



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107196461 B

(45)授权公告日 2019.03.01

(21)申请号 201710605690.7

(22)申请日 2017.07.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107196461 A

(43)申请公布日 2017.09.22

(73)专利权人 北京金风科创风电设备有限公司

地址 100176 北京市大兴区北京经济技术
开发区康定街19号

(72)发明人 王丁会 夏静 李锦辉

(74)专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限
公司 11286

代理人 钱海洋 金光军

(51)Int.Cl.

H02K 9/19(2006.01)

H02K 9/10(2006.01)

(56)对比文件

CN 104377884 A, 2015.02.25,

CN 102518566 A, 2012.06.27,

审查员 霍艳

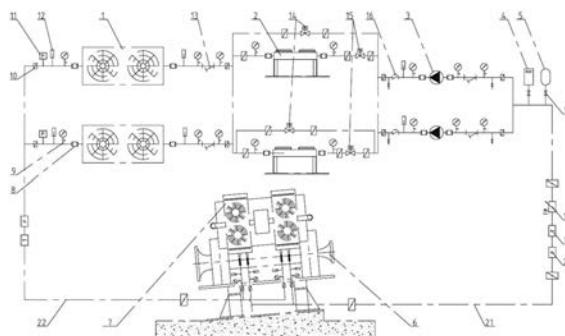
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

复合冷却系统

(57)摘要

本发明提供一种复合冷却系统,所述复合冷却系统用于对电机进行冷却,所述复合冷却系统包括:空-液换热器、管路、泵组单元、至少一种冷却单元、控制单元和阀门,所述空-液换热器安装在所述电机上,所述管路包括冷却液并形成冷却回路,所述泵组单元驱动所述冷却液流经至少一种所述冷却单元,所述阀门单元设置在所述管路上以在所述控制单元的控制下控制至少一种所述冷却单元的切换接入,所述控制单元用于根据环境温度控制至少一种所述冷却单元的接入运行,并且调节所述阀门的开度,确保所述冷却液流经运行的冷却单元。



1. 一种复合冷却系统,所述复合冷却系统用于对电机进行冷却,其特征在于,包括:空-液换热器(7)、管路、泵组单元、包括冷却塔(38)的至少一种冷却单元、控制单元和阀门单元,

所述空-液换热器(7)安装在所述电机上,

所述管路包括冷却液并形成冷却回路,

所述泵组单元用于驱动所述冷却液流经至少一种所述冷却单元,

所述阀门单元设置在所述管路上,以在所述控制单元的控制下控制至少一种所述冷却单元的切换接入,

其中,所述复合冷却系统还包括液-液换热器(31),至少一种所述冷却单元还包括水冷冷水机组(36),所述泵组单元包括循环水泵(3)、冷冻水泵(29)和冷却水泵(30),所述液-液换热器(31)将所述冷却回路分为第一冷却回路和第二冷却回路,所述循环水泵(3)、所述空-液换热器(7)和所述液-液换热器(31)形成所述第一冷却回路,所述冷冻水泵(29)、所述液-液换热器(31)和所述水冷冷水机组(36)形成所述第二冷却回路,

所述阀门单元包括第五电动阀(25)、第六电动阀(26)、第七电动阀(27)和第八电动阀(28),所述第二冷却回路包括冷却路径和冷冻路径,所述第五电动阀(25)和所述第七电动阀(27)设置在所述冷却路径上,控制所述冷却路径的开闭,所述第六电动阀(26)和所述第八电动阀(28)设置在所述冷冻路径上,控制所述冷冻路径的开闭,

所述控制单元用于根据地区环境温度控制至少一种所述冷却单元的接入运行,并且调节所述阀门单元的开度,确保所述冷却液流经至少一种所述冷却单元中的运行的冷却单元,以实现冷却。

2. 根据权利要求1所述的复合冷却系统,其特征在于,所述控制单元,还用于在所述冷却液的温度小于阈值温度时,通过变频控制的方式降低所述空-液换热器(7)的转速或降低所述泵组单元的驱动电机的转速。

3. 根据权利要求1所述的复合冷却系统,其特征在于,所述控制单元,还用于根据所述地区环境温度控制至少一种所述冷却单元的启停。

4. 根据权利要求1所述的复合冷却系统,其特征在于,所述控制单元还用于进行如下控制:

在所述地区环境温度大于或等于第二预定温度时,控制所述冷却塔进行喷雾工作;

在所述地区环境温度小于第二预定温度时,控制所述冷却塔停止喷雾工作。

5. 根据权利要求1所述的复合冷却系统,其特征在于,所述控制单元,具体用于进行如下控制:

在所述地区环境温度大于第二预定温度时,控制所述水冷冷水机组(36)启动,控制所述第五电动阀(25)和所述第七电动阀(27)关闭,并控制所述第六电动阀(26)和第八电动阀(28)打开,以激活所述冷冻路径;

在所述地区环境温度小于第一预定温度时,控制所述水冷冷水机组(36)停止,控制所述第六电动阀(26)和所述第八电动阀(28)关闭,并控制所述第五电动阀(25)和所述第七电动阀(27)打开以激活所述冷却路径,并控制所述冷却塔(38)停止喷雾工作;

在所述地区环境温度小于或者等于所述第二预定温度且大于或者等于所述第一预定温度时,控制所述水冷冷水机组(36)停止,控制所述第六电动阀(26)和所述第八电动阀

(28) 关闭,并控制所述第五电动阀 (25) 和所述第七电动阀 (27) 打开,以激活所述冷却路径。

6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的复合冷却系统,其特征在于,所述空-液换热器 (7) 为多个,多个所述空-液换热器 (7) 沿周向布置在所述电机上,多个所述空-液换热器 (7) 的供回水管路采用同程设计。

7. 根据权利要求1至5中的任一项所述的复合冷却系统,其特征在于,所述复合冷却系统还包括设置在所述管路上的流量传感器 (18)、温度传感器 (19) 及压力传感器 (20),用于对所述复合冷却系统的运行状况的监控。

8. 根据权利要求1至5中的任一项所述的复合冷却系统,其特征在于,所述电机为拖动电机。

9. 根据权利要求1至5中的任一项所述的复合冷却系统,其特征在于,所述管路与所述复合冷却系统内的各个部件之间通过软连接 (8) 连接。

复合冷却系统

技术领域

[0001] 本发明涉及冷却系统,更具体地讲,涉及用于对电机进行冷却的复合冷却系统,尤其涉及用于大型直驱风力发电机的拖动电机的复合冷却系统。

背景技术

[0002] 随着化石能源储量的逐步降低,全球能源危机正在日益逼近。以化石能源为主的能源结构是不可持续的,作为绿色能源的风能正备受瞩目。

[0003] 随着风能开发力度的不断加大,不断增大风力发电机组的单机容量已成为风力发电领域的发展趋势。风力发电机组往往处于偏远、无人值守区域,这对风力发电机组的稳定性、可靠性及免维护性提出了较高的要求。在风力发电机组上天之前,需要对整个风力发电机组的散热系统、电气、主控、机械结构等设计的可靠性及稳定性进行验证。因此,需要提供相应的拖动电机,拖动电机可输出一定的扭矩拖动被试的风力发电机组,由此通过模拟叶轮的驱动来实现对被试风力发电机组的整体性能的测试。

[0004] 考虑到电机效率及传动链损耗,拖动电机的容量必须大于被试风力发电机组的容量,并且需要通过与之相匹配的合适的冷却系统,从而及时有效地带走拖动电机运行过程所产生的热量,确保足够的扭矩输出,最终保证风力发电机组平稳地运行。

