



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117436144 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 23

(21) 申请号 202311239478.5

H02B 1/56 (2006.01)

(22) 申请日 2023.09.25

G06F 119/08 (2020.01)

(71) 申请人 长江勘测规划设计研究有限责任公司

G06F 111/10 (2020.01)

地址 430010 湖北省武汉市解放大道1863号

G06F 113/06 (2020.01)

G06F 111/06 (2020.01)

(72) 发明人 周昌平 刘海波 李成子 喻飞
叶任时 桂胜强 苏毅 张发印
陶轲 张鹏

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

专利代理师 陈家安

(51) Int. Cl.

G06F 30/10 (2020.01)

G06F 30/20 (2020.01)

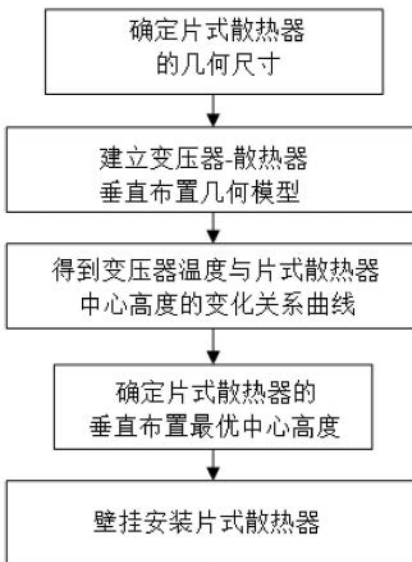
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法

(57) 摘要

本发明提供一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法,结合海上升压站主变散热装置设计需求,将海上升压站主变散热装置垂直布置,一方面,通过主变散热器的垂直布置增大了散热器内油流速及其与空气的对流,充分发挥其散热功效,有效降低变压器温度,减少变压器运行损耗;另一方面,将主变散热器布置于海上升压站一层外墙上,可大大节省海上升压站底层平台面积,减少底层平台面积,从而减少海上升压站投资成本。本发明解决了现有海上升压站主变散热装置占底层平台面积大的问题,实现海上风电开发的降本增效。



1. 一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、根据海上升压站主变压器容量及外轮廓尺寸,确定主变散热装置的片式散热器的单元盒宽B、单元盒间距d和单元盒数量N;

步骤二、建立变压器-散热器垂直布置几何模型,通过Fluent软件分析得到变压器温度与片式散热器中心高度的变化关系曲线;

步骤三、采用数值拟合方法得到主变压器温度与散热器高度函数解析表达式,确定片式散热器的垂直布置最优中心高度;

步骤四、按照片式散热器的垂直布置最优中心高度,采用壁挂安装方式将片式散热器布置于海上升压站一层的外墙上。

2. 根据权利要求1所述的一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法,其特征在于:所述步骤一中,在片式散热器单元盒宽展开长度 B_0 和单元盒高H的基础上,根据主变压器容量及外轮廓尺寸,依据可选尺寸规格来确定片式散热器单元盒宽B和单元盒间距d,根据变压器发热量 $Q_{\text{变}}$ 和片式散热器散热量 $Q_{\text{散}}$ 计算片式散热器单元盒数量N。

3. 根据权利要求2所述的一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法,其特征在于:所述片式散热器单元盒数量N依据以下公式计算得到:

片式散热器的对流散热面积: $S_D = 2 \times B_0 \times H \times N \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}$;

片式散热器的辐射散热面积: $S_F = (2 \times B \times d \times N + B \times H) \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}$;

片式散热器的自冷式散热器表面系数: $\beta = (55S_D + 45S_F) / 100S_D$;

片式散热器的有效散热面积: $S_{\text{散}} = \mu \times k \times \beta \times S_D \text{ (m}^2\text{)}$;

其中, B_0 为片式散热器单元盒宽展开长度,单位mm;B为片式散热器单元盒宽,单位mm;H为片式散热器单元盒高,单位mm;N为片式散热器单元盒数量;d为片式散热器单元盒间距,单位mm; μ 为结构系数即片式散热器单元盒距修正系数;k为片式散热器单元盒数量修正系数;

