



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111505375 A

(43)申请公布日 2020.08.07

(21)申请号 202010304298.0

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2020.04.17

G01R 23/02(2006.01)

G01R 1/30(2006.01)

(71)申请人 许继集团有限公司

地址 461000 河南省许昌市许继大道1298号

申请人 许继电气股份有限公司
许昌许继软件技术有限公司
国网上海市电力公司
国家电网有限公司

(72)发明人 余高旺 杨凯 蔺立 朱建斌

方陈 刘舒 曹雪兰 尹明
白申义 龚赟 王莉 许圣龙

(74)专利代理机构 北京中政联科专利代理事务所(普通合伙) 11489

代理人 陈超

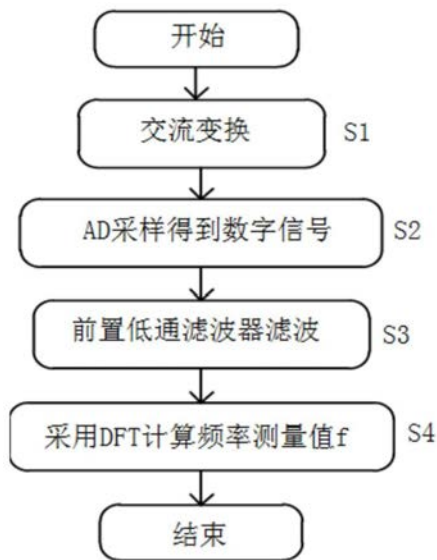
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种频率测量方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种频率测量方法及装置,利用前置低通滤波器和后置低通滤波器互相配合滤除不同次数的谐波分量,来替代高阶前置低通滤波器,大大降低了数字低通滤波器对嵌入式装置计算资源的占用,提升信号动态条件下频率测量精度和跟踪能力,最终得到精准的实际频率,有效地解决了嵌入式装置中测频的计算效率和计算精度问题。



1. 一种频率测量方法,包括:
检测电力系统中三相电压或三相电流,获得模拟检测信号;
将模拟检测信号转化为离散检测信号;
将离散检测信号通过前置低通滤波器进行第一次滤波;
对滤波后的离散检测信号进行离散傅里叶变换计算正序电压或正序电流,根据正序电压或正序电流等时间间隔计算频率,得到测量频率值序列;
测量频率值序列通过后置低通滤波器进行第二次滤波,得到频率值。
2. 根据权利要求1所述的频率测量方法,其中所述前置低通滤波器和所述后置低通滤波器分别滤除不同次数的谐波分量。
3. 根据权利要求2所述的频率测量方法,其中所述前置低通滤波器的阻带截止频率高于所述后置低通滤波器的阻带截止频率。
4. 根据权利要求1-3中任一项所述的频率测量方法,其中所述前置低通滤波器或/和所述后置低通滤波器采用数字式FIR低通滤波器。
5. 一种频率测量装置,包括
检测单元,用于检测电力系统中三相电压或三相电流,获得模拟检测信号;
AD采样回路,用于将模拟检测信号转化为离散检测信号;
前置低通滤波器,用于对离散检测信号进行第一次滤波;
计算单元,用于对滤波后的离散检测信号进行离散傅里叶变换计算正序电压或正序电流,根据正序电压或正序电流等时间间隔计算频率,得到测量频率值序列;
后置低通滤波器,用于对测量频率值序列进行第二次滤波,得到频率值。
6. 根据权利要求5所述的频率测量装置,其中所述前置低通滤波器和所述后置低通滤波器分别滤除不同次数的谐波分量。
7. 根据权利要求6所述的频率测量装置,其中所述前置低通滤波器的阻带截止频率高于所述后置低通滤波器的阻带截止频率。
8. 根据权利要求5-7中任一项所述的频率测量装置,其中所述前置低通滤波器或/和所述后置低通滤波器采用数字式FIR低通滤波器。

一种频率测量方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电力领域,特别地,涉及电力系统中频率测量方法及装置。

