

# A DC Contactor Control Method and System Applied to Charging Piles

Wei Luo

Guangdong Yingtong Zhilian Digital Technology Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528000, China

## Abstract

This paper expounds a DC contactor control method applied to the charging reactor. The power distribution unit of the charging reactor adopts the architecture of inner ring + outer ring, and a power control algorithm is proposed to realize the fully flexible output of the charging module. The system adopts the DC bus mode scheme, the front topology is 24 pulse wave rectification system, the rear topology adopts the SiC DC/DC charging module isolated by the air duct, and the output end is connected with the photovoltaic module and energy storage battery, thus forming the optical storage and charging solution. The system uses few contactors to meet the requirements of the charging pile power distribution unit, which greatly reduces the cost of the charging pile system. High-voltage DC cable is used between the main cabinet and the transformer. Under the same power condition, two DC cables with high voltage and low current are used to replace five AC cables with high voltage and high current, and the cable cost is greatly reduced.

## Keywords

charging pile; flexible charging; optical storage and charging; DC contactor control matrix

## 一种应用于充电堆的直流接触器控制方法及其系统

罗伟

广东盈通智联数字技术有限公司, 中国·广东 佛山 528000

## 摘要

论文阐述了一种应用于充电堆的直流接触器控制方法, 充电堆功率分配单元采用内环+外环的架构, 提出了一种功率控制算法来实现充电模块全柔性输出。系统采用直流母线式方案, 前级拓扑为24脉波整流系统, 后级拓扑采用风道隔离的SiC DC/DC充电模块, 输出端外接光伏组件与储能电池, 从而形成了光储充解决方案。该系统用很少的接触器满足充电堆功率分配单元全柔分配的需求, 大大减少了充电堆系统成本。主柜与变压器之间采用高压直流电缆, 同等功率条件下, 用高压小电流的两根直流电缆取代低电压大电流的五根交流电缆, 电缆成本大幅降低。

## 关键词

充电堆; 柔性充电; 光储充; 直流接触器控制矩阵

## 1 背景

近年来, 国家大力扶持和推广新能源汽车的应用, 随着国家鼓励政策的不断出台, 电动汽车行业得到迅猛的发展。因此, 购置与建设电动汽车充电设备也成为政府及相关用户的必然需求<sup>[1]</sup>。作为电动汽车产业重要的一环, 充电桩建设是电动汽车大规模发展的关键<sup>[2]</sup>。

发展电动汽车是落实国家能源战略、大气污染防治计划和节能减排政策的重大战略举措, 是中国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路。中国政府高度重视电动汽车及充电设施产业发展, 将充电基础设施纳入城市新型基础设施, 出台了一系列支持政策, 推动电动汽车发展与充电基础设施建设<sup>[3]</sup>。

在当前的市场环境下, 电动汽车充电设备行业呈现

出显著的增长态势。参考中国充电联盟发布的数据, 2024年上半年, 充电基础设施增量达到了164.7万台, 与新能源汽车的国内销量494.4万辆形成了较为均衡的增长比例, 桩车增量比为1:3, 显示出充电基础设施建设的速度与新能源汽车的增长速度相匹配, 能够基本满足新能源汽车的快速发展需求<sup>[4]</sup>。

## 2 目前存在的问题

目前市面上高压大电流的新能源汽车越来越多, 为了满足用户快速补电的需求, 市面上充电堆的产品越来越多, 充电堆功率分配单元基本上采用全柔分配, 即每个模块可以调度到任何充电端口上使用, 但充电模块数量越多, 所需要的直流接触器的数量越大。例如, 若是兆瓦级的充电堆需要调度18个60kW的充电模块, 全柔性输出就得需要306个直流接触器, 成本付出特别大。

**【作者简介】**罗伟(1988-), 男, 中国湖南人, 硕士, 工程师, 从事新能源设备、充电储能研究。

### 3 解决方案

近两年，充电站运营商越来越青睐充电堆，因为充电堆可以解决充电桩“向上兼容”的问题。尽管目前充电桩接口等标准已经统一，但是其“向上兼容”的问题仍未得到有效解决。随着电池技术的不断进步，新能源汽车对于充电设施的功率需求也将不断提高，现在建成的充电桩是否适合未来的新能源汽车使用，也成为行业面临的一大难题。充电堆在充电时不用考虑充电倍率和电池容量等问题，只需根据电池所需功率进行充电。未来，当电池能量密度提高，电池容量增加，充电堆依旧可以通过提高充电功率实现充电，因此也有效地解决了充电桩“向上兼容”的问题。

图1为充电堆功率转换与分配的框图，24脉波整流主要有两台12脉波轴向双分裂式牵引整流变压器和四组全波整流桥组成。每台变压器阀侧二套绕组分别接成d接法和y接法，其线电压天然形成30°的相差。两台变压器的网侧采用延边三角形接法，分别移相±7.5°，这样形成的两台变压器的四套阀侧绕组的线电压相量互差15°相位，分别经全波整流后，在直流侧并联运行，形成24脉波整流系统。

