

直流屏的技术条件及保护措施

王沛轩 王 玮 王维娟

(甘肃电器科学研究院)

摘要：由于电器设备的控制电源一般都为直流，提供直流控制电源的直流屏，其专有的技术条件，都对电压电流的输出精度、干扰、放电等有影响，使用软启动和直流并联等新技术使得直流屏的常见参数发生偏差，本文介绍直流屏相应技术的要求及对应的保护措施。

关键词：稳压精度；稳流精度；纹波因数；均流不平衡度；双直流屏的并联连接

2025.03.DQGY
71

0 引言

根据国家“十四五”发展规划研究，全国用电增长将维持在5%左右的中高速区间，2025年全社会用电量将达到9.5~9.8万亿千瓦时。电网规模持续扩大，系统结构愈加复杂，交直流混联大电网与微电网等新型网架结构深度耦合，发电厂和变电站中的电力操作电源如今采用的都是直流电源，而作为控制负荷和动力负荷以及为直流事故照明等提供电源负荷的装置，直流屏是新时代电力系统控制、保护的基础^[1]。

1 直流屏的软启动功能

直流屏软启动是指在直流屏电源启动时，通过逐渐增加电压或电流的方式，使直流屏逐渐达到正常工作状态，以避免电源启动瞬间对直流屏产生过大的电压或电流冲击，从而保护直流屏和电源。

软启动可以通过使用可调电源或控制器，实现软启动效果。软启动时需要注意以下几点：第一，启动时间：软启动时间应根据直流屏的特性和要求进

行设置，一般应保证在几十毫秒到几秒钟之间；第二，电压或电流上升速度：软启动时应控制电压或电流的上升速度，避免过快导致冲击；第三，保护措施：软启动过程中应设置保护措施，如过流保护、过压保护等，以保护直流屏和电源。直流屏软启动是通过逐渐增加电压或电流的方式，使直流屏逐渐达到正常工作状态的过程，可以通过软启动电路、可调电源或控制器等方式实现。在软启动过程中需要注意启动时间、电压或电流上升速度以及保护措施等方面的设置。

2 直流屏的稳压精度

直流屏稳压精度是指在直流电源输出电压设定值下，实际输出电压与设定值之间的偏差。精度越高，偏差越小，表示直流屏稳压能力越强^[2]。

直流屏稳压精度通常用百分比或毫伏表示。根据标准要求，相控型直流屏稳压精度不应超过1%，充电装置（即三相调压输出电源）在稳压状态下，直流

输出电压设定为规定要求的整定范围内任一点，即交流输入电压在（85%~120%）额定值（三相调压器输出端电压）内变化，调整负载电流为（0~100%）额定值后（二次侧输出负载电流所示值），分别测量其充电装置的输出电压（二次侧输出端电压表所示值，满载 75%~125%，也是测量纹波因数的示波器两端电压值）。根据输出值找出上述变化范围内充电装置输出电压的极限值 U_M 。以最常见的对操作回路供电，而提供最小的电流的 DC 220V 为例，以电网供电，设定输出电压为 DC 220V \pm 3%，而实际输出电压为 DC 219.6V，则稳压精度为 -0.1V 或 -0.83%，如图 1 所示和表 1 所示。

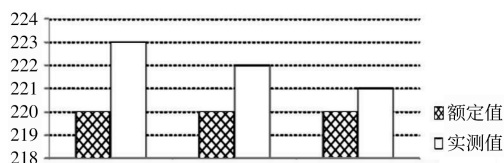


图 1 稳压检验条件的三组检验量值对比图

表 1 稳压检验条件的三组检验量值

输出电压	满载 DC 165V 75%电压	满载 DC 220V 100%电压	空载 DC 275V 125%电压
额定值	DC 220V	DC 220V	DC 220V
实测值	DC 220.3V	DC 219.6V	DC 220.1V

直流屏稳压精度受到多种因素的影响，包括电源设计、电路稳定性、元件质量等。一般来说，高质量的直流屏具有更高的稳压精度。在实际应用中，稳压精度对于一些对电压要求较高的设备非常重要，如精密仪器、电子设备等。较高的稳压精度可以确保设备正常运行，避免电压波动对设备造成损害。需要注意的是，直流屏稳压精度不仅取决于直流屏本身，还与输入电源的稳定性有关。如果输入电源本身波动较大，即使直流屏具有较高的稳压精度，也无法完全消

