(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118564318 A
(43)申请公布日 2024.08.30

(21)申请号 202410468467.2

(22)申请日 2024.04.18

(71)申请人 国家能源集团科学技术研究院有限公司
地址 210023 江苏省南京市栖霞区仙境路10号
申请人 国能南京电力试验研究有限公司
国能粤电台山发电有限公司
国能常州第二发电有限公司

(72)发明人 陈国庆 黄林滨 刘志坦 何陆灿 延寒 葛荣存 谭锐 程文煜 耿显葳 高行龙 解奎元 沈小兵 张海峰

(74)专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司 11283
专利代理师 乔晓粉

(51)Int.Cl.
*F01K 13/00*(2006.01)
*F01K 11/02*(2006.01)
*F22D 1/00*(2006.01)
*F22D 11/06*(2006.01)

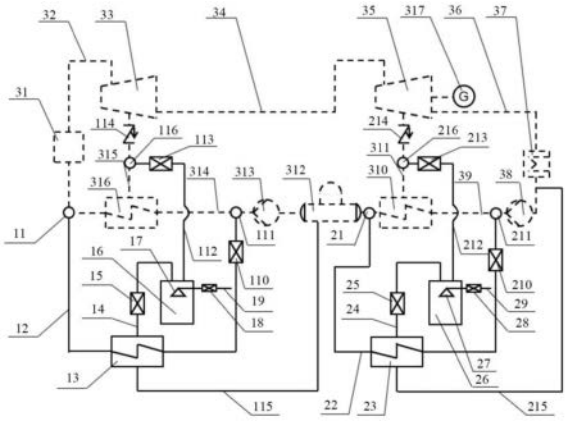
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54)发明名称

# 提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统及方法

(57)摘要

本发明提供一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统及方法，属于储热调峰领域。所述系统包括：汽轮机、发电机、凝汽器、抽汽管道、排汽管道、第一回热单元、蓄热罐、喷淋器、喷淋水管道和锅炉；发电机与汽轮机连接，汽轮机的入口与锅炉的出口连接，汽轮机的第一出口通过抽汽管道与第一回热单元的第一入口连接，凝汽器设置在汽轮机的第二出口与第一回热单元的第二入口之间，第一回热单元的出口与锅炉的入口连接；喷淋器设置在蓄热罐内，喷淋水管道与喷淋器连接，蓄热罐的入口与汽轮机的第一出口连接，蓄热罐的第一出口与第一回热单元的第一入口连接。通过本发明提供的系统，可实现进一步增强汽轮发电机组的深度调峰能力和快速变负荷能力。




CN 118564318 A

1.一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统,其特征在于,所述弹性回热系统包括:汽轮机、发电机、凝汽器、抽汽管道、排汽管道、第一回热单元、储热单元和锅炉;

发电机与汽轮机连接,汽轮机的入口与锅炉的出口连接,汽轮机的第一出口通过抽汽管道与第一回热单元的第一入口连接,汽轮机的第二出口通过排汽管道与凝汽器的入口连接,凝汽器的出口与第一回热单元的第二入口连接,第一回热单元的出口与锅炉的入口连接,第一回热单元由至少一个加热器构成;

储热单元包括:蓄热罐、喷淋器和喷淋水管道,喷淋器设置在蓄热罐内,喷淋水管道通过蓄热罐的第一入口与喷淋器连接,蓄热罐的第二入口与汽轮机的第一出口连接,蓄热罐的第一出口与第一回热单元的第一入口连接。

2.根据权利要求1所述的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统,其特征在于,所述弹性回热系统还包括:第二回热单元,第二回热单元包括:换热器、输水管道和疏水管道;

换热器的热源入口与蓄热罐的第二出口连接,换热器的冷源入口与输水管道的出口连接,换热器的热源出口与锅炉的入口连接,换热器的冷源出口与疏水管道的入口连接。

3.根据权利要求1或2所述的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统,其特征在于,汽轮机由多个不同压力级别的汽缸组成,第一回热单元、第二回热单元和/或储热单元的设置数量为至少一个,单个第一回热单元和/或储热单元与汽轮机内的至少一个汽缸连接,单个第二回热单元与至少一个储热单元连接。

4.根据权利要求1所述的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统,其特征在于,凝汽器与第一回热单元之间设置有除氧器和泵组。

5.根据权利要求1所述的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统,其特征在于,汽轮机的第一出口处设置有逆止阀。

6.根据权利要求2所述的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统,其特征在于,疏水管道和/或输水管道的入口与凝汽器的出口连接。

7.根据权利要求1所述的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统,其特征在于,喷淋水管道的入口与机组再热器的冷源出口连接。

8.一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热方法,其特征在于,所述弹性回热方法通过权利要求1～7中任一项所述的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统实现,包括:正常运行阶段、降负荷阶段和升负荷阶段;

在正常运行阶段,利用一部分汽轮机抽汽的热能在第一回热单元内加热汽轮机排汽所冷凝形成的凝结水,并将加热后的凝结水作为锅炉给水输送至锅炉;

在降负荷阶段,将一部分汽轮机抽汽预先储存在蓄热罐内,并通过向蓄热罐内喷水将蓄热罐内的温度维持为抽汽管道内抽汽压力所对应的饱和温度;

