

# 垃圾焚烧发电厂同期点选择的探讨及实例分析

张莹

(中国恩菲工程技术有限公司,北京 100038)

**[摘要]** 同期点的选择一般与主接线形式和运行方式密切相关。垃圾焚烧发电厂属小机组电厂,一般机组出力为9~30 MW不等,针对这样小容量机组的电厂,其全厂电气主接线形式与大容量火力发电机组相比有其自身的特点,相应同期点的选择考虑角度也有所不同。本文结合实际的工程实例,介绍了垃圾焚烧发电厂选择同期点的设计思路,并提出了个人观点进行探讨。

**[关键词]** 垃圾焚烧发电厂;同期点

**[中图分类号]** TM62 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2021)03-0043-04

**DOI:** 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.03.010

## 0 前言

同期点是不同系统来的电的交汇点。比如发电机并网时,出口断路器(来自发电机和电网两路系统),就是一个同期点。再比如厂用电切换时,常用电源和备用电源都要给工作母线送电,这个母线上的两个开关(常用和备用受电)就是同期点。

非同期并列轻则设备受损,重则产生灾难性后果,所以对同期点一定要梳理清楚。同期点的选择一般与主接线形式和运行方式密切相关。

随着我国经济的发展和人民生活水平的提高,城市垃圾量也飞速增长。垃圾焚烧发电厂占地面积相对于填埋方式小、长期综合处理量大、能源可以回收利用、社会效益和经济效益显著,因其众多优势,逐步被广大地区的环保部门所采用。垃圾焚烧发电厂属小机组电厂,一般单台机组出力为9~30 MW不等,全厂配置1~2台发电机组。近几年随着焚烧炉容量的增大,也有单机汽轮机组突破40 MW。针对这样小容量机组的电厂,其全厂电气主接线形式与大容量火力发电机组相比有其自身的特点,相应的同期点的选择考虑角度也有所不同。本文结合实

际的工程实例,介绍了垃圾焚烧发电厂选择同期点的设计思路,并提出了个人观点进行探讨。

## 1 垃圾焚烧发电厂电气主接线的型式及运行方式

因为同期点的选择一般与主接线形式和运行方式密切相关,因此我们先来介绍一下垃圾焚烧发电厂典型的主接线型式及运行方式。

### 1.1 垃圾电厂上网电压等级及方式的选择分析

从整个电厂规模看,垃圾焚烧发电厂规模属于小型火力发电厂。在确定其送电上网方式时有发电机出口电压等级直接并网(直配)和经主变压器升压送电上网两种选择。

垃圾焚烧发电厂除去厂用电部分(约占总发电量的20%),实际输送到地区电网电量不超过总发电量的80%,发电量在20 MW左右比较普遍,如采用发电机出口电压等级直接并网(10 kV或6 kV电压等级),其经济输电范围不超过一公里;而目前国内垃圾焚烧发电厂的选址多选在城市郊区,甚至靠近居民区,便于垃圾集中的收集的地区,在厂区周边找到符合要求的并网变电站一般可能性不高,因此直配方式很少采用,多数选择由发电机的出口升压至高一级电压等级,再送至地区变电站。

升压送电上网方式相比以发电机出口电压等级直接并网增加不少投资,但也相对提高了送电上网的可靠性(电压等级越高,可靠性越高)和输送距离。具体采用哪种并网的等级,需要充分考虑垃圾

**[收稿日期]** 2021-03-07

**[作者简介]** 张莹(1978-),女,天津市人,工程师,硕士生,主要从事电气设计工作。

**[引用格式]** 张莹.垃圾焚烧发电厂同期点选择的探讨及实例分析[J].有色设备,2021,35(3):43-46.

电厂发电容量、所在地区的电网情况等多种具体因素,进行必要的经济技术比较才能确定。

## 1.2 垃圾电厂的厂用电接线形式

垃圾焚烧发电厂发电机组规模较小,在技术经济合理的条件下会力求主接线简单清晰。一般采用 10 kV 电压等级的高压母线段。对于备用电源的选择,如果电厂有 2 条专用上网线路,可以互为备用;如果只有 1 条专用上网线路,就需要另 1 条引入线路作为备用电源。也可设置柴油发电机组作为备用电源。