除输入电源的波动。因此，在选择直流屏时，除了关注其稳压精度外，还应考虑输入电源的稳定性，并根据实际需求选择合适的直流屏。

3 直流屏的稳流精度

直流屏稳流精度是指在直流电源供电的情况下，屏幕所显示的电流值与实际电流值之间的误差。稳流精度的高低直接影响着屏幕显示的准确性和可靠性。

直流屏稳流精度可以通过以下几个方面来衡量：

1) 电流测量精度：需要通过直流屏内置的电流传感器来测量电流值，电流测量精度越高，屏幕显示的电流值与实际电流值之间的误差就越小。

2) 电流调节精度：通过直流屏内置的电流调节器来控制电流值，电流调节精度越高，屏幕显示的电流值与设定的电流值之间的误差就越小。

3) 温度稳定性：直流屏在不同的温度环境下，电流值是否能够保持稳定。温度稳定性越好，屏幕显示的电流值与实际电流值之间的误差就越小。

4) 长时间稳定性：直流屏在长时间使用过程中，电流值是否能够保持稳定。长时间稳定性越好，屏幕显示的电流值与实际电流值之间的误差就越小。

当然为了提高直流屏稳流精度，可以采取以下措施，第一，优化电流传感器和电流调节器的设计，提高其测量和调节精度；第二，使用高质量的元器件和材料，提高直流屏的温度稳定性和长时间稳定性；第三，进行严格的质量控制和测试，确保每个直流屏的稳流精度符合规定的标准。稳流精度的提高需要综合考虑电流测量精度、电流调节精度、温度稳定性和长时间稳定性等因素，并采取相应的措施进行优化。

4 直流屏的纹波因数

直流屏纹波因数是指直流电源供电的屏幕显示器上出现的屏纹波的程度即杂波信号含有量，其定义为输出电压中交流成分占总电量的百分比，即在额定输出电压和负载电流下，输出电压的纹波（包括噪声）的绝对值大小。由于其电源轨之间的电压容差常常很小（ $< 1\%$ ），因此需要试验中进行功率完整性的测量，如在全带宽内测量纹波电压。而纹波因数是衡量交流成分所占总功率的百分比，是一个常量，除去理想情况下电源输出的完全稳定的直流信号外所产生的杂波信号即纹波噪声，根据标准要求，测量纹波噪声应调整负载电流为（0~100）% 额定值，纹波噪声曲线见图 2，然后根据输出电压交流分量的峰-峰值即纹波噪声，计算出纹波因数。

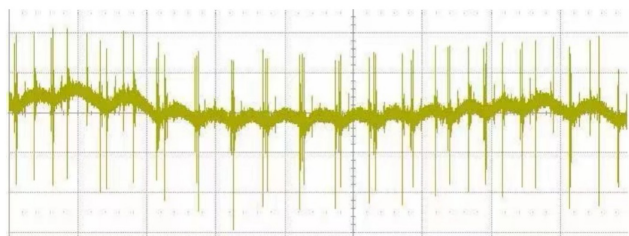


图 2 直流屏纹波噪声曲线

全带宽输出纹波通常包含低频（LF）纹波和高频（HF）噪声两种，其中包含周期性还有随机性的成分，周期性成分在直流电压中上下变化，就好比水面上波动的水纹一样，纹波的频率是由开关频率的基波还有谐波组成，纹波是无法避免的，只能通过设计相应的减少，要用适合的滤波器来滤除掉这些交流分量；屏纹波是指在屏幕上出现的水平或垂直方向的波纹状干扰线。直流屏纹波因数是衡量屏幕显示质量的一个重要指标^[3]。

直流屏纹波的产生是由于直流电源的不稳定性或者电源滤波电容的不足导致的。当电源电压不稳定或者电源滤波电容容量不足时，会导致屏幕上出现波纹

状的干扰线。一般来说，直流屏纹波因数越小，表示屏幕显示质量越好。通常，直流屏纹波因数在 1% 以下被认为是优秀的显示质量，而在 1%~5% 之间被认为是一般的显示质量。

