

逆变电源输出交流电压分段式前馈控制方法研究

何 亮, 李洪伟, 王劲松, 刘 璠, 毛 翔, 李玉姣, 高大朋, 谢 峰, 刘堂胜
(中国核动力研究设计院核反应堆系统设计技术重点实验室, 四川 成都 610041)

摘 要: 为解决水泵三相 AC 660 V 电机在 DC 750~1 250 V 下的供电及起动问题, 通过开展电机驱动系统设计研究, 形成了以两电平主电路结构、电压空间矢量脉冲宽度调制技术和电压/频率恒定控制策略为基础的水泵电机逆变变频控制方案。在方案中针对较宽输入直流电压范围下的输出交流电压控制技术进行了攻关并取得了突破, 形成了相应关键技术解决方案。通过水泵负载试验, 全面验证了该方案的有效性和可行性。

关键词: 交流电压控制方法; 逆变器; 脉冲宽度调制

中图分类号: TM 301.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2018)05-0042-04

Research of an Control Approach of AC Voltage Used to Inverters' Transmit Voltage

HE Liang, LI Hongwei, WANG Jingsong, LIU Liu, MAO Xiang, LI Yujiao, GAO Dapeng, XIE Feng, LIU Tangsheng

(Science and Technology on Reactor System Design Technology Laboratory, Nuclear Power Institute of China, Chengdu 610041, China)

Abstract: Since the power system was varying from DC 750 to 1 250 V, a power conversion system was designed to solve the power supply to a 660 V AC three-phase pump motor. In the system, a two-level frequency conversion inverter was adopted which was based on space vector pulse width modulation and V/F control. During the research, a key technology was developed which focuses on the DC input, varying in a wide range, converting into the AC output and the solution was proposed. This solution was verified by load experiments and proved to be effective and reliable.

Key words: AC voltage control approach; inverter; pulse width modulation (PWM)

0 引 言

在 750~1 250 V 直流电力系统中, 交流用电设备由大功率逆变器并联组成的交流 380 V 电源系统供电。其中, 水泵电机由于功率较高, 故全电压直接起动电流较大, 不能满足全电压直接起动的用电容量要求。

为解决上述技术问题, 结合分析调研与技术协调情况, 确定采用逆变变频技术实现水泵电机的逆变供电和变频起动要求, 明确设置水泵电机专用逆变变频电源设备, 用于将直流转换为水泵电机需要的三相交流电源的逆变变频要求, 解决

电力系统主电网供电电制与水泵电机用电电制不匹配问题, 并完成水泵电机的变频起动要求, 解决交流电源系统无法满足水泵电机全电压直接起动要求的用电容量问题。

1 输出交流特性分析

1.1 技术要求分析

(1) 应能满足将 750~1 250 V 直流幅压转换为水泵电机所需三相交流电力的逆变供电要求;

(2) 提供的交流电源容量应满足水泵电机额定用电容量要求;

(3) 提供的交流电源电压范围应满足水泵电

作者简介: 何 亮(1982—), 男, 高级工程师, 研究方向为仪表与控制、电力电子、电气检测及电气控制等。

机额定供电范围要求(额定电压的-10%~+6%)。

1.2 系统方案分析

通过开展主电路拓扑结构论证、逆变调制方式论证和变频控制策略论证,完成配置的水泵电机逆变变频技术方案原理结构如图1所示。

图1中,水泵电机逆变变频技术方案主要由主电路部分和控制电路部分组成,其中,主电路部分包括直流输入滤波单元、逆变变频功率单元(该单元基于两电平主电路结构进行设计,主要由3只IGBT模块组成,每只IGBT模块包括上下桥臂2只IGBT,是实现逆变变频电制转换的关键

环节)、交流输出滤波单元组成;控制电路部分包括直流输入电压采样电路(主要用于前馈控制,还用于监测显示及电气保护)、交流输出电压采样电路(主要用于监测显示及电气保护)、交流输出电流采样电路(主要用于监测显示及电气保护)、功率驱动单元、控制电源单元、中央处理单元[是实现分段前馈控制、空间矢量脉冲宽度调制(Space Vector Pulse Width Modulation, SVPWM)调制技术和U/f控制策略软件算法的关键单元,其核心处理器选用DSP实现]、操作显示单元、采样处理单元组成。

