



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108425707 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(21)申请号 201810167959.2

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2018.02.28

F01D 25/10(2006.01)

F01D 19/00(2006.01)

(66)本国优先权数据

F01D 25/34(2006.01)

201720856249.1 2017.07.14 CN

F01K 13/02(2006.01)

(71)申请人 上海电气电站设备有限公司

F02C 6/00(2006.01)

地址 201108 上海市闵行区莘庄工业区金都路3669号3幢

F16D 43/04(2006.01)

申请人 上海汽轮机厂有限公司

上海电气燃气轮机有限公司

(72)发明人 冯磊 张立建 阳虹 何阿平 虎煜

(74)专利代理机构 上海光华专利事务所(普通合伙) 31219

代理人 李双娇

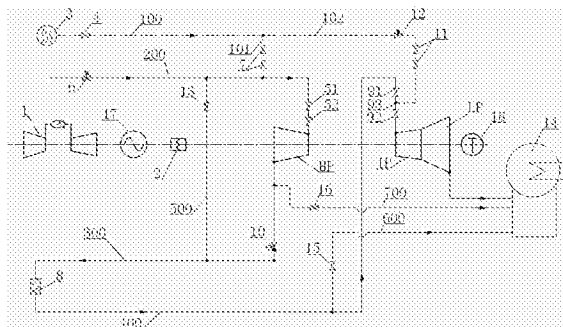
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种联合循环汽轮机快速启动预热系统及其暖机方法

(57)摘要

本发明涉及燃气-蒸汽联合循环系统技术领域,尤其涉及一种联合循环汽轮机快速启动预热系统及其暖机方法,该系统包括燃气轮机、发电机、自动同步离合器、汽轮机及暖机汽源,汽轮机包括高、中、低压缸,暖机汽源连接通向高、中压缸的暖机蒸汽输送管道;自动同步离合器为设有一次棘爪和二次棘爪的离合器。该方法为:燃气轮机静止或转速低于汽轮机转速,提升汽轮机转速,当汽轮机转速有超越燃气轮机转速趋势时自动同步离合器啮合,通入暖机蒸汽,使汽轮机的转速提升至并稳定在p转/分钟,并带动燃气轮机和发电机以p转/分钟转动,开始暖机,当汽轮机中压转子的温度达到预设温度或者暖机时间达到预设时间时结束暖机。可缩短冷态启动时间。



1. 一种联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,包括暖机汽源(3)以及同轴布置且依次连接的燃气轮机(1)、发电机(17)、自动同步离合器(2)和汽轮机,所述汽轮机包括高压缸(HP)、中压缸(IP)和低压缸(LP),所述暖机汽源(3)连接有通向所述高压缸(HP)和所述中压缸(IP)的暖机蒸汽输送管道(100);所述自动同步离合器(2)为设有一次棘爪(21)和二次棘爪(22)的离合器。

2. 根据权利要求1所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,所述高压缸(HP)的进汽口与高压主蒸汽管道(200)连通,所述高压主蒸汽管道(200)上从上游至下游依次设有电动隔离阀(6)和高压进汽阀组,所述暖机蒸汽输送管道(100)通过高压输送管道(101)在所述电动隔离阀(6)和所述高压进汽阀组之间与所述高压主蒸汽管道(200)连通。

3. 根据权利要求2所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,所述高压输送管道(101)上串联设有两个高压截止阀(7)。

4. 根据权利要求1所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,还包括再热器(8),所述高压缸(HP)的排汽口通过高排蒸汽管道(300)与所述再热器(8)的入口连通,所述再热器(8)的出口通过中压进汽管道(400)与所述中压缸(IP)的进汽口连通,所述中压进汽管道(400)上设有中压进汽阀组。

5. 根据权利要求4所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,所述中压进汽管道(400)上在所述中压进汽阀组的上游还设有一闸阀(19),所述暖机蒸汽输送管道(100)通过中压输送管道(102)在所述闸阀(19)和所述中压进汽阀组之间与所述中压进汽管道(400)连通。

6. 根据权利要求4所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,所述中压进汽阀组包括中压主汽阀(91)和中压调节阀(92),所述中压主汽阀(91)和中压调节阀(92)之间设有快冷接口(93),所述暖机蒸汽输送管道(100)通过中压输送管道(102)在所述快冷接口(93)处与所述中压进汽管道(400)连通。

7. 根据权利要求5或6所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,所述中压输送管道(102)上串联设有两个中压截止阀(11)。

8. 根据权利要求7所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,所述中压输送管道(102)上在两个所述中压截止阀(11)的上游还设有调节阀(12)。

9. 根据权利要求1所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,所述燃气轮机(1)和所述汽轮机共用一个盘车装置(18),且所述盘车装置(18)与所述汽轮机连接。

10. 根据权利要求1所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,所述自动同步离合器(2)的所述一次棘爪(21)和二次棘爪(22)各设有4个。

11. 根据权利要求1所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统,其特征在于,所述自动同步离合器(2)包括输入端(24)、输出端(23)、主滑动部件(26)和继动滑动部件(25),所述输入端(24)与所述汽轮机的转子轴连接,所述输出端(23)与所述发电机(17)的转轴连接,所述输入端(24)与所述主滑动部件(26)之间通过主螺旋花键(28)配合,所述主滑动部件(26)与所述继动滑动部件(25)之间通过继动螺旋花键(27)配合,所述一次棘爪(21)设置在所述输出端(23)上,所述继动滑动部件(25)上设有与所述一次棘爪(21)相配合的一次棘轮,所述二次棘爪(22)设置在所述继动滑动部件(25)上,所述输出端(23)上设有与所述二次棘爪(22)相配合的二次棘轮。

12. 一种如权利要求1至11中任意一项所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统的暖机方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤一、燃气轮机处于静止状态或处于转速低于汽轮机转速的状态;

步骤二、提升汽轮机的转速,当汽轮机转速有超越燃气轮机转速趋势时,设有双棘爪的自动同步离合器啮合;

