

发电厂高压变频设计探讨

王继工,高波

(江苏省电力设计院,江苏南京 211102)

摘要:变频器以无级调速的方式改变了交流异步电机的运行,在负荷变化大的情况下,可以节约能源而受到大力推广。因此在火力发电厂中风机、泵类电动机越来越多地使用变频调速装置。文中对目前火电厂中变频器的特点进行了分析研究。在此基础上,对火电厂中高压变频器设计应注意的问题进行了总结。

关键词:变频器;节能;谐波

中图分类号: TM344.6

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2012)03-0044-03

随着厂网分离、发电企业市场化程度的加剧,运行综合厂用电率已成为发电厂考核的重要指标,直接关系到电厂的经济效益和企业竞争力。对于多数火电机组,其厂用电占发电量的4%~7%,主要负荷为火电机组的辅机设备。而针对辅机的变频改造可显著地降低厂用电成本,且具有重大经济效益。变频器在降低厂用电率的同时,保证机组安全、可靠的运行正在成为电厂十分关注的问题。因此,高压变频电动机的安全稳定运行,成为保障电厂安全的关键,具有重要的现实意义。

1 高压变频电动机工作性能

1.1 发电厂中高压变频的特点

高压变频接线的电动机一类是用于调速,一类是用于节能。在发电厂中应用高压变频的电动机,主要是通过变频调速用于节能,其运行的频率范围一般小于50 Hz,其负载类型主要为恒转矩($T=C$),二次方减转矩 $T \propto n^2$ [1]。

电厂内运煤皮带、空气压缩机电动机在变频的情况下,当运行频率在20~50 Hz时,转矩 $T \propto (U/f)^2$,而 $U/f=C$ 是个常数,所以电动机是以恒转矩调速的。当运行频率低于或等于20 Hz时,由于低频时定子绕组的压降不可忽视,表现为输出转矩减少,所以变频器都要有低频区电压补偿。

电厂内风机、泵类的负载,其空气或液体在一定的速度范围内所产生的阻力矩大致与转速 n 的平方成正比。随着转速的减小,转矩 T 按转速 n 的2次方减小。这种负载所需功率 P 与转速 n 的3次方成正比。所需风量、流量减小时,利用变频器通过调速可以大幅度地节约电能。

在1000 MW的机组中,常有8000 kW及以上大电动机的方案。在校验起动电压降时会遇到不满足起动要求的情况,变频起动则是除调速与节能之

外,高压变频器一种新的用途。通过采用减小基础频率,提高启动转矩的办法,使得电压上升的速度加快,有效的获得更大的启动转矩上升倍数。

1.2 高压变频器的谐波干扰

高压变频器的谐波干扰主要体现在输入侧电流及输出侧电流、电压。不同型式的高压变频器,其波形中的谐波含量、次数及幅值都不一样。

江苏省电力设计院《发电厂辅机变频干扰机理分析及解决方案计算研究》课题组对江苏省5家火力发电厂的高压变频器进行了运行测试,对测试数据进行了仿真计算和分析小结。

(1) 早期的直接串联电流型变频器及高压二电平、三电平电压源型变频器,元器件少,元件耐压高。虽然有滤波器但这类装置的输入输出侧,在谐波方面,特别是11,13,23,25次谐波电流畸变率均大过国家标准数倍,也引发过电动机振动超标。其输入侧电流、输出侧电压、输出侧电流如图1—3所示。从图1—3发现,波形畸变严重。

