

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02K 9/10 (2006.01)

H02K 9/08 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710099612.0

[43] 公开日 2008年2月13日

[11] 公开号 CN 101123380A

[22] 申请日 2007.5.25

[21] 申请号 200710099612.0

[71] 申请人 中国科学院电工研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村北二条6号

[72] 发明人 熊斌 顾国彪 傅德平

[74] 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任公司

代理人 关玲 李新华

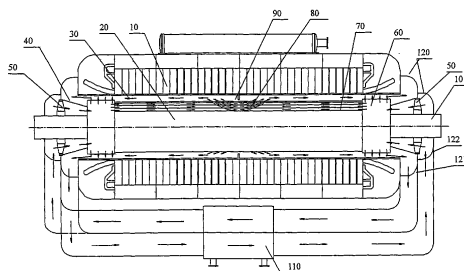
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

## [54] 发明名称

转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机

## [57] 摘要

一种转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机，其特征是转子(20)采用轴向通风的空气冷却方式。冷却空气由转子两端的风扇(50)增压后全部进入转子端部护环(60)。进入护环(60)的冷却空气分两路流动，第一路冷却空气冷却端部绕组后经设在护环(60)上的护环径向通风孔(601)进入气隙；第二路冷却空气直接进入转子空心导线(701)，并沿轴向流动。沿轴向流动的冷却空气流过转子(20)中部后经过径向风路(80)进入气隙，并流到端部与另一端由护环(60)进入气隙的冷却空气汇合，然后经过端部的风道(120)进入到冷却器(110)；通过冷却器(110)冷却后的冷空气由风道(120)进入汽轮发电机的端部。本发明效率高，结构简单，辅助设备少，安装方便，运行安全可靠，可以基本实现免维护。



1、一种转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机，主要包括采用全浸式或定子铁心浸润式与绕组内强迫循环冷却结合的蒸发冷却方式的定子(10)和空冷的转子(20)，其特征是转子(20)采用轴向通风的空气冷却方式；定子(10)内壁采用隔离套筒(30)与转子(20)隔开，隔离套筒(30)的内表面与转子(20)的外表面间为气隙；冷却空气由转子两端的风扇(50)增压后全部进入转子端部护环(60)，进入护环(60)的冷却空气分两路流动，第一路冷却空气在冷却端部绕组后经设在护环(60)上的护环径向通风孔(601)进入气隙，第二路冷却空气直接进入转子空心导线(701)，并沿轴向流动；沿轴向流动的冷却空气流过转子(20)中部后经过渡径向风路(80)进入气隙，并流到端部与另一端由护环(60)进入气隙的冷却空气汇合，然后经过端部的风道(120)进入到冷却器(110)；通过冷却器(110)冷却后的冷空气由风道(120)进入汽轮发电机的端部，然后在风扇(50)作用下进入转子护环(60)。

2、根据权利要求1所述的转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机，其特征是在风扇(50)的出口与护环支圈(602)之间设置导风环(40)，导风环(40)的一侧与风扇(50)的出口侧直接相连，另一侧与护环支圈(602)相连；与风扇(50)的出口侧相连的导风环(40)一侧内径与风扇(50)的叶片外径相等；与护环支圈(602)相连的导风环(40)此侧内径与护环支圈(602)的内径相等。

3、根据权利要求1所述的转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机，其特征是冷却空气由转子(20)两端进入空心导线(701)的冷却空气的流动方向相反，并且流路在转子(20)的中部交错；在过渡段处将空心导线(701)中的流道由导线内部逐渐转移到导线外侧，导线由空心导线(701)过渡到实心导线(702)，在结构变化的过程中绕组的导电截面积不变；在过渡段将转子齿(201)铣出一个轴向沟道，该轴向沟道与空心导线(701)过渡到实心导线(702)在两侧释放的空间共同组成过渡径向风道(802)，各径向风道(802)之间用导风板(803)隔开；空心导线(701)中的冷却空气流道沿轴向由小半径过渡到大半径，最后与气隙连通。

4、根据权利要求3所述的转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机，其特征是过渡径向风道(802)的出口为过渡径向风路出口(801)，根据转子(20)旋转方向有不同的设计，沿旋转方向将位于转子绕组(70)前侧的过渡径向风路出口(801)设在槽楔(202)上，位于后侧的过渡径向风路出口(801)设在转子齿(201)上。

