



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103000233 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201110387832. X

CN 101719386 A, 2010. 06. 02,

(22) 申请日 2011. 11. 29

KR 20020037105 A, 2002. 05. 18,

(30) 优先权数据

US 2009245453 A1, 2009. 10. 01,

10-2011-0091159 2011. 09. 08 KR

KR 20100090990 A, 2010. 08. 18,

KR 20060002360 A, 2006. 01. 09,

(73) 专利权人 韩电原子力燃料株式会社

审查员 武瑞青

地址 韩国大田市

(72) 发明人 李相宗 金荣栢 白秉赞 梁海男

李大镇 崔宁宰 李载圭 许均

沈敬愚 田圣恩

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限

公司 11002

代理人 谢顺星

(51) Int. Cl.

G21C 15/18(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101710494 A, 2010. 05. 19,

CN 1941217 A, 2007. 04. 04,

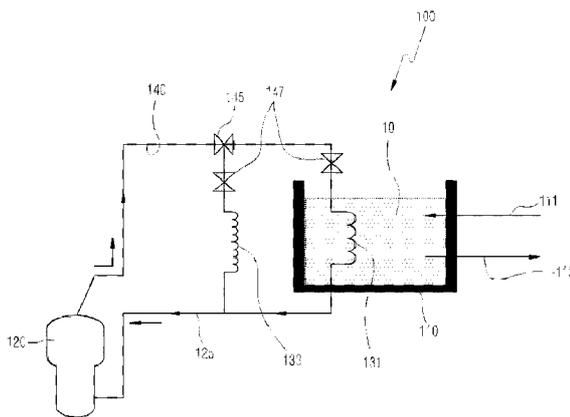
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

核电站被动式冷却系统

(57) 摘要

本发明涉及一种核电站被动式冷却系统,其特征在于,包括:水冷用水储藏器,其内部储藏有水冷用水;蒸汽发生器,其连接至所述水冷用水储藏器并被供给水冷用水,加热所供给的水冷用水并产生蒸汽;水冷式热交换器,其连接至所述蒸汽发生器,且设置在所述水冷用水储藏器的内部;及空冷式热交换器,其连接至所述蒸汽发生器,且设置在所述水冷用水储藏器的外部。由此,在发生事故时即使供电被中断也可以运行核电站的被动式冷却系统,以冷却堆芯衰变热(或余热)。



CN 103000233 B

1. 一种核电站被动式冷却系统,其特征在于,包括:
 - 水冷用水储藏器,其内部储藏有水冷用水;
 - 蒸汽发生器,其连接至所述水冷用水储藏器并被供给水冷用水,加热所供给的水冷用水并产生蒸汽;
 - 水冷式热交换器,其连接至所述蒸汽发生器,且设置在所述水冷用水储藏器的内部;
 - 空冷式热交换器,其连接至所述蒸汽发生器,且设置在所述水冷用水储藏器的外部;
 - 冷却塔,其内部设有所述水冷式热交换器和所述空冷式热交换器;
 - 分支阀,其设置在蒸汽管的分支处,以使所述蒸汽发生器中产生的蒸汽流入所述水冷式热交换器并使所述空冷式热交换器的流量可调节;
 - 开关阀,其设置在所述蒸汽管中经过所述分支阀后的位置处。
2. 如权利要求 1 所述的核电站被动式冷却系统,其特征在于,将所述水冷式热交换器及所述空冷式热交换器设置为比所述蒸汽发生器更靠上,以使水冷用水和蒸汽的循环流动可依靠自重和对流连续进行。
3. 如权利要求 1 所述的核电站被动式冷却系统,其特征在于,所述冷却塔的下部形成有外部气体流入口,以使外部空气可流入。
4. 如权利要求 1 或 2 所述的核电站被动式冷却系统,其特征在于,还包括:
 - 蒸汽管,其连接所述蒸汽发生器的上部、所述水冷式热交换器及所述空冷式热交换器的上部;
 - 给水管,其连接所述水冷式热交换器、所述空冷式热交换器的下部和所述蒸汽发生器的下部。

