

基于超级电容的直流 UPS 不间断电源研究

Research on DC UPS Based on Supercapacitor

张志敏 蒋新忠 郑永生 刘江南 高琴

Zhimin Zhang Xinzhong Jiang Yongsheng Zheng Jiangnan Liu Qin Gao

山克新能源科技(深圳)有限公司 中国·广东深圳 518000

Shanke New Energy Technology (Shenzhen) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

摘要: 供配电网断电或出现电压瞬时跌落等情况时, UPS 电源可以快速稳定供电电能, 在蓄电池作用下为直流系统提供电能资源。因为充电蓄电池不具备较长的综合使用寿命, 定期需要开展性能维护工作, 同时对运行环境影响因素不够敏感, 使得 UPS 电源在具体应用环节, 需要对蓄电池运行性能状态进行实时监视, 以免其存在大电流直接充放电等不良问题。超级电容器经过长期发展, 已获得较好的应用效果, 将其应用于 UPS 不间断电源中, 对 UPS 电源发展意义重大。基于此, 论文针对基于超级电容的直流 UPS 不间断电源进行分析, 以供参考。

Abstract: When the power supply and distribution network is cut off or the voltage falls instantly, the UPS power supply can quickly and stabilize the power supply, and provide the power resources for the DC system under the action of the battery. Because the charging battery does not have a long comprehensive service life, it needs to carry out performance maintenance regularly, and at the same time, it is not sensitive to the factors affecting the operating environment, so the UPS power supply needs to monitor the operation performance of the battery in real time, so as to avoid adverse problems such as large current direct charge and discharge. After long-term development, supercapacitor has achieved good application effect. Its application to UPS uninterrupted power supply is of great significance to the development of UPS power supply. Based on this, this paper analyzes the DC UPS uninterrupted power supply based on supercapacitor for reference.

关键词: 超级电容器; UPS 电源; 设计

Keywords: supercapacitor; UPS power supply; design

DOI: 10.12346/peti.v5i1.7532

1 引言

近年来, 超级电容器得以快速发展, 其属于一种新型储能元件, 介于电池与常规电容器之间, 一方面拥有化学电池储备电荷的能力, 另一方面还拥有传统电容器放电功率。超级电容器容量能够达到数千法拉, 相比于可充电蓄电池相比, 更加环保、实用、高效, 拥有更加广阔的应用前景, 将其应用于直流 UPS 不间断电源中意义重大, 论文就此进行分析, 具体如下。

2 超级电容器原理及特点

2.1 原理

超级电容器属于新型储能装置, 通常表示双电层电容。

与铝电解电容器相比, 双电层电容拥有较大的内阻, 所以, 能够在无负载电阻条件下直接充电, 当存在过电压充电问题时, 双电层电容会开路, 避免器件发生损坏。并且, 相比于可充电电池, 双电层电容能够不限流充电, 充电次数可超过 10^6 次, 所以双电层电容既拥有电容特性, 又拥有电池特性, 介于电池与电容之间^[1]。其基本原理为: 向电极充电时, 电极表面的电荷, 会对周围电解质溶液中异性离子产生较大的吸引力, 从而使这些离子聚集于电极表面, 得到双电荷层, 最终形成双电层电容。因为两电荷层间不具备较大的距离, 通常不会超过 0.5nm, 加上应用的是特殊电极结构, 会使电极表面积大幅增加, 进而获得极大的电容量。

2.2 特点

相比蓄电池, 超级电容器特点主要表现在以下几方面:

【作者简介】张志敏(1980-), 男, 中国湖北仙桃人, 从事UPS不间断电源研究。

第一, 拥有较高的比功率, 通常能够达到 300~5 000 W/kg, 是普通蓄电池的 5~10 倍。第二, 充电时间较短, 一般超级电容器完全充满电只需要数分钟, 甚至一些只需要几十秒, 而普通蓄电池, 充满电往往需要数小时。第三, 超级电容器充放电循环寿命较长, 能够实现大电流充放电。充放电环节, 超级电容器不会发生电化学反应, 拥有超过上万次的循环寿命, 而密封式铅酸蓄电池, 只有几百次循环寿命, 使用寿命也相对较短。第四, 无需经常性维护。超级电容在维护工作开展上相对较少, 能够实现免维护, 而普通蓄电池在实际应用环节, 需要定期维护, 维修成本较高。第五, 检测方便。对于超级电容而言, 其端电压与容量存在较为严格的对应关系, 检测较为方便, 作为普通蓄电池, 开展容量检测工作时, 不管是在线式还是离线式, 检测工作均较为烦琐。第六, 超级电容器工作环节, 温度范围一般为 -40℃~65℃, 在环境温度要求上不是很高, 而普通蓄电池对温度存在较高的要求, 标准使用温度在 25℃, 通常不可超出 15℃~30℃。