[0005] 传统的风力发电机组多采用空冷技术、空-水冷技术及空-水-空冷却技术,但其对于大容量的拖动电机,在应用上皆有所限制。尤其对于国内尚未有满足大于6MW被试机的拖动电机,因而如何实现大型风力发电机拖动电机冷却系统占用实验室内更小的空间、提供足够的冷负荷、保证被试端可靠运行、并具备较低的能耗,成为需要解决的问题。

发明内容

[0006] 本发明的目的之一在于提供一种能够提供充足的冷负荷的复合冷却系统。

[0007] 本发明的另一目的在于提供一种能够根据环境温度控制至少一种冷却单元的启停和/或接入的复合冷却系统。

[0008] 根据本发明的一方面,提供一种复合冷却系统,该复合冷却系统用于对电机进行冷却并可包括:空-液换热器、管路、泵组单元、至少一种冷却单元、控制单元和阀门单元,空-液换热器安装在电机上,管路包括冷却液并形成冷却回路,泵组单元用于驱动冷却液流经至少一种冷却单元,阀门单元设置在管路上,以在控制单元的控制下控制至少一种冷却单元的切换接入,控制单元用于根据环境温度控制至少一种冷却单元的接入运行,并且调节阀门单元的开度,确保冷却液流经运行的冷却单元。

[0009] 优选地,控制单元还可用于在冷却液的温度小于阈值温度时,通过变频控制的方式降低空-液换热器的转速或降低泵组单元的驱动电机的转速。

[0010] 优选地,控制单元还可用于根据环境温度控制至少一种冷却单元的启停。

[0011] 优选地,至少一种冷却单元包括风冷冷水机组和自然风冷模块,阀门单元与风冷冷水机组以及自然风冷模块连接,控制单元具体用于根据环境温度控制风冷冷水机组和自

然风冷模块中的至少一个的启停以及阀门单元的开关,以使冷却液流经风冷冷水机组和自然风冷模块中的至少一个。

[0012] 优选地,阀门可包括第一电动阀和第二电动阀,第二电动阀可以与自然风冷模块串联连接,第一电动阀可以与自然风冷模块以及第二电动阀并联连接。

[0013] 优选地,控制单元可具体用于进行如下控制:在环境温度大于第二预定温度时,控制风冷冷水机组启动,控制第一电动阀打开并控制第二电动阀关闭;在环境温度小于第一预定温度时,控制风冷冷水机组停止,控制第一电动阀关闭并控制第二电动阀打开;在环境温度大于或者等于第一预定温度且小于或者等于第二预定温度时,控制风冷冷水机组启动,控制第一电动阀关闭并控制第二电动阀打开。

[0014] 优选地,阀门单元可包括第三电动阀和第四电动阀,第三电动阀可以与自然风冷模块串联连接以形成第一冷却路径,第四电动阀可以与自然风冷模块串联连接以形成第二冷却路径,第一冷却路径和第二冷却路径可以并联。

[0015] 优选地,控制单元可具体进行如下控制:在环境温度大于第二预定温度时,控制风冷冷水机组启动,控制第三电动阀关闭,并控制第四电动阀打开;在环境温度小于第一预定温度时,控制风冷冷水机组停止,控制第三电动阀打开,并控制第四电动阀关闭;在环境温度大于或者等于第一预定温度且小于或者等于第二预定温度时,控制风冷冷水机组启动,控制第三电动阀打开并控制第四电动阀打开。

[0016] 优选地,至少一种冷却单元可包括冷却塔,冷却塔为管路提供充足的冷却液。

[0017] 优选地,控制单元还可用于进行如下控制:在环境温度大于或者等于第二预定温度时,控制冷却塔进行喷雾工作;在环境温度小于第二预定温度时,控制冷却塔停止喷雾工作。

[0018] 优选地,复合冷却系统还可包括液-液换热器,至少一种冷却单元还可包括水冷冷水机组,泵组单元可包括循环水泵、冷冻水泵和冷却水泵,液-液换热器可将冷却回路分为第一冷却回路和第二冷却回路,循环水泵、空-液换热器和液-液换热器可形成第一冷却回路,冷冻水泵、液-液换热器和水冷冷水机组可形成第二冷却回路。

[0019] 优选地,阀门单元可包括第五电动阀、第六电动阀、第七电动阀和第八电动阀,第二冷却回路可包括冷却路径和冷冻路径,第五电动阀和第七电动阀可设置在冷却路径上,控制冷却路径的开闭,第六电动阀和第八电动阀可设置在冷冻路径上,控制冷冻路径的开闭。

[0020] 优选地,控制单元可具体用于进行如下控制:在环境温度大于第二预定温度时,控制水冷冷水机组启动,控制第五电动阀和第七电动阀关闭,并控制第六电动阀和第八电动阀打开,以激活冷冻路径;在环境温度小于第一预定温度时,控制水冷冷水机组停止,控制第六电动阀和第八电动阀关闭,并控制第五电动阀和第七电动阀打开以激活冷却路径,并控制冷却塔停止喷雾工作;在环境温度小于或者等于第二预定温度且大于或者等于第一预定温度时,控制水冷冷水机组停止,控制第六电动阀和第八电动阀关闭,并控制第五电动阀和第七电动阀打开,以激活冷却路径。

[0021] 优选地,空-液换热器可以为多个,多个空-液换热器可沿周向布置在电机上,多个空-液换热器的供回水管路可采用同程设计,或者电机可以为拖动电机。

[0022] 优选地,复合冷却系统还可包括设置在管路上的流量传感器、温度传感器及压力

传感器,用于对复合冷却系统的运行状况的监控,或者管路与复合冷却系统内的各个部件之间可通过软连接进行连接。

[0023] 根据本发明的实施例,综合利用至少冷却单元为拖动电机提供充足的冷负荷。

[0024] 根据本发明的实施例,根据环境温度控制至少一种冷却单元的启停和/或接入,由此实现电机的高效冷却。

[0025] 根据本发明的实施例,通过对拖动电机上的空-液换热器管路的同程设计,确保整个拖动电机上的各个空-液换热器内冷却液流量的相对均匀,从而保证拖动电机散热的均匀性。

附图说明

[0026] 通过结合附图对下面的实施例的描述,本发明这些和/或其它方面及优点将会变得清楚,并且更易于理解,其中:

[0027] 图1是根据本发明的第一实施例的复合冷却系统的示意图;

[0028] 图2是根据本发明的第二实施例的复合冷却系统的示意图;

[0029] 图3是根据本发明的第三实施例的复合冷却系统的示意图;

[0030] 图4是根据本发明的第四实施例的复合冷却系统的示意图;

[0031] 图5是示出根据本发明的拖动电机上的各个空-液换热器供回水管路的同程设计的示意图。

[0032] 附图标号说明:

[0033] 1:风冷冷水机组;2:自然风冷模块;3:循环水泵;4:自动水处理装置;5:稳压装置;6:拖动电机;7:空-液换热器;8:软连接;9:压力表;10:蝶阀;11:流量开关;12:温度计;13:过滤器;14:第一电动阀;15:第二电动阀;16:单向阀;17:截止阀;18:流量传感器;19:温度传感器;20:压力传感器;21:回水总管;22:供水总管;23:第三电动阀;24:第四电动阀;25:第五电动阀;26:第六电动阀;27:第七电动阀;28:第八电动阀;29:冷冻水泵;30:冷却水泵;31:液-液换热器;32:冷却水回水总管;33:冷却水供水总管;34:冷冻水回水总管;35:冷冻水供水总管;36:水冷冷水机组;37:流量计;38:冷却塔;39:空-液换热器供水口;40:空-液换热器回水口;41:快速接头。

