

浅析海工项目中压发电机的保护及调试

郑志峰 潘宇

上海中远海运重工有限公司 上海 200231

摘要: 中压发电机是海工船舶项目电站的核心组成部分。根据船级社和IEC规范要求,结合某型海工船舶项目的电站的配置,文章从中压发电机的保护设计与调试要点等各方面进行归纳与总结,其中调试要点从发电机起动前检查,安全性测试,单机负荷试验,电压和频率调节试验,并车试验等方面按顺序给予较为详细的阐述,为其他海工船舶项目中压发电机的保护设计与调试程序提供参考。

关键词: 中压发电机;发电机的保护设计;发电机的调试程序

引言

海洋工程类项目设备多,用电负荷大,中压发电机作为海工船舶项目电站主电源供应已经非常普遍。为了保证项目在工作过程中电网运行的可靠,发电机的保护和项目交付前的调试工作是非常重要的环节。发电机连接在电网中的保护可以防止发电机过载,短路造成发电机的损坏,亦防止发电机的断路器因为船舶电网的馈电线路短路而意外跳闸,导致供电不连续。发电机调试可以测试新发电机和电网连接后的工作性能,船舶电站设计是否满足规范和业主要求的各项参数。

1 发电机的保护

结合某型海洋工程项目的电站配置,本项目配置了3台瓦锡兰W12V34DFC中压发电机,6.6KV,3ph,60Hz,720rpm,5500kw。

为每台发电机提供了如下保护装置,安装在6.6KV中压配电板(ABB)内:

- ◎可抽出式真空断路器(VCB)1250A。
- ◎ABB REG630功率保护继电器。
- ◎电压互感器(6.6kV/120V-200VA)
- ◎电流互感器

通过ABB REG630多功能功率保护继电器采集电流、电压、频率等信号,经过整定后发信号来控制真空断路器,瞬时或延时动作,断开发电机与电网的连接,这样能够起到发电机的过载,短路,逆功,欠电压等保护。具体内容如下:

1) 发电机欠电压保护__REG630(ANSI Code:27),并联运行的发电机应设有欠电压保护并能满足下列要求:

◎用于避免发电机不发电情况下闭合断路器时应瞬时动作;

◎当电压降低至额定电压的70%时,继电器延时2s后动作。

2) 发电机逆功率保护__REG630(ANSI Code:32),并联运行的发电机的逆功率(或逆电流)值整定为额定功率(电流)的15%,继电器延时2~3s动作

3) 发电机的失磁保护__REG630(ANSI Code:40),正常运行的发电机组的励磁绕组突然失去励磁电流或励磁电流下降过多,超过静态稳定极限,发电机稳定运行受到威胁。保护继电器检测到这个变化,立即动作。

4) 发电机外部短路保护__REG630(ANSI Code:50),按下列规定进行整定:

◎短延时,始动值为发电机额定电流的200%~250%。延时时间,交流最长为0.6s;

◎瞬时,短路电流达到额定电流13倍,保护继电器瞬时动作。

5) 发电机过载/过电流保护__REG630(ANSI Code:51),过载10%~50%之间,经少于2min的延时断路器应分断,整定在发电机额定电流的125%~135%,延时15~30s保护继电器动作。

6) 发电机过电压保护__REG630(ANSI Code:59),发电机在甩负荷后,如果调速系统动作迟缓,转速会上升很快,出现不允许的过电压,可能导致发电机的绝缘损坏,因此需设置过电压保护。在电压超过15%~20%时,延时2~3s,保护继电器动作。

7) 接地故障保护__REG630(ANSI Code:51N/67N)。

8) 发电机欠频保护__REG630(ANSI Code:81U),当发电机输出频率低于额定频率时,会触发欠频保护。设定值57Hz,延时动作时间12s。

9) 发电机过频保护__REG630(ANSI Code:81O),当发电机输出频率高于额定频率时,会触发过频保护。设定值63Hz,延时动作时间5s。

10) 发电机内部短路差动保护__REG630(ANSI

Code:87)，对于发电机内部短路保护，采用的比率差动保护，比率差动继电器仍由REG630多功能功率保护继电器来实现，原理如图1。为每台发电机六套电流互感器（三套装在发电机侧每一相，三套装在配电板发电机屏一侧每一相，用于差动保护）。

