



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115166330 A

(43) 申请公布日 2022.10.11

(21) 申请号 202210529670.7

H02H 9/04 (2006.01)

(22) 申请日 2022.05.16

H02J 3/00 (2006.01)

(71) 申请人 成都汇研智通科技合伙企业(有限合伙)

地址 610045 四川省成都市武侯区沙堰街40号6层2号

(72) 发明人 王喜庆 王蓓 王莉 王培顺 高秀云

(74) 专利代理机构 北京正华智诚专利代理事务所(普通合伙) 11870

专利代理师 何凡

(51) Int. Cl.

G01R 15/18 (2006.01)

G01R 19/25 (2006.01)

G01R 31/08 (2006.01)

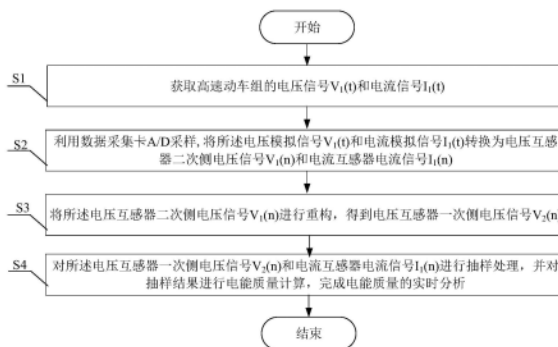
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

## (54) 发明名称

一种对电能质量的实时分析方法及系统

## (57) 摘要

本发明公开了一种对电能质量的实时分析方法及系统,属于电能质量技术领域,该方法包括:获取高速动车组的电压信号和电流信号;将所述电压信号和电流信号分别转换为电压互感器二次侧电压信号和电流互感器电流信号;将所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ;对所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 进行抽样处理,并对抽样结果进行电能质量计算,完成电能质量的实时分析。



1. 一种对电能质量的实时分析方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、获取高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ ;

S2、利用数据采集卡A/D采样,将所述电压模拟信号 $V_1(t)$ 和电流模拟信号 $V_1(t)$ 转换为电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ ;

S3、将所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ;

S4、对所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 进行抽样处理,并对抽样结果进行电能质量计算。

2. 根据权利要求1所述的电能质量的实时分析方法,其特征在于,所述S3包括以下步骤:

S301、获取高速动车组电压互感器的宽频带传递特征;

S302、根据所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和宽频带传递特征,重构得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 。

3. 根据权利要求2所述的电能质量的实时分析方法,其特征在于,所述S301包括以下步骤:

S3011、产生单频点正弦信号,将所述单频点正弦信号注入至电压互感器一次侧;

S3012、同时测量电压互感器一次侧和二次侧信号;

S3013、分别记录所述电压互感器一次侧和二次侧信号的幅值以及相位差,其中,所述相位差为该单频点的相频特性;

S3014、根据所述电压互感器一次侧和二次侧的幅值,确定电压互感器在该单频点的幅频特性;

S3015、以固定频率间隔改变信号频率,并判断频率信号是否达到预设的频率阈值,若是,则确定电压互感器在改变信号频率后的相频特性和幅频特性,并进入步骤S3016,否则,返回步骤S3011;

S3016、将得到的多个单频点幅频特性和相频特性根据频率递增排序组合,得到高速动车组电压互感器的宽频带传递特征,并进入步骤S302。

4. 根据权利要求3所述的电能质量的实时分析方法,其特征在于,所述S302包括以下步骤:

S3021、对所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行快速傅里叶变换,得到二次侧频域信号,并将所述二次侧频域信号转换为零频率点对称的二次侧频域对称信号;

S3022、对所述宽频带传递特征的负频率进行补充,并对补充后的宽频带传递特征进行线性插值处理,得到新的宽频带传递特征;

S3023、根据所述新的宽频带传递特征和二次侧频域对称信号,计算得到一次侧频域信号;

S3024、对所述一次侧频域信号进行逆快速傅里叶变换,重构得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ,并对重构得到的电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 进行平滑处理。

5. 根据权利要求4所述的电能质量的实时分析方法,其特征在于,所述S3024中电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 的表达式如下:

$$V_2(n) = \text{ifft}(V_1(\omega))$$

$$V_1(\omega) = V_2(\omega) * H_1(\omega) = \text{Mag}(\omega) * A_1(\omega) * e^{i*(\text{Pha}(\omega) + \phi_1(\omega))}$$

$$H_1(\omega) = A_1(\omega) * e^{i*\phi_1(\omega)}$$

$$V_2(\omega) = \text{fft}(V_2(t)) = \text{Mag}(\omega) * e^{i*\text{Pha}(\omega)}$$

其中,  $\text{ifft}(\cdot)$  表示逆快速傅里叶变换,  $V_1(\omega)$  表示一次侧频域信号,  $V_2(\omega)$  表示二次侧频域对称信号,  $H_1(\omega)$  表示新的宽频带传递特征,  $\text{Mag}(\omega)$  表示二次侧频域对称信号的幅频特性,  $A_1(\omega)$  表示新宽频带传递特征的幅频特性,  $e$  表示自然常数,  $i$  表示虚数单位,  $\text{Pha}(\omega)$  表示二次侧频域对称信号的相频特性,  $\phi_1(\omega)$  表示新宽频带传递特征的相频特性,  $\text{fft}(\cdot)$  表示快速傅里叶变换。

6. 一种对电能质量的实时分析系统, 其特征在于, 包括采集模块、与所述采集模块连接且内部设置有数据采集卡的上位机、与所述上位机连接的重构模块以及与所述重构模型连接的抽样模块;

所述采集模块, 用于获取高速动车组的电压信号  $V_1(t)$  和电流信号  $I_1(t)$ ;

所述数据采集卡, 用于进行 A/D 采样, 将所述电压模拟信号  $V_1(t)$  和电流模拟信号  $V_1(t)$  转换为电压互感器二次侧电压信号  $V_1(n)$  和电流互感器电流信号  $I_1(n)$ ;

所述重构模块, 用于将所述电压互感器二次侧电压信号  $V_1(n)$  进行重构, 得到电压互感器一次侧电压信号  $V_2(n)$ ;

所述抽样模块, 用于对所述电压互感器一次侧电压信号  $V_2(n)$  和电流互感器电流信号  $I_1(n)$  进行抽样处理, 并对抽样结果进行电能质量计算。

7. 根据权利要求 6 所述的电能质量的实时分析系统, 其特征在于, 还包括为所述上位机供电的电源模块;

所述电源模块包括为所述上位机供电的 UPS 电源、与所述 UPS 电源连接的隔离变压器以及与所述隔离变压器连接的电源。

8. 根据权利要求 6 所述的电能质量的实时分析系统, 其特征在于, 所述采集模块包括高频电流探头和分压器;

