

# 并联直流电源系统 在张家港水利枢纽泵站工程中的运用

张 君,尚晓君,蔡惠飞

(江苏省太湖地区水利工程管理处,江苏 苏州 215128)

**摘要:**详细阐述了并联直流电源系统的工作原理及其功能特性,以张家港水利枢纽直流电源系统为例,分析了并联直流电源系统在水利工程中的适用性。采用并联直流电源系统可有效解决串联直流电源系统存在的问题,在可靠性、安全性、便捷性等方面具有明显的优势,提高了系统的稳定性和蓄电池的利用率,研究成果可为其他类似泵站工程的直流系统改造提供参考。

**关键词:**直流电源; 并联系统; 水利枢纽

中图分类号:TV54

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2025)03-0068-0005

## Application of parallel direct current power supply system in the pumping station project of Zhangjiagang Water Conservancy Hub

ZHANG Jun, SHANG Xiaojun, CAI Huifei

(Water Conservancy Engineering Management Office of Taihu Region of Jiangsu Province, Suzhou 215128, China)

**Abstract:** This paper elaborates in detail on the working principle, functional characteristics of the parallel direct current power supply system. Taking the direct current power supply system of Zhangjiagang Water Conservancy Hub as an example, the applicability of the parallel direct current power supply system in water conservancy projects is analyzed. The adoption of the parallel direct current power supply system can effectively solve the problems existing in the series direct current power supply system, and it has obvious advantages in terms of reliability, safety, and convenience. It improves the stability of the system and the utilization rate of batteries. The research results can provide a reference for the direct current system transformation of other similar pumping station projects.

**Key words:** direct current power; parallel system; water conservancy hub

直流系统是闸站工程中重要的电源系统,为控制回路、信号回路、事故照明回路、继电保护装置、自动装置等提供可靠的直流电源。直流系统的可靠供电是工程安全运行的重要保障,在正常运行和

事故情况下都必须保证不间断供电,提供满足要求的电压电流,其可靠性直接影响整个闸站工程的安全运行和工程效益的充分发挥<sup>[1]</sup>。本文以张家港水利枢纽泵站工程直流电源系统为例,采用一种新型

收稿日期: 2024-12-10

作者简介: 张君(1980—),男,高级工程师,本科,主要从事水利工程管理工作。E-mail: 505992518@qq.com

的并联智能直流电源系统,有效解决了蓄电池串联方式下单只蓄电池质量、连接线影响整组电池可靠性,不能在线更换维护,新旧电池难以匹配,冗余配置不经济等问题<sup>[2-5]</sup>。

## 1 工作原理

### 1.1 并联型直流电源工作原理

并联型直流电源系统是指将单只蓄电池与匹配的交直流充电模块、直流升压模块等器件组成“蓄电池并联模块”,通过DC/DC或DC/AC变换输出满足需要的直流电压或交流电压<sup>[6]</sup>,并联直流电源原理如图1所示。

单个蓄电池并联模块架构如图2所示,在交流有电情况下,APFC进行有源功率因数校正。电池路由400 VDC~12 VDC(直流电压)给电池充电,用户只需要设置电池管理信息,模块自动时间给电池充电功能;由400 VDC~220 VDC给母线供电,此路给常规负荷的供电,输出电压为230 VDC,电流最大为2 A。如果出现冲击性负载,要求单模块输出电流超过2 A时,首先限流使输出电压下降到222 VDC,此时由12 VDC~220 VDC补充超出部分的电流,12 VDC~220 VDC输出常规为2 A,可满足反时限曲线的冲击要求。说明在交流有电情况下,输出电流可满足反时限曲线查到的电流再加1倍电流冲击的要求。