背景技术

[0002] 在电力领域,频率测量是保护装置、测控装置、同步相量测量装置等变电站嵌入式装置的基础。目前频率测量方法可分为硬件频率测量法和软件频率测量法两类。因为硬件频率测量法通过滤波整形电路和锁相环实现,需要一定的成本,并且实现较复杂,不适应电力系统二次设备的发展方向,应用越来越少。软件频率测量法有过零点频率测量法、最小二乘法、小波分析法、傅里叶频率测量法等。傅里叶频率测量法有一定的滤波能力,在嵌入式装置中有较好的应用。基本原理为求出2个相邻数据窗间的相角差,当频率变化时,可根据相角差求出频率的变化。当信号含有限整次谐波污染时,频率误差会增大,且谐波含量越大,测频的结果误差越大。为了减少误差,实际应用中需要精细设计前置低通滤波器。

[0003] 图1是现有技术中傅里叶频率测量法的流程图,该方法包括:

[0004] S1:交流变换电路对输入的三相电压模拟信号进行交流变换,转换为5V的弱电信号;

[0005] S2:AD转换电路将三相电压模拟信号转换为三相电压离散信号 $u_a(k)$, $u_b(k)$, $u_c(k)$;

[0006] S3:三相电压离散信号 $u_a(k)$, $u_b(k)$, $u_c(k)$ 经过前置低通滤波器后滤除谐波,得到滤波后的三相电压离散信号 $u'_a(k)$, $u'_b(k)$, $u'_c(k)$;

[0007] S4:滤波后的三相电压离散信号 $u'_a(k)$, $u'_b(k)$, $u'_c(k)$ 采用离散傅里叶变换(DFT)计算得到频率值 f 。

[0008] 常见的低通滤波器能非常有效的滤除高次谐波,但是对于2次~5次等低次谐波的滤除需要高阶的滤波器,对嵌入式装置的计算带来非常大的压力。如果采用迭代求平均值的方法减少误差,在稳态情况下,这些方法能达到非常高的精度,但是信号动态变化时,频率跟踪性能不好。而且当需要抑制的谐波成份较多时,前置滤波器的阶数较高,占用较多的嵌入式装置计算资源,并且响应时间较长,影响频率跟踪性能。因此,有必要发明一种适用于嵌入式装置的频率测量方法及装置。

发明内容

[0009] (一)发明目的

[0010] 本发明的目的是提供一种频率测量方法及装置,通过增加数字式后置滤波器,使前置滤波器和后置滤波器互相配合,达到最佳的滤波效果,减少对嵌入式装置中计算资源的占用,提升信号动态条件下频率测量精度和跟踪能力。

[0011] (二)技术方案

[0012] 为解决上述问题,本发明的一个方面提供了一种频率测量方法,包括检测电力系统中三相电压或三相电流,获得模拟检测信号;将模拟检测信号转化为离散检测信号;将离

散检测信号通过前置低通滤波器进行第一次滤波;对滤波后的离散检测信号进行离散傅里叶变换计算正序电压或正序电流,根据正序电压或正序电流等时间间隔计算频率,得到测量频率值序列;测量频率值序列通过后置低通滤波器进行第二次滤波,得到频率值。

[0013] 根据本发明的一个方面,所述前置低通滤波器和所述后置低通滤波器分别滤除不同次数的谐波分量。

[0014] 根据本发明的一个方面,所述前置低通滤波器的阻带截止频率高于所述后置低通滤波器的阻带截止频率。

[0015] 根据本发明的一个方面,所述前置低通滤波器或/和所述后置低通滤波器采用数字式FIR低通滤波器。

[0016] 本发明的另一个方面,提供了一种频率测量装置,包括检测单元,用于检测电力系统中三相电压或三相电流,获得模拟检测信号;AD采样回路,用于将模拟检测信号转化为离散检测信号;前置低通滤波器,用于对离散检测信号进行第一次滤波;计算单元,用于对滤波后的离散检测信号进行离散傅里叶变换计算正序电压或正序电流,根据正序电压或正序电流等时间间隔计算频率,得到测量频率值序列;后置低通滤波器,用于对测量频率值序列进行第二次滤波,得到频率值。

