



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111508675 A

(43)申请公布日 2020.08.07

(21)申请号 202010338094.9

(22)申请日 2020.04.26

(71)申请人 国网内蒙古东部电力有限公司检修分公司

地址 028006 内蒙古自治区通辽市经济技术开发区乌力吉牧仁大街以南、保康路以东国网蒙东检修公司运检综合楼

(72)发明人 刘文琳 崔浩天 吴家俊

(74)专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 黄家俊

(51)Int.Cl.

H01C 17/00(2006.01)

H01C 13/02(2006.01)

G06F 30/39(2020.01)

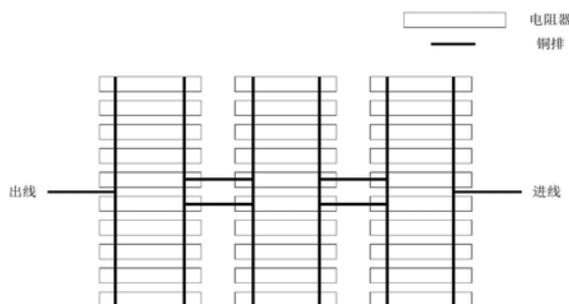
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种电阻型偏磁治理装置内部电阻器及其设计方法

(57)摘要

一种电阻型偏磁治理装置内部电阻器及其设计方法,根据变压器直流偏磁治理装置内部电阻器需要满足的动热稳定性能标准对电阻进行设计,利用ANSYS有限元分析软件对电阻的热稳定性能进行仿真分析,根据分析结果设计出能满足“Q/GDW 11518.2—2016电力变压器中性点电容隔离/电阻限流装置试验规程”行业标准的电阻器结构形式。本发明考虑了偏磁治理装置电流进出端设置,柜体的制作、运输和现场安装的难度,以及电阻器的热稳定性能,提供了更合适的内部电阻器设计方法。



1. 一种电阻型偏磁治理装置内部电阻器的设计方法,包括以下步骤:

步骤1:选择两种不同结构的不锈钢电阻片,各自分别组成两种电阻器作为备选电阻器,利用ANSYS有限元分析软件对所选择的两种电阻片分别进行热稳定性能建模分析,根据电阻器的实际试验数据对电阻片模型参数进行修正,得到所述两种电阻片的数学模型,然后进行热性能仿真分析,根据仿真结果确定所选择的两种电阻器,其单个电阻片分别所能承受的最大电流值;

步骤2:根据步骤1所得到的仿真结果,通过对所选择的两种电阻片进行组合结构设计,得到了两种能满足“Q/GDW 11518.2—2016电力变压器中性点电容隔离/电阻限流装置试验规程”标准的电阻器结构,其中电阻片之间通过焊接的方式进行组合;

步骤3:分析步骤2中所得到的两种电阻器结构的焊接处电阻所导致的发热效应,对两种电阻器机构进行比较,进而选择在所耐受的热稳定电流为10KA/s时,电阻器的最高温度较低的一组电阻器结构作为电阻型偏磁治理装置内部电阻器。

2. 如权利要求1所述的电阻型偏磁治理装置内部电阻器的设计方法,其中,步骤2中的所述两种能满足“Q/GDW 11518.2—2016电力变压器中性点电容隔离/电阻限流装置试验规程”标准的电阻器结构的电阻器分别为由多个I型电阻片组成的电阻器1和由多个II型电阻片组成的电阻器2;所述I型电阻片单个的电阻为 $2\Omega$ ,所述II型电阻片单个的电阻为 $8\Omega$ ;所述电阻器1和电阻器2的总电阻相同。

3. 如权利要求2所述的电阻型偏磁治理装置内部电阻器的设计方法,其中,将I型电阻片4个为1组进行并联,然后将6组进行串联,由“6串4并”的共24个I型电阻片组成了电阻器1;将II型电阻片10个为1组进行并联,然后将3组进行串联,由“3串10并”的共30个II型电阻片组成了电阻器2。

