

某厂发电机有功功率异常波动情况分析及防范措施

谭中辉

贵州兴义电力发展有限公司, 贵州省兴义市, 562400

摘要 : 有功功率变送器是一种将电网中的有功功率隔离变送成线性的直流模拟信号的装置, 在发电厂中发电机将机械能转化为电能, 其发电功率大小主要通过相应的模拟量测量装置对其进行跟踪测量, 为运行人员提供准确的监视数据, 为运行人员相关操作提供数据依据, 并为相应的自动调节装置、保护装置提供相关数据, 以达到自动发电控制和保护跳闸的目的。若在实际运行中有功功率变送器的测量误差偏大或者其暂态性能差无法有效准确的实时跟踪测量发电机的有功功率, 就有可能导致调速、功率协调控制系统误动作或动作幅度过大, 最终导致功率振荡, 对电网造成严重的影响, 给社会的工业生产、人民的生活带一系列负面影响。

关键词 : 发电机; 有功功率波动; 模拟量有功功率测量变送器; 智能变送器

Analysis and Preventive Measures for Abnormal Fluctuations in Active Power of Generators in a Certain Factory

Tan Zhonghui

Guizhou Xingyi Electric Power Development Co., Ltd., Xingyi, Guizhou 562400

Abstract : Active power transmitter is a device that isolates and converts active power in the power grid into a linear DC analog signal. In a power plant, the generator converts mechanical energy into electrical energy, and its power generation is mainly tracked and measured by corresponding analog measurement devices. It provides accurate monitoring data for operators, data basis for related operations, and relevant data for corresponding automatic regulation and protection devices to achieve the purpose of automatic power generation control and protection tripping. If the measurement error of the active power transmitter in actual operation is too large or its transient performance is poor to effectively and accurately track and measure the active power of the generator in real time, it may lead to misoperation or excessive action amplitude of the speed regulation and power coordination control system, ultimately leading to power oscillation and serious impact on the power grid, bringing a series of negative impacts to industrial production and people's lives in society.

Key words : generator; active power fluctuation; analog active power measurement transmitter; smart transmitters

一、基本情况

某厂 #1 发电机有功功率 (DCS 系统显示值) 存在间歇性波动的情况, 经检查发现自 20** 年 ** 月 ** 日以来发电机有功功率波动多达 18 次, 其中 ** 月 ** 日波动有 1 次, ** 月 ** 日波动有 4 次 (其中有两次波动幅度较大), ** 月 ** 日波动有 13 次, 每次波动间隔时间不规律。

电气侧共有 4 块发电机有功功率变送器 (型号: FPW-***, 三相三线制), 4 块有功功率变送器分别有一路直流 4-20mA 量送至 DCS 系统, 其中有一路送至 ECS 系统, 另外三路送至 DEH 系统。4 块发电机的有功功率变送器的输入电流相互串接, 输入电压共同并联, 且与相应的发电机单相电流变送器、发电机电压变送器、无功功率变送器等共用同一路电流及电压。

二、检查情况

现对 20** 年 ** 月 ** 日的两次发电机功率波动幅度较大的检查情况介绍如下:

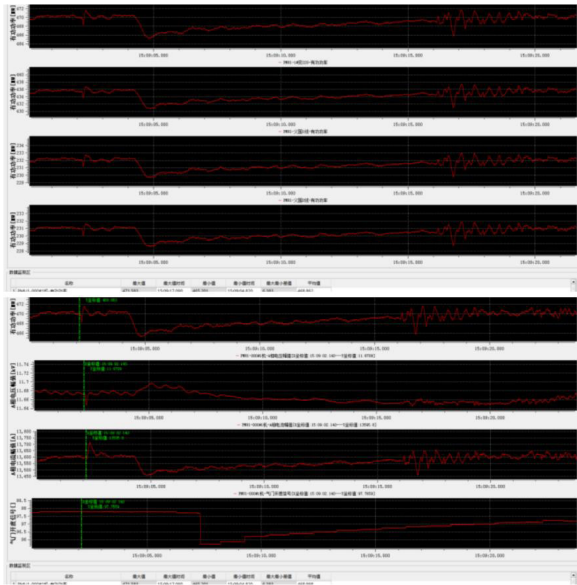
(一) 根据 DCS 趋势图检查情况

1. 20** 年 ** 月 ** 日 15:09:02.933, 发电机有功功率 470MW 突降至 449.4MW, 突降幅度为 20.6MW, 无功突降幅度为 15.7MVar, 其它量变化较小, 持续时间 1 秒左右, 调门于 2 秒后开始动作。

2. 20** 年 ** 月 ** 日 18:21:45.983, 发电机有功功率 521.5MW 突降至 501.4MW, 突降幅度为 20.1MW, 无功突降幅度为 15.77MVar, 其它量变化较小, 持续时间 1 秒左右, 调门于 2 秒后开始动作。

(二) 根据 PMU 装置录波文件检查情况

以20**年**月**日 15:09:02至15:09:05数据为例，发电机在此期间输出有功最大减少了5.723MW，主变有功输出减少4.945MW，**I回线有功输出减少2.503MW，**II回线有功输出减少2.442MW，可见PMU各测点的电气量信息基本互相吻合，反映出实际一次系统有功功率波动应该在5MW左右（20**年**月**日 18:21:45时的波动存在类似情况），在 15:09:02.130时刻开始发电机相关电气量存在扰动，发电机有功功率下降，发电机电流上升、发电机电压降低，同时220kV电网侧电气量存在相同方向的波动，说明当时网上实际存在较小的扰动。



20**年**月**日 15:09:02PMU录波图形

(三) 利用设备对故障录波文件进行的分析

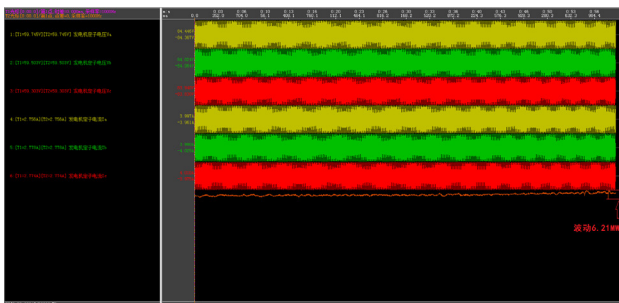
1. 波形回放录波文件名：“20**~**~**_15-08-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”以及“20**~**~**_18-21-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

2. 理论功率：利用电力系统故障波形分析软件求得录波波形的理论功率波形如下：

① “20**~**~**_15-08-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为15:09:00.3081——15:09:03.3081

有功功率波形：



>图1 理论有功功率波形

根据软件计算得到的有功功率数据显示，在该时段有功功率

波动了6.21MW。

② “20**~**~**_18-21-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为18:21:43.3853——18:21:51.3853

同样根据软件计算得到的有功功率数据显示，在该时段有功功率波动了7.21MW。

3. 谐波分析

利用电力系统故障波形分析软件分析波形的谐波含量及直流分量，得到如下：

谐波分量	幅值分量	2次谐波	3次谐波	4次谐波	5次谐波				
1 发电机定子电压1a	59.516V∠119.964°	-0.001V∠-0.000°	0.139V∠-133.923°	0.23%	1.699V∠-79.868°	2.86%	0.069V∠-14.220°	0.08%	0.152V∠-111.5
2 发电机定子电压1b	59.222V∠0.000°	-0.001V∠-0.000°	0.089V∠126.361°	0.09%	1.727V∠-80.186°	2.82%	0.079V∠-175.344°	0.10%	0.149V∠-99.2
3 发电机定子电压1c	59.173V∠-120.004°	-0.001V∠-0.000°	0.133V∠27.732°	0.23%	1.682V∠-75.102°	2.84%	0.059V∠-15.718°	0.08%	0.155V∠-43.7
4 发电机定子电压1d	0.789A∠110.570°	0.004A∠1.794°	0.510A∠-88.632°	0.54%	0.044A∠75.101°	0.13%	0.063A∠64.350°	0.06%	0.054A∠-26.0
5 发电机定子电压1e	2.787A∠-9.475°	-0.004A∠-3.443°	0.002A∠173.355°	0.00%	0.003A∠63.895°	0.10%	0.003A∠-87.391°	0.11%	0.014A∠28.8
6 发电机定子电压1f	2.792A∠-129.021°	0.004A∠1.629°	0.007A∠82.437°	0.02%	0.002A∠-121.062°	0.00%	0.001A∠-135.732°	0.00%	0.016A∠149.4

>图2 谐波含量分析

可以看到在20**~**~** 15:09:02.2741时刻，A、B、C三相电流的直流分量分别达到了1.79%、3.44%、1.60%；

通过谐波分析，同样可以看到在20**~**~** 18:21:45.3323时刻，A、B、C三相电流的直流分量分别达到了1.81%、2.21%、0.66%。

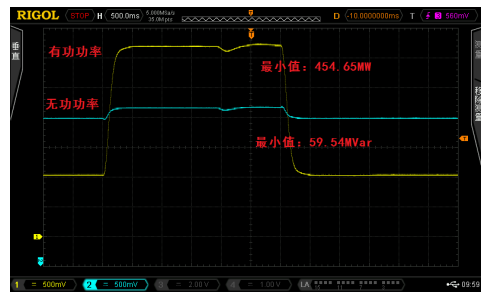
(四) 利用故障录波波形对变压器进行回放试验

1.FPW~**~** 变压器波形回放

利用继保仪回放该录波文件，用示波器同时记录FPW~**~** 模拟功率变压器有功功率和无功功率的输出波形，如下：

① “20**~**~**_15-08-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为15:09:00.3081——15:09:03.3081



>图3 试验波形

试验显示该时段内，有功功率发生波动，从471.97MW降至454.65MW，突降幅度为17.32MW；与现场后台数据记录到的470MW降至449.4MW突降幅度20.6MW相近。

试验显示该时段内，无功功率发生波动，从80.1MVar降至59.54MVar，下降幅度20.56MVar；与现场后台数据记录到的78.4MVar降至62.7MVar突降幅度15.7Mvar相近。

② “20**~**~**_18-21-03_LTA_#1 发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为18:21:43.3853——18:21:51.3853

回放试验显示该时段内，有功功率发生波动，从526.10MW降至508.77MW，突降幅度为17.33MW；与现场后台数据记录到的521.5MW降至501.4MW突降幅度20.1MW相近。

试验显示该时段内，无功功率发生波动，从60.51MVar降至43.3MVar，下降幅度17.21MVar；与现场后台数据记录到的59.67MVar降至43.9MVar突降幅度15.77Mvar相近。

2. 智能变送装置（型号；P***）波形回放

模拟变送器容易放大故障波形的波动，暂态误差很大；利用数字式的P***智能变送装置对上述波形进行回放对比。

① “20***-**-**-15-08-03_LTA_#1发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为15:09:00.3081——15:09:03.3081

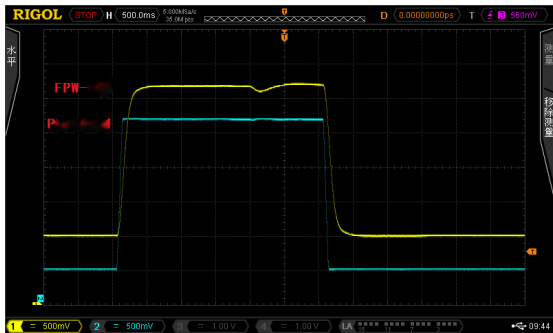


图4 智能变送器试验波形

从试验波形对比明显可以看出FPW-***存在明显波动，而P***输出更加稳定。数据记录显示P***有功功率从471.82MW降至469.96MW，下降幅度仅1.86MW，远远小于模拟变送器的波动，也比软件计算得到的波动更小。

② “20***-**-**-18-21-03_LTA_#1发电机故障录~.CFG”

该录波文件中，波动时间段为18:21:43.3853——18:21:51.3853

通过波形回放同样在该时段内可以看出，P***输出明显比FPW-***更稳定。数据记录P***有功功率从523.93MW降至519.00MW，下降幅度仅4.93MW，远远小于模拟变送器的波动，同样小于软件计算得到的功率波动。

三、原因分析

1. 根据PMU数据分析，以20**年**月**日15:09:02至15:09:05数据为例，发电机在此期间输出有功最大减少了5.723MW，主变有功输出减少4.945MW，**I回线有功输出减少2.503MW，**II回线有功输出减少2.442MW，可见PMU各测点的电气量信息基本互相吻合，反映出实际一次系统有功功率波动应该在5MW左右（20**年**月**日18:21:45时的波动存在类似情况），在15:09:02.130时刻开始发电机相关电气量存在扰动，发电机有功功率下降，发电机电流上升、发电机电压降低，同时220kV侧电气量存在相同方向的波动，说明当时网上实际存在较小的扰动，调门开度是负荷降低后才开始动作的（与DCS趋势图一致），说明当时发电机有功功率变送器对当时的扰动测量存在较大误差。

2. 根据对故障录波数据的分析也能反应实际一次系统功率波

动不大，当时网上电流存在一定的直流分量。从利用波形对变送器进行回放试验的结果来看，进一步证实功率变送器在当时的网上扰动情况时，输出数据存在较大误差（放大了功率波动数据）。

根据以上数据及相关试验分析，可以得出，在电网存在扰动时，电气量暂态变化过程中（含有较高直流分量或谐波分量时），模拟变送器会放大功率波动，需智能型有功功率变送器能够更好的跟踪实际电气量的波动，测量暂态量的精度更加准确。

四、风险评估

1. 根据以上原因分析，#1发电机有功功率大幅度波动是因为发电机有功功率变送器在电网存在扰动时，电气量暂态变化过程中（含有较高直流分量或谐波分量时），才会发生测量误差大，放大功率波动的情况；发电机有功功率变送器输出信号没有在短时间内出现连续的波动情况，没有导致功率振荡。根据最近一次的变送器校验结果，在稳态情况下，变送器的测量误差及稳定性是在合格范围内的。

2. 调取往年的数据，发现两台发电机都有类似情况的波动发生，说明网上存在类似情况的扰动偶有发生，之前并没有对机组产生较大影响，可以暂时跟踪观察发电机有功功率的波动情况。

3. 另根据CCS协调控制逻辑分析，功率变送器送来的信号作为汽机主控PV输入信号，当功率与指令偏差大于50MW时，汽机主控切为手动，输出指令跟踪DEH总阀位后由汽机主控手动控制，从而防止实际负荷进一步波动，保证机组的稳定运行。

五、防范措施

1. 电厂运行值班人员应加强发电机有功功率的监视工作，对发电机有功功率发生瞬时突变的情况（变化 $\geq \pm 15$ MW时）进行统计并存档备查，并注明当时调门动作情况，及时通知检修维护人员到现场核实。

2. 在没有将发电机有功功率变送器更换为智能变送装置之前，运行值班人员要做好发电机功率监视工作，发现发电机功率存在较大瞬时波动时，第一时间汇报相关专业负责人，并密切监视调门动作情况，根据《发电机负荷波动的防范措施》及《机组功率振荡事故处理预案》开展相关工作，防止功率振荡发生。

3. 热控检修维护人员应利用停机机会，在DCS系统中增加发电机有功功率瞬时突变15MW的语音报警功能，及时提醒运行值班人员。

4. 根据机组停机开展等级检修时，将发电机有功功率变送器更换为智能变送装置。