径值都相等,且为一固定值,但列车在实际运行过程中,由于车轮与轨道之间的摩擦,实际轮径值将发生改变,从而导致速度偏差的出现,因而本申请可以通过进行速度补偿,避免因速度偏差导致的速度采集系统故障。下面对如何进行速度补偿进行具体的说明。

[0162] 其中,在执行步骤150之前,即在进行速度补偿之前,需要对是否符合车速校准条件进行判断,可以确定当前时刻列车的第一有效速度值与前一时刻的第一有效速度值之差,直至当前时刻的第六有效速度值与前一时刻的第六有效速度值之差均小于预设的第一阈值时,则确定符合车速校准条件;

[0163] 具体如下,先进行列车速度稳定性判断,当列车各轴速前后两时刻之差 $\Delta V_car[x]=V_car[x]_t-V_car[x]_{t-1}$,满足在T时间内, $\Delta V_car[x] < Vchange_min$,判定此时列车速度平稳,具备车速校准条件;其中, $\Delta V_car[x]$ 为正,表示加速,当 $\Delta V_car[x]$ 为负,表示减速,当 $\Delta V_car[x]$ 在0附近,表示速度稳定, $Vchange_min$ 为预设的第一阈值,为一经验值,可以根据经验进行设定。

[0164] 在确定符合车速校准条件后,进行速度校准使能判断。速度校准使能判断具体包括当每个第二故障标志为0,且任意一个有效速度值、任意一个真实速度值和平均车速均大于预设的第二阈值时,开始进行速度校准。

[0165] 速度校准使能判断即当 $F_spd[x]=0$ 且 $V_car[x] > 10m/s$ 且 $DSP_spd[x] > 10m/s$ 且 $Vave_car > 10m/s$ 时,开始进行速度校准。此处的第二阈值为为一经验值,可以根据经验进行

设定,比如可以设置为10m/s。

[0166] 在进行速度校准使能判断后,开始进行速度校准,下面对如何进行速度校准进行具体的说明。

[0167] 根据每个有效速度值和参考速度之差,确定对应的第一轴速差值至第六轴速差值;

[0168] 根据第一轴速差值至第六轴速差值分别与参考速度之比,确定对应的第一补偿系数至第六补偿系数;

[0169] 根据第一有效速度值至第六有效速度值分别除以对应的补偿系数加1的商,确定对应的第一实际速度至第六实际速度。

[0170] 对上述速度校准过程进行更为具体的说明如下:

[0171] 选取参考速度 V_{ref_car} ,当 $F_{spd}[2]=0$ 时, $V_{ref_car}=V_{car}[2]$,否则 $V_{ref_car}=V_{ave_car}$;

[0172] 各轴速差值计算, $\Delta V_{ref_car}[x]=V_{car}[x]-V_{ref_car}$;

[0173] 补偿系数计算, $V_{coeff}[x]=\Delta V_{ref_car}[x]/V_{ref_car}$,且限值为 ± 0.1 ;

[0174] 最后计算校准后实际速度, $V_{com}[x]=V_{car}[x]/(V_{coeff}[x]+1)$ 。

[0175] 其中, $\Delta V_{ref_car}[x]$ 为根据x的值,依次可以表示第一轴速差值至第六轴速差值, $V_{coeff}[x]$ 根据x的值,依次可以表示第一补偿系数至第六补偿系数, $V_{com}[x]$ 根据x的值,依次可以表示第一实际速度至第六实际速度。

[0176] 进一步的,针对本申请计算的第一有效速度值至第四有效速度值中的每个除以 π ,再除以齿轮箱变比,再除以轮径值,确定对应的第一电机频率和第二电机频率,计算的电机频率可以用于电机矢量控制。

[0177] 即 $F_s[x]=V_{car}[x]/(\pi*D_{wheel}[x])*T_{ratio}[x]$,其中, $F_s[x]$ 中的x为1和2时, $F_s[x]$ 表示第一电机频率, $F_s[x]$ 中的x为3和4时, $F_s[x]$ 表示第二电机频率。在实际使用时,一般使用 $F_s[1]$ 表示第一电机频率,当 $F_s[1]$ 故障时,使用 $F_s[2]$ 表示第一电机频率。同理,在实际使用时,一般使用 $F_s[3]$ 表示第二电机频率,当 $F_s[3]$ 故障时,使用 $F_s[4]$ 表示第二电机频率。