4. 如权利要求3所述的电阻型偏磁治理装置内部电阻器的设计方法,其中,II型号电阻片截面积小于I型号电阻的片截面积。

5. 如权利要求4所述的电阻型偏磁治理装置内部电阻器的设计方法,其中,选择电阻器2为电阻型偏磁治理装置内部电阻器。

6. 一种根据权利要求5所述的电阻型偏磁治理装置内部电阻器的设计方法所设计的内部电阻器,其中,II型电阻片采用铁络铝材料制成,采用两根竖直铜牌将一组10个电阻片并联,横向铜牌为串联铜牌,分别各采用两根横向铜牌与一组电阻上的竖直铜牌连接,从而将三组电阻并联结构串联起来构成“3串10并”结构,竖直铜牌与电阻器进线、出线端子之间采用螺丝紧固。

## 一种电阻型偏磁治理装置内部电阻器及其设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力技术领域,具体涉及变压器直流偏磁治理装置内部电阻器及其设计方法。

### 背景技术

[0002] 随着变压器直流偏磁问题研究的深入,电阻型偏磁治理装置的使用越来越多,该装置最主要的部分就是装置内部的电阻器,电阻器的选择对装置安全性能、内部布置、整体结构和尺寸大小都起了决定性作用。而在阻值已经选定的情况下,需要选择电阻器的结构形式,使其在系统发生故障时能承受住系统中的大电流冲击。因此,保证电阻具有足够的动热稳定性能,在大电流冲击下不会损坏是选择电阻器最主要的原则。

[0003] 由于直流偏磁抑制装置是在近几年才开始制作并投入使用,因此现在没有国家标准对装置性能进行明文规定。国家电网公司在2017年3月颁布了“Q/GDW11518.2—2016电力变压器中性点电容隔离/电阻限流装置试验规程”行业标准,标准中规定了500KV及以上系统中的变压器直流偏磁抑制装置需要耐受的热稳定电流为10KA(有效值)/s,与之对应的动稳定电流为15KA(峰值)/s。目前采用的不锈钢片式电阻,由铁络铝材料制成,如果不分组难以满足标准要求,因此,亟需提供一种不锈钢片式电阻的分组方法,以满足上述标准的要求。

[0004] 发明目的

[0005] 本发明根据治理装置内部电阻需要满足的动热稳定性能标准对电阻进行设计,利用ANSYS有限元分析软件对电阻的热稳定性能进行仿真分析,根据分析结果设计出能满足热稳定性能的电阻结构形式,以满足“Q/GDW 11518.2—2016电力变压器中性点电容隔离/电阻限流装置试验规程”的行业标准。

### 发明内容

[0006] 本发明提供了一种电阻型偏磁治理装置内部电阻器的设计方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1:选择两种不同结构的不锈钢电阻片,各自分别组成两种电阻器作为备选电阻器,利用ANSYS有限元分析软件对所选择的两种电阻片分别进行热稳定性能建模分析,根据电阻器的实际试验数据对电阻片模型参数进行修正,得到所述两种电阻片的数学模型,然后进行热性能仿真分析,根据仿真结果确定所选择的两种电阻器,其单个电阻片分别所能承受的最大电流值;

[0008] 步骤2:根据步骤1所得到的仿真结果,通过对所选择的两种电阻片进行组合结构设计,得到了两种能满足“Q/GDW 11518.2—2016电力变压器中性点电容隔离/电阻限流装置试验规程”标准的电阻器结构,其中电阻片之间通过焊接的方式进行组合;

[0009] 步骤3:分析步骤2中所得到的两种电阻器结构的焊接处电阻所导致的发热效应,对两种电阻器机构进行比较,进而选择在所耐受的热稳定电流为10KA/s时,电阻器的最高温度较低的一组电阻器结构作为电阻型偏磁治理装置内部电阻器。

[0010] 优选地,步骤2中的所述两种能满足“Q/GDW 11518.2—2016电力变压器中性点电容隔离/电阻限流装置试验规程”标准的电阻器结构的电阻器分别为由多个I型电阻片组成的电阻器1和由多个II型电阻片组成的电阻器2;所述I型电阻片单个的电阻为 $2\ \Omega$ ,所述II型电阻片单个的电阻为 $8\ \Omega$ ;所述电阻器1和电阻器2的总电阻相同。