[0017] 根据本发明的另一个方面,所述前置低通滤波器和所述后置低通滤波器分别滤除不同次数的谐波分量。

[0018] 根据本发明的另一个方面,所述前置低通滤波器的阻带截止频率高于所述后置低通滤波器的阻带截止频率。

[0019] 根据本发明的另一个方面,所述前置低通滤波器或/和所述后置低通滤波器采用数字式FIR低通滤波器。

[0020] (三)有益效果

[0021] 本发明利用前置低通滤波器和后置低通滤波器互相配合滤除不同次数的谐波分量,来替代高阶前置低通滤波器,大大降低了数字低通滤波器对嵌入式装置计算资源的占用,提升信号动态条件下频率测量精度和跟踪能力,最终得到精准的实际频率,有效地解决了嵌入式装置中测频的计算效率和计算精度问题。

附图说明

[0022] 图1是现有技术中傅里叶频率测量法的流程图;

[0023] 图2是本申请的一个实施例提供的前置数字式低通滤波器的幅频响应图;

[0024] 图3是本申请的一个实施例提供的后置数字式低通滤波器的幅频响应图;

[0025] 图4是本申请的一个实施例提供的频率计算方法流程图。

具体实施方式

[0026] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明了,下面结合具体实施方式并参照附图,对本发明进一步详细说明。应该理解,这些描述只是示例性的,而并非要限制本发明的范围。此外,在以下说明中,省略了对公知结构和技术的描述,以避免不必要地混淆本发明的概念。

[0027] 以智能变电站中典型的4000Hz采样率为例。为了抑制谐波的影响,传统的离散傅

里叶变换 (DFT) 算法计算频率时需要在前端增加高阶的数字式低通滤波器。以滤除二次谐波分量为例,前置FIR低通滤波器往往在120阶以上,给嵌入式装置带来非常大的计算压力。本发明的一个实施例是一种频率计算方法,用一个低阶的前置低通滤波器滤除高次谐波,后续在频率的计算结果上增加一个后置低通滤波器消除低次谐波的影响。采用前置低通滤波器和后置低通滤波器相配合的方法,有效减少了计算量。

[0028] 前置数字式低通滤波器和后置低通滤波器的设计方法如下。在实际装置中,嵌入式装置的采样率为4000Hz,装置计算频率的速率为1000Hz,根据谐波抑制的需要同时兼顾计算效率,前置滤波器 and 后置滤波器需要互相配合,可以采用20阶前置数字式低通滤波器和40阶后置数字式低通滤波器。

[0029] 20阶前置数字式低通滤波器的设计参数为:阻带截止频率为400Hz,阻带衰减30dB。频率响应图如图2所示,得到滤波系数 $h(m)$ 的值如下:

[0030] $h(m) = [-0.02183968 \ -0.00729089 \ -0.00221872 \ 0.00841156 \ 0.02460379 \ 0.04527615 \ 0.06838147 \ 0.09103711 \ 0.11016914 \ 0.12295228 \ 0.12743347 \ 0.12295228 \ 0.11016914 \ 0.09103711 \ 0.06838147 \ 0.04527615 \ 0.02460379 \ 0.00841156 \ -0.00221872 \ -0.00729089 \ -0.02183968]$ 。

[0031] 40阶后置数字式低通滤波器的设计参数为:阻带截止频率为50Hz,阻带衰减28dB。频率响应图如图3所示,得到滤波系数 $h(n)$ 的值如下:

[0032] $h(n) = [-0.02121753 \ -0.00448691 \ -0.004201721 \ -0.00333874 \ -0.00176397 \ 0.00051964 \ 0.00353596 \ 0.00729981 \ 0.01175050 \ 0.01679081 \ 0.02230810 \ 0.02815189 \ 0.03414425 \ 0.04009611 \ 0.04580241 \ 0.05105413 \ 0.05565791 \ 0.05943935 \ 0.06225080 \ 0.06398373 \ 0.06456965 \ 0.06398373 \ 0.06225080 \ 0.05943935 \ 0.05565791 \ 0.05105413 \ 0.04580241 \ 0.04009611 \ 0.03414425 \ 0.02815189 \ 0.02230810 \ 0.01679081 \ 0.01175050 \ 0.00729981 \ 0.00353596 \ 0.00051964 \ -0.00176397 \ -0.00333874 \ -0.00420172 \ -0.00448691 \ -0.02121753]$ 。