核电站被动式冷却系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种核电站被动式冷却系统,更具体地涉及一种依靠被动式装置来实现核电站发生事故时自然循环方式的堆芯冷却所需的二次系统热去除方法的冷却系统。

背景技术

[0002] 核电站中,作为确保核反应堆的安全性的重要系统有辅助给水系统。

[0003] 辅助给水系统在主给水系统无法运行的情况下保持蒸汽发生器(steam generator)的水位,并为了使核反应堆冷却系统可从高温待机状态转换到静止状态,而保持蒸汽发生器的水位。

[0004] 核电站发生事故时,为了冷却装载在堆芯里的核燃料,可通过作为二次系统的蒸汽发生器去除衰变热(或余热)。

[0005] 现有技术中,利用冷凝水储藏器(condensate storage tank)和辅助给水泵(auxiliary feedwater pump)执行通过蒸汽发生器的热去除功能。利用泵的给水系统需要电源,因此在没有电源供给的情况下,给水系统不能运行。

[0006] 韩国公开专利公报第 2002-0037105 号(2002 年 5 月 18 日公开)中公开了根据这样的现有技术的核电站的冷却系统。

[0007] 用现有技术的冷却系统将给水供给至蒸汽发生器进行冷却时,在蒸汽发生器中去除通过一次系统传递的堆芯衰变热(或余热)。

[0008] 但是,这样的现有核电站的冷却系统由于是仅依靠供电运行的主动式,因此存在当事故发生供电被中断的情况下可能不能运行的问题。

发明内容

[0009] 要解决的技术问题

[0010] 因此,本发明的目的在于提供一种可以以被动式在辅助给水系统中运行的核电站被动式冷却系统,使得即使发生事故供电被中断也能去除堆芯衰变热(或余热)。

[0011] 技术方案

[0012] 所述目的通过本发明的核电站被动式冷却系统实现,该核电站被动式冷却系统的特征在于,包括:水冷用水储藏器,其内部储藏有水冷用水;蒸汽发生器,其连接至所述水冷用水储藏器并被供给水冷用水,加热所供给的水冷用水并产生蒸汽;水冷式热交换器,其连接至所述蒸汽发生器,且设置在所述水冷用水储藏器的内部;及空冷式热交换器,其连接至所述蒸汽发生器,且设置在所述水冷用水储藏器的外部。

[0013] 此处,优选将所述水冷式热交换器及所述空冷式热交换器设置为比所述蒸汽发生器更靠上,以使水冷用水和蒸汽的循环流动可依靠自重和对流连续进行。

[0014] 优选地,所述核电站的被动式冷却系统还包括将所述空冷式热交换器设置在内的冷却塔。

[0015] 优选地,所述冷却塔的内部设置所述水冷用水储藏器,所述水冷用水储藏器的内

部设置所述水冷式热交换器,所述空冷式热交换器设置在所述冷却塔内部且位于所述水冷用水储藏器外部。

[0016] 优选地,所述冷却塔的下部形成有外部气体流入口,以使外部空气可流入。

[0017] 优选地,所述核电站的被动式冷却系统还包括:蒸汽管,其连接所述蒸汽发生器的上部、所述水冷式热交换器及所述空冷式热交换器的上部;给水管,其连接所述水冷式热交换器、所述空冷式热交换器的下部和所述蒸汽发生器的下部。

[0018] 并且,优选地,所述核电站的被动式冷却系统还包括:分支阀,其设置在所述蒸汽管的分支处,以使所述蒸汽发生器中产生的蒸汽流入所述水冷式热交换器并使所述空冷式热交换器的流量可调节;开关阀,其设置在所述蒸汽管中经过所述分支阀后的位置处。