片式散热器单元盒数量N依据以下公式计算得到:

$$N = \left\lceil \frac{Q_{\text{变}}}{Q_{\text{散}}} \right\rceil,$$

其中, $\lceil \rceil$ 表示向上取整的数学表示方法; $Q_{\text{变}}$ 为变压器发热量, $Q_{\text{变}} = Q_{\text{空载}} + Q_{\text{负载}}$, $Q_{\text{空载}}$ 为主变空载损耗, $Q_{\text{负载}}$ 为主变负载损耗; $Q_{\text{散}}$ 为片式散热器散热量, $Q_{\text{散}} = 2 \times h \times S_{\text{散}} (T_s - T_0)$,其中, T_s 为热源温度; T_0 为环境的空气温度;h为对流换热系数, $h = 1.42 \left(\frac{T_s - T_0}{H} \right)^{1/4}$,H为片式散热器单元盒高。

4. 根据权利要求1所述的一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法,其特征在于:所述步骤二中,根据片式散热器的单元盒宽B、单元盒间距d和单元盒数量N,在AutoCAD软件中建立变压器与片式散热器的简化二维模型;然后,将简化二维模型导入Gambit软件进行边界类型指定与网格划分前处理工作;接着,将Gambit中建立的网格模型调入Fluent软件中模拟变压器及散热器内部温度场的分布;最后,改变片式散热器的中心高度,重复上述步骤,得到变压器温度随片式散热器中心高度的变化规律数据,绘制变压器温度与片式散

器中心高度的变化关系曲线。

5.根据权利要求1-4中任意一项所述的一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法,其特征在于:所述步骤三中,明确数值拟合边界即多项式项数和拟合误差,采用最小二乘法对上述关系曲线进行多项式拟合,得到主变压器温度与散热器中心高度函数解析表达式:

$$T_{\text{变}} = f(x) = \sum_{n=0}^m a_n x^n,$$

其中, $T_{\text{变}}$ 为变压器温度; x 为片式散热器中心高度; m 为指定多项式项数; a_n 为多项式系数;

在上式基础上,将主变压器温度最低设为优化目标,求解片式散热器垂直布置最优中心高度 h_{opt} ;

$$\min T_{\text{变}}$$

$$\text{s.t. } h_{\min} \leq x \leq h_{\max}$$

其中, $h_{\min}$ 和 $h_{\max}$ 为片式散热器中心高度的最小值和最大值。

一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法

技术领域

[0001] 本发明属于新能源技术领域,涉及一种海上升压站的布置方法。

背景技术

[0002] 海上风电凭借海风资源的稳定性和发电功率大的特点,近年来发展迅速。为了达成海上风电平价上网的目的,降本增效是海上风电发展的必由之路。海上升压站作为海上风电场的重要组成部分,建设复杂,成本高昂,是制约海上风电开发和利用的关键。因此,通过优化海上升压站的设计,降低海上升压站平台面积,可大大降低海上升压站的开发成本。

[0003] 目前海上升压站在总体布置上采用主变置于室内和散热器置于室外露台的分体式安装布置原则。随着海上风电开发容量的增大,主变容量及其散热需求随之增加,相应地,主变散热器数量和体积增大,占据了海上升压站一层较大的室外空间和面积,导致海上升压站平台面积难以降低。此外,散热器水平布置于室外露台时,散热器底部的空气流通受到一定的限制,不利于散热器与空气对流散热。

发明内容

[0004] 为解决背景技术中所述的问题,本发明提供一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法。

[0005] 本发明的技术方案包括以下步骤:

[0006] 步骤一、根据海上升压站主变压器容量及外轮廓尺寸,确定主变散热装置的片式散热器的单元盒宽B、单元盒间距d和单元盒数量N;

[0007] 步骤二、建立变压器-散热器垂直布置几何模型,通过Fluent软件分析得到变压器温度与片式散热器中心高度的变化关系曲线;

[0008] 步骤三、采用数值拟合方法得到主变压器温度与散热器高度函数解析表达式,确定片式散热器的垂直布置最优中心高度;