具体实施方式

[0034] 由于拖动电机位于地面,因此与风力发电机组的冷却技术不同的是,拖动机的冷却系统的设计不需要考虑被试的风力发电机组上天所面临的一系列问题,拖动电机的冷却不会受到实际风场的风力发电机组所面对的环境的约束。因此,可合理地应用便于控制及效率更高的复合冷却技术来实现拖动电机的冷却。

[0035] 对拖动电机本身进行冷却通常采用空-液换热系统。对于空-液换热系统,空气循环通过拖动电机,对拖动电机的内部部件进行冷却,然后通过空-液换热器将热空气转换为冷空气,而冷却液在空-液换热器中由于与热空气进行热交换而升温。因此,需要冷却系统为冷却液提供冷负荷,而使冷却液降温。

[0036] 下面,将详细描述本发明提出的为拖动电机提供冷负荷的复合冷却系统。本发明提出的复合冷却系统用于对电机(例如,拖动电机)进行冷却,并根据地区环境温度和/或水

资源的丰富程度来选择合适的冷却方式。

[0037] 在下面的实施例中,以拖动电机采用空-液换热器为例对本发明的复合冷却系统进行描述。根据本发明的复合冷却系统可包括空-液换热器、管路、泵组单元、控制单元、阀门单元以及至少一种冷却单元,空-液换热器可安装在拖动电机上,管路可包括冷却液并形成冷却回路,管路中的冷却液可在泵组单元的驱动下流经至少一种冷却单元,阀门单元可设置在管路上以在控制单元的控制下控制至少一种冷却单元的切换接入,控制单元可用于根据环境温度控制至少一种冷却单元的接入运行,并调节阀门单元的开度,确保所述冷却液流经运行的冷却单元。可在冷却液(例如,冷却水)的回水温度过低情况下通过流量控制,以防止电机的回风温度过低,提高冷却液的温度,从而避免影响电机绝缘的结构。例如,在环境温度过低时,泵组单元达到变频极限的情况下,如果回水温度仍然过低,可通过调节阀门单元的开度来调节流量,从而调节相应的循环水温。

[0038] 另外,控制单元还可根据冷却液的温度来控制至少一种冷却单元的启停,并可在冷却液的温度较小(例如,小于阈值温度 t)时,通过变频控制的方式降低安装在拖动电机上的空-液换热器的转速或降低驱动泵组单元的电机的转速,以降低能耗。

[0039] 下面将参照附图通过描述本发明优选实施例的方式来详述本发明的技术构思,在附图中相同的标号始终表示相同的部件。另外,本申请的附图中未标示出所有部件的标号,但相同的部件符合表示相同的部件。

[0040] 图1是根据本发明的第一实施例复合冷却系统的示意图。

[0041] 根据本发明的第一实施例的复合冷却系统可包括空-液换热器7(例如,板-翅式换热器)、管路(包括供水总管22和回水总管21)、泵组单元(例如,循环水泵3)、风冷冷水机组1、自然风冷模块2、控制单元(未示出)和多个阀门(例如,第一电动阀14和第二电动阀15)。

[0042] 空-液换热器7可以为多个,并可安装在拖动电机6的周围,供水总管22和回水总管21中可包括冷却液(例如,去离子水或乙二醇溶液)。自然风冷模块2可连接在回水总管21上,并与风冷冷水机组1串联连接,在回水总管21上设置有循环水泵3。在图1所示的实例中,包含了多路串联连接的自然风冷模块2与风冷冷水机组1,多路之间是并联的,但是本发明不限于此。控制单元可根据环境温度控制风冷冷水机组1和自然风冷模块2中的至少一个的启停以及阀门的开关,以使冷却液流经风冷冷水机组1和自然风冷模块2中的至少一个。

[0043] 具体而言,与自然风冷模块2并联连接有第一旁通管路,在第一旁通管路上设置有控制第一旁通管路开闭的第一电动阀14。此外,在自然风冷模块2的入口端串联连接有第二电动阀15。第一电动阀14与自然风冷模块2以及第二电动阀15并联。自然风冷模块2与风冷冷水机组1工作关系切换通过控制旁通管路上的第一电动阀14及自然风冷模块2入口处的第二电动阀15启闭来实现。管路中的冷却液可在循环水泵3的驱动下流经风冷冷水机组1和自然风冷模块2中的至少一个。例如,当第一电动阀14关闭,第二电动阀15开启时,通过控制风冷冷水机组1停止工作,可以使冷却液在流经自然风冷模块2后,直接通过风冷冷水机组1,进入空-液换热器7。

[0044] 或者,可以进一步增设与风冷冷水机组1并联连接第二旁通管路,以及与风冷冷水机组1串联的电动阀(图中未绘出),并在第二旁通管路上设置控制第二旁通管路开闭的另一电动阀。由此,管路中的冷却液可在循环水泵3的驱动下流经风冷冷水机组1和自然风冷模块2中的至少一个。

[0045] 控制单元可根据所处地区的环境温度来控制第一电动阀14和第二电动阀15的开关以控制自然风冷模块2的切换接入,这里的“切换接入或接入”可以指自然风冷模块2所处冷却路径的激活。可选地,环境温度可利用电子温度计等进行测量。当第一电动阀14打开,第二电动阀15关闭时,冷却液不流入自然风冷模块2,而是通过第一旁通管路直接流入风冷冷水机组1。当第一电动阀14关闭并且第二电动阀15打开时,冷却液流经自然风冷模块2,然后流入风冷冷水机组1。

[0046] 在环境温度 T 小于第一预定温度 T_1 ($T < T_1$) 时,拖动电机6所需的冷负荷可完全由自然风冷模块2提供。在这种情况下,控制单元可控制风冷冷水机组1停止,并控制第一电动阀14关闭,控制第二电动阀15打开,使得管路中的冷却液(例如,冷却水)直接进入自然风冷模块2,从而在低温环境下,在满足拖动电机6所需的冷负荷的同时,实现冷却系统的节能。

[0047] 在环境温度 T 大于第二预定温度 T_2 ($T > T_2$) 时,拖动电机6所需的冷负荷可由风冷冷水机组1提供,控制单元可控制风冷冷水机组1启动,控制第一电动阀14打开,并控制第二电动阀15关闭,使得冷却液直接进入风冷冷水机组1进行冷却,从而在高温环境情况下,在满足拖动电机6所需的冷负荷的同时,实现充足、快速的冷却。

[0048] 在 $T_1 \leq T \leq T_2$ 时,自然风冷模块2可提供部分冷负荷而不能完全满足拖动电机6所需的冷负荷。在这种情况下,控制单元可控制第一电动阀14关闭,控制第二电动阀15打开,并控制自然风冷模块2与风冷冷水机组1同时运行为拖动电机6提供冷负荷。通过自然风冷模块2提供部分冷负荷,可有效降低风冷冷水机组1所承担的冷负荷,从而起到节能的效果。