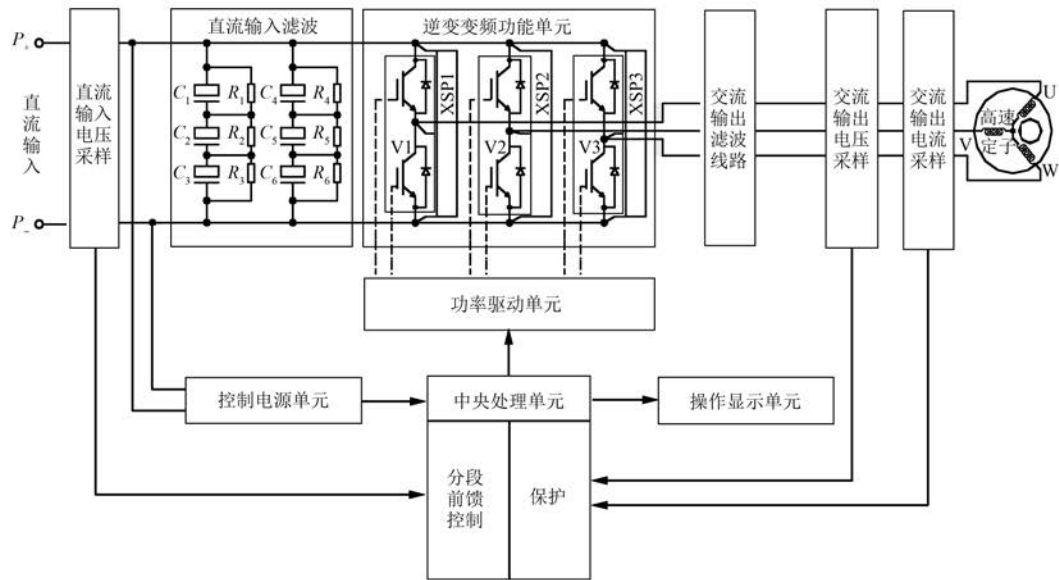


图1 水泵电机逆变变频技术方案原理结构图

2 交流电压特性分析

2.1 电机额定电压选择分析

电机原额定电压为AC 380 V,根据其视在功率计算得出该水泵电机额定电流达到400 A,就要求设置的逆变变频设备体积较大,而现场的安装空间较为狭小,无法实现该电流等级下逆变电源设备的安装需求。为此,通过论证分析,为降低电流需求,减小设备发热量,并提高直流电压利用率,综合确定该水泵电机额定电压为AC 660 V。

2.2 存在问题分析

根据所采用的电压SVPWM技术,在750~1 250 V的直流范围内,采用不加任何交流电压控制措施(即开环控制方式)时,其输出交流电

压范围超出了水泵电机额定供电电压范围要求,其直流电压与交流电压的对应关系如图2所示。

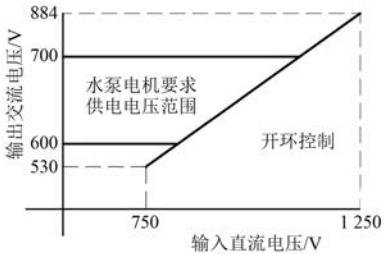


图2 开环控制下的直流电压与交流电压对应关系曲线

图2中,开环控制下的输出交流电压范围为530~884 V,超出了水泵电机600~700 V的额定

供电范围(由 660 V 的-10% ~+6% 计算而来),将严重影响水泵电机的绝缘状态,需要对输出交流电压进行控制。

3 电压控制方法研究

根据技术分析,以输出交流电压为反馈的闭环控制,因交流电压采样精度较差而存在控制难度较大等问题。由于输入直流电压采样精度较高且较易实现,因此在该方案中可引入输入直流电压作为输出交流电压的控制参量的前馈控制技术^[1]。

考虑到输入直流电压较低情况下大幅提高输出交流电压会使得输出交流电压品质大幅降低,因而,采取分段控制技术实现输出交流电压控制。分段控制下的直流电压与交流电压对应关系如图 3 所示。

图 3 中,根据输入直流电压不同,分区段采用不同的控制方式:当输入直流电压处于 750 ~ 900 V 时,采用前馈控制适当提高输出交流电压,实现输出交流达到 600 V 及以上;当输入直流

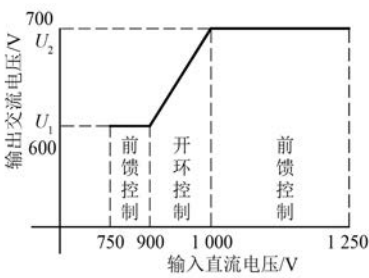


图 3 分段控制下的直流电压与交流电压对应关系

电压处于 900~1 000 V 时,采用开环控制实现输出交流达到 600~700 V;当输入直流电压处于 1 000~1 250 V 时,采用前馈控制适当降低输出交流电压,实现输出交流电压达到 700 V 及以下,最终形成了解决较宽直流电压范围下的输出较窄交流电压范围的技术方案^[2],相应控制原理如图 4 所示。在该方案下,实际直流电压与设定直流电压比较后,根据直流电压范围不同采用不同的调节系数,经 PID 整定后,输出 SVPWM 波调制系数,经 SVPWM 发生器,输出相应的 SVPWM 控制信号。

