

超大功率高压变频器低电压穿越功能在大型油气场站的应用

杨俊琦^{1*}, 蒋洪¹, 张乃鑫², 梁友², 程会武², 闫二轮², 艾合散·买买提²

¹西南石油大学 四川成都

²新疆巴州塔里木能源有限责任公司 新疆巴州

【摘要】文章介绍了目前国内单套处理规模最大的乙烷回收装置中,天然气压缩机高压变频器的成功应用案例,详细讲述了高压变频器低电压穿越的原理和最新技术,通过现场实际测试和使用,在多次电网波动过程中成功保证了天然气压缩机的连续运行,避免了装置的非计划停车。

【关键词】乙烷回收装置; 天然气压缩机; 高压变频器; 低电压穿越

【收稿日期】2024 年 10 月 23 日

【出刊日期】2024 年 11 月 25 日

【DOI】10.12208/j.jeea.20240013

Application of the ultra-high power high-voltage inverter low voltage ride-through function in large oil and gas stations

Junqi Yang^{1*}, Hong Jiang¹, Naixin Zhang², You Liang², Huiwu Cheng², Erlun Yan², Aihesan Maimaiti²

¹Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan

²Xinjiang Bazhou Tarim Energy Co., Ltd., Bazhou, Xinjiang

【Abstract】 This paper introduces the successful application case of high-voltage inverter of natural gas compressor in the largest single set of ethane recovery unit in China, and describes in detail the principle and latest technology of low-voltage ride-through of high-voltage inverter. Through on-site practical testing and use, the continuous operation of the natural gas compressor was successfully ensured during multiple grid fluctuations, and unplanned shutdown of the unit was avoided.

【Keywords】 Ethane recovery device; Natural gas compressors; High-voltage inverters; Low voltage ride-through

1 前言

一套大型离心式压缩机系统通常由变频器+电机+齿轮箱+压缩机+控制系统+干气密封系统+润滑油系统组成,其中变频器因电气元件数量多、调节频率高、系统复杂的缘故,其故障率在整个压缩机系统内相对较高。因此变频器是否能够长周期稳定运行直接决定了整个系统的连续运行能力。近十年来,国产变频器技术发展迅速,已逐渐突破和取代了国外进口变频器的市场垄断地位,在某些高端技术上甚至已经超过了国外技术,当然不可否认也存在着不同品牌质量参差不齐、标准不统一、批量生产质量不高的问题^[1]。

工程设计年处理天然气量 100 亿立方米,设有两列 $1500 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 处理规模的装置。项目于 2021

年 8 月投产成功后一直处于高负荷稳定运行状态。由于本装置作为下游乙烯装置唯一原料来源,需要全年连续生产运行。每列装置设有一套天然气外输压缩机组,采用高压电驱变频形式,电机功率 27.7MW,变频器容量 32MVA,无备用机组,因此对整套压缩机组系统可靠性和稳定性提出了空前高的要求。项目部从前期设计开始与国内一流的变频器厂家进行充分技术交流,从硬件到软件的高可靠性提出了较高要求,考虑到电网的不稳定性,晃电情况时有发生,为了保证机组的长期稳定运行,还特别要求高压变频器具备较好的低电压穿越功能。

2 高压变频器的基本介绍

高压变频器的原理和作用:高压变频器通过改变输出电压频率来缓慢启动电机并进行无级调速,

第一作者简介:杨俊琦(1986-)男,高级工程师,毕业于北京化工大学,现主要从事设备管理和项目设计采购管理工作。

其作用是减小启动电流，消除对设备的电气和机械的冲击，根据系统需求优化调节压缩机转速，实现节能效果^[2]。本装置的使用难点：连续运行能力要求高，周边环境恶劣，夏季温度高，冬季温度低，全年风沙大，周边社会可依托维修力量差，电网稳定存在不确定性。

工程针对以上难点和变频器自身的薄弱环节采取了以下措施：①提前在技术规格书中对整个压缩机系统，特别是变频器系统在 SIL 等级、控制系统上提出较高要求。②要求具备功率单元故障旁路技术，即由数个功率单元级联而成的每一相，其中一个功率单元发生故障时，自动将故障功率单元旁路，继续维持设备运行。③为变频器专供一路外部循环除盐冷却水用于换热。变频器厂家采用内部循环水冷却系统，配置两台水冷循环泵，分别采用一路直流电源和一路交流电源供电，提高水冷系统可靠性。④室内安装大功率空调送风系统，确保设备运行冬暖夏凉，配置防尘通风栅栏，给变频器创造防风阻沙的室内运行环境。⑤科学合理设定设备保护定值，适当采用双选、延时等方法，既做到保障设备本质安全，又能避免出现因仪表等问题引起的联锁误停机。

3 高压变频器的低电压穿越功能

通用变频器并不具备低电压穿越能力，当给变频器供电的变电所母线因切换或者短路等原因出现故障，电压瞬时跌落一定程度后，会引起变频器失压进而保护动作启动，导致机组停机^[3]。