[0011] 更优选地,将I型电阻片4个为1组进行并联,然后将6组进行串联,由“6串4并”的共24个I型电阻片组成了电阻器1;将II型电阻片10个为1组进行并联,然后将3组进行串联,由“3串10并”的共30个II型电阻片组成了电阻器2。

[0012] 进一步优选地,其中,II型号电阻片截面积小于I型号电阻的片截面积;

[0013] 选择电阻器2为电阻型偏磁治理装置内部电阻器。

[0014] 本发明的另一个方面,提供了一种上述设计方法所设计的内部电阻器,其中,II型电阻片采用铁络铝材料制成,采用两根竖直铜牌将一组10个电阻片并联,横向铜牌为串联铜牌,分别各采用两根横向铜牌与一组电阻上的竖直铜牌连接,从而将三组电阻并联结构串联起来构成“3串10并”结构,竖直铜牌与电阻器进线、出线端子之间采用螺丝紧固。

## 附图说明

[0015] 图1是本发明所选择的两种型号的电阻片的示意图。

[0016] 图2是电阻片简化过程示意图。

[0017] 图3是仿真得到的10kA电流下电阻温度分布图。

[0018] 图4是本发明的一种电阻器结构的电路图。

[0019] 图5是仿真得到的2.5kA电流下电阻发热情况。

[0020] 图6是本发明的另一种电阻器结构的电路图。

[0021] 图7是片式电阻器焊接处模型。

[0022] 图8是仿真得到的焊接处电阻温度分布图:a)为I型号电阻片在2.5kA电流下的温度分布,b)为II型号电阻片在1kA电流下的温度分布。

[0023] 图9是本发明所设计的电阻器总体结构示意图。

## 具体实施方式

[0024] 下面,结合附图,对本发明进行详细说明。

[0025] 选择市面的两种较为适合用作限流电阻的电阻器,如图1所示,将其编号为I型号和II型号,这两种电阻片的结构材料相同,都是采用铁络铝材料制成,但其单片电阻片的横截面积和制作而成的电阻器最大阻值不同,I型号电阻器最大阻值为2欧,II型号电阻器最大阻值为10欧。通过仿真分析来选择采用哪种电阻片制成的电阻器能达到标准要求。

[0026] 热传导方程为:

$$[0027] \quad \rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + q$$

[0028] 式中c——材料的比热容(J/(kg·K))。

[0029] q——微元体内部热源生成率(J/(s·m<sup>3</sup>))。

[0030] 本发明求解的电阻温度场由于不考虑电阻的对流换热以及辐射换热等条件,只考虑内部的导热,因此只需设置第一类边界条件即可,即

[0031]  $T=20^{\circ}\text{C}$  (在电阻表面上)

[0032] 因为电阻器中每一片电阻片采用串联方式连接,各电阻片的材料相同、流过电流相等,因此只需分析单片电阻片即可。电阻片各个部位的横截面积基本相同,因此在考虑发热问题时可以用一个横截面积相同的长方形电阻片进行简化替代。首先对I型号电阻片进行校验,该电阻片厚度1.5mm,宽度20mm,由于电阻片在其长度方向上流过的电流相等,因此截取其中3cm长的一段,如图2中所示。由于电阻片材料是铁络铝合金,查阅资料可知其电阻率为 $\rho=1.4\times 10^{-6}\Omega\cdot\text{m}$ ,修正后的导热系数 $\lambda=12\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,要使电阻达到的热稳定性标准是能耐受10kA电流1s,当通过电阻片的电流为10kA时,电阻片单位体积的发热量为

$$[0033] \quad Q = \frac{I_0^2 R}{V} = \frac{I_0^2 \rho l}{s l} = \frac{I_0^2 \rho}{s^2} = 1.56 \times 10^{11} \text{ W/m}^3$$

[0034] 式中 $s$ ——电阻片的横截面积( $\text{m}^2$ );

