
蓄电池充电控制技术简介

蓄电池具有电压稳定、供电可靠、移动方便等优点，它广泛地应用于发电厂、变电站、通信系统、电动汽车、航空航天等各个部门。蓄电池主要有普通铅酸蓄电池、碱性镉镍蓄电池以及阀控式密封铅酸蓄电池三类。普通铅酸蓄电池由于具有使用寿命短、效率低、维护复杂、所产生的酸雾污染环境等问题，其使用范围很有限，目前已逐渐被阀控式密封铅酸蓄电池所淘汰。阀控式密封铅酸蓄电池整体采用密封结构，不存在普通铅酸蓄电池的气胀、电解液渗漏等现象，使用安全可靠、寿命长，正常运行时无须对电解液进行检测和调酸加水，又称为免维护蓄电池。它已被广泛地应用到邮电通信、船舶交通、应急照明等许多领域。碱性镉镍蓄电池的特点是体积小、放电倍率高、运行维护简单、寿命长，但由于它单体电压低、易漏电、造价高且容易对环境造成污染，因而其使用受到限制，目前主要应用在电动工具及各种便携式电子装置上。

普通铅酸蓄电池主要由极板组、电解液和电池槽等部分组成。正、负极板都由板栅和活性物质构成，其中正极板上的活性物质是棕色的二氧化铅（ PbO_2 ），负极板上的活性物质为深灰色的海绵状纯铅（ Pb ）。电解液是用蒸馏水（ H_2O ）和纯硫酸（ H_2SO_4 ）按一定的比例配成的。在充电过程中，电解液与正、负极板上的活性物质发生化学反应，从而把电能变成化学能贮存起来；在放电过程中，电解液也与正、负极板上的活性物质发生化学反应，把贮存在蓄电池内的化学能转换成电能供给负载。为了使化学反应能正常进行，电解液必须具有一定的浓度。电池槽是极板组和电解液的容器，它必须具有较好的耐酸性能、绝缘性能和较高的机械强度。

在蓄电池正、负极板之间接入负载，便开始了蓄电池的放电过程。此时，正极板电位下降，负极板电位上升，正负极板上的活性物质（ PbO_2 和 Pb ）都不断地转变为硫酸铅（ $PbSO_4$ ），电解液中的硫酸逐渐转变为水，电解液比重逐渐下降，从而使蓄电池内阻增加、电动势降低。如果在蓄电池的正、负极板之间接入输出电压比蓄电池端电压高的直流电源，蓄电池的充电过程便开始了。此时，正极板电位因正电荷聚集而上升，负极板电位因负电荷聚集而下降，正极板上的 $PbSO_4$ 逐渐变为 PbO_2 ，负极板上的 $PbSO_4$ 逐渐变为海绵状 Pb 。同时，电解液中 H_2SO_4 合成逐渐增多，水分子逐渐减少，电解液比重逐渐增加，蓄电池端电压也不断提高。

2 蓄电池快速充电技术

常规充电的方法采用小电流慢充方式，对新的铅酸蓄电池初充电需 70h 以上，进行普通充电也需 10h 以上。充电时间太长，不但会拉长充电监测的时间、造成电能的浪费，还限制了蓄电池的循环利用次数，并增加维护工作量。此外，对于像电动汽车等要求蓄电池连续供电的场合，使用起来很不方便。而采用快速充电方法，可以缩短蓄电池的充电时间，提高充电效率，节约能源，并更好地满足工业应用的需要，具有重大的现实意义。

