

Commissioning Methods and Process of Variable Frequency Soft Starter for the Lager Synchronous Motor

Feng Gao¹, Hai Liu², Guoyun Ning², Jin Zou²

¹Shaanxi Longmen Iron and Steel Co., Ltd., Hancheng Shaanxi

²Dayu Electrical Techonlogy Co., Ltd., Xiaogan Hubei

Email: gyning@126.com

Received: Jul. 3rd, 2015; accepted: Jul. 26th, 2015; published: Jul. 31st, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

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



Open Access

Abstract

In the high-power heavy equipment field, large synchronous motor is increasingly applied. Due to the bigger directly starting current, there will be a sudden sharp decline in the grid, which may disturb the operation of other electrical equipment in the grid. So the variable frequency soft starter is usually applied to start the large synchronous motor. Base on the commissioning process of variable frequency soft starter of Longmen 5# blast furnace with 27MW synchronous motor, this paper presents a commissioning method and process of variable frequency soft starter for the large synchronous motor.

Keywords

Synchronous Motor, Variable-Frequency Starting, Commissioning Method

大型同步电机变频软起动装置调试方法与步骤

高峰¹, 刘海², 宁国云², 邹缙²

¹陕西龙门钢铁有限责任公司, 陕西 韩城

²大禹电气科技股份有限公司, 湖北 孝感

Email: gyning@126.com

收稿日期：2015年7月3日；录用日期：2015年7月26日；发布日期：2015年7月31日

摘要

在我国大型重载设备拖动领域，大型同步电动机应用越来越普遍，由于直接起动电流大，会造成电网电压下降，可能引起其他用电设备的正常稳定运行，所以，大型同步电动机通常采用变频软起动装置。本文结合陕西龙门钢铁有限公司5#高炉27MW同步电机变频起动装置的调试过程，分析提出了一种变频软起动装置的调试方法及步骤。

关键词

同步电机，变频软起动，调试方法

1. 引言

由于同步电机具有功率因数高、效率高，运行稳定等优点，在工业领域应用越来越广泛，尤其是在大型风机、压缩机、水泵上应用广泛[1]。大型同步电机通常不能直接起动，也不允许降压起动，必须采用变频起动方式[2]，本文详细介绍了某公司生产的 GBRQ-MV10M5 型高压变频软起动装置在陕西龙门钢铁有限责任公司高炉风机项目上，一拖二分别起动两台 27,000 KW 高压同步电机的调试过程，提出了一种实用的调试方法与步骤。

2. 同步电机变频软起技术方案

2.1. 一次电气方案

陕西龙门钢铁有限责任公司高炉风机项目采用一拖二变频软起动方案，一次电气方案如图 1 所示，选用某公司 GBRQ-MV 高压变频软起动装置一台，高压变频软起动装置为高低高级联型结构，配置了输入限流柜，输出电抗柜。10KV 输入电源取自两段电源母线，分别通过 QF1-3 和 QF2-3 输入开关柜输入变频器，变频软起动装置通过 QF1-1 和 QF2-1 两台输出柜到两台电动机，两台电动机分别配备 QF1-2，QF2-2 两台运行柜，变频软起动系统起动过程如图 2 所示。

2.2. 电气系统参数

本项目主要电气系统参数如下：

1#电机参数[3]：西门子电机

型号：1DZ2049-8AE02-Z 额定功率：27,000 KW；

额定电压：10 KV 额定电流：1762 A；

功率因素：0.9；效率：0.982

额定转速：1500 r/min 转动惯量：9250 Kg.m²；

2#电机参数[4]：上海电气

型号：TWS2700-4；额定功率：27,000 KW；

额定电压：10 KV；额定电流：1764 A；

功率因素：0.9；效率：0.981；

额定转速：1500 r/min 转动惯量：10240 Kg.m²；

轴流压缩风机参数[5]: 陕鼓动力;
 型号: AV71-16 轴流压缩机
 起动阻力矩: 41,000 N*m 静阻力矩: 2800 N*m;
 转子 GD²: 36000 Kg·m²; 额定转速: 4543 r/min;
 喘振转速: 1200 n/min、1750 n/min、2900 n/min;
 变速箱参数:
 额定功率: 27,000 KW; 变比: 1500:4543;
 1#励磁参数[6]:
 主机电电压: 60 VDC; 主机电流: 1110 A;
 励磁机电压: 270 VAC; 励磁机电流: 75 A;
 2#励磁参数[7]:
 主机电电压: 60 VDC; 主机电流: 1210 A;
 励磁机电压: 300 VAC; 励磁机电流: 68 A。