[0033] 需要说明的是,在该实施例中,前置低通滤波器和后置低通滤波器可以是FIR低通滤波器,也可以是其他类型低通滤波器。前置低通滤波器和后置低通滤波器的阶数不限于20阶和40阶,本领域技术人员能够根据谐波抑制的需要同时兼顾计算效率进行设计,选取其他阶数。

[0034] 频率计算法的流程图参见图4,可以看出,该频率计算法包括以下步骤。

[0035] S1:输入的三相电压模拟信号经交流变换电路转换为5V的弱电信号;

[0036] S2:三相电压模拟信号经过AD采样回路转换为三相电压离散信号 $u_a(k)$, $u_b(k)$, $u_c(k)$;

[0037] S3:三相电压离散信号 $u_a(k)$, $u_b(k)$, $u_c(k)$ 经过前置低通滤波器后滤除高次谐波,得到滤波后的三相电压离散信号 $u'_a(k)$, $u'_b(k)$, $u'_c(k)$;

[0038] S4:滤波后的三相电压离散信号 $u'_a(k)$, $u'_b(k)$, $u'_c(k)$ 采用离散傅里叶变换(DFT)得到测量频率值序列 $f(0)$, $f(1)$, $f(2) \cdots f(k)$ 。

[0039] 具体计算方法为:采用离散傅里叶变换(DFT)计算三相电压,得到正序电压信号实部 $U_r(k)$ 和虚部 $U_i(k)$;间隔4个采样数据计算一次频率,即按照1000Hz的速率计算频率。在计算频率时,用间隔20毫秒的正序相量计算相位差,得到测量频率值序列 $f(0)$, $f(1)$, $f(2) \cdots f(k)$ 。

(k) ;

[0040] S5:测量频率值序列 $f(0), f(1), f(2) \cdots f(k)$ 经过后置低通滤波器 $h(n)$ 滤除低次谐波,得到频率值 f 。

[0041] 如果在前置滤波器上滤除所有谐波,假设滤波阶数为120阶,由于频率计算一般采用正序电压计算,因此现有技术中的离散傅里叶频率测量法需要运算3次120阶滤波器。本发明只需要运算3次20阶前置滤波器和1次40阶后置滤波器,相对于现有技术中的傅里叶频率测量法,本发明可以大大减少运算量。

[0042] 仿真验证和实际装置测试表明,经过前置和后置滤波器后,频率的计算误差小于0.002Hz,远低于传统的0.01Hz的频率测量误差。相对于现有技术中的傅里叶频率测量法,本发明有效地提高计算精度。

[0043] 本发明的另一个实施例是一种频率测量装置,包括检测单元、AD采样回路、前置低通滤波器、计算单元和后置低通滤波器。检测单元,用于检测电力系统中三相电压或电流,转换为5V的弱电信号;AD采样回路,用于将三相电压模拟信号离散化,转化为三相电压离散信号;前置低通滤波器,用于对三相电压离散信号进行第一次滤波,滤除高次谐波;计算单元,对滤波后的离散检测信号进行离散傅里叶变换计算正序电压或正序电流,根据正序电压或正序电流等时间间隔计算频率,得到测量频率值序列;用于对滤波后的三相电压离散信号进行离散傅里叶变换(DFT),计算正序电压,根据正序电压计算相位差,计算得到测量频率值序列;后置低通滤波器,用于对测量频率值序列进行第二次滤波,滤除低次谐波,得到频率值。

[0044] 前置低通滤波器和后置低通滤波器分别滤除不同次数的谐波分量。前置低通滤波器用于滤除高次谐波,后置低通滤波器滤除低次谐波,前置低通滤波器的阻带截止频率设计为高于所述后置低通滤波器的阻带截止频率。前置低通滤波器和后置低通滤波器可选数字式FIR低通滤波器。