所述高频电流探头与高速动车组的电流互感器副边连接, 所述分压器与高速动车组的电压互感器二次侧连接。

9. 根据权利要求 6 所述的电能质量的实时分析系统, 其特征在于, 所述重构模块包括:

获取单元, 用于获取高速动车组电压互感器的宽频带传递特征;

重构单元, 用于根据所述电压互感器二次侧电压信号  $V_1(n)$  和宽频带传递特征, 重构得到电压互感器一次侧电压信号  $V_2(n)$ 。

10. 根据权利要求 9 所述的电能质量的实时分析系统, 其特征在于, 所述获取单元包括:

信号产生子单元, 用于产生单频点正弦信号, 将所述单频点正弦信号注入至电压互感器一次侧;

第一计算子单元, 用于同时测量电压互感器一次侧和二次侧信号;

第二计算子单元, 用于分别记录所述电压互感器一次侧和二次侧信号的幅值以及相位差, 其中, 所述相位差为该单频点的相频特性;

第三计算子单元,用于根据所述电压互感器一次侧和二次侧的幅值,确定电压互感器在该单频点的幅频特性;

判断子单元,用于以固定频率间隔改变信号频率,并判断频率信号是否达到预设的频率阈值,若是,则确定电压互感器在改变信号频率后的相频特性和幅频特性,否则,继续迭代;

第四计算子单元,用于将得到的多个单频点幅频特性和相频特性根据频率递增排序组合,得到高速动车组电压互感器的宽频带传递特征。

11.根据权利要求9所述的对电能质量的实时分析系统,其特征在于,所述重构单元包括:

第五计算子单元,用于对所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行快速傅里叶变换,得到二次侧频域信号,并将所述二次侧频域信号转换为零频率点对称的二次侧频域对称信号;

第六计算子单元,用于对所述宽频带传递特征的负频率进行补充,并对补充后的宽频带传递特征进行线性插值处理,得到新的宽频带传递特征;

第七计算子单元,用于根据所述新的宽频带传递特征和二次侧频域对称信号,计算得到一次侧频域信号;

第八计算子单元,用于对所述一次侧频域信号进行逆快速傅里叶变换,重构得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ,并对重构得到的电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 进行平滑处理。

12.根据权利要求11所述的对电能质量的实时分析系统,其特征在于,所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 的表达式如下:

$$V_2(n) = \text{ifft}(V_1(\omega))$$

$$V_1(\omega) = V_2(\omega) * H_1(\omega) = \text{Mag}(\omega) * A_1(\omega) * e^{i*(\text{Pha}(\omega) + \phi_1(\omega))}$$

$$H_1(\omega) = A_1(\omega) * e^{i*\phi_1(\omega)}$$

$$V_2(\omega) = \text{fft}(V_2(t)) = \text{Mag}(\omega) * e^{i*\text{Pha}(\omega)}$$

其中,  $\text{ifft}(\cdot)$  表示逆快速傅里叶变换,  $V_1(\omega)$  表示一次侧频域信号,  $V_2(\omega)$  表示二次侧频域对称信号,  $H_1(\omega)$  表示新的宽频带传递特征,  $\text{Mag}(\omega)$  表示二次侧频域对称信号的幅频特性,  $A_1(\omega)$  表示新宽频带传递特征的幅频特性,  $e$  表示自然常数,  $i$  表示虚数单位,  $\text{Pha}(\omega)$  表示二次侧频域对称信号的相频特性,  $\phi_1(\omega)$  表示新宽频带传递特征的相频特性,  $\text{fft}(\cdot)$  表示快速傅里叶变换,  $V_2(t)$  表示以固定频率测量得到的二次侧电压。

13.一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求1至5任一项所述的对电能质量的实时分析方法的步骤。

14.一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至5任一项所述的对电能质量的实时分析方法的步骤。

## 一种对电能质量的实时分析方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于电能质量分析技术领域,尤其涉及一种对电能质量的实时分析方法及系统。

### 背景技术

[0002] 随着科技与经济的快速发展,我国动车组的数量和速度也在不断提升,极大地改善了人们的交通出行问题,然而随着动车智能化需求越来越高,相应的大功率设备、不对称负荷及其他非线性负荷容量也越来越多,使得配电网系统中的电压发生波形畸变、谐波及电压闪变等一系列问题,严重影响了供电系统的电能质量。

[0003] 电能质量的好坏与否直接关系到电网以及动车组的安全稳定运行,好的电能质量不仅能提高电气设备的使用效率,还能降低电网损耗。而不好的电能质量对电网的危害是巨大的,主要表现为:谐波电流侵入电力系统及动车组系统会加速变压器绝缘老化、引发电动机故障、缩短输电线路的寿命、影响通信设备的正常运行,严重的甚至会产生谐振,使得谐波电流剧增,造成电气设备的损坏,严重影响了电力系统及动车组的安全稳定运行无功电流侵入电力系统会导致牵引网侧电压降低,影响电气设备的正常使用,同时,牵引负荷所导致的较大无功缺额会使得无功补偿装置容量的增加,既增加了补偿成本,又使得无功补偿的难度加大。

[0004] 因此有必要对动车组配电网电能质量情况进行监测记录,掌控其电能质量运行情况,以电能质量数据为依据,为配电网产生的问题和解决通过数据支撑,从而保证动车组电能质量的合理、有效配置,进一步保证动车组的稳定、安全运行。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术中的上述不足,本发明提供一种对电能质量的实时分析方法及系统,解决了目前由于动车组获取到的过电压数据不准确从而导致电能质量计算不准确的问题。

[0006] 为了达到上述发明目的,第一方面,本发明提供了一种对电能质量的实时分析方法,包括以下步骤:

[0007] S1、获取高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ ;

[0008] S2、利用数据采集卡A/D采样,将所述电压模拟信号 $V_1(t)$ 和电流模拟信号 $V_1(t)$ 转换为电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ ;

[0009] S3、将所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ;

[0010] S4、对所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 进行抽样处理,并对抽样结果进行电能质量计算。

[0011] 第二方面,本发明提供了一种对电能质量的实时分析系统,包括采集模块、与所述采集模块连接且内部设置有数据采集卡的上位机、与所述上位机连接的重构模块以及与所

述重构模型连接的抽样模块；

[0012] 所述采集模块,用于获取高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ ；

[0013] 所述数据采集卡,用于进行A/D采样,将所述电压模拟信号 $V_1(t)$ 和电流模拟信号 $V_1(t)$ 转换为电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ ；

[0014] 所述重构模块,用于将所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ；

[0015] 所述抽样模块,用于对所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 进行抽样处理,并对抽样结果进行电能质量计算。

[0016] 第三方面,本发明提供了一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现所述的对电能质量的实时分析方法的步骤。