整流出来的直流母线调至1000V，由两根直流电缆进入到整流柜里面，DC/DC充电模块采用风道隔离的SIC方案，将对环境敏感的元器件、单板密封起来，然后进行灌胶处理，

避免了灰尘、潮气、盐雾对器件造成腐蚀或绝缘破坏，故障率低，寿命长。从DC/DC充电模块输出的直流电进入到直流接触器控制矩阵中，然后通过主控板的调度将功率模块分配到各个充电终端。这叫柔性充电，就是根据用户充电时间需求、电网信息、电池信息、充电堆模块功率使用信息、环境参数、云平台数据系统统计分析结果等影响因素，以最佳电流和电压进行充电，多段调节，多维度补偿，延长电池寿命。充电终端分为液冷终端和快充终端，液冷终端的最大输出电流为600A、800A，快充终端的最大输出电压为300V，所有充电终端的最大输出电压均为1000V。

本方案采用18个60kW的DC/DC充电模块，系统的总功率为1.08MW。DC/DC充电模块采用最新的32位DSP(TMS320F28069)控制芯片，实现更大存储空间和控制性能，实现模块级的故障实时在线监测功能，16.7us的监测周期，及MB级的故障记录存储深度，更有利于产品的故障分析和优化设计。DC/DC充电模块采用全新的运行数据管理策略，包括实施在线异常检测、管理、存储，当发生异常时发生故障前一段时间和故障后一段时间的模块各项外部参数及内部控制参数筛选、存储，后台或者是维修人员可以通过远程连接获取模块运行、故障等数据，评估和优化控制策略，且具备远程升级功能。下面讲解一下本方案的重点：直流接触器控制矩阵，即功率分配单元，分配原理如图2所示。

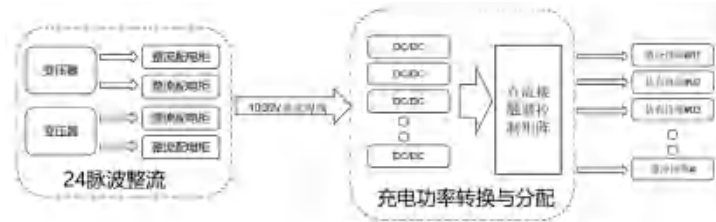
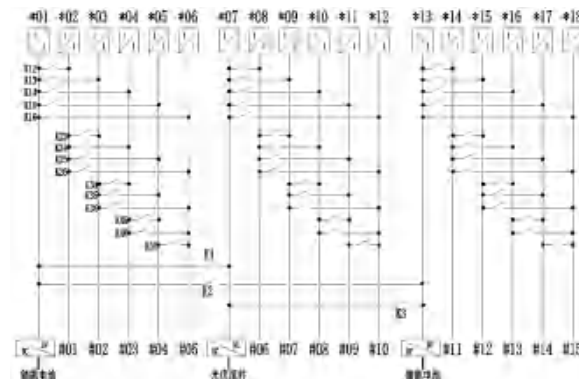


图1 充电堆功率转换与分配



\*1~\*18—充电模块的地址号为1~18；#01~#15—充电终端的地址号为01~15

图2 分配原理

本方案将功率调度的内环直流接触器命名为： $K(x+6(n-1), y+6(n-1))$ ； $x$ 与 $y$ 分别代表充电模块的地址号， $x \neq y$ ，且 $x \leq 6, y \leq 6$ ； $n$ 代表第几内环，一共由3内环，即 $n$ 可取的数值为1、2、3；如 $K(1, 2)$ 代表环一的1号

模块与2号模块之间的直流接触器。如 $K(7, 8)$ 代表环二的7号模块与8号模块之间的直流接触器。如 $K(15, 18)$ 代表环三的15号模块与18号模块之间的直流接触器。本方案一共三个内环，1号模块至6号模块为环一；7号模块至

12号模块为环二；13号模块至18号模块为环三。

本方案将功率调度的外环直流接触器命名为： $K(n)$ 。 $n$ 代表第几内环，一共由3内环，即 $n$ 可取的数值为1、2、3；外环接触器由 $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$ 组成。外环直流接触器所对应的充电模块输出链路上没有充电终端，即该链路为能量的中转站，通过该链路将能量分配给有需求的充电终端。另外，该链路还与光伏组件或储能电池连接，当液冷终端的需求得不到满足时，该链路可以调度光伏组件或储能电池的能量来满足液冷终端需求。

输出充电终端的优先等级排序：时间排第一，最先满足；超充排第二，次先满足；快充排第三，最后满足。

当有车辆来充电时，环内的充电模块优先保证本车辆的充电需求，若环内没有剩余充电模块，那么通过外环接触器调取其他内环的充电模块；若其他的内环也没有剩余充电模块时，那么该终端所对应的内环接触器断开，优先保证该链路的输出。

当#01为液冷终端时，它连接的车辆电流需求为600A时，优先调度环一的剩余充电模块，若还不能满足需求，那么通过外环接触器 $K1$ 调度环二的充电模块，若还不能满足需求，那么通过外环接触器 $K2$ 调度环三的充电模块，若还不能满足，那么主控给三个外环接触器所连接的储能电池和光伏组件发送功能调度需求，将它们的能量全部调度给液冷终端来满足需求电流。