厂内电气主接线一般根据焚烧锅炉、发电机组数量及工程分期投入的时间,采用单母线或单母线分段方式。高压厂用母线采用单母线接线,按机分段;在母线上接有炉的 I 类负荷时,宜按炉对应分段。低压厂用母线采用单母线接线,按炉分段。

## 1.3 示例工程主接线型式及运行方式介绍

某垃圾焚烧发电厂是采用现代技术综合利用、处理生活垃圾的基地。年处理生活垃圾 40 万 t(平均日处理 1 200 t),焚烧炉为机械炉排炉,共 2 台,单台处理垃圾能力为 600 t/d,焚烧炉可短时超负荷

10%。安装 2 台 15 MW 凝汽式汽轮发电机组。发电机所发出的电能扣除厂用电外,剩余部分的电力全部经升压变压器送入地方电力网。电气设计按一次建成 2 炉 2 机的规模进行设计。

本工程以城市垃圾焚烧为主,机组容量较小,在电力系统中不是主力机组,对系统潮流、电压无明显影响。考虑到降低上网电压损失和造价合理,及附近电网资料,接入系统采用单回 110 kV 输电线路并入系统,焚烧厂备用启动电源电压定为 10 kV,发电机出口额定电压也选择为 10.5 kV。

综上所述:电气主接线设置为两台电压为 10.5 kV 发电机各自经电缆引至 10 kV 厂用母线,再各由一台升压变压器升压至 110 kV,经电缆引至 110 kV 母线,最终由单回输电线路接入系统。不设置单独的发电机主母线,10 kV 厂用母线为单母线分段接线,110 kV 母线为单母线接线。厂用高压负荷由 10 kV 厂用母线馈出。高压厂用母线采用单母线接线,按机分段;低压厂用母线采用单母线接线,按炉分段。全厂电气主接线示意图如图 1 所示。