[0178] 进一步的,本申请可以通过预设的第三阈值分别乘以第一实际速度至第六实际速度,得到转换后的第一实际速度至转换后的第六实际速度,并通过查找预设的列车牵引特性曲线,确定列车牵引特性。

[0179] 其中,列车的控制系统中存储有列车牵引特性曲线,表示速度和牵引力的关系,在确定列车转换后的速度后,可以通过该列车牵引特性曲线,确定当前的牵引力,并通过当前的牵引力确定当前的转矩,从而通过转矩对电机进行控制,以便电机对动轴和拖轴的速度进行控制。

[0180] $V_{com_kmh}[x]=V_{com}[x]*3.6$ 。其中, $V_{com_kmh}[x]$ 根据x的值,依次表示转换后的第一实际速度至转换后的第六实际速度,此处的转换,是进行了单位的转换,第三阈值为3.6。当x依次取1-6时,可以通过 $V_{com}[1]*3.6$ 至 $V_{com}[6]*3.6$,计算得到 $V_{com_kmh}[1]$ 至 $V_{com_kmh}[6]$ 这六个转换后的第一实际速度至转换后的第六实际速度,并通过查找列车牵引特性曲线,确定对应的牵引特性。

[0181] 进一步的,本申请在实际速度计算出现错误时,还可以将平均车速发送给列车网

络和其他系统,其他系统比如制动系统,以便于列车网络将平均车速发送给控制系统,控制系统通过平均车速进行列车控制,制动系统通过平均车速进行列车的制动控制。从而实现了列车的冗余控制。

[0182] 在实际应用中,通过本申请计算的第一补偿系数至第六补偿系数可以作为理论补偿系数,而实际补偿系数可以在列车运行过程中进行实时采集,从而再一次验证了通过本申请计算的理论补偿系数与实际补偿系数相一致,如

[0183] 表1所示。

车轮	轮径值	理论补偿系数	实际补偿系数
M1 动轴	850mm	0	V_coeff1=0.00009
		0	V_coeff2=0.0
M2 动轴	840mm	0.0119	V_coeff3=0.01193
		0.0119	V_coeff4=0.01195
T1 拖轴	860mm	-0.0116	V_coeff5=-0.01158
T2 拖轴	870mm	-0.0230	V_coeff6=-0.02307

[0184] 表1

[0185] 在实际应用中,在两个拖轴所对应的速度传感器都断开连接的工况下进行列车牵引实验,速度采集系统可以报出拖轴速度传感器故障(F_spd1=0,F_spd2=0,F_spd3=0,F_spd4=0,F_spd5=1,F_spd6=1),且能正常牵引、制动运行,4个动轴速度测量基本一致。参见图5A和5B,在图5A和5B中,横轴表示时间,纵轴表示电机电流,从图5A和5B可以看出电流平滑变化,稳定运行,表示效果良好。参见图6A和6B中,横轴表示时间,纵轴表示转化后的真实速度,V_com_kmh12表示转化后的第一真实速度和转化后的第二真实速度,V_com_kmh34表示转化后的第三真实速度和转换后的第四真实速度。

[0186] 通过应用本发明实施例提供的列车用多速度传感器系统速度处理方法,首先对各速度信号进行故障判断,然后排除故障信号,获取有效信号,计算平均速度,并基于此进行速度补偿,实现轮径校准和电机控制,最终实现列车速度控制,具有可靠性高、冗余性强的应用特点。

[0187] 专业人员应该还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0188] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以用硬件、处理器执行的软件模块,或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0189] 以上的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细