[0017] 第四方面,本发明提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现所述的对电能质量的实时分析方法的步骤。

[0018] 本发明的有益效果为：

[0019] 本发明基于电压互感器的宽频带传递特征,并利用重构算法准确获取动车组受电弓上的一次侧电压信号,以使能够准确地获取动车组的电能质量,以弥补动车组发生过电压时导致电能质量不准确的缺陷,从而能够精确掌握配电网中的电能质量,为配电网产生的问题和解决通过数据支撑。

## 附图说明

[0020] 图1为本发明的方法流程图。

[0021] 图2为本发明中步骤S3的分步骤流程图。

[0022] 图3为本发明中步骤S301的分步骤流程图。

[0023] 图4为本发明中步骤S302的分步骤流程图。

[0024] 图5为本发明的系统结构示意图。

## 具体实施方式

[0025] 下面对本发明的具体实施方式进行描述,以便于本技术领域的技术人员理解本发明,但应该清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内,这些变化是显而易见的,一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

[0026] 本领域技术人员知道,本发明的实施方式可以实现一种方法、系统、电子设备或计算机程序产品,因此,本发明可以具体实现为以下形式,即:完全的硬件、完全的软件(包括固件、微代码、驻留软件等),或硬件和软件结合的形式。

[0027] 实施例1

[0028] 如图1所示,在本发明的实施例中,提供了一种对电能质量的实时分析方法,其实现方法如下：

[0029] S1、获取高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ ；

[0030] S2、利用数据采集卡A/D采样,将所述电压模拟信号 $V_1(t)$ 和电流模拟信号 $V_1(t)$ 转

换为电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ ；

[0031] S3、将所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ；

[0032] S4、对所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 进行抽样处理,并对抽样结果进行电能质量计算。

[0033] 本发明实施例中,将高频电流探头的输入端与高速动车组的电流互感副边连接,将分压器的输入端与高速动车组的电压互感器二次侧连接,利用高频电流探头获取高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ ,利用分压器获取高速动车组的电流信号 $I_1(t)$ ,将获取的高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ 传输至上位机内部的数据采集卡中,通过数据采集卡A/D采样功能将电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ 转换为采样信号(即:电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ ),并将该采样信号传输至上位机的主机内部,并对转换后得到的电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,重构得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ,再对重构后的电压信号 $V_2(n)$ 以及电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 以一定的抽样频率进行抽样处理并进行保存,得到抽样后的电压信号 $V(n)$ 和电流信号 $I(n)$ ,最后根据抽样得到的电压信号 $V(n)$ 和电流信号 $I(n)$ 进行电能质量的计算,以完成电能质量的分析,其中,对电能质量进行计算包括对电压有效值 $U_{RMS}$ 、电流有效值 $I_{RMS}$ 、瞬时功率 $W(i)$ 、有功功率 $P$ 、视在功率 $S$ 、无功功率 $Q$ 以及功率因数 $\cos\theta$ 的计算:

$$[0034] \quad U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} V^2(i)}$$

$$[0035] \quad I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} I^2(i)}$$

$$[0036] \quad W(i) = I(i), i=0,1,2,\dots,N-1$$

$$[0037] \quad P = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} V(i) * I(i)}$$

$$[0038] \quad S = U_{RMS} * I_{RMS}$$

$$[0039] \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$[0040] \quad \cos\theta = \frac{P}{S}$$

[0041] 其中, $U_{RMS}$ 表示电压有效值, $n$ 表示经过抽样后的电压信号 $V(n)$ 的长度, $i$ 表示0到 $n-1$ 之间的任何一个数, $V^2(i)$ 表示抽样后的电压信号中任何一个值的平方, $I_{RMS}$ 表示电流有效值, $I^2(i)$ 表示抽样后的电流信号 $I(n)$ 中任何一个值的平方, $W(i)$ 表示瞬时功率, $I(i)$ 表示抽样后的电流信号 $I(n)$ 中的任何一个值, $P$ 表示有功功率, $V(i)$ 表示抽样后的电压信号中的任何一个值, $S$ 表示视在功率, $Q$ 表示无功功率, $\cos\theta$ 表示功率因数。

[0042] 本发明实施例中,本发明基于对电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构来准确获取动车组受电弓上的电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ,从而获取准确的电能质量,以弥补动车组发生过电压时导致电能质量不准确的缺陷,从而能够精确掌握配电网中的电能质量,为配电网产生的问题和解决通过数据支撑。

[0043] 实施例2

[0044] 针对实施例1的步骤S3,如图2所示,其包括以下分步骤S301~S302:

[0045] S301、获取高速动车组电压互感器的宽频带传递特征;

[0046] S302、根据所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和宽频带传递特征,重构得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 。

[0047] 本发明实施例中,本发明基于高速动车组电压互感器宽频带传递特征,根据所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和宽频带传递特征,重构得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 。本发明从电压互感器宽频带传递特征出发,全面考虑电压互感器在高频(相对50Hz工频)时的非线性特性,能够获取更为准确的动车组过电压,为后续获取准确的电能质量提供数据支撑。

[0048] 实施例3

[0049] 针对实施例2的步骤S301,如图3所示,其包括以下分步骤S3011~S3016:

[0050] S3011、产生单频点正弦信号,将所述单频点正弦信号注入至电压互感器一次侧;

[0051] S3012、同时测量电压互感器一次侧和二次侧信号;

[0052] S3013、分别记录所述电压互感器一次侧和二次侧信号的幅值以及相位差,其中,所述相位差为该单频点的相频特性;

[0053] S3014、根据所述电压互感器一次侧和二次侧的幅值,确定电压互感器在该单频点的幅频特性;

[0054] S3015、以固定频率间隔改变信号频率,并判断频率信号是否达到预设的频率阈值,若是,则确定电压互感器在改变信号频率后的相频特性和幅频特性,并进入步骤S3016,否则,返回步骤S3011;

[0055] S3016、将得到的多个单频点幅频特性和相频特性根据频率递增排序组合,得到高速动车组电压互感器的宽频带传递特征,并进入步骤S302。

[0056] 本发明实施例中,需要说明的是:步骤S3012测量的二次侧信号是一次侧注入的单频点信号后二次侧的信号,步骤S2中的电压互感器二次侧电压信号是实际过电压信号。