[0035]  $Q$ ——电阻单位体积的发热功率( $\text{W}/\text{m}^3$ )。

[0036] 将其施加到有限元模型上得到图3所示温度分布。从图中可以看出若施加10kA电流,1s后电阻内部最高点温度将达到3676度以上,这个温度下电阻片瞬间就会熔断,无法承受10kA的电流。于是将电流减小,分别得到了电流值为5kA、4kA、3kA、2kA和1kA情况下的仿真图像,通过整理得到表1所示数据。

[0037] 表1 I型号电阻片不同电流值下电阻温度数据

	电流值(kA)	单位体积发热量( $\times 10^9 \text{ W}/\text{m}^3$ )	最高温度( $^{\circ}\text{C}$ )
	5	39	930
[0038]	4	24.96	602.4
	3	14.04	347.6
	2	6.24	165.6
	1	1.56	56.6

[0039] 根据表中数据可知当通过电阻片的电流在3kA大小时,电阻最高温度降低到了347度,这个温度电阻可以安全的承受,但为了防止仿真误差导致实际温度偏高,要通过设计将单个电阻器承受的电流控制在3kA以下。

[0040] 采用该电阻片制作电阻器阻值最大可达2欧,因此为了得到3欧姆的总阻值,并且通过单一电阻器的电流不大于3kA,采用串并联方式进行设计。如图4所示,单个电阻器阻值2欧,将4个电阻器并联称为一组,每一组电阻的阻值为0.5欧,6组串联就能得到总阻值3欧的电阻,称这种电阻排列方式为6串4并排列方式,当对所有电阻施加10kA的电流时,由于并联分流的效果,通过单个电阻器的电流大小为2.5kA。通过2.5kA电流时,1s后的电阻发热情况如图5所示,从图中可知电阻中心温度最高点是248.5度,在可承受范围之内。因此采用这种排列方式能满足设计要求,该方案所需的片状电阻器个数为24个。

[0041] 对图1II型号电阻片的仿真过程与I型号的过程相似,II型号电阻片的截面尺寸为 $1\text{mm}\times 15\text{mm}$ ,比I型号电阻片截面积小,因此通过相同的电流时发热量较高,仿真计算其通过3kA、2kA和1kA电流下的温度数据,整理得表2所示数据。

[0042] 表2 II型电阻片不同电流值下电阻温度数据

	电流值(kA)	单位体积发热量( $\times 10^{10} \text{ W/m}^3$ )	最高温度( $^{\circ}\text{C}$ )
[0043]	3	7.45	765
	2	3.31	351
	1	0.83	103

[0044] 从表中数据可知当电流降到2kA范围以下时,电阻的温升较低,由于II型号电阻片截面积较小,因此制作完成的电阻器阻值较大,采用如图6所示的排列方式,图中单个电阻器阻值为10欧,每一组电阻器由10个电阻器并联而成,3组串联能使总阻值达到3欧,称这种排列方式为3串10并排列方式,对所有电阻施加10kA电流时通过单个电阻器的电流为1kA,从仿真结果可知此时电阻温度能控制在100度左右,在可承受范围内,因此采用这种排列方式也能满足要求,该方案所需片状电阻器个数为30个。

[0045] 考虑到所选择的片状电阻器是采用焊接方式制作而成的,在焊接处会存在焊接电阻,使该部位的电阻率相对其余部分偏大,施加大电流时该部位的温升会比其余部位高。因此假设电阻片上有一条焊缝,如图7所示为焊缝的模型,电阻片中间黑色部位为一条电阻率较高的焊缝。由于焊接处的电阻率大小难以计算,因此按照较大的裕度考虑,假设焊接部位的电阻率是电阻片的两倍,即 $\rho = 2.8 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ 。分别对I、II两种型号的电阻器做通流1s的仿真分析,得到如图8所示的电阻温度分布。图8a)为I型号电阻片在2.5kA电流下的温度分布,图8b)为II型号电阻片在1kA电流下的温度分布,从图中可以发现若焊接处电阻率为原来的两倍时,I型号电阻片通过2.5kA电流下温度最高处为477 $^{\circ}\text{C}$ ,而II型号电阻片通过1kA电流时最高点温度为186 $^{\circ}\text{C}$ ,可见采用方案二的电阻排列方式时,能使大电流下电阻器发热温度更低,并且在具有焊接电阻的情况下承受短时大电流的能力更强。