[0049] 另外,为了防止风冷冷水机组1的频繁开启以及第一电动阀14和第二电动阀15的频繁开关,在系统启动运行过程中,所设定的第一电动阀14和第二电动阀15的切换温度点可预留 2°C – 3°C 的裕度,从而避免风冷冷水机组1的频繁启停和第一电动阀14、第二电动阀15的频繁开关。

[0050] 如图1所示,根据本发明的第一实施例的复合冷却系统还可包括自动水处理装置4、稳压装置5、软连接8、压力表9、蝶阀10、流量开关11、温度计12、过滤器13(例如,Y型过滤器)、单向阀16(止回阀)、截止阀17、流量传感器18、温度传感器19、压力传感器20等辅助部件。

[0051] 具体而言,自动水处理装置4和稳压装置5可靠近回水端布置,自动水处理装置4用于对管路中的冷却水进行处理,以保证水质,稳压装置5可根据压力传感器20等检测的压力调节管路的压力,以保证复合冷却系统的补水供给及压力的稳定。

[0052] 过滤器13可分别布置在循环水泵3的进口端和出口端,以保护循环水泵3,单向阀16可布置在循环水泵3的出口端,以防止冷却水回流。

[0053] 另外,压力表9可布置在循环水泵3的进口端和出口端,以判断过滤器13的有效性以及循环水泵3的性能,流量开关11可布置在风冷冷水机组1的出口端,温度计12可分别布置在风冷冷水机组1的进口端和出口端。另外,流量传感器18、温度传感器19、压力传感器20可布置在回水端和/或供水端,从而可根据其感测的结果实现对复合冷却系统的远程监控。

[0054] 可在风冷冷水机组1的出口端设置流量开关11,以保护风冷冷水机组1。同时,为便于本地观察冷却系统的温度及压阻的变化情况,可根据需要在管路上的不同位置设置温度计12及压力表9。另外,可在各个部件的进口端和出口端分别设置蝶阀10,便于对冷却液进行局部截流,从而可局部更换零部件。再者,可在稳压装置5的供回水路径上设置截止阀17,

以满足排水管路及其他零部件管路的手动通断需求。管路和复合冷却系统内的各个部件之间的连接可通过软连接8实现,以减小部件的机械振动对管路和各个部件连接的影响。

[0055] 如图1所示,通过并联连接的两路冷却路径实现冷却。然而,本发明不限于此,可根据环境温度和/或冷负荷的需求,设置多路冷却路径,只要保证系统尺寸满足设计要求即可。

[0056] 另外,虽然图1中示出了诸如压力表9、蝶阀10、流量开关11、温度计12、过滤器13等辅助部件,但本领域的技术人员知晓,可根据实际需要省略和替换其中的一些部件,或另外添加一些辅助部件。

[0057] 根据本发明的第一实施例的风冷冷水机组与自然风冷模块串联连接的复合冷却系统可适用于水资源匮乏、存在季节性高温的区域。

[0058] 图2是根据本发明的第二实施例的复合冷却系统的示意图。

[0059] 根据本发明的第二实施例的复合冷却系统可包括空-液换热器7、管路(例如,供水总管22和回水总管21)、位于管路中的泵组单元(例如,循环水泵3)、多种冷却单元(每种冷却单元的数量可以有多个,例如,多个风冷冷水机组1和多个自然风冷模块2)、控制单元(未示出)、多个阀门(例如,第三电动阀23和第四电动阀24)。

[0060] 在图2所示的复合冷却系统中,多个风冷冷水机组1与多个自然风冷模块2并联连接。在多个并联的自然风冷模块2的入口端串联连接有公共的第三电动阀23,在多个并联的风冷冷水机组1的入口端串联连接有公共的第四电动阀24。控制单元根据冷负荷大小以及环境温度控制该第三电动阀23和第四电动阀24的开闭,从而选择性地使冷却液流经风冷冷水机组1和/或自然风冷模块2。

[0061] 空-液换热器7可以为多个,并可安装在拖动电机6的周围,供水总管22和回水总管21中可包括冷却液(例如,去离子水或乙二醇溶液),管路中的冷却液可在一个以上循环水泵3的驱动下流经风冷冷水机组1和自然风冷模块2中的至少一个。一个第三电动阀23可以与多个并联的自然风冷模块2串联连接,以形成第一冷却路径,一个第四电动阀24可以与多个并联的风冷冷水机组1串联连接以形成第二冷却路径,第一冷却路径与第二冷却路径并联。

[0062] 在图2所示的示例中,两个自然风冷模块2并联后与第三电动阀23串联连接,以形成第一冷却路径,两个风冷冷水机组1并联后与第四电动阀24串联连接,以形成第二冷却路径。可选地,第一冷却路径可以仅包括一个自然风冷模块2;第二冷却路径可以仅包括一个风冷冷水机组1。

[0063] 控制单元可控制第三电动阀23和第四电动阀24的开关以控制自然风冷模块2和风冷冷水机组1的接入。可选地,可分别设置与两个自然风冷模块2和两个风冷冷水机组1串联连接的四个电动阀,以控制其接入。环境温度T可利用电子温度计等进行测量。

[0064] 在环境温度T小于第一预定温度T1时,拖动电机6所需的冷负荷可完全由自然风冷模块2提供,在这种情况下,控制单元可控制风冷冷水机组1停止,控制自然风冷模块2启动,并控制第四电动阀24关闭,控制第三电动阀23打开,使得冷却液直接进入自然风冷模块2,从而在低温环境情况下,在满足拖动电机6所需的冷负荷的同时,实现冷却系统的节能。

[0065] 在环境温度T大于第二预定温度T2时,拖动电机6所需的冷负荷可由风冷冷水机组1提供,因此控制单元可控制风冷冷水机组1启动,控制第三电动阀23关闭,并控制第四电动

阀24打开,使得冷却液直接进入风冷冷水机组1,从而在高温环境情况下,在满足拖动电机6所需的冷负荷的同时,实现冷却液的充分、快速的冷却。

[0066] 在 $T_1 \leq T \leq T_2$ 时,自然风冷模块2能够提供部分冷负荷而不能完全满足拖动电机6所需要的冷负荷。在这种情况下,控制单元可控制第三电动阀23打开,控制第四电动阀24打开,并控制风冷冷水机组1启动或者同时控制自然风冷模块2与风冷冷水机组1启动为拖动电机6提供冷负荷。通过自然风冷模块2提供部分冷负荷,可有效降低风冷冷水机组1所承担冷负荷,从而起到节能的效果。

[0067] 同样地,为防止风冷冷水机组1的频繁启停及第三电动阀23、第四电动阀24的频繁开关,在系统启动运行过程中,所设定的第三电动阀23和第四电动阀24的切换温度点可预留 2°C – 3°C 的裕度,从而避免风冷冷水机组的频繁启停和电动阀的频繁开关。

[0068] 与第一实施例类似,根据本发明的第二实施例的复合冷却系统也可包括自动水处理装置4、稳压装置5、软连接8、压力表9、蝶阀10、流量开关11、温度计12、过滤器13(例如,Y型过滤器)、单向阀16、截止阀17、流量传感器18、温度传感器19、压力传感器20等辅助部件,其具体连接方式与图1类似,并且可通过图2确定,在此不再赘述。