步骤三、向汽轮机内通入暖机蒸汽,使汽轮机的转速提升至并稳定在 $p$ 转/分钟,汽轮机带动燃气轮机和发电机一起以 $p$ 转/分钟的转速转动;

步骤四、开始暖机;

步骤五、当汽轮机中压转子的温度达到预设温度或者暖机时间达到预设时间时,切断暖机蒸汽,结束暖机,燃气轮机和汽轮机恢复至盘车状态。

13. 根据权利要求12所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统的暖机方法,其特征在于,在所述步骤二中,通过盘车装置提升汽轮机的转速,并在设有双棘爪的自动同步离合器啮合后,由盘车装置拖动汽轮机、发电机和燃气轮机一起转动;在所述步骤四中,开始暖机之前,盘车装置退出。

14. 根据权利要求12所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统的暖机方法,其特征在于,在所述步骤三中, $p$ 满足: $500 \leq p \leq 2000$ 。

15. 根据权利要求12所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统的暖机方法,其特征在于,在所述步骤四中,开始暖机后,提高汽轮机机组中凝汽器的压力。

16. 根据权利要求15所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统的暖机方法,其特征在于,在所述步骤四中,将凝汽器的压力控制在10KPa-30KPa。

17. 根据权利要求12所述的联合循环汽轮机快速启动预热系统的暖机方法,其特征在于,在所述步骤五中,所述预设温度不低于150℃。

## 一种联合循环汽轮机快速启动预热系统及其暖机方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及燃气-蒸汽联合循环系统技术领域,尤其涉及一种联合循环汽轮机快速启动预热系统及其暖机方法。

### 背景技术

[0002] 汽轮机是电站建设中的关键动力设备之一,是把热能转换成机械能进而转换成电能的能量转换装置。由锅炉产生的高温、高压蒸汽,经过蒸汽透平,将热能与压力势能转换成汽轮机的机械能,带动汽轮机转子输出轴做功,该机械能通过汽轮机转子输出轴传递给发电机,从而将机械能转换成电能。

[0003] 燃气-蒸汽联合循环系统指将燃气轮机作为前置透平,用余热锅炉来回收燃气轮机的排气余热,产生的蒸汽注入汽轮机,蒸汽在汽轮机中膨胀做功并输出电能。燃气-蒸汽联合循环把具有较高平均吸热温度的燃气轮机与具有较低平均放热温度的蒸汽轮机结合起来,使燃气轮机的高温尾气进入余热锅炉产生蒸汽,并使蒸汽在汽轮机中继续做功发电,使整个联合循环系统的热能利用率较简单循环有了明显提高。联合循环系统发电的净效率可达48%~62%。

[0004] 燃气-蒸汽联合循环系统中的燃气轮机和汽轮机可以设计成单轴布置或多轴布置。单轴布置即燃气轮机轴系和汽轮机的轴系串联成一个轴系,共同驱动同一台发电机。多轴布置即燃气轮机和汽轮机各自驱动单独的发电机。单轴联合循环机组具有系统简化、布置紧凑、厂房面积小、土建成本低等优点,近年来被迅速推广应用,特别是新一代大功率联合循环中广泛采用单轴联合循环机组。

[0005] 目前市场上的单轴联合循环机组最广泛的一种是在汽轮机和发电机之间装有自动同步离合器,该种形式的联合循环机组调峰性能优异,燃气轮机可单独运行。但是,该种形式的单轴联合循环机组存在冷态启动时汽轮机启动较慢的现象。冷态启动的过程中,燃气轮机启动速度快,汽轮机启动速度慢。因此,启动时,要么让燃气轮机长时间低负荷运行,等待汽轮机暖机,导致热效率较低;要么让燃气轮机快速加负荷参与调峰运行,此时,由于冷态的汽轮机尚未暖好,大部分余热锅炉产生的蒸汽不被允许进入汽轮机做功,而是直接通过旁路排至凝汽器,这样就不可避免的产生了较大的能源损失,增加了发电成本。

### 发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是提供一种减少联合循环汽轮机暖机耗时、缩短冷态启动时间的联合循环汽轮机快速启动预热系统及其暖机方法,以克服现有技术的上述缺陷。

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0008] 一种联合循环汽轮机快速启动预热系统,包括暖机汽源以及同轴布置且依次连接的燃气轮机、发电机、自动同步离合器和汽轮机,汽轮机包括高压缸、中压缸和低压缸,暖机汽源连接有通向高压缸和中压缸的暖机蒸汽输送管道;自动同步离合器为设有一次棘爪和二次棘爪的离合器。

[0009] 优选地,高压缸的进汽口与高压主蒸汽管道连通,高压主蒸汽管道上从上游至下游依次设有电动隔离阀和高压进汽阀组,暖机蒸汽输送管道通过高压输送管道在电动隔离阀和高压进汽阀组之间与高压主蒸汽管道连通。

[0010] 优选地,高压输送管道上串联设有两个高压截止阀。

[0011] 优选地,还包括再热器,高压缸的排汽口通过高排蒸汽管道与再热器的入口连通,再热器的出口通过中压进汽管道与中压缸的进汽口连通,中压进汽管道上设有中压进汽阀组。

[0012] 优选地,中压进汽管道上在中压进汽阀组的上游还设有一闸阀,暖机蒸汽输送管道通过中压输送管道在闸阀和中压进汽阀组之间与中压进汽管道连通。

[0013] 优选地,中压进汽阀组包括中压主汽阀和中压调节阀,中压主汽阀和中压调节阀之间设有快冷接口,暖机蒸汽输送管道通过中压输送管道在快冷接口处与中压进汽管道连通。

[0014] 优选地,中压输送管道上串联设有两个中压截止阀。

[0015] 优选地,中压输送管道上在两个中压截止阀的上游还设有调节阀。

[0016] 优选地,燃气轮机和汽轮机共用一个盘车装置,且盘车装置与汽轮机连接。

[0017] 优选地,自动同步离合器的一次棘爪和二次棘爪各设有4个。

[0018] 优选地,自动同步离合器包括输入端、输出端、主滑动部件和继动滑动部件,输入端与汽轮机的转子轴连接,输出端与发电机的转轴连接,输入端与主滑动部件之间通过主螺旋花键配合,主滑动部件与继动滑动部件之间通过继动螺旋花键配合,一次棘爪设置在输出端上,继动滑动部件上设有与一次棘爪相配合的一次棘轮,二次棘爪设置在继动滑动部件上,输出端上设有与二次棘爪相配合的二次棘轮。