5、根据权利要求4所述的转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机，其特征是槽楔(202)或转子齿(201)上的过渡径向风路出口(801)为沿轴径向的流线型结构，并与导风板(803)相连接。

6、根据权利要求1所述的转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机，其特征是在气隙轴向

中部设置环型挡风板(90)，环型挡风板(90)固定在隔离套筒(30)上。

7、根据权利要求 1 所述的转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机，其特征是在转子的端部设置有两条风道(120)，两风道(120)在端部以转子轴(100)为中心布置，热风道(121)和冷风道(122)分别在轴(100)的两侧向下引出风道与位于汽轮发电机下部的冷却器(110)相连接。

8、根据权利要求 1 所述的转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机，其特征是两条风道(120)的两个冷却器(110)并列布置，并在沿风速方向的冷却器(110)中部设置等压连通风道(111)，两个冷却器(110)的进出水相对独立，冷却水的流向相反流量相等。

## 转子空冷定子蒸发冷却的汽轮发电机

### 技术领域

本发明涉及一种汽轮发电机，特别涉及定子采用蒸发冷却技术进行冷却，转子采用空气进行冷却的汽轮发电机。

### 背景技术

汽轮发电机的定子采用蒸发冷却技术进行冷却有两种方式：全浸式蒸发冷却系统和定子铁心浸润式与绕组内强迫循环冷却结合的蒸发冷却系统。蒸发冷却汽轮发电机的定子是在定子腔内注入高绝缘低沸点物化性能好的液体介质，冷却液体吸热沸腾气化后流到冷凝器，经冷凝器冷凝成液体后流回定子腔体。蒸发冷却很好地解决了发电机定子的冷却问题，不仅定子温度低，而且整个定子的温度分布非常均匀，避免了发电机定子因温度不均匀产生热应力集中造成热变形所引起的一系列问题。并且蒸发冷却系统运行安全可靠，基本实现免维护。采用蒸发冷却方式的汽轮发电机定子和采用蒸发冷却或水冷方式的转子结合，制造的汽轮发电机组已问世。

然而采用蒸发冷却转子和水冷转子技术会使转子的生产过程非常复杂，转子冷却介质的密封相对困难。另外对于水冷转子需要增加一套水处理系统，这为机组的运行也增加了难度，尤其对中小型机组的经济性有较大的影响。

空气冷却的转子结构有多种，在全空冷和定子绕组水冷铁心空冷的汽轮发电机组中运用广泛。现有的这些空冷结构，由于冷却空气既要冷却转子又要冷却定子，因此主要采用轴径向联合通风的方式，即冷却空气先冷却转子，然后再流到定子中冷却定子。在这些通风方式中冷却空气的流路复杂，通风损耗大（大约要占机械总损耗的50%）、效率低。如图1中所示的一台全空冷汽轮发电机的风路图，经端部风扇进入电机的冷却空气分三路：第一路经气隙直接进入定子；第二路经转子进入气隙，再进入定子；第三路冷却端部后直接回到风道。

### 发明内容

本发明的目的是克服现有蒸发冷却转子和水冷转子制造技术复杂，密封要求高的缺陷，提出一种转子空冷、定子蒸发冷却的汽轮发电机。转子空冷的通风结构根据定子蒸发冷却结

构配合设计，完全区别于传统的空冷转子。

本发明汽轮发电机的定子采用蒸发冷却方式，转子采用空冷。定子和转子的冷却系统相对独立，机组效率高，结构简单，辅助设备少，安装方便，运行安全可靠，可以基本实现免维护。由于本发明的冷却空气只对转子进行冷却，冷却空气仅在轴向流动，通风损耗可以大大降低。

本发明汽轮发电机的定子采用全浸式蒸发冷却系统或定子铁心浸润式与绕组内强迫循环冷却结合的蒸发冷却系统。汽轮发电机的定子采用蒸发冷却，即在定子腔内注入高绝缘低沸点物化性能好的液体介质，冷却液体吸热沸腾气化后流到冷凝器，经冷凝器冷凝成液体后流回定子腔体。定子内壁采用隔离套筒与转子隔开，隔离套筒内表面与转子外表面间为气隙。