在升负荷阶段,蓄热罐内储存的一部分工质依靠其与第一回热单元内因工质冷凝形成液体所导致的压力差自流进第一回热单元,并在第一回热单元中参与利用汽轮机抽汽加热凝结水的过程,所述工质为抽汽与喷水形成的混合物。

9.根据权利要求8所述的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热方法,其特征在于,所述弹性回热方法还包括:

在升负荷阶段,将蓄热罐内储存的另一部分工质输送至第二回热单元与冷水进行换

热,并将换热后的热水作为锅炉给水输送至锅炉,将换热后的疏水作为凝结水输送至第一回热单元。

10.根据权利要求9所述的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热方法,其特征在于,第一回热单元出口的水温与第二回热单元热源出口的水温相同。

# 提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统及方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及储热调峰技术领域,具体地,涉及一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统和一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热方法。

## 背景技术

[0002]

[0003] 目前燃煤发电机组在升、降负荷阶段,主要通过调节锅炉侧入炉燃料量和汽机侧主汽门开度来实现机组负荷的控制,从而满足机组对负荷响应速率的要求。这种调节方式通常伴随着机组主蒸汽参数大幅波动、经济性下降等诸多问题。此外,锅炉系统自身的大延迟惯性也限制了机组快速变负荷能力,导致目前300MW等级以上锅炉在50%~100%额定负荷下调峰速率在1.5%额定负荷/分钟左右,30%左右负荷深度调峰状态下调峰速率普遍不足1%额定负荷/分钟。但随着新能源占比的日益增加,1%~1.5%左右的变负荷速率已无法满足快速调峰的要求。

[0004] 综上,提升燃煤发电机组的变负荷速率对于保障电力系统的安全稳定运行具有重要意义。

## 发明内容

[0005] 针对现有技术中燃煤发电机组的变负荷速度无法满足快速调峰需求的技术问题,本发明提供了一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统及方法,采用该系统及方法能够灵活且快速地实现对燃煤发电机组变负荷速率的调整,提升电力系统的稳定性和供电质量。

[0006] 为实现上述目的,本发明一方面提供了一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统,该系统包括:汽轮机、发电机、凝汽器、抽汽管道、排汽管道、第一回热单元、储热单元和锅炉;发电机与汽轮机连接,汽轮机的入口与锅炉的出口连接,汽轮机的第一出口通过抽汽管道与第一回热单元的第一入口连接,汽轮机的第二出口通过排汽管道与凝汽器的入口连接,凝汽器的出口与第一回热单元的第二入口连接,第一回热单元的出口与锅炉的入口连接,第一回热单元由至少一个加热器构成;储热单元包括:蓄热罐、喷淋器和喷淋水管道,喷淋器设置在蓄热罐内,喷淋水管道通过蓄热罐的第一入口与喷淋器连接,蓄热罐的第二入口与汽轮机的第一出口连接,蓄热罐的第一出口与第一回热单元的第一入口连接。

[0007] 在本发明的一个示例性实施例中,所述弹性回热系统还可以包括:第二回热单元,第二回热单元包括:换热器、输水管道和疏水管道;换热器的热源入口与蓄热罐的第二出口连接,换热器的冷源入口与输水管道的出口连接,换热器的热源出口与锅炉的入口连接,换热器的冷源出口与疏水管道的入口连接。

[0008] 在本发明的一个示例性实施例中,汽轮机由多个不同压力级别的汽缸组成,第一回热单元、第二回热单元和/或储热单元的设置数量可以为至少一个,单个第一回热单元和/或储热单元与汽轮机内的至少一个汽缸连接,单个第二回热单元与至少一个储热单元

连接。

[0009] 在本发明的一个示例性实施例中,凝汽器与第一回热单元之间可以设置有除氧器和泵组。

[0010] 在本发明的一个示例性实施例中,汽轮机的第一出口处可设置有逆止阀。

[0011] 在本发明的一个示例性实施例中,疏水管道和/或输水管道的入口可与凝汽器的出口连接。

[0012]

[0013]

[0014] 在本发明的一个示例性实施例中,喷淋水管道的入口可与机组再热器的冷源出口连接。

[0015] 本发明另一方面提供了一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热方法,所述弹性回热方法通过如上所述的弹性回热系统实现,包括:正常运行阶段、降负荷阶段和升负荷阶段;在正常运行阶段,利用一部分汽轮机抽汽的热能在第一回热单元内加热汽轮机排汽所冷凝形成的凝结水,并将加热后的凝结水作为锅炉给水输送至锅炉;在降负荷阶段,将一部分汽轮机抽汽预先储存在蓄热罐内,并通过向蓄热罐内喷水将蓄热罐内的温度维持为抽汽管道内抽汽压力所对应的饱和温度;在升负荷阶段,蓄热罐内储存的一部分工质依靠其与第一回热单元内因工质冷凝形成液体所导致的压力差自流进第一回热单元,并在第一回热单元中参与利用汽轮机抽汽加热凝结水的过程,所述工质为抽汽与喷水形成的混合物。

[0016] 在本发明的另一个示例性实施例中,所述弹性回热方法还可以包括:在升负荷阶段,将蓄热罐内储存的另一部分工质输送至第二回热单元与冷水进行换热,并将换热后的热水作为锅炉给水输送至锅炉,将换热后的疏水作为凝结水输送至第一回热单元。