3 USP 不间断电源常见类型

UPS 不间断电源属于将蓄电池与主机相连, 利用主机逆变器模块电路, 将直流电向市电进行转换的系统设备, USP 电源原理如图 1 所示。具体应用环节, UPS 电源会将电路外部交流电向直流电进行转变, 利用高质量逆变器将直流电, 向高质量正弦波交流电, 随后向计算机供给。对于在线式 UPS, 其在供电情况下, 具体功能是稳压, 避免电波不良干扰, 不供电情况下, 会通过备用直流电源, 为逆变器供电。因为逆变器始终处于工作状态, 所以不会存在求换时间问题, 在对电源存在严格要求的场合较为适用, 相比后备式 UPS 电源, 在线式 UPS 电源供电持续时间较长, 能够达到十个小时。

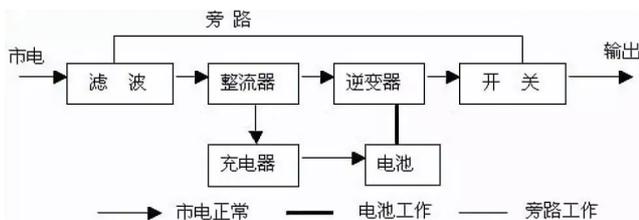


图 1 USP 电源原理

当前, 较为常见的 USP 不间断电源主要包含后备式 UPS 电源、在线交互式 UPS 电源、在线式 UPS 电源。

后备式 UPS 电源工作原理为: 第一, 市电正常时, 市电经稳压后, 直接输出负载, 并且, 通过整流器使交流电向直流电进行转化, 为电池充电, 该环节逆变器不工作。第二, 市电发生故障问题时, 通过电池进行电力供给, 由逆变器输出负载, 该环节切换时间在 4~10ms 范围内^[2]。

在线交互式 UPS 电源工作原理为: 第一, 市电正常情况下, 市电经稳压后, 通过转换开关将负载输出, 并且由整

理器使交流电向直流电进行转化, 为电池充电, 该环节逆变器被激活, 不过未输出。第二, 市电发生故障时, 通过电池提供电力, 负载由逆变器输出。线路图如图 2 所示。

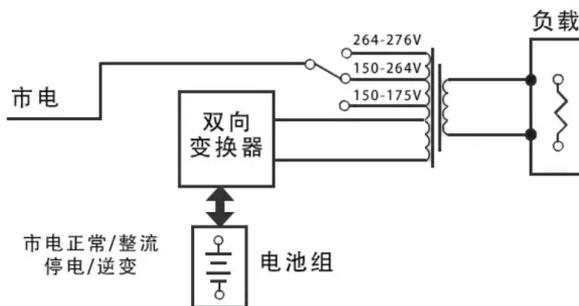


图 2 在线交互式 UPS 电源线路图

在线式 UPS 电源工作原理为: 第一, 市电正常情况下, 市电通过整流器进行直流电转化, 为电池充电, 并且, 输出至逆变器, 使直流电转化为正弦交流电, 由转换开关输出至负载。第二, 市电输入异常时, 通过电池经过逆变器向负载输出。第三, 逆变器故障或输出功率不足时, 转换开关会通过自动切换, 由静态旁路实现供电。

4 基于超级电容的直流 UPS 不间断电源设计

4.1 设计原则

UPS 交流主电源输入, 可选择 380V 三相三线制输入, 若 UPS 交流输入容量小于 10kVA, 可选择 220V 单相输入; 当 UPS 进行蓄电池组独立设置时, 蓄电池组在标称电压上不要超过 500V; 手动维修旁路开关, 应具备同步闭锁功能; 直流输入回路, 需要进行逆止二极管配置, 其反向击穿电压需要在输入直流额定电压的 2 倍; 旁路隔离变压器与自耦调压器需要选择干式自然风冷结构^[3]; UPS 单项输出时, 旁路可以是 380V 二相二线制输入, 也可以是 220V 单相输入, 如果 UPS 输入为三相时, 旁路应选择 380V 三相输入; UPS 蓄电池在选择上, 可以选择防酸式铅酸蓄电池, 也可以选择阀控式密封铅酸蓄电池; UPS 配电回路应选择铜芯耐火电缆; 旁路静态开关选择电子和机械混合型转换开关, 具体切换时间需要在 5ms 之内; 整机效率不可低于 90%, 过负荷能力, 不可低于; 噪声应低于 65dB(A), 防护等级不可低于 IP20, 平均故障间隔时间应高于 25000h。