[0009] 步骤四、按照片式散热器的垂直布置最优中心高度,采用壁挂安装方式将片式散热器布置于海上升压站一层的外墙上。

[0010] 进一步地,所述步骤一中,在片式散热器单元盒宽展开长度 B_0 和单元盒高H的基础上,根据主变压器容量及外轮廓尺寸,依据可选尺寸规格来确定片式散热器单元盒宽B和单元盒间距d,根据变压器发热量 $Q_{\text{变}}$ 和片式散热器散热量 $Q_{\text{散}}$ 计算片式散热器单元盒数量N。

[0011] 更进一步地,所述片式散热器单元盒数量N依据以下公式计算得到:

[0012] 片式散热器的对流散热面积: $S_D = 2 \times B_0 \times H \times N \times 10^{-6} (\text{m}^2)$;

[0013] 片式散热器的辐射散热面积: $S_F = (2 \times B \times d \times N + B \times H) \times 10^{-6} (\text{m}^2)$;

[0014] 片式散热器的自冷式散热器表面系数: $\beta = (55S_D + 45S_F) / 100S_D$;

[0015] 片式散热器的有效散热面积: $S_{\text{散}} = \mu \times k \times \beta \times S_D (\text{m}^2)$;

[0016] 其中, B_0 为片式散热器单元盒宽展开长度,单位mm;B为片式散热器单元盒宽,单位mm;H为片式散热器单元盒高,单位mm;N为片式散热器单元盒数量;d为片式散热器单元盒间

距,单位mm; μ 为结构系数即片式散热器单元盒距修正系数; k 为片式散热器单元盒数量修正系数;

[0017] 片式散热器单元盒数量N依据以下公式计算得到:

$$[0018] \quad N = \left\lceil \frac{Q_{\text{变}}}{Q_{\text{散}}} \right\rceil,$$

[0019] 其中, $\lceil \cdot \rceil$ 表示向上取整的数学表示方法; $Q_{\text{变}}$ 为变压器发热量, $Q_{\text{变}} = Q_{\text{变空载}} + Q_{\text{变负载}}$, $Q_{\text{变空载}}$ 为主变空载损耗, $Q_{\text{变负载}}$ 为主变负载损耗; $Q_{\text{散}}$ 为片式散热器散热量, $Q_{\text{散}} = 2 \times h \times S_{\text{散}} (T_s - T_0)$,其中, T_s 为热源温度; T_0 为环境的空气温度; h 为对流换热系数, $h = 1.42 \left(\frac{T_s - T_0}{H} \right)^{1/4}$, H 为片式散热器单元盒高。

[0020] 更进一步地,所述步骤二中,根据片式散热器的单元盒宽B、单元盒间距d和单元盒数量N,在AutoCAD软件中建立变压器与片式散热器的简化二维模型;然后,将简化二维模型导入Gambit软件进行边界类型指定与网格划分前处理工作;接着,将Gambit中建立的网格模型调入Fluent软件中模拟变压器及散热器内部温度场的分布;最后,改变片式散热器的中心高度,重复上述步骤,得到变压器温度随片式散热器中心高度的变化规律数据,绘制变压器温度与片式散热器中心高度的变化关系曲线。

[0021] 更进一步地,所述步骤三中,明确数值拟合边界即多项式项数和拟合误差,采用最小二乘法对上述关系曲线进行多项式拟合,得到主变压器温度与散热器中心高度函数解析表达式:

$$[0022] \quad T_{\text{变}} = f(x) = \sum_{n=0}^m a_n x^n,$$

[0023] 其中, $T_{\text{变}}$ 为变压器温度; x 为片式散热器中心高度; m 为指定多项式项数; a_n 为多项式系数;