为了降低直流屏纹波因数，可以采取如下措施：第一、使用稳定的直流电源，确保电源电压的稳定性；第二、增加电源滤波电容的容量，提高滤波效果；第三、使用优质的显示器，具有较好的屏幕显示质量^[4]。直流屏纹波因数是衡量屏幕显示质量的一个重要指标，通过采取相应的措施可以降低直流屏纹波因数，提高屏幕显示质量。

5 直流屏的放电能力

直流屏的放电能力应该算作是电池的放电能力，是直流屏重要的参数标杆，需要通过放电试验进行测试，用于评估电池的性能和容量。在这个试验中，电池会通过一个负载进行放电，以测量其放电时间和电压变化。这个过程，首先，需要准备一个合适的负载，可以是一个恒定电流负载或者一个可变电阻负载。负载的选择应根据电池的额定电流和放电要求来确定；接下来，将电池连接到负载，并确保连接稳固可靠。可以使用导线和插头来连接电池和负载；在开始放电之前，需要记录电池的初始电压和放电时间，这些数据将用于后续的分析和比较。

开始放电后，可以定期测量电池的电压和放电时间。这可以通过连接一个电压表和一个计时器来实现。测量的频次可根据需求进行调整，通常每隔一段时间进行一次测量。当电池的电压降到一定程度或者放电时间达到预定的时间时，停止放电。记录电池的最终电压和放电时间，其充放电特性曲线见图 3。完成放电试验后，可以计算电池的放电时间、电压变化率和容量损失等指标，这些指标可以用来评估电池的性能和寿命^[5]。

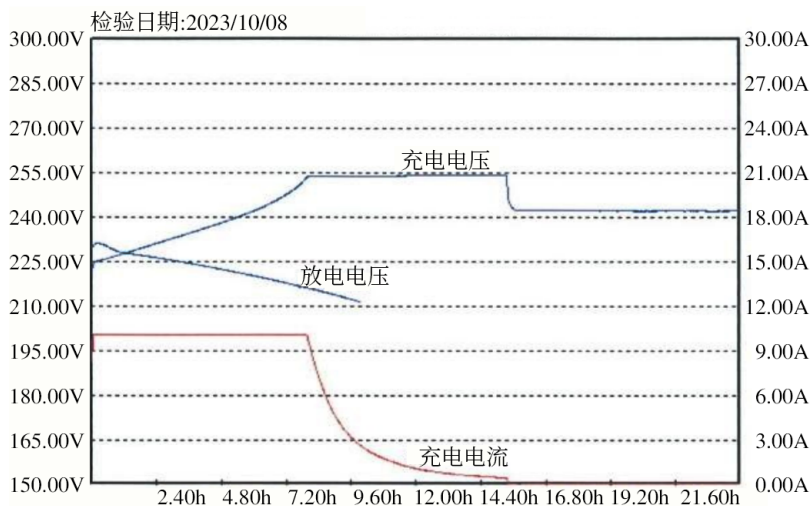


图3 直流屏的充放电特性曲线

需要注意的是，在进行直流屏电池放电试验时，应遵循相关的安全操作规程，确保实验过程安全可靠。同时，应根据电池的类型和规格，选择合适的放电条件和负载，以确保测试结果的准确性和可靠性。

6 直流屏均流不平衡度

直流屏均流不平衡度是指直流屏中各相电流之间的差异程度。在一个直流屏中，通常会有多个直流电源供电，每个直流电源都会提供一定的电流。如果直流屏中各相电流相等，则称为均流；如果各相电流不相等，则称为不平衡^[4]。

直流屏均流不平衡度的计算方法是通过对各相电流与平均电流之间的差异来衡量。其中一种常用的计算方法其计算公式如下：

$$\text{均流不平衡度} = \frac{\text{整流模块输出电流值} - \text{整流模块输出电流平均值}}{\text{整流模块的额定电流值}} \times 100\%$$