本发明汽轮发电机的转子采用轴向通风的空气冷却方式。冷却空气由转子两端风扇增压后全部进入转子端部护环。进入护环的冷却空气分两路流动，第一路冷却空气在冷却端部绕组后经设在护环上的径向通风孔进入气隙，第二路冷却空气直接进入转子空心导线，并沿轴向流动。沿轴向流动的冷却空气流过转子中部后经过渡径向风路进入气隙，并流到端部与另一端由护环进入气隙的冷却空气汇合，然后经过端部的风道进入到冷却器。通过冷却器冷却后的冷空气由风道进入汽轮发电机的端部，然后在风扇作用下进入转子护环。

本发明中经过风扇增压后的冷却空气全部经过护环支圈的内径与转轴间的间隙进入到护环内，因此在风扇的出口与护环支圈之间设置了一个导风环，该导风环可以将风扇流出的冷空气与气隙流出的热空气隔离开。

本发明中冷却空气由端部进入转子空心导线，沿轴向流到转子中部后冷却空气经过渡径向风路进入气隙，为了减小该过渡径向风路的流阻，该过渡径向风路为流线型过渡结构。空心导线中的冷却空气沿轴向由一个小半径的轴向旋转流动过渡到一个大半径的轴向旋转流动，沿轴向流动的方向不变。在转子轴向中部，风路由轴向过渡到径向，同时导线也由空心导线过渡到实心导线。在过渡段由于风路相交，槽内的风路截面不足，为了保证足够的流道截面，将转子齿铣出一个沟道，以增加轴向过流面积。

本发明中过渡径向风路的出口根据转子旋转方向有不同的设计。沿旋转方向位于转子绕组前侧的风路将出口设在槽楔上，位于转子绕组后侧的风路将出口设在转子齿上。这样可以使径向风路的出口在气隙中产生的风摩损耗大大减小。

本发明中过渡径向风路的出口槽楔或转子齿，为了减小轴向流阻，将在槽楔或转子齿上的出口设计为沿轴径向的流线型结构。

本发明中的转子护环上根据转子绕组端部冷却的需要设置径向通风孔，冷却空气进入护环后冷却端部绕组，然后经护环的径向通风孔进入气隙。

本发明中的转子两端进风，为了防止气隙两端的压力不均造成气隙内冷却空气的轴向流动不对称，在气隙轴向中部设置环型挡风板，该挡风板固定在隔离套筒上。

本发明中的转子两端进风的风路相对独立，在运行过程中可能会出现两条风路压力不平衡的情况，这将影响到转子冷却空气的流场分布，从而影响到各部分的有效冷却。为了避免这种情况出现，将两条风路的冷却器并列布置，并在沿风速方向的冷却器中部设置等压连通风道，这样就可以将两条风路在温度一致的位置相互连通，既不会对冷却空气的温度有影响，也可以解决风压不平衡的问题。

### 附图说明

图 1 是一种全空冷汽轮发电机的风路图。图中：01 汽轮发电机定子、02 汽轮发电机转子、03 风扇、04 冷却器；

图 2 是本发明的结构示意图。图中：10 蒸发冷却的汽轮发电机定子、20 空气冷却的汽轮发电机转子、30 隔离套筒、40 导风环、50 风扇、60 护环、70 转子绕组、80 过渡径向风路、90 环型挡风板、100 转子轴、110 冷却器、120 风道、121 热风道、122 冷风道；

图 3 是转子绕组 70 的结构示意图。图中：201 转子齿、202 转子槽楔、701 转子绕组空心导线；

图 4 是转子槽楔 202 出风示意图。图中：801 转子径向风道、802 过渡径向风道、803 导风板、702 转子绕组实心导线；

图 5 是转子齿出风示意图。图中：801 转子径向风道、802 过渡径向风道、803 导风板、702 转子绕组实心导线；

图 6 是槽楔和转子齿的流道出口结构示意图。

图 7 是转子护环结构示意图。图中：601 护环径向通风孔、602 护环支圈；

图 8 是冷却器结构示意图。图中：110 冷却器、111 等压连通风道；

图 9 是导风环结构示意图。

图 10 是端部风道布置图。图中：121 热风道、122 冷风道。

### 具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的描述。

如图 2 所示，本发明主要包括蒸发冷却的汽轮发电机定子 10 和空气冷却的汽轮发电机转子 20。汽轮发电机的定子 10 采用全浸式蒸发冷却系统，或定子铁心浸润式与绕组内强迫循环冷却结合的蒸发冷却系统。定子 10 内壁采用隔离套筒 30 与转子 20 隔开，隔离套筒 30

