

某海上生产设施优先脱扣逻辑多次触发动作故障分析及处理

周 昕

(中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 广东 深圳 518000)

摘要 海油石油某海上生产设施多次出现优先脱扣逻辑动作现象,由于动作触发后电网各项参数迅速恢复正常,导致无法锁定故障原因。通过查询资料,根据工作原理逐项深入排查验证可能的故障原因,最终锁定故障原因。并根据现场实际情况提出了针对性的解决措施,彻底解决了电网多次触发优先脱扣动作逻辑故障,提高了电网稳定性,保证油轮正常生产生活。

关键词 孤岛电网; PSG; 发电机; 优先脱扣; PLC

中图分类号: TE95; TM7

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)01-0048-03

1 海洋石油某海上生产设施电网概况

海洋石油某海上生产设施,包含发电机及变配电系统、生产工艺系统、海水系统、淡水系统、生活系统等,具备电力、水资源等自给自足能力,是一座海上微型石油工厂。

某海上生产设施电网属于孤岛电站模式中的中小型电网,电网中共有三台生产用发电机(PSG),两台船用发电机(SSG),一台应急发电机(EG)。^[1] 两台船用发电机由于使用时间长,带载能力差,已暂停使用。三台生产用发电机单机功率均为1800kW,使用经处理后的原油或柴油作为燃料油。正常生产情况下,保持两用一备的状态。

三台船用发电机自1996年装机投用以来已超20年,虽经多次更换或升级改造,但辅助控制元器件故障率逐步增加,对电网稳定运行造成较大影响,同时影响正常生产生活。

2 某海上生产设施优先脱扣逻辑多次动作现象

某海上生产设施电网某一段时间内多次出现优先脱扣动作导致甩脱一级和二级负载,其中包括仪表空压机、水力旋流器马达等关键设备,对现场生产造成较大影响。

对最近一次发生优先脱扣动作逻辑前后报警进行分析情况如下。

12月6日01:09:05.2在第一次报警时3号PSG产生两个警报:(1)CLOSE PSG03 Bus bar frequency channel error;(2)CLOSE G7100_3_F2_A CHANNEL ERROR。这两个警报说明母线电压频率监测回路信号通道出现故障,但是在1S时间内,两个警报迅速自复位,并未

能对电网造成影响。

12月6日01:57:55.2在3号PSG第二次发出报警时,首先上位机出现CLOSE PSG03 Synchronizing voltage channel error故障报警信息,但在1S时间内警报迅速自复位,并未能对电网造成影响。

三分二十六秒后,3号PSG出现第三次警报,首先上位机出现两个警报:(1)CLOSE PSG03 Bus bar frequency channel error;(2)CLOSE G7100_3_F2_A CHANNEL ERROR。在1S时间内,两个警报迅速复位。同时,触发1号发电机自动启动并网加载,并甩脱一级和二级负载。

根据上述报警记录分析,几次出现的报警均在极短时间内复位,说明该故障为软故障,需要根据可能产生的原因逐项分析故障原因。

3 优先脱扣逻辑多次动作故障原因分析

分析现场G30模块、UMT模块、PLC模块三者结构示意图可知,G30仅采集发电机母线侧电压信号,UMT采集发电机输出端电压及电流信号,两个模块将采集的信号转换后将所有数据传输至PLC模块。因此,3号发电机母线频率故障报警及同步电压故障报警均与PT、G30、PLC及组成的回路有关。^[2]

发电机过载达到110%P_n即1980kW时或发电机频率低于90%f_n即54Hz超过1S才会产生自启动及甩负载的情况,现场查看3台发电机功率参数曲线图及频率曲线图可知,故障时3号发电机各项参数正常,未出现过载及低频现象。因此导致发电机母线侧电压信号通道错误报警及同步电压信号通道错误报警信息原因初步确定为G30I/O模块故障或G30模块、PLC模块、

PT 模块回路中接线端子松动导致。

有功功率数值是通过 UMT 从发电机采集的电压及电流信号进行转换传输进入 PLC 分析处理后获得。因此,考虑会不会是 UMT 参数出错导致 PLC 判断过载而动作。同时 UMT 模块经第三方专业公司检测确认为由于内部设计问题导致内部控制板温度长期偏高,影响 UMT 使用寿命,在运行过程中其故障率较高,经统计分析可知近五年由于 UMT 模块而导致的故障共计 5 次,且当前 3 号 PSG 控制盘位于配电间角落位置,空调制冷效果不佳,这样更可能导致 UMT 出现异常而导致 UMT 发出错误的信号给 PLC,从而导致发电机出现故障。从这个角度考虑,UMT 故障也可能引起 1 号发电机自启动,且甩一级和二级负载。

由于现有 PLC 模块内部程序为功能块图,现场人员无法直接读取内部的程序,现场 PCU4 图纸资料上没有上述报警 I/O 点。而发电机频率信号的采集是 UMT 来采集的,发电机母线频率则是由 G30 来采集的。因此,发电机出现低频报警信号有可能是 PLC 模块将发电机母线频率与发电机频率进行比较而产生。综合以上分析,UMT 模块回路和 G30 模块回路均有可能存在故障而导致此次事故的发生。

同时,由于故障时发电机母线侧电压信号通道错误报警及同步电压信号通道错误报警信息同时出现,怀疑 G30I/O 模块故障概率较高。

4 某海上生产设施优先脱扣逻辑多次动作故障原因现场排查

根据上述故障原因分析,现场对 G30 回路及 UMT 回路分别进行检查测试。

4.1 排查 G30 回路接线

1. 排查方法。在发电机停机状态时,将发电机控制模式转换到手动状态,将下一台自动启动发电机切换到 1 号 SSG,在此状态下插拔 PT 模块到 G30 模块再到 PLC 模块 PCU4 的回路接线端子,在此情况下排查操作不会对正在运行的发电机造成影响。具体操作方法为:检查回路接线端子导线,观察是否有导线松动导致警报产生,回装接线端子时确保接线牢固可靠。若未出现报警则判断接线端子未松动,此时手动拆除接线查看所产生的报警。

2. 排查过程。根据制定的排查工作计划,首先将 3 号发电机切换到手动位置,将 1 号 SSG 切换到自动位,并将 NEXT START 选择开关选择 4。

发电机母线电压通过如下电气设备最终将信号传输到 PLC 模块:发电机母线电压—Q03—F11—PTR7030 发电机保护柜内 MCB43—电压互感器 PT—MCB11—

G30 I/O 模块—PCU04。

将 F11 开关输入接线端子到 PCU04 输入接线端子使用尖嘴钳用力拽动,发现接线牢固可靠。整个操作过程中上位机未出现警报。将所有接线端子再次确认紧固,尝试手动拆除回路中导线观察产生警报情况。

拆除 3N G30 模块的输出 U5a 导线,观察上位机上出现下面三个报警:(1) PSG03 Bus bar frequency channel error;(2) G7100_3_F2_A CHANNEL ERROR;(3) PSG03 Synchronizing voltage channel error,回接 U5a 导线后警报消失。

拆除 3N G30 模块的输出 U6a 导线,观察上位机上出现与上一步一样的三个报警,回接 U6a 导线后警报消失。

拆除 3N G30 模块的输出 U5c 导线,观察上位机上出现下面两个报警:(1) PSG03 Bus bar frequency channel error;(2) G7100_3_F2_A CHANNEL ERROR,回接 U5c 导线后警报消失。

拆除 3N G30 模块的输出 U6c 导线,观察上位机上出现一个报警:PSG03 Synchronizing voltage channel error,回接导线 U6c 后警报消失。

根据上述现象,可知 U5a、U6a 两根导线为信号传输公共端。U5c 为母线频率监测信号输出端,U6c 为同步电压监测信号输出端。

拆除 MCB11 出线 3D19,观察上位机上未产生警报信号。回接 3D19 导线,直接断开 MCB 开关,观察上位机上仍未有警报产生。根据这个现象可判断 3N G30 输入端口前的电路接线松动或开关跳闸均不会在上位机上产生报警信号。

3. 排查结果分析。根据以上排查可知,3 号发电机故障时产生的警报:(1) PSG03 Bus bar frequency channel error;(2) G7100_3_F2_A CHANNEL ERROR;(3) PSG03 Synchronizing voltage channel error 与 G30 模块本身有直接关系。

4.2 更换 UMT 测试

1. 排查方法如下。使用经第三方专业公司改造过的 UMT 更换 3 号 PSG 现有 UMT 模块,将 3 号发电机切换到手动位置,将 1 号 SSG 切换到自动位,并将 NEXT START 选择开关选择 4,在更换 UMT 及进行参数设置时不会影响运行中的发电机,更换过程中记录相应的警报信息。

2. 排查过程如下。按照发电机 UMT 更换的标准操作程序,我们制定了 3#PSG UMT 的更换测试的方案,大致的更换测试流程为:(1) 拆除 3 号发电机旧 UMT 模块;(2) 记录发电机拆除 UMT 模块后产生的警报;(3) 安装新的 UMT 模块;(4) 回接 UMT 模块;(5)