[0069] 另外,本领域的技术人员可根据实际需要省略或添加相关部件,也可改变部分部件的布置位置。

[0070] 根据本发明的第二实施例的风冷冷水机组与自然风冷模块并联连接的复合冷却系统可适用于水资源匮乏、存在季节性高温的区域。

[0071] 图3是根据本发明的第三实施例的复合冷却系统的示意图。

[0072] 根据本发明的第三实施例的复合冷却系统可包括空-液换热器7、管路(例如,供水总管22和回水总管21)、泵(例如,循环水泵3、冷冻水泵29和冷却水泵30)、多种冷却单元(例如,水冷冷水机组36和冷却塔38)、控制单元(未示出)、多个阀门(例如,第五电动阀25、第六电动阀26、第七电动阀27和第八电动阀28)。

[0073] 根据本发明的第三实施例的复合冷却系统还可包括液-液换热器31(例如,壳管式换热器),液-液换热器31可将冷却回路分为第一冷却回路和第二冷却回路。

[0074] 如图3所示,循环水泵3、空-液换热器7、液-液换热器31可形成第一冷却回路。冷冻水泵29、液-液换热器31和水冷冷水机组36可形成第二冷却回路。第二冷却回路为第一冷却回路提供用于冷却拖动电机的冷负荷。

[0075] 在第二冷却回路中,水冷冷水机组36包括蒸发器和冷凝器,通过在蒸发器中与制冷剂换热后而温度降低的冷却水流过液-液换热器31,从而能够为拖动电机的冷却液提供冷负荷。冷却塔38能够为冷凝器提供冷却水,从而使通过蒸发器而蒸发或温度升高的制冷剂能够在通过冷凝器时与冷却塔38提供的冷却水进行换热而温度降低。此时,在第二冷却回路中形成的循环路径可以称为第一闭合冷却回路(或冷冻路径)。

[0076] 此外,在第二冷却回路中,水冷冷水机组36可以关闭,在水冷冷水机组36关闭的情况下,冷却塔38与液-液换热器31形成换热循环回路,利用冷却塔38直接为液-液换热器31提供冷却水。此时,在第二冷却回路中形成的循环路径可以称为第二闭合冷却回路(或冷却路径)。

[0077] 第五电动阀25和第七电动阀27可设置在上述第二闭合冷却回路上,第六电动阀26和第八电动阀28可设置在上述第一闭合冷却回路上。另外,在第一冷却回路和第二冷却回

路上还可设置有自动水处理装置4、稳压装置5、软连接8、压力表9、蝶阀10、流量开关11、温度计12、过滤器13、单向阀16、截止阀17、流量传感器18、温度传感器19和压力传感器20等部件,其与相关部件的相对设置位置与第一实施例和第二实施例类似,在此不再赘述。

[0078] 在环境温度 T 大于或者等于第二预定温度 T_2 时,控制单元可控制水冷冷水机组36启动,控制第五电动阀25和第七电动阀27关闭,控制第六电动阀26和第八电动阀28打开,以激活上述第一闭合冷却回路。

[0079] 具体地,在冷冻水泵29的驱动下,冷冻液可流经上述第二冷却路径中的冷冻路径,即,可通过冷冻水供水总管35进入液-液换热器31内,实现冷冻水与拖动电机6侧的冷却液的热交换,升温后的冷冻液在冷冻水泵29的驱动下再次进入水冷冷水机组36内,实现压缩机机械制冷,从而形成第一闭合冷却回路。

[0080] 拖动电机6侧的冷却液在液-液换热器31内与冷冻水完成热交换后,在循环水泵3的驱动下,经供水总管22进入拖动电机6上的空-液换热器7内,从而实现对拖动电机6的冷却,而在空-液换热器7内完成热交换升温的冷却液,在循环水泵3的驱动下经回水总管21再次进入液-液换热器31内,进而形成上述第一冷却回路。

[0081] 另外,水冷冷水机组36的冷凝器通过冷却塔38提供冷却水实现水冷冷水机组36内制冷剂的冷凝散热,冷却水在冷却水泵30的驱动下进入冷却塔38,在冷却塔38内完成热交换的冷却水在冷却水泵30驱动下,经冷却水供水总管33再次进入水冷冷水机组36的冷凝器内,即,形成上述第二冷却回路的冷却路径,冷却塔38上可设置有流量表37,用于计算冷却塔38的水消耗量。

[0082] 当 $T_1 \leq T \leq T_2$ 时,冷却塔38能够提供拖动电机6所需要的冷负荷。在这种情况下,控制单元可控制第五电动阀25和第七电动阀27打开,控制第六电动阀26和第八电动阀28关闭,并控制水冷冷水机组36停止,从而激活第二闭合冷却回路。液-液换热器31的冷冻水可完全由冷却塔38提供,冷却塔38可以为封闭式的冷却塔,控制单元可控制冷却塔38进行喷雾,从而可利用水的蒸发潜热来增加冷却塔38的制冷效果,冷却水在冷冻水泵29的驱动下进入液-液换热器31,经换热后在冷冻水泵29的驱动下,再次回到冷却塔38内。拖动电机6侧的冷却液的冷却循环可以保持不变,即,第一冷却路径保持不变。

[0083] 当环境温度 T 小于第一预定温度 T_1 时,控制单元可控制冷却塔38内的喷雾工作停止,从而可防止出现结冰现象,且随着环境温度的下降,冷却塔38可依赖自然风冷却,满足拖动电机6散热所需的冷负荷。

[0084] 如上所述,根据本发明的第三实施例的复合冷却系统可采用两种运行模式为拖动电机6提供冷负荷。在实际应用过程中,可以以冷却塔38独立提供冷负荷为主。在温度较高且冷却塔38难以满足冷负荷需求的情况下,可由水冷冷水机组36向系统提供冷负荷。

[0085] 同样地,为防止电动阀的频繁开关及水冷冷水机组的频繁启停,可对第一预定温度和第二预定温度设定 2°C - 3°C 的裕度。

[0086] 如上所述,根据本发明的第三实施例的复合冷却系统可包括液-液换热器31,以防止温度过低,管路结冰而影响拖动电机的冷却,但本发明不限于此,与第一示例性实施例和第二实施例类似,可以省略液-液换热器31。

[0087] 另外,根据本发明的第三实施例的复合冷却系统,可适用于水资源丰富、存在季节性高温的区域。

[0088] 图4是根据本发明的第四实施例的复合冷却系统的示意图。

[0089] 根据本发明的第四实施例的复合冷却系统可包括空-液换热器7、管路(例如,供水总管22和回水总管21)、泵(例如,循环水泵3)、至少一种冷却单元(例如,冷却塔38)和控制单元(未示出)。

[0090] 与根据本发明的第三实施例不同,根据本发明的第四实施例的复合冷却系统可以不包括水冷冷水机组,而仅通过冷却塔38进行冷却,该复合冷却系统可适用于不存在季节性高温(环境温度适中),水资源较为丰富的地区。

[0091] 如图4所示,冷却塔38可以为闭式冷却塔,在环境温度 T 大于等于第二预定温度 T_2 时,控制单元可控制冷却塔38进行喷雾工作,通过利用水的蒸发潜热冷却,提高冷却塔38的冷负荷。

[0092] 具体而言,在循环水泵3的驱动下,经冷却塔38冷却的冷却液(例如,冷却水)经供水总管22进入到拖动电机6上的空-液换热器7内,经与拖动电机6内热空气完成热交换后,在循环水泵3的驱动下经回水总管21再次回到冷却塔38内进行热交换。

