

Research on the Design and Application of Switching Power Supply in Intelligent Power Internet of Things Products

Xiuhua Yuan Fangtao Yuan Xiuzhe Yuan Rui Fang

Shenzhen Tongxingyuan Electronic Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

In the intelligent power Internet equipment, the design and practical application of switching power supply are discussed. In the field of intelligent power Internet of Things, switching elements are applied in both single phase live wire and zero phase live wire; accordingly, the single phase live wire and zero phase live wire dedicated switches are used as terminal devices of the Internet of Things control link. In smart grid IoT devices, the control circuit, power supply path and RF unit at the research and application level; it is not directly connected to the load of external lighting facilities, so the design is not complicated. However, given the use of its switching function, it is necessary to ensure its excellent performance in terms of safety, stability function, reliability, and low energy consumption.

Keywords

intelligent power Internet of Things products; switching power supply design; application; research

智能电力物联网产品中的开关电源设计与应用研究

袁修华 袁方韬 袁修泽 方锐

深圳同星源电子科技有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要

在智慧型电力互联网设备中, 对于开关电源的设计及其实际应用进行探讨。在智慧电力物联网领域, 开关元件在单相火线与零相火线两种情形下都有了应用; 相应地, 单相火线专用的开关和零相火线专用的开关被作为端部设备, 完成物联网控制链路的终端接入。智能电网物联网设备中, 切换电源模块在研究和应用层面聚焦于掌控电路、供电路径及无线射频单元的构建; 其不直接串连至外部照明设施的负载, 设计上并不复杂。然而, 鉴于其开关功能的用途, 必须确保其在安全性、稳定功能、可靠度以及低能耗方面的优异表现。

关键词

智能电力物联网产品; 开关电源设计; 应用; 研究

1 智能电力物联网产品中的开关电源设计概述

将 220V 的交流电源转化为低压直流电共有两条途径: 首先是运用变压器把 220V 交流电降低至 12V 或者其他低电压等级, 随后通过整流和滤波技术获得所需的直流低电压; 其次, 利用模块化或数码技术手段在相线和中性线之间进行降压、整流以及电压稳定, 以达到从交流到直流的转化过程, 在此之后还需对直流电进行进一步的降压操作。采用的第一类方法在重型家电领域较为普遍, 具有持久的运行性能, 确保了使用的安全性, 且具备出色的承载力。其缺陷在于, 供电电路必须搭配体积庞大、线圈粗壮的 AC 变压器。方法二通常见于微型家用电器及智能设备当中, 它代表了一种常规的应用途径。

在设计提电电路时对技术水平有较高的要求, 其驱动

【作者简介】袁修华(1972-), 男, 中国湖北阳新人, 工程师, 从事国家电网配网用电计量仪表开关电源研究。

力和安全系数不如首种方法, 然而, 由于该方法具备体积紧凑、稳定性强和低能耗的特点, 因此被普遍采纳。在智能住宅管理系统内, 由于开关线盒尺寸的限制, 而且考虑到其作为低能耗应用的代表, 智能电力互联网装置中的开关通常倾向于采纳第二类设计方案。

智慧电力互联网中的无线开关设备所采用的供电电路因设计方案的差异而存在多种不同的实施途径, 通常来说常见方式主要分为两类: 一是采用电阻电容降压技术; 二是利用电阻电容电感组合的开关电源方式。

2 RC 组容降压电路

通过采用 CBB 电容或法拉电容充当减压电容, 可以完成交流电的减压与低电压负荷的流量控制, 其中 R1 担任流量调节电阻, R2 则是敏电阻^[1], 用以避免因过高电压而发生电气穿透。

当电源接通之际, 电容器的端电压并不会骤然改变, 此刻端电压为零伏特, 电容进入了蓄电阶段。其储能能力决

定了蓄电的速度，由于存在限流电阻 R1，使得电路初始上电并不会导致过大电流冲击至电容 C1。在交流电供电的正半波期间，电容被充能；进入负半波时，电容则存有一定量的电荷，并有着一定的电压水平。在这个时段，通过与电容并联的 R3 放电电阻发生释电作用，使得电容 C1 上储存的电荷被消散，端电压随之降低。在交流电的循环正负半周期中，这一充放电过程不断重复。电荷积累速度由 C1 电容的容量及 R1 限流电阻值共同决定，而电容 C1 的体积大小直接影响了其储存电荷的极限，进而决定电容将电荷转化为电压后的输出能力，这也就意味着对随后电路的激励效果。电阻 R3 的数值设定影响电容 C1 的放电时间定数，因此需要恰当选择，旨在保证其能够在一个半波交流周期中有效地放电。