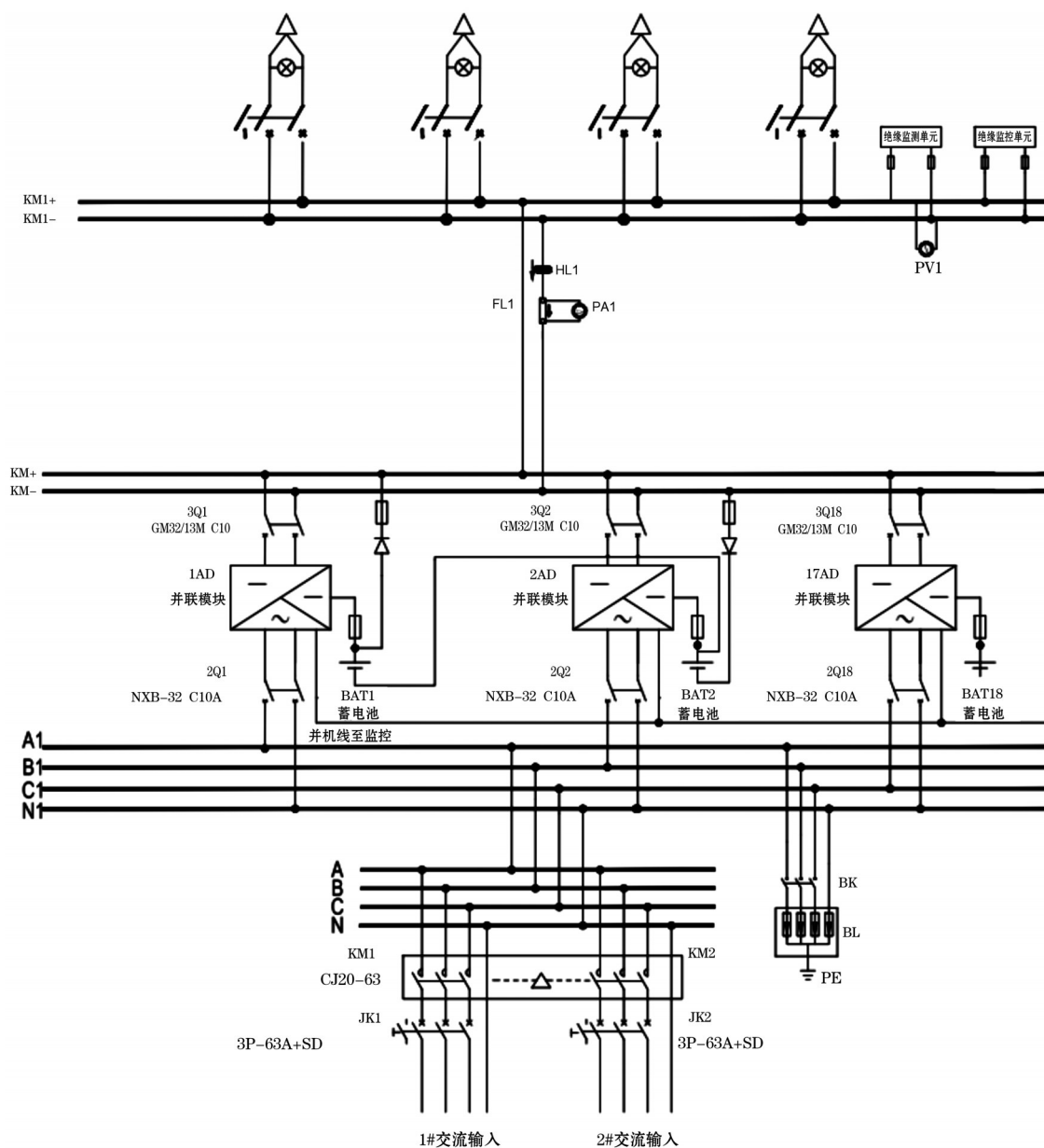


图1 并联直流电源原理示意

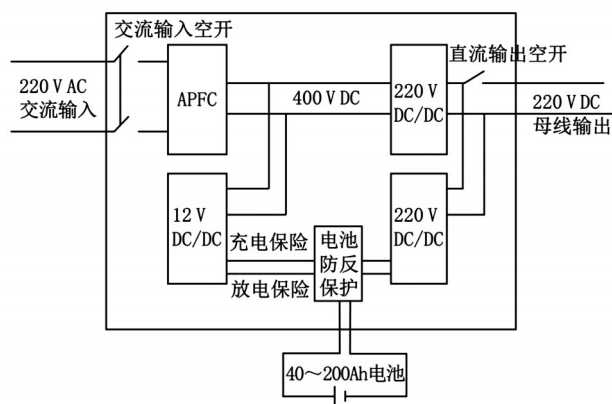


图2 单个并联型电池模块架构

在交流停电的情况下,由12VDC~220VDC抽取电池能量给母线供电,输出电压为222V,长时间工作电流2A,冲击满足反时限曲线。为了防止在交流有电情况下,电池给母线供电,所以12VDC~220VDC设定的输出电压为222V,低于400VDC~220VDC的230V。

## 1.2 并联型直流电源功能

直流系统蓄电池并联的方式连接,通过单组电源模块控制单节电池的方式保证了直流电源在单组蓄电池失能失效的情况下正常工作,选择的并联型直流电源产品具有以下优点。

(1)模块自带短路保护,自动恢复;初次级隔离,隔离强度高,稳定可靠;过压保护,保护电池和系统用电设备。

(2)采用端子方式连接,方便安装及使用,维护简单,送电后无需对其工作进行人工干预。

(3)实现大功率输出,同时供电时能够输出9倍额定功率8秒左右,可满足冲击3.5倍1min的要求;单电池供电时模块可满足冲击2.5倍1min的要求,可满足60min输出1.5倍额定功率。

(4)系统外置电池,配置灵活;自动进行三阶段充电,定期活化电池,使电池寿命大大提高。

(5)运行效率高,充电效率大于90%。

(6)充电模块带电池防反功能,电池反接时自动报警,模块不工作。