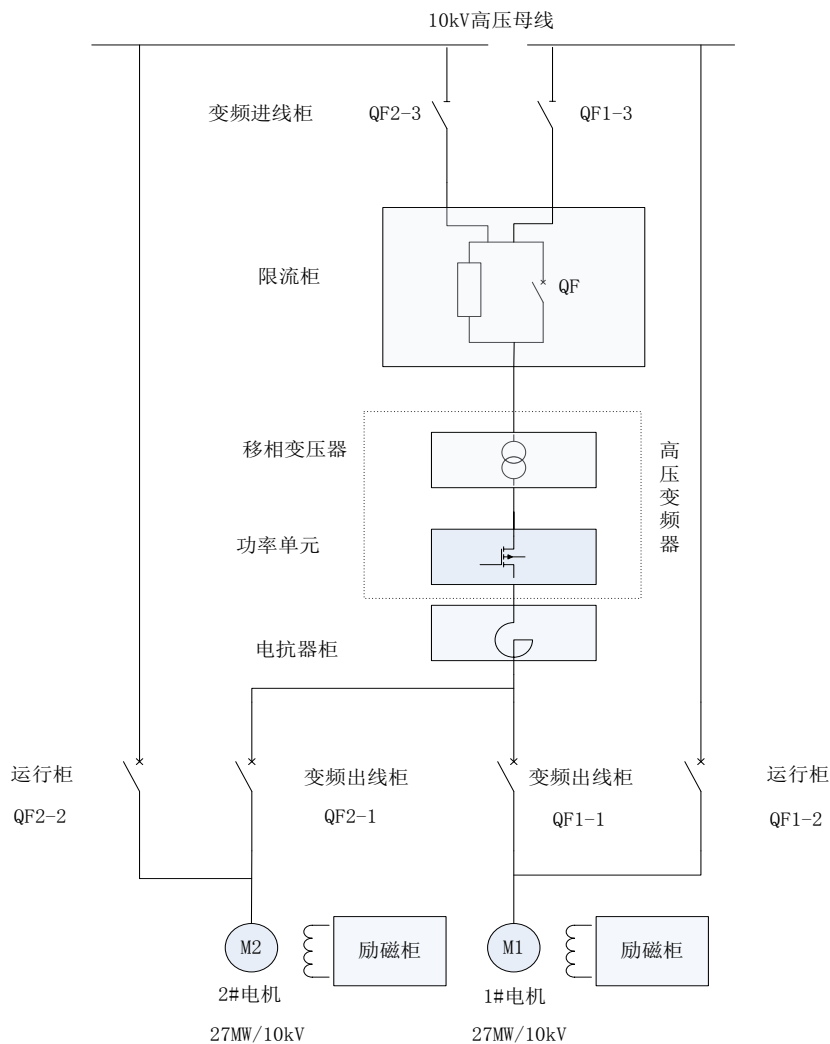


Figure 1. Primary electrical solution
 图 1. 一次电气方案

3. 变频软起动装置参数设置

3.1. 人机交互界面

某公司 GBRQ-MV 高压变频软起动装置具有大屏幕中英文人机界面，参数设置非常方便[8]，如图 3 所示，参数设置分为快速参数、电机参数、给定参数、控制参数、保护参数、I/O 参数、通信参数、用户自定义、厂家参数等。

3.2. 参数设置方法及步骤

参数设置方法及步骤如下：

(1) 快速参数设置，在该界面主要设置主设定频率及主设定频率来源、上限频率及下限频率、运行命令通道、加减速时间等参数。

(2) 电机参数设置，如图 4 所示，该界面主要设置电机的各项主要参数、控制模式以及电机选择等。以龙钢 27MW 高炉风机项目为例，电机控制模式选择为“无 PG V/F 控制”；若要起动 1#同步电机，则在电机选择菜单下选择“电机 1”，若要起动 2#同步电机，则选择“电机 2”；然后在“电机 1 参数”及“电机 2 参数”菜单下对两台电机的各项具体参数进行相关设置。

(3) 给定参数设置，该界面包括速度频率给定参数设置、多段速度给定参数设置、AI 输入曲线给定参数设置、简易可编程参数设置及同步机控制参数设置等。龙钢 27 MW 变频软起项目的负载为大型鼓风机，需要跳过风机的几个喘振点，因此需要在速度频率给定参数设定中设置调频穿越时间及各个跳频点的频率及其范围，如图 5 所示。



Figure 2. Starting process
图 2. 起动流程图



Figure 3. The parameter settings
图 3. 参数设置主界面

(4) 同步电机参数设置, 该界面包括同步机控制参数设置, 按照同步电机的参数数据设置好空载励磁电流、满载励磁电流、负载转矩比例、励磁等待时间、零频率整步电流、投励磁延迟时间等控制参数, 其具体设置如图 6 所示。