表1 电网母线频率保护设定值及相应动作

项目	In%	保护设定值	动作延时	启动备用 机组	甩脱一级 负载	甩脱二级 负载	甩脱三级 负载	主断路器 跳闸
1	97.5	58.5Hz	60s					
		57.0Hz	8s	*				
2	95	57.0Hz	6s		*			
		57.0Hz	10s			*		
3	90	54.0Hz	1s	*	*	*		
		54.0Hz	15s					*

记录发电机 UMT 模块恢复正常后的警报情况；(6) 将记录的报警与发生故障时的报警进行对比分析。

按照发电机 UMT 模块更换的标准操作程序对发电机的 UMT 模块进行了更换，在拆开 UMT 的接线后我们发电机的监视系统出现了 11 个警报。从警报信息描述可知，在 UMT 拆除后，UMT 无法传输发电机电压及电流数据到 PLC 模块，导致出现 3 号 PSG 电流、电流有效值、电压、频率、有功功率及无功功率信号通道故障报警。同时，由于 PLC 随机输出一个有功功率值，达 -7197kW，出现逆功率报警。

UMT 更换及参数设置完成以后，之前拆除 UMT 后出现的 11 个警报全部自动复位。

3. 排查结果分析。(1) 根据更换 UMT 测试时上位机上产生的警报分析可知，UMT 或其回路出现故障时是不会出现发电机母线频率通道错误和同步电压通道错误警报的，即在 12 月 6 日凌晨出现的上述三个警报与 UMT 模块无关，而是由 3#PSG 的 G30 模块或 PLC 模块故障产生；(2) 在发电机停机状态下，更换 UMT 模块不会出现自动启动备用机和低频故障报警。

4.3 调取 PLC 程序进行故障确认

根据以上的排查过程，我们排除了 UMT 模块及各回路接线松动导致优先脱扣逻辑动作原因，故障原因锁定在了 G30 模块、PLC 模块。为了进一步锁定故障原因，与 PLC 厂家工程师沟通调取了 PLC 程序分析 MSG3_23 和 MSG3_41 两个报警信号触发的条件。

MSG3_23 CFN PSG03 Excess Load Auto. Start

MSG3_41 CFN PSG03 Underfrequency 3

MSG3_41 是当 PLC 检测到发电机母线频率输入信号低于 54Hz 时触发，其动作逻辑为经过 1s 的延时后启动备用 PSG，同时甩脱电力系统一级和二级负载。而 MSG3_23 报警是当发电机出现过流、过载及母线频率低等保护信号时均会触发，PLC 根据发电机保护设定值与监测值比较所得结果延时固定时间后触发相应的动作。^[1] 该描述与电网母线频率保护设定值及相应动

作值相对应。

发电机母线频率信号的采集是电压互感器采集母线电压信号经 G30 模块进行数据转换后变成 4-20mA 的电流信号上传到 PLC (PCU4)。PCU4 根据所采集的信号，首先判断发电机断路器是否处于合闸位置。如果发电机断路器处于合闸位置，则 PCU4 根据发电机保护设定值进行数据比较，若达到动作值，则进行相应的动作。

5 优先脱扣逻辑多次动作原因分析及处理

根据上述分析可知，故障时触发的三个报警：(1) PSG03 Bus bar frequency channel error；(2) G7100_3_F2_A CHANNEL ERROR；(3) PSG03 Synchronizing voltage channel error，即发电机母线频率通道故障、同步电压信号通道故障、发电机母线频率低均由 G30 模块故障导致参数错误引起的，进而导致 PLC 输出警报，从而触发 1 号发电机启动并网，甩脱 1 级负载及二级负载优先脱扣动作逻辑。现场对 G30 模块进行了更换，经测试及运行观察后续未出现该故障，故障彻底消除。

6 结论

本文通过对某海上生产设施电网多次触发优先脱扣逻辑故障问题的分析，深入探讨了发电机数据采集接收模块对电网运行的巨大影响。通过逐项分析验证，最终锁定故障原因并有针对性地处理，最终彻底消除了故障，保证了电网的可靠性。

参考文献：

- [1] 黄伦坤, 朱正鹏, 刘宗德. 船舶电站及自动装置 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1994.
- [2] 吴志良, 孙广辉. 船舶发电机综合继电保护电路设计及可靠性分析 [J]. 船舶, 2004(06):29-31.
- [3] 柏继合, 代学良, 黄永豹. 海洋平台发电机保护研究 [J]. 船电技术, 2013(11):10-14.