[0024] 在上式基础上,将主变压器温度最低设为优化目标,求解片式散热器垂直布置最优中心高度 h_{opt} ;

$$[0025] \quad \min T_{\text{变}}$$

$$[0026] \quad \text{s.t. } h_{\min} \leq x \leq h_{\max}$$

[0027] 其中, $h_{\min}$ 和 $h_{\max}$ 为片式散热器中心高度的最小值和最大值。

[0028] 本发明与现有技术相比,结合海上升压站主变散热装置设计需求,将海上升压站主变散热装置垂直布置,一方面,通过主变散热器的垂直布置增大了散热器内油流速及其与空气的对流,充分发挥其散热功效,有效降低变压器温度,减少变压器运行损耗;另一方面,将主变散热器布置于海上升压站一层外墙上,可大大节省海上升压站底层平台面积,减少底层平台面积,从而减少海上升压站投资成本。本发明解决了现有海上升压站主变散热装置占底层平台面积大的问题,实现海上风电开发的降本增效。

附图说明

[0029] 图1为本发明的方法流程图。

[0030] 图2为变压器与片式散热器的简化二维模型图。

[0031] 图3为变压器温度与片式散热器中心高度的变化关系曲线图。

具体实施方式

[0032] 为了使本申请所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0033] 一种海上升压站主变散热装置垂直布置方法,流程图如图1所示,具体如下所述。

[0034] 步骤一、根据海上升压站主变压器容量及外轮廓尺寸,确定主变散热装置的片式散热器的单元盒宽B、单元盒间距d和单元盒数量N。

[0035] 具体地,在片式散热器单元盒宽展开长度 B_0 和单元盒高H的基础上,根据主变压器容量及外轮廓尺寸,依据可选尺寸规格来确定片式散热器单元盒宽B和单元盒间距d,根据变压器发热量 $Q_{\text{变}}$ 和片式散热器散热量 $Q_{\text{散}}$ 计算片式散热器单元盒数量N。其中,DL/T 1266-2013《变压器用片式散热器选用导则》中有述“根据变压器容量及外轮廓尺寸选择片式散热器的几何尺寸”,片式散热器的单元盒宽B越宽、单元盒间距d越大,散热器尺寸越大,油流量越大,散热效果越好。因此,对于大容量主变,建议选择大尺寸单元盒宽B和单元盒间距d;但同时也需要综合考虑变压器本体与散热器的相对尺寸大小、整体重量中心、整体占地面积等因素,可根据实际应用需求确定。根据DL/T 1266-2013《变压器用片式散热器选用导则》,片式散热器单元盒宽B可为:320mm、460mm、480mm、520mm;根据单元盒宽B值以及DL/T 1266-2013《变压器用片式散热器选用导则》中表B.1可计算得到单元盒间距d的所有可选尺寸。

[0036] 具体地,片式散热器单元盒数量N依据以下公式计算得到:

[0037] 片式散热器的对流散热面积: $S_D = 2 \times B_0 \times H \times N \times 10^{-6} (\text{m}^2)$;

[0038] 片式散热器的辐射散热面积: $S_F = (2 \times B \times d \times N + B \times H) \times 10^{-6} (\text{m}^2)$;

[0039] 片式散热器的自冷式散热器表面系数: $\beta = (55S_D + 45S_F) / 100S_D$;

[0040] 片式散热器的有效散热面积: $S_{\text{散}} = \mu \times k \times \beta \times S_D (\text{m}^2)$;

[0041] 其中, B_0 为片式散热器单元盒宽展开长度,单位mm; B 为片式散热器单元盒宽,单位mm; H 为片式散热器单元盒高,单位mm; N 为片式散热器单元盒数量; d 为片式散热器单元盒间距,单位mm; μ 为结构系数即片式散热器单元盒距修正系数; k 为片式散热器单元盒数量修正系数。

[0042] 片式散热器单元盒数量N依据以下公式计算得到:

$$[0043] \quad N = \left\lceil \frac{Q_{\text{变}}}{Q_{\text{散}}} \right\rceil,$$

[0044] 其中, $\lceil \quad \rceil$ 表示向上取整的数学表示方法; $Q_{\text{变}}$ 为变压器发热量, $Q_{\text{变}} = Q_{\text{变空载}} + Q_{\text{变负载空载}}$, $Q_{\text{变空载}}$ 为变压器空载损耗, $Q_{\text{变负载空载}}$ 为变压器负载损耗,变压器型号确定后,其负载损耗及空载损耗参数可对照规范GB/T 6451-2015《油浸式电力变压器技术参数和要求》中的电力变压器参数表确定; $Q_{\text{散}}$ 为片式散热器散热量, $Q_{\text{散}} = 2 \times h \times S_{\text{散}} (T_s - T_0)$,其中, T_s 为热源温度; T_0 为环境的空气