(5) 控制参数设置, 在起停控制中将停机方式设为自由停机, 加减速方式设为直线加减速, 并将一拖多软起使能开启。

(6) 保护参数设置。该步骤主要是设置变频器所有的保护功能及参数, 一般在现场不需设置。

(7) I/O 参数设置。该步骤主要是设置变频器与用户之间的数字量输入及输出、模拟量输入及输出,



Figure 4. Parameter settings of motor
图 4. 电机参数设置界面



Figure 5. Speed/frequency parameter settings
图 5. 速度频率给定参数设置

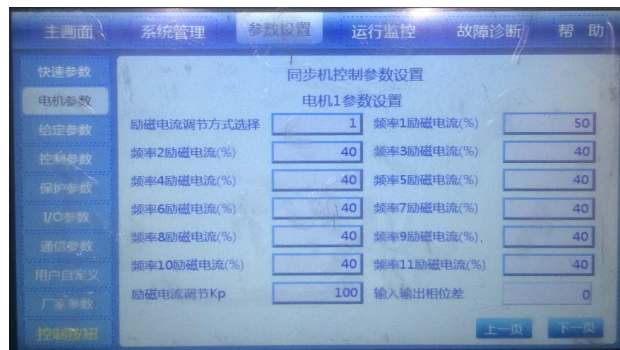


Figure 6. The control parameter settings of synchronous motor
图 6. 同步机控制参数设置

用来建立与中控系统及现场操作箱等的联系，以实现本地及远程都能对变频器进行启动、停机、加减速等操作。其具体的功能设置需按照现场实际设计，并按照变频器的端子功能表进行。

(8) 厂家参数设置。该步骤主要对变频器的机型进行设置，以便变频器按照正确的程序正常工作。

4. 同步电机变频软起调试过程

在开始调试前，先结合现场实际设计参数和电路，按照上述的参数设置步骤对各项参数进行完整的设置。将控制模式设为无 PG V/F 控制模式，控制电机选择为 1# 同步机。针对同步机而言，需要对励磁电流等参数进行正确设置，手动转矩提升设置为 0.5%。同时在速度频率给定参数设置中将 3 个跳频点设置为 13.20 Hz、19.26 Hz、31.92 Hz，跳频范围设置为 1.0 Hz，跳频穿越时间设为 20 s。将各开关量及模拟量按照实际情况完整设置。高压变频软起系统调试流程如图 7 所示。

4.1. 控制逻辑模拟调试

为确保整个电气控制系统的控制逻辑及现场接线的准确性，需要在高压变频器上电前对整个电气控制系统进行控制逻辑模拟调试[9]。在模拟调试过程中，始终保证 10 KV 进线柜不合闸，且将启动柜、隔离柜、运行柜等高压开关柜的真空断路器小车摇出。然后按照实际的电气原理图，依次对变频器与中控 PLC、励磁柜的控制逻辑进行检查，并对上述开关柜的开关动作及联锁控制逻辑等进行传动模拟实验，以检查各相关设备的准确性及可靠性，确保正式高压上电后的安全。

4.2. 变频器低压上电调试

控制逻辑模拟调试完成后，接下来需要对高压变频器进行低压上电测试。先确保高压进线启动柜及隔离柜断开，低压 AC380V 供电开关合上，将变频器设置为调试模式。再点击触摸屏上的预充电/合闸按钮，变频器通过移相变压器的辅助绕组对功率单元进行预充电，此时观察触摸屏监控画面中功率单元母线电压值，若母线电压值均为 1000 V 左右，则表明预充电成功，功率单元正常。

4.3. 变频器不带电机空载调试

低压上电调试成功后，接下来就需要对高压变频器进行高压上电不带电机空载调试。将高压进线开

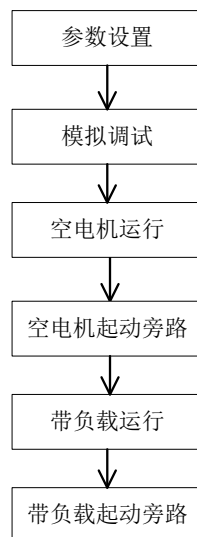


Figure 7. Debugging process

图 7. 调试流程图

关柜的小车摇至工作位，输出隔离柜的小车依然保持摇出状态，变频器设为正常模式。再点击触摸屏上的预充电/合闸按钮，变频器的功率单元进行预充电，通过触摸屏的监控画面进行监测，一旦预充电完成，变频器会发出合闸信号，高压进线开关柜自动合闸。高压合闸成功后，点击运行按钮，变频器开始按照设定好的加速时间从 0 Hz 开始提升频率，直至达到 50 Hz。所有动作正常完成后，点击停机按钮，可进行下一步调试。

4.4. 变频器带电机空载起动调试

在该调试过程中，将高压进线开关柜和输出隔离柜的小车均摇至工作位，电机联轴器与变速箱断开，即不带风机空电机起动，将变频器设为正常模式。由于不带载起动，静止转矩较带风机负载时要小很多，因此需将电机参数设置中的“手动转矩提升”设置小一些。