的内表面与转子 20 的外表面间为气隙。汽轮发电机的转子 20 采用轴向通风的空气冷却方式。

转子的两端设置风扇 50，并且风扇 50 的出口侧直接与导风环 40 连接。导风环 40 的另一侧与护环支圈 602 的内径相连，风扇 50、导风环 40 和护环支圈 602 相对静止，并随转子一同旋转。转子护环 60 的一端搭接在转子齿 201 的端部，另一端由护环支圈 602 支撑。过渡径向风路 80 位于转子的中部，两侧的出风口 801 沿电机轴向中心面对称。位于汽轮发电机两端的风道 120 包括热风道 121 和冷风道 122，热风道 121 位于电机侧，冷风道 122 位于外侧。热风道 121 的一侧固定在定子 10 端部的机壳上，另一侧固定在风扇的外环上。冷风道 122 的一侧固定在热风道 121 上，另一侧搭接在转子轴 100 上。热风道 121 和冷风道 122 分别在转子轴 100 的两侧向下引出风道与位于汽轮发电机下部的冷却器 110 相连接。环型挡风板 90 位于电机轴向中部，固定在隔离套筒 30 上。

冷却空气由转子两端的风扇 50 增压后全部进入转子端部护环 60。进入护环 60 的冷却空气分两路流动：第一路冷却空气沿径向流动，然后经设在护环 60 上的护环径向通风孔 601 进入气隙；第二路冷却空气直接进入转子空心导线 701，并沿轴向流动。沿轴向流动的冷却空气流过转子 20 中部后经过过渡径向风路 80 进入气隙，并流到端部与另一端由护环 60 进入气隙的冷却空气汇合，然后经过端部的风道 121 进入到冷却器 110。通过冷却器冷却后的冷空气由风道 122 进入汽轮发电机的端部，然后在风扇 50 作用下进入转子端部护环 60。

如图 2 所示的冷却空气流动方向，经风扇 50 增压后的冷却空气全部经过护环支圈 602 的内径与转子轴 100 间的间隙进入到护环 60 内，本发明在风扇 50 的出口与护环支圈 602 之间设置了一个导风环 40，同时该导风环 40 可以将风扇 50 流出的冷空气与气隙流出的热空气隔离开。导风环 40 的一侧与风扇 50 的出口侧直接相连，导风环 40 的该侧内径与风扇 50 的叶片外径相等；另一侧与护环支圈 602 相连，并且导风环 40 此侧的内径与护环支圈 602 的内径相等。导风环的结构如图 9 所示。

位于槽内的转子绕组 70 由空心导线制成，由多条空心导线 701 外包绝缘组成的转子绕组 70 嵌入转子槽内，并由转子槽楔 202 将其卡住，其结构如图 3 所示。冷却空气沿轴向在空心的导线 701 内流过。

冷却空气由端部进入转子空心导线 701，沿轴向流到转子 20 中部后，冷却空气经过过渡径向风路 80 进入气隙。由转子 20 两端进入空心导线 701 的冷却空气沿各自的流动方向流动，并且流路在转子 20 的中部交错。为了保证双向的流道互不影响，在此过渡段处将空心导线 701 中的流道由导线内部逐渐转移到导线外侧，导线也由空心导线 701 过渡到实心导线 702，即将空心导线四面包裹流道的铜导体收缩为实心的导体，并将流道沿导线的一侧与导线脱离，在结构变化的过程中绕组的导电截面积不变。同时为了保证冷却空气的流道截面基本不

变,在过渡段将转子齿 201 铣出一个轴向沟道,该轴向沟道与空心导线 701 过渡到实心导线 702 在两侧释放的空间共同组成过渡径向风道 802,过渡径向风道 802 的出口为过渡径向风路出口 801,如图 4 和图 5 所示。空心导线 701 中的冷却空气沿轴向由一个小半径的轴向旋转流动过渡到一个大半径的轴向旋转流动,沿轴向流动的方向不变。