[0019] 一种上述联合循环汽轮机快速启动预热系统的暖机方法,包括如下步骤:步骤一、燃气轮机处于静止状态或处于转速低于汽轮机转速的状态;步骤二、提升汽轮机的转速,当汽轮机转速有超越燃气轮机转速趋势时,设有双棘爪的自动同步离合器啮合;步骤三、向汽轮机内通入暖机蒸汽,使汽轮机的转速提升至并稳定在 $p$ 转/分钟,汽轮机带动燃气轮机和发电机一起以 $p$ 转/分钟的转速转动;步骤四、开始暖机;步骤五、当汽轮机中压转子的温度达到预设温度或者暖机时间达到预设时间时,切断暖机蒸汽,结束暖机,燃气轮机和汽轮机恢复至盘车状态。

[0020] 优选地,在步骤二中,通过盘车装置提升汽轮机的转速,并在设有双棘爪的自动同步离合器啮合后,由盘车装置拖动汽轮机、发电机和燃气轮机一起转动;在步骤四中,开始暖机之前,盘车装置退出。

[0021] 优选地,在步骤三中, $p$ 满足: $500 \leq p \leq 2000$ 。

[0022] 优选地,在步骤四中,开始暖机后,提高汽轮机机组中凝汽器的压力。

[0023] 优选地,在步骤四中,将凝汽器的压力控制在10KPa-30KPa。

[0024] 优选地,在步骤五中,预设温度不低于150℃。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有显著的进步:

[0026] 本发明的联合循环汽轮机快速启动预热系统及其暖机方法,可以在燃气轮机启动之前,先利用暖机汽源提供的暖机蒸汽对汽轮机进行冲转预热,提高汽轮机的初温,可以使汽轮机更早带负荷运行,增加调峰能力和发电量的同时,能够大大缩短联合循环机组冷态

启动所需的时间,节约能源和启动成本,提高机组冷态启动的灵活性。并且,本发明的自动同步离合器采用设有一次棘爪和二次棘爪的离合器,在联合循环机组静止或低速状态下,只要汽轮机转速超越燃气轮机转速,即可使自动同步离合器啮合,从而实现燃气轮机和汽轮机在低速下的同步,由此可以完全消除高速盘车打闸带来的自动同步离合器损坏的风险。

### 附图说明

[0027] 图1是本发明实施例一的联合循环汽轮机快速启动预热系统的结构示意图。

[0028] 图2是本发明实施例二的联合循环汽轮机快速启动预热系统的结构示意图。

[0029] 图3是本发明的联合循环汽轮机快速启动预热系统采用带双棘爪的离合器的结构示意图。

[0030] 图中:

[0031]	100、暖机蒸汽输送管道	101、高压输送管道	102、中压输送管道
[0032]	200、高压主蒸汽管道	300、高排蒸汽管道	400、中压进汽管道
[0033]	500、高压旁路	600、中压旁路	700、通风管路
[0034]	HP、高压缸	IP、中压缸	LP、低压缸
[0035]	1、燃气轮机	2、自动同步离合器	3、暖机汽源
[0036]	4、输送阀	51、高压主汽阀	52、高压调节阀
[0037]	6、电动隔离阀	7、高压截止阀	8、再热器
[0038]	91、中压主汽阀	92、中压调节阀	93、快冷接口
[0039]	10、高排逆止阀	11、中压截止阀	12、调节阀
[0040]	13、高压旁路阀	14、凝汽器	15、中压旁路阀
[0041]	16、通风阀	17、发电机	18、盘车装置
[0042]	19、闸阀	21、一次棘爪	22、二次棘爪
[0043]	23、输出端	231、中继从动齿	232、从动齿
[0044]	24、输入端	25、继动滑动部件	251、中继主动齿
[0045]	26、主滑动部件	261、主动齿	27、继动螺旋花键
[0046]	28、主螺旋花键		

### 具体实施方式

[0047] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细说明。这些实施方式仅用于说明本发明,而并非对本发明的限制。

[0048] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0049] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可

以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0050] 此外,在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0051] 实施例一

[0052] 如图1和图3所示,本发明的实施例一提供了本发明联合循环汽轮机快速启动预热系统的一种实施例。

[0053] 如图1所示,本实施例一的联合循环汽轮机快速启动预热系统包括暖机汽源3以及同轴布置且依次连接的燃气轮机1、发电机17、自动同步离合器2和汽轮机,即发电机17转轴的一端与燃气轮机1的转子轴连接,发电机17转轴的另一端则通过自动同步离合器2与汽轮机的转子轴连接。优选地,燃气轮机1和汽轮机共用同一个盘车装置18,且盘车装置18与汽轮机连接。本实施例一中盘车装置18的容量应满足能够同时拖动汽轮机、发电机17和燃气轮机1转动。汽轮机包括高压缸HP、中压缸IP和低压缸LP,汽轮机可以采用高压缸HP单独分缸、中压缸IP和低压缸LP合缸的结构,也可以采用高压缸HP和中压缸IP合缸、低压缸LP单独分缸的结构。暖机汽源3连接有通向高压缸HP和中压缸IP的暖机蒸汽输送管道100,用于向高压缸HP和中压缸IP内通入暖机蒸汽。暖机蒸汽输送管道100上设有输送阀4,用于控制暖机蒸汽输送管道100的通断。暖机汽源3提供的暖机蒸汽可以是相邻机组的高排蒸汽,也可以是相邻机组的低压补汽,也可以是相邻机组的供热蒸汽,也可以是启动锅炉蒸汽。

[0054] 自动同步离合器2为设有一次棘爪和二次棘爪的离合器。如图3所示,本实施例一采用的带双棘爪的离合器设有一次棘爪21和二次棘爪22。具体地,该离合器包括输入端24、输出端23、主滑动部件26和继动滑动部件25,输入端24与汽轮机的转子轴连接,输出端23与发电机17的转轴连接。输入端24与主滑动部件26之间通过主螺旋花键28配合,主滑动部件26与继动滑动部件25之间通过继动螺旋花键27配合。

[0055] 一次棘爪21设置在输出端23上,继动滑动部件25上设有与一次棘爪21相配合的一次棘轮。在低速状态下,一次棘爪21靠弹簧力激活弹出,与继动滑动部件25上的一次棘轮扣紧,可实现输出端23与输出端24转速的同步,其同步原理为:在燃气轮机1和发电机17静止的状态下,当汽轮机产生转速,带动离合器的输入端24转动时,输入端24将带动主滑动部件26一起转动,主滑动部件26带动继动滑动部件25一起转动。由于此时一次棘爪21处于激活弹出状态,一次棘爪21与继动滑动部件25上的一次棘轮扣紧,使得继动滑动部件25与主滑动部件26之间产生相对转速,从而使继动滑动部件25沿继动螺旋花键27向输入端24行进,至继动滑动部件25上的中继主动齿251与输出端23上的中继从动齿231啮合,此时主滑动部件26与输入端24之间将产生相对转速,使得主滑动部件26沿主螺旋花键28向输入端24行进,至主滑动部件26上的主动齿261与输出端23上的从动齿232啮合,从而使输出端23与输入端24转速同步,并带动燃气轮机1同步转动。当输出端23转速超过某一转速,例如500转/分钟时,一次棘爪21将脱离一次棘轮,缩回失效。一次棘爪21的实际缩回转速可通过实验获得。

[0056] 二次棘爪22设置在继动滑动部件25上,输出端23上设有与二次棘爪22相配合的二次棘轮,当输入端24转速大于某一转速,例如700转/分钟时,二次棘爪22弹出。二次棘爪22的实际弹出转速可通过实验获得。若此时输入端24转速大于输出端23转速,二次棘爪22将

与输出端23上的二次棘轮扣紧,实现输出端23与输出端24转速的同步,其同步原理与上述通过一次棘爪21实现输出端23与输出端24转速同步的原理相同。

[0057] 因此,本实施例一采用的带有双棘爪的离合器,在低转速下(输入端24转速小于500转/分钟),只要输入端24的转速超越输出端23的转速即可实现自动啮合,亦即,低转速下只要汽轮机的转速超越燃气轮机1的转速即可自动啮合。

[0058] 优选地,本实施例中,自动同步离合器2的一次棘爪21和二次棘爪22各设有4个。

[0059] 本实施例一的联合循环汽轮机快速启动预暖系统,可以在燃气轮机1启动之前,先利用暖机汽源3提供的暖机蒸汽对汽轮机进行冲转预暖,提高汽轮机的初温,可以使汽轮机更早带负荷运行,增加调峰能力和发电量的同时,能够大大缩短联合循环机组冷态启动所需的时间,节约能源和启动成本,提高机组冷态启动的灵活性。并且,本实施例一的自动同步离合器采用设有一次棘爪21和二次棘爪22的离合器,在联合循环机组静止或低速状态下,只要汽轮机转速超越燃气轮机1转速,即可使自动同步离合器自动啮合,从而实现燃气轮机1和汽轮机在低速下的同步,由此可以完全消除高速盘车打闸带来的自动同步离合器损坏的风险。

[0060] 进一步,高压缸HP的进汽口与高压主蒸汽管道200连通,高压主蒸汽管道200用于向高压缸HP内通入高压主蒸汽。高压主蒸汽管道200上从上游至下游依次设有电动隔离阀6和高压进汽阀组。高压进汽阀组靠近高压缸HP的进汽口,用于调节进入高压缸HP内的高压主蒸汽的流量。优选地,高压进汽阀组包括高压主汽阀51和高压调节阀52,高压主汽阀51和高压调节阀52串联。电动隔离阀6靠近提供高压主蒸汽的锅炉侧,用于控制高压主蒸汽管道200的通断。本实施例一中,暖机蒸汽输送管道100通过高压输送管道101在电动隔离阀6和高压进汽阀组之间与高压主蒸汽管道200连通。关闭电动隔离阀6、开启高压进汽阀组时,暖机蒸汽输送管道100中的暖机蒸汽可以经高压输送管道101通入高压主蒸汽管道200中,并以正向进汽的方式经高压进汽阀组从高压缸HP的进汽口进入高压缸HP中,关闭的电动隔离阀6则可防止通入高压主蒸汽管道200中的暖机蒸汽流向锅炉侧。当然,本发明中,通向高压缸HP的暖机蒸汽也可以以反向进汽的方式从高压缸HP的排汽口进入。

[0061] 优选地,在高压输送管道101上设有高压截止阀7,用于控制高压输送管道101的通断。由于高压截止阀7直接接触高温蒸汽,为安全起见,优选地,在高压输送管道101上串联设有两个高压截止阀7。

[0062] 本实施例一的联合循环汽轮机快速启动预暖系统还包括再热器8,高压缸HP的排汽口通过高排蒸汽管道300与再热器8的入口连通,再热器8的出口通过中压进汽管道400与中压缸IP的进汽口连通。高压缸HP排汽口排出的高排蒸汽经高排蒸汽管道300通入再热器8中进行再加热,再热器8中产生的热再热蒸汽则经中压进汽管道400通入中压缸IP内。在高排蒸汽管道300上设有高排逆止阀10,用于防止高排蒸汽倒流进高压缸HP内。

[0063] 中压进汽管道400上设有中压进汽阀组,中压进汽阀组靠近中压缸IP的进汽口,用于调节进入中压缸IP内的热再热蒸汽流量。优选地,中压进汽阀组包括中压主汽阀91和中压调节阀92,中压主汽阀91和中压调节阀92串联,中压进汽阀组阀壳上在中压主汽阀91和中压调节阀92之间设有快冷接口93。

[0064] 本实施例一中,暖机蒸汽输送管道100通过中压输送管道102在快冷接口93处与中压进汽管道400连通。关闭中压主汽阀91、开启中压调节阀92时,暖机蒸汽输送管道100中的



暖机蒸汽可以经中压输送管道102通入快冷接口93,并经中压调节阀92以正向进汽的方式从中压缸IP的进汽口进入,关闭的中压主汽阀91则可以防止暖机蒸汽经中压主汽阀91流入再热器8侧。

[0065] 优选地,在中压输送管道102上设有中压截止阀11,用于控制中压输送管道102的通断。由于中压截止阀11直接接触高温蒸汽,为安全起见,优选地,在中压输送管道102上串联设有两个中压截止阀11。进一步,在中压输送管道102上在中压截止阀11前设有调节阀12,用于精确控制进入中压缸IP中暖机蒸汽的流量。

[0066] 此外,本实施例一的联合循环汽轮机快速启动预热系统还包括凝汽器14。在高压主蒸汽管道200与高排蒸汽管道300之间连通有高压旁路500,高压旁路500上设有高压旁路阀13。在中压进汽管道400上设有与凝汽器14连通的中压旁路600,中压旁路600上设有中压旁路阀15。高排蒸汽管道300上在高排逆止阀10前设有与凝汽器14连通的通风管路700,通风管路700上设有通风阀16。

[0067] 本实施例一中,暖机蒸汽输送管道100中的暖机蒸汽经高压输送管道101通入高压缸HP中,流经高压缸HP后进入通风管路700中,经通风阀16进入凝汽器14中,由此构成高压暖机回路。暖机蒸汽输送管道100中的暖机蒸汽经中压输送管道102通入中压缸IP中,流经中压缸IP和低压缸LP后排入凝汽器14中,由此构成中压暖机回路。

[0068] 当暖机蒸汽采用相邻机组的蒸汽时,将凝汽器14中产生的凝结水返送回相邻机组的热井中。

[0069] 本实施例一的联合循环汽轮机快速启动预热系统实现暖机的方法步骤为:

[0070] (1) 燃气轮机1处于静止状态或处于转速低于汽轮机转速的状态。

[0071] (2) 通过盘车装置18提升汽轮机的转速,当汽轮机转速有超越燃气轮机1转速趋势时,设有双棘爪的自动同步离合器2啮合。由盘车装置18拖动汽轮机、发电机17和燃气轮机1一起转动。

[0072] (3) 输送阀4、高压截止阀7、调节阀12、中压截止阀11、电动隔离阀6、高压旁路阀13、中压旁路阀15、高排逆止阀10、高压主汽阀51、高压调节阀52、中压主汽阀91和中压调节阀92均关闭,通风阀16开启,机组轴封系统供汽,建立真空。

[0073] (4) 开启输送阀4、高压截止阀7,进入暖管、暖阀阶段,暖高压进汽阀组。优选地可以以点动方式间断开启高压主汽阀51,加速暖阀。此时优选地可以以点动的方式间断开启调节阀12和中压截止阀11,暖中压进汽阀组。

[0074] (5) 开启高压主汽阀51、高压调节阀52、调节阀12、中压截止阀11和中压调节阀92,利用高压调节阀52、调节阀12以及中压调节阀92调节高压缸HP和中压缸IP的进汽比例及进汽量,将汽轮机的转速提升至并稳定在 $p$ 转/分钟,汽轮机带动燃气轮机1和发电机17一起以 $p$ 转/分钟的转速转动。 $p$ 满足: $500 \leq p \leq 2000$ ,优选地, $p=800$ 。

[0075] (6) 盘车装置18退出,开始暖机。进一步,开始暖机后,为提高暖机效率,可以提高汽轮机机组中凝汽器14的压力,即增加汽轮机的背压,背压越高,相同转速下汽轮机的进汽量就越大,暖机时间也就越短。优选地,将凝汽器14的压力控制在10KPa-30KPa。

[0076] (7) 当汽轮机中压转子的温度达到预设温度或者暖机时间达到预设时间时,关闭高压主汽阀51、高压调节阀52、高压截止阀7、中压截止阀11和输送阀4,切断暖机蒸汽,结束暖机,燃气轮机1和汽轮机恢复至盘车状态。根据汽轮机中压转子的温度是否达到预设温度

来确定是否结束暖机时,所述预设温度应不低于150℃,优选地,该预设温度可以根据现场实际工况进行选择确定,例如,可以在汽轮机中压转子的温度升至150℃或者200℃或者300℃时切断暖机蒸汽,以结束暖机。当然,也可以根据实际暖机时间是否达到预设时间来确定是否结束暖机,所述预设时间则根据现场实际工况进行选择确定。

[0077] 当暖机结束,燃气轮机1和汽轮机的转速恢复至盘车转速后,则按常规的温态或热态启动方式正常启动联合循环机组。

[0078] 实施例二

[0079] 如图2所示,本发明的实施例二提供了本发明联合循环汽轮机快速启动预热系统的第二种实施例。本实施例二与实施例一基本相同,相同之处不再赘述,不同之处在于,本实施例二中,中压进汽管道400上在中压进汽阀组的上游还设有一闸阀19,暖机蒸汽输送管道100通过中压输送管道102在闸阀19和中压进汽阀组之间与中压进汽管道400连通。关闭闸阀19、开启中压进汽阀组时,暖机蒸汽输送管道100中的暖机蒸汽可以经中压输送管道102通入中压进汽管道400中,并经中压进汽阀组以正向进汽的方式从中压缸IP的进汽口进入,流经中压缸IP和低压缸LP后排入凝汽器14中,构成中压暖机回路。关闭的闸阀19则可以防止中压进汽管道400中的暖机蒸汽流入再热器8侧。

[0080] 本实施例二的联合循环汽轮机快速启动预热系统实现暖机的方法步骤为:

[0081] (1) 燃气轮机1处于静止状态或转速低于汽轮机转速的状态。

[0082] (2) 通过盘车装置18提升汽轮机的转速,当汽轮机转速有超越燃气轮机1转速趋势时,设有双棘爪的自动同步离合器2啮合。由盘车装置18拖动汽轮机、发电机17和燃气轮机1一起转动。

[0083] (3) 输送阀4、高压截止阀7、调节阀12、中压截止阀11、电动隔离阀6、闸阀19、高压旁路阀13、中压旁路阀15、高排逆止阀10、高压主汽阀51、高压调节阀52、中压主汽阀91和中压调节阀92均关闭,通风阀16开启,机组轴封系统供汽,建立真空。

[0084] (4) 开启输送阀4、高压截止阀7、调节阀12和中压截止阀11,进入暖管、暖阀阶段,暖高压进汽阀组和中压进汽阀组。此时优选地可以以点动的方式间断开启高压主汽阀51和中压主汽阀91,以加速暖阀。

[0085] (5) 开启高压主汽阀51、高压调节阀52、中压主汽阀91和中压调节阀92,利用高压调节阀52、调节阀12以及中压调节阀92调节高压缸HP和中压缸IP的进汽比例及进汽量,将汽轮机的转速提升至并稳定在 $p$ 转/分钟,汽轮机带动燃气轮机1和发电机17一起以 $p$ 转/分钟的转速转动。 $p$ 满足: $500 \leq p \leq 2000$ ,优选地, $p=800$ 。

[0086] (6) 盘车装置18退出,开始暖机。进一步,开始暖机后,为提高暖机效率,可以提高汽轮机机组中凝汽器14的压力,即增加汽轮机的背压,背压越高,相同转速下汽轮机的进汽量就越大,暖机时间也就越短。优选地,将凝汽器14的压力控制在10KPa-30KPa。

[0087] (7) 当汽轮机中压转子的温度达到预设温度或者暖机时间达到预设时间时,关闭高压主汽阀51、高压调节阀52、高压截止阀7、中压主汽阀91、中压调节阀92、中压截止阀11和输送阀4,切断暖机蒸汽,结束暖机,燃气轮机1和汽轮机2恢复至盘车状态。

[0088] 当暖机结束,燃气轮机1和汽轮机的转速恢复至盘车转速后,则按常规的温态或热态启动方式正常启动联合循环机组。

[0089] 综上,本发明的联合循环汽轮机快速启动预热系统,可以在燃气轮机1启动之前,

先利用暖机汽源3提供的暖机蒸汽对汽轮机进行冲转预暖,提高汽轮机的初温,可以使汽轮机更早带负荷运行,增加调峰能力和发电量的同时,能够大大缩短联合循环机组冷态启动所需的时间,节约能源和启动成本,提高机组冷态启动的灵活性。并且,本发明的自动同步离合器采用设有一次棘爪21和二次棘爪22的离合器,在联合循环机组静止或低速状态下,只要汽轮机转速超越燃气轮机1转速,即可使自动同步离合器自动啮合,从而实现燃气轮机1和汽轮机在低速下的同步,由此可以完全消除高速盘车打闸带来的自动同步离合器损坏的风险。

[0090] 本发明还提供了一种联合循环汽轮机快速启动预暖系统的暖机方法,所述联合循环汽轮机快速启动预暖系统为本发明提供的联合循环汽轮机快速启动预暖系统,所述暖机方法包括如下步骤:

[0091] 步骤一、燃气轮机处于静止状态或处于转速低于汽轮机转速的状态。该步骤一即为上述实施例一或实施例二中的联合循环汽轮机快速启动预暖系统实现暖机的方法步骤(1)。

[0092] 步骤二、提升汽轮机的转速,当汽轮机转速有超越燃气轮机转速趋势时,设有双棘爪的自动同步离合器啮合。所述设有双棘爪的自动同步离合器为本发明的上述设有一次棘爪21和二次棘爪22的自动离合器2,在联合循环机组静止或低速状态下,只要汽轮机转速有超越燃气轮机转速趋势时,即可使自动同步离合器自动啮合,从而实现燃气轮机和汽轮机在低速下的同步,由此可以完全消除高速盘车打闸带来的自动同步离合器损坏的风险。优选地,可以通过盘车装置提升汽轮机的转速,并在设有双棘爪的自动同步离合器啮合后,由盘车装置拖动汽轮机、发电机和燃气轮机一起转动。该步骤二即具体为上述实施例一或实施例二中的联合循环汽轮机快速启动预暖系统实现暖机的方法步骤(2)。

[0093] 步骤三、向汽轮机内通入暖机蒸汽,使汽轮机的转速提升至并稳定在 $p$ 转/分钟,汽轮机带动燃气轮机和发电机一起以 $p$ 转/分钟的转速转动。 $p$ 满足: $500 \leq p \leq 2000$ ,优选地, $p = 800$ 。

[0094] 对于上述实施例一提供的联合循环汽轮机快速启动预暖系统,该步骤三即具体为上述实施例一中的联合循环汽轮机快速启动预暖系统实现暖机的方法步骤(3)、(4)和(5),通过各阀的开启、关闭及调节配合,实现向汽轮机内通入暖机蒸汽,并调节控制进汽比例及进汽量,从而实现将汽轮机的转速提升至并稳定在 $p$ 转/分钟,并使汽轮机带动燃气轮机和发电机一起以 $p$ 转/分钟的转速转动。

[0095] 对于上述实施例二提供的联合循环汽轮机快速启动预暖系统,该步骤三即具体为上述实施例二中的联合循环汽轮机快速启动预暖系统实现暖机的方法步骤(3)、(4)和(5),通过各阀的开启、关闭及调节配合,实现向汽轮机内通入暖机蒸汽,并调节控制进汽比例及进汽量,从而实现将汽轮机的转速提升至并稳定在 $p$ 转/分钟,并使汽轮机带动燃气轮机和发电机一起以 $p$ 转/分钟的转速转动。