[0017] 在本发明的另一个示例性实施例中,第一回热单元出口的水温可与第二回热单元热源出口的水温相同。

[0018] 通过本发明提供的技术方案,本发明至少具有如下技术效果:

[0019] (1)本发明的弹性回热系统可以在燃煤发电机组高负荷时,通过蓄热罐储存汽轮发电系统中的抽汽热能,以及在燃煤发电机组低负荷时,通过释放储存于蓄热罐内的抽汽热能,用于加热锅炉给水,实现了对燃煤发电机组变负荷速率的提升,提高了电力系统的稳定性和供电质量;

[0020] (2)本发明对于蓄热罐的设计使得抽汽热量的储存和释放更加高效,降低了能量损失,提高了弹性回热系统的经济性。

[0021] 本发明的其它特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

## 附图说明

[0022] 附图是用来提供对本发明实施例的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本发明实施例,但并不构成对本发明实施例的限制。在附图中:

[0023] 图1为本发明实施例提供的一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统的结构示意图;

[0024] 图2为本发明实施例提供的另一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统的结构示意图。

[0025] 附图标记说明

[0026] 11-给水旁路汇入口,12-给水旁路,13-给水旁路加热器,14-高压蓄热罐供能管道,15-高压蓄热罐供能管道调节阀组,16-高压蓄热罐,17-高压喷淋器,18-高压喷淋调节阀组,19-高压喷淋供水管道,110-给水旁路调节阀组,111-给水旁路取水口,112-高压蓄热罐储能管道,113-高压蓄热罐储能管道调节阀组,114-高压逆止阀,115-高压供能管道疏水,116-汽轮机高压抽汽管三通,21-凝结水旁路汇入口,22-凝结水旁路,23-凝结水旁路加热器,24-低压蓄热罐供能管道,25-低压蓄热罐供能管道调节阀组,26-低压蓄热罐,27-低压喷淋器,28-低压喷淋水调节阀组,29-低压喷淋水管道,210-凝结水旁路调节阀组,211-凝结水旁路取水口,212-低压蓄热罐储能管道,213-低压蓄热罐储能管道调节阀组,214-低压逆止阀,215-低压供能管道疏水,216-汽轮机低压抽汽管三通,31-锅炉,32-高压蒸汽管道,33-汽轮机高压汽缸,34-低压蒸汽管道,35-汽轮机低压汽缸,36-排汽管道,37-凝汽器,38-凝结水水泵,39-凝结水管道,310-低压加热器组,311-低压抽汽管道,312-除氧器,313-给水泵,314-给水管道,315-高压抽汽管道,316-高压加热器组,317-发电机。

## 具体实施方式

[0027] 以下结合附图对本发明实施例的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明实施例,并不用于限制本发明实施例。

[0028] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0029] 在本发明中,“第一”、“第二”等仅仅是为了方便描述和便于区分,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0030] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“连接”等应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体式连接;可以是直接连接,也可以是间接连接;可以是有线连接,也可以是无线连接。对于本领域的普通技术人员而言,可视具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0031] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0032] 本发明实施例提供了一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统,该弹性回热系统由燃煤发电子系统和储热调峰子系统组成。其中,燃煤发电子系统用于完成燃煤发电,可包括汽轮机、发电机、凝汽器、抽汽管道、排汽管道、第一回热单元和锅炉等结构;储热调峰子系统用于调整燃煤发电机组的负荷能力,可包括储热单元。

[0033] 具体地,在整个弹性回热系统中,发电机与汽轮机连接,汽轮机的入口与锅炉的出口连接,汽轮机的第一出口通过抽汽管道与第一回热单元的第一入口连接,汽轮机的第二出口通过排汽管道与凝汽器的入口连接,凝汽器的出口与第一回热单元的第二入口连接,第一回热单元的出口与锅炉的入口连接。第一回热单元的作用是利用汽轮机抽汽的热能对凝汽器输出的凝结水进行加热,第一回热单元可设置为加热器,且加热器的数量可为一个或多个,具体可根据整个弹性回热系统的回热需求确定。如此,可以在利用锅炉产生的高温高压蒸汽驱动汽轮机旋转并带动发电机发电的同时,回收汽轮机排汽所冷凝形成的凝结

水,并利用一部分汽轮机抽汽的热能来对凝结水进行加热,加热后的凝结水可作为锅炉给水进入锅炉再次产生高温高压蒸汽以供后续发电。

[0034] 储热单元的作用是在燃煤发电机组高负荷时,储存一部分的汽轮机抽汽,以及在燃煤发电机组低负荷时,释放预先储存的汽轮机抽汽以用于凝结水加热。储热单元可包括蓄热罐、喷淋器和喷淋水管道,其中,喷淋器设置在蓄热罐内,喷淋水管道通过蓄热罐的第一入口与喷淋器连接,汽轮机的第一出口通过抽汽管道与蓄热罐的第二入口连接,蓄热罐的第一出口与第一回热单元的第一入口连接。如此,当燃煤发电机组需要降负荷时,汽轮机抽汽通过抽汽管道进入蓄热罐内,通过喷淋器向蓄热罐内喷水减温,可将蓄热罐内的温度维持为抽汽管道内抽汽压力所对应的饱和温度$t_1$。因抽汽不断凝结成为水,蓄热罐内形成压力差,故抽汽管道内的抽汽可以源源不断地进入蓄热罐中,直至蓄热罐达到最大储热容积。而当燃煤发电机组需要升负荷时,蓄热罐内存储的工质(即抽汽和喷水形成的混合物)可依靠其与第一回热单元内工质冷凝形成的液体所导致的压力差自流进第一回热单元,并在第一回热单元中对凝汽器输出的凝结水进行加热。