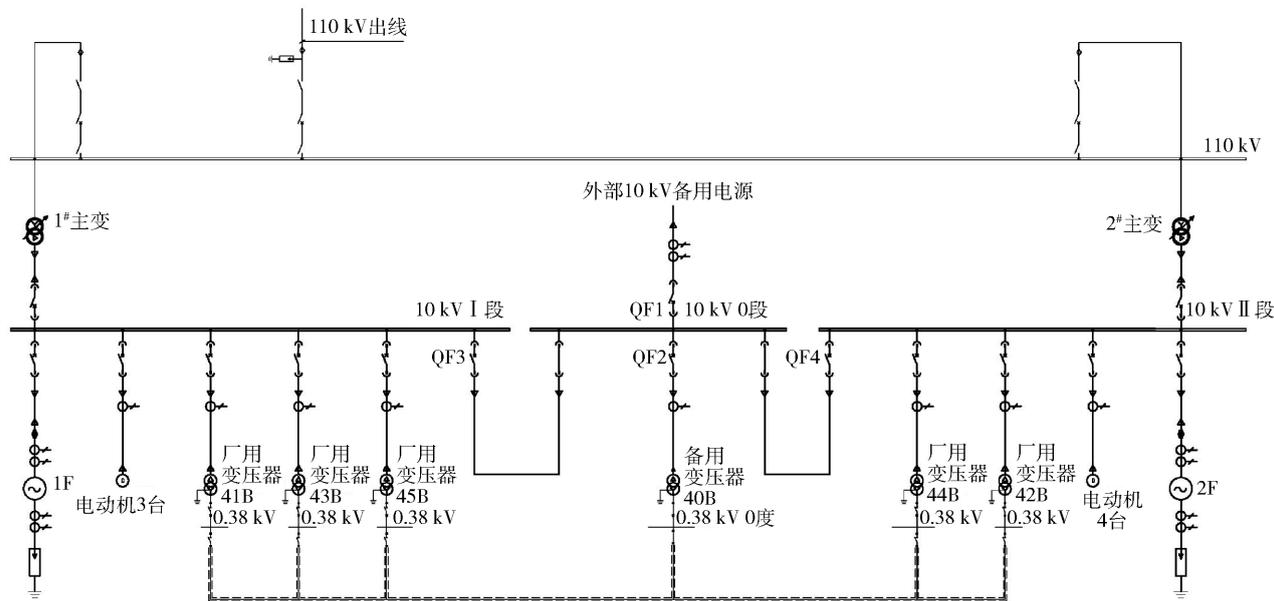


图 1 全厂电气主接线示意图

厂用启动电源引接方案:系统 110 kV 电源,经主变降压,倒送电至 10 kV 厂用母线,作为全厂启动电源。变压器选有载调压型。

厂用备用电源引接方案:由外接 10 kV 线路需提供足够的备用电源容量。按规程要求此路 10 kV 电源须从与并网线相独立的电源点引接。

厂用工作电源引接方案:厂用工作电源分别由对应发电机出口母线引接。

设置一台 0<sup>#</sup>变压器,当工作变压器故障或检修时可以自动或人工启动,作为工作变压器的备用。

不允许两台发电机并列运行,设置闭锁条件,控制相应断路器合闸,使不同母线带电,实现工作/备

用电源功能的区分和转换。

## 2 垃圾焚烧发电厂同期点选择的实例分析

同期点是不同系统来的电的交汇点。非同期并列轻则设备受损,重则产生灾难性后果,所以对同期点一定要梳理清楚。《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2012)中对发电厂和变电站内进行同步操作的断路器进行了规定。对于开关进行同步操作前须进行检同期:在合开关之前,先检测开关两端(线路侧和母线侧)是否满足同期条件(即电压、频率、角度都在允许范围内,可在定值中整定),就是看看两个电源的相位角是不是相同或者相近,一般相差 $30^\circ$ 就认为是同期,合闸后不会出现大的波动及影响稳定的问题,再合开关。一般用在机组并列及线路重合闸等。

通过前面对示例工程的主接线型式及运行方式的介绍,我们可以看出发电厂内不同系统电源的交汇点主要分为如下几类(几处):110 kV 并网线路断路器、主变高/低压侧断路器、发电机出口断路器、10 kV 母线分段(联络)断路器。下面我们来逐一分析。

### 2.1 垃圾焚烧发电厂同期点的设置

#### 2.1.1 发电机出口断路器

如示例工程所述,系统电源经主变降压倒送作为全厂起动电源后,发电机起励并网发电,发电机出口断路器即为两个不同系统电源(来自发电机和电网两路系统)的交汇点,因此对于发电机出口断路器须检同期后进行同步操作。这也是垃圾发电厂最主要的同期点。

#### 2.1.2 并网线路断路器

如示例工程所述,系统110 kV电源,经主变降压,倒送电至10 kV厂用母线,作为全厂起动电源。在这种运行工况下,系统侧有压,而厂内侧无压,此时,并网线路开关可设置检无压合闸操作方式。

正常运行后,因为线路保护或是解列保护动作触发并网线路开关跳闸。如果厂内的应急安全措施启动可以维持住发电厂孤岛运行(即发电机带厂用电和升压变运行),那么系统侧和电厂侧即分列为两个独立部分。当系统回复后,两侧电源有可能处于非同步运行状态,即两侧电源间电动势相位差增大。因此除应满足基本要求外,对于并网线路开关须检同期后进行同步操作。

这有点类似于双侧电源线路的自动重合闸问

题。双侧电源线路上的三相自动重合闸,会根据电网的接线方式和运行情况,采用不同的重合闸方式。目前常采用的有:非同步自动重合闸、快速自动重合闸、检定线路无电压和检定同步的自动重合闸、解列重合闸及自同步重合闸等。但是与双侧电源线路的自动重合闸不同的是,一般电厂尤其是垃圾发电这种小型电厂,相对于系统容量来说体量很小,保护跳闸和事故解列对于电厂冲击很大,对于电厂的安全稳定设施的要求很高,而非同期对电厂的可能会产生灾难性后果,因此一般不允许对电厂侧的并网线路开关进行非同步自动重合闸。

