

[应用研究]

计及谐波影响的电采暖控制器 控制方法研究及实现

文/中国农业大学 王文成 唐云峰 武雨 陈继鑫 洪云 吴国平

近年来,我国连续采取大气污染治理措施,空气中主要污染物浓度逐年下降,但大气污染物排放总量仍然超过环境容量,冬天雾霾天气频发,给人们的日常生产和生活带来不便。空气质量与国家新标准和公众期盼依然存在较大差距,大气污染复合型特征突出,城市正常运转和市民日常生活产生的污染物所占比重越来越大,大气污染防治形势十分严峻。为贯彻落实国家《大气污染防治行动计划》,进一步改善空气质量,北京市制订了《北京市2013—2017年清洁空气行动计划》。“煤改电”是北京市为了减少冬季燃煤污染,在郊区推行以电采暖取代煤取暖的方式,是北京市清洁空气行动计划之一。“煤改电”是北京市为了减少冬季燃煤污染,在平房区以电采暖取代煤取暖的方式,亦是北京市清洁空气行动计划之一。目前,北京市“煤改电”居民用电均采用的是居民峰谷试点电价政策。用户采用峰谷电价,在采暖季每日21时至次日凌晨6时,每度电为0.3元,其他时间按正常电价交费,每度电为0.488 3元。

随着不可再生资源日益紧张,电采暖炉的使用提上日程。电采

暖是一种以电为能源,将电能直接转换为热能,通过温度控制实现对用户供热控制的采暖装置。电采暖炉是一种节能环保的取热产品,可以按照设定的程序自动控制,使水温达到设定的温度。电采暖炉是一个智能化的采暖设备,能够对室内温度进行有效调节,达到室内温度的合理化。使用电采暖炉的采暖费用完全由自己掌控,这就是电采暖的优势所在。用户可以根据自己的需要和时间对电采暖炉进行设置,如果家庭中经常有人,温度可以适当调整,温度不要太高,保持均衡的温度,不会由温度经常变化影响采暖费用。以家用电采暖炉为代表的电采暖方式是实现全民低碳供暖的重要途径。它的低碳特性主要体现在直接能源、能量转换、污染排放、人民生活及社会经济等方面。

电采暖的优势有以下几点。

1) 低碳能源。采暖能源的清洁、可再生。相对于煤炭、天然气、秸秆、木材等采暖能源,电能作为一种最有发展潜力的采暖能源,正随着以太阳能、风能、水能和核能等为代表的新能源的兴起而蓬勃发展。新能源所提供人类的电能是清洁的、可再生

的,是真正的低碳甚至“零”碳能源。

2) 低能量耗散。采暖的热转换率高。相对于传统采暖方式,电采暖炉供暖系统的热转换率高达98%,可以大大减少转换及传递过程中的能量损失。

3) 低碳排放。废气等污染的零排放。相对传统采暖方式,使用电能作为采暖能源,不需要储煤、堆灰等。节约了土地,不产生废气、废水、废物等污染物,从而废气等污染的排放直降为零。同时,即便以煤炭作为发电能源,则可以通过促进和提高煤炭发电的规模性和集约性,通过节省和减少煤炭运输过程中的能源损失及车辆污染,从而在整体上减少碳排放,由此强化能源使用的低碳性。

4) 低碳生活。智能温控功能可以让人随心取暖,促进行为节能,实现冬季生活的舒适与智能化,开启全新一代低碳生活。

5) 低碳经济。有力推动建筑节能及低谷电力的创收。电采暖炉供暖系统的使用,以建筑节能为前提。这一新兴采暖方式的大力推广和普遍使用,直接推动国家65%的法定建筑节能标准的严格检验及落地执行,并由此推动了

中国低碳建筑的发展。

系统功能

电采暖控制器系统功能如图1所示,模拟量温度需要测试电采暖炉出水温度、回水温度、加热体温度和晶闸管温度,通过晶闸管投切控制热阻丝加热通过上位机温度设置启动水泵使加热水在散热片中循环达到加热目的。电采暖控制器为保证设备的可靠长期运行,特采用模拟电源降压整流之后经BUCK电路获取控制器工作电源。为获得良好的人机界面,控制器采用了液晶和按键,