[0035] 进一步地,在一种可能的实施方式中,所述弹性回热系统还可以包括第二回热单元,第二回热单元的作用是回收蓄热罐内抽汽的热能用于加热锅炉给水。第二回热单元可包括换热器、输水管道和疏水管道,其中,换热器的热源入口与蓄热罐的第二出口连接,换热器的冷源入口与输水管道的出口连接,换热器的热源出口与锅炉的入口连接,换热器的冷源出口与疏水管道的入口连接。如此,当燃煤发电机组需要升负荷时,蓄热罐内存储的抽汽不仅可以自流入第一回热单元参与凝结水的加热,还可以进入换热器与旁路的凝结水进行换热,这两种途径所获得的热水都可以作为锅炉给水输送至锅炉,从而实现快速减小汽轮机抽汽量。

[0036] 进一步地,在一种可能的实施方式中,汽轮机由多个不同压力级别的汽缸组成,第一回热单元、第二回热单元、储热单元的设置数量都可为一个或多个。单个第一回热单元可以与汽轮机内的至少一个汽缸连接,单个储热单元可以与汽轮机内的至少一个汽缸连接,单个第二回热单元可以与至少一个储热单元连接。换句话说,第一回热单元与汽轮机内的多个汽缸配合使用,可以采用一对一或一对多的方式布置;同理,储热单元也与汽轮机内的多个汽缸配合使用,可以采用一对一或一对多的方式布置;第二回热单元与储热单元配合使用,可以采用一对一或一对多的方式布置。

[0037] 进一步地,在一种可能的实施方式中,凝汽器与第一回热单元之间可以设置有除氧器和泵组。除氧器用于去除凝结水中的氧气,以防止凝结水中的氧气对汽轮机和相关设备造成腐蚀和损坏。泵组用于将提升凝结水压力。

[0038] 进一步地,在一种可能的实施方式中,汽轮机的第一出口处设置有逆止阀,逆止阀用于防止抽汽管道内的抽汽倒流回汽轮机。

[0039] 进一步地,在一种可能的实施方式中,疏水管道和/或输水管道的入口可以与凝汽器的出口连接。在燃煤发电机组需要升负荷时,凝汽器输送的凝结水可以通过输水管道进入换热器与蓄热罐内释放的抽汽进行换热,换热后的凝结水用于锅炉给水,换热后的疏水通过疏水管道可流入第一回热单元,参与其他凝结水的加热过程,如此可实现凝结水的循环利用,提高能源利用率,降低燃煤电厂的能耗和排放。

[0040] 进一步地,在一种可能的实施方式中,喷淋水管道的入口可以与机组再热器的冷

源出口连接。

[0041] 本发明实施例还提供了一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热方法，该弹性回热方法通过上述实施例中的提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统实现，包括正常运行阶段、降负荷阶段和升负荷阶段这三个阶段。

[0042] 具体地，在正常运行阶段，利用一部分汽轮机抽汽的热能在第一回热单元内加热汽轮机排汽所冷凝形成的凝结水，并将加热后的凝结水作为锅炉给水输送至锅炉。

[0043] 在降负荷阶段，将一部分汽轮机抽汽预先储存在蓄热罐内，并通过向蓄热罐内喷水将蓄热罐内的温度维持为抽汽管道内抽汽压力所对应的饱和温度。

[0044] 在升负荷阶段，蓄热罐内储存的一部分工质(即抽汽与喷水形成的混合物)依靠其与第一回热单元内因工质冷凝形成液体所导致的压力差自流进第一回热单元，并在第一回热单元中参与利用汽轮机抽汽加热凝结水的过程。

[0045] 进一步地，在一种可能的实施方式中，所述弹性回热方法还包括：在升负荷阶段，释放蓄热罐内的一部分工质用于加热锅炉给水的同时，将蓄热罐内储存的另一部分工质输送至第二回热单元与冷水进行换热，并将换热后的热水作为锅炉给水输送至锅炉，将换热后的疏水作为凝结水输送至第一回热单元。

[0046] 进一步地，在一种可能的实施方式中，第一回热单元出口的水温可以与第二回热单元热源出口的水温相同。

[0047] 为了更好地理解本发明的上述示例性实施例，下面结合具体示例和附图对其进行进一步地说明。

[0048] 示例1

[0049] 如图1所示，一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统由高压蓄/供热灵活调节部分、低压蓄/供热灵活调节部分和原燃煤发电机组部分组成。其中，高压蓄/供热灵活调节部分由高压蓄热罐、给水旁路加热器以及相应的管道、阀门、三通和其他设备组成，低压蓄/供热灵活调节部分由高压蓄热罐、凝结水旁路加热器以及相应的管道、阀门、三通和其他设备组成，原燃煤发电机组部分可以是任意形式的燃煤发电机组，典型部件包括锅炉、汽轮机、发电机、凝汽器、加热器、回热管道、泵等。

