

太阳能光伏发电技术(4)

储能蓄电池

● 中国科学院 马胜红 陆虎俞

1 蓄电池概述

1.1 蓄电池简介

蓄电池是一种化学电源,它将直流电能转变为化学能储存起来,需要时再把化学能转变为电能释放出来。能量转换过程是可逆的,前者称为蓄电池充电,后者称为蓄电池放电。在光伏发电系统中,蓄电池对系统产生的电能起着储存和调节作用。由于光伏系统的功率输出每天都在变化,在日照不足发电很少或需要维修光伏系统时,蓄电池也能够提供相对稳定的电能。蓄电池还可以提供较大的瞬间电流,用于起动电动机等。

蓄电池的投资约占光伏发电系统总投资的15%~20%,如此高的投资比例使得蓄电池使用寿命的长短对光伏发电系统千瓦时电能成本影响很大。蓄电池效率的高低不仅影响到千瓦时电能成本,还影响到太阳能电池组件额定容量的大小,从而影响到总投资。因此,如何选择和维护好蓄电池组,是光伏系统设计和管理中不容忽视的问题。

1.2 蓄电池分类

蓄电池有不同类型和大小。通常手电筒用的干电池,称为一次电池(原电池)。还有一类可充电电池,称为二次电池,例如:汽车起动用的铅酸电池,手电筒、收音机使用的镉镍充电电池等。目前光伏系统仍然大量使用着铅酸电池,因此本章将重点介绍铅酸蓄电池。

(1)铅蓄电池。用铅和二氧化铅作为负极和正极的活性物质(即参加化学反应的物质),以浓度为27%~37%的硫酸水溶液作为电解液的电池,称为铅蓄电池(俗称“铅酸蓄电池”)。

铅蓄电池不仅具有化学能和电能转换效率较高、充放电循环次数多、端电压高、容量大(高达3000Ah)的特点,而且还具备防酸、防爆、消氢、耐腐蚀的性能。同时随着工艺技术的提高,铅蓄电池的使用寿命也在不断提高。

近年来还开发出具有免维护特点的密封式铅蓄电池。密封式铅酸电池,维护简便,运输方便,但价格较贵,一般是开口铅电池的2~3倍。密封式铅酸电池在高温的气候条件下,容易因过充而损坏。

(2)碱性蓄电池。碱性蓄电池按其极板材料,可分为镉镍蓄电池、铁镍蓄电池等。

碱性蓄电池与铅蓄电池相比具有体积小,可深放电,耐过充和过放电,以及使用寿命长,维护简单等优点。碱性蓄电池的

主要缺点是内阻大,电动势较低,造价高。同低成本的铅酸电池比较,镉镍电池初始成本比铅酸电池高4~5倍,因此在光伏系统中较少采用。

由于铅蓄电池的性能价格比仍优于镉镍电池,目前在光伏系统中铅蓄电池仍在大量使用。

2 铅蓄电池工作原理

2.1 铅蓄电池结构

铅蓄电池主要由以下部分构成:正、负极板组、隔离物、容器和电解液等。

(1)极板。铅蓄电池的正、负极极板由纯铅制成,上面直接形成有效物质;有些极板用铅镍合金制成栅架,上面涂以有效物质。正极(阳极)的有效物质为二氧化铅,负极(阴极)的有效物质为海绵状铅。在同一个电池内,同极性的极板片数超过两片者,用金属条连接起来称为“极板组”或“极板群”。至于极板组内的极板片数的多少,随其容量(蓄电能力)的大小而异。

(2)隔离物。在各种类型的铅蓄电池中,除少数特殊组合的极板间留有宽大的空隙外,在两极板间均需插入隔离物,以防止正负极板相互接触而发生短路。隔离物有木质、橡胶、微孔橡胶、微孔塑料、玻璃等数种,可根据蓄电池的类型适当选定。