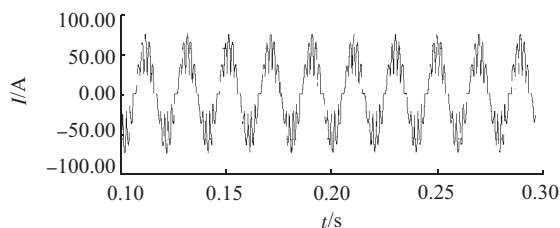


图1 高压三电平型变频器输入侧电流波形

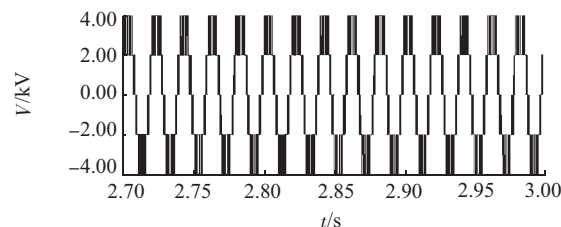


图2 高压三电平型变频器输出侧电压波形

(2) 单元级联多电平变频器,采用多个独立的低压功率单元串联实现高压输出,由于采用了移相变压器,二次侧多组绕组延边三角接法,每组绕组与

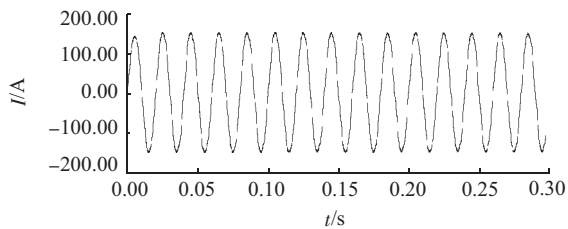


图3 高压三电平型变频器输出侧电流波形

原边的线电压均按一定的相位差排列,使得输入侧的谐波电流折算到变压器一次侧时相互抵消,大大改善输入侧的电流波形,基本上消除了变频器对电网的谐波污染。输出侧由于是电压叠加的原理,每个功率单元输出电流的谐波均被抑制在很小的范围,串联的级数越多,输出电流谐波出现次数越高、数值越小,基本可以忽略不计。输出电压为多个功率单元迭加所得,谐波很小。所以很多制造厂将其称为“完美无谐波”变频器,对电动机和动力电缆的选型也无特殊要求。其输入侧电流、输出侧电压、输出侧电流如图4—6所示。

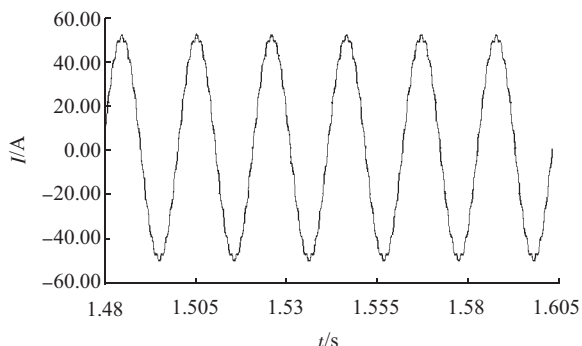


图4 单元级联变频器输入侧电流波形

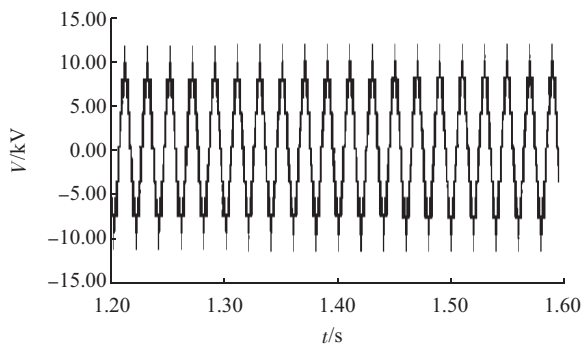


图5 单元级联变频器输出侧电压波形

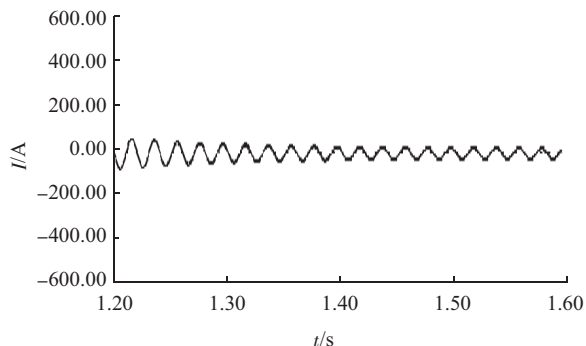


图6 单元级联变频器输出侧电流波形

综上所述,为减少电厂内谐波污染,保证厂用电母线电压质量,保证微机保护安全可靠运行,保护电动机的绝缘性能,宜选择单元级联多电平变频器。

2 高压变频调速系统的设计方法与注意事项

2.1 高压变频调速系统的接线

高压变频系统通常由高压电源进线设备、变频器、高压真空接触器和电动机构成,考虑到某些辅机运行的不可间断性,还要配备工频旁路。一旦变频器出现严重故障或例行检修维护时,投入工频旁路,以保证辅机工频拖动,不影响机组正常运行。其系统接线主要有以下几种。

2.1.1 一拖一接线

带手动旁路的系统接线如图7所示。工频与变频运行的切换必须是在停机后进行。带自动旁路的系统接线如图8所示。工频与变频切换可以自动进行。值得注意的是,受电动机容量影响,若图8中高压熔断器改为高压断路器,由于高压接触器的额定短时耐受电流值低,需校核其热稳定值。