[0096] 步骤四、开始暖机。当步骤二中通过盘车装置提升汽轮机的转速时,在开始暖机之前,盘车装置退出。进一步,开始暖机后,为提高暖机效率,可以提高汽轮机机组中凝汽器14的压力,即增加汽轮机的背压,背压越高,相同转速下汽轮机的进汽量就越大,暖机时间也就越短。优选地,将凝汽器14的压力控制在10KPa-30KPa。该步骤四即具体为上述实施例一或实施例二中的联合循环汽轮机快速启动预暖系统实现暖机的方法步骤(6)。

[0097] 步骤五、当汽轮机中压转子的温度达到预设温度或者暖机时间达到预设时间时，切断暖机蒸汽，结束暖机，燃气轮机和汽轮机恢复至盘车状态。

[0098] 对于上述实施例一提供的联合循环汽轮机快速启动预热系统，该步骤五即具体为上述实施例一中的联合循环汽轮机快速启动预热系统实现暖机的方法步骤(7)，通过关闭相应各阀实现切断暖机蒸汽，结束暖机。

[0099] 对于上述实施例二提供的联合循环汽轮机快速启动预热系统，该步骤五即具体为上述实施例二中的联合循环汽轮机快速启动预热系统实现暖机的方法步骤(7)，通过关闭相应各阀实现切断暖机蒸汽，结束暖机。

[0100] 在上述步骤五中，根据汽轮机中压转子的温度是否达到预设温度来确定是否结束暖机时，所述预设温度应不低于150℃，优选地，该预设温度可以根据现场实际工况进行选择确定，例如，可以在汽轮机中压转子的温度升至150℃或者200℃或者300℃时切断暖机蒸汽，以结束暖机。当然，也可以根据实际暖机时间是否达到预设时间来确定是否结束暖机，所述预设时间则根据现场实际工况进行选择确定。

[0101] 当暖机结束，燃气轮机和汽轮机的转速恢复至盘车转速后，则按常规的温态或热态启动方式正常启动联合循环机组。

[0102] 本发明的联合循环汽轮机快速启动预热系统的暖机方法，可以在燃气轮机启动之前，先利用暖机汽源提供的暖机蒸汽对汽轮机进行冲转预热，提高汽轮机的初温，可以使汽轮机更早带负荷运行，增加调峰能力和发电量的同时，能够大大缩短联合循环机组冷态启动所需的时间，节约能源和启动成本，提高机组冷态启动的灵活性。并且，本发明的自动同步离合器采用设有一次棘爪和二次棘爪的离合器，在联合循环机组静止或低速状态下，只要汽轮机转速超越燃气轮机转速，即可使自动同步离合器自动啮合，从而实现燃气轮机和汽轮机在低速下的同步，由此可以完全消除高速盘车打闸带来的自动同步离合器损坏的风险。

[0103] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明技术原理的前提下，还可以做出若干改进和替换，这些改进和替换也应视为本发明的保护范围。