[0057] 本发明实施例中,为获取动车组电压互感器宽频带传递特征,进行扫频测量。

[0058] 本发明实施例中,可采用信号发生器以及示波器进行扫频测量。以需获得电压互感器1MHz~5MHz之间的电压互感器的宽频带传递特征为例。通过信号发生器产生单频点正弦信号并注入到电压互感器一次侧,本发明可利用示波器同时测量电压互感器一次侧和二次侧信号,并记录一次侧和二次侧信号的幅值 $M_1$ 和 $M_2$ ,以及相位差 $\phi$ ,两者幅值相除(一次侧/二次侧)即为电压互感器在该单频点处的幅频特性 $A$ ,相位差 $\phi$ (一次侧相位减二次侧相位)即为该单频点的相频特性。即:

$$[0059] \quad A = \frac{M_1}{M_2}$$

[0060] 以一定的频率间隔改变信号频率,如以10kHz为间隔,递增到5MHz结束,若达到预设的频率阈值,则确定电压互感器在改变频率后的相频特性和幅频特性,并将1MHz~5MHz之间多个单频点幅频特性和相频特性根据频率递增排序组合,得到电压互感器1MHz~5MHz之间的电压互感器的宽频带传递特征 $H(\omega)$ ,包括电压互感器宽频带传递特征的幅频特性 $A(\omega)$ 和电压互感器宽频带传递特征的相频特性 $\phi(\omega)$ :

[0061]  $H(\omega) = A(\omega) * e^{i * \phi(\omega)}$

[0062] 其中,  $H(\omega)$  表示电压互感器的宽频带传递特征,  $A(\omega)$  表示电压互感器宽频带传递特征的幅频特性,  $e$  表示自然常数,  $i$  表示虚数单位,  $\phi(\omega)$  表示电压互感器宽频带传递特征的相频特性。

[0063] 本发明实施例中, 本发明首先确定一单频点的相频特性和幅频特性, 再以一定的频率间隔改变信号频率, 以获取改变信号频率后的相频特性和幅频特性, 并将多个单频点幅频特性和相频特性按频率递增进行排序组合, 以获取更为准确的电压互感器的宽频带传递特征, 为后续获取更为准确的过电压数据提供基础。

[0064] 实施例4

[0065] 针对实施例2的步骤S302, 如图4所示, 其包括以下分步骤S3021~S3024:

[0066] S3021、对所述电压互感器二次侧电压信号  $V_1(n)$  进行快速傅里叶变换, 得到二次侧频域信号, 并将所述二次侧频域信号转换为零频率点对称的二次侧频域对称信号;

[0067] S3022、对所述宽频带传递特征的负频率进行补充, 并对补充后的宽频带传递特征进行线性插值处理, 得到新的宽频带传递特征;

[0068] S3023、根据所述新的宽频带传递特征和二次侧频域对称信号, 计算得到一次侧频域信号;

[0069] S3024、对所述一次侧频域信号进行逆快速傅里叶变换, 重构得到电压互感器一次侧电压信号  $V_2(n)$ , 并对重构得到的电压互感器一次侧电压信号  $V_2(n)$  进行平滑处理。

[0070] 本发明实施例中, 根据上述已经测量得到的电压互感器宽频带传递特征和电压互感器二次侧电压信号  $V_1(n)$ , 利用重构算法重构得到电压互感器一次侧电压信号  $V_2(n)$ 。重构过程如下:

[0071] (1) 以一定的采样频率测量得到的电压互感器二次侧电压信号  $V_1(n)$  并保存, 对电压互感器二次侧电压信号  $V_1(n)$  进行快速傅里叶变换 (fft), 得到二次侧频域信号  $V_2(\omega)$ , 将此时的频域信号转换为关于零频率点对称的数据, 包括二次侧频域对称信号的幅频特性  $\text{Mag}(\omega)$ , 二次侧频域对称信号的相频特性  $\text{Pha}(\omega)$ , 其中采样频率不大于获取宽频带传递特征的最大信号频率。

[0072] (2) 上述测量得到的宽频带传递特征进行补充负频率部分, 保证频率分布关于零频点对称, 负频率与正频率的幅频特性相等, 相频特性相反。对补充负频率后的宽频带传递特征进行线性插值, 保证频率间隔与频率间隔相同, 最终得到新的宽频带传递特征  $H_1(\omega)$ , 包括新宽频带传递特征的幅频特性  $A_1(\omega)$  和新宽频带传递特征的相频特性  $\phi_1(\omega)$ 。

[0073] (3) 将二次侧频域对称信号与宽频带传递特征相乘, 即幅频特性相乘, 相频特性相加, 得到一次侧频域信号  $V_1(\omega)$ , 并将得到的一次侧频域信号进行逆快速傅里叶变换 (ifft) 即可得到一次侧电压信号  $V_2(n)$ 。

[0074] (4) 对重构得到的一次侧电压信号  $V_2(n)$  再利用平滑算法进行平滑处理, 消除数据振荡, 最终获取动车组过电压信号。

[0075] 本发明实施例中, 平滑算法包括但不限于 moving 平滑算法、局部回归平滑算法、局部加权回归平滑算法、SG 平滑算法、稳健局部回归平滑算法或稳健局部加权回归平滑算法。

[0076] 本发明实施例中, 重构过程包括快速傅里叶变换以及逆快速傅里叶变换, 将电压互感器二次侧电压信号  $V_1(n)$  进行快速傅里叶变换得到二次侧频域信号, 将二次侧频域信

号与宽频带传递特性进行相乘,即幅值相乘,相位相加得到一次侧频域信号,最后对一次侧频域信号进行逆快速傅里叶变换以及平滑处理得到过电压(时域)数据,即重构得到的电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 。

[0077] 本发明实施例中,根据电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 以及电压互感器宽频带传递特征,利用重构算法获得电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ,弥补了当前获取过电压方法无法考虑在宽频带内互感器的传递特征的缺陷,有效地改善了获取的过电压数据的准确度,为后续电能质量分析提供了数据支撑。

[0078] 实施例5

[0079] 针对实施例4中步骤S3024,其中电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 的表达式如下:

$$[0080] \quad V_2(n) = \text{ifft}(V_1(\omega))$$

$$[0081] \quad V_1(\omega) = V_2(\omega) * H_1(\omega) = \text{Mag}(\omega) * A_1(\omega) * e^{j*(\text{Pha}(\omega) + \phi_1(\omega))}$$

$$[0082] \quad H_1(\omega) = A_1(\omega) * e^{j*\phi_1(\omega)}$$

$$[0083] \quad V_2(\omega) = \text{fft}(V_2(t)) = \text{Mag}(\omega) * e^{i*\text{Pha}(\omega)}$$

[0084] 其中,  $\text{ifft}(\cdot)$  表示逆快速傅里叶变换,  $V_1(\omega)$  表示一次侧频域信号,  $V_2(\omega)$  表示二次侧频域对称信号,  $H_1(\omega)$  表示新的宽频带传递特征,  $\text{Mag}(\omega)$  表示二次侧频域对称信号的幅频特性,  $A_1(\omega)$  表示新宽频带传递特征的幅频特性,  $e$  表示自然常数,  $i$  表示虚数单位,  $\text{Pha}(\omega)$  表示二次侧频域对称信号的相频特性,  $\phi_1(\omega)$  表示新宽频带传递特征的相频特性,  $\text{fft}(\cdot)$  表示快速傅里叶变换。

