



# 船舶岸电技术研究及其应用

袁航, 赵湘前

(上海东源计算机自动化工程有限公司, 上海 200231)

**摘要:** 岸电上船技术能够有效地减少船舶靠港期间的污染。对岸电上船技术进行了深入研究, 设计了一套岸电变频电源系统, 实现了岸基电源与船电系统无缝连接, 由岸基电源进行安全、可靠的供电。

**关键词:** 岸电; 无缝连接; 船舶

**中图分类号:** U 665.12

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2013)10-0163-03

## Shore power technology and its application

YUAN Hang, ZHAO Xiang-qian

(Shanghai Eastern Source Automation Co., Ltd., Shanghai 200231, China)

**Abstract:** Shore power technology for ships can effectively reduce the pollution during the berthing. Based on the in-depth research on the shore power technology, we design a variable frequency power supply system for the shore power and realize the seamless connection between the shore-based power supply and the ship power supply, for which the shore-based supply provides safe and reliable power.

**Key words:** shore power; seamless connection; vessel

船舶岸电电源分为高压岸电系统和低压岸电系统。目前, 国内外高压变频电源系统解决方式主要有高-低-高方式和高-高方式<sup>[1]</sup>。

本文主要研究内容为: 1) 设计国内某岸电变频电源系统; 2) 实现岸基电源与船电系统实现无缝对接, 由岸基电源向船上供电; 3) 控制系统为开放型系统, 3个泊位可同时向不同船舶供电, 输出6 kV/50 Hz和6.6 kV/60 Hz两种制式的电源, 每个泊位都能够满足不同制式的船舶接电的需求。

### 1 船舶岸电连接方式

在岸电上船技术中, 岸电电源和船舶电力系统和电网的并车是研究的核心内容<sup>[2]</sup>。岸电电源一般针对特定类型的船舶, 根据电压不同, 可分为高压岸电系统和低压岸电系统。高压岸电系统主要是指岸电电源的输出为6.6 kV/11 kV或者以上的岸电电源系统。高压岸电系统相对于低压岸电系

统在操作上有较大的优势, 其用来与船舶连接的电缆数目较少, 能够快速完成船舶与岸电系统的连接, 能够提供更高的功率满足船舶的需求, 但是其相应的技术难度也较高。船舶电力系统和电网的并车可分成两个部分: 当船舶靠港连接岸电后, 调节船舶辅机发电系统所产生电力的频率、电压和相位, 使其与岸电系统保持一致, 两个系统并网运行后停止船用辅机; 当船舶离港时, 开启船用辅机, 当船上发电系统与岸电的电压、频率和相位一致时, 使其与岸电电源并网, 然后断开岸电电源。岸电电源在电压和频率上都是按照船舶电力系统的等级设置的, 在并车的过程中主要是调节相位和频率, 使双方满足并车的条件。

### 2 岸基变频电源系统

岸电电源系统是在船舶靠港期间向船舶供电的大容量岸电供电设备, 该电源系统对输入电源

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 袁航(1975—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口自动化专业。

有完善的过压、欠压、过流、短路、缺相、逆变器和变压器过热等保护功能（保护值可设定）<sup>[3]</sup>。本文根据船舶岸基供电项目要求，码头配置岸基船用变频电源成套设备，满足船舶负载供电安全可靠，设备长期运行。

三相6 kV/50 Hz市电经电缆输送至港口高压箱（泊位处），高压箱引三相高压电缆接至岸基变频电源，岸基变频电源将三相6 kV/50 Hz转换为6.6 kV/60 Hz电源。岸基变频电源（包含输入干式移相整流变压器、变频功率单元组及控制系统等）配置一路6.6 kV(6 kV)/60 Hz(50 Hz)配电回路。整套岸基变频系统组成见图1。

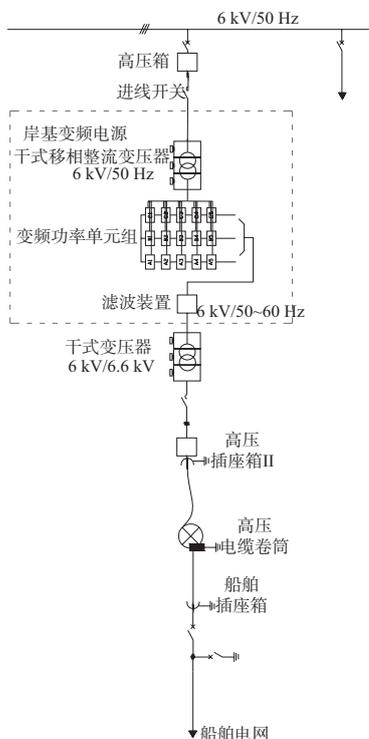


图1 岸基变频系统构成

该变频电源容量核算：

15万吨级散货船有以下主要负载：300 kW电机1台，232 kW电机2台，则 $P_N=764$  kW， $Q=1\ 460.6$  kVA，15万吨级变频电源容量为1 500 kVA；10万吨级散货船有以下主要负载：300 kW电机1台，132 kW电机2台，则 $P_N=508$  kW， $Q=971.2$  kVA，10万吨级变频电源容量为1 000 kVA。

### 3 高压岸电上船技术

高-低-高方式为早期高压变频技术不成熟时

采取的一种形式，将不可控的高压电源通过降压变压器降压，将高压电源降到低压变频电源可接受的电压等级，由低压变频电源进行频率和电压变换，输出侧采用升压变压器，将输出的电压进行升压输出，达到使用的要求(图2)。