[0093] 当环境温度 T 小于第二预定温度 T_2 时,控制单元可控制冷却塔38停止喷雾,采用自然环境空气对冷却液进行冷却。

[0094] 同样地,为防止喷雾工作的频繁启停,系统启动后,可对第一预定温度 T_1 和第二预定温度 T_2 设定 2°C - 3°C 的裕度。

[0095] 根据本发明的第四实施例的复合冷却系统中的其他部件(例如,自动水处理装置4、稳压装置5、软连接8、压力表9、蝶阀10、流量传感器18、温度传感器19、压力传感器20、流量表37)的设置与第三实施例类似,其详细布置方式在此不再赘述。

[0096] 图5是示出根据本发明的拖动电机上的各个空-液换热器的供回水管路的同程设计的示意图。

[0097] 在根据第一实施例至第四实施例的复合冷却系统中,通过供水总管22及回水总管21连接一个或多个拖动电机6上的多个空-液换热器7,由于拖动电机6尺寸较大,因此空-液换热器7之间的距离较大。在循环水泵3运行的过程中,容易出现各个空-液换热器7内的水流量不均、冷却性能存在差异的情况,产生拖动电机6散热不均匀的问题。

[0098] 根据本发明的实施例,采用供回水同程设计。即,如果空-液换热器供水口39距离供水总管22最近,则空-液换热器回水口40距离回水总管21最远,从而确保每个空-液换热器7系统阻力相近,各个换热器内冷却液的流量相近。

[0099] 另外,空-液换热器供水口39和空-液换热器回水口40可分别通过快速接头41实现与水系统的连接,采用快速接头41,可在不需要任何工具的情况下实现空-液换热器7与供回水系统的连通或断开,而不影响系统正常工作。

[0100] 另外,在本发明的附图中,虽然没有示出控制单元的具体设置位置,但本领域的技术人员知晓,控制单元可通过集成IC和/或相应的软件控制程序来实现。

[0101] 虽然本发明的实施例以拖动电机作为示例描述本发明的技术构思,但本发明的复合冷却系统不限于拖动电机,还可用作其他电机(例如,容量大于或者等于6MW)的冷却系统。

[0102] 进一步地,本领域的技术人员可基于本发明的技术构思,组合上述四个实施例或改变或替换上述四个实施例中部分部件,或改变部分部件的布置位置,以形成新的复合冷

却系统。显然,这些等同修改涵盖在本发明的保护范围内。

[0103] 根据本发明的实施例的复合冷却系统,综合利用至少一种冷却单元为拖动电机提供充足的冷负荷。

[0104] 根据本发明的实施例,根据环境温度控制至少一种冷却单元的启停和接入,由此实现拖动电机的高效冷却。

[0105] 根据本发明的实施例,通过变频控制的方式控制冷却塔内的风扇的转速及拖动电机上的空-液换热器的转速或泵的运行工况,实现系统的节能。

[0106] 根据本发明的实施例,通过对拖动电机上的空-液换热器管路的同程设计,确保整个拖动电机上的各个空-液换热器内冷却液流量的相对均匀,从而保证拖动电机散热的均匀性。

[0107] 上面对本发明的具体实施方式进行了详细描述,虽然已表示和描述了一些实施例,但本领域技术人员应该理解,在不脱离由权利要求限定其范围的本发明的原理和精神的情况下,可以对这些实施例进行组合、修改和完善(例如,可以对本发明的不同技术特征进行组合以得到新的技术方案)。这些组合、修改和完善也应在本发明的保护范围内。