[0046] 将以上两种型号的电阻片的仿真结果和电阻器排列方式整理如表3所示:

[0047] 表3两种电阻片区别

型号	单个电阻器阻值	排列方式	施加 10kA 电流时 单个电阻器电流	最高温度	焊缝温度	电阻器个数
[0048] I 型	2 $\Omega$	6 串 4 并	2.5kA	248.5 $^{\circ}\text{C}$	477 $^{\circ}\text{C}$	24
II 型	8 $\Omega$	3 串 10 并	1kA	103 $^{\circ}\text{C}$	186 $^{\circ}\text{C}$	30

[0049] 从表中可以看出虽然II型号电阻片的横截面积较小,单个电阻器通流能力较弱,但采用多个电阻器并联以后能使通过单个电阻器的电流更小,并使大电流下电阻的最高温度更低。并且II型号电阻器的3串10并排列方式更加合理,若采用6串4并的排列方式,电流进出端若设计在同一侧,由于大电流下电阻两端电压较高,进出端在同一侧会使绝缘较难实现;而若将电流进出端设置在两侧,6串排列以后电阻的长度会很大,加大了装置柜体的制作、运输和现场安装的难度,而在考虑了焊接处电阻后,采用II型号电阻器的热稳定性能更加优良,因此选择II型号电阻器作为装置内部使用的电阻。如图9为II型号电阻器3串10并排列方式的总体结构,单个电阻器在同一侧有两个出线端子,于是采用两根竖直铜牌将

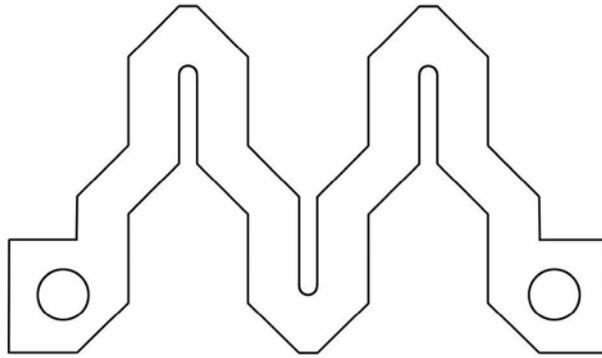
一组电阻器并联,横向铜牌为串联铜牌,铜牌与电阻器出线端子之间采用螺丝紧固。

[0050] 发明效果

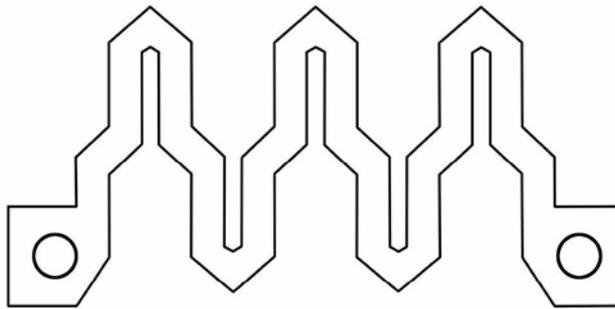
[0051] 1、本发明考虑两种不同型号的电阻片,总阻值为 $3\Omega$ ,给出在能够承受 $10\text{kA/s}$ 的电流时的电阻器结构。