温度;h为对流换热系数, $h=1.42\left(\frac{T_s-T_0}{H}\right)^{1/4}$,H为片式散热器单元盒高。

[0045] 步骤二、建立变压器-散热器垂直布置几何模型,通过Fluent软件分析得到变压器温度与片式散热器中心高度的变化关系曲线。

[0046] 具体地,根据片式散热器的单元盒宽B、单元盒间距d和单元盒数量N,在AutoCAD软件中建立变压器与片式散热器的简化二维模型,如图2所示;然后,将简化二维模型导入Gambit软件进行边界类型指定与网格划分前处理工作,得到三角形结构网格模型;接着,将Gambit中建立的三角形结构网格模型调入Fluent软件中模拟变压器及散热器内部温度场的分布;最后,改变片式散热器的中心高度,重复上述步骤,得到变压器温度随片式散热器中心高度的变化规律数据,绘制变压器温度与片式散热器中心高度的变化关系曲线。

[0047] 步骤三、采用数值拟合方法得到主变压器温度与散热器高度函数解析表达式,确定片式散热器的垂直布置最优中心高度。

[0048] 具体地,明确数值拟合边界即多项式项数和拟合误差,采用最小二乘法对上述关系曲线进行多项式拟合,得到主变压器温度与散热器中心高度函数解析表达式:

$$[0049] \quad T_{\text{变}} = f(x) = \sum_{n=0}^m a_n x^n,$$

[0050] 其中, $T_{\text{变}}$ 为变压器温度;x为片式散热器中心高度;m为指定多项式项数; a_n 为多项式系数;

[0051] 在上式基础上,将主变压器温度最低设为优化目标,求解片式散热器垂直布置最优中心高度 h_{opt} ;

$$[0052] \quad \min T_{\text{变}}$$

$$[0053] \quad \text{s.t. } h_{\min} \leq x \leq h_{\max}$$

[0054] 其中, $h_{\min}$ 和 $h_{\max}$ 为片式散热器中心高度的最小值和最大值。

[0055] 步骤四、按照片式散热器的垂直布置最优中心高度,采用壁挂安装方式将片式散热器布置于海上升压站一层的外墙上。

[0056] 并通过设计斜撑结构,有效增大支撑结构的刚度和增大支撑结构的抗震能力。

[0057] 实施例

[0058] 根据步骤一,海上升压站主变压器容量为300MVA,主变本体外轮廓尺寸长×宽×高为8450×2920×7830mm。

[0059] 根据计算以及DL/T 1266-2013《变压器用片式散热器选用导则》,得到主变散热装置的片式散热器的单元盒宽B、单元盒间距d和单元盒数量N分别为:B=520mm,d=620mm,N=36。

[0060] 根据步骤二,建立变压器-散热器垂直布置几何模型,通过Fluent软件分析得到变压器温度与片式散热器中心高度的变化关系曲线,如图3所示。

[0061] 根据步骤三,采用数值拟合方法得到主变压器温度与散热器高度函数解析表达式,确定片式散热器的垂直布置最优中心高度。

[0062] 明确数值拟合边界,即多项式项数和拟合误差,采用最小二乘法对上述关系曲线进行多项式拟合,得到主变压器温度与散热器中心高度函数解析表达式:

[0063] $T_{\text{变}} = f(x) = 0.3278x^4 - 4.6658x^3 + 24.99x^2 - 61.044x + 390.6$

[0064] 式中, $T_{\text{变}}$ 为变压器温度; x 为片式散热器中心高度。

[0065] 在上式基础上, 将主变压器温度最低设为优化目标, 求解片式散热器垂直布置最优中心高度 h_{opt} ;