说明,所应理解的是,以上仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

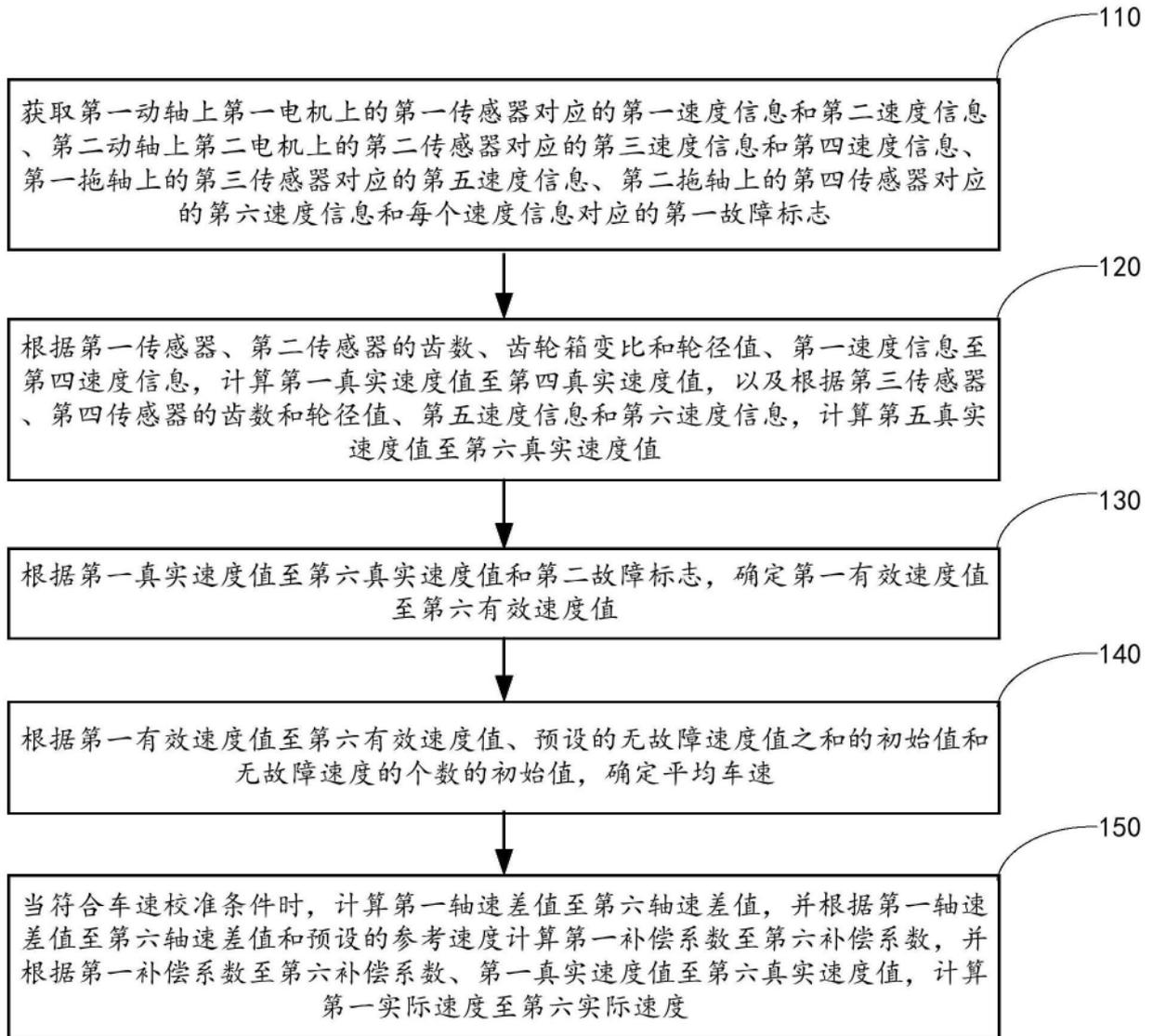


图1