[0052] 2、本发明考虑了电阻片焊接电阻的影响,比较两种电阻器结构的温度分布情况,选择了更合理的电阻器设计方案。

[0053] 3、本发明考虑了装置电流进出端设置,柜体的制作、运输和现场安装的难度,以及电阻器的热稳定性能,提供了更合适的电阻器设计方法。



a) I 型号电阻片



b) II 型号电阻片

图1

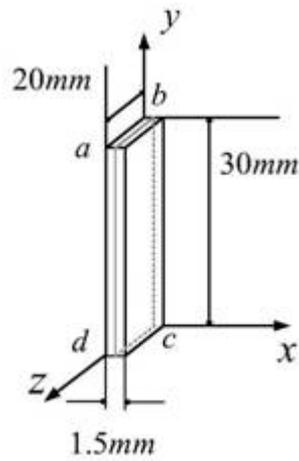


图2

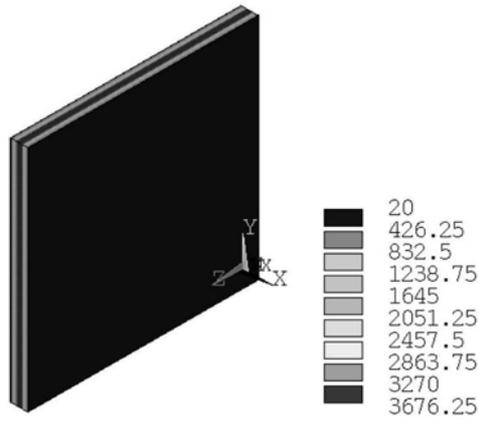


图3