如图 4 和图 5 所示,过渡径向风路出口 801 根据转子 20 旋转方向有不同的设计, $\omega$  为转子 20 旋转的角速度,下方的箭头表示转子 20 的旋转方向。沿旋转方向将位于转子绕组 70 前侧的过渡径向风路出口 801 设在转子槽楔 202 上,如图 4 所示;位于后侧的过渡径向风路出口 801 设在转子齿 201 上,如图 5 所示。如图 2 所示的过渡径向风路 80 中每条过渡径向风道 802 在气隙中的出口沿轴向分布,为了使各通风道不相互影响,因此将各风道采用导风板 803 将其隔开,如图 4、5 所示。图中的转子实心导线 702 位于槽内轴向中心将两侧的风道隔开。

转子槽楔 202 及转子齿 201 上的过渡径向风路出口 801 为沿轴径向的流线型结构,并与导风板 803 相连接,如图 6 所示。

在转子护环 60 上根据转子绕组端部冷却的需要开有径向通风孔 601,如图 7 所示。

转子 20 两端进风的风路相对独立。两条风道 120 的两个冷却器 110 并列布置,并在沿风速方向的冷却器中部设置等压连通风道 111,如图 8 所示。冷却器 110 采用水冷却器,两个冷却器 110 的进出水相对独立,互不影响,同时两路冷却水的流向相反流量相等。

导风环 40 的一端与风扇 50 相连,另一端与护环支圈 602 的相连,导风环的结构如图 9 所示。

在转子的端部设置有两条风道 120:冷空气进入转子的风道 122 和热空气流出转子的风道 121。两风道在端部以轴为中心布置,热风道 121 和冷风道 122 分别在轴 100 的两侧向下引出风道与位于汽轮发电机下部的冷却器 110 相连接,如图 10 所示。

本发明的工作过程如下:

冷却空气由转子两端的风扇 50 增压后全部进入转子端部护环 60。进入护环 60 的冷却空气分两路流动,第一路在冷却端部绕组后经设在护环 60 上的护环径向通风孔 601 进入气隙,第二路直接进入转子空心导线 701,并沿轴向流动。沿轴向流动的冷却空气流过转子 20 中部后经过过渡径向风路 80 进入气隙,并流到端部与另一端由护环进入气隙的空气汇合,然后经过端部的风道 120 进入到冷却器 110。通过冷却器 110 冷却后的冷空气由风道 120 进入汽轮发电机的端部。



