

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01R 31/34 (2006.01)



# [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820219186. X

[45] 授权公告日 2009年8月5日

[11] 授权公告号 CN 201285434Y

[22] 申请日 2008.11.14

[21] 申请号 200820219186. X

[73] 专利权人 中国科学院沈阳自动化研究所  
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街114号

[72] 发明人 胡静涛 郭前进 高雷 李谦详  
胡河春 张吉龙 黄昊

[74] 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司  
代理人 许宗富

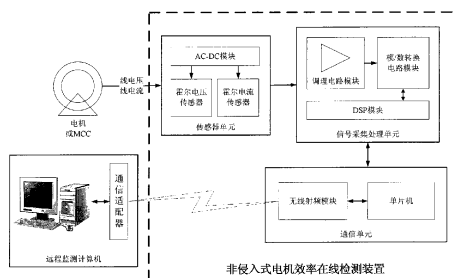
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## [54] 实用新型名称

非侵入式电机效率在线检测装置

## [57] 摘要

本实用新型涉及一种非侵入式电机效率在线检测装置，包括：传感器单元，将电机线电流、线电压信号转换为弱电压信号；信号采集处理单元，对从传感器单元得到的电压信号进行数字化，再经过运算处理得出监测结果发送给通信单元；通信单元，将接收到信号采集处理单元输出数据通过无线网络发送给监测计算机；方法包括：上电初始化；进行原始数据采集；计算各个电机的监测参数；将监测参数的计算结果发送给通信电路板；修改电机的配置参数；判断是否接收到原始数据帧，如接收到，则采集相应原始数据，并发送；返回进行原始数据采集步骤，循环执行。本实用新型可以快速建立完善的在线电机状态监测系统、安装简单，减小了安装监测系统所需要的工作量。



1. 一种非侵入式电机效率在线检测装置, 其特征在于包括:  
传感器单元, 将采集到的电机线电流、线电压信号转换为弱电压信号;  
信号采集处理单元, 对从传感器单元得到的电压信号进行数字化, 再经过运算处理得出监测结果发送给通信单元;  
通信单元, 将接收到信号采集处理单元输出数据通过无线网络发送给监测计算机, 并将监测计算机反馈的控制信息转发给信号采集处理单元;
2. 按权利要求1所述的非侵入式电机效率在线检测装置, 其特征在于: 所述传感器单元包括AC-DC模块、霍尔电压传感器以及霍尔电流传感器, 其中AC-DC模块为各传感器供电, 并提供传感器单元输出信号的参考地电平; 霍尔电压传感器接于异步电机的两相电源线中以检测电机的线电压; 霍尔电流传感器的通孔穿于异步电机的单相电源线上以检测电机的线电流。
3. 按权利要求1所述的非侵入式电机效率在线检测装置, 其特征在于: 所述信号采集处理单元包括调理电路模块、模/数转换电路模块以及DSP模块, 其中调理电路模块用于将传感器单元输入的信号调理成所需的电压等级; 模/数转换电路模块以一频率连续从调理电路模块采集若干个电压信号, 构成等时间间隔的数字序列; DSP模块则对上述数字序列进行分析处理, 并将结果发送给通信单元。
4. 按权利要求3所述的非侵入式电机效率在线检测装置, 其特征在于: 所述调理电路模块包括由运算放大器构成的比例电路和隔离电路, 其中比例电路与从传感器输出的电压信号与信号采集处理单元的电平共地, 对输入的电压信号进行幅值缩放和电平抬升; 隔离电路为电压跟随器, 作为模/数转换电路模块输入端前的一级缓冲部件。
5. 按权利要求1所述的非侵入式电机效率在线检测装置, 其特征在于: 所述通信单元的核心为无线射频模块和单片机, 单片机运行无线协议栈, 控制无线射频模块的工作, 并提供串行通信接口支持。