[0050] 具体地，在高压蓄/供热灵活调节部分，高压蓄热罐16通过高压蓄热罐储能管道112与汽轮机高压抽汽管三通116相连，汽轮机高压抽汽管三通116的另一端连接汽轮机高压汽缸33的高压抽汽管道315。为防止抽汽倒流进汽轮机，在高压抽汽管道315上增设高压逆止阀114。高压蓄热罐储能管道112上装设有高压蓄热罐储能管道调节阀组113，该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。

[0051] 高压蓄热罐16内设置有高压喷淋器17，高压喷淋器17通过高压喷淋供水管道19与喷淋水相连。高压喷淋供水管道19上设有高压喷淋调节阀组18，该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。高压喷淋供水管道19上的喷淋水优选为机组再热器减温水或过热减温水，根据高压蓄热罐16的压力进行匹配。

[0052] 此外，高压蓄热罐16还通过高压蓄热罐供能管道14与给水旁路加热器13相连。给水旁路加热器优选为板式换热器，换热介质为来自高压蓄热罐16的汽和来自给水旁路12的水。高压蓄热罐供能管道14上设有高压蓄热罐供能管道调节阀组15，该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。

[0053] 高压蓄热罐16的汽在给水旁路加热器13内将热量传递给给水旁路12的水后,经高压供能管道疏水115进入除氧器312。

[0054] 给水旁路12的水来自给水泵313出口的旁路给水取水口(三通)111,在经过高压蓄热罐16的汽加热后升温,进入旁路给水汇入口(三通)11,最终进入锅炉31。给水旁路12上设有给水旁路调节阀组110,该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。

[0055] 在低压蓄/供热灵活调节部分,低压蓄热罐26通过低压蓄热罐储能管道212与汽轮机低压抽汽管三通216相连,汽轮机低压抽汽管三通216的另一端连接汽轮机低压汽缸35的低压抽汽管道311。为防止抽汽倒流进汽轮机,在低压抽汽管道311上增设低压逆止阀214。低压蓄热罐储能管道212上装设有低压蓄热罐储能管道调节阀组213,该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。

[0056] 低压蓄热罐26内包括低压喷淋器27,低压喷淋器27通过低压喷淋水管道29与喷淋水相连。低压喷淋水管道29上设有低压喷淋水调节阀组28,该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。低压喷淋水管道29上的喷淋水优选为凝汽器37出口的凝结水。

[0057] 此外,低压蓄热罐26还通过低压蓄热罐供能管道24与凝结水旁路加热器23相连。凝结水旁路加热器优选为板式换热器,换热介质为来自低压蓄热罐26的汽和来自凝结水旁路22的水。低压蓄热罐供能管道24上设有低压蓄热罐供能管道调节阀组25,该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。

[0058] 低压蓄热罐26的汽在凝结水旁路加热器23内将热量传递给凝结水旁路22的水后,经低压供能管道疏水215进入凝汽器37。

[0059] 凝结水旁路22的水来自凝结水水泵37出口的凝结水取水口(三通)211,在经过低压蓄热罐26的汽加热后升温,进入凝结水汇入口(三通)21,最终进入除氧器312。凝结水旁路22上设有凝结水旁路调节阀组210,该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。

[0060] 在原燃煤发电机组部分,汽轮机包括汽轮机高压汽缸33和汽轮机低压汽缸35。汽轮机高压汽缸33为汽轮机系统的高压部分,可以是燃煤发电机组的超高压缸、高压缸等;汽轮机低压汽缸35为汽轮机系统的低压部分,可以是燃煤发电机组的中压缸、低压缸等。

[0061] 高压加热器组316布置在给水管道314上,并通过高压抽汽管道315与汽轮机高压汽缸33相连。低压加热器组310布置在凝结水管道39上,并通过低压抽汽管道311与汽轮机低压汽缸35相连。

[0062] 高压蒸汽管道32连接锅炉31和汽轮机高压汽缸33。低压蒸汽管道34连接汽轮机高压汽缸33和汽轮机低压汽缸35。排汽管道36连接汽轮机低压汽缸35和凝汽器37。凝结水管道39连接凝汽器37和除氧器312。给水管道314连接除氧器312和锅炉31。

[0063] 凝结水泵38位于凝汽器37和低压加热器组310之间。给水泵313位于除氧器312和高压加热器组316之间。

[0064] 本示例中的弹性回热系统调节燃煤发电机组变负荷速率的原理是:利用高压蓄/供热灵活调节部分和低压蓄/供热灵活调节部分快速调整汽轮机抽汽量,从而改变汽轮机的出力,进而调整负荷。具体为,当机组需要降负荷时,利用蓄热罐加大从汽轮机的抽汽,储存在蓄热罐内,从而提升机组降负荷速率;当机组需要升负荷时,从蓄热罐放汽同时进入第一回热单元和第二回热单元,减少汽轮机的抽汽,从而提升机组升负荷速率。

[0065] 当需要提高燃煤机组降负荷速率时,利用本示例中的弹性回热系统进行储热调峰的具体流程如下。

[0066] 步骤A1:在燃煤机组高负荷运行时,接到降负荷指令。

[0067] 步骤A2:向高压蓄/供热灵活调节部分充能,具体为:打开高压蓄热罐储能管道调节阀组113,将抽汽通过汽轮机高压抽汽管三通116储存到高压蓄热罐16中。抽汽进入高压蓄热罐16的同时,打开高压喷淋调节阀组18向高压蓄热罐16内喷水减温,维持高压蓄热罐16内的温度为高压抽汽管道315内抽汽压力所对应的饱和温度$t_1$。因抽汽不断凝结成为水,高压蓄热罐16内形成压力差,故汽轮机高压抽汽管三通116内的抽汽可以源源不断进入高压蓄热罐16中,直至高压蓄热罐16达到最大储热容积。