#### 2.1.3 主变高/低压侧断路器

《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2012)中对发电厂和变电站内进行同步操作的断路器进行了规定“发电厂和变电站内,下列断路器应能进行同步操作:发电机断路器、发电机双绕组变压器组高压侧、发电机三绕组变压器各电源侧、母线分段、母线联络、旁路、一个半断路器接线的全部断路器。发电厂35kV以上系统联络线上、变电站的变压器各侧断路器及系统联络线上,可根据需要装设同步操作设备。”

规程中要求的是对变压器高压侧设置为自动准同步的同步点,作者个人理解是因为本规程所面对的更多是大电厂,大电厂中的发变组接线型式更为普遍,这种接线型式下,发电机双绕组变压器组高压侧、发电机三绕组变压器各电源侧开关取代了发电机出口断路器的功能。而将此开关设置为同步点,其目的与本文第2条所论述一致。

另外如示例工程所述,当垃圾焚烧发电厂正常运行后,因为主变保护或是解列保护动作触发主变高压和低压断路器跳闸。如果厂内的应急安全措施启动可以维持住发电厂孤岛运行(即发电机带厂用电运行),那么系统侧和发电机侧即分列为两个独立部分。当系统回复后,两侧电源有可能处于非同步运行状态。此时主变高、低压侧开关类似于双电源线路两侧的开关,如果对其重新进行合闸,检同期和检无压两侧开关必须各选一种方式。

当主变保护或是解列保护动作触发主变高压和低压断路器跳闸后,主变处于失电的状态,当系统恢复后对主变重新充电时会发生励磁涌流。励磁涌流的发生是受励磁电压的影响。即只要系统电压一有变动,励磁电压受到影响,就会产生励磁涌流。在不

同的情况下将产生初始、电压复原及共振等不同程度的励磁涌流。其瞬时尖峰值及持续时间,将视各因素的综合情况而定。如果合闸瞬间电压为最大值时,磁通的瞬间值正好为零,变压器不会产生励磁涌流;如果合闸瞬间电压为零值时,此时将产生很大的励磁涌流,可能会高达变压器额定电流的8~30倍。

励磁涌流对变压器本身危险性不会太大,因为这个冲击电流存在的时间很短。但对变压器多次连续合闸充电是不好的,因为大电流的多次冲击,会引起绕组间的机械力作用,可能逐渐使其固定物松动。此外,励磁涌流有可能引起变压器的差动保护动作,故进行变压器操作时应当注意。

作者在自己涉及的工程中一般采用在主变高压侧设置检无压合闸操作,当高压侧开关合闸后,再对低压侧开关检同期后进行同步操作。这样做的优点是,可以使电力系统系统对主变进行空载充电。因为我们很难预先知道在哪一瞬间合闸,会产生多大的励磁涌流,相对于垃圾焚烧发电厂的小型机组,大容量的电力系统系统对厂内主变励磁涌流带来的冲击有更好的消解能力。即使在充电过程中励磁涌流引起变压器差动保护动作,触发变压器高压、低压断路器跳闸,对于系统来说不过是断开与电厂的联系。但如果是由发电机带厂用电对主变进行充电(即在主变低压侧设置检无压合闸操作),那么如果在充电时产生较大的励磁涌流,对发电机和负荷的冲击相对于大容量的电力系统来说要大得多,也可能引起多种保护动作,造成全厂停机、停炉。这对于以生产为主要目的电厂来说是非常不利的。

另外我们在低压断路器设置了检同期合闸,使设备在恰当的相位点接入电网,可以有效地降低涌流和过电压,最大限度地降低对电网和电厂的干扰。

需说明的是,事故情况下的孤岛运行对于电厂的检测装置和执行机构都有很高的要求,尤其是垃圾焚烧发电厂这种小机组电厂的其配置的相应安全稳定装置、汽轮发电机组的执行机构的维稳能力都有一定限制。实际运行过程中,事故情况下的孤岛运行实行较少,因此本章节中所论述的2、3断路器进行同期操作的几率非常低。