20 世纪 60 年代中期，美国科学家马斯对蓄电池充电过程中的出气问题作了大量的试验研究工作，提出了以最低出气率为前提的蓄电池可接受的充电电流曲线，如图 1 所示 [1]。从图中可以看出，在充电过程中，只要充电电流不超过蓄电池可接受的电流，蓄电池内部就不会产生大量的气泡。而常规充电一般采用先恒流、后恒压的两阶段充电法，在充电过程初期，充电电流远远小于蓄电池可接受的充电电流，因而充电时间大大延长；充电过程后期，充电电流又大于蓄电池可接受电流，因而蓄电池内产生大量的气泡。但是，如果在整个充电过程中能使实际充电电流始终等于或接近于蓄电池可接受的充电电流，则充电速度就可大大加快，而且出气率也可控制在很低的范围内。这就是快速充电的基本理论依据。然而，在充电过程中，蓄电池中产生的极化电压会阻碍其本身的充电，并且使出气率和温升显著升高，因此，极化电压是影响充电速度的重要因素。由此可知，要想实现快速充电，必须设法消除极化电压对蓄电池充电的影响。从极化电压的形成机理可以推知，极化电压的大小是紧随充电电流的变化而改变的。当停止充电时，电阻极化消失，浓差极化和电化学极化亦逐渐减弱；而如果为蓄电池提供一条放电通道让其反向放电，则浓差极化和电化学极化将迅速消失，同时蓄电池内温度也因放电而降低。因此，在蓄电池充电过程中，适时地暂停充电，并且适当地加入放电脉冲，就可迅速而有效地消除各种极化电压，从而提高充电速度。目前，大家比较认同的快速充电方法是脉冲充电、脉冲放电去极化方法。图 2 为脉冲充电、脉冲放电去极化快速充电的波形图。研究表明，利用如图 3 所示开关充电电源可有效地实现蓄电池脉冲快速充电。

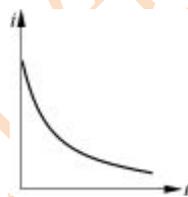


图 1 蓄电池可接受的充电电流曲线

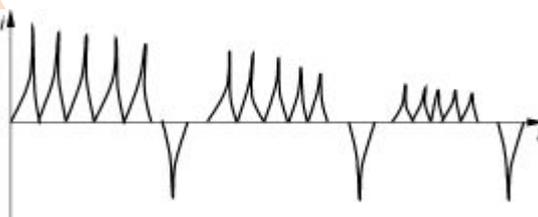


图 2 脉冲快速充电曲线

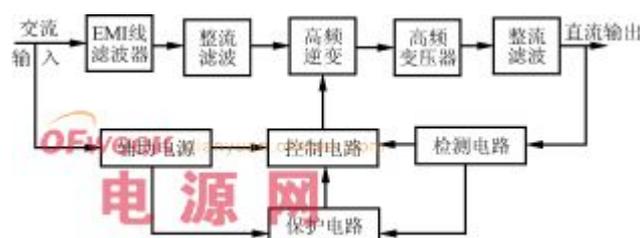


图 3 高频开关充电电源方框

3 充电控制方法

充电控制主要包括主充、均充、浮充三阶段的自动转换，从放电状态到充电状态的自动转换，充电程序判断及停充控制等方面。掌握正确的控制方法，有利于提高蓄电池充电效率和使用寿命。

3.1 主充、均充、浮充各阶段的自动转换

目前，国内大部分充电电源仍采用主充、均充、浮充三阶段充电法实现对蓄电池的充电。充电各阶段的自动转换方法有：

(1) 时间控制，即预先设定各阶段充电时间，由时间继电器或 CPU 控制转换时刻；

(2) 设定转换点的充电电流或蓄电池端电压值，当实际电流或电压值达到设定值时，即自动转换；

(3) 采用积分电路在线监测蓄电池的容量，当容量达到一定值时，则发信号改变充电电流的大小。

上述方法中，时间控制比较简单，但这种方法缺乏来自蓄电池的实时信息，控制比较粗略；容量监控方法控制电路比较复杂，但控制精度较高。

3.2 充电程度判断

在对蓄电池进行充电时，必须随时判断蓄电池的充电程度，以便控制充电电流的大小。判断充电程度的主要方法有：

(1) 观察蓄电池去极化后的端电压变化。一般来说，在充电初始阶段，电池端电压的变化率很小；在充电的中间阶段，电池端电压的变化率很大；在充电末期，端电压的变化率极小 [2]。因此，通过观测单位时间内端电压的变化情况，就可判断蓄电池所处的充电阶段；

(2) 检测蓄电池的实际容量值，并与其额定容量值进行比较，即可判断其充电程度；

(3) 检测蓄电池端电压判断。当蓄电池端电压与其额定值相差较大时，说明处于充电初期；当两者差值很小时，说明已接近充满。

3.3 停充控制

当蓄电池充足电后，必须适时地切断充电电流，否则蓄电池将出现大量出气、失水和温升等过充反应，直接危及蓄电池的使用寿命。因此，必须随时监测蓄电池的充电状况，保证电池充足电而又不过充电。主要的停充控制方法有：