然后，将顶升油泵及盘车电机开启，带动电机克服静止转矩慢速转动。当具备起动同步电机的各项条件后，启动运行高压变频器，变频器控制同步机从零频开始升速。当变频器输出频率达到工频时，变频器开始进行锁相，一旦锁相成功，运行柜就会先合闸，200 ms 左右后变频器高压进线柜及输出隔离柜自动分闸，变频器旁路，电机由电网供电正常工作。

4.5. 变频器带电机负载起动调试

在该调试过程中，将高压进线开关柜和输出隔离柜的小车均摇至工作位，电机联轴器与变速箱连接，风机静叶保持最小开度，防喘阀全部打开[5]，即带风机起动，将变频器设为正常模式。将顶升油泵及盘车电机开启，带动电机克服静止转矩慢速转动。当具备起动同步电机的各项条件后，启动运行高压变频器，变频器控制同步机从零频开始升速。当变频器输出频率达到工频时，变频器开始进行锁相，一旦锁相成功，运行柜就会先合闸，200 ms 左右后高压进线柜及输出隔离柜自动分闸，变频器旁路，电机由电网供电正常工作。在该起动过程中，变频器会一次跳过风机的 3 个喘振点，电流会有波动，但不影响整个起动过程的正常进行[10]。

5. 变频软起动调试效果

通过在现场的实际调试发现，整个调试过程简便合理，该大型同步电机的起动调试过程相当顺利，没有出现起动失败的情况。从实际的应用效果来看，整个起动过程的电流都比较小，完全不会对电网造成任何冲击，而且高压变频器与同步机励磁系统及上位机 PLC 的配合相当可靠，应用效果良好。起动时的输出电流电压波形如图 8 所示，变频软起动装置监控画面显示的输出状态值如图 9 所示。

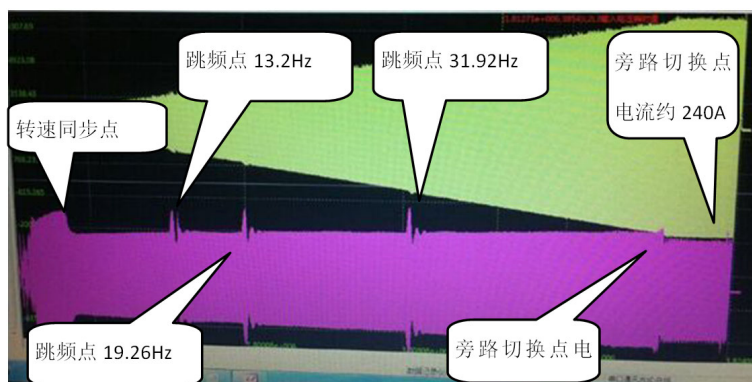


Figure 8. Output current and voltage wave
图 8. 负载起动输出电流电压波形图



Figure 9. Soft starting monitor

图 9. 负载起动监控画面

带负载风机起动时设定的起动加速时间为 300.0 S, 从图 6、图 7 可知, 频率升至 37 Hz 时的起动电流约为 260 A。而整个起动过程结束时的电流也仅为 240 A, 远远低于该同步电机的额定电流。

6. 结束语

大型同步电机应用越来越广泛, 同步电机变频软起动的现场调试非常复杂, 采用正确的调试方法, 按照合理的步骤进行调试, 能节约调试时间, 缩短项目工期, 并能有效防止起动调速过程中对主机设备的冲击和损害。

参考文献 (References)

- [1] 高东升 (2009) 大功率同步电机的软起动. 西南交通大学, 成都.
- [2] 高东升, 王德顺, 杨瑞, 关晓明, 尹梅, 李庆 (2010) 同步电动机调频起动过程分析. 大电机技术, 哈尔滨.
- [3] SIEMENS (2007) 1DZ 同步电机手册. 西门子(中国)有限公司, 上海.
- [4] 上海电气 (2013) TWS 同步电机使用说明书. 上海电气集团上海电机厂, 上海.
- [5] 陕鼓动力 (2012) AV71 系列轴流鼓风机产品手册. 陕鼓动力股份有限公司, 西安.
- [6] SIEMENS (2007) 同步电动机无刷励磁系统用户手册. 西门子(中国)有限公司, 上海.
- [7] 先锋科技 (2011) 交流电机无刷励磁系统用户手册. 北京先锋科技有限公司, 北京.
- [8] 宁国云, 等 (2013) GBRQ-MV 系列高压变频软起动装置用户手册. 大禹电气科技股份有限公司, 孝感.
- [9] ABB (2009) VD4 真空断路器使用说明书. ABB 中国有限公司, 北京.
- [10] 仲明振, 赵相宾 (2009) 高压变频器应用手册. 机械工业出版社, 北京.