(7)控制系统采用LCD液晶显示,主要显示模块输出电压、输出电流,电池电压、电池电流(可区分电流方向)、电池容量,电池温度、电池均浮充状态等。

并联直流电源产品原理框图见图3。

## 1.3 并联直流电源的优势

(1)可靠性:单节蓄电池性能下降不会影响到

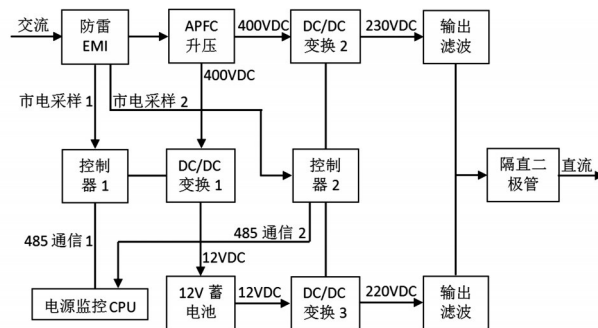


图3 电源产品原理框图

其他电源模块,可方便地根据负荷大小对系统进行配置和扩容,提高了直流系统运行可靠性。

(2)灵活性:系统采用模块化设计,可以灵活配置模块数量,可以在不停电的情况下实现系统扩容和蓄电池的检修更换。

(3)智能性:每个电源模块具备对独立蓄电池的智能管理,包括状态监测、自动维护、在线核容功能。

(4)兼容性:蓄电池间相对独立,可实现电池混用(新旧电池、不同品牌电池、不同类型),提高蓄电池使用效率,经济环保。

并联直流电源与串联型直流电源对比见表1。

## 2 技术改造背景

张家港水利枢纽泵站工程原采用传统串联型直流电源系统,蓄电池以串联的方式接入直流母线,虽然相关技术经过多年发展已非常成熟,但在实际运行维护过程中仍存在功率损耗大、使用寿命低、维护较困难、更换成本高、容量安全冗余度低、输出电压稳定性有待提高等问题,故针对上述情况进行改造。

此次改造提出一种采用电池并联供电的直流系统方案,根据现场张家港水利枢纽负载变化情况,在直流屏系统增加自动控制功能,即HP-66电源均衡系统,并纳入自动化控制系统,实现站用交直流系统智能化升级,完全满足无人值守的管理要求。