让电容器 C1 中的电量释出。通常情况下，可按照标准选取减压电容器 C1 与配套的漏电阻 R3 的规格。

在正半周期的通电阶段，电容器 C1 进行充电作业；而在负半周期期间，则通过堆 BD 的整流作用，将其转换为直流低电压。之后，依靠 12V 的稳压二极管 D1 进行稳定电压，加上 C3_2 电容器的滤波储能功能，获得持续稳定的直流 12 伏电压，以供应后续各种电路操作需求，包括直流升压电路、继电器激励电路及控制用集成电路等。通过直流升降压芯片处理，12V 的电压转换成了所需的较低工作电压。电解电容器安置于两端用以进行滤波作用，而表面贴装的陶瓷电容器则旨在抑制高频噪声^[2]。

在本电路构建时应仔细考量，电容器的规格选型需以低电压负载为依据，一般来说，用于降压的电容 C1 的电容量 C 与所承担的负载电流 I_0 成正比，其关系可以估算为： $C=14.51I_0$ ，这里电容 C 的计量单位为微法拉 (μF)，而 I_0 的单位为安培 (A)。选择放电用的电阻时，通常需要重视其承受电压能力，因此本例中挑选的是额定功率不低于 1/4 瓦特的碳素膜电阻。

承受电压高达 500V。此电流系统的主要优势体现在生产层面上，因为其零件成本经济，且电路构造简洁，便于大

规模生产应用。然而，此电路存在较为显著的弊端，在面对大电力输出与动态负荷环境时显得不甚适用，对于电容及电感型负荷同样不合适。其负载承载能力受限于双向及单向可控硅这几种组件，易于造成稳定性问题。此外，采用阻容降压的提电方法并不具备隔离功能，一旦外露便有碰触导致触电的风险，安全系数不佳。电源控制系统硬件架构见图 1。

3 RCC 开关电源电路

这个电路设计采取的是先对电流进行整流再进行降压处理，其中 R6 扮演着限制电流的角色，具有熔断器的功能。通过使用 NTC 热敏电阻或线绕电阻，能够有效地控制开机时产生的高脉冲电流。在电路正常运转的时候，正负半周期的输入交流电通过全波整流和 LCC π 型滤波的处理转换成大约 270 伏特的稳定直流高压，这个高压直流供应给高频变压器 T1 用于能量储存，同时也作为电源芯片 U4 的操作电压。光电隔离器 U3 构建了反馈路径，而 U5 连同其相连的阻容元件共同构成了出口端电压的调控回路。另外，D5 型二极管搭配 Cp7 型电解电容器组成了低电压直流电源的输出接口，C0 则是 Y 类电容器。

电子回路的稳定运作及其负载承受力取决于高频变压器特性的重要性。关于一次级绕组的导线直径与绕组数目、支架以及磁性材料、电感值等方面。电感值增加能够增强能量存储量，然而，当 U4 打开时，一级线圈会产生较高的逆向感应电动势，这有烧坏 U4 的风险。为了应对该问题，一种可行的方案是在一级线圈的两端并联一个 RCD 吸收电路，用以抑制这种感应电动势。若电感值偏低，则能量积累不充分，在实践使用时应依照用电器具来定夺高频变压器的规格参数，比如通常电感值设为 3mH，导线直径分别为 0.35mm 与 0.12mm。U4 扮演了电源管理的集成电路角色，执行电压的对比工作同时控制变压器绕组电路的接通与关闭。U3 扮演着光电隔离的角色，如 PC817 这类元件，它主要用于实现反馈功能。采用 C0 电容器并联连接于初级与次级的两端，可以显著降低共模干扰的影响。

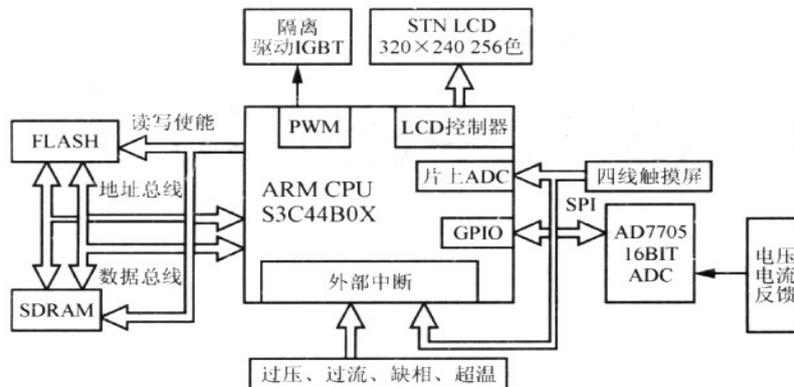


图 1 电源控制系统硬件架构

该线路构造较为烦琐,重要性能指标众多,易受元件品质及操作环境所干扰,对设计师的技术水平要求较为严格,同时相比于RC并联降压电路,其成本也偏高。然而,该电路具备强大并且可调节的驱动力,并对负载的要求不高,它能实现小巧的体积,具有较高的稳定性和电能利用效率,同时拥有较低的能耗,且能够充分实现高低电压的隔离,确保使用上的安全性及稳定性。