## 非侵入式电机效率在线检测装置

### 技术领域

本实用新型涉及电机状态监测技术领域，具体地说是一种非侵入式电机效率在线检测装置。

### 背景技术

电机为风机、泵、压缩机、机床等各种设备提供动力，是工业生产中必不可少的动力驱动设备，在工业自动化系统中发挥着重要作用。电机也是工业生产中的主要耗能设备。然而由于电机技术水平落后、能效水平低、运行负载与额定负载不匹配、带故障运行、缺乏先进的能源管理方法等原因，目前我国工业生产中电机运行效率偏低、能源浪费严重，电机系统具有巨大的节能潜力。因此研究开发低成本电机在线监测方法和系统技术，是实施电机能源管理、实现中小型电机节能目标的关键。

现有的电机监测技术和手段都比较落后，大多数电机生产和使用厂家仍在使用电压表、电流表、转速表等仪表来进行检测和检修，这样不仅工作效率低、强度大，而且在工业节能改造过程中，也无法提供充足有效的电机运行数据，使得节能改造缺乏有效的科学依据。而且，在电机生产或使用厂家中，电机及其控制组件的布局都已经确定，这使得通常的监测装置安装起来工作量大，并且容易破坏设备的合理空间安排。

### 实用新型内容

针对现有技术中电机状态监测存在的无法提供充足有效的电机运行数据等缺陷，本实用新型要解决的技术问题是提供一种可实现对电机运行状态的在线监测，将监测数据上传至远程监测计算机，并支持远程监测计算机的控制操作的非侵入式电机效率在线检测装置。

为解决上述技术问题，本实用新型采用的技术方案是：

本实用新型一种非侵入式电机效率在线检测装置包括：传感器单元，将采集到的电机线电流、线电压信号转换为弱电压信号；信号采集处理单元，对从传感器单元得到的电压信号进行数字化，再经过运算处理得出监测结果发送给通信单元；通信单元，将接收到信号采集处理单元输出数据通过无线网络发送给监测计算机，并将监测计算机反馈的控制信息转发给信号采集处理单元。

所述传感器单元包括AC-DC模块、霍尔电压传感器以及霍尔电流传感器，其中AC-DC模块为各传感器供电，并提供传感器单元输出信号的参考地电平；霍尔电压传感器接于异步电机的两相电源线中以检测电机的线电压；霍尔电流传感器的通孔穿于异步电机的单相电源线上以检测电机的线电流；

所述信号采集处理单元包括调理电路模块、模/数转换电路模块以及DSP模块，其中调理电路模块用于将传感器单元输入的信号调理成所需的电压等级；模/数转换电路模块以一频率连续从调理电路模块采集若干个电压信号，构成等时间间隔的数字序列；DSP模块则对上述数字序列进行分析处理，并将结果发送给通信单元。

所述调理电路模块包括由运算放大器构成的比例电路和隔离电路，其中比例电路与从传感器输出的电压信号与信号采集处理单元的电平共地，对输入的电压信号进行幅值缩放和电平抬升；隔离电路为电压跟随器，作为模/数转换电路模块输入端前的一级缓冲部件。

所述通信单元的核心为无线射频模块和单片机，单片机运行无线协议栈，控制无线射频模块的工作，并提供串行通信接口支持。

本实用新型具有以下有益效果及优点：

1. 本实用新型采用在线的监测技术，能够迅速及时地反映出被监测电机的状态，为进行进一步的电机运行状况分析提供了充足的数据支持，应用本实用新型可以快速建立完善的在线电机状态监测系统；

2. 安装方式简单，对放置空间要求低，使得此装置应用起来非常方便，大大减小了安装监测系统所需要的工作量，降低了难度；

3. 本实用新型留有外接电流传感器接口，结合使用不同型号的分立式电流传感器，可以适用于各种规格的异步交流电机；

4. 本实用新型中的电流传感器为磁平衡式霍尔传感器，具有精度高、低温漂和抗干扰能力强的特点；同时应用了多种数据校验技术和提升计算精度的方法，保证了数据的高精度和准确性；