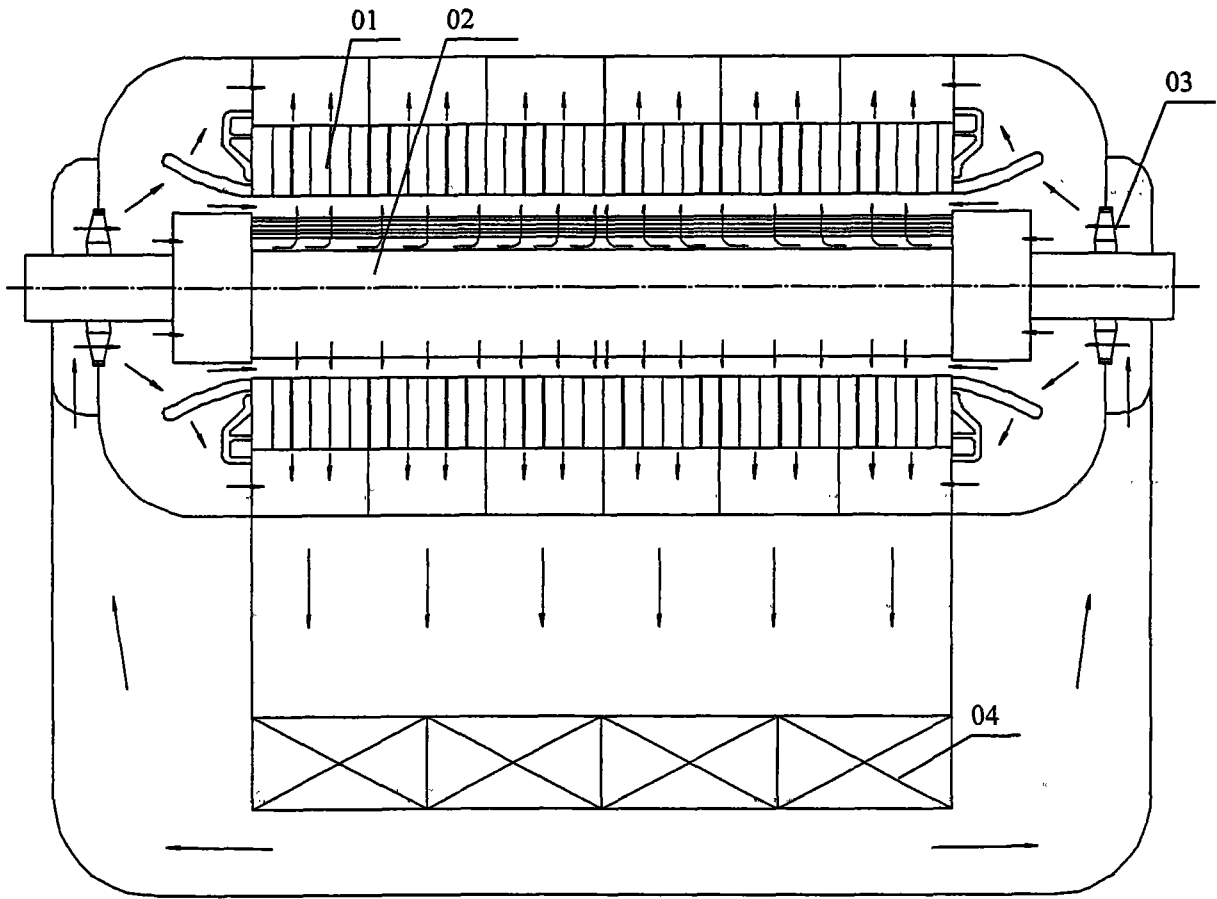


图 1

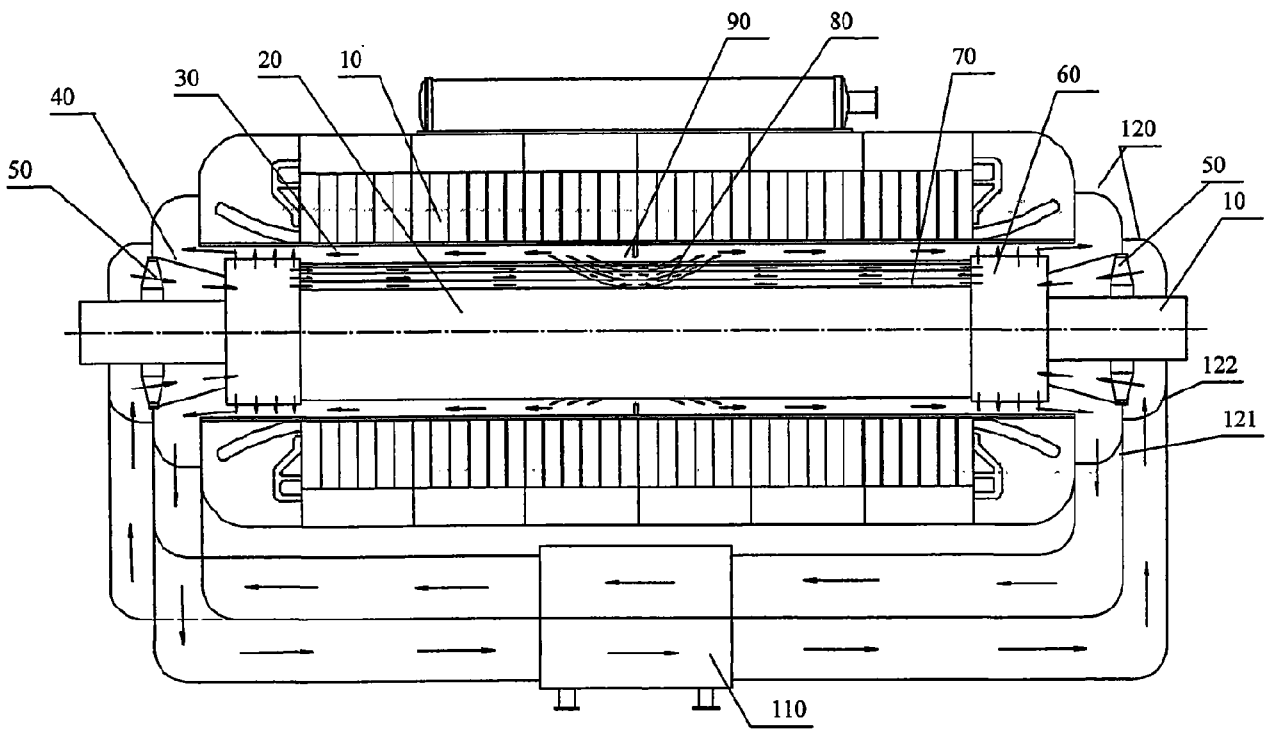


图 2

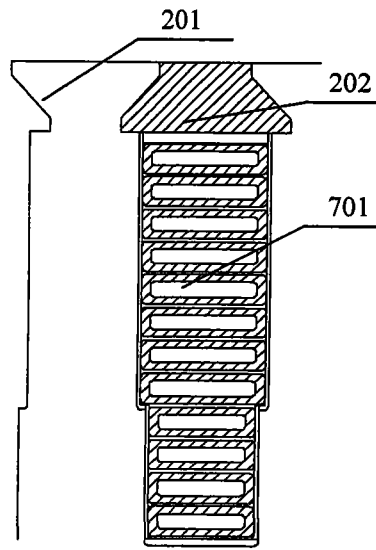


图 3