[0019] 有益效果

[0020] 根据本发明,核电站的冷却系统可以以被动式运行在辅助给水系统的二次系统中,使得发生事故供电被中断也能冷却堆芯衰变热(或余热)。

[0021] 另外,可解决作为现有PAFS(Passive Auxiliary Feedwater System:被动式辅助给水系统)的缺点的冷却水耗尽时冷却被中断的问题,能够进行利用空冷的持久性冷却,并能缓解仅由水冷构成冷却系统时的热冲击问题。由于冷却可以以空冷和水冷分开进行,因此可减少水冷式热交换器和水冷用水储藏器的大小。即,在热大量产生的事故初期可同时利用冷却容量大的水冷式热交换器和空冷式热交换器来进行冷却(水冷式热交换器的大小可以比现有PAFS小),在水冷式热交换器的冷却水变热的事故中期、后期以后,可利用空冷来进行冷却。

附图说明

[0022] 图1为本发明一实施例的核电站被动式冷却系统的构成图;

[0023] 图2为本发明另一实施例的核电站被动式冷却系统的构成图;

[0024] 图3为本发明又一实施例的核电站被动式冷却系统的构成图。

[0025] 【附图标记说明】

[0026] 110:水冷用水储藏器 120:蒸汽发生器

[0027] 125:给水管 131:水冷式热交换器

[0028] 133:气冷式热交换器 140:蒸汽管

[0029] 145:阀 150:冷却塔

[0030] 151:外部气体流入口

具体实施方式

[0031] 下面参照附图对本发明进行更详细的说明。

[0032] 如图1所示,本发明的轻水压水堆核电站的冷却系统100,是确保对轻水压水堆、加压重水堆、沸水轻水堆、沸水重水堆等核反应堆的安全性的系统,其不适用于一次系统(核反应堆-高温管-蒸汽发生器-冷却剂泵-低温管-核反应堆)而适用于二次系统(蒸汽发生器-蒸汽管-高温涡轮-低温涡轮-冷凝器-给水管-蒸汽发生器),该二次系统是通过与一次系统连接的蒸汽发生器来与涡轮相连接的系统,大致分为将二次系统的热与水进行交换的水冷部分以及将二次系统的热与空气进行交换的空冷部分,更具体地

包括：水冷用水储藏器 110，其内部储藏有水冷用水 10；蒸汽发生器 120，其连接至水冷用水储藏器 110 并被供给水冷用水 10，加热所供给的水冷用水 10 并产生蒸汽；水冷式热交换器 131，其连接至蒸汽发生器 120，且设置在水冷用水储藏器 110 的内部；及空冷式热交换器 133，其连接至蒸汽发生器 120，且设置在水冷用水储藏器 110 的外部。

[0033] 因此，在紧急情况下冷却二次系统就能去除堆芯内衰变热（或余热）。更具体地，随着蒸汽发生器 120 产生蒸汽，轻的蒸汽从蒸汽发生器 120 的上部排出并流入热交换器 130，经过热交换器 130 时蒸汽冷却冷凝，在再次流入蒸汽发生器 120 的下部时以水的状态再次流入，从而可以以被动式在二次系统中运行，而不需要核电站冷却系统 100 具备泵等配置，以在事故发生时即使供电被中断也能冷却堆芯衰变热（或余热）。

[0034] 另外，如图 1 所示，本发明的核电站被动式冷却系统 100 优选地还包括：蒸汽管 140，其连接蒸汽发生器 120 的上部、水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133 的上部；给水管 125，其连接水冷式热交换器 131、空冷式热交换器 133 的下部和蒸汽发生器 120 的下部；分支阀 145，其设置在蒸汽管 140 的分支处，以使得蒸汽发生器 120 中产生的蒸汽流入水冷式热交换器 131 并使空冷式热交换器 133 的流量可调节；开关阀 147，其设置在蒸汽管 140 中经过分支阀 145 后的位置处。

[0035] 因此，水冷用水 10 可通过给水管 125 从水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133 再次流入蒸汽发生器 120 并被回收，通过蒸汽管 140 从蒸汽发生器 120 流入水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133，且可由分支阀 145 及开关阀 147 选择或开启关闭向水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133 的蒸汽供给。