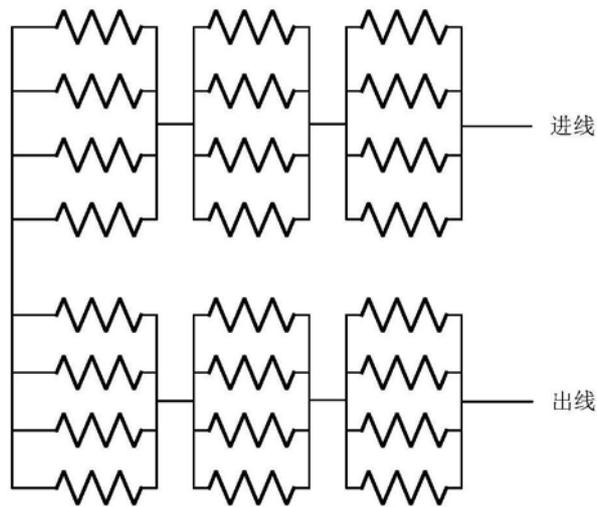


图4

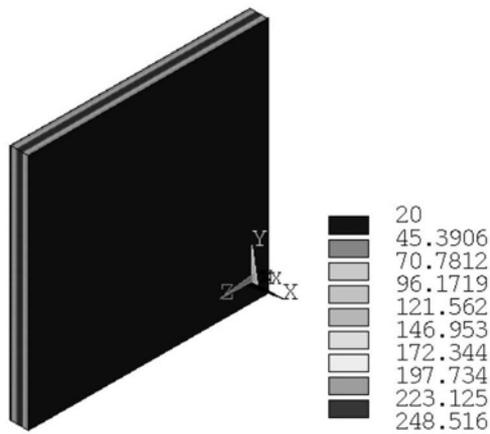


图5

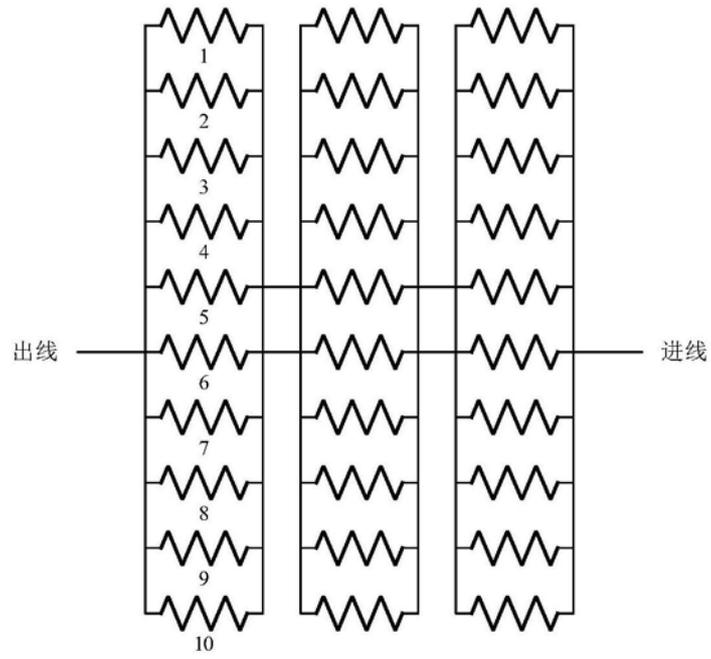


图6

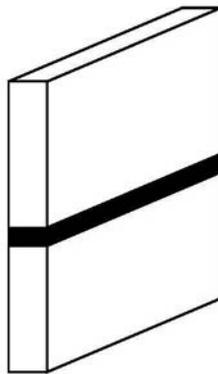


图7

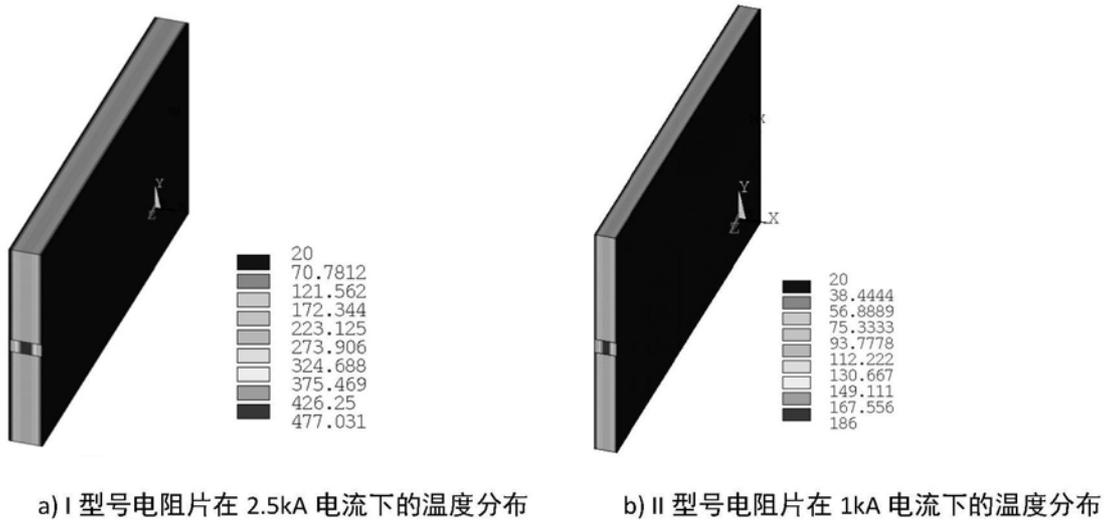


图8

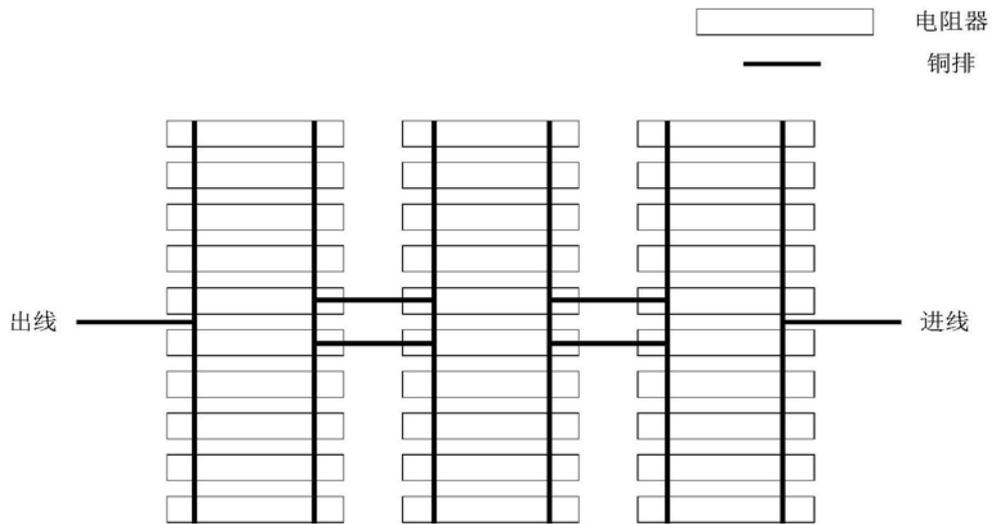


图9