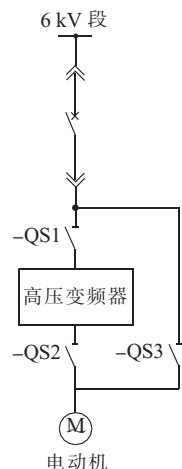


图7 带手动旁路系统接线

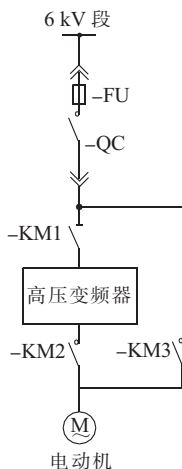


图8 带自动旁路系统接线

2.1.2 一拖二接线

一种典型的一拖二变频系统接线如图9所示。

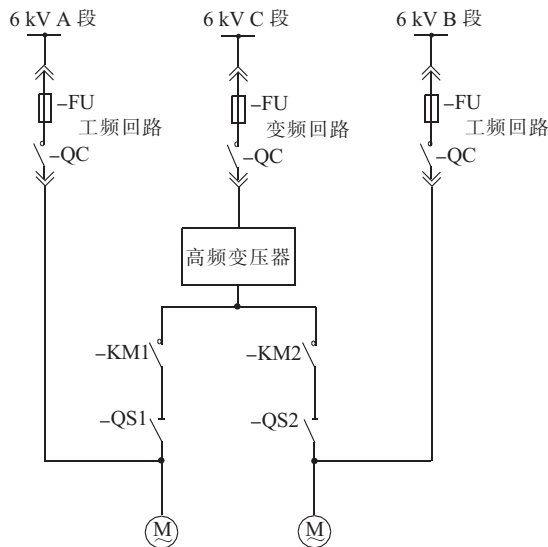


图9 “一拖二”变频系统接线

此接线的特点为每台电动机为单独的工频回路供电,继电保护无需切换。由于变频运行时,变频器已限制了通过接触器- $KM1$ 、 2 的故障电流,所以不论高压侧采用F-C或断路器方案,此方案均不要考虑工频与变频运行方式切换的接触器- $KM1$ 、 2 动、热稳定。

2.2 高压变频系统的继电保护

不带旁路的单一回路供电的高压变频器,不论电动机大小,建议继电保护按供电回路选择综合保护装置。电动机保护交由变频器处理,一般情况下,变频器回路电流超过设定值时会自动关断,因此,2 MW及以上的电动机可不设差动保护。

单一回路供电带旁路的高压变频器,变频运行电动机保护交由变频器来处理,电源回路由综合保护装置来保护,由于需兼顾旁路运行,综合保护装置应选用电动机保护型式。对于大于2 MW及以上的电动机,在工频运行时,需要设立差动保护,差动保护由高压开关柜内电流互感器(TA)与电动机中性点TA构成的差动电流回路实现。建议差动保护设置单独的综合保护装置,当变频运行时应闭锁差动保护。

对一拖二的三电源回路供电回路,工频供电回路继电保护按常规电动机配置,变频回路电动机继电保护交由变频器处理。对于大于2 MW及以上的电动机回路,其差动保护的装设同上。

2.3 高压变频系统设计注意事项

2.3.1 高压变频器的使用误区

应当认识到高压变频器与软起动器是不同的。软起动器归类为降压起动器,电磁转矩 $T \propto U^2$ 。虽然也是利用降低电压而降低起动电流,但电磁转矩随电压降低成平方的关系下降,同样的荷载下延长起

动时间,据相关显示延长起动时间3~5倍以上。采用高压变频器可以简化工艺系统的调节环节,但完全取代工艺系统调节环节,在现阶段是不经济、不合理的。高压变频器工作频率在20~50 Hz范围是合适的,但如果长期工作在低频状态,对于电动机是不利的。应注意工艺专业滥用变频装置的倾向。

2.3.2 高压变频器的节能计算

当电动机负载率长期在40%以下,或运行频率在20 Hz以下时,由于电动机自带风扇风量减少,会产生电动机过热,使绝缘受损,这时应配置其它独立冷却方式。在高压变频器的节能计算中,还应包括为满足装置运行环境增加的空调设备,这些设备是按变频器额定工况下的发热量选择,一般占到变频器额定容量的3%~7%。

2.3.3 抑制高压变频器的谐波干扰

对于高压变频器的型式,现阶段建议选择单元级联多电平变频器。在同样的额定电压下,每组的串联的功率单元越多,则谐波可能发生的次数高、数值小,影响可以忽略。当一段母线上所接变频负荷的总容量不大于电源容量的10%时,一般谐波干扰不会影响供电的质量。