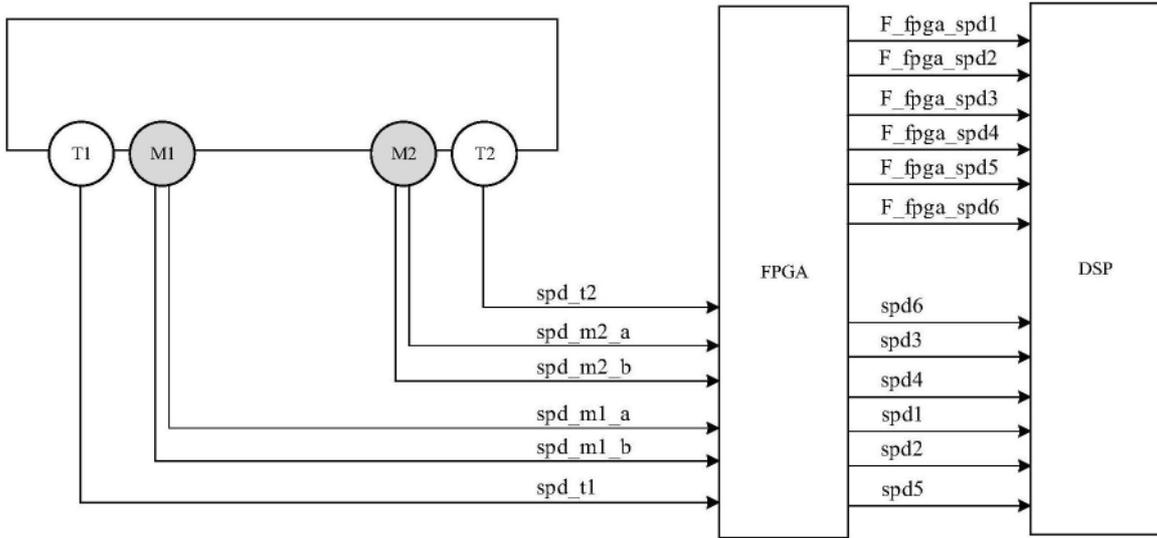


图2

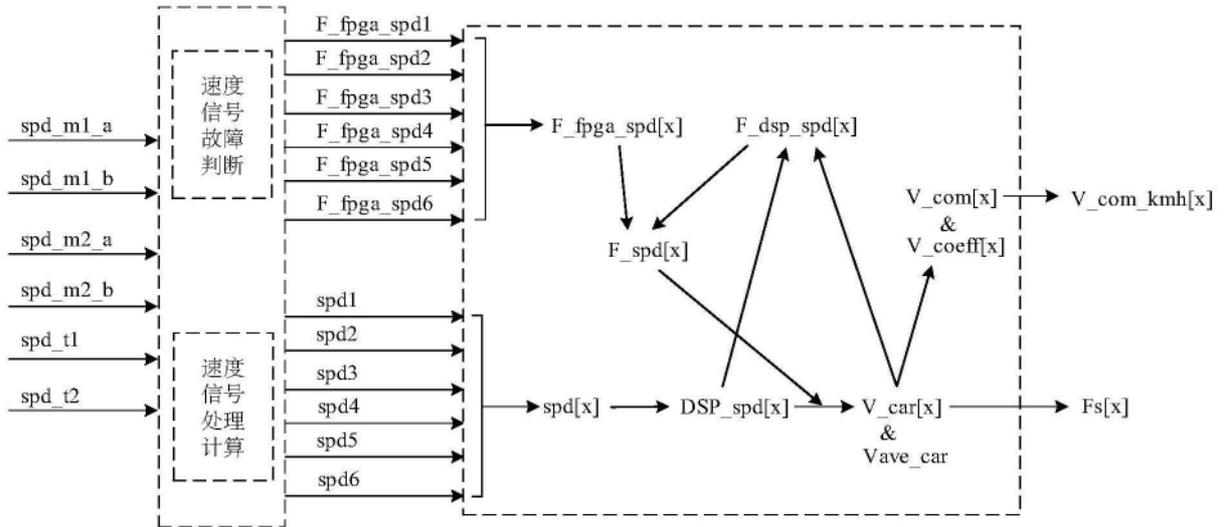


图3