对于低压变频器的低电压穿越功能的实现有很

多的方式，例如给变频器加装低电压穿越电源装置、直流母线加装蓄电池组、交流不间断 UPS 等。^[4]但是对于大功率天然气外输压缩机组，为其增加低电压穿越电源装置及蓄电池组等硬件结构在经济性和可行性上都远超现场预期。因此，探索一种实际可行的通过变频器本体控制逻辑实现低电压穿越功能是解决该问题的核心。

本装置的高压变频器，针对电网电压的波动、跌落以及短时中断，内置了先进的提高装置连续运行能力的低电压穿越技术。本技术可以最大程度地应对供电质量问题，尽可能地保证设备不受外部的干扰，保证生产连续，降低减产的损失。为了实现低电压穿越技术，功率单元的电源板设计为宽电压范围工作，可以在额定电压的 40%~120%范围内正常工作，功率单元的欠压保护点设计为低于额定电压 60%时触发。以上措施可以保证在只要功率单元的直流电压大于 60%时，单元的控制电源维持正常，从而确保功率单元的正常运行。

3.1 低电压穿越技术原理

低电压穿越原理框图如下所示，每个功率单元的母线电压通过光纤上传至主控系统；功率单元电压低于某一限值时，低电压穿越功能激活，限制转矩输出值；通过转矩输出限值，使得转速环饱和，进入低电压穿越模式，将电机及负载的旋转动能转换为电能，给变频器的功率单元充电，维持功率单元母线电压；电网恢复，母线电压恢复至设置值后，低电压穿越功能退出，转矩限幅取消，正常调速，实现了低电压穿越功能^[5]。

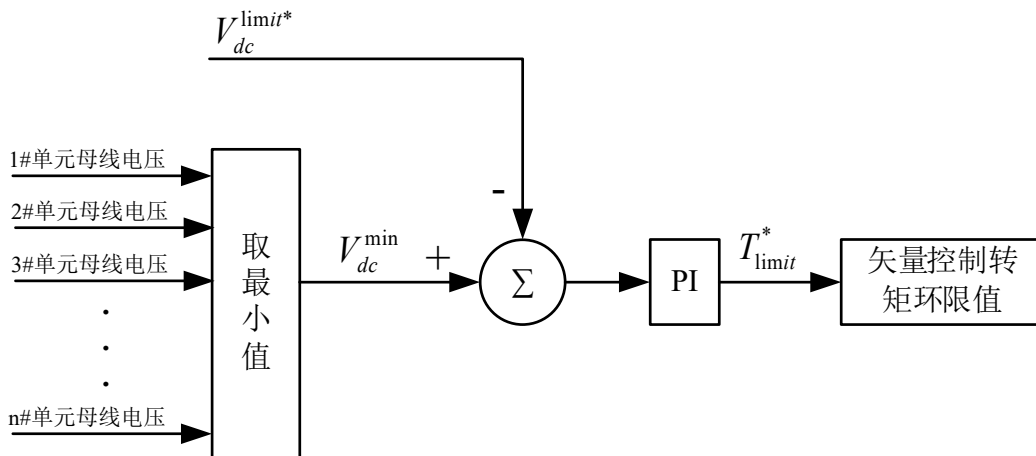


图1 低电压穿越功能的原理框图

3.2 NC HVVF 高压变频器低电压穿越指标

如下图所示, NCHVVF 系列高压变频器在输入额定电压±15%波动范围内能满载输出。变频器采用 PWM 马鞍形调制技术和 PWM 过调制技术, 提升整机的输出电压, 即使输入电压为额定电压的 85% 时, 输出电压仍然能够达到 100%, 输入整流变压器在选型时, 同样考虑了在输入电压跌落 15% 时可以正常满载输出。电压跌落在 15%~40% 之间时, 通过降转速限制变频器输出的转矩, 变频器维持降额运行; 电网电压跌落大于 40%, 甚至在电网完全失电时, 变频器仍可继续运行, 可以最大程度保证生产连续, 降低客户的损失, 具体穿越时间与负载转动

惯量和负载阻力矩有关(对于风机、压缩机等大转动惯量的负载, 由于电机及负载的转动惯量较大, 其可供变频器利用的旋转动能也大, 可为变频器提供较长时间的断电维持能量, 非常适合采用低电压穿越技术)。

4 低电压穿越的现场应用效果

为充分验证低电压穿越功能, 现场进行了掉电再恢复测试, 下图为电压跌落与恢复时输入电压、输入电流以及电机电流波形图。通过示波器波形测定, 输入失压持续时间为 2.0692s, 失压后系统延时约 10ms 进入低电压穿越模式, 高压恢复后变频器运行正常。