[0066] $\min T_{\text{变}}$

[0067] s.t. $h_{\min} \leq x \leq h_{\max}$

[0068] 式中, $h_{\min}$ 和 $h_{\max}$ 为片式散热器中心高度的最小值和最大值。

[0069] 根据上式求得该场景下, 散热器最优中心高度为 4.5m。

[0070] 根据步骤四, 按照片式散热器的垂直布置最优中心高度, 采用壁挂安装方式将片式散热器布置于海上升压站一层的外墙上。

[0071] 本实施例中, 通过将散热器布置于海上升压站一层外墙上, 可节省海上升压站底层平台面积约 60m^2 , 减少底层平台面积约 6%, 解决了现有海上升压站主变散热装置占底层平台面积大的问题, 实现海上风电开发的降本增效。

[0072] 本领域内的技术人员应明白, 本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此, 本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且, 本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质 (包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等) 上实施的计算机程序产品的形式。本申请实施例中的方案可以采用各种计算机语言实现, 例如, 面向对象的程序设计语言 Java 和直译式脚本语言 JavaScript 等。

[0073] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备 (系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器, 使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0074] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中, 使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品, 该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0075] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上, 使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理, 从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0076] 尽管已描述了本申请的优选实施例, 但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念, 则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以, 所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本申请范围的所有变更和修改。

[0077] 显然, 本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样, 倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内, 则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