[0036] 作为本发明的一实施例，优选地给水管 125 分别设置在水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133 的上部，蒸汽管 140 分别设置在水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133 的下部。

[0037] 分支阀 145 的调节（对朝向水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133 的蒸汽流路进行调节）可通过设置控制部（未示出）并根据冷却热容量的自动计算来进行或根据水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133 的热去除容量来变更，在上述情况以外的情况下可由操作员直接操作。此时，优选地控制蒸汽发生器 120 的水位使其一直保持稳定。

[0038] 如图 1 所示，作为本发明的一实施例，优选地将水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133 配置为比蒸汽发生器 120 更靠上，以使水冷用水 10 与蒸汽的循环流动依靠自重及对流来连续地被动式运行。

[0039] 因此，通过利用了蒸汽轻、水重的性质的自然对流及重力，水冷用水 10 和蒸汽的循环流动可以以被动式连续进行，而不需要电力等专门的动力。

[0040] 另一方面，优选地水冷式用水储藏器 110 设有水冷用水供给管 111 和水冷用水排出管 113，所述水冷用水供给管 111 用于从外部供给水冷用水 10，所述水冷用水排出管 113 用于向外部排出内部的水冷用水 10。

[0041] 因此，通过在水冷用水储藏器 110 的内部和外部同时设置水冷式热交换器 131 及空冷式热交换器 133，可解决作为现有 PAFS (Passive Auxiliary Feedwater System: 被动式辅助给水系统) 的缺点的冷却水耗尽时冷却被中断的问题，可进行利用气冷的持久性冷却，并能缓解仅由水冷构成时的热冲击问题。另外，由于冷却可以以空冷和水冷分开进行，因此可减少水冷式热交换器和水冷用水储藏器的大小。即，在热大量产生的事故初期，可同

时利用冷却容量大的水冷式热交换器和空冷式热交换器来进行冷却（水冷式热交换器的大小可以比现有 PAFS 小），在水冷式热交换器的冷却水变热的事中期、后期以后，可利用空冷来进行冷却。

[0042] 另一方面，如图 2 及图 3 所示，本发明另一实施例的核电站被动式冷却系统 100 还可包括内部设有空冷式热交换器 133 的冷却塔 150。

[0043] 因此，冷却塔 150 提供空冷式热交换器 133 的设置场所，并利用大气压差使风从下部吹向上部的现象，可提高空冷的热交换效率。

[0044] 优选地，冷却塔 150 的下部形成有外部气体流入口 151，所述外部气体流入口 151 使外部空气自然流入冷却塔 150 的内部。

[0045] 因此，通过使外部气体流入冷却塔 150 的内部，可提高空冷式热交换器 133 的热交换效率。

[0046] 去除蒸汽发生器 120 的热过程由蒸汽发生器 120 内给水的汽化 - 对流 - 上升 - 水冷式热交换器 131、空冷式热交换器 133 中的冷却 - 冷凝 - 重力下降 - 给水供给 - 汽化的循环构成。因此，不需要利用泵等的流动发生装置，由此也不需要供给运行机器所需的能量。实现了通过大气和水冷用水的热交换来完成冷却的被动式冷却系统 100。水冷和空冷是互补关系，可通过引入水冷式热交换器 131 来解决因各自的热交换容量的限制而尺寸变大的问题；解决仅由水冷式热交换器 131 构成冷却系统时水冷用水蒸发后冷却被中断的问题；且由于空冷和水冷同时存在，可调节热冷却性能，从而可解决仅由水冷式热交换器 131 构成时因冷却容量使得尺寸变大而在冷却初期形成急速冷却，进而造成排管受到热冲击的问题。