## 3 并联直流电源一体化系统

### 3.1 改造方案选择

闸站工程直流电源中蓄电池组件的容量应满足系统正常运行时的最大负载、事故情况下的负载、冲击负荷和一定的备用容量需求,考虑系统可靠性及安全性,组件数量应该按冗余原则配置。

表1 并联直流电源与串联型直流电源对比

功能	并联	常规(串联型)	结果(并联比常规)
可靠性	无单点故障	有单点故障	优
效率	市电模式≥91% 电池模式>90%	市电模式>95% 电池直放电无损耗	略低
稳压精度	≤±0.5%	≤±0.5%	平
功率因数	0.99	≥0.94	优
充放电管理	一对一管理、远程在线全核容	一对整组管理、离线核容	优
运维	自动维护	停电人工维护	优
检修	在线检修,可在线更换模块及蓄电池	蓄电池需停电检修	优
蓄电池更换	只更换单节蓄电池	需整组更换	优
安装	分布式或集中式	集中式	优

3.2 系统配置方案

为满足设备技术要求,系统主要由智能监控装置、数据采集模块、输入输出模块及电操开关组成,并根据当前容量要求配置18节12V120AH胶体蓄电池。

智能监控装置是系统控制中心,通过RS-485与数据采集模块和输入输出模块通信,根据采集数据及开关状态自动控制电操开关,实现交直流系统负荷均衡,完善的远程通信能力(串口及网口)可方便接入综自系统及网络监控。数据采集模块采集交直流母线电压及蓄电池组电压上传给主控屏。输入输出模块采集系统开关位置信号上传给主控屏,接受主控屏的控制命令执行电操开关的分合闸。

并联型直流电源一体化系统见图4。

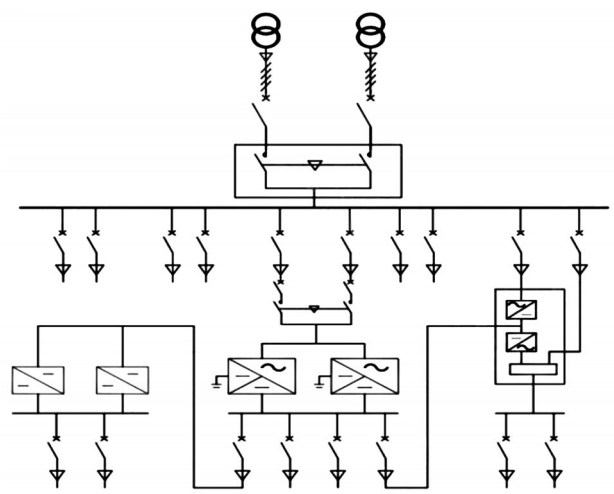


图4 并联型直流电源一体化系统

3.3 系统功能

3.3.1 状态监测功能

该系统通过微机监控单元的设置可实现蓄电池自动充放电工作。监测充电模块输出电压和电流以及充电模块的工作状态,并通过485总线上传到上位机监控中,使用者可以直观方便地了解充电模块工作状态。检测项目包括:输出过电压保护、输出欠电压保护、过电流保护、输出端短路保护、过温保护、交流输入电压过欠压报警、模块输出电压高低报警、电池电压高低报警、电池温度高低报警、模块过温告警。

3.3.2 故障报警功能

上述监测项目均能在充电模块出现故障时故障指示灯亮报警,并上传到上位机监控中,便于及时发现和排除故障。

3.3.3 智能分配功能

该系统还增设了电源均衡装置,实现了直流电源的智能分配功能。当系统检测到交流母线失电且电池组电压低于系统设定值时,启动远动开关分闸程序,及自动断开远动开关,当系统检测到交流母线来电且电池组电压达到系统设定值时,启动远动开关合闸程序,自动合闸远动开关。

4 结 语

该系统改造后已在张家港水利枢纽投用以来运行安全,未发生系统或电池损坏情况。跟踪直流系统运行数据,对照改造前串联型直流电源系统运行情况,改造后系统优势明显。结合报警数据及蓄电池性能数据,系统运行更加可靠,实现了蓄电池