某输出为 DC220V/10A 的直流屏设备在模拟阻性负载下运行所验证的均流不平衡度如表 2 所示。

表2 验证直流屏均流不平衡度

充电装置在浮充电状态下，调整高频开关电源模块总输出电流为 50% I _n			
交流输入电压/V	380.27		
输出电压为浮充电电压/V	245.12		
常规负荷母线电流/A	5		
常规负荷母线输出电流	50%I _e	75%I _e	100%I _e
高频开关总输出电流/A	2.5	3.75	5
单体模块输出电流 (模块I) /A	1.27	1.88	2.53
单体模块输出电流 (模块II) /A	1.26	1.87	2.55
单体模块输出电流 (模块III) /A	备用		
均流不平衡度算术平均值: -5% ≤ β ≤ 5%	2.00%		
调整高频开关电源模块充电电流值为 100% I _n 时，重复试验			
交流输入电压/V	380.49		
输出电压为浮充电电压/V	244.92		
常规负荷母线电流/A	10		
常规负荷母线输出电流	50%I _e	75%I _e	100%I _e
高频开关总输出电流/A	5	7.5	10
单体模块输出电流 (模块I) /A	2.57	3.78	5.04
单体模块输出电流 (模块II) /A	2.53	3.76	5.06
单体模块输出电流 (模块III) /A	备用		
均流不平衡度算术平均值: -5% ≤ β ≤ 5%	2.80%		

直流屏均流不平衡度的高低会对直流屏的运行产生影响。较高的不平衡度会导致直流屏中某些电源负荷过重，可能引起电源过热、寿命缩短等问题。因此，对于直流屏来说，保持均流非常重要，可以通过合理设计和配置直流电源、监测和调整电流等方法来

降低均流不平衡度。

7 双直流屏的并联连接

单个直流屏中，有两种接法：其一为串联，串联连接是将多个电池的正负极分别连接在一起，为了使电流能够在电池之间流通，每个电池的负极必须与它的下一节电池的正极相连。串联连接会使电池的电压相加，但电池的电流不变；其二为并联，并联连接是将多个电池的正负极分别连接在一起，并联连接后，各个电池的正极和负极都分别相连，这样电流可以同时流经每个电池，并联连接会使电池的电流相加，但电池的电压不变。

双直流屏的并联连接是一种将两个直流电源屏并联使用的方法。在这种连接中，两个直流电源屏的输出端正极连在一起，输出端负极也接在一起，形成一个并联输出电路。这样，两个直流电源屏的电压可以同时作用于电路中的负载。

双直流屏的并联连接的主要应用场景是在需要更高标称电压的直流系统电压或更大的电流输出时。主要是通过并联两个直流屏的电源屏部分，可以增加输出电压或电流的能力，满足负载的需求。

在进行双直流屏的并联连接时，需要注意以下几点：

1) 电源屏的电压和电流要相近：并联电源屏的电压和电流应该尽量相近，这样才能保证两个电源屏能够平衡地提供电流给负载。如果两个电源屏的电压和电流差异较大，可能会导致其中一个电源屏过载，而另一个电源屏负载较轻。

2) 电源屏的极性要一致：并联电源的正极和负极要连接正确，以确保电流能够正确地流动。如果连接错误，可能会导致电流逆流，损坏电源屏或负载。

3) 电源屏的输出能力要匹配：并联电源屏的输出能力应该相当，以确保两个电源屏能够平衡地提供

电流给负载。如果一个电源屏的输出能力较强，而另一个电源屏的输出能力较弱，可能会导致电流不平衡，影响负载的正常工作。

4) 电源屏的保护措施要完善：并联电源屏的每个电源都应该具备完善的保护措施，以防止过载、短路等故障发生。同时，还需要考虑电源屏的故障切换和负载的平衡控制等问题，以确保系统的可靠性和稳定性。

总之，双直流屏的并联连接是一种有效的特殊方法，可以提高直流电源的输出能力，满足负载的需求，以确保系统的正常运行。

8 结束语

总的来说，直流屏就是为稳定直流提供电源的设备。它是电力工程师在配电室直接操作的控制柜，且适用于开关分合闸及二次回路中的仪器、仪表、继电保护和故障照明等场合的供电，作为日常市电中压系统和应急柴发中压系统的二次回路的供电设备，重要性不言而喻。

参考文献

- [1] GB/T 19826—2014 电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求 [S]. 北京：中国标准出版社，2014.
- [2] 杨晓光，朱钱唯. 变电站直流屏的运行与维护 [J]. 电世界，2021，62（8）：28-30.
- [3] 李晓明，窦甜甜. 浅谈直流系统 [J]. 内蒙古石油化工，2014，40（2）：50-51.
- [4] 寿志敏. 简述直流屏原理作用与操作说明 [J]. 科技创新与应用，2017（36）：155-156.

（收稿日期：2024-07-23）