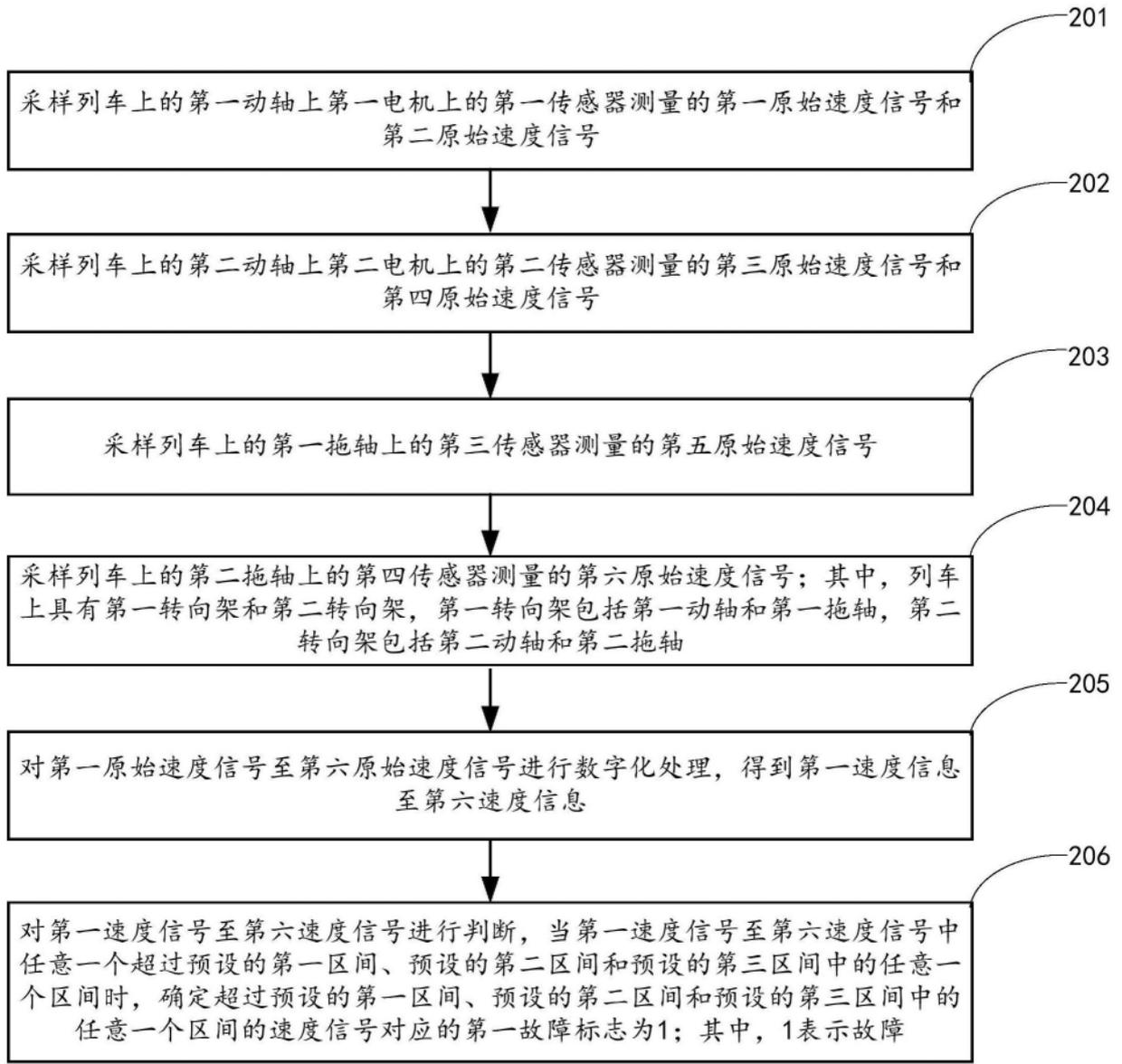


图4

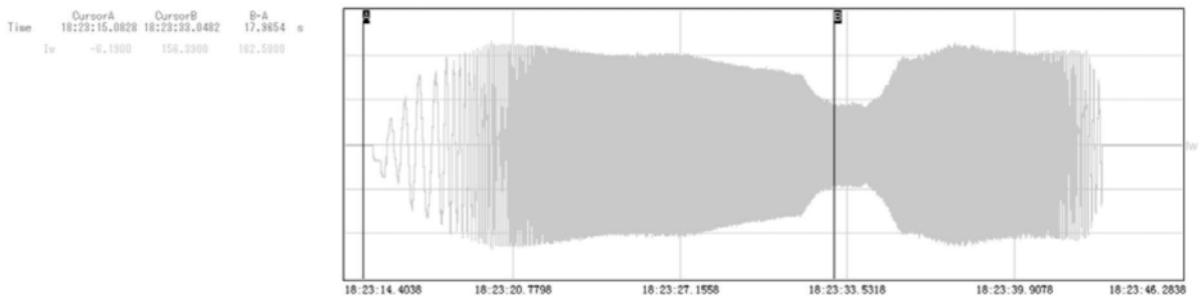
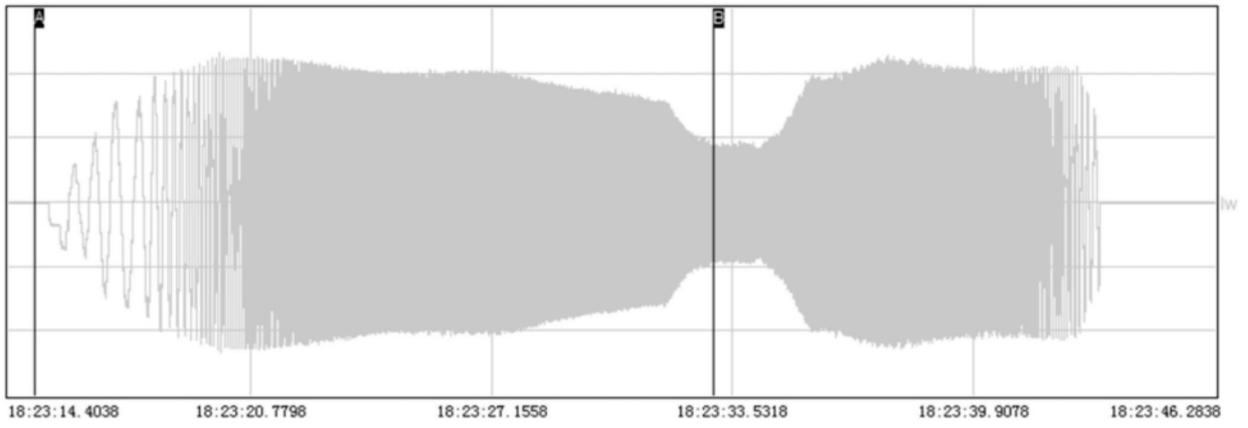