5. 本实用新型所使用的无线通信单元，采用的是基于 802.15.4 协议的无线射频技术，该技术具有低成本、短时延、高安全性、高网络容量的特点，这使得此装置可以作为分布式系统结构的底层监测站，由高层的监测计算机端对各个监测点进行统筹管理、监测显示以及进一步的分析处理；

6. 由于本实用新型采用的控制方法主要使用各种可靠算法来获得效率、损耗、功率、耗电量等各种电机的实际运行数据，降低了对数据获取环节上硬件的要求，不需要使用各种昂贵的测量仪器，成本较低；

#### 附图说明

图 1 为本实用新型整体结构框图；

图 2A、2B 为本实用新型中传感器电路原理图；

图 3 为本实用新型中信号采集处理电路的调理电路模块原理图；

图 4 为本实用新型采用的控制方法流程图；

图 5 为本实用新型采用的方法中 DSP 程序算法关系图；

图 6 为本实用新型采用的方法中 DSP 程序算法流程图；

#### 具体实施方式

本实用新型非侵入式电机效率在线检测装置是一种基于嵌入式计算和无线通信技术的监测装置及方法，支持分布式应用，具有较强的通用性。

如图1所示，本实用新型由传感器单元、信号采集处理单元以及通信单元三部分构成，三个单元所在的电路板通过线缆连接在一起，来完成信号获取、采集、处理和通信的所有功能。其中，传感器单元负责将本实用新型需要检测的电机线电压、线电流转换为易于测量的弱电压信号；信号采集处理单元，对从传感器单元得到的弱电压信号进行

采集, 将其数字化, 并根据采集到的数据进行运算, 得出所需要的各种监测结果发送给通信单元; 通信单元将接收到信号采集处理单元输出的数据通过无线网络发送给远程监测计算机, 并将监测计算机反馈的控制信息转发给信号采集处理单元。

下面对各单元进行详细介绍。

如图 1、图 2A、图 2B 所示, 传感器单元主要由霍尔电压传感器、霍尔电流传感器 (采用磁平衡式) 和用于给各传感器提供直流工作电压及参考地电平的 AC-DC 模块三部分组成。霍尔电压传感器共有两组, 用于测量与电机所连接的三相交流电的 A—B 和 C—A 两个线电压; 霍尔电流传感器也有两组, 用于检测电机 A 相和 B 相的定子线电流, 电机的定子连接电缆只需要从霍尔电流传感器的通孔中穿过, 即可从霍尔电流传感器的输出端子获得电缆中所流过电流对应的输出电压量。

如图 1 所示, 所述信号采集处理单元包括调理电路模块、模/数转换电路模块以及 DSP 模块 (本实施例采用 TMS320F2812), 其中调理电路模块用于将传感器单元输入的信号调理成所需的电压等级, 即将电压信号从  $-5V \sim 5V$  调理到  $0 \sim 3.3V$ ; 模/数转换电路模块以固定频率从调理电路模块采集电压信号, 连续采集若干次, 构成等时间间隔的数字序列; DSP 模块则对上述数字序列进行分析处理, 并将结果发送给通信单元。

如图 3 所示, 由于信号采集处理单元所使用的 DSP 模块外设电压为  $3.3V$ , 该电路板上的调理电路模块都选用单电源模块。调理电路模块主要由运算放大器构成的比例电路和隔离电路两部分组成, 从传感器单元输出的电压信号与信号采集处理电路板的电平共地, 在图 3 中表示为  $V_i$ ,  $V_i$  被比例电路进行幅值缩小, 同时, 因为所使用的运算放大器为单电源供电, 所以由偏置电压  $V_{of}$  将信号的电平抬升, 经过比例电路后, 待测信号已经成为  $0 \sim 3.3V$  的电压信号  $V_o'$ ; 隔离电路是一个电压跟随器, 所起的作用是在模数转换芯片输入端前增加一级缓冲, 并增大待测信号的驱动能力。