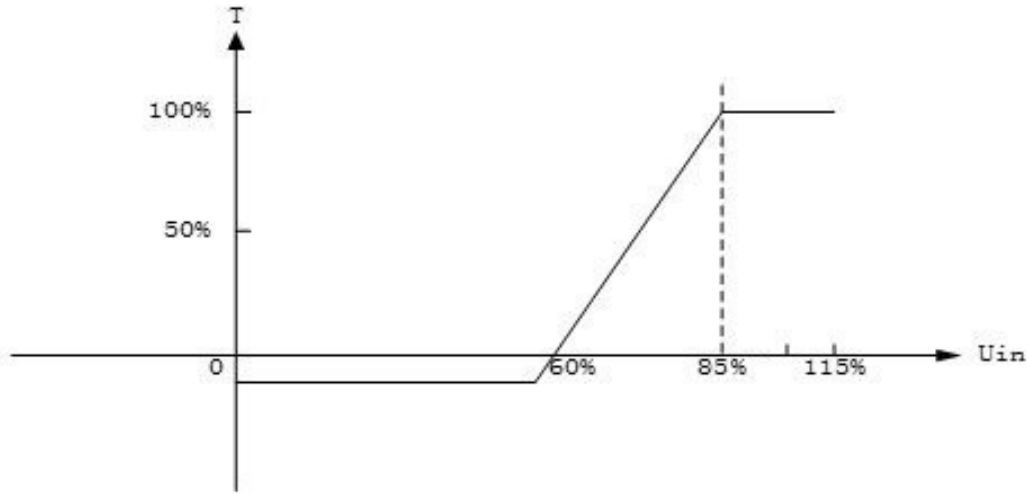


图2 NC HVVF 电网电压波动时的输出响应

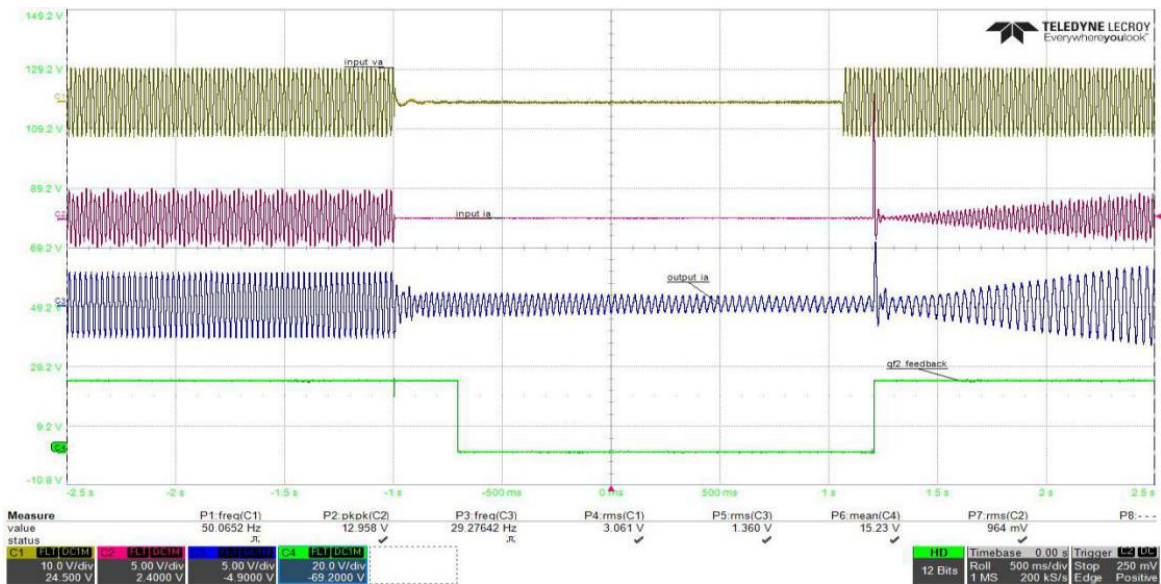


图3 低电压穿越功能实测波形

5 总结

近十年来,国内大功率高压变频器技术发展迅速,已经完全可以代替甚至一定程度上超过了国外引进品牌,且整体质量有了大幅度提高,其中功率单元旁路功能、低电压穿越功能也已较为成熟。工厂从2017年开始使用大型高压变频器以来,认真总结、持续优化,特别是本项目中高压变频器从开工投产至今,整体运行良好,自身故障率极低,机组保护反应迅速,在多次电网波动过程中保障了压缩机组和装置的持续不间断运行,是一个较好的国产大功率高压变频器成功使用案例。

参考文献

- [1] 王清和,迟继锋.圆形料场系统在煤炭储运行业的应用与推广[J].神华科技,2007,5(003):26-27.

- [2] 蒋绍凤,唐亮.西门子高压变频器的日常操作及检修维护[J].变频器世界,2020(5):3.
- [3] 王晓宇,张涛,刘树,等.火电厂辅机变频器低电压穿越电源[J].电力自动化设备,2015,35(5):152-159.
- [4] 于庆广,闵勇,朱洪波,等.热电厂循环水泵高压变频调速控制系统研究和实现[J].电力系统自动化,2003,27(7)
- [5] 韩其国,石文明,吴跨宇,等.具有高低电压穿越能力的储能型变频器[J].电气传动,2016,46(7):5.

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS