

TRT发电保护系统的构成分析与改进

张立亮

西宁特殊钢股份有限公司

[摘要] 高炉煤气余压透平发电装置 (TRT) 是高炉的附属设备, 利用高炉炉顶煤气压力能及热能通过透平膨胀机发电。运转中无需燃料, 高炉煤气质量保持不变, 回收高炉鼓风机所需能量的30%左右, 提高了高炉炉顶压力控制, 是一个典型的节能装置。

[关键词] TRT发电保护系统; 构成; 问题; 措施

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.09.801

高炉煤气余压汽轮发电机组将高压煤气的势能与热能转化为电能。因高炉煤气工艺参数不稳定, 导致TRT发电保护动作, 从而会影响到发电系统的正常运行。基于此, 本文详细探讨了TRT发电保护系统的构成与改进。

一、TRT简介

TRT (高炉煤气余压透平发电装置) 是利用高炉冶炼的副产品——高炉炉顶煤气具有的压力能及热能, 使煤气通过透平膨胀机做功, 将其转化为机械能, 再将机械能转化为电能。

1、优点

①能量回收, 原本的高炉煤气通过洗涤和除尘, 再经过减压阀组, 将220KPa左右的压力减弱到合适水平送至用户个, 该过程使高炉煤气余压白白消耗掉。通过TRT机组, 能将煤气余压转换成电能, 然后再送至最终用户, 把原本无用的余压转换成电能, 能获得一定的经济效益。

②降低噪音, 由于减压阀组全部关闭, 煤气由透平通过, 噪音和振动以做功的形式转化为电能, 因此能有效减低减压阀组的噪音。

2、工作原理。在高炉工艺系统中, 将减压阀组前的高炉煤气引出, 经入口蝶阀、节流阀等阀门后进入TRT入口, 通过导流器使气体转成轴向进入叶栅, 气体在静叶栅及动叶栅组成的流道中不断膨胀做功, 压力和温度逐级降低, 并转化为动能作用于工作轮使之旋转, 工作轮通过联轴器带动发电机一起转动而发电。叶栅出口的气体经扩压器扩压, 以提高其背压, 然后经排气蜗壳流出透平, 再经止回阀进入减压阀组后的储气罐。

二、TRT工艺流程形式

1、并联式方案。即TRT设备与高炉减压阀组并联接在高炉煤气的管道中, 这种配置使高炉煤气经除尘后可不经减压阀组而进入TRT透平, 也可在TRT停机时煤气经减压阀组进入低压管网。这种布局使TRT在进出口插板阀关闭时自成独立体系, 设备便于检修。另外, TRT系统与主煤气管道只有两个接点, 在原高炉增装TRT系统时可减少施工费用和停炉时间。与串联方案比较, TRT运行时减压阀组处于关闭状态, 煤气不流经减压阀组, 这样减少了煤气阻力损失, 提高了透平机发电效率。由于以上原因目前采用的比较多, 但由于有些高炉

减压阀组选型时其密封要求不高, 在TRT运行时减压阀组有较大泄漏, 因而煤气在进入TRT系统时有近3%的煤气量被直接经减压阀组漏到低压管网, 所以达不到透平设计所需煤气流量, 因而透平机最佳性能得不到发挥。要想解决此问题, 在加装TRT的同时应对减压阀组进行改造, 但这样就增加设备投资。选用此方案高炉减压阀组的密封必须良好, 不泄漏。

2、串联式方案。串联方式即TRT系统装于高炉减压阀组后, 高炉煤气必须经减压阀组才能进入TRT系统。TRT运行时减压阀组处于全开状态。所以当高炉煤气流经阀组时产生阻力, 压力损失大, 但由于TRT运行时旁通阀处于关闭状态, 所以这种设置方式不用对高炉减压阀组进行更换, 节约了资金。为保证TRT停运时主煤气管道有足够流量, 旁通阀口径相对要大些。此种布置使TRT与煤气主管道的节点多于并联式, 施工量大, 并且旁通阀的检修必须受到高炉运行的制约。

3、混合式方案。透平机与减压阀组并联, 旁通阀组与减压阀组串联。即TRT系统的进气管道接在高炉煤气减压阀组前, 而旁通阀装在减压阀组和低压管网之间。当TRT运行时串联在管路中的旁通阀组处于关闭状态, 减压阀组处于全开状态。因此解决了减压阀组的泄漏问题, 无需对减压阀组改造、更换。TRT运行时煤气不流经减压阀组, 减小了流阻损失。同样为保证TRT停运时主煤气管道有足够的流量, 旁通阀口径相对要大些。此种布置使TRT与煤气主管道的节点多于并联式, 施工量大, 并且旁通阀检修必须受到高炉运行制约。此方案对原有高炉安装TRT改造是较好的方案。

4、不设旁通阀组方案。此种布置形式与并联形式相同, 只去掉了旁通阀组, 要求新建高炉时设计选型减压阀组时同时考虑TRT的控制需要与密封性要求。减压阀组和旁通阀组功能合为一身, 此方案目前使用较少, 但值得推广。

三、工艺流程的选择

1、对新建的高炉采用第四种方案较合适, 高炉与TRT最好同时投资建设, 即使资金不足不能同时投入, 也应在选择减压阀组的阀门型号时考虑上TRT时的需要, 并在管道上预留出接口, 为以后装TRT系统时提供有利条件。

2、对原有高炉增装TRT系统时应按不同情况分别采用1、2、3种工艺流程方案。当原高炉减压阀组密封性好, 泄漏量符合要求时, 可采用第一种工艺方案, 这样可减少改造原管

道系统的工作量，降低成本；若原减压阀组泄漏量不能满足要求，为避免旧阀的改造，最好选用第三种并串混合式工艺流程。

四、TRT保护系统构成

TRT发电具有以下特点：由于进入透平机的高炉煤气工艺参数不稳定，发电也不稳定，发电机的功率不能根据负载的需要调节，只能根据高炉工况变化调节。与电网容量相比，发电容量相对较小，因此发电机输出的有功功率和无功功率的变化对电网频率及电压水平影响小。鉴于上述特点，发电机不能单独向用电负荷供电，必须与电力系统并网运行。

1、TRT保护控制系统。透平机的保护控制采用S7-400系列PLC控制系统，当透平机系统发生严重故障时，PLC控制会立即产生以下动作：快切阀快切、透平静叶全关、旁通阀快开、发电机跳机。旁路阀根据透平机煤气流量开启一定角度，自动调节高炉顶压，然后将高炉顶压控制权转移到高炉减压阀组，完成停机过程。TRT故障停机的原因有：透平轴振动位移过大、透平机超速、动力油压力过低、润滑油压力过低、机组轴承温度过高、发电机事故跳闸停机按钮动作、危急遮断器动作。

2、电气保护系统。发电机保护系统采用RCS-985RS/SS系列保护装置。当发电机发生严重故障时，继电保护装置使发电机断路器跳闸，同时发出透平机紧急停机和发电机灭磁信号。发电机设有纵差、发电机转子两点接地、复合电压过流、发电机过电压、发电机低电压、发电机定子接地、发电机频率、失磁、非电量保护等，上述保护作用于跳闸。发电机转子一点接地、发电机过载和逆功率保护作用于信号。①LCS-612微机线路保护测控装置用于保护TRT与上级变电所之间的联络线。设有电流速断和过电流保护，动作于跳联络线断路器。②励磁调节系统采用GEX-2000A发电机励磁调节装置，配置了必要的保护限制功能，使发电机运行在安全工作范围内。这些保护及限制功能有：防止发电机和感性负荷低频过励的V/Hz限制，强励及过励限制，防止发电机深度进相失步的P/Q限制功能及PT短线保护等功能。③厂用变压器采用LCS-621微机变压器保护测控装置。设有电流速断和过电流保护，动作于跳变压器柜断路器。④低压厂用电系统。厂用电压等级为AC380/220V，动力和照明合一，厂用电源设主电源和备用电源两路，主电源由厂用变压器引来，备用电源引自上级变电所。低压配电系统采用单母接线方式，装有自动切换开关，当主电源故障时，自投装置动作，切换至备用电源，保证了供电的连续性及其可靠性。

3、主要保护之间的联系

1) 硬件连接。为保证机组安全，主要保护之间必须有联跳功能。各保护之间通过保护连片相连。

2) 动作过程。当发电机出现故障时，发电机保护动作

于跳发电机断路器，同时通过LP1及LP4联跳透平机与励磁系统，使整个机组退出运行。当透平机出现故障时，通过LP2（非电量1）向发电机保护系统发出停机信号，保护系统接到信号后动作于跳发电机断路器和联跳灭磁开关。当励磁系统出现故障时，通过LP3（非电量2）向发电机保护系统发出停机信号，保护系统接到信号后动作于跳发电机断路器及联跳透平机。

3) 并网前后各保护的投退情况。在停机后至并网前将LP1、LP2、LP3解除，其目的是：①在并网中出现非同期并网或其他发电机短时故障时，发电机保护动作发出跳闸信号并联跳透平机及励磁系统，此时由于LP1保护连片已解除，所以信号不会传至透平机，这样就避免了透平频繁启机对高炉工况带来的影响。②当励磁调节系统保护动作时，如投励磁后因透平转速下降导致的V/Hz保护动作，此时励磁调节器会跳开灭磁开关并跳发电机，由于LP3已解除，所以不会影响至发电机及透平机。③当透平机系统出现故障时，也不会影响其他系统，此时应手动或自动灭磁。并网后将LP1、LP2、LP3全部投入，使整个系统处于全面保护状态。

五、TRT保护系统改进

1、存在问题。当电网发生故障时，如电网局部停电事故，此时上级变电所母线上所带负荷全部由TRT提供，势必造成发电机过流。为满足继电保护选择性及其可靠性要求，联络线保护动作于跳联络线断路器，而发电机保护不会动作，联络线跳闸后立即造成发电机甩负荷，机组转速和机端电压都会迅速上升，直到其中一个达到保护设定值，发电机保护才动作于跳发电机断路器，同时联跳透平机和励磁系统，此过程发电机会遭受超速和过电压危害。

2、解决措施。为解决局部电网波动对发电机组的影响，在原保护系统基础上建立联络线联跳发电机保护。联络线保护通过非电量，即保护连片LP5与发电机保护相连，当联络线断路器跳闸时会同时向发电机保护系统发出跳闸信号，再由发电机保护瞬间联跳透平机系统和励磁系统，避免了超速和过电压对机组造成的损害。发电机断路器跳闸时不会联跳联络线断路器，保证了继电保护的可靠性及选择性。

总之，通过TRT保护系统的改进，合理调节保护运行方式，能避免TRT开机过程各种可能出现的故障对高炉工况的间接影响。经改进后的TRT保护系统能迅速、准确地对各种故障做出反应，为TRT的安全运行提供保障。

参考文献

[1] 黄伟. TRT发电保护系统的构成分析与改进[J]. 山东冶金, 2015(06).

[2] 李苏成. TRT发电保护系统的构成分析与改进[J]. 冶金动力, 2021(01).