待测电压信号经过调理电路模块的调理之后, 进入高速模/数转换电路模块 (ADC) 的输入端, 模/数转换电路模块在 DSP 模块的控制下, 对输入的待测电压信号进行模/数转换, 并将结果返回给 DSP 模块。模/数转换电路模块每次以某个固定频率连续采样若干次, 这里该频率值和连续采样的次数都可以根据待测电机情况的不同, 而选择不同值。这组连续采样得到的数字序列即为后续进行所有运算的基础, 这里称之为“原始数据”。

如图 1 所示, 通信单元的核心为是一个基于 802.15.4 协议的 2.4G 无线射频模块 (本实施例采用 CC2420) 和单片机, 单片机运行无线协议栈, 控制无线射频模块的工作, 并提供串行通信接口支持。

DSP 模块运行算法实现及流程控制程序, 该程序流程图如图 4 所示, 其包括以下步骤:

上电初始化;

信号采集处理单元控制模/数转换电路模块进行原始数据采集;

计算各个电机的监测参数;

计算结束后则将上述监测参数的计算结果发送给通信电路板;

判断是否接收到参数配置帧, 如接收到, 则修改电机的配置参数;

判断是否接收到原始数据帧, 如接收到, 则采集相应原始数据, 并发送;

返回进行原始数据采集步骤，循环执行；

如果没有接收到原始数据请求帧，则返回进行原始数据采集步骤；如果没有接收到参数配置帧，则直接转至判断是否接收到原始数据请求帧步骤。

DSP 模块所运行的算法实现及流程控制程序的核心是电机状态参数计算部分，其中的算法关系如图 5 所示，据此关系编写的算法实现程序流程图如图 6 所示。首先对原始数据进行预处理，计算输入功率，计算电压电流有效值、视在功率和功率因数；然后依次计算转速和转矩，进而计算出输出功率和效率；最后进行电量累加计算。该部分仅根据电机工作时的电流、电压量，即可计算出常规电机监测中所要求的所有参数。

预处理：将数据采集模块得到的四路原始数据进行去均值处理，根据需要对数据重采样，并转换为对应的实际物理量。

输入功率：对各个采样点的瞬时输入功率求和，得到输入功率；

电流电压有效值：分别对各采样点的值求和，计算得到电机的两个线电压和两个线电流；

视在功率：根据电流电压有效值计算得出；

功率因数：根据输入功率和视在功率计算得到；

转速：由定子电流信号，利用齿谐波方法估算电机转速及转差率。此方法需要先计算出电压频率和同步转速，确定齿谐波的频带范围；

转矩：由电流电压有效值，利用气隙转矩法，估算电机输出转矩；

输出功率：根据转矩和转速计算得到；

效率：根据输入功率和输出功率计算得到；

电量：根据输入功率和采样周期等计算得到。

通信单元使用的无线射频模块是 CC2420，完全支持 802.15.4，以其为基础，选用的无线协议是 Zigbee 协议，所以单片机程序的基础部分是实现 Zigbee 协议功能的协议栈，它负责所有与 Zigbee 网络相关的功能，确保通信环节中无线链路的畅通。信息转发模块建立在 Zigbee 协议栈基础之上，它接收 DSP 发送过来的数据，然后利用协议栈的收发功能，将其通过无线网络发送出去，同时将从无线射频芯片接收到的信息转发给 DSP 模块。DSP 模块与监测计算机之间交互的信息类型有多种，而不同的信息类型对时延、应答等方面的要求不同，这些都由单片机状态维护模块来完成；它通过控制信息转发模块中的若干组状态机来完成收发不同类型信息的需求。