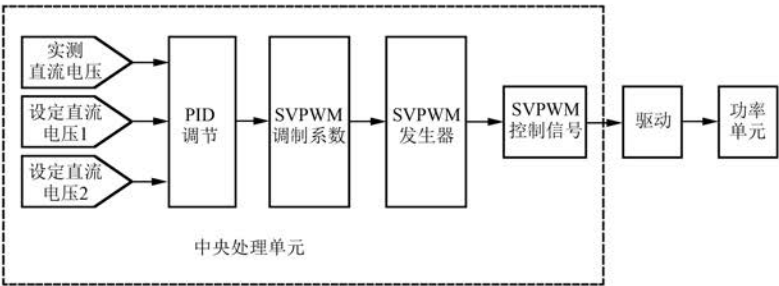


图 4 以输入直流电压分段控制输出交流电压的控制原理图

4 控制方案验证

4.1 验证试验条件

该项验证试验条件如下:

4.1.1 负载条件

利用水泵热态试验台架开展水泵样机性能试验,同步验证水泵电机逆变变频技术方案的功能性能,重点验证逆变变频电源输出交流控制的技术效果。

4.1.2 测试条件

(1) 利用日置 3 390 功率分析仪进行输出交流电压值、品质参数测试;

(2) 利用数字万用表进行直流电压值的

测试;

(3) 利用示波器进行输出交流电压波形测试;

(4) 借助水泵热态试验台架相关测试条件进行水泵转速、流量等参数测试。

4.1.3 直流电源

利用水泵试验台架中的直流电源开展试验。该直流电源在 750~1 250 V 直流电压范围内可调,并满足水泵额定运行所需的用电容量需求。

4.2 试验记录

基于上述试验条件,开展验证试验得到的额定运行时直流电压与交流电压关系试验曲线,如

图 5 所示。由图 5 可以看出,当电压范围为 700~900 V 时,采用前馈控制提高其输出电压,使输出达到 600 V 以上;当输入直流电压处于 900~1 000 V 时,采用开环控制实现输出交流控制在 600~660 V 之间;当输入直流电压处于 1 000~1 250 V 时,降低其输出电压,使输出电压保持在 660 V 以下。

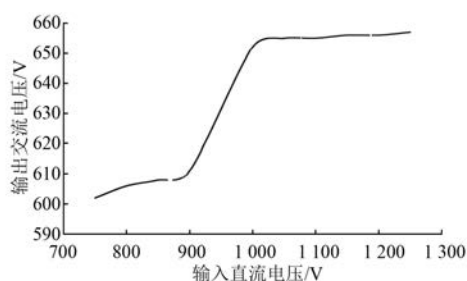


图 5 输入直流电压与输出交流电压关系试验曲线图

在带载运行期间,调整直流电源电压,交流输出电压均处于要求的 600~660 V,满足水泵电机交流供电电压范围要求。

得到的不同输入直流电压下的交流起动电压波形如图 6 所示。

如图 6 所示,在带载且不同直流电压条件下,进行变频起动,得到的交流输出电压变化情况均为单调线性递增,满足水泵电机变频起动过程的交流电压平滑递增要求。

4.3 试验分析

通过对获得的试验数据和试验曲线进行分析,形成如下试验分析结论:

(1) 通过对图 5 试验曲线分析,在 750~1 250 V 输入直流电压范围内,逆变电源稳态输出交流电压范围完全满足水泵电机额定供电范围要求;

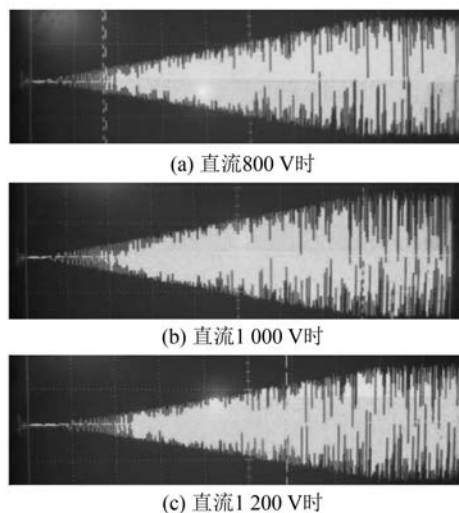


图 6 不同直流电压下变频起动交流电压试验波形图

(2) 通过对图 6 试验曲线分析,在 800、1 000、1 200 V 3 个典型直流电压下,变频起动过程中的交流电压波形无突变和超出水泵电机额定供电范围的情况,其呈线性稳定平滑增加至电机额定电压范围之内,较好实现了 U/f 控制策略,并较好验证了交流电压控制技术的有效性。

5 结 语

本文提出了较宽直流电压输入条件下的逆变电源输出交流电压控制方法。通过了实物样机试验验证,并开展了工程应用,充分验证了该方法的可行性。这对相关工程设计具有较强的指导意义。

【参考文献】

- [1] 刘欢,陈辉明,王正仕,等.基于 AVR 单片机的前馈控制逆变电源[J].机电工程,2008(5): 69-71.
- [2] 范子林,王正仕,陈辉明,等.基于 DSP 的前馈控制变压变频逆变电源设计[J].电力电子技术,2011,44(11): 44-46.

收稿日期: 2018 -03 -20

中文核心期刊 中国科技核心期刊 中国学术期刊(光盘版)
全国优秀科技期刊 华东优秀科技期刊
中国科学引文数据库来源期刊 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