(3)容器。容器是用来盛装电解液和支撑极板的,通常有玻璃容器、衬铅木质容器、硬橡胶容器和塑料容器四种。

(4)电解液。铅蓄电池的电解液是用蒸馏水稀释高纯度浓硫酸而成。它的比重高低视铅蓄电池类型和所用极板而定,一般在15℃时为1.200~1.300之间。蓄电池用的电解液(稀硫酸)必须保持纯净,不能含有害于铅蓄电池的任何杂质。

2.2 铅蓄电池基本原理

铅蓄电池由两组极板插入稀硫酸溶液中构成。电极在完成充电后,正极板为二氧化铅,负极板为海绵状铅。放电后,在两极板上都产生细小而松软的硫酸铅,充电后又恢复为原来物质。

铅蓄电池在充电和放电过程中的可逆反应理论比较复杂,目前公认的是哥来德斯东和特利浦两人提出的“双硫酸化理论”。该理论的含义为铅蓄电池在放电后,两电极的有效物质和硫酸发生作用,均转变为硫酸化合物——硫酸铅;当充电时,又恢复为原来的铅和二氧化铅。

3 铅蓄电池主要性能

表示铅蓄电池特性参数很多,下面仅就与光伏系统选用蓄电池有关的重要性能给与扼要说明。

3.1 蓄电池容量

蓄电池容量是蓄电池储存电能的能力,通常以蓄电池充满电后放电至规定的终止电压时,电池放出的总电量表示。当蓄电池以恒定电流放电时,它的容量(Q)等于放电电流值(I)和放电时间(T)的乘积,即 $Q=IT$ 。如果放电电流不是常量,则蓄电池的容量等于不同放电电流值与相应放电时间的乘积之和。

蓄电池容量不是固定不变的常数,它与充电的程度、放电电流大小、放电时间长短、电解液比重、环境温度、蓄电池效率

及新旧程度等有关。通常在使用过程中,蓄电池放电率和电解液温度是影响容量的最主要因素。

(1) 放电率对蓄电池容量影响。蓄电池容量的大小随放电率不同而不同,一般规定 10 小时放电率的容量为固定型蓄电池的额定容量。若使用高于 10 小时的放电率,则可得到高于额定值的电池容量;若使用低于 10 小时的放电率,所放出的容量要比蓄电池的额定容量小。图 1 展示出放电率对蓄电池容量的影响,由曲线可以看出,随着 $C/20$ 到 $C/1$ 放电率的加大,蓄电池容量在减小。

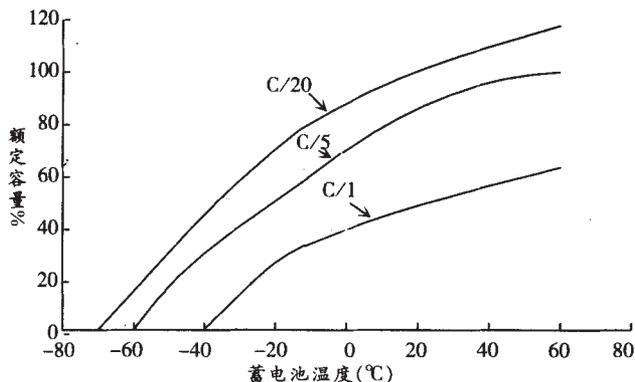


图 1 放电率对蓄电池容量的影响

(2) 电解液对蓄电池容量影响。电解液温度的影响:电解液温度高时(在允许的温度范围内),离子运动速度加快,获得的动能增加,因此渗透力增强,从而使蓄电池内阻减小,扩散速度加快,电化反应加强,从而使电池容量增大;当电解液温度下降时,渗透力降低,因此蓄电池内阻增大,扩散速度降低,电化反应滞缓,使电池的容量减小。图 1 还展示出温度对蓄电池容量的影响,由曲线可以看出,随着温度的升高,蓄电池容量呈增加趋势。

电解液浓度的影响:电解液浓度不同,蓄电池的容量和电压也不同,尤其是极板孔眼内部的电解液浓度是决定蓄电池容量和电压的重要因素。若电解液浓度低,在放电过程中孔眼内电解液比重相应降低,不能维持足够的硫酸量,则电池的电动势随之下降,容量也因此减小。