图5A



5B

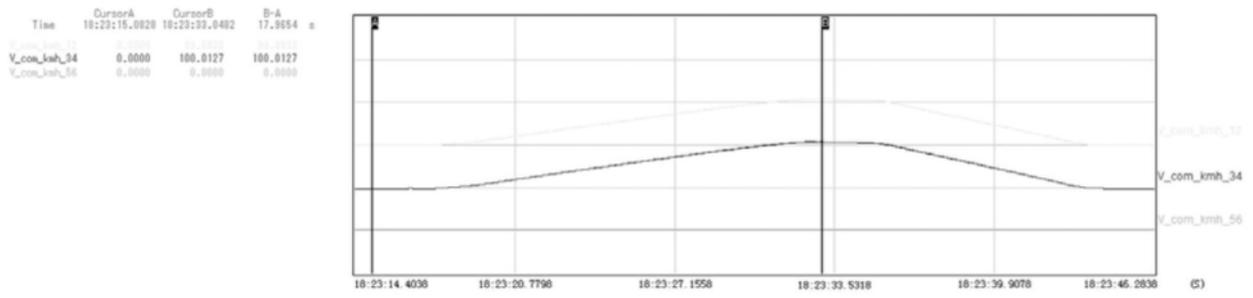


图6A

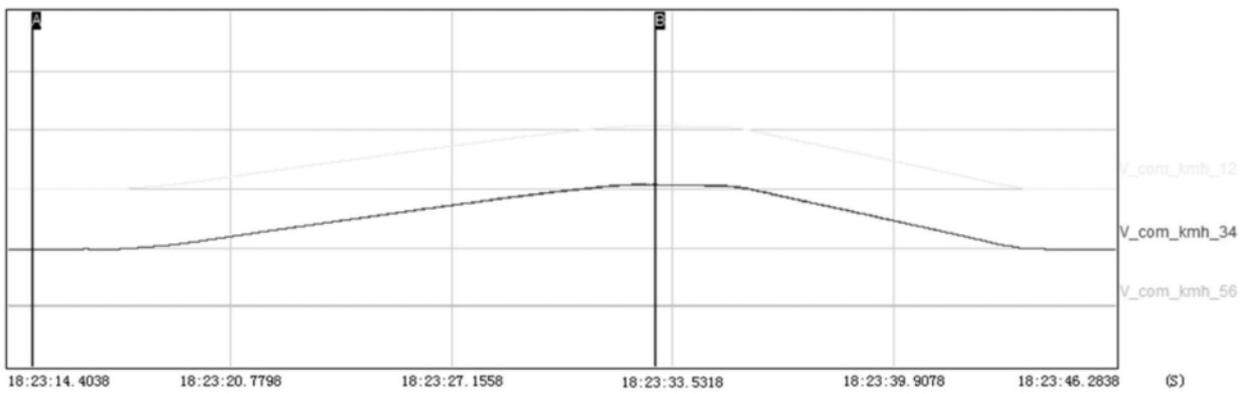


图6B