

机组并网时刻功率参数突变原因分析及功能完善

孙长春

国能国华（北京）燃气热电有限公司，北京 100018

DOI:10.61369/ERA.2025060035

摘 要： 本文对机组并网时刻功率参数突变的原因进行分析，并针对其影响在控制功能上进行完善，进而提升了设备可靠性。
关 键 词： 功率参数

Analysis of the Causes of Sudden Changes in Power Parameters During Grid Connection of the Unit And Improvement of Its Function

Sun Changchun

Guoneng Guohua (Beijing) Gas Thermal Power Co., Ltd. Beijing 100018

Abstract： This article analyzes the reasons for the sudden change of power parameters during the grid connection of the unit, and improves the control function in response to its impact, thereby enhancing the reliability of the equipment.

Keywords： power parameters

引言

2023年6月20日20:27:04,某厂#2燃机(M701F4型)并网时刻功率参数由0大幅突变至116.066MW持续1秒,随后在7秒钟内快速下降至正常功率25MW左右。#2燃机CSO(控制信号输出)信号正常,无突变。因并网功率数突变,联锁TCA至高压汽包调整门开至4.9%,TCA(冷却空气系统)至高压汽包调整门后电动门全开(功率值大于60MW联开整门电动门),由于以上两个阀门开启,使得低温水(113℃左右)进入高温(312℃)的高压汽包,造成撞管。#2燃机启动前,机组运行模式为一拖一运行方式,即#1燃机带汽机运行,机组协调在手动控制方式。#2机并网时刻因功率数大幅突变,使得机组总功率参数由389MW突变至499MW。因#2燃机启动阶段,机组未投协调控制,因此未对正常运行机组构成影响。

一、原因分析

(1) 对功率表信号输出回路电缆绝缘、屏蔽等进行检查,信号回路是由电气柜先传输到TCS系统,再由TCS系统传输至DCS系统,经查整个信号回路接线正常,信号线路屏蔽层有可靠的电气连续性,且同一线路屏蔽层只有一个接地点,无浮空或重复接地。

(2) #2燃机并网时刻,来自TCS系统CSO指令信号正常,无突变,可排除#2燃机控制指令突变因素。燃机空负荷运行时CSO约为25%~27%;并网时刻CSO约为30%~31%,输出功率约为20MW~22MW,与以往相同。由于并网时刻CSO为30.5%,且不存在燃料阀(燃料值班流量控制阀、燃料主A流量控制阀、燃料主B流量控制阀、燃料顶环流量控制阀)突开现象,如图1所示,所以推断功率数突变并不是由于实际增加燃料量所导致的。

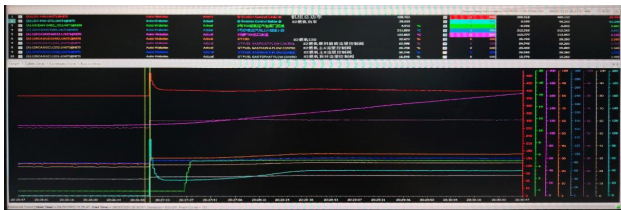


图1

#2燃机功率发生大幅突变时,在DCS系统查阅#2燃机功率,该测点在DCS侧由两个输入信号,进入二选块后,通过Leadlag算法,供其他设备逻辑运算使用,如图2示。

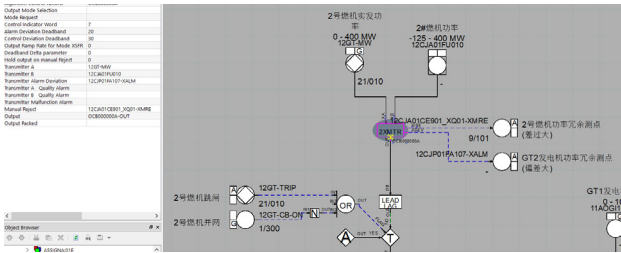


图2: #2机功率计算逻辑图

从图纸中可以看到，二选块的输入信号1为 12GT-MW，输入信号2为12CJA01FU010。经过 leadlag 输出后的点名为 12CJP01FA107-SELO。正常情况下，二选块的输出可以为输入信号1，或者输入信号2，或者两个输入信号的平均值。调阅当前逻辑发现，目前二选块的输出值选择的是输入2，未取两个输入的平均值。

调取趋势图3，可查询到图2中 leadlag 的输出值点名为 12CJP01FA107-SELO即（浅蓝色线）出现明显突变现象。



图3

图3以数值列表显示如表1所示

测点名	12CJA01FU102	12CJA01FU010	12CJP01FA107-SELO	12GT-CB-ON	12CJA01CE901_XQ01-XMRE	12CJP01FA107-XALM
描述	2# 燃机功率	2# 燃机功率	Leadlag 计算后的功率值	2号燃机并网	两个功率输入值偏差过大	两个功率输入值偏差大
备注	二选块输入1	二选块输入2	Leadlag 输出	并网信号	二选块输入偏差过大	二选块输入偏差大
20:27:14	24.971	24.971	25.058	1	0	0
20:27:13	24.611	24.691	25.248	1	0	0
20:27:12	23.93	24.09	25.834	1	0	0
20:27:11	24.09	24.09	26.56	1	0	0
20:27:10	24.531	24.651	27.691	1	0	0
20:27:09	24.531	24.491	29.591	1	0	0
20:27:08	24.21	23.529	33.184	1	0	0
20:27:07	23.129	22.768	39.503	1	0	0
20:27:06	21.326	21.086	51.329	1	0	0
20:27:05	18.042	15.519	73.807	1	0	0
20:27:04	13.356	2.341	116.066	1	0	0
20:27:03	12.034	-1.505	0	0	0	0
20:27:02	-0.984	-1.304	0	0	0	0
20:27:01	-1.665	-1.304	0	0	0	0
20:27:00	-1.264	-1.304	0	0	0	0
20:26:59	-1.545	-1.304	0	0	0	0

表1

由于相关点的历史趋势图均以1秒为间隔进行记录，从表1中可以看到，并网时，两个输入值均未发生突变，但 Leadlag 的输出值由0突变为116.066MW。

Leadlag 算法块输入、输出记录趋势不同的原因分析：

① Leadlag 算法的输入为二选块的输出，只有两个输入测点数值发生变化，才会引起输出的变化；所以输出数值的突变，必然是由于输入值突变引起的。至于输入值在趋势中未发现突变，是由于历史记录精度为1秒导致。该逻辑所在任务区为250ms扫描周期。如果输入值发生了突变，且变化的时间过短，只是一个毛刺，该突变值会被逻辑抓取到，正常执行计算，传导到 Leadlag 算法。但这个毛刺很可能不会被历史记录抓取。1秒钟内可能有三个周期的数据不能被历史记录抓取到。

②可以从趋势中看到，并网时，两个输入测点的数值偏差为11，通过查询历史报警，可以看到二选算法发出了输入偏差大的报警（设定值为20），如图3。从侧面说明当时两个输入值存在较大偏差，而历史趋势并未捕捉到。

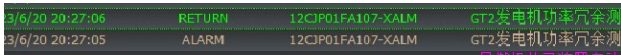


图3二选块报警偏差大报警

四块功率表数据传输至 TCS 系统，功率3和功率4先进行大选运算，其大选后的运行结果再与功率1、功率2再进行大选运算，四取大之后的功率信号作为 #2燃机功率信号为其它逻辑使用，包括输出至 DCS 系统，如图4。

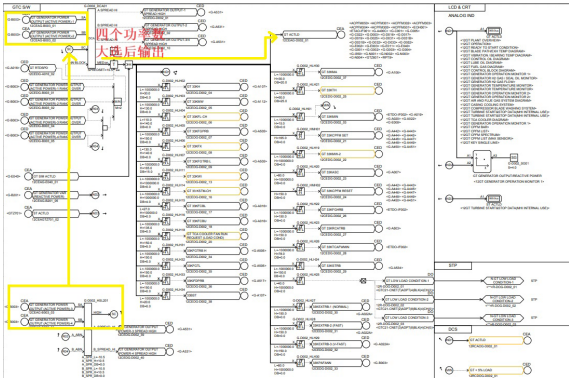


图4

大选之后的功率值通过 TCS 系统 AO 卡的两个通道传输至 DCS 系统 AI 卡接收, 如图5。



图5

上述控制系统 I/O 卡未发生故障报警, 可排除 I/O 卡件故障所导致的信号突变。

由于 TCS 系统历史趋势库中只记录四取大之后的功率值, 而每块功率表的数据未记录在历史趋势库。

综合所述, 推断功率表出现突变的概率较大。

二、制定措施

（一）制定捕捉功率突变的措施

（1）TCS 系统捕捉功率突变的措施

因 TCS 系统历史趋势库未记录每个功率表数值, 且历史趋势库的精度为 1 秒, 功率数突变发生的时间较为短暂, 存在扫描周期恰巧漏过突变最明显的数据点。TCS 系统的“飞行记录仪”记录精度为 200 毫秒, 记录时间可达 120 秒, 记录精度和记录时长均可满足后续分析所需, 因此在“飞行记录仪”中增加功率值记录, 如图6。

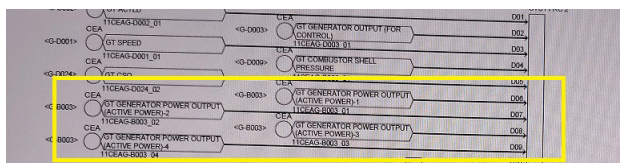


图6

（2）DCS 系统捕捉功率突变的措施

在 DCS 系统中将 #2 机功率信号点如: 12CJA01FU102、12CJA01FU010、12CJA01FA107-SELO, 由慢速广播点 (SLOW) 修改为快速广播点 (FAST) 修改为快速广播点。以 12CJA01FU102 为例, 如图7。

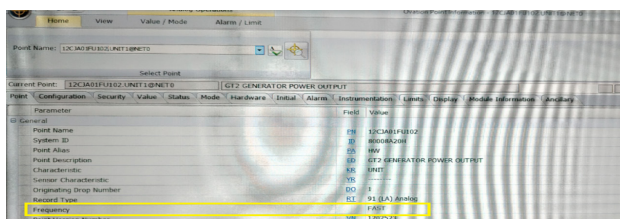


图7

同时在 DCS 系统的历史站的组中标记为快速记录点, 以保证这些点的历史趋势以 100ms 的间隔进行记录, 如图8。

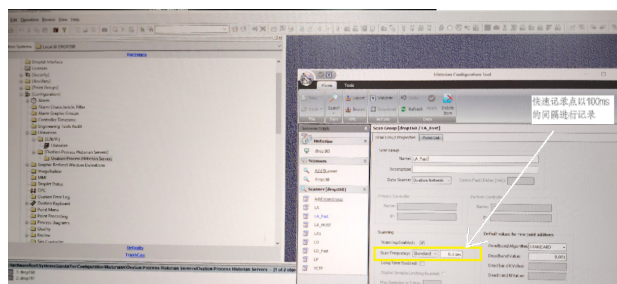


图8

这样在逻辑计算中任何的数值变化, 都会在历史趋势中有所反映。

（二）制定功率突变时的应对措施

1. 抑制并网时刻功率突变措施

由控制逻辑可知, TCA 至高压汽包调整门的开度大小与功率、压气机进口温度²校准因子有关。经查 #2 燃机功率突变时刻, 压气机入口温度校准因子未变化, 由此推断 #2 燃机功率突变导致 TCA 至高压汽包调整门由 0% 突开至 4.9%, 且功率与开度的对应关系验证了当时的开度值。图中 M-D351_FX01 为功率与调整门开度的对应函数, 如图9。

为抑制功率突变所导致的调门突开所带来的风险, 在控制逻辑中增加速率限制块, 限制功率升速率, 如图9。升速率限值设定要既可满足并网时刻的正常的功率阶跃变化量通过, 又可抑制功率值非正常阶跃量变化导致的调整门突开。降速率设定值置为最大值, 当正常停机时, 功率变为 0 后可迅速关闭调整门。

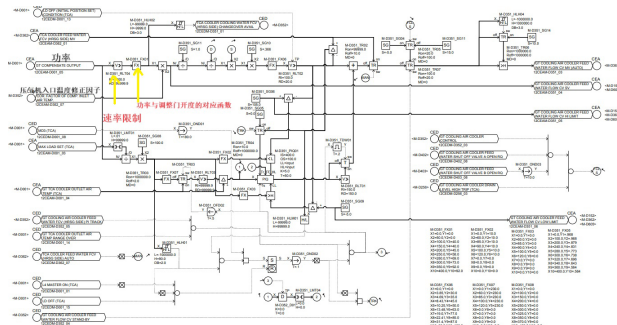


图9

#2 机并网时刻功率突变联锁至 TCA 至高压汽包调整门突开至 4.9%。因为, 此调整门在 TCS 控制系统, 经参数核查可知, 在 TCS 系统中 #2 机功率突变量确实已经超过 50MW, 图中左侧 X 参数代表功率值, 右侧 Y 参数代表调整门开度。当功率值处于 X2 ~ X3 之间时, 调整门开度对应 Y2 ~ Y3 之间, 如图9中 M-D351_FX01 函数对应值。由于, #2 并网时刻功率短暂突变使得该调整门突开至 4.9%, 由功率与调整门开度的对应关系进一步验证功率突变量至少超过了 50MW。

DCS 系统控制中 #2 燃机功率高于 40MW 且又高于 60MW, 可联锁开 TCA 至高压汽包调整门后电动门, 由于在该电动门前的调整门已做了速率限制块, 可以抑制功率参数突变造成的调整门突开的工作, 所以可不在电动门这里增加限制条件。

优化 DCS 系统中自动功率调节控制逻辑中的功率信号来源。通过查阅逻辑发现, 功率计算逻辑在 DROP1 控制器, 二选块的

Input1 输入的功率信号引用自 DROP21 控制器, 但该信号最终又是来自 DROP1 控制器。这就增加了 1 个不必要的中转环节。因此我们将二选块的 Input1 输入的功率信号 (12GT-MW) 源自 DROP21, 见图 1, 改为直接由 DROP1 控制器读取, 其对应信号为 12CJA01FU102, 见图 11。这样避免了测点无意义的中转, 也有利于更为清晰地分析原因。

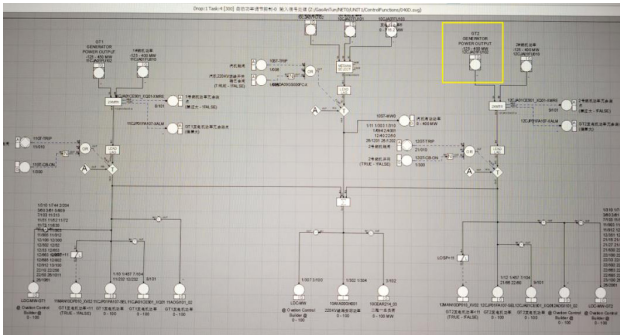


图 11

三、结论

通过在控制系统中增加速率限制可有效抑制功率突变, 进而消除功率突变对机组稳定运行所造成的安全风险; 优化控制逻辑, 减少不必要的信号中转环节, 使设备控制流程清晰高效; 加强对缺陷点的采集、记录功能, 为分析判断提供可靠数据。

参考文献

[1] 国家能源局. DL 5190.4-2019《电力建设施工技术规范第 4 部分: 热工仪表及控制装置》2019.
[2] 罗志浩. 火电厂热控热控专业规程解读 2016.
[3] 苏坚. M701F 燃气轮机 / 汽轮机分册 2014.
[4] 赵燕平. 火电厂分散控制系统检修运行维护手册 2003.
[5] 叶伟成. 大型燃气 - 蒸汽联合循环发电技术丛书性能试验分册 2009.
[6] 何育生. 机组自动控制系统 2005.
[7] 沈丛奇. 艾默生 Ovation 系统 2012.
[8] 李遵基. 热工自动控制系统 1997.
[9] 孙长生. 火电厂热控系统可靠性配置与事故预控 2010.