(3) 局部放电对容量影响。铅酸蓄电池无论在放电时还是静止状态下,其内部都有自放电现象,称为局部放电。产生局部放电的原因,主要是由于电池内部有杂质存在。尽管电解液是由纯净浓硫酸和纯水配制而成,但还是含有少量的杂质,而且随着蓄电池使用时间的增长,电解液中的杂质缓慢增加。这些杂质在极板上构成无数微形电池产生局部放电,因此无谓的消耗着蓄电池电能。

为了减小蓄电池的局部放电作用,在安装、维护工作中应选择合格的硫酸和纯水,尽量防止有害杂质落入电池。局部放电还与蓄电池的使用温度有关,温度越高,局部放电越严重,因此要尽量避免蓄电池在过高温下运行。

3.2 蓄电池能量效率

描述蓄电池效率的物理量有三个:“安时效率”、“能量效

率”和“电压效率”。当设计蓄电池储能系统时,能量效率特别有意义。如果电流保持恒定,在相等的充电和放电时间内,蓄电池放出电量和充入电量的百分比,称为蓄电池的能量效率。铅蓄电池效率的典型值是:安时效率约为 87%~93%,能量效率约为 71%~79%,电压效率 85%左右。

此外,还有“比能量”也是评价蓄电池水平的一个重要技术指标,即单位重量或单位体积的能量,分别以 Wh/kg 和 Wh/L 表示。

蓄电池效率受许多因素影响,如温度、放电率、充电率、充电终止点的判断等。影响蓄电池能量效率的电能损失主要来自以下 3 个方面:①充电末期产生电解作用,将水电解为氢和氧而消耗电能;②电池的局部放电作用(或漏电)消耗了部分电能;③电池的内阻产生热损耗而损失电能。

3.3 蓄电池循环寿命

蓄电池的循环寿命主要由电池工艺结构与制造质量所决定。但是使用过程和维护工作对蓄电池寿命也有很大影响,有时是重大影响。首先,放电深度对蓄电池的循环寿命影响很大,蓄电池经常深度放电,循环寿命将缩短,见图 2。其次,同一额定容量的蓄电池经常采用大电流充电和放电,对蓄电池寿命都产生影响。大电流充电,特别是过充时极板活性物质容易脱落,严重时使正负极板短路;大电流放电时,产生的硫酸盐颗粒大,极板活性物质不能被充分利用,长此下去电池的实际容量将逐渐减小,这样使用寿命也会受到影响。

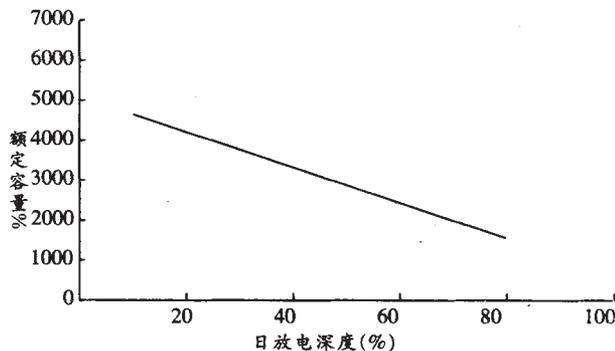


图 2 放电深度对蓄电池寿命的影响

最后要特别指出的是,蓄电池寿命虽然取决于蓄电池极板的工艺水平和制造质量,然而当蓄电池在现场投入运行后是否能实现制造时赋予蓄电池的寿命预期,则用户的运行和维护水平将起着决定性作用。

4 确定蓄电池技术条件

4.1 对储能用蓄电池的要求

光伏系统中蓄电池工作特点是,频繁处于充电-放电的反复循环中,而且过充电和深放电的不利工况时有发生。因此蓄电池工作性能和循环寿命就成为人们最关注的问题。根据光伏系统中蓄电池运行特点,具有以下特长的蓄电池最适合在光伏系统中使用:

①具有深循环放电性能;②循环寿命长;③对过充过放电耐受能力强;④具有免维护或少维护性能;⑤低温下也具有良

好的充电、放电特性 ;⑥充放电特性对高温不敏感 ;⑦具有较高的能量效率 ;⑧无需初充电操作 ;⑨具有高的性能价格比 ;⑩具有高重量和体积比能量。

4.2 选择蓄电池类型

目前 ,光伏系统储能用蓄电池的需求量在蓄电池的市场销售量中所占份额很少 ,开发和生产在性能上更适合储能用的蓄电池尚未引起足够的重视。当前大多数设计人员采用开口式固定型铅蓄电池 ,有的为减少维护工作量选用密封铅蓄电池。还有些用户使用了汽车起动用蓄电池 ,这是一种不正确的选择。这类蓄电池在设计上主要考虑了汽车、拖拉机起动机时所需要的瞬间大电流放电 ,然后立即充电 ,不适宜深放电。光伏发电用的储能蓄电池经常是中等或小电流放电 ,并在一个无规律、不稳定的条件下充电。此外 ,太阳能资源丰富的缺电地区往往属于干燥性气候 ,水份蒸发较快 ,而起动用蓄电池需要经常添加蒸馏水。因此 ,汽车起动用铅蓄电池不适宜在光伏发电系统中使用。

4.2.1 储能用铅蓄电池

为了适应风力发电和光伏发电系统对储能蓄电池的要求 ,我国在“七五”、“八五”科技攻关中 ,进行了储能用铅蓄电池的研制和试生产 ,在适应储能应用的相关性能方面取得了一定进展。由于新型储能铅蓄电池尚在开发过程中 ,其品种少、技术不够成熟。目前 ,国内只有为数很少的蓄电池厂生产小容量的储能铅蓄电池 ,因此选用范围受到一定限制。

4.2.2 开口式固定型铅蓄电池

开口式固定型铅蓄电池主要用于通信电源、发电厂和变电所开关的合闸、事故用电、备用电源以及其它固定场所 ,具有容量大、寿命相对长的特点。固定型蓄电池的每 VAH 的重量和所占体积也相应增大 ,如以 VAH 容量基本相同的 GGF-700 与 6-QA-120 相比为例 ,前者比后者的重量大 51% ,外形尺寸大 1.24 倍。当然 ,相应的价格也高一些。与起动用蓄电池相比固定型蓄电池的性能更贴近光伏系统的要求 ,因此目前在功率较大的光伏系统中多数采用开口式固定型铅酸蓄电池。

4.2.3 密封型铅蓄电池

20 世纪 80 年代国外已开始使用密封型铅蓄电池 ,近年来国内也在开发蓄电池的密封和免维护技术 ,同时引进了密封型铅蓄电池生产线。因此 ,在光伏发电系统中也开始选用密封型铅蓄电池。

密封型铅蓄电池与开口式铅蓄电池相比 ,主要有下列优点和缺点。

(1)优点 :不需专门的维护 ;即便倾倒地电解液也不会溢出 ;不向空气中排放氢气和酸雾 ,安全性能更好。

(2)缺点 :对蓄电池的过充电更为敏感 ,因此对过充保护要求高 ;当长时间反复过充电后 ,蓄电池极易变形 ,价格较普通铅电池高。

目前 ,便携式及户用光伏电源已开始选用密封型铅电池 ,由于成本高 ,国内 10 千瓦级以上的光伏供电系统尚未大量采用这种电池。但是 ,随着工艺技术的不断提高和生产成本的降