[0047] 本发明可适用于设有蒸汽发生器 120 的所有核电站，不管蒸汽发生器 120 是与堆芯直接连接、间接连接还是独立存在都可适用。

[0048] 另一方面，如图 3 所示，作为本发明的又一实施例，优选地，冷却塔 150 的内部设有水冷用水储藏器 110，且水冷用水储藏器 110 的内部设有水冷式热交换器 131，空冷式热交换器 133 设置在冷却塔 150 内部且位于水冷用水储藏器 110 外部。

[0049] 堆芯产生的热通过一次系统传递到蒸汽发生器 120，并在蒸汽发生器 120 中实现热交换而传递到二次系统。

[0050] 蒸汽发生器 120 的内部装满有给水，该给水依靠传递的堆芯的热被加热并汽化为蒸汽。

[0051] 汽化的蒸汽沿着设置在蒸汽发生器 120 上部的蒸汽管 140 流动，蒸汽管 140 的分支处设有分支阀 145 来调节流路，以使蒸汽供给至空冷式热交换器 133 及水冷式热交换器 131 中的至少一处。另一方面，供给至水冷式热交换器 131 的蒸汽将通过盛有水冷用水 10 的水冷用水储藏器 110 内部设置的水冷式热交换器 131，且在通过水冷式热交换器 131 的过程中，蒸汽与水冷用水 10 进行热交换。在实现热交换的过程中，冷凝的蒸汽因重力下降并沿着连接在水冷式热交换器 131 下部的给水管 125 再次流入蒸汽发生器 120 并被回收。另一方面，供给至空冷式热交换器 133 的蒸汽在通过与大气实现热交换的空冷式热交换器 133 时与大气进行热交换。在实现热交换的过程中，冷凝的蒸汽因重力下降并沿着连接在空冷式热交换器 133 下部的给水管 125 再次流入蒸汽发生器 120 并被回收。此过程通过自然对流 - 冷凝 - 重力下降实现，因此水冷式热交换器 131 和空冷式热交换器 133 优选地设置

为比蒸汽发生器 120 更靠上。

[0052] 为了提高空冷的效率,可专门设置空冷空间。例如,可在所述冷却系统中引入冷却塔 150 形状的空冷空间。冷却塔 150 具有上部和下部开放的形状,且在冷却塔 150 的内部设置空冷式热交换器 133。由于冷却塔 150 建筑物的高度,存在气压差,因此从下部流入的大气风吹向上部。因此,风接触到设置在内部的空冷式热交换器 133 表面的同时可提高空冷的效率。

[0053] 由此,根据本发明,在发生事故时即使供电被中断也可以以被动式运行核电站冷却系统 100,以去除堆芯衰变热(或余热)。

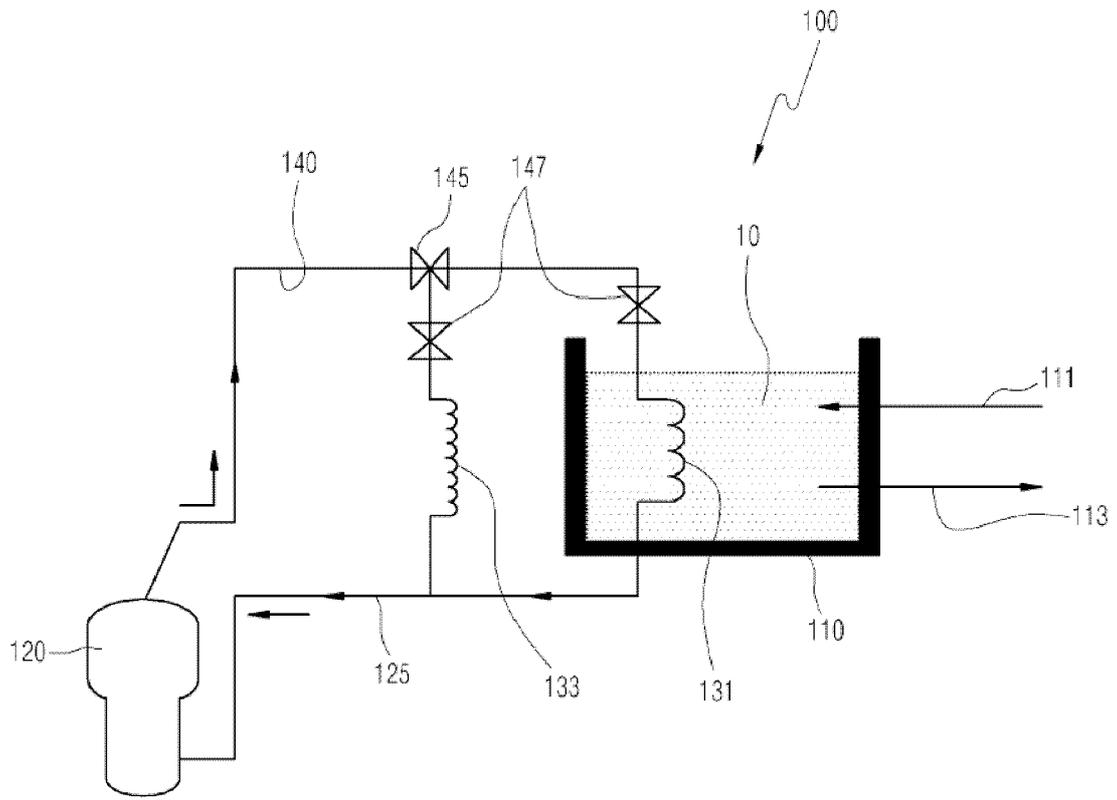