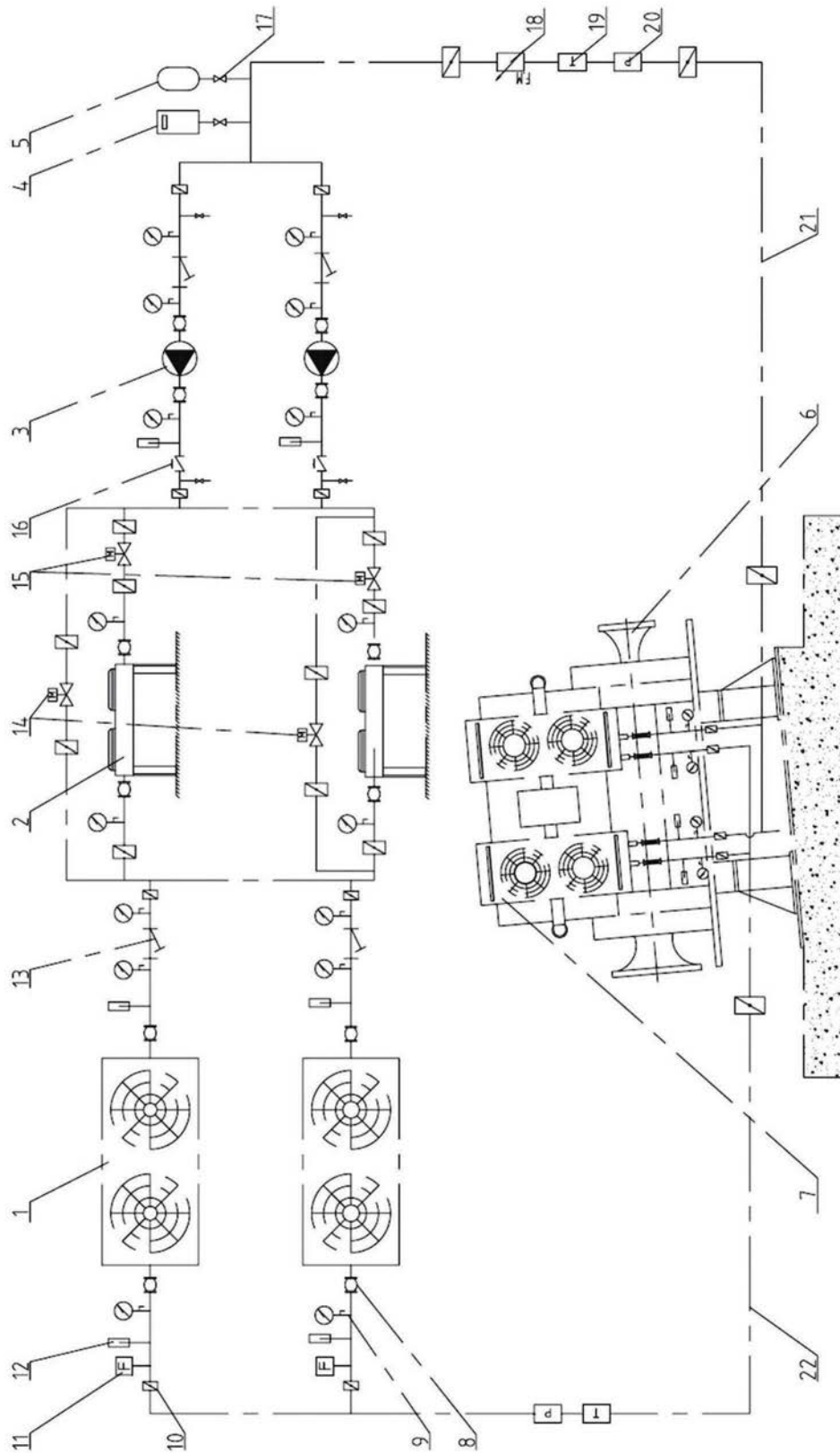


图1

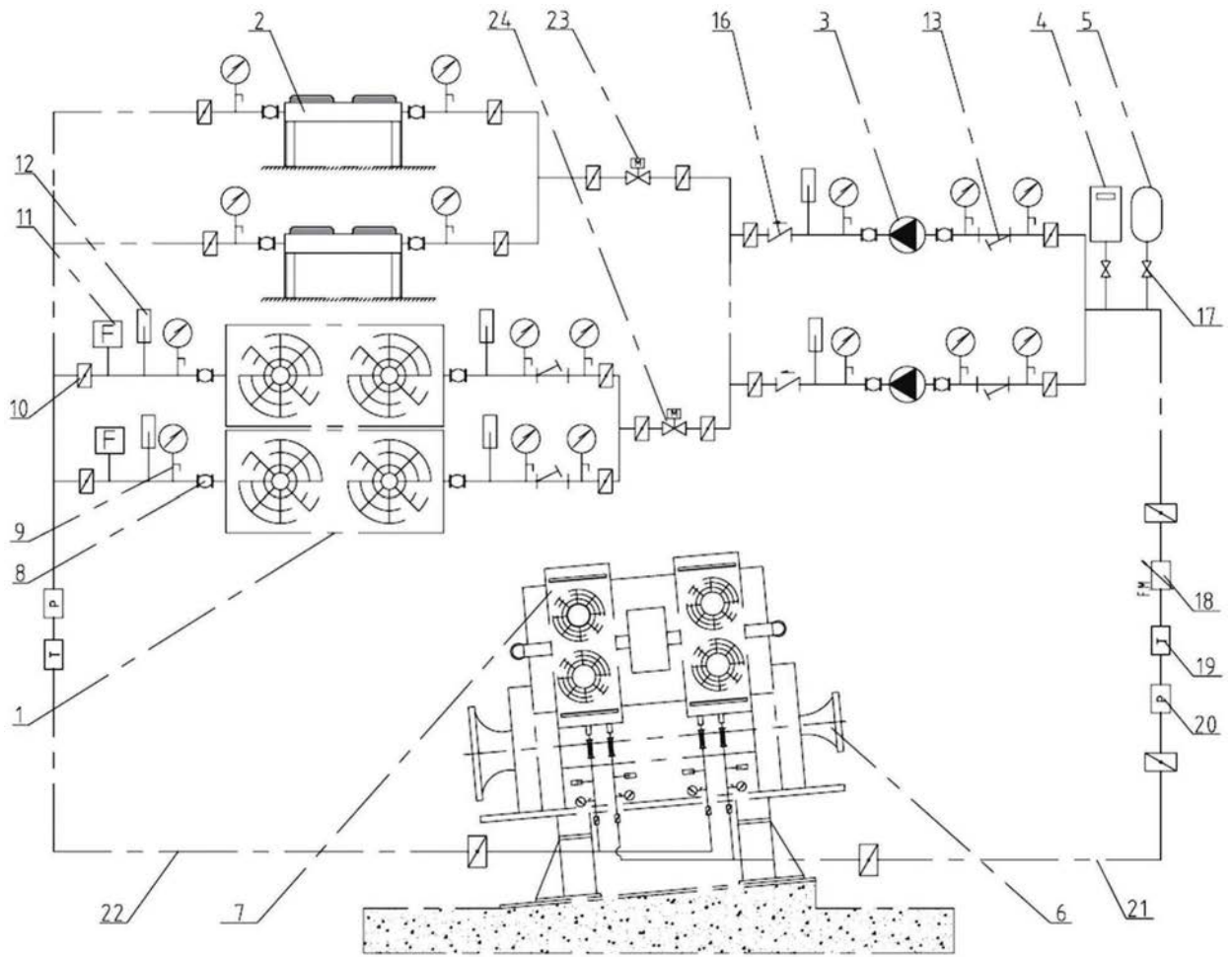


图2

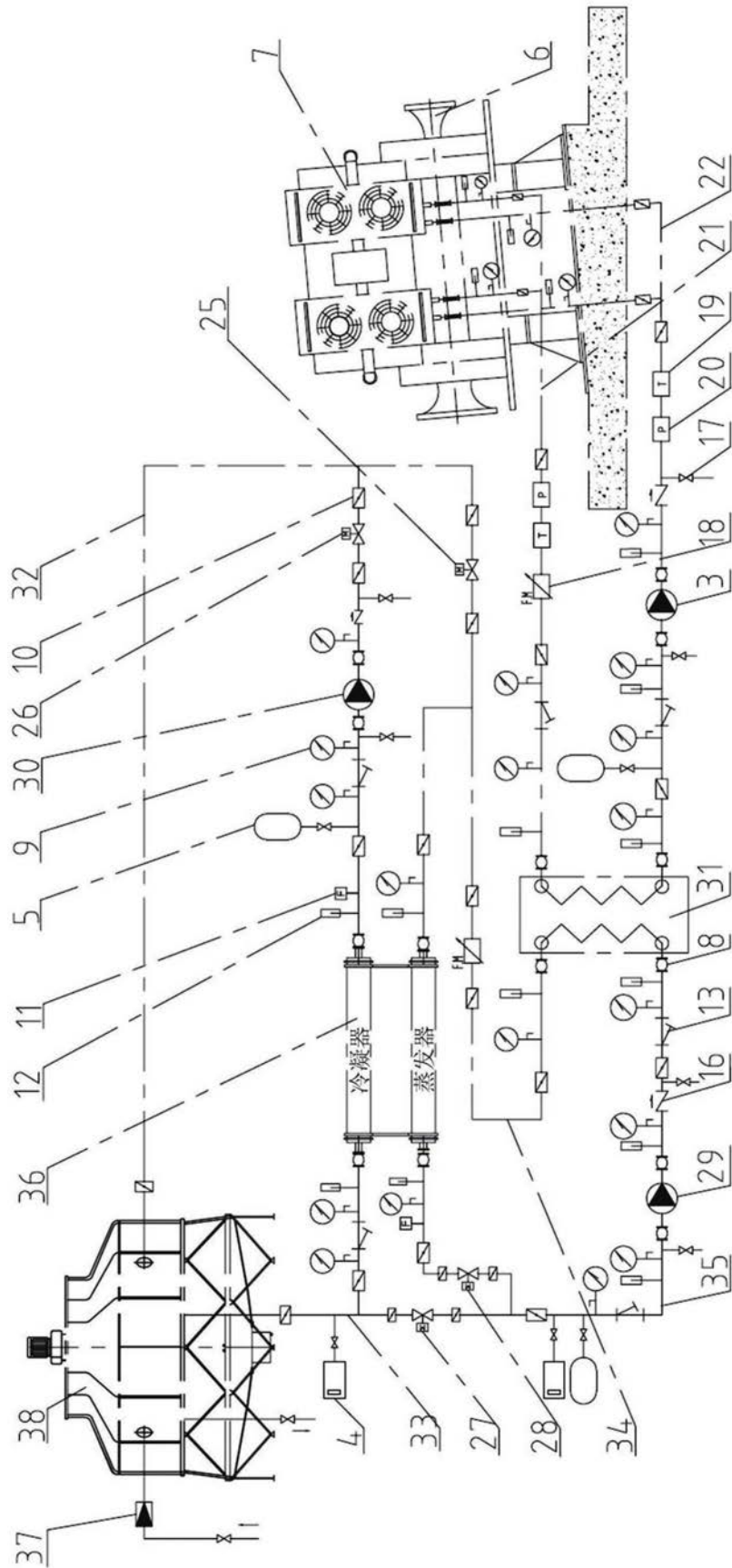