低 ,密封型铅蓄电池在光伏发电领域的市场将不断扩大。

4.2.4 碱性蓄电池

目前常见的碱性蓄电池有镉镍电池和铁镍电池。碱性蓄电池(指镉镍蓄电池)与铅蓄电池相比 ,主要有下列优点和缺点。

(1)优点 :对过充电、过放电的耐受能力强 ;反复深放电对蓄电池寿命无大的影响 ;在高负荷和高温条件下 ,仍具较高的效率 ;维护简单 ;循环寿命长。

(2)缺点 :内阻大 ;电动势小 ,输出电压较低 ;价格高(约为铅蓄电池 4~5 倍)。

从以上优缺点比较看出 ,虽然碱性蓄电池确有许多优点 ,但从总的性能价格比分析 ,铅蓄电池仍有一定的优势。只有在对储能的可靠性、安全性、机械强度和使用寿命等有较高要求的情况下 ,才选用碱性蓄电池(主要指镉镍蓄电池)。

4.3 确定蓄电池技术条件

在光伏系统基本规模确定后 ,在设计光伏系统储能单元时应确定以下参量。

(1)自主天数。自主天数是指当蓄电池组充满电后 ,在断开外接充电电源的条件下 ,在规定的放电深度下 ,蓄电池组保证必要或重要负载运行的天数。近似于设计人员通常使用的“连续阴天数”。

确定自主天数主要依据光伏系统的地理位置、系统总负载和负载类型。气候条件是决定自主天数的主要因素 ,调查和分析当地气候模式和小气候是非常重要的。设计时通常取年平均阴天(或无日照)数作为依据。太阳能电池组件性能优劣和使用有管理负载功能的控制器 ,也会影响自主天数的选择。

确定系统自主天数时需要考虑的另外因素是负载的规模和类型。在自主天数里 ,也不是在所有时间内向系统的全部负载供电 ,在送电时间和负载对象上要有所选择。否则 ,蓄电池组的规模和投资将会大大增加。

自主天数的选择范围 ,对于非重要用户或带有备用发电机的光伏系统为 2~3 天 ;对于没有备用电源的重要负载 ,可定为 4~6 天。

(2)蓄电池容量。设计人员要评估系统负载对蓄电池容量的需求。确定蓄电池容量 ,首先要测定接入系统的负载每天需要多少电量 ;其次根据气候条件蓄电池需要存储多少天的电量。测算时要注意电池容量会受到诸多因素影响 ,包括 :放电率、温度、控制器效率、老化和反复充电特性等。当然 ,所需要的蓄电池容量也受负载规模的影响 ,减少负载就会减少蓄电池容量。

在确定蓄电池容量时 ,并不是容量愈大愈好 ,过大的电池容量规模也会产生问题。这是因为在日照不足时 ,蓄电池组可能维持在部分充电状态 ,这种欠充电状态将导致电池硫酸化增加 ,容量降低 ,寿命缩短。当然不合理的加大蓄电池容量规模 ,将增加光伏系统的成本。因此 ,恰当合理的确定光伏系统蓄电池容量是一项重要而细致的工作 ,必须认真对待。

(3)放电率。放电率是表示蓄电池放电电流大小与该电池额定容量的相对比例关系 ,通常以电池的额定容量与将全部容量放完所需时间之比表达。举例 :某蓄电池额定容量以 C 代

配电网自动化工程

● 武汉大学电气工程学院 曹玉胜

0 引言

配电自动化系统是应用现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术,将配电网实时信息、离线信息、用户信息、电网结构参数、地理信息进行安全集成,分析运算,实现配电网正常运行及事故情况下的监测、保护、控制和配电管理的自动化系统。配电自动化是提高配网供电质量,降低劳动强度,提高管理水平和服务质量的有效措施。在我国,配电网自动化的建设大致和城乡电网改造同步,通过对配网一次设备的改造和对一次设备进行监控的配电自动化系统的建设,切实提高电网的供电可靠性和电能质量,为企业提高劳动生产率和经济效益提供良好的支持。为此,本文结合配网改造,着重就配电自动化工程的规划设计、建设实施、运行维护和人员培训等相关方面的内容做一简要介绍。