以实现用户对电采暖炉的手动、预约、功率、水温回差、时间和水泵的控制和设置。为实现除垢防垢、杀菌灭藻、防腐缓蚀等功能,电采暖控制器设置了除垢仪输出接口。晶闸管配置散热片,为防止晶闸管温度过高控制器设置了风扇接口。模拟量测量包括工作电流、工作电压、漏电流测量、有功功率测量。

硬件设计

电采暖控制器电源硬件设计如图2所示,交流电源在经过变压器降压、整流之后经过BUCK电路获

方便,用户可通过按键进行水泵、水温回差设置调节室内温度。电采暖控制器可以按照预约模式进行功率、温度控制,为保证时钟正常控制器在出厂设置时已经校准,用户还可在现场对控制器进行时间设置。

2.温度测量

电采暖温度测量示意图如图3所示。硬件设计中采用了TLV431作为恒流源为PT100提供电流,利用温度变化下PT100的电阻变化而引起的电压变化经AD测量交由CPU处理,最后通过PT100热电阻分度表查表获取所测量的温度。为实现电采暖设备的软件控制,装置测量了出水、回水、加热体和晶闸管4个温度。为了消除和减小引线电阻带来的误差,在装置的硬件校表过程中将引线电阻测量消除,达到误差 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的要求。

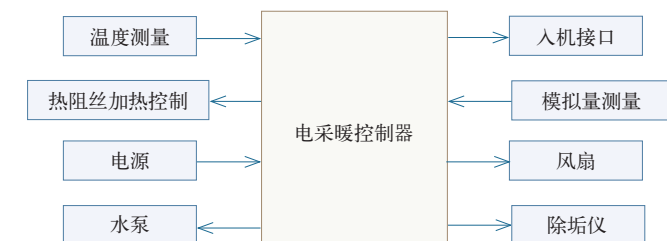


图1 电采暖控制器功能图



图2 电采暖控制器电源框图

得控制器所需的5 V,再经过电压调整器获得CPU所需的3.3 V。为保证控制器时钟电路的正常运行配置了电池,保证控制器能够按照预约模式控制进行。为保证控制器能够在电源输入176~265 V正常运行,电源设计BUCK电路输入范围设置为8.48~18 V,调整频率为385 kHz,效率可高达87%,使用低内阻110 的MOSFET。电路具备软启动、过流保护、热关断、低压关断等功能。此BUCK电路采用电流控制模式调整输出电压形式,具备自启动功能。经测试电采暖控制器板级电压3.3 V的供电电流为120 mA。为减小控制器产

生的谐波,控制器硬件上在设置了过零检测电路,为实现晶闸管可靠过零触发,硬件电路还采用了光电触发系统,其优点为动作时间短、寿命长、触发电流无冲击、快速投切。

1.人机界面

作为一个与用户息息相关的民用产品,良好的人机控制界面是产品设计的关键。人机控制界面包括240×128点阵液晶和按键。为保证用户控制方便,在人机界面设置上采用了手动与预约模式选择按键,不需用户复杂操作即可实现模式控制。用户还可通过功率按键进行功率的选择和控制。为了温度设定



图3 电采暖温度测量图

3.电压、电流模拟量测量

电采暖控制器测量一路电压和设备电流、水泵电流、漏电流共3路电流量,电压和设备电流用来测量电采暖设备的用电电压、电流和热阻丝加热的有功功率,水泵电流用于电采暖控制器监测水泵正常工作,防止水泵堵转。漏电流测量是为了防止人身间接触电以及电采暖设备安装配电路由于各种原因遭破坏而引起火灾事故,以保证线路、设备的正常运行。电压、电流模拟量测量采用经PT、CT后经精密电阻获

取电压交由AD测量后经SPI总线通信最后传输给CPU经人机界面显示出来供用户查看,同时在软件内部作为控制水泵、晶闸管等器件的控制。

4.晶闸管控制

电采暖控制器共设置3路晶闸管电路,每路经I/O控制输出经过零电路后控制晶闸管投切热阻丝加热,水历经加热管加热后出水至散热片提高室温。硬件设置每路4 kW,最大加热功率为12 kW。电采暖晶闸管控制系统如图4所示。