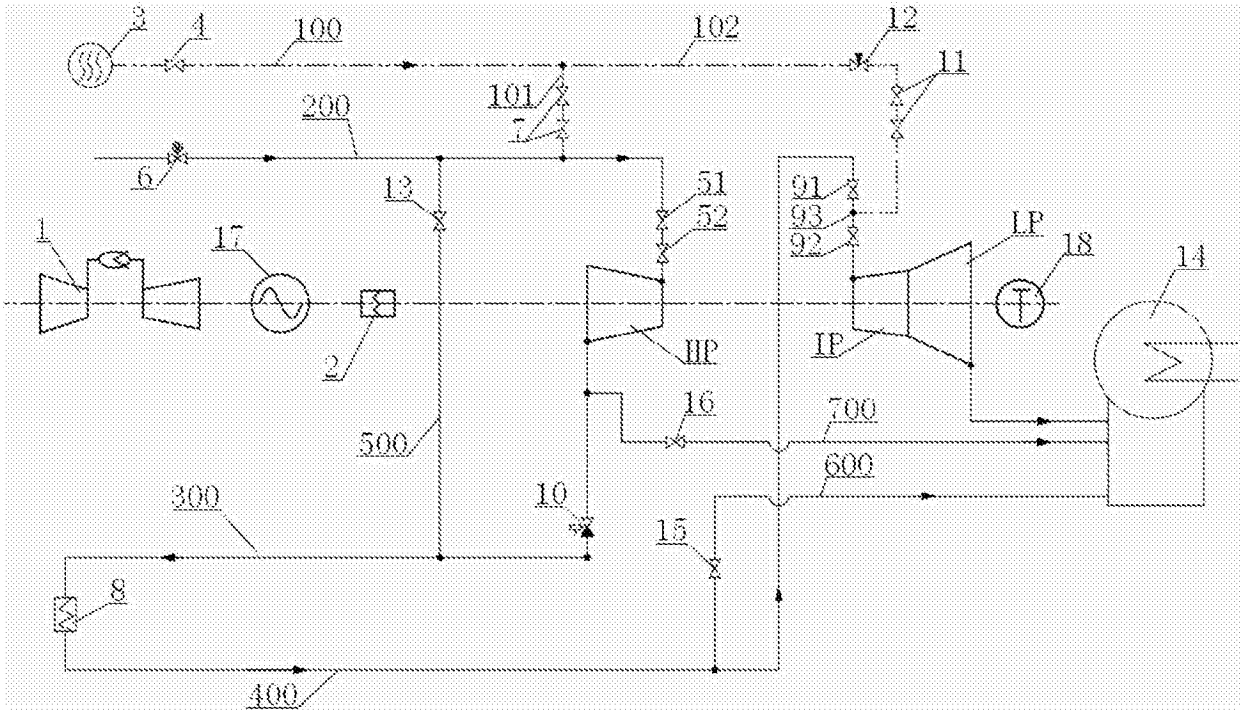


图1

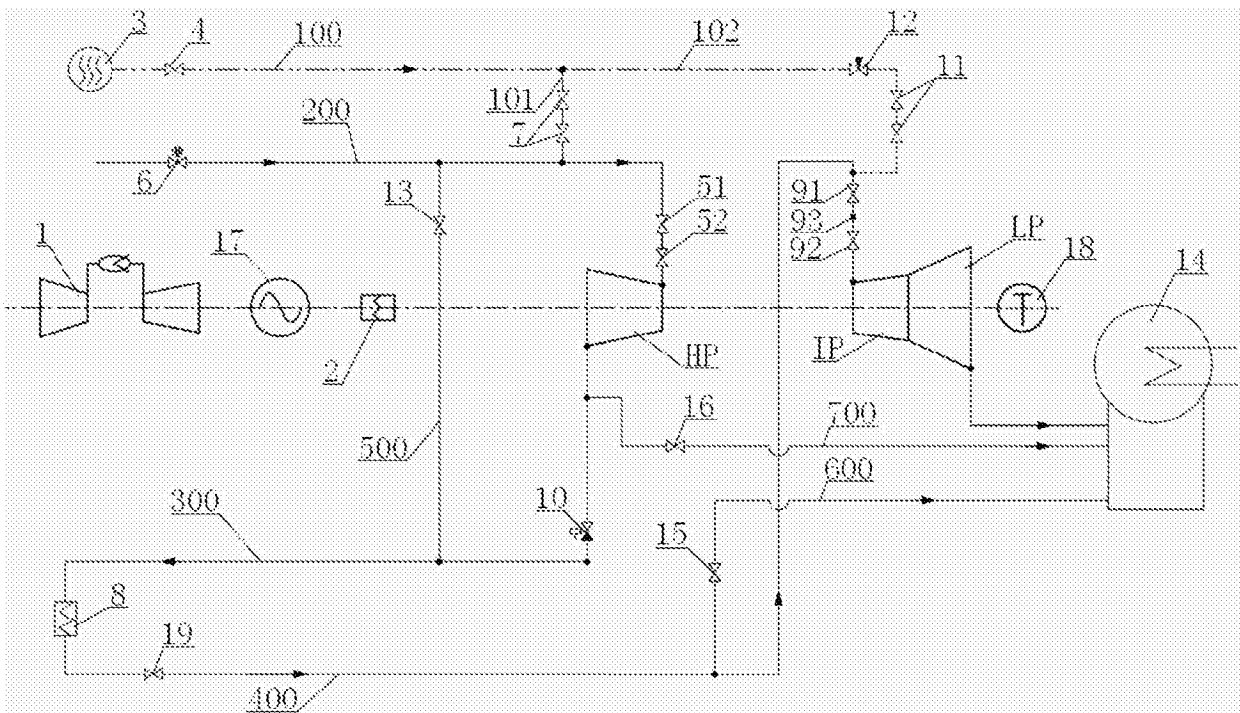


图2

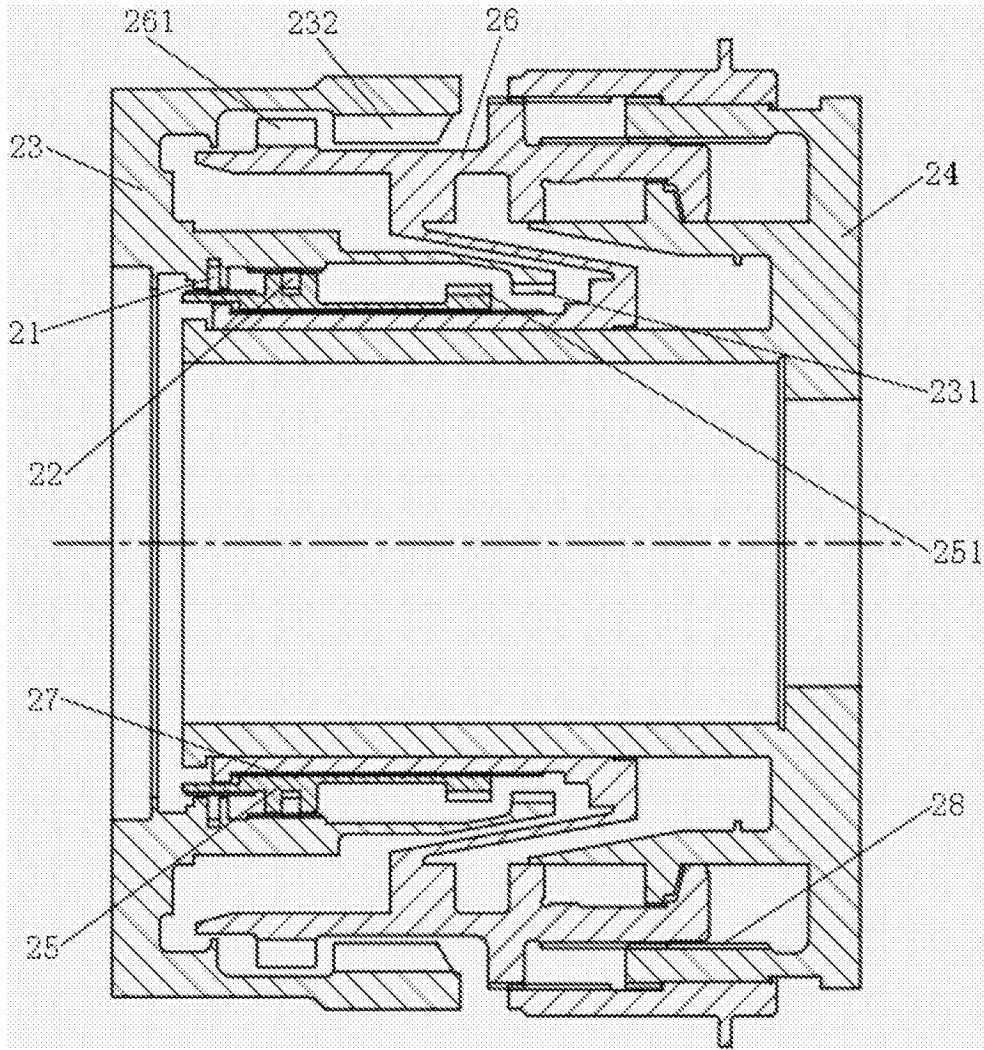


图3