4.2 UPS 不间断电源设计

因为超级电容生产制造环节, 会出现内部参数不一致情况, 这种情况下, 会使 UPS 电源充放电环节, 受到内部参数不一致影响, 存在超级电容器工作电压不平衡情况, 不利于整个 UPS 电源系统的供电可靠性与安全性, 还会对电源使用寿命及供电电能质量产生不良影响。所以, 超级电容器具体使用环节, 应实施均压处理, 以超级电容为基础的直流 UPS 不间断电源, 其中包含较多组成部分, 如超级电容器模组、逆变电路、电源控制电路、电源切换电路、辅助电源、蓄能控制电路、嵌入式处理器测控电路等。

4.2.1 充电电路

设计充电电路时,主要选择的是先恒流后恒压的充电方式,简单而言,当超级电容器没有达到额定电压值前,选择恒流充电的措施,当电容器经过充电后,达到额定电压值,需要选择恒压浮充的方式,通过这样的方式,避免电容器组中由于某个超级电容器过充,导致整体损坏^[4]。并且,还能对电容器 EPR 等效并联电阻运行能量损耗进行补偿。受到超级电容器自身性能影响,使得 UPS 电源功率较小,可将正激变换器方式作为充电电路拓扑结构。为满足性能指标要求,UPS 不间断电源系统中,利用电流型 PWM 控制芯片,形成充电电路电压及电流双闭环反馈控制系统。

4.2.2 放电电路

超级电容直流 UPS 不间断电源应用时,当外部供电电网电压无法达到设定运行范围值或突然断电时,UPS 电源应向特殊负载进行恒压放电,提供直流电能资源,实际上就是超级电容器在放电电路应用下,对负载进行恒压放电。超级电容器存在较大的功率,不过因为能量密度相对较低,当存在较大放电电流时,UPS 电源在能量损失上也会相对较快,使得超级电容器两端电压迅速下降。所以,为使 UPS 电源拥有更好的放电性能,应改变超级电容器占空比,进而保证 UPS 电源输出电压的稳定性。将 TL3842 芯片作为放电电路控制芯片,选择峰值电流控制方式。

4.2.3 设计测试

基于超级电容器下,对直流 UPS 电源充电与放电电路进行设计后,需要对 UPS 电源工作性能进行验证。进行试验样机制作,功率为 100W,保持电压范围在市电电压的 $\pm 20\%$,超级电容器组的端电压在 6V~15V 范围内^[5]。当外部供电电网突然断电或电压低于 176V 时,UPS 电源电压应维持在 $240 \pm 10V$ 范围内,掉电维持稳定供电时间为

3min。通过相应容量计算,应用 6 个超级电容,在串联下构成超级电容器组,同时根据冗余设计要求,选择两组串联支路实施并联组合,形成 UPS 电源储能单元。当出现突然断电或电压过低问题时,UPS 电源会输出直流电压波形,满足实际供电需求。该系统电压波形小,存在较高的输出稳压精度,不仅能有效提供直流能量,还能保证输出电压稳定性,使直流系统运行更加稳定、可靠。

5 结语

综上所述,UPS 电源属于一种具有储能装置的电源设备,能够在工作中完成特殊的直流电和市电的相互转换,为计算机或计算机网络服务器提供相关不间断的稳定电能。现阶段,超级电容器已逐渐被应用于 UPS 电源中,使得 UPS 电源电路结构更加简洁,性能更优。论文研究中得出,基于超级电容的直流 UPS 不间断电源,可在断电或电压过低时,有效提供直流能量,进而保证直流系统稳定运行,可见其拥有较强的发展应用前景。

参考文献

- [1] 唐君,熊杰,谢小军.不间断UPS电源屏温度异常分析及处理[J].电气技术与经济,2022(5):134-136.
- [2] 杨泽仁,杨延宁,梁文静.一种单相在线式不间断电源设计[J].西安文理学院学报(自然科学版),2022,25(3):1-5.
- [3] 汤洋,徐云松,胡凯利.一种超级电容供电的不间断电源设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2020,20(10):65-68.
- [4] 许彬慈,胡长生,张文平,等.双能源不间断电源的能源切换控制[J].电力电子技术,2015,49(11):66-69.
- [5] 姚斗春.不间断电源超级电容充电控制技术探讨[J].炼油与化工,2015,26(1):40-43.