[0068] 步骤A3:向低压蓄/供热灵活调节部分充能,具体为:打开低压蓄热罐储能管道调节阀组213,将抽汽通过汽轮机低压抽汽管三通216储存到低压蓄热罐26中。抽汽进入低压蓄热罐26的同时,打开低压喷淋水调节阀组28向低压蓄热罐26内喷水减温,维持低压蓄热罐26内的温度为低压抽汽管道311内抽汽压力所对应的饱和温度$t_2$。因抽汽不断凝结成为水,低压蓄热罐26内形成压力差,故汽轮机低压抽汽管三通216内的抽汽可以源源不断进入低压蓄热罐26中,直至低压蓄热罐26达到最大储热容积。

[0069] 上述步骤A2、A3既可以同时操作,也可以独立操作,通过步骤A2、A3,可以提高汽轮机的抽汽量,并将其储存到弹性回热系统中,增强燃煤发电机组的降负荷能力。同时,因为汽轮机的抽汽量增加,冷源损失减少,也可以提高燃煤发电机组的经济性。

[0070] 当需要提高燃煤机组升负荷速率时,利用本示例中的弹性回热系统进行储热调峰的具体流程如下。

[0071] 步骤B1:在燃煤机组低负荷运行时,接到升负荷指令。

[0072] 步骤B2:高压蓄/供热灵活调节部分放能,具体为:打开高压蓄热罐供能管道调节阀组15和给水旁路调节阀组110,将高压蓄热罐16存储的热量释放给给水旁路的水,控制给水旁路水流量和高压蓄热罐供能管道放热量,使给水旁路加热器13的出口水温与高压加热器组316的出口水温保持一致。高压蓄热罐16内的工质释放热量后,产生的疏水通过高压供能管道疏水115进入除氧器312。

[0073] 步骤B3:低压蓄/供热灵活调节部分放能,具体为:打开低压蓄热罐供能管道调节阀组25和凝结水旁路调节阀组210,将低压蓄热罐26存储的热量释放给凝结水旁路的水,控制凝结水旁路水流量和低压蓄热罐供能管道放热量,使凝结水旁路加热器23的出口水温与低压加热器组310的出口水温保持一致。低压蓄热罐26的工质释放热量后,产生的疏水通过低压供能管道疏水215进入凝汽器37。

[0074] 上述步骤B2、B3既可以同时操作,也可以独立操作,通过步骤B2、B3,可以将弹性回热系统中存储的热量释放给汽轮机的回热单元,排挤汽轮机的抽汽量,增强燃煤发电机组的升负荷能力。

[0075] 示例2

[0076] 如图2所示,一种提升燃煤发电机组变负荷速率的弹性回热系统由高压蓄/供热灵活调节部分、低压蓄/供热灵活调节部分和原燃煤发电机组部分。其中,高压蓄/供热灵活调节部分由高压蓄热罐、以及相应的管道、阀门、三通和其他设备组成,低压蓄/供热灵活调节部分由高压蓄热罐、以及相应的管道、阀门、三通和其他设备组成,原燃煤发电机组部分可

以是任意形式的燃煤发电机组,典型部件包括锅炉、汽轮机、发电机、凝汽器、加热器、回热管道、泵等。与上述示例中的弹性回热系统相比,本示例不设置给水旁路加热器13和凝结水旁路加热器23及相应的管道和阀门。

[0077] 具体地,在高压蓄/供热灵活调节部分,高压蓄热罐16通过高压蓄热罐储能管道112与汽轮机高压抽汽管三通116相连,汽轮机高压抽汽管三通116的另一端连接汽轮机高压汽缸33的高压抽汽管道315。为防止抽汽倒流进汽轮机,在高压抽汽管道315上增设高压逆止阀114。高压蓄热罐储能管道112上装设有高压蓄热罐储能管道调节阀组113,该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。

[0078] 高压蓄热罐16内设置有高压喷淋器17,高压喷淋器17通过高压喷淋供水管道19与喷淋水相连。高压喷淋供水管道19上设有高压喷淋调节阀组18,该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。高压喷淋供水管道19上的喷淋水优选为机组再热器减温水或过热减温水,根据高压蓄热罐16的压力进行匹配。

[0079] 在低压蓄/供热灵活调节部分,低压蓄热罐26通过低压蓄热罐储能管道212与汽轮机低压抽汽管三通216相连,汽轮机低压抽汽管三通216的另一端连接汽轮机低压汽缸35出口处的低压抽汽管道311。为了防止抽汽倒流进汽轮机,在低压抽汽管道311上增设低压逆止阀214。低压蓄热罐储能管道212上装设有低压蓄热罐储能管道调节阀组213,该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。

[0080] 低压蓄热罐26内包括低压喷淋器27,低压喷淋器27通过低压喷淋水管道29与喷淋水相连。低压喷淋水管道29上设有低压喷淋水调节阀组28,该调节阀组包括任意数量的关断阀、调节阀和减压阀。低压喷淋水管道29上的喷淋水优选为机组凝汽器37出口的凝结水。

