



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102842411 B

(45) 授权公告日 2015. 06. 10

(21) 申请号 201110172393. 0

CN 101969290 A, 2011. 02. 09,

(22) 申请日 2011. 06. 24

CN 102054559 A, 2011. 05. 11,

CN 101567252 A, 2009. 10. 28,

(73) 专利权人 北京众智同辉科技股份有限公司
地址 102600 北京市大兴区西红门镇团忠路
6 号

杨平, 李志斌. 常用热电阻的温度-阻值变换
的解析计算. 《传感器技术》. 2002, 第 21 卷 (第
1 期), 第 38 页.

(72) 发明人 张玮 宋芳莘 李裕宽 赵勤

审查员 曾言

(51) Int. Cl.

H01F 27/40(2006. 01)

H01F 27/24(2006. 01)

G01K 7/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 平 1-296605 A, 1989. 11. 30,

JP 平 1-296605 A, 1989. 11. 30,

JP 2001-148312 A, 2001. 05. 29,

JP 2005-150581 A, 2005. 06. 09,

JP 特开平 6-283346 A, 1994. 10. 07,

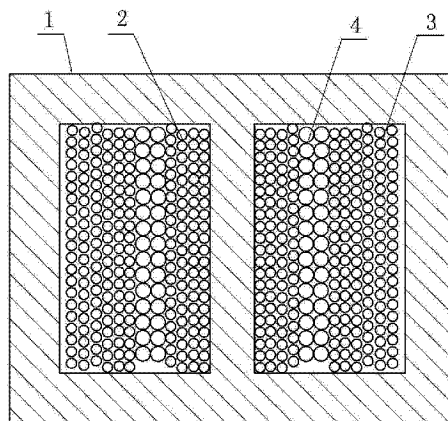
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

带有测温绕组的变压器及变压器温升在线测
量的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种带有测温绕组的变压器及变
压器温升在线测量的方法, 所述变压器的初级绕
组与次级绕组之间设置测温绕组; 所述测温绕组
是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置成
一体; 将一个测温电路与所述测温绕组电连接,
一个毫伏表并联在所述测温绕组的两端子上; 启
动所述变压器进入工作状态, 采集所述变压器多
个工作状态时的所述测温绕组的电压降数值; 根
据公式运算获得所述测温绕组的温度数值, 然后
导出变压器温升数值。本发明能实现变压器在线
测温, 本发明可以防止铁芯偏磁化, 不对变压器工
作产生任何影响, 本发明的测温绕组不受主磁通
感应电压的干扰, 可以提高测温电路的精确度及
可靠性。



1. 一种带有测温绕组的变压器,有铁芯、初级绕组、次级绕组,其特征在于:所述初级绕组与次级绕组之间设置测温绕组,所述测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