[0085] 本发明实施例中,将电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行快速傅里叶变换得到二次侧频域信号,将二次侧频域信号与宽频带传递特性进行相乘,即幅值相乘,相位相加得到一次侧频域信号,最后对一次侧频域信号进行逆快速傅里叶变换以及平滑处理即得到过电压(时域)数据,即重构得到的电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 。

[0086] 综上,本发明实施例中,本发明根据电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 以及互感器宽频带传递特征,利用重构算法获得电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 。本发明弥补了当前获取过电压方法无法考虑在宽频带内电压互感器传递特性的缺陷,有效地改善了获取的过电压数据的准确度,同时本发明考虑了电压互感器宽频带内的传递特性,获取了更为准确的过电压数据,为后续进行电能质量分析提供了数据支撑。

[0087] 实施例6

[0088] 基于同一发明构思,本发明实施例还提供了一种对电能质量的实时分析系统,由于该系统解决的原理与对电能质量的实时分析方法相似,因此该系统的实施可以参见方法的实施,重复之处不在赘述。

[0089] 图5是本发明实施例中对电能质量的实时分析系统,如图5所示,对电能质量的实时分析系统,包括采集模块、与所述采集模块连接且内部设置有数据采集卡的上位机、与所述上位机连接的重构模块以及与所述重构模型连接的抽样模块;

[0090] 所述采集模块,用于获取高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ ;

[0091] 所述数据采集卡,用于进行A/D采样,将所述电压模拟信号 $V_1(t)$ 和电流模拟信号 $V_1(t)$ 转换为电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ ;

[0092] 所述重构模块,用于将所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,得到电压

互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ;

[0093] 所述抽样模块,用于对所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 进行抽样处理,并对抽样结果进行电能质量计算。

[0094] 在其中一种实施例中,还包括为所述上位机供电的电源模块;

[0095] 所述电源模块包括为所述上位机供电的UPS电源、与所述UPS电源连接的隔离变压器以及与所述隔离变压器连接的电源。

[0096] 在其中一种实施例中,所述采集模块包括高频电流探头和分压器;

[0097] 所述高频电流探头与高速动车组的电流互感器副边连接,所述分压器与高速动车组的电压互感器二次侧连接。

[0098] 本发明实施例中,将高频电流探头的输入端与高速动车组的电流互感副边连接,将分压器的输入端与高速动车组的电压互感器二次侧连接,利用高频电流探头获取高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ ,利用分压器获取高速动车组的电流信号 $I_1(t)$ ,将获取的高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ 传输至上位机内部的数据采集卡中,通过数据采集卡A/D采样功能将电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ 转换为采样信号(即:电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ ),并将该采样信号传输至上位机的主机内部,并对转换后得到的电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,重构得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ,再对重构后的电压信号 $V_2(n)$ 以及电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 以一定的抽样频率进行抽样处理并进行保存,得到抽样后的电压信号 $V(n)$ 和电流信号 $I(n)$ ,最后根据抽样得到的电压信号 $V(n)$ 和电流信号 $I(n)$ 进行电能质量的计算,以完成电能质量的分析。

[0099] 本发明实施例中,利用UPS电源为上位机进行供电。

[0100] 本发明实施例中,利用电源为隔离变压器进行供电,隔离变压器用于稳定电压,避免供电电压波动对设备产生影响。

[0101] 在其中一种实施例中,所述重构模块包括:

[0102] 获取单元,用于获取高速动车组电压互感器的宽频带传递特征;

[0103] 重构单元,用于根据所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和宽频带传递特征,重构得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 。

[0104] 在其中一种实施例中,所述获取单元包括:

[0105] 信号产生子单元,用于产生单频点正弦信号,将所述单频点正弦信号注入至电压互感器一次侧;

[0106] 第一计算子单元,用于同时测量电压互感器一次侧和二次侧信号;

[0107] 第二计算子单元,用于分别记录所述电压互感器一次侧和二次侧信号的幅值以及相位差,其中,所述相位差为该单频点的相频特性;

[0108] 第三计算子单元,用于根据所述电压互感器一次侧和二次侧的幅值,确定电压互感器在该单频点的幅频特性;

[0109] 判断子单元,用于以固定频率间隔改变信号频率,并判断频率信号是否达到预设的频率阈值,若是,则确定电压互感器在改变信号频率后的相频特性和幅频特性,否则,继续迭代;

[0110] 第四计算子单元,用于将得到的多个单频点幅频特性和相频特性根据频率递增排序组合,得到高速动车组电压互感器的宽频带传递特征。

[0111] 在其中一种实施例中,所述重构单元包括:

[0112] 第五计算子单元,用于对所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行快速傅里叶变换,得到二次侧频域信号,并将所述二次侧频域信号转换为零频率点对称的二次侧频域对称信号;

[0113] 第六计算子单元,用于对所述宽频带传递特征的负频率进行补充,并对补充后的宽频带传递特征进行线性插值处理,得到新的宽频带传递特征;

[0114] 第七计算子单元,用于根据所述新的宽频带传递特征和二次侧频域对称信号,计算得到一次侧频域信号;

[0115] 第八计算子单元,用于对所述一次侧频域信号进行逆快速傅里叶变换,重构得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ,并对重构得到的电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 进行平滑处理。

[0116] 在其中一种实施例中,所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 的表达式如下:

[0117]  $V_2(n) = \text{ifft}(V_1(\omega))$

[0118]  $V_1(\omega) = V_2(\omega) * H_1(\omega) = \text{Mag}(\omega) * A_1(\omega) * e^{i*(\text{Pha}(\omega) + \phi_1(\omega))}$

[0119]  $H_1(\omega) = A_1(\omega) * e^{i*\phi_1(\omega)}$

[0120]  $V_2(\omega) = \text{fft}(V_2(t)) = \text{Mag}(\omega) * e^{i*\text{Pha}(\omega)}$

[0121] 其中,  $\text{ifft}(\cdot)$  表示逆快速傅里叶变换,  $V_1(\omega)$  表示一次侧频域信号,  $V_2(\omega)$  表示二次侧频域对称信号,  $H_1(\omega)$  表示新的宽频带传递特征,  $\text{Mag}(\omega)$  表示二次侧频域对称信号的幅频特性,  $A_1(\omega)$  表示新宽频带传递特征的幅频特性,  $e$  表示自然常数,  $i$  表示虚数单位,  $\text{Pha}(\omega)$  表示二次侧频域对称信号的相频特性,  $\phi_1(\omega)$  表示新宽频带传递特征的相频特性,  $\text{fft}(\cdot)$  表示快速傅里叶变换,  $V_2(t)$  表示以固定频率测量得到的二次侧电压。