#N为快充终端时，当有车辆进行充电时，优先调度环内的剩余充电模块，先确定 $N$ 为环几，通过 $n=N/6+1$ 取整数来确定；然后确定#N快充终端所对应的充电模块地址号，即 $*M=N+n$ ；最后确定 $x$ 的值， $x+6(n-1)=M=N+n$ ； $x=N-5n+6$ ；然后确定 $y$ 的范围， $y=x+1$ ， $y=x+2$ ， $y=x+3$ ， $y=x+4$ ， $y=x+5$ ， $y=x-5$ ， $y=x-4$ ， $y=x-3$ ， $y=x-2$ ， $y=x-1$ ，且 $1 \leq y \leq 6$ ；主控板会依次去检测 $K(x+6(n-1))$ ， $y+6(n-1)$ 所对应的充电模块是否处于空闲状态？当检测到空闲模块时，就吸合对应的充电模块，将能量调度给#N终端使用。假如#3号终端再充电时， $n=N/6+1=3/6+1$ ，取整后 $n=1$ ； $M=3+1=4$ ； $x=N-5n+6=3-5+6=4$ ， $y=5$ 、6、1、2、3；即内环直流接触器吸合的顺序为 $K(4, 5)$ 、 $K(4, 6)$ 、 $K(4, 1)$ 、 $K(4, 2)$ 、 $K(4, 3)$ 。所以内环的吸合顺序都如此。外环顺序 $K(n)$ 、 $K(n+1)$ 、 $K(n-1)$ ， $1 \leq n \leq 3$ 。

液冷终端的优先等级高于快充终端，储能电池和光伏组件的电能优先满足液冷终端使用，当液冷终端处于空闲状态时，才将储能电池和光伏组件的电能调度给快充终端使用。快充充电终端的充电枪采用300A的风冷充电枪，液冷充电终端的充电枪采用600A/800A的液冷充电枪<sup>[5]</sup>。

直流接触器控制矩阵功率分配的直流接触器共有 $48 \times 2$ 个，分为内环控制接触器（ $45 \times 2$ ）与外环控制接触器（ $3 \times 2$ ）；这里乘以2，是因为充电桩新国标要求<sup>[6]</sup>输出正负母线均得使用直流接触器<sup>[7]</sup>同时控制。系统控制逻辑方法包

括以下步骤：

①获取车辆充电端口的需求功率，以及该充电终端所对应的充电模块在当前时刻的使用状态；其中，所述使用状态用于表征充电模块是否在使用。

②基于所述调用策略依次将未在使用的充电模块汇集到所述待充电的充电端口对应的充电线路，直至达到所述需求功率。

③若充电设备本身功率还不能满足的前提下，充电主控板将调用外环接触器所对应的光伏组件或储能电池的能量来满足充电终端的功率需求。

## 4 结论

本方案采用内环+外环的架构，用很少的接触器满足充电堆功率分配单元全柔分配的需求。常规全柔系统需要306个直流接触器实现的功能，本方案只需要96个直流接触器，大大减少了充电堆系统成本。

本方案内环采用三环架构，每个环由30个直流接触器和6个60kW的充电模块组成，每个环有五路输出，一路输入。五路输出为快充终端或液冷终端。一路输入为光伏组件或储能电池。从而组成了直流母线式光储充系统。

本方案整个系统的充电功率为1.08MW，当整个系统的充电功率不能满足需求时，储能电池通过DC/DC充电模块输出匹配液冷充电枪的电压需求，优先满足液冷超充。系统优先使用光伏发电，光伏组件的电能通过DC/DC充电模块后输出满足电动汽车的需求电压。

将AC/DC与DC/DC分开，前级AC/DC在变压器里面，采用24脉波整流，输出1000V的直流母线，DC/DC在充电主柜里面，主柜与变压器之间采用高压直流电缆，而常规方案采用4+1的电力电缆输入，同等功率条件下，用高电压小电流的两根直流电缆取代低电压大电流的五根交流电缆，电缆成本降幅很大。从而减少了建站成本。

## 参考文献

- [1] 鲁莽,周小兵,张维.国内外电动汽车充电设施发展状况研究[J].2010,23(5):16-17.
- [2] 潘熙,李芳.电动汽车充电设施的设计与建设[J].电力需求侧管理,2012,14(2).
- [3] 国家能源局.中国电动汽车充电基础设施促进联盟年报[R].2017.
- [4] 中国充电联盟.2024—2030年中国电动汽车直流充电站行业市场发展趋势与前景展望战略分析报告[R].2024.
- [5] GB/T 20234.3—2023 电动汽车传导充电用连接装置 第3部分:直流充电接口[S].
- [6] GB/T 18487.1—2023 电动汽车传导充电系统 第1部分:通用要求[S].
- [7] GB/T 20234.1—2023 电动汽车传导充电用连接装置 第1部分:通用要求[S].