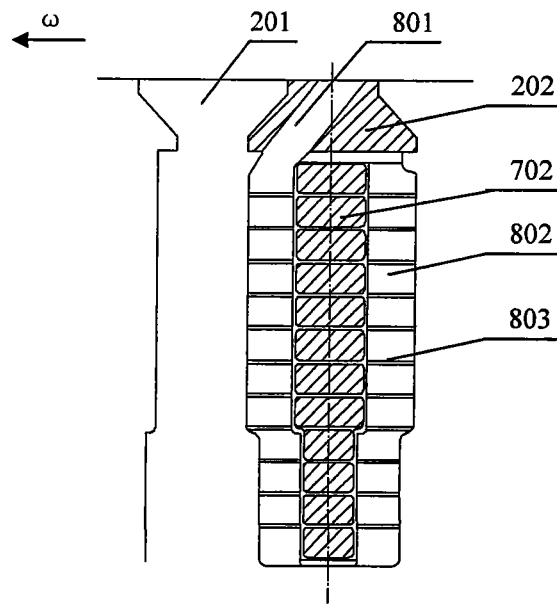


图 4

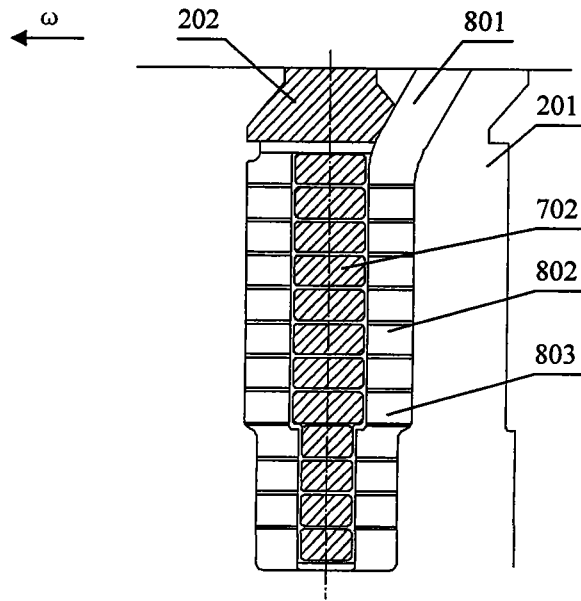


图 5

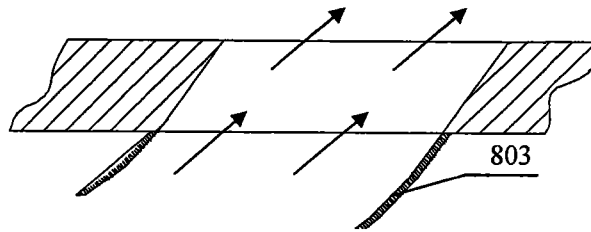


图 6

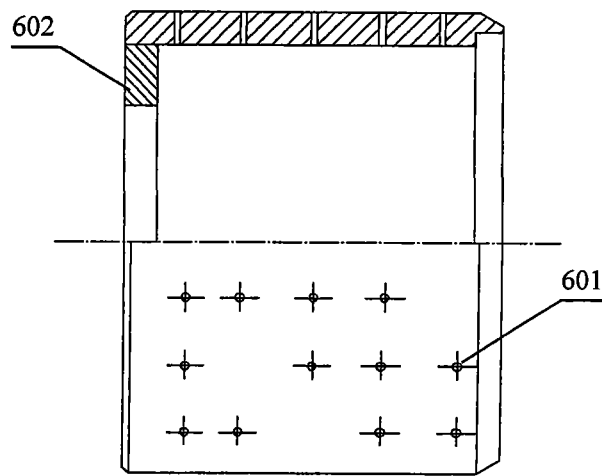