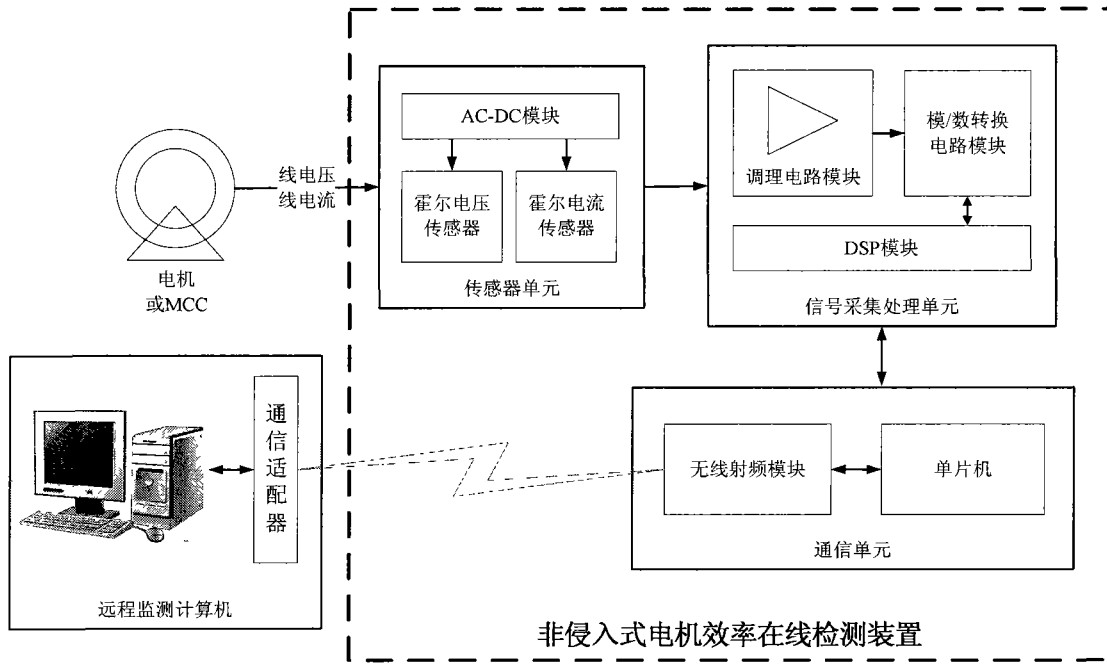


图 1

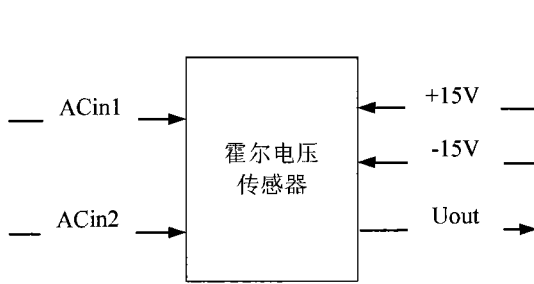


图 2A