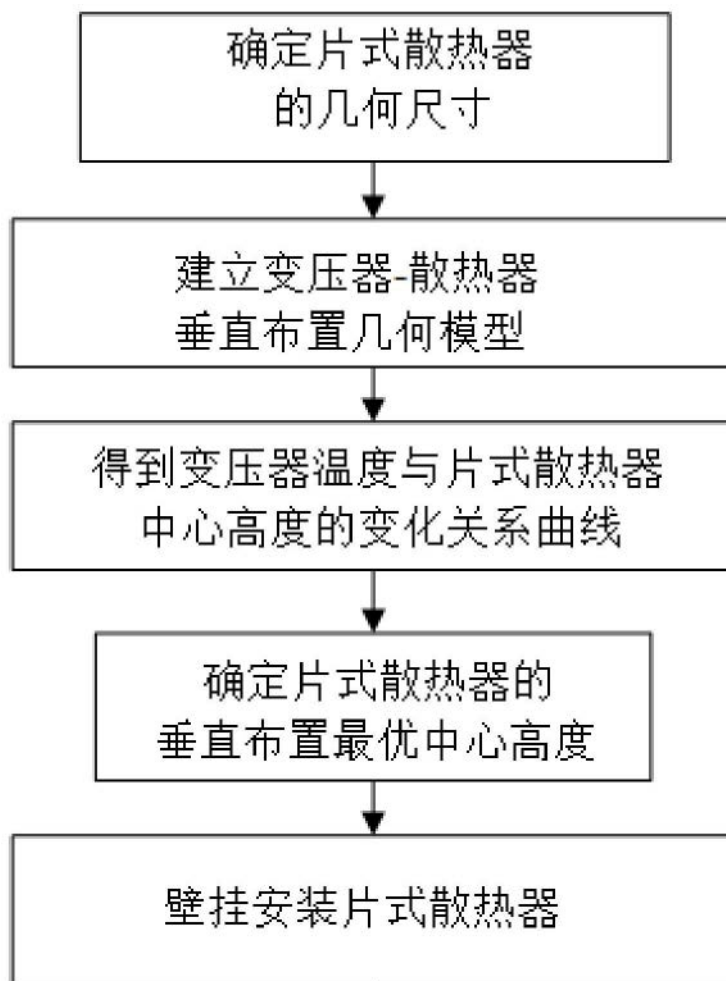


图1

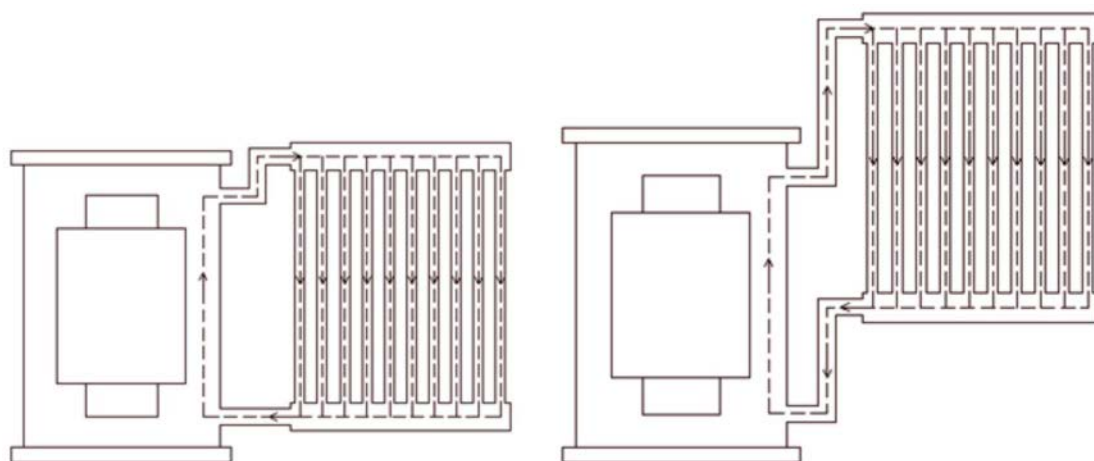


图2

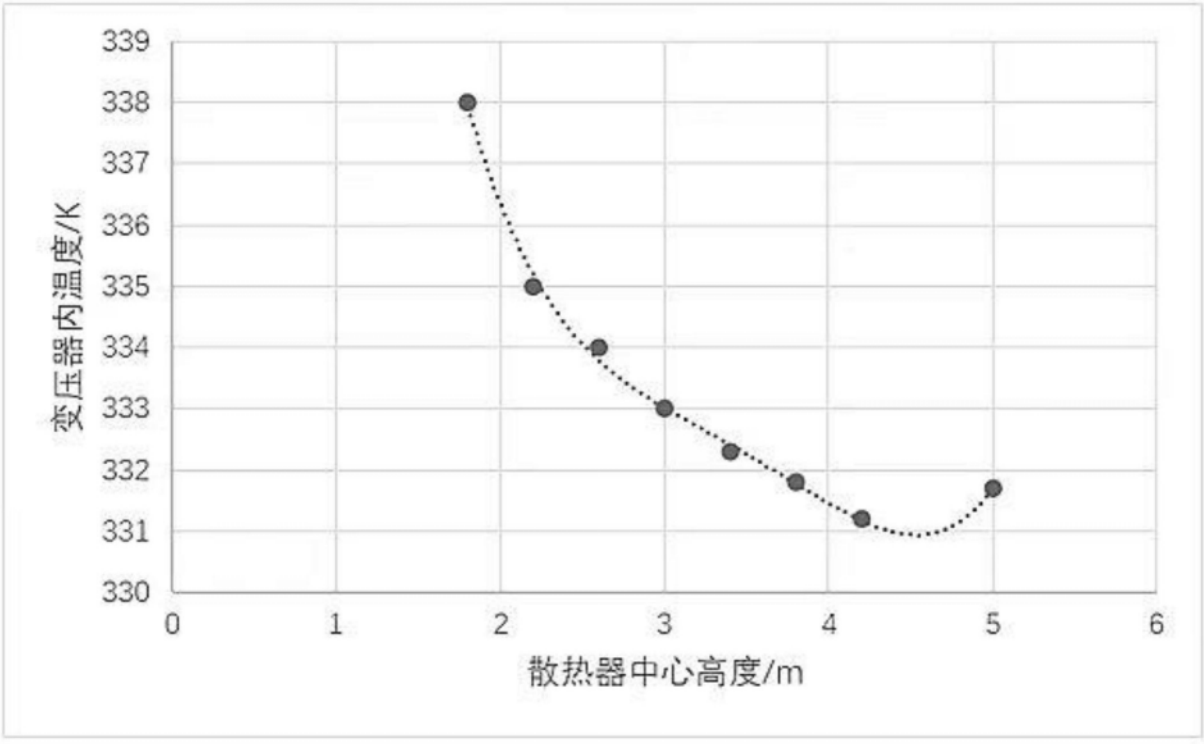


图3