[0081] 在原燃煤发电机组部分,汽轮机包括汽轮机高压汽缸33和汽轮机低压汽缸35。汽轮机高压汽缸33为汽轮机系统的高压部分,可以是燃煤发电机组的超高压缸、高压缸等;汽轮机低压汽缸35为汽轮机系统的低压部分,可以是燃煤发电机组的中压缸、低压缸等。

[0082] 高压加热器组316布置在给水管道314上,并通过高压抽汽管道315与汽轮机高压汽缸33相连。低压加热器组310布置在凝结水管道39上,并通过低压抽汽管道311与汽轮机低压汽缸35相连。

[0083] 高压蒸汽管道32连接锅炉31和汽轮机高压汽缸33。低压蒸汽管道34连接汽轮机高压汽缸33和汽轮机低压汽缸35。排汽管道36连接汽轮机低压汽缸35和凝汽器37。凝结水管道39连接凝汽器37和除氧器312。给水管道314连接除氧器312和锅炉31。

[0084] 凝结水泵38位于凝汽器37和低压加热器组310之间。给水泵313位于除氧器312和高压加热器组316之间。

[0085] 本示例中的弹性回热系统调节燃煤发电机组变负荷速率的原理是:利用高压蓄/供热灵活调节部分和低压蓄/供热灵活调节部分快速调整汽轮机抽汽量,从而改变汽轮机的出力,进而调整负荷。具体为,当机组需要降负荷时,利用蓄热罐加大从汽轮机的抽汽,储存在蓄热罐内,从而提升机组降负荷速率;当机组需要升负荷时,从蓄热罐放汽进入第一回热单元,减少汽轮机的抽汽,从而提升机组升负荷速率。

[0086] 当需要提高燃煤机组降负荷速率时,利用本示例中的弹性回热系统进行储热调峰的流程与上述示例中的流程相同,具体为:

[0087] 步骤A1:在燃煤机组高负荷运行时,接到降负荷指令。

[0088] 步骤A2:向高压蓄/供热灵活调节部分充能,具体为:打开高压蓄热罐储能管道调节阀组113,将抽汽通过汽轮机高压抽汽管三通116储存到高压蓄热罐16中。抽汽进入高压蓄热罐16的同时,打开高压喷淋调节阀组18向高压蓄热罐16内喷水减温,维持高压蓄热罐16内的温度为高压抽汽管道315内抽汽压力所对应的饱和温度$t_1$。

[0089] 步骤A3:向低压蓄/供热灵活调节部分充能,具体为:打开低压蓄热罐储能管道调节阀组213,将抽汽通过汽轮机低压抽汽管三通216储存到低压蓄热罐26中。抽汽进入低压蓄热罐26的同时,打开低压喷淋水调节阀组28向低压蓄热罐26内喷水减温,维持低压蓄热罐26内的温度为低压抽汽管道311内抽汽压力所对应的饱和温度$t_2$。

[0090] 上述步骤A2、A3既可以同时操作,也可以独立操作,

[0091] 当需要提高燃煤机组升负荷速率时,因本示例中的弹性回热系统中不存在给水旁路加热器13和凝结水旁路加热器23,在升负荷阶段,存储在高压蓄热罐16和低压蓄热罐26中的需要依靠高压蓄热罐储能管道112和低压蓄热罐储能管道212返回高压加热器组316和低压加热器组310中去。利用本示例中的弹性回热系统进行储热调峰的具体流程如下。

[0092] 步骤C1:在燃煤机组低负荷运行时,接到升负荷指令。

[0093] 步骤C2:高压蓄/供热灵活调节部分放能,具体为:打开高压蓄热罐储能管道调节阀组113,高压蓄热罐16中的存储的工质依靠其与高压加热器组316中工质冷凝形成液体所导致的压力差自流进高压加热器组316,并在高压加热器316中与给水管道314中的水形成换热,排挤汽轮机高压汽缸33中的抽汽,从而提高机组升负荷速率。

[0094] 步骤C3:低压蓄/供热灵活调节部分放能,具体为:打开低压蓄热罐储能管道调节阀组213,低压蓄热罐26中存储的工质依靠其与低压加热器组310中工质冷凝形成液体所导致的压力差自流进低压加热器组310,并在低压加热器310中与凝结水管道310中的水形成换热,排挤汽轮机低压汽缸35中的抽汽,从而提高机组升负荷速率。

[0095] 上述步骤C2、C3既可以同时操作,也可以独立操作,

[0096] 与上述示例中的弹性回热系统相比,本示例中的弹性回热系统不设置给水旁路加热器13和凝结水旁路加热器23及相应的管道和阀门,因此弹性回热系统中存储的热量通过储能管道返回原加热器中与水进行换热,系统更加简洁。

[0097] 以上结合附图详细描述了本发明的优选实施方式,但是,本发明并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明的技术构思范围内,可以对本发明的技术方案进行多种简单变型,这些简单变型均属于本发明的保护范围。

[0098] 另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合,为了避免不必要的重复,本发明对各种可能的组合方式不再另行说明。

[0099] 此外,本发明的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本发明的思想,其同样应当视为本发明所公开的内容。