(1) 定时控制采用恒流充电法时，电池所需充电时间可根据电池容量和充电电流的大小很容易地确定，因此只要预先设定好充电时间，一旦时间一到，定时器即可发出信号停充或降为涓流充电。定时器可由时间继电器充当，或者由单片机承担其功能。这种方法简单，但充电时间不能根据电池充电前状态而自动调整，因此实际充电时，可能会出现有时欠充、有时过充的现象；

(2) 电池温度控制对 Cd Ni 电池而言，正常充电时，蓄电池的温度变化并不明显，但是，当电池过充时，其内部气体压力将迅速增大，负极板上氧化反应使内部发热，温度迅速上升（每分钟可升高几个摄氏度）。因此，观察电池温度的变化，即可判断电池是否已经充满。通常采用两只热敏电阻分别检测电池温度和环境温度，当两者温差达到一定值时，即发出停充信号。由于热敏电阻动态响应速度较慢，故不能及时准确地检测到电池的满充状态；

(3) 电池端电压负增量控制一般而言，当电池充足电后，其端电压将呈现下降趋势，据此可将电池电压出现负增长的时刻作为停充时刻。与温度控制法相比，这种方法响应速度快，此外，电压的负增量与电压的绝对值无关，因此这种停充控制方法可适应具有不同单格电池数的蓄电池组充电。此方法的缺点是一般的检测器灵敏度和可靠性不高，同时，当环境温度较高时，电池充足电后电压的减小并不明显，因而难以控制；

(4) 利用极化电压控制通常情况下，蓄电池的极化电压出现在电池刚好充满后，一般在 50mV~100mV 数量级，采用有关专利技术 [3] 来测量每个单格电池的极化电压，这样就使每个电池都可充电到它本身所要求的程度。研究表明，由于每个电池在几何结构、化学性质及电学特性等方面至少存在一些轻微的差别，那么根据每个单格电池的特性来确定它所要求的充电水平会比把蓄电池组作为一个整体来控制的方法更加合适一些。这种方法的优点表现在：

- ①不需温度补偿；
- ②电池不需连续浮充电，电池间连线腐蚀减少；
- ③不同型号和使用情况的电池可构成一组使用；
- ④可以随意添加电池以便扩容；
- ⑤每个电池都可用到不能再用，而其寿命不会缩短。

4 结论

蓄电池充电技术的改进，有利于缩短充电时间、提高利用效率、延长使用寿命、降低能耗、减少环境污染，具有良好的经济效益和社会效益。根据蓄电池可接受充电电流曲线，只要采用适当方法对电池实行去极化，实现蓄电池的快速充电是可能的。研究表明，脉冲充电、脉冲放电去极化充电法是一种较好的快速充电方法，而实现这一方法的最佳装置是高频开关充电电源。蓄电池的充电控制包括各个充电阶段的自动转换、充电程度判断以及停充控制等三个方面。蓄电池充

放电的时间、速度、程度等都会对蓄电池的充电效率和使用寿命产生严重影响，因此在对蓄电池进行充放电时，必须把握以下原则：

(1) 避免蓄电池充电过量或充电不足过充会使蓄电池内部温升过大、出气率上升，导致正极板损坏，从而影响电池的稳定性乃至寿命；欠充电会使负极板硫化，蓄电池内阻增大，容量降低。因此一定要掌握好蓄电池的充电程度；

(2) 控制放电电流值即放电速度蓄电池放电电流越大，再充电时可接受的初始充电电流值也越大，有助于提高再充电的速度。但是，蓄电池放电电流流经内阻时产生的热量会引起温度上升，因而放电电流不宜过大；

(3) 避免深度放电根据蓄电池充电电流接受比第一定律 [1]，对于任意给定的放电电流来说，蓄电池充电电流接受比与它已放出的电荷量的平方根成反比，因此放电深度越大，蓄电池放出的电量越多，蓄电池可接受的充电电流就越小，这将减慢蓄电池的充电速度；

(4) 注意环境温度的影响蓄电池的放电电量随环境温度的降低而减小，因此在不同的环境温度下，应该掌握不同的放电速度和放电程度。

OFweek 锂电网