4 继电器驱动电路

在智能家居应用领域,选取智能电网互联设备中的开关模块时,多以承担高电流、尺寸紧凑以及低能耗为标准。六脚或五脚的C型继电器是常用之选,这种继电器拥有较强的电流通过能力,可高达10A;尽管体积稍显庞大,但有着广阔的触电区域和延长的使用寿命。还有一款是四足A形继电器,其尺寸相对较小,并且承载力不及C形继电器,通常额定为5A,而使用年限相对较久。在确定继电器型号时,需重点关注以下几个要点

尺寸要求:挑选合适尺寸的设备,在大多数情况下,A型继电器的工作场所需要其空间尺寸不超过19mm×11mm×16mm。

承载容量:继电器为了确保稳定运转并延长其使用期限,其最高切断电流的选择需恰当,比如选择8A或5A。实际上评价继电器负荷承载性的方法有两条,分别是70%评级制度和50%评级制度。在智能家居系统中,通常采用70%的评级规则为主。因此,在实际操作中,标注为8A转换电流的继电器其负荷能力不应超过6A。

能耗:常规值包括0.2W、0.36W、0.45W及0.8W。

待考虑到节能的需求后,选择了耗电量较小的继电器,因此在智慧型电力物联网设备的开关元件中,0.2W的型号得到了普遍应用。

在大多数情况下,根据设计的具体要求,继电器的工作电压是可以调整的。以12V的情况为例,其激磁回路使用12V的电源来提供能量,同时,电阻R11作为晶体管的集电极阻抗元件,其作用是对电流进行约束,以此来降低晶体管Q2的功耗。Q2承担着控制职责。

选择开关时,通常优先考虑具有断路器-集电极击穿电压(VCBO)和集电极-发射极直流耐压(VCEO)均高于24V的类型,并挑选其直流电流增益(β)值在120~240范围内的产品,例如S8050型号。在缺失正向偏压的环境下,电阻R1_2与R1_3的职能是确保基极电位维持在零电压,进而避免三极管由外界干扰导致不当导通,并且确保晶体管Q2能够稳定地关闭。电阻的大小可以调节,但选择时应恰到好处,既确保基极电流维持在安全区域,也要使得三极管得以充分饱和。逆向流通的二极管D1-1能在继电器接通那一刻抑制线圈产生的逆向激励电流,通常会选择高频切换用

途的二极管,例如型号为1N4148的器件。

在制定继电器电路图时,必须顾及相连电路的实际工作电压,并常常会将其设置为继电器标称工作电压的86%。确保所需动力不变的前提下,着力降低继电器的触发电流,在确保其工作电压正常的区间内,选用相对较高的激活电压。

5 智能电力物联网产品中的开关的应用

在既包含单火线又包含零火线的场合中,针对各自情形应用单火线开关与零火线开关作为前置装置,完成物联网管理的控制终端的构建。

5.1 智能开关应用领域:消防领域

在火灾预防领域针对电力系统的升级改造作业期间,鉴于现行电力监控方式大量依赖人力、智能化水平不足,以及电力安全隐患悄然积累的特性,人工巡查难以实现快速且精确的监控。因此,在推动消防智能化变革的进程中,纳入智慧型开关设备,作为电力监控环节的重要进步。智慧型开关具备实时跟踪电线路超载、高压、漏电情况的功能,能够迅速侦测由不正确使用电器、电路私自擅改或电线老旧等因素所致的电力回路风险事件。智能开关对连接的电路进行用电安全监测,若检测到线路中可能诱发电气火灾的威胁,该开关会上传的信息会即刻被系统识别,并触发警报,引导安全专员迅速进行排查与消除安全隐患。

5.2 智能开关应用领域:企业管理

在商业运营尤其是制造业领域内,节能管理成为一项至关重要的职责,因为能源消耗在企业运营费用中占据着显著的比重,其中电力消费更是主要开支之一。众多公司运作呈现出时段性特征,其工作时间分为明确的开闭市区间。然而,在过往的电力使用监管过程里,常有离开后灯仍亮、仪器保持工作状态等情形发生,此类状况造成了大量资源的无谓浪费。智控开关具备的一种现代化特点是能实现计时控制,允许用户在系统界面上对开启或关闭的具体时刻进行精准设定,进而能够针对不同用电线路进行24小时全天候调节,例如企业的对外宣传灯饰,或是调整为8小时制,以适应办公区的工作和休息模式。这样既能有效监测潜在的电气安全风险,又能有效节约电力资源,避免不必要的消耗。

6 结语

论文重点探讨了智能电力物联网产品中的开关电源设计与应用研究,希望能给相关人员提供参考及借鉴的意义

参考文献

- [1] 袁群义.基于物联网技术的电力设备数据智能采集方法设计[J].中国新技术新产品,2022(19).
- [2] 李敬义,袁琳.蜂窝物联网在电力通信系统中的应用[J].通信电源技术,2020(11).