图 1

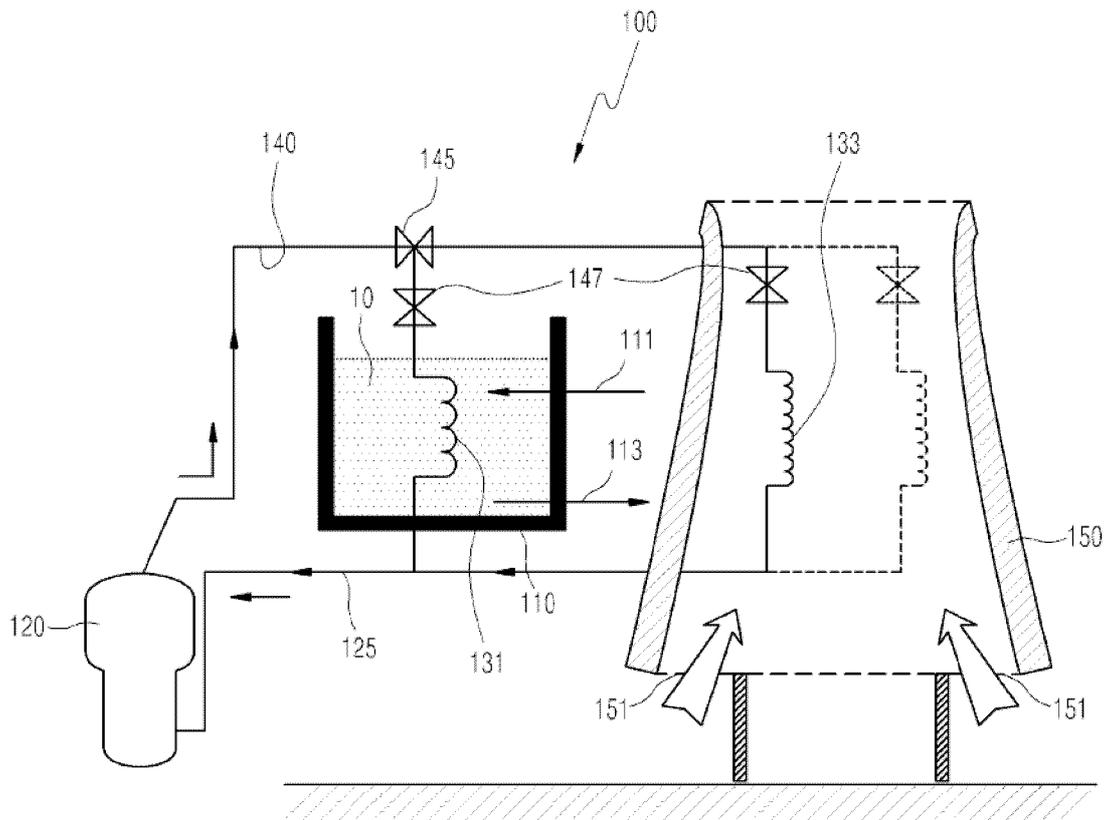


图 2

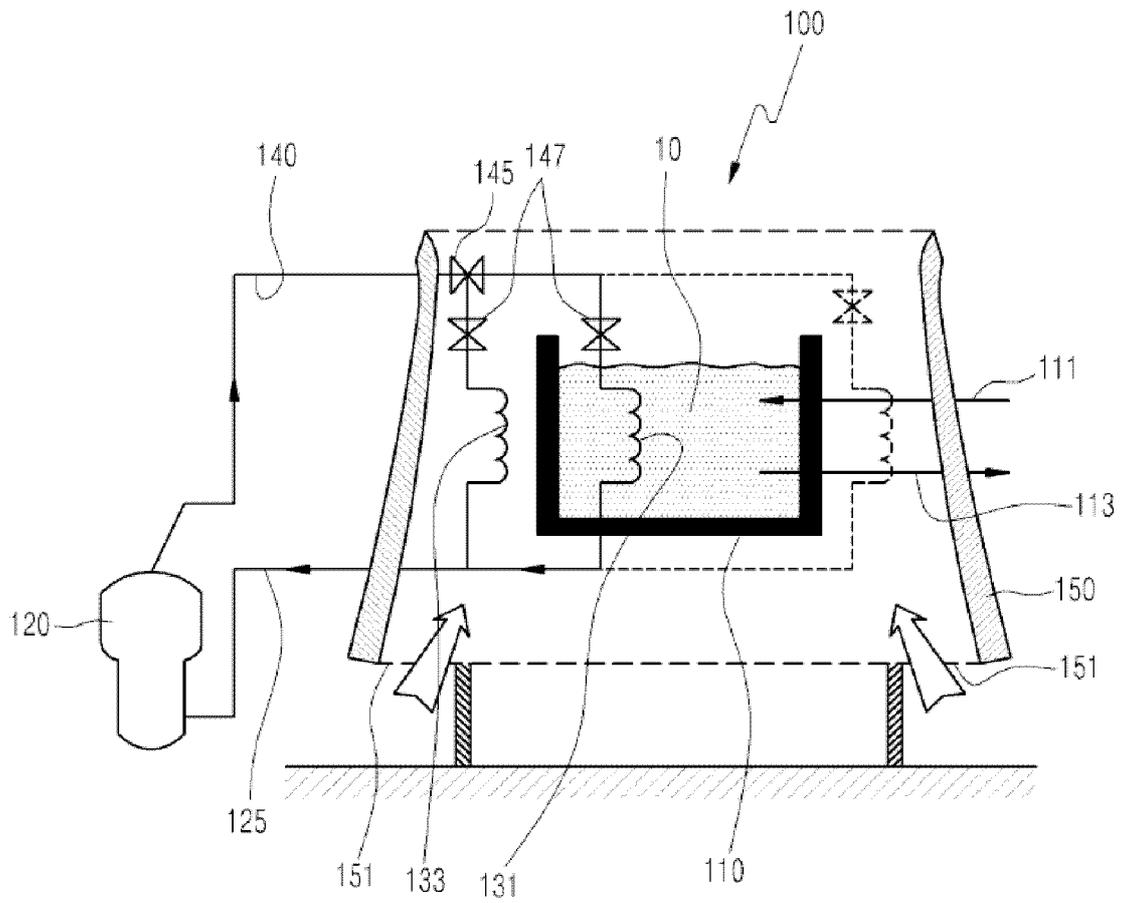


图 3