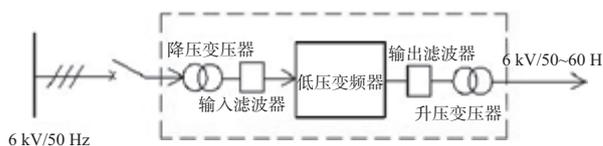
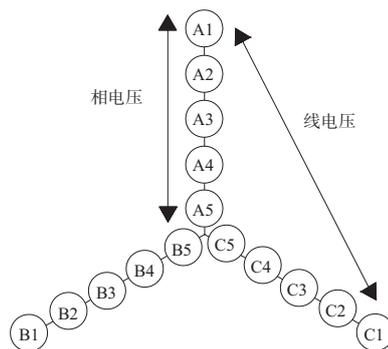


图2 高-低-高变频

此方式存在效率低，谐波污染严重等问题，目前高-低-高方式的系统基本上已经淡出市场。

高-高方式采用每相多个交-直-交PWM变频功率单元串联的方式，实现直接高压输出，有效抑制了输出谐波。该系统拓扑见图3。



注：A1~A5为A相功率单元串联，B1~B5为B相功率单元串联，C1~C5为C相功率单元串联。

图3 高-高变频

高-高方式运用效果非常突出，对电缆没有特殊要求，输出波形质量好，因此是目前市场技术最成熟的电压源系统类型。

本文设计的变频电源为功率单元串联叠加多电平变频电源，采用高-高方式。变频电源由移相整流变压器、功率单元、控制部分组成，主电路采用若干个低压功率单元串联叠加方式实现高压输出。电网电压经过二次侧多重化的移相变压器移相降压后向功率单元供电，功率单元为三相输入、单相输出的交-直-交PWM电源型逆变器结构。将相邻功率单元的输出端串接起来，形成Y联结结构，实现变压变频的高压直接输出。各功率单元分别由输入变压器的一组二次绕组供电，功

率单元之间及变压器二次绕组间相互绝缘, 提高变频系统的可靠性。

此技术优点已是完全成熟的技术, 每一个变频单元的电压等级和串联数量决定变频电源的输出电压, 每个功率单元的额定电流决定变频电源的输出电流。用这种多重化技术构成的高压变频电源, 称为单元串联多电平PWM电压型变频电源, 而不是用传统的器件直接串联来实现高压输出, 因此不存在器件均压的问题, 提高变频系统的可靠性, 避免器件受压不均匀而产生器件击穿导致变频电源不能正常工作的问题。

#### 4 岸侧、船侧双向自动并网无缝转移负载技术

本设计实现了岸侧、船侧双向并网负载转移的功能, 该功能是进行岸电双向操作的前提。基于ABB PCS6000岸电电源产品内置的自动并网功能, 其可靠性经过了大量的现场应用检验, 具有技术成熟、自动化程度高的特点。PCS6000在接到岸电并网指令后, 可以自动进行相序检测和跟踪, 在较短的时间内完成并网并实现自动无缝负载转移。确保船舶不断电、供电系统无冲击。同样, ABB PCS6000岸电电源产品, 可以支持船侧岸电系统对岸基电源并网的控制。

本设计通过岸侧人机界面可以选择岸电接入控制方式, 提供了两种选择方式, 即: 岸侧控制和船侧控制。同时在接入岸电时, 调整岸侧电源跟踪船上电网进行并网负载转移, 离岸断开岸电时, 调整船上PMS跟踪岸侧电网进行并网负载转移。上述操作过程同样也适合在岸基进行。因此, 岸电船载设备应同时具有调岸侧电源并网和调船侧电源并网的功能。岸电船载设备能将船舶电制信息送至岸基设备, 由岸基电源判断所在泊位船型、容量、电压制式, 选择输出相应的电源电制、容量, 满足船舶用电需求, 避免船舶接入电网的电制与船用电气电制不一致。

在岸电使用过程中, 因船上用电故障造成的岸电断电, 船载设备提供相关输出信息至岸基设备。岸电信息管理系统能够采集、记录船方相

关的故障信息。控制系统能够判断不同船型的电压、频率、容量的需求, 提供符合当前船舶要求的电源。

#### 5 岸电控制及信息化管理技术

本设计采用光纤通讯技术将岸侧与船侧控制系统链接在同一个网络, 岸侧和船侧数据可以实时进行交换, 岸侧和船侧的监控系统均可以同时看到双方的运行数据, 这就为双向控制提供了条件, 也为信息化管理提供了前提。该岸电项目岸侧设有信息管理及控制系统, 该系统设有计算机监控终端和服务器, 通过组态软件可以显示各种监视参数画面、记录历史数据、报警故障查询, 还可以向港区信息系统传输数据, 使得岸电系统进入港区整个信息管理系统中。该岸电信息管理及监控系统具有如下功能: 岸电控制, 船上设备运行监视, 岸电运行数据曲线记录, 历史数据查询, 故障报警查询, 工业电视监视, 船用变频电源站空调、消防、通风监控功能。

#### 6 结论

本岸电系统采用的均为成熟技术, 分别为: 电源产品技术、PLC技术、计算机监控技术、网络通讯技术、高低压开关设备、变压器设备、快速插拔设备、自动并网技术等。该设计是国内第一个规模化工业应用的项目, 目前已建成并运行, 实践表明, 岸电上船技术对我国港口岸电行业具有深远影响, 具有里程碑意义。

#### 参考文献:

- [1] 吴振飞, 叶小松, 邢鸣. 浅谈船舶岸电关键技术[J]. 供配电, 2013, 32(6): 22-26.
- [2] 李学文, 孙可平. 船舶接用岸电技术研究[J]. 上海海事大学学报, 2006, 27(3): 10-14.
- [3] 李建科, 王金全, 金伟一, 等. 船舶岸电系统研究综述[J]. 船电技术, 2010, 30(10): 12-15.

(本文编辑 武亚庆)