[0045] 综上所述,本发明提供一种频率测量方法及装置,该方法通过将检测到的模拟检测信号转化为离散检测信号,通过前置低通滤波器进行第一次滤波;进行离散傅里叶变换计算正序电压或正序电流,根据正序电压或正序电流等时间间隔计算频率,得到测量频率值序列;通过后置低通滤波器进行第二次滤波,最后得到频率值。该装置则包括检测单元、AD采样回路、前置低通滤波器、计算单元和后置低通滤波器。本发明通过增加后置低通滤波器,利用前置低通滤波器和后置低通滤波器互相配合来滤除不同次数的谐波分量,降低装置中数字滤波器对计算资源的占用,提升信号动态条件下频率测量精度和跟踪能力,最终得到精准的实际频率,有效地解决了嵌入式装置测频的计算效率和计算精度问题。

[0046] 应当理解的是,本发明的上述具体实施方式仅仅用于示例性说明或解释本发明的原理,而不构成对本发明的限制。因此,在不偏离本发明的精神和范围的情况下所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。此外,本发明所附权利要求旨在涵盖落入所附权利要求范围和边界、或者这种范围和边界的等同形式内的全部变化和修改例。

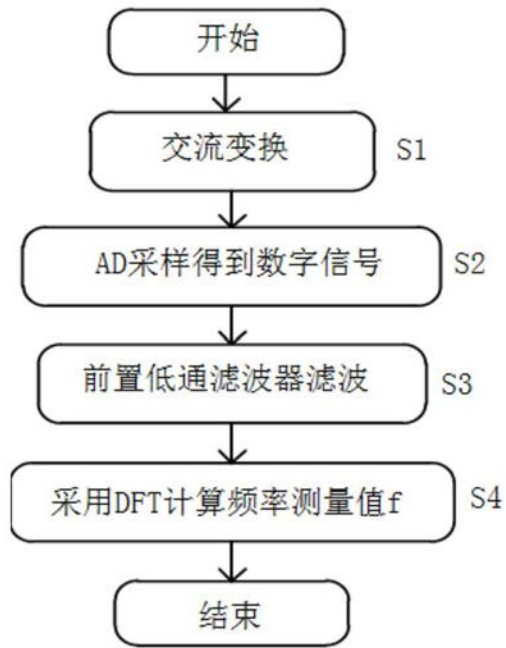


图1

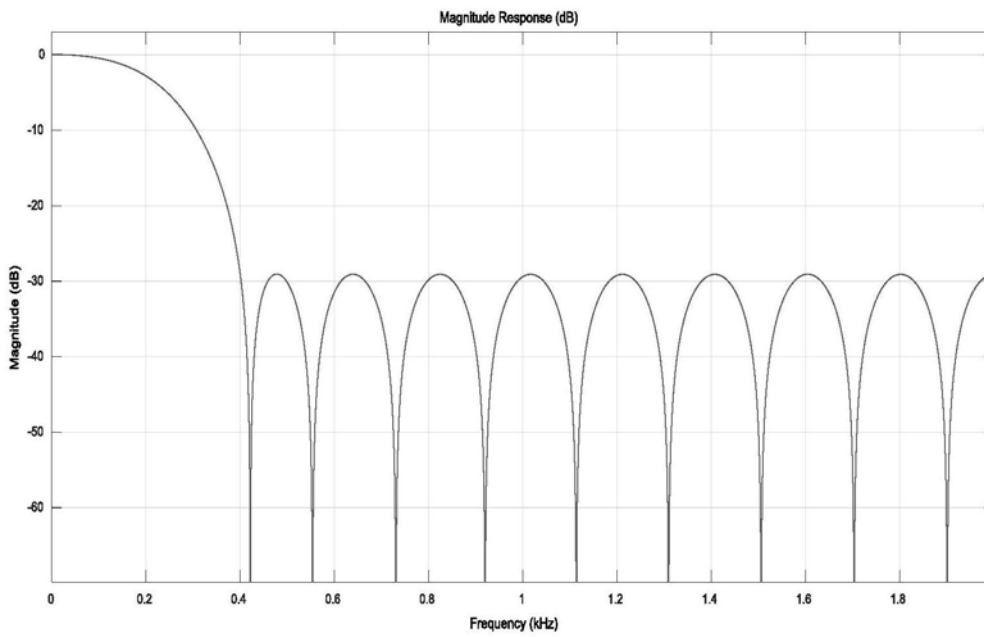


图2

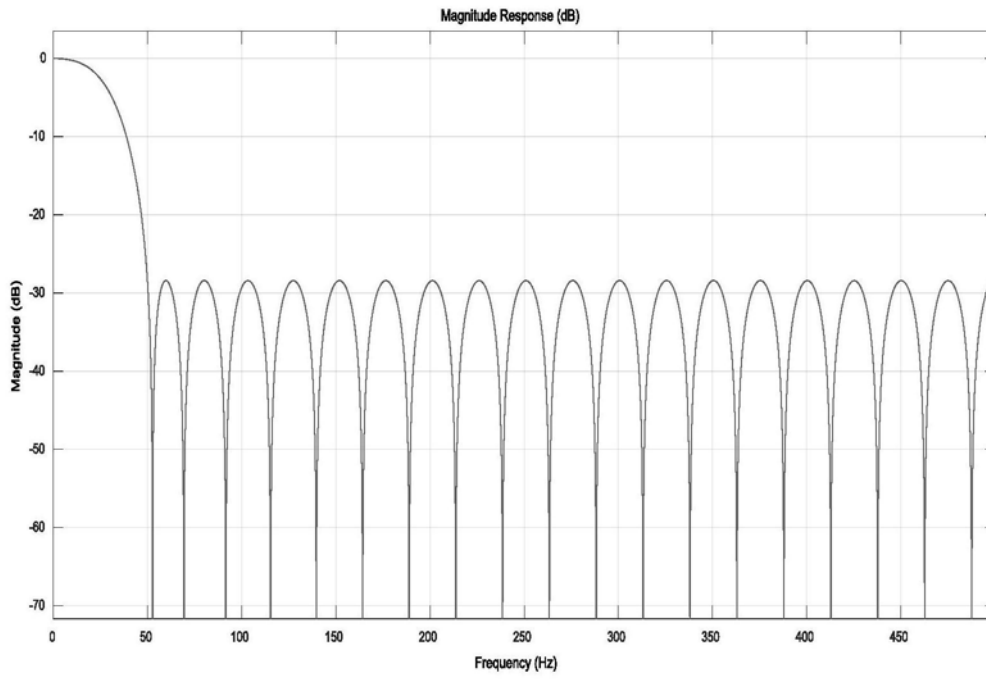


图3

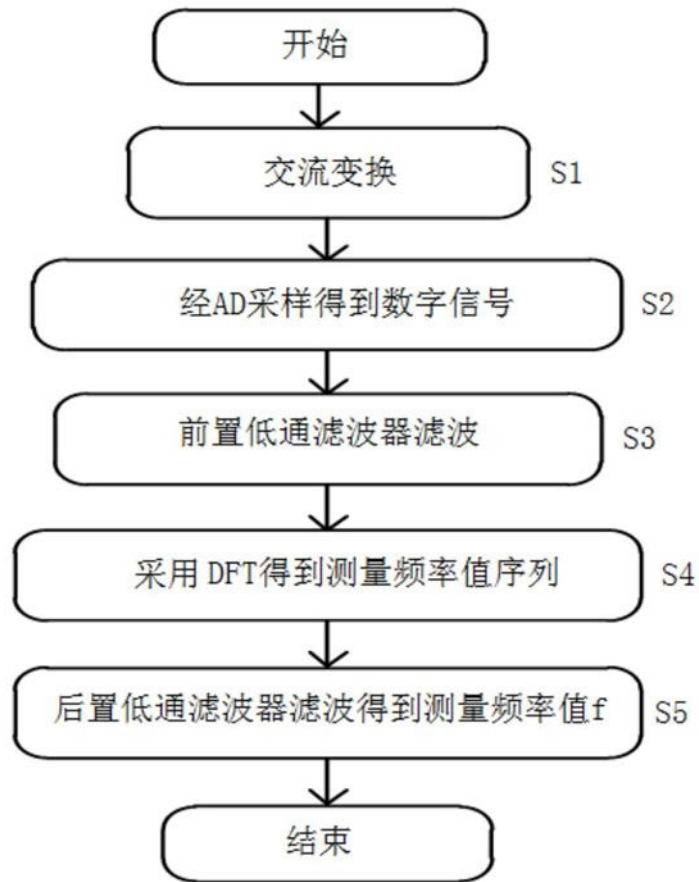


图4