图3

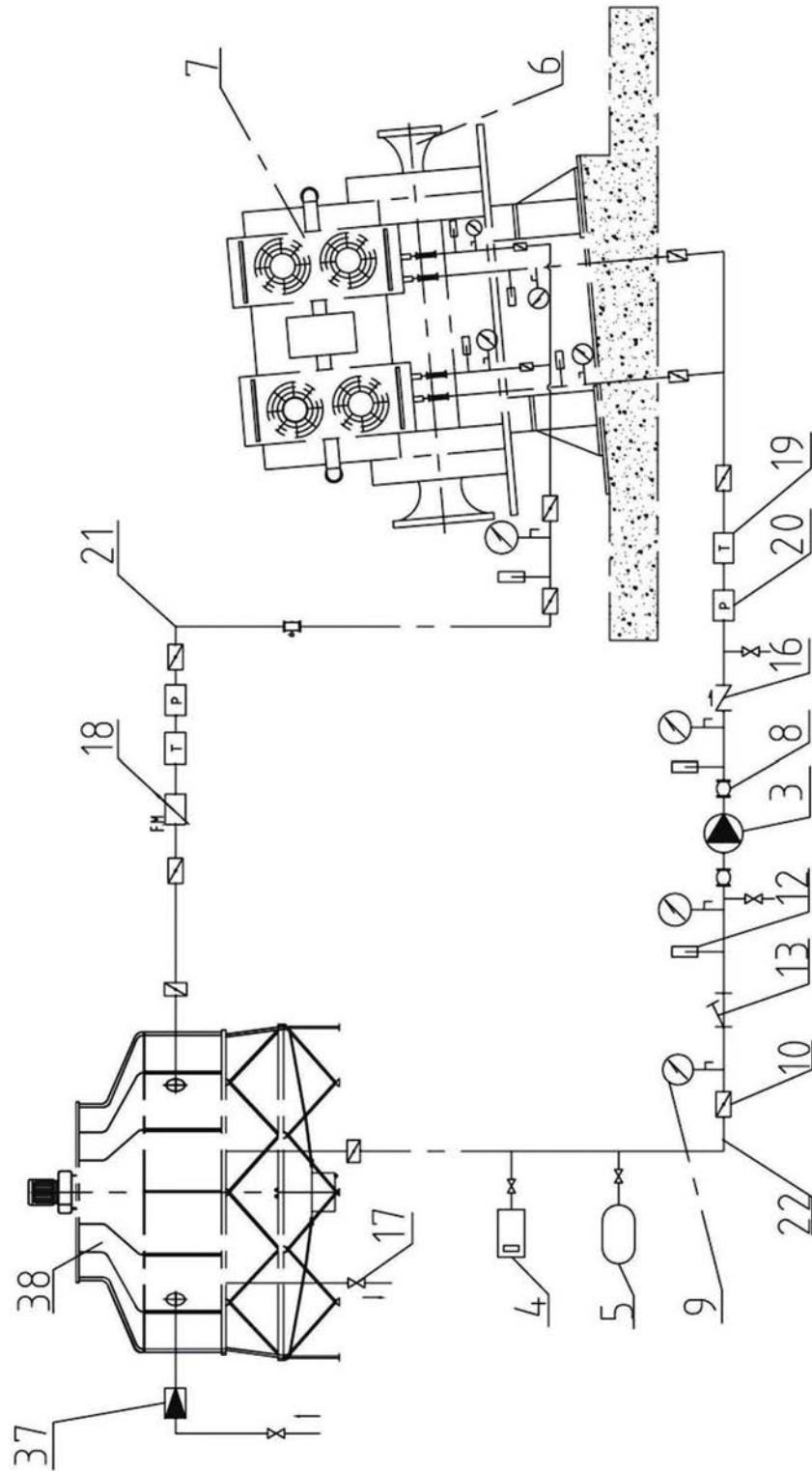


图4

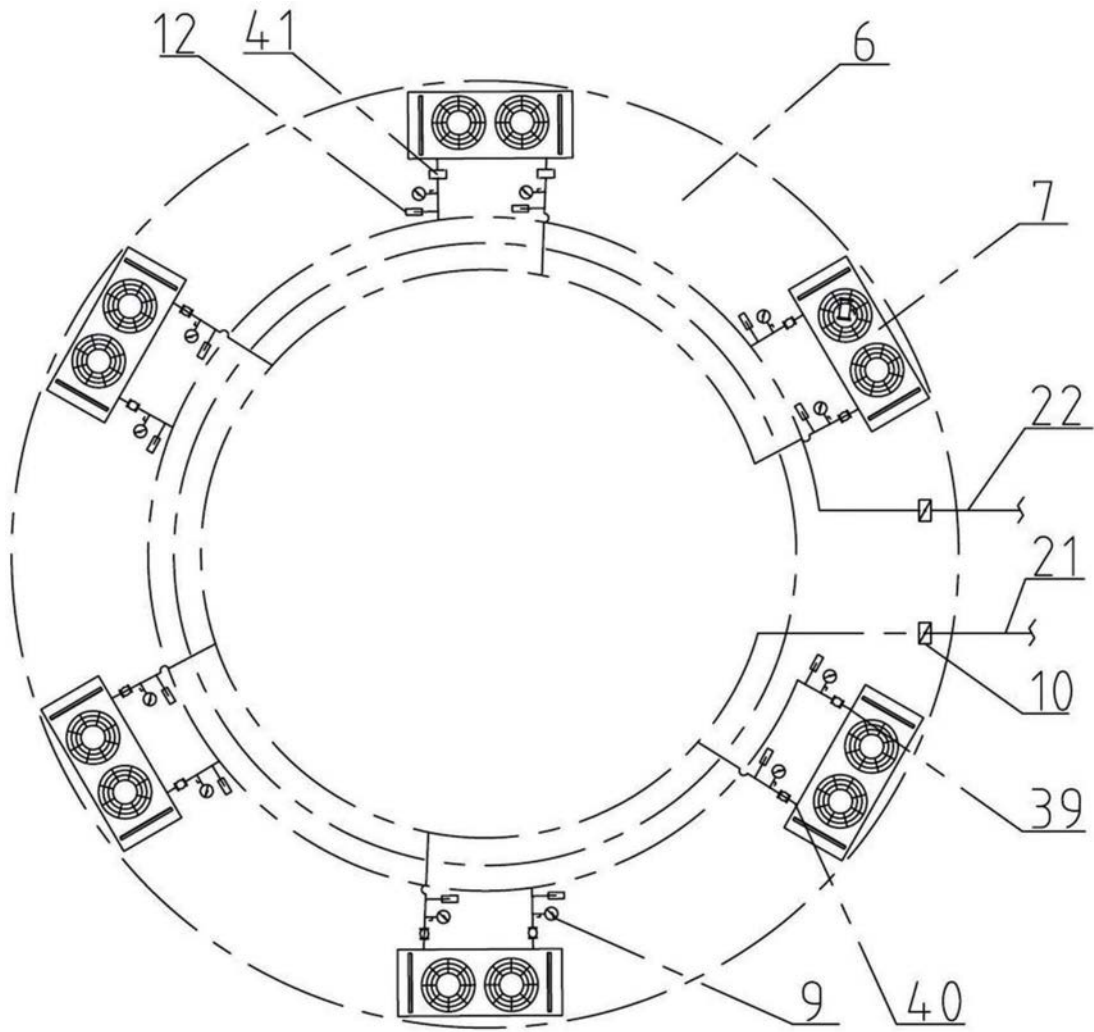


图5