[0122] 本发明实施例中,本申请可以根据对电能质量的实时分析方法进行功能单元的划分,例如可以将各个功能划分为各个功能单元,也可以将两个或两个以上的功能集成在一个处理单元中。上述集成单元即可以采用硬件的形式来实现,也可以采用软件功能单元的形式来实现。需要说明的是,本发明中对单元的划分是示意性的,仅仅为一种逻辑划分,实际实现时可以有另外的划分方式。

[0123] 本发明实施例中,对电能质量的实时分析系统为了实现对电能质量的实时分析方法的原理与有益效果,其包含了执行各个功能相应的硬件结构和/或软件模块。本领域技术人员应该很容易意识到,结合本发明所公开的实施例描述的各示意单元及算法步骤,本发明能够以硬件和/或硬件和计算机软件结合的形式来实现,某个功能以硬件还是计算机软件驱动的方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件,可以对每个特定的应用来使用不同的方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

[0124] 综上,本发明实施例中的对电能质量的实时分析系统,本发明基于电压互感器的宽频带传递特征,并利用重构算法准确获取动车组受电弓上的一次侧电压信号,以更准确地获取动车组的电能质量,以弥补动车组发生过电压时导致电能质量不准确的缺陷,从而能够精确掌握配电网中的电能质量,为配电网产生的问题和解决通过数据支撑。

[0125] 实施例7

[0126] 本发明实施例提供了一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并在

处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现实施例1~5中任一项所述的对电能质量的实时分析方法的步骤,例如,处理器执行计算机程序时可实现如下内容:

[0127] S1、获取高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ ;

[0128] S2、利用数据采集卡A/D采样,将所述电压模拟信号 $V_1(t)$ 和电流模拟信号 $V_1(t)$ 转换为电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ ;

[0129] S3、将所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ;

[0130] S4、对所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 进行抽样处理,并对抽样结果进行电能质量计算。

[0131] 本实施例中,电子设备可以包括:处理器,存储器,总线和通信接口,处理器、通信接口和存储器通过总线连接,存储器中存储有可在处理器上运行的计算机程序,处理器运行该计算机程序时执行本申请前述实施例1~5任一所提供的对电能质量的实时分析方法的部分或全部步骤。

[0132] 综上,本发明实施例中的对电能质量的实时分析系统,本发明基于电压互感器的宽频带传递特征,并利用重构算法准确获取动车组受电弓上的一次侧电压信号,以更准确地获取动车组的电能质量,以弥补动车组发生过电压时导致电能质量不准确的缺陷,从而能够精确掌握配电网中的电能质量,为配电网产生的问题和解决通过数据支撑。

[0133] 实施例8

[0134] 本发明实施例提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现实施例1~5任一项所述的对电能质量的实时分析方法的步骤,例如,处理器执行程序时可以实现如下内容:

[0135] S1、获取高速动车组的电压信号 $V_1(t)$ 和电流信号 $I_1(t)$ ;

[0136] S2、利用数据采集卡A/D采样,将所述电压模拟信号 $V_1(t)$ 和电流模拟信号 $V_1(t)$ 转换为电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ ;

[0137] S3、将所述电压互感器二次侧电压信号 $V_1(n)$ 进行重构,得到电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ ;

[0138] S4、对所述电压互感器一次侧电压信号 $V_2(n)$ 和电流互感器电流信号 $I_1(n)$ 进行抽样处理,并对抽样结果进行电能质量计算。

[0139] 综上,本发明实施例中的对电能质量的实时分析系统,本发明基于电压互感器的宽频带传递特征,并利用重构算法准确获取动车组受电弓上的一次侧电压信号,以更准确地获取动车组的电能质量,以弥补动车组发生过电压时导致电能质量不准确的缺陷,从而能够精确掌握配电网中的电能质量,为配电网产生的问题和解决通过数据支撑。

[0140] 上述计算机可读存储介质可以由任何类型的易失性或非易失性存储设备或他们的组合实现,如静态随机存取存储器(SRAM),可擦除可维和只读存储器(EEPROM),可擦除可编程只读存储器(EPROM),可编程只读存储器(PROM),只读存储器(ROM),磁存储器,快闪存储器,磁盘或光盘,可读存储介质可以是通用或专用计算机能够存取的任何可用介质。可读存储介质耦合至处理器,从而使处理器能够从该可读存储介质读取信息,且可向该可读存储介质写入信息,可读存储介质也可以是处理器组成部分,处理器和可读存储介质可以

位于专用集成电路 (ASIC) 中,处理器和可读存储介质也可以作为分立组件存在于对电能质量的实时分析系统中。

[0141] 本发明实施例可提供为方法、装置、或计算机程序产品,因此,本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且本发明可采用一个或多个其中包括有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。参照根据本发明实施例的方法、设备(装置)、和计算机程序产品的流程和/或方框图来描述的,应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中每一流程和/或方框图、以及流程图和/或方框图的结合,可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。这些计算机程序指令也可装到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图中一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0142] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