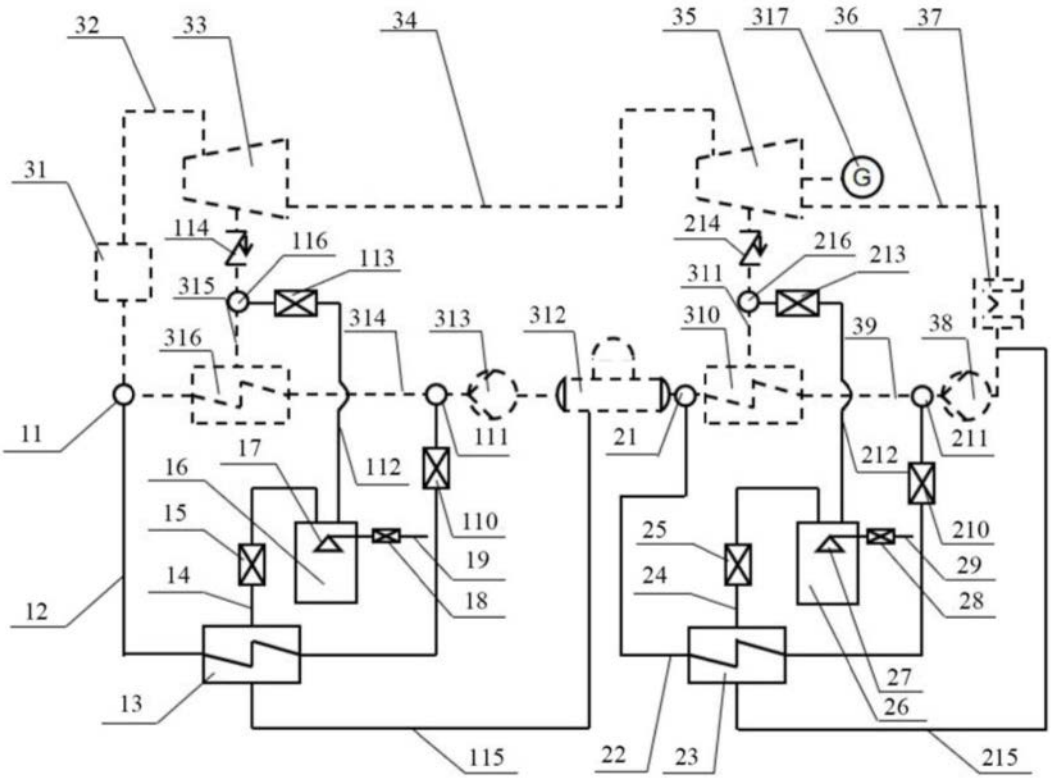

32
33
34
35
317
36
37
G
31
114
116
113
315
214
216
213
311
314
313
312
310
39
38
316
11
111
21
211
17
112
212
16
110
210
15
19
25
29
14
18
24
28
12
27
13
26
115
22
23
215

图1

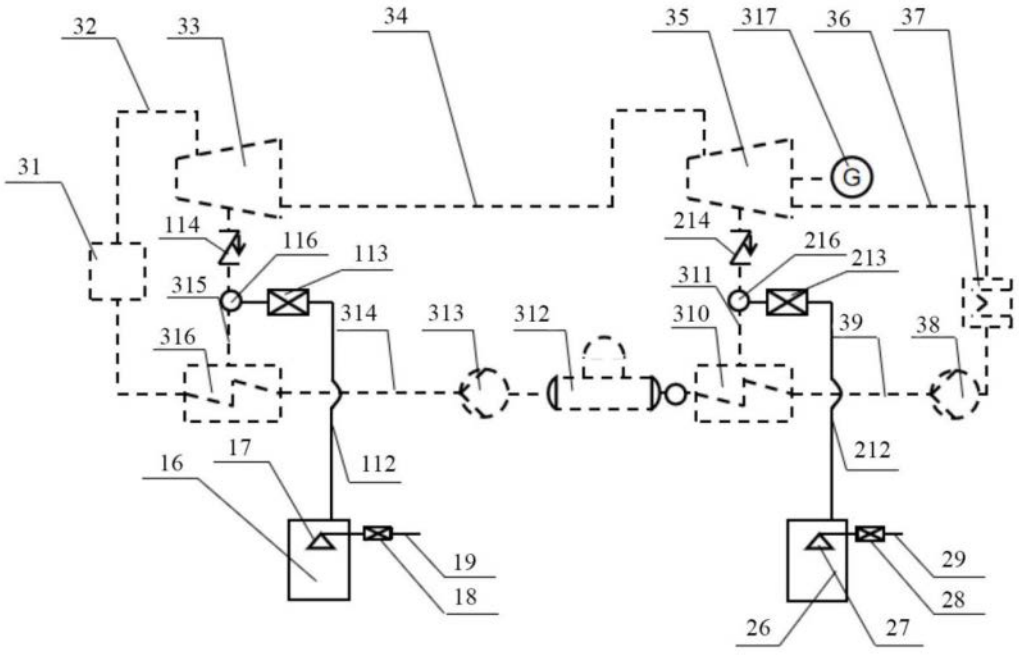

32
33
34
35
317
36
37
G
31
114
116
113
214
216
213
315
311
314
313
312
310
39
38
316
17
112
212
16
19
29
18
28
26
27

图2