1 配电自动化工程的规划设计

配电自动化是一项复杂的系统工程:一方面,其监控对象具有数量多、种类繁、分布广、工作环境恶劣的特点;另一方面,随着电量需求的增加,电力用户对供电可靠性和电能质量的要求亦日渐提高。这两方面的特点要求配电自动化系统从规划设计开始就要有明确的发展目标和合理的建设原则。配电网自动化系统的建设要结合配网的改造,遵循“结构分层、功能分级、布置就近、信息集中、控制可靠”的建设原则,统一规划,逐步实施。在规划设计阶段,要充分考虑当地配网和通讯网络的特点,综合地区10~15年的发展规划,使用先进的计算机和通讯技术,搭建一个高起点、高扩展性和可靠性的系统框架结构。

配电网自动化系统普遍采用由配电站层、配电子站层和

配电终端层构成的分层分布式三层结构,部分规模较大的网络在主站与子站间增加一个配电自动化子中心层作为信息中转平台。系统各层间通过通讯介质建立联系,通过全网络的信息交换和综合,实现对整个配电网的最优管理。统一的数据模型(CIM)和数据交换接口(CIS)是各层间有效通讯的保障,规划的系统及设备必须满足各种接口标准化和开放性要求。自动化系统的组件尽量使用模块化的产品,以方便维护和升级,避免重复投资。同时,也应充分发挥现有设施的作用,最大限度地利用原有资源,实现整体投资的综合优化。注重自动化系统信息的安全与共享,确保不同层次的设备交换数据的一致性和完整性要求。

2 配电自动化系统的建设实施

配电自动化系统的建设应与配电网自身的建设协调一致,在统一规划的基础上,分步实施。按照系统结构分层,配电自动化具体实施可分为主站、子站和终端层三个层次建设。要求各层次在实现基本功能的基础上,实现对装置数量、系统规模和功能的可扩展性,详述如下。

表,如用10小时将全部容量放完,则放电率表示为 $C/10$ (或 $0.1C$);如用5小时将全部容量放完,则放电率表示为 $C/5$ (或 $0.2C$)等等,以此类推。

(4)放电深度。放电深度是表示从蓄电池中取出的容量占该电池额定容量的比值大小,通常以放出的容量与电池额定容量之比的百分数表示。例如:某台蓄电池额定容量为200Ah,经放电后容量剩余为80Ah,实际放出容量为120Ah,此时称该蓄电池的放电深度是60%。

根据多数蓄电池厂家的认同和用户的习惯,蓄电池放电深度在10%~25%上下为浅循环放电,放电深度在30%~50%上下为中等循环放电,放电深度在60%~80%上下为深循环放电。浅循环放电有利于延长蓄电池寿命。当负载运行规律和天然气变化规律都可以预测,或者蓄电池深放电以后可得到备用电源充电,这样的光伏系统采用蓄电池深循环运行是值得的。因为蓄电池的容量利用率很高,系统需要的蓄电池数量较少。

蓄电池浅循环运行,有两个明显的优点:第一,蓄电池一般

有较长的循环寿命;第二,蓄电池经常保持较多的备用安时容量,使光伏系统的供电保证率更高。根据测算和实际运行经验,较为适中的放电深度是50%。国外有关资料称50%的蓄电池循环放电深度为“最佳储能-成本系数”。

(5)预期寿命。许多光伏设计人员和用户习惯以蓄电池使用年限来衡量电池寿命,这是一种不够严格的评价方法。根据蓄电池行业标准,蓄电池制造厂是以充放电循环量来规定寿命预期的。蓄电池的寿命预期也不是唯一的,在不同的循环放电深度下,有不同的寿命预期。例如,我国某蓄电池厂的产品技术说明书中,就给出了阀控密封蓄电池的不同的寿命指标:中等放电深度下,充放电循环数为1200次;深循环放电条件下,充放电循环数为200次。

目前对于蓄电池寿命终结的判断也存在着差异。蓄电池运行时间超过一定期限后,尽管还可以使用,但已经失去一些蓄电能力。国内外有关技术资料提出,当蓄电池损失初始容量的20%时,应作为其寿命的终结。