

[移动电站]

基于超级电容器的移动电站 起动电源研制

文/空军预警学院黄陂士官学校 刘谊露 姚晓山 丁仁松 王 凡

针对目前移动电站普遍采用的起动用蓄电池存在的充电时间长、维护工作量
大等不足，研制了以超级电容为主体的移动电站起动电源样机。试验证明，该起
动电源具有可靠性高、寿命长、体积小、重量轻等特点，不仅能满足电站专业教
学训练任务，而且电源具有多种充电模式，特别适用于部队机动演练以及电站装
备年维护等任务。

目前，移动电站通常采用蓄电池作为起动电源，一方面蓄电池由于自身特性决定了其充电时间长，需要定期充电和维护（免维护蓄电池除外），而且使用维护不当时还可能会出现蓄电池爆炸的事故；另一方面，教学训练中需要频繁起动移动电站，而连续频繁的大电流冲击将导致蓄电池极板过度极化，从而大大缩短其寿命；另外，起动过程中蓄电池剧烈的电压变化还会产生强烈的电磁干扰，导致电气设备“掉电”，从而影响设备的正常工作；而且在低温条件下，蓄电池的性能进一步下降，降低了移动电站起动的可靠性。本文研制了基于超级电容器的移动电站起动电源，该起动电源具有可靠性高、寿命长、低温性能好、体积小、重量轻、便于携带等特点，而且可采用市电、手摇发电机或太阳能等方式进行充电，提高了移动电站起动的可靠性和适用性。该起动电源不仅能满足学校教学训练中需要频繁起动移动电站的情况，还可用于移动电站巡修、年维护以及机动演练等任务。

超级电容器

超级电容器是一种介于传统电容和二次电池之间的新型高效的电化学能量储存和转换器件，目前在交通、电力、医疗、军工等许多领域都

有广泛的应用。超级电容器的充电过程是一个纯粹的物理现象而不是化学反应，并且也是高可逆的过程，因此超级电容器具有高效率、高功率、宽温度范围、长工作寿命以及免维护、环保等特点。

1. 高功率密度

超级电容器中活性炭电极具有大的比表面积，而且电极和电解液之间电荷分离距离短，因此可瞬间提供高功率和高能量，其输出功率密度高达10 kW/kg，是一般蓄电池的数十倍。

2. 内阻小

蓄电池的内阻为欧姆级，而超级电容器的内阻为毫欧级。因此，超级电容器的放电电流大，能够提供移动电站起动瞬间所需的大电流，保证电站的可靠起动。

3. 寿命长

超级电容器的能量是通过分布在电极的电荷和电解液中离子的物理迁移进行储存与释放，由于充放电属于纯粹的高可逆物理变化过程，因此超级电容器可以比依靠化学反应的电池以更高更快功率释放能量，并且可以进行数十万次循环而对性能没有大的影响。

4. 工作范围广

通过不同的组合，超级电容器组的电压范围

为2.7~600 V。另外,超级电容器工作时的温度范围是-40~65℃,即超级电容器具有较宽的电压范围和温度范围。

5. 高可靠性

超级电容器工作过程中没有运动部件,完全做到了免维护,因此其可靠性较高。

基于超级电容器的移动电站起动电源

起动电源主要由超级电容器、手摇发电机、太阳能极板、充电装置和均压电路等部分组成。该电源经充电后可直接起动移动电站,充电方式有市电、手摇发电机和太阳能等。该电源也可与蓄电池并联使用,从而有效延长蓄电池的使用寿命,此时也可用蓄电池对起动电源进行充电。

1. 超级电容器组

超级电容器具有一个最佳工作电压,这个电压值是根据超级电容器在最高设定温度下和最长工作时间来确定的。如果超级电容器工作电压高于最佳电压,将缩短超级电容器的寿命,若过电压持续时间较长时,超级电容器内部的电解液将会分解形成气体,一旦气体压力超过超级电容器的承受极限时,安全孔将会破裂,从而导致超级电容器损坏。