图 7

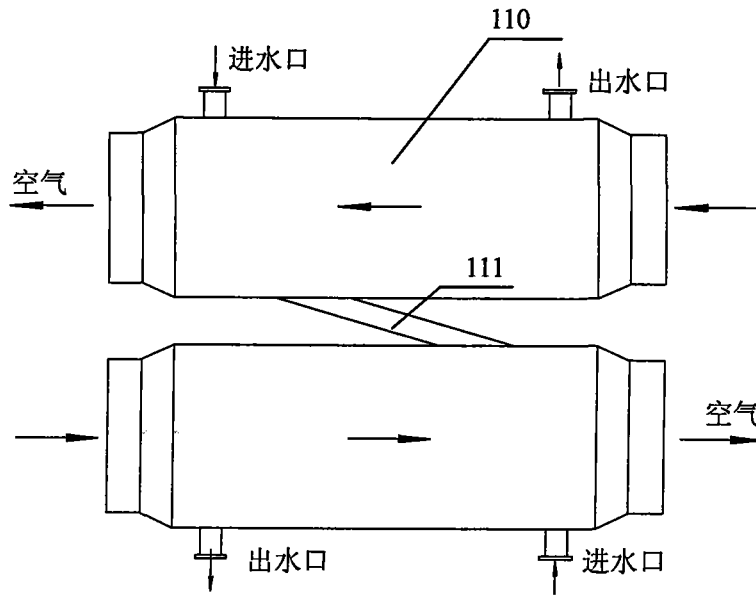


图 8

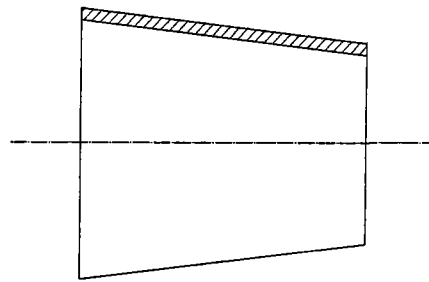


图 9

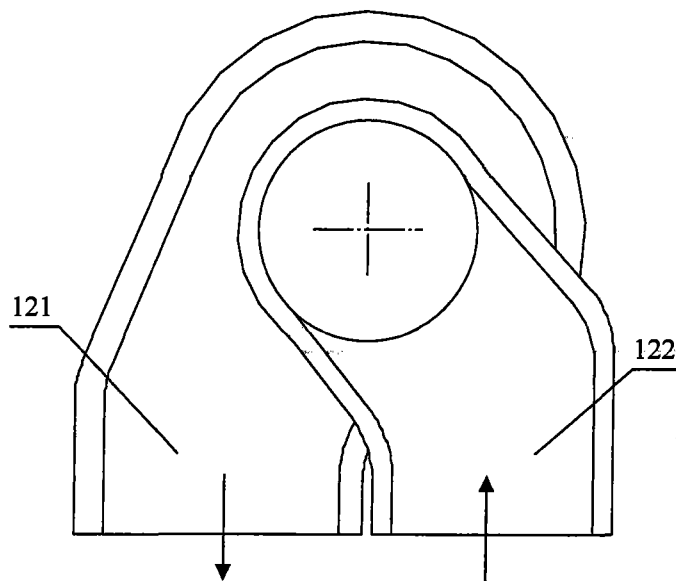


图 10