正常状态下，每一相的IG和IL电流应该相等，电流互感器测得电流 $IG1 - IL1 = 0$ ，REG630不动作。假如发电机内部或发电机电缆发生短路，那么 $IG \neq IL$ ， $IG1 \neq IL1$ ，则其差值与正常电流比率为 $(IG1 - IL1) / IG1$ 。比率值超过预先设定值，REG630动作，发出信号真空断路器VCB脱扣，同时切除发电机励磁或让发电机原动机停机。

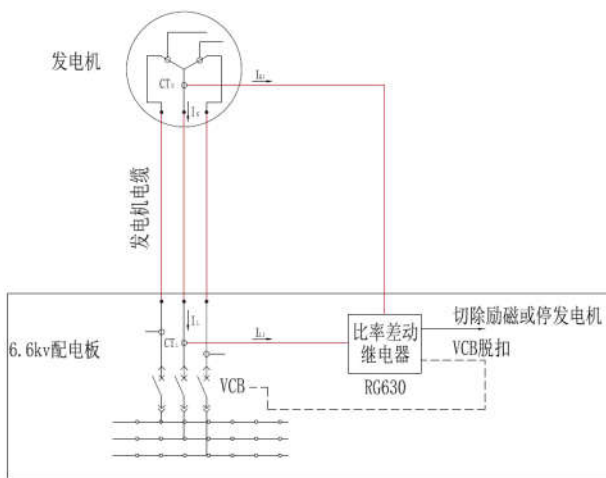


图1 发电机内部短路差动保护原理图

2 发电机调试程序步骤与要点

主要步骤如下：

2.1 起动前的检查

发电机起动前必须要对以下各辅助系统中的设备，管道，仪表，电力进行机械完工验收和测试，所有压力、温度和工作条件应符合制造商标准和建议，并按要求调整和测试好相应的报警值。起动前的检查是保障发电机后续调试能够安全有效进行的前提条件。

1) 曲轴臂距差检测（冷态）：测量发电机曲轴特定点在冷态下的臂距差并记录，测量结果应在制造商推荐的范围内。

- 2) 淡水冷却系统。
- 3) 润滑油系统。
- 4) 燃油系统。
- 5) 通风系统。
- 6) 起动空气系统。
- 7) 仪表空气系统。
- 8) 废气锅炉系统。
- 9) 发电机组安装验收合格，机组及机旁接线箱接线

验收合格，机组安全保护用传感器模拟试验合格。

10) 主配电板安装验收合格；与试验相关的发电机屏，并车模块，连接电缆敷设接线验收合格；发电机连接开关VCB和综合保护继电器测试合格。

11) 作为负载用的电阻箱和控制设备就位，接线合格，试验良好，待用。

12) 绝缘电阻测量：发电机负荷试验前和试验后，均需绝缘电阻测试（直流2500V）：电枢电路对船壳；励磁电路对船壳；空间加热器对船壳；调速电机对船壳。

2.2 吹车：慢转（slow turning）

该型机带有慢转（slow turning）的功能，曲轴在有限的起动空气供应下缓慢旋转，以检测某个气缸中是否有液体，无论是在每次起动之前还是在发电机处于备用状态时。如果气缸中有液体，旋转停止而不会造成任何损坏。如果两圈未在60秒内完成，则起动被阻止。对于预热的发电机来说，通常慢速转动顺序需要大约8-12秒。

如果发电机之前运行停机不到30分钟，或者之前执行慢转不到30分钟，则起动前不执行慢转。

2.3 起动与运转时的安全性测试（不带负荷）

起动试验按如下步骤进行：

1) 从就地面板起动发电机（第一次起动轴承运转5min），调整至额定转速720rpm。

2) 起动成功后，全面检查各系统的温度、压力数值，注意检查发电机运行是否正常，是否有异常声音，振动。判断壳体温度是否正常，如有异常情况，应立即停车。

3) 检查各系统管路，泵接口是否有任何泄露，持续时间5分钟，在下一步试验前，应纠正任何检测到的泄露。

4) 停止发电机，检查发电机各轴承温度，应无异常。

5) 再次起动，重复上述内容。

6) 如果所有正常，没有更多问题，再次本地起动发电机，运行不超过30分钟。并在15分钟，30分钟两个时间段记录发电机各项相关技术参数。

运转时的安全性测试如下：

1) 检查本地起动、本地停止、紧急停止和起动块的功能。

2) 检查滑油压力过低停机（2.0bar，传感器PTZ201）。

3) 手动增加燃油油门调速，检查第一个超速停机（1.15*标称速度，传感器ST173）。

4) 通过禁用第一个超速停机并手动增加燃油油门调速，检查第二个超速停机（1.15*标称速度，传感器ST174）。

5) 通过加热缸套冷却水出口温度传感器, 检查温度过高停机 ($> 110^{\circ}\text{C}$, 传感器TEZ402)。

6) 通过按压曲轴箱油雾浓度探测器的测试按钮, 检查油雾浓度高停机。

2.4 起动空气测试

起动空气测试:

试验前将辅空气瓶充气, 使压力达到30bar, 在中途不补充气的情况下, 一台发电机从冷态开始连续进行起动, 直到不能起动为止。记录起动次数 (应不少于3次), 和前三次起动前的空气压力值及最低起动压力值。

起动空气试验应在发电机和主配电板附近至少进行一次。

2.5 单机负荷试验

调节连接在主配电板汇流排上的电阻箱负载, 按下列负载及试验时间进行每一台发电机的单机负荷试验:

- | | |
|---------|--------|
| 1) 0% | 15 min |
| 2) 25% | 20 min |
| 3) 50% | 20 min |
| 4) 75% | 20 min |
| 5) 85% | 20 min |
| 6) 100% | 60 min |
| 7) 110% | 30 min |

以上试验, 记录好每一种状态下发电机各项相关技术参数 (如下), 发电机负荷试验前和试验后, 均需绝缘电阻测试 (直流2500V)。

发电机电机部分的输出功率 (kW)、电压 (V)、电流 (A)、频率 (Hz), 绕组温度, 轴承驱动和非驱动端温度。发电机柴油机部分的转速, 燃油、滑油、冷却水的温度和压力, 以及排气温度等。

2.6 电压和频率调节试验 (AVR和调速器特性试验)

每台发电机应按照以下方式改变负载:

1) 机组从零负荷突然增加负荷, 待各参数恢复稳定后, 再继续增加。增加顺序: 0%-33%-66%-100%

2) 然后从100%的速率加载到突然卸载。100%-0%

记录各状态下的功率, 电压, 电流, 频率的瞬时值, 稳定值及稳定时间。实验结果应满足如下要求:

1) 瞬态电压变化: 15—20之内, 1.5s内恢复至额定

电压3之内。

2) 瞬态频率变化: 10之内, 稳定时间不超过5s。

2.7 并车试验

三台发电机分别两两进行并车负荷试验, 具体如下:

通过在按下启动按钮、模式选择开关、同步选择开关, 选择待并车发电机并手动调速同步, 手动合闸其主开关, 手动调速实现负荷分配及频率控制, 从而实现并车。

将每台并联发电机组的负荷调整为额定功率的75%, 然后按如下顺序改变负荷:

75%→100%→50%→25%→50%→75%→100%。

测量上述各状态下每台发电机的功率, 电流和电压, 并计算并联运行发电机负荷相对于单台发电机额定功率分配比例的偏差值。

并联运行的各交流发电机组均应能稳定运行, 且当负载在总额定负载的20%~100%范围内变化时, 其负载分配应符合下列规定:

各机组所承担的有功负载与总负载按机组额定比例分配值之差, 应不超过下列数值中的较小者: 最大机组额定有功功率的 $\pm 15\%$ 。调速器的可调机构应保证在正常工作频率下负载调整幅度不超过额定负载的5%。

2.8 曲轴臂距差检测 (热态)

测量发电机曲轴特定点在热态下的臂距差并记录, 测量结果应在制造商推荐的范围内。

3 结论

本文通过对中压发电机保护电路和调试程序的研究, 在发电机的保护, 调试起动前检查, 安全性测试, 单机负荷试验, 电压和频率调节试验, 并车试验进行了重点阐述, 为其他海工船舶中压发电机的保护设计和试验程序提供了参考依据。

参考文献

- [1]中国船级社. 钢质海船入级规范, 北京: 人民交通出版社, 2021.
- [2]陈可越. 船舶设计实用手册-电气分册. 中国交通科技出版社, 2007.
- [3]陈可越. 船舶设计实用手册-轮机分册. 中国交通科技出版社, 2007.
- [4]国际电工委员会. IEC60092.1980.