综合考虑移动电站的起动电压、超级电容器最高电压和额定放电电流等参数,该电源采用12个2.7 V的超级电容器串联而成,并从中引出抽头,可同时满足12 V和24 V起动电路。超级电容器的容量根据公式计算,对于200GF-W6-3124B11型电站,其起动机的额定参数为24 V,9 kW,设起动时间为2 s,起动时电压降至20 V(即),放电效率 η 为0.9,同时考虑超级电容器-10%的容量偏差,根据以上参数通过计算可得单个超级电容器的容量为3 500F。

2. 电压均衡电路

超级电容器在串联应用中,每一个单体的电容都不能超过其最大的耐压,另外,在充电和放电过程中,电容容量的差异或者稳定状态下漏电流的差异,都将导致串联电容分压不平衡。因此,应采用电压均衡电路。

本文采用的是如图1所示的应用广泛、可靠性高的开关电阻式电压均衡电路,即在恒流充电的过程中,当电压检测单元检测到某个超级电容器的电压超过参考值时,比较器驱动开关S导通,从而使超级电容器经过电阻R、开关S形成放电回

路,该超级电容器的电压上升速度变慢,从而实现均压目的。

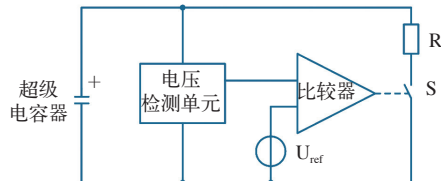


图1 开关电阻式电压均衡电路原理图

3. 手摇充电装置

为了提高该起动电源的可靠性和便携性,本文选用稀土永磁交流同步发电机。稀土永磁材料具有高剩磁密度、高矫顽力、高磁能积和线性退磁曲线的优异磁性能,由该材料制造的发电机采用永磁转子,无需励磁电流即可提供旋转磁场,无励磁绕组、无电刷集电环结构,因此具有结构简单、效率高、可靠性高、环境适应性强等特点。综合考虑成本、充电时间、效率等因素,本文选择24 V/400 W的三相稀土永磁交流同步发电机,手摇充电装置结构原理如图2所示。

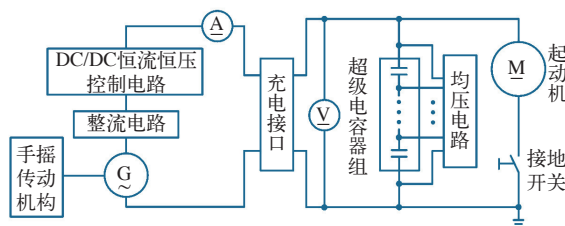


图2 手摇充电装置结构原理图

4. 太阳能充电装置

太阳能充电装置主要对起动电源进行补充充电,适用于无人值守设备,在停电、无蓄电池或蓄电池损坏等极端条件下也可使用。由于超级电容器可以在仅大于其漏电流(典型值约为1 mA)状态下充电,因此在阴雨天也可起动电源进行充电。如图3所示,该装置主要由2块12 V/100 W的单晶太阳能极板、充电电路及固定支架组成,极板采用阳极氧化铝合金边框和低铁钢化玻璃,防护等级达到IP65,抗击机械冲击能力强,能承受强风、积雪、冰雹,并通过了2 400 Pa风压和5 400 Pa雪压测试,工作温度范围为-40~85℃。具有较高的环境适应性和可靠性。

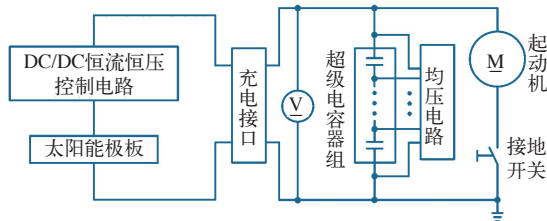


图3 太阳能充电装置结构原理图

5. 充电电路

起动电源采用的是恒流恒压充电方式，图4为恒流恒压充电电路框图。充电时，电源经整流滤波电路后输入至开关电源，恒流恒压控制电路根据电压变换电路的采样电压调节开关电源，当电压较低时，维持电流恒定不变，使电压迅速上