#### 2.1.4 母线分段(联络)断路器

如前所述,垃圾焚烧发电厂运行工况中,不允许两台发电机并列运行。厂外电源作为电厂的备用/保安电源的前提条件是,电厂全厂失电——即发电

机和经由主变倒送的电源全部失去,此时厂内是没有电源的。因此对于垃圾焚烧发电厂的典型运行方式来说,10 kV 母线分段(联络)断路器是不会处于不同系统电源的交汇点;另外作者在示例工程设计中,增加了开关状态作为闭锁条件,当两段母线同时有电时,不允许母线分段断路器合闸;当厂内有电时,不允许外引联络线断路器合闸,避免了不同电源系统并列的可能。因此在示例工程中,作者并未将母线分段(联络)断路器设置为同期点。

#### 2.2 垃圾焚烧发电厂同步系统的设置

《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2012)中说明“发电厂和变电站宜采用单相同步系统。发电厂的网络部分、变电站的通过计算机监控的同期捕捉功能实现。”

因此作者通常在垃圾焚烧发电厂中设置一套同期装置,包括自动同期装置、手动同期操作装置和选线装置。同期点一般选择在发电机出口断路器、并网线路电厂侧断路器及主变压器低压侧断路器(主变高压侧做检无压合闸)。同期装置可以实现就地 and 远方合同期开关。手动同期装置含控制开关、转换开关、同步继电器等必要的操作设备,以及就地同期仪表。同期装置与综合自动化系统通讯,以方便运行人员监视发电机同期并网操作过程。

### 3 结论

垃圾焚烧发电厂属于小容量机组电厂,主接线型式和运行方式多有类似,但根据各地实际工程情况也会有很多变化和差异。作者在工程设计过程中,针对不同的主接线和运行方式下同期点的设置也进行了多方比较,并且广泛征求意见。在工程的设计中,最终选取哪些点作为同期点,还要针对工程特点,结合运行要求、继电保护的实现、经济成本核算等多方面因素进行比较优选。

#### [参考文献]

- [1] GB/T 14285—2006,继电保护和安全自动装置技术规程[S].
- [2] GB/T 50062—2008,电力装置的继电保护和自动装置设计规范[S].
- [3] 中国航空规划设计研究总院有限公司.工业与民用供配电设计手册(第四版).北京:中国电力出版社,2016.
- [4] DL/T 5136—2012,火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程[S].

(下转第63页)

## Design and Application of New Rotation-Suspension Furnace

LI Dong

**Abstract:** In 2015, the green-field upgrade project for Henan Zhongyuan gold smelter was put into operation. The project is designed for handling 1 500 000 tpa copper concentrate containing precious metals, and it is scheduled for 2 stages. The project process employs oxygen bottom blowing furnace as smelting, Rotation-Suspension furnace as converting, and rotary anode furnace as refining. Wherein, the Rotation-Suspension furnace with reaction shaft size  $\Phi 4.5 \text{ m} \times 6.2 \text{ m}$  named from the use of the Yanggu patented Rotation-Suspension nozzle, is entirely innovative designed by ENFI under Yanggu's progress package. Rotation-Suspension converting furnace is an innovative design of a metallurgical furnace after comprehensive summary of decades of experience in the design of large metallurgical furnace. Besides this, it is also the first domestic converting furnace using domestic technology, completely independent design, all domestic manufacturing Rotation-Suspension converting furnace, with a reasonable structure, compact layout, easy operation, low maintenance, high rate of operation, etc. Applying advanced overall flexible frame structure and rational water-cooling technology, coupled with matching brick, fully adapted to Rotation-Suspension process, the converting furnace has the technical characteristics of safe, stable and efficient, long life. After 5 years of excellent operation, it can come to the conclusion that the design of Rotation-Suspension is supper successful.

**Key words:** copper matte; continuous converting; rotation-suspension furnace; reaction shaft ▲

(上接第 46 页)

## Discussion and Case Analysis on the Selection of Synchronization Point in Waste Incineration Power Plant

ZHANG Ying

**Abstract:** The selection of synchronization point is closely related to the main electrical connection and operation mode. The power of the assembling units fluctuates from 9 to 30 MW, in the waste incineration power plant. For these small-load plants, which main electrical connection has its own characteristics, comparing with the large power plant, and the corresponding selection of synchronization point is also considered from different angles. Combined with practical engineering examples, this thesis introduce the design thought of selecting synchronization point, and presents the author's own viewpoint.

**Key words:** waste incineration power plant; synchronization point ▲