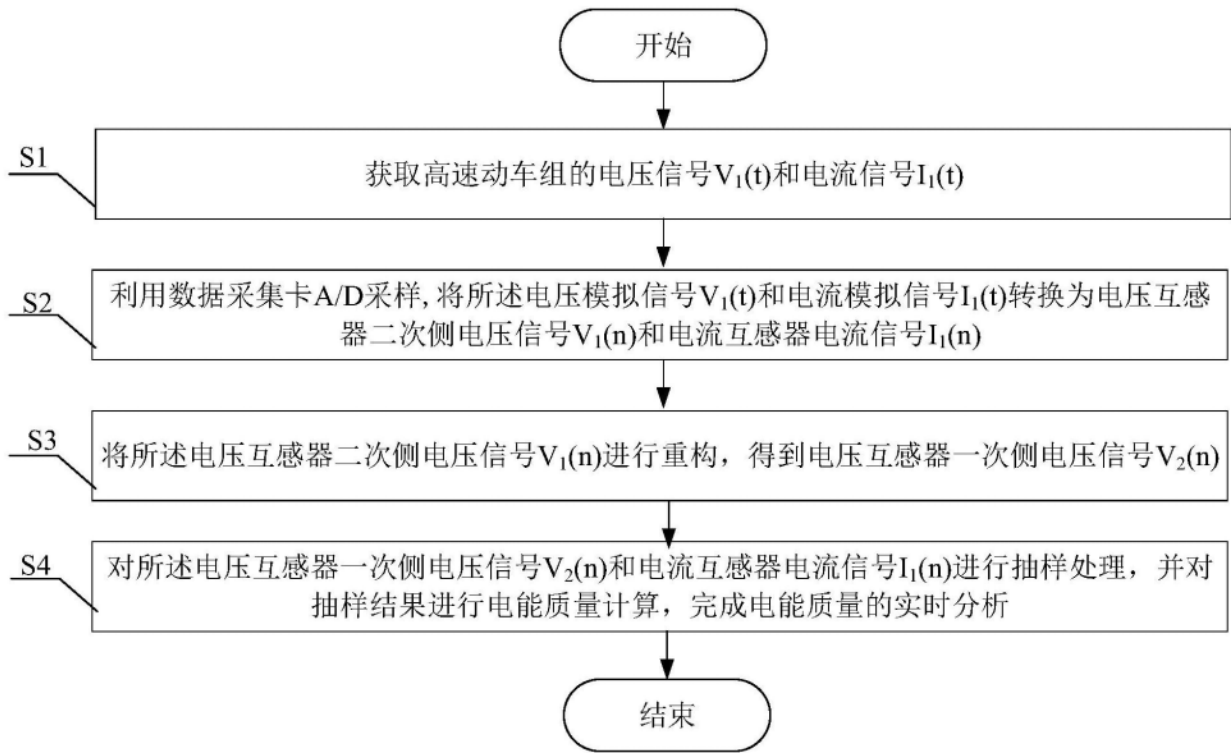


图1

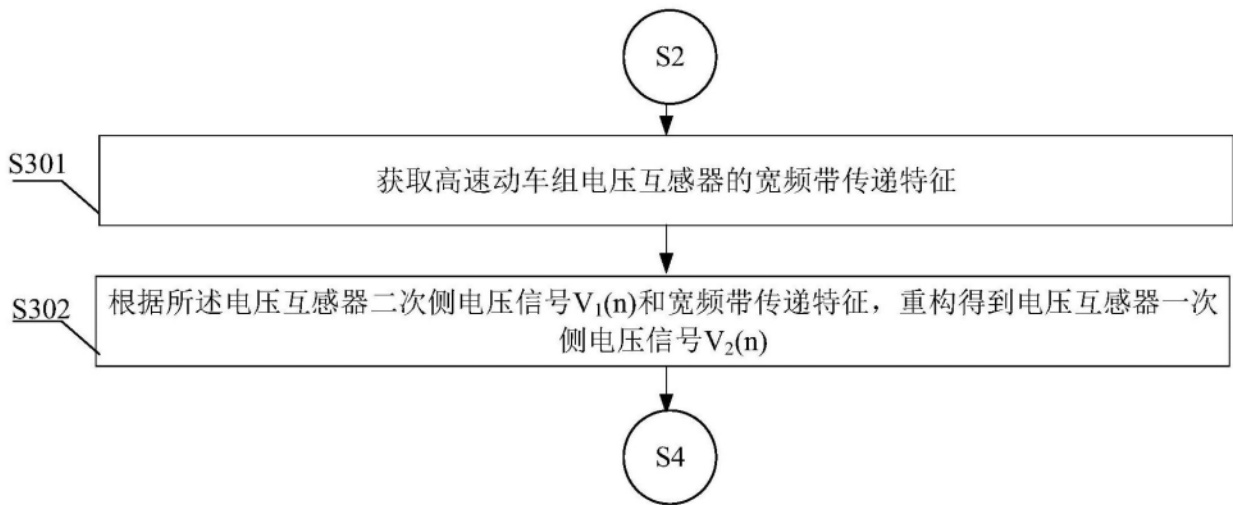


图2

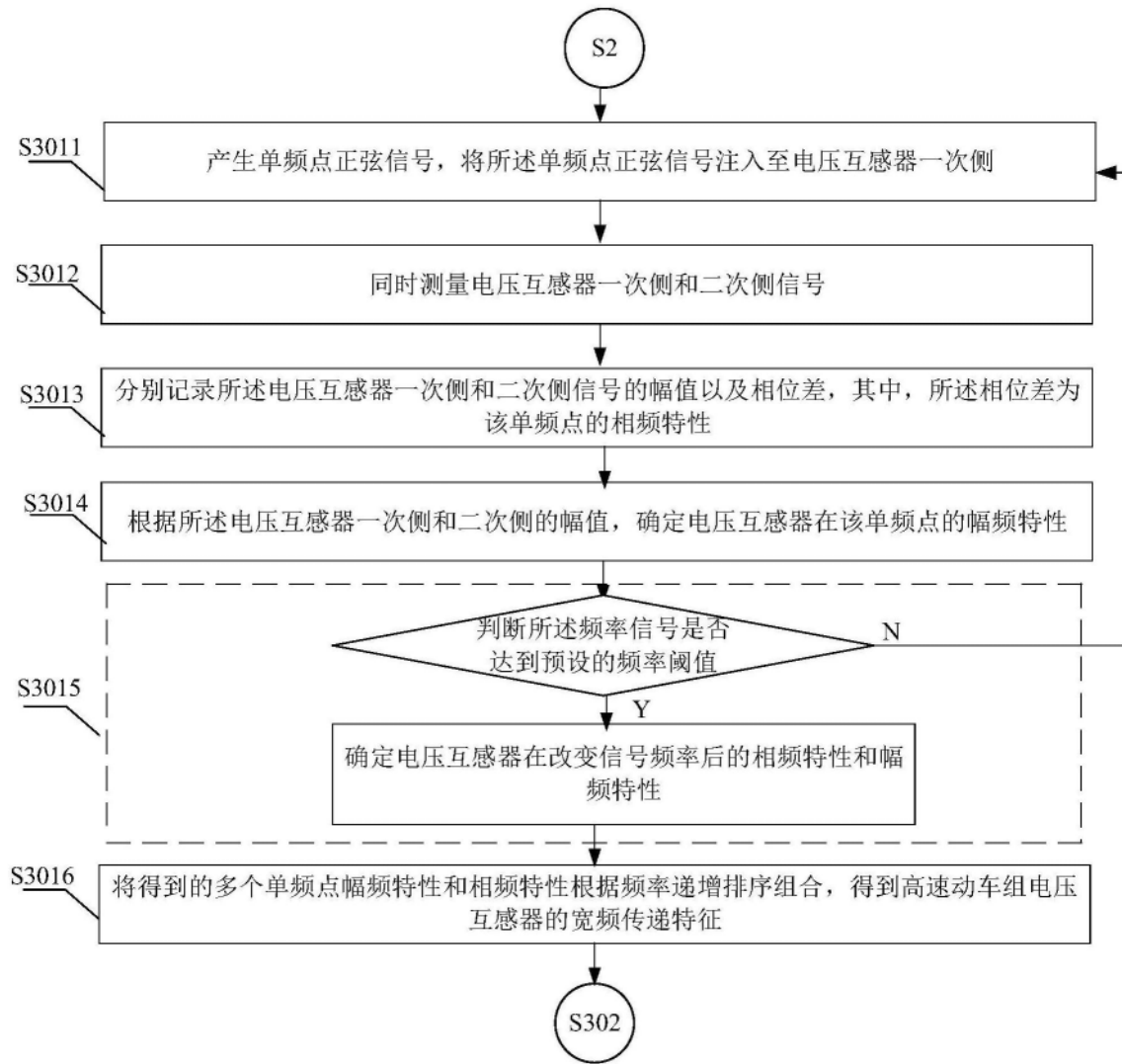