升（电流越大，速度越快），而当电压达到一定值时，维护电压恒定不变，充电电流逐渐减小，电压达到设定值时，充电电流基本为零。充电时间可根据情况进行调节，样机充电至26 V的时间为：市电充电10 min，手摇充电40 min，太阳能充电4 h。

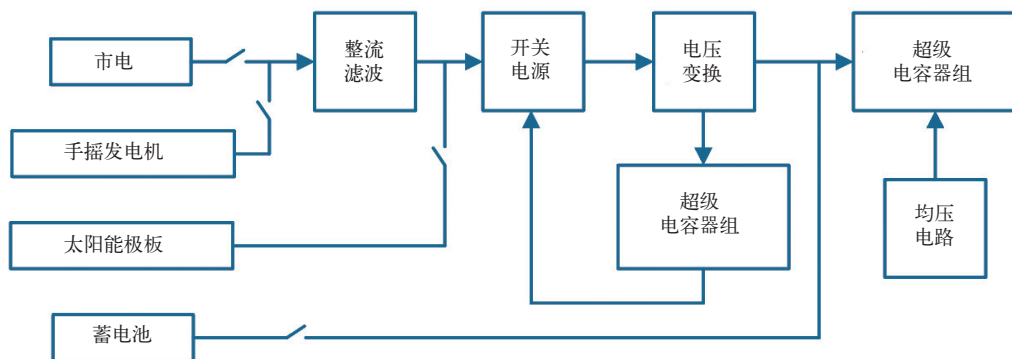


图4 充电电路原理框图

移动电站应急起动电源的应用

目前，该起动电源在我校电站专业大专士官、预选士官和各类晋级培训、短训班以及职业技能鉴定的教学、训练和考核中试用了近两年时间，同时也在汽车上进行了试用，如表1所示。表2列出了该起动电源在12GF-W6-2126.4f型电站试用时的典型参数。所有试用均实现了一次起动成功，试验证明，该起动电源具有以下性能特点：

1) 增大了柴油机的起动速度，提高了柴油点燃质量，从而确保电站起动的可靠性。

2) 该起动电源具有体积小，重量轻，便于携带等突出特点，超级电容的主体的重量和体积分别为蓄电池的1/6和1/2，因此，特别适用于机动演练以及电站巡修任务。

3) 作为辅助起动电源时，降低了蓄电池组的最大电流负荷，有助于延长蓄电池的使用寿命。

表1 起动电源试用设备

设备种类	设备型号
移动电站	200GF-W6-312B11、150GF-W6-2824B4、120GF-W6-2126.4f、75GF-W6-3925.4、64GF、40GF、24GF3
	解放CA1122JA、荣威CSA7182MC、朗逸SVW7167BSD、起亚YQZ64426
汽车	

表2 起动电源试用典型参数

起动前/V	起动时/V	起动一次后/V	最大起动次数	最低起动/V	室温/℃
26	22	24.8	8	14.6	0
26	22.4	25	9	14	40

备注：测试仪表—FLUK15B⁺、UT204A

该起动电源在使用中应注意以下两个方面：

1) 由于外界环境温度对超级电容器的寿命有着重要的影响，试验证明，温度每升高10℃，其寿命就将降低30%~50%，因此，应注意超级电容起动电源使用时的温度（最适宜温度为-30~50℃）。如果不能降低使用温度，可以通过降低电压来抵消高温对电容器的负面影响（电容器的工作电压降低为1.8 V时可以工作于65℃）。

2) 该起动电源应在湿度小于60%的环境下储存，因为湿度过高时，会导致引线及电容器壳体腐蚀，导致断路。

结束语

该起动电源在我校、部队等地的十余种包括以105、135、康明斯、斯太尔和道依茨柴油机为动力的24~200 kW功率段内的移动电站以及汽车上进行了近千次试验，均实现了快速可靠的起动电站，且充电速度和使用寿命远优于传统蓄电池，其体积、重量也比常规蓄电池大大减小。目前该起动电源主要应用于我校电站专业的教学、训练、考核中，学员的开机次数和频率基本不受限制，提高了教学效率、增强了教学效果。EA

（收稿日期：2017.03.31）

（编辑：白文亭）