高压变频器距电动机越近越有利减轻谐波的干扰。控制电缆应采用屏蔽电缆。当控制电缆与高压变频装置输出侧的电动机电缆平行长度在1~10 m,其间距应大于0.3 m。若两者平行长度大于10 m时,其间距应大于 $0.3 \times \text{平行长度} / 10 \text{ m}$ 。变频器内部的接地应与柜体的接地分开,经与柜体绝缘的接地母排汇总后,通过单芯绝缘电缆就近直接与接地网相连。

2.3.4 高压变频器的“飞车起动”功能

电动机转子在旋转状态下的变频器起动即“飞车起动”功能。由于在电厂中大型风机、水泵的转动惯量都很大,惰走时间很长。当电网原因、误操作或随机干扰使变频器掉电又重新上电,这时电动机的转子还处于旋转状态,若变频器无“飞车起动”功能,则所带电动机不能及时恢复运行,将使工艺系统联锁瓦解和机组停运。

在高压变频装置“一拖多”的接线中,只要出现“工频切变频”情况,同样要求高压变频器必须具有“飞车起动”功能。因此高压变频器设备选择时,特别注意应要求其具有“飞车起动”功能。

3 结束语

通过多年来的工程实践,在不断总结的基础上,本文所介绍的设计方法、注意事项已在包括华能巢湖电厂、华润南热电厂、国信新海电厂、华电句容电

按图 2 设计,运行人员操作步骤:

(1)投入低频、低压保护压板,启动机组,励磁系统置于手动模式;

(2)转速达到 90%额定转速后,退出低频、低压保护压板,合上发电机出口开关(无压合闸);

(3)继续升速至额定转速,手动模式调整电压至额定附近。此时投入低频、低压保护压板,保护恢复正常运行,同时励磁系统切换至自动模式。

3 结束语

黑启动过程系统的参数与正常运行时差异较大,这种运行特性的变化影响电力系统继电保护的正确动作;继电保护如何合理配置是黑启动试验过程中需要考虑和验证的问题。在制定方案时,要结

合电网的具体情况,做到技术上可行,并具有较强的可操作性。

参考文献:

- [1] 刘映尚,张碧华,周云海.黑启动过程中继电保护和自动装置的特性和运行[J].中国电力,2005,38(5).
- [2] 贺家李,宋从矩.电力系统继电保护[M].北京:中国电力出版社,1994.
- [3] 王维俭.电气主设备继电保护原理与应用[M].北京:中国电力出版社,2001.

作者简介:

马长征(1979),男,江苏南京人,工程师,从事变电二次系统检修和试验工作;

沈飞飞(1978),男,江苏苏州人,工程师,从事配电网运行与维护工作。

Discussion of Start-up Adjustment and Relay Protection in Black Start

MA Chang-zheng¹, SHEN Fei-fei²

(1.Maintenance Branch of Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 211102, China;

2.Suzhou Power Supply Company Distribution Inspection Work Area,Suzhou 215000, China)

Abstract: Taking black start power station in northern Jiangsu provinces as an example, this paper presented protection configuration and design scheme of black start generator, and introduced the testing process of intra-station start and system black start. Combined with differences between black start test system and the normal operation system, the principles, adjustment situations and operation cautions of some protection and automatic devices were selectively analyzed. Finally, operation requirements of low frequency and low voltage protection were proposed according to the special requirements of black start units.

Key words: black-start; startup adjustment; relay protection

(上接第 46 页)

厂在内的多个 1 000 MW,600 MW 级电厂中得以应用。有效地降低了厂用电率、避免了谐波干扰,在满足工艺各种运行工况的前提下,保证了高压变频器安全正常的运行。

在工程设计中,只有认真了解工艺的运行要求,正确地选择高压变频器,确定系统接线方案,选择好配套的电器设备参数,在布置上避开电磁干扰的影响,才能使用好高压变频,获得更大的效益。

参考文献:

- [1] 张选正,张金远.变频器应用技术与实践[M].北京:中国电力出版社,2010.

作者简介:

王继工(1953),男,山东鱼台人,高级工程师,从事火力发电厂电气设计工作;

高波(1979),男,江苏南京人,高级工程师,从事火力发电厂电气设计工作。

Discussion of Power Plant High Voltage Variable Frequency Design

WANG Ji-gong, GAO Bo

(Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, China)

Abstract: Inverter with stepless speed regulation changes the operation way of AC asynchronous motor. It is adopted widely because it can save energy strongly when load changes greatly. So frequency control devices are more and more widely used in thermal power plant's air blowers and pump motors. The paper analyzed the characteristics of the power converter used at present. On the basis, problem which should be paid attention to in designing high voltage inverter of thermal plant was summarized.

Key words: inverter; energy saving; harmonic