图3

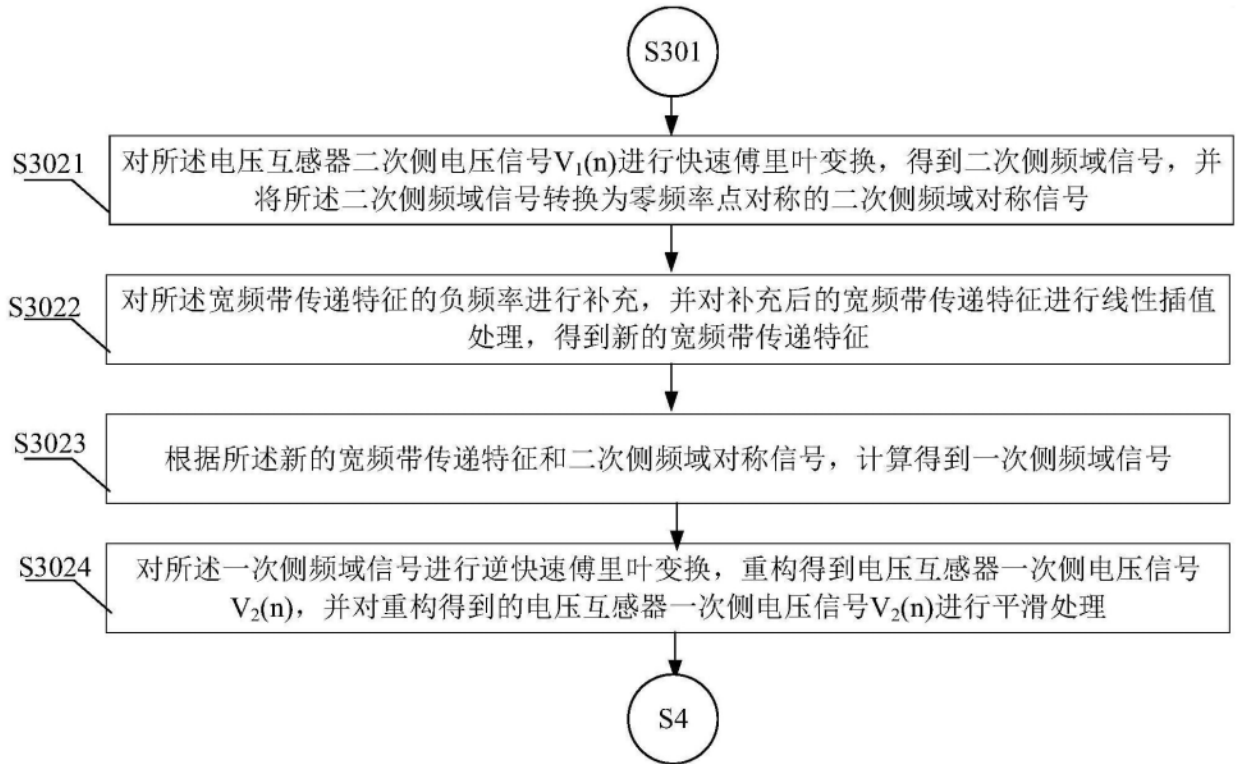


图4

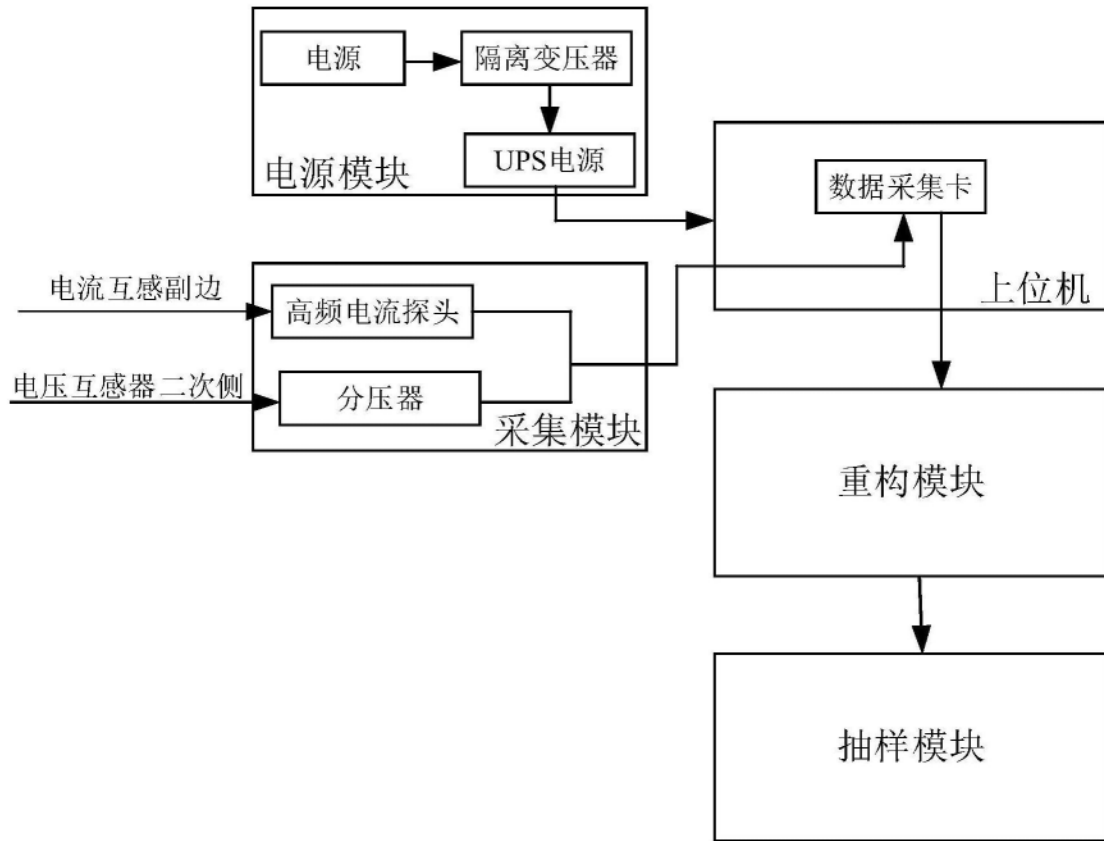


图5