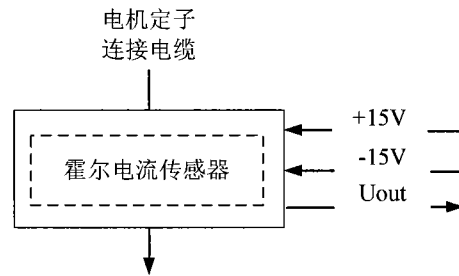


图 2B

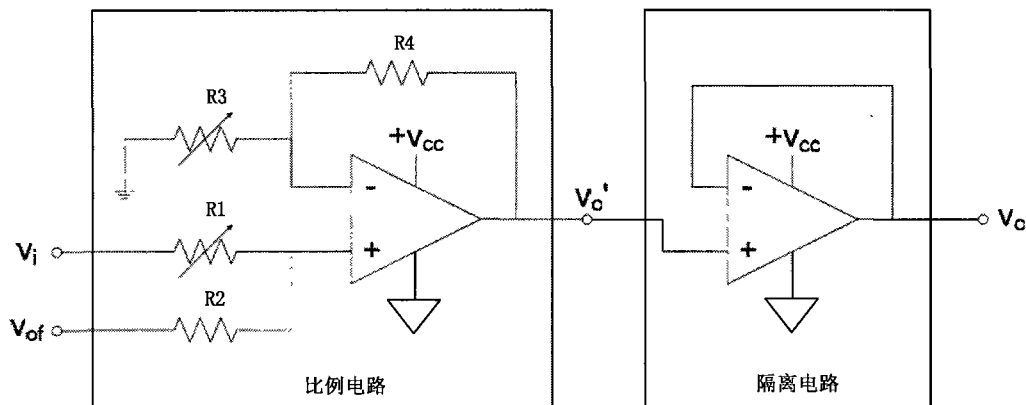


图 3

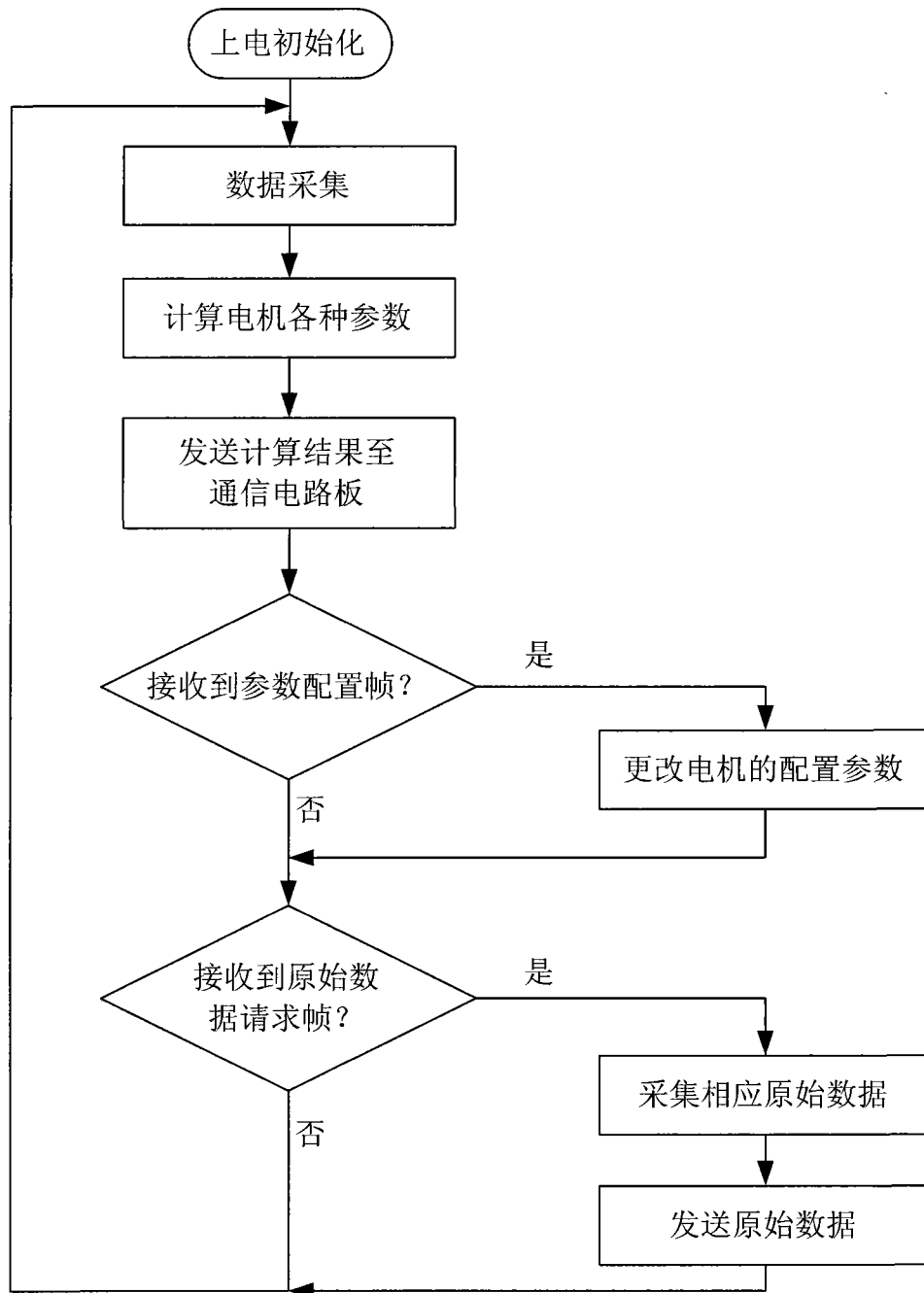


图4



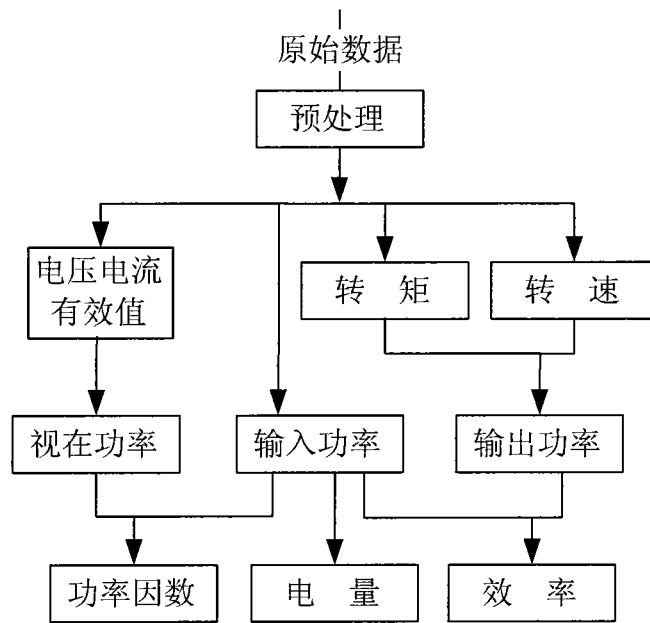


图5

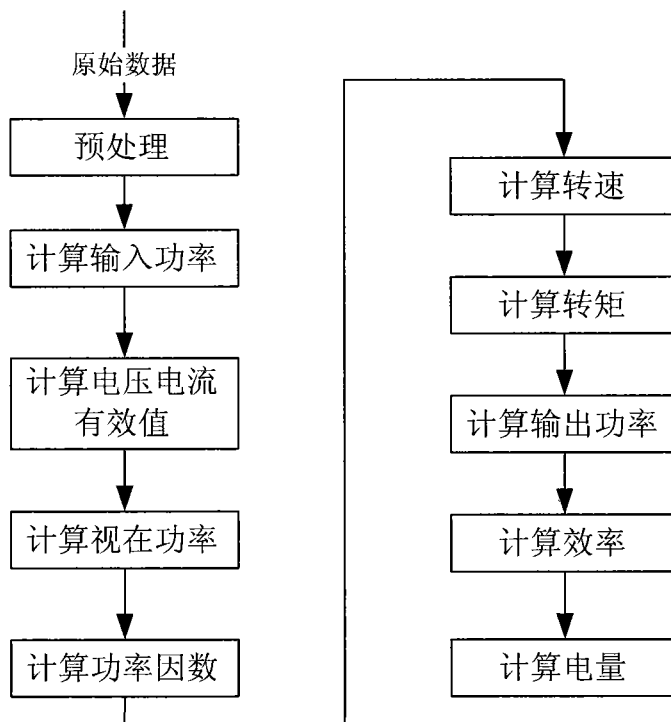


图6