软件设计

电采暖控制器软件流程图如图5所示。软件经过时钟、 I^2C 、参数、串口、定时器及AD初始化后,判断电量采样标志,如电量采样标志为1则进行电压、设备电流、漏电电流、水泵电流及电采暖加热有功功率计算,对电量进行计算。在经过温度采样标志判断之后,计算出水、回水、晶闸管和加热体温度,温度计算后根据人机界面的设定温度和出水温度,经功率调节进行功率控制,当电采暖控制器判断出水温度小于设定温度会控制加大功率,当出水温度大于设定温度相应会减小功率。晶闸管调节之后进行传感器开路、传感器短路、晶闸管故障、漏电流测量、设备电流测量、干烧故障等判断。最后经过显示判断进行人机界面的显示和控制。为实现控制器的低谐波,软件在设计上首先检测通过硬件电路检测过零点,在过零点经控制器CPU的开出控制光电触发系统触发晶闸管进行投切控制。

结束语

采用非过零投切电采暖控制器策略的电采暖装置工作在12 kW

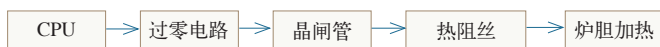


图4 电采暖晶闸管控制系统

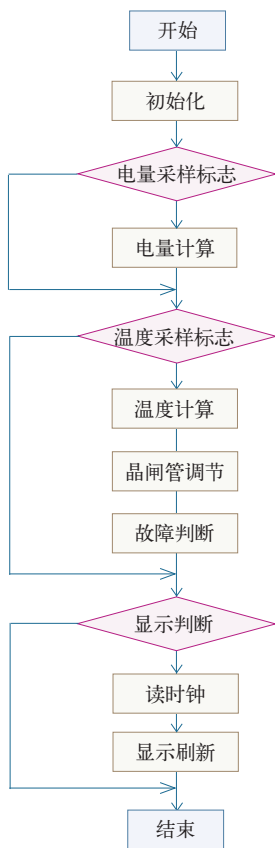


图5 电采暖软件控制流程图

情况下3次电流谐波可达到54%,而过零投切测试之后谐波如图6所示,可以看出谐波影响很小。

非过零投切控制策略的电采

暖装置现场的安装情况显示,在同一个村庄安装较多的情况下,对母线的谐波影响很大。特别是在距离供电变压器的供电负荷末端谐波对用户的影响最大,在电采暖设备不工作的情况下,用户家中的电冰箱、洗衣机及电视机等家用电器出现尖锐刺耳的“嗞

嗞”响声,这是因为这些家用电器中的工作电源均为开关电源,由于谐波对其影响造成开关电源内部产生电磁干扰,造成开关电源内部工作不稳定,而部分电磁场通过开关电源缝隙会向周围辐射,通过电源线向空间传播,造成用户家中存在谐波的情况。图7所示为采用角度投切电采暖控制器测量波形图,可以看出在大约 90° 左右进行投切,造成电压波形很大,对低压电网影响很大,造成上述现象发生。

图8所示为采用过零投切电采暖控制器电压波形图,从图中可以看出,在采用过零投切控制策略之后,电压波形畸变很小,对低压电网的影响甚小,可以忽略,低压用电器受到的影响不存在。

图9所示为采用过零投切控制策略的功率为12 kW的电采暖控制器220 V进线侧电流谐波测量值。从图中可以看出电流3次谐波的含量最大为3.8%,相较于采用非过零投切策略的电采暖控制器的电流谐波含量54%来讲可以忽略。EA

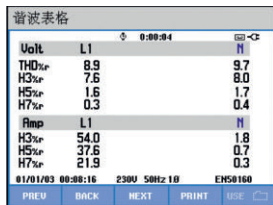


图6 采用非过零投切电采暖控制器谐波测量值

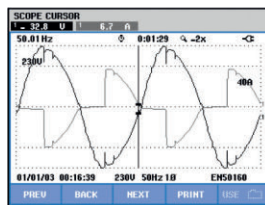


图7 采用非过零投切电采暖控制器测量波形图

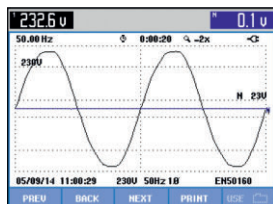


图8 采用过零投切电采暖控制器电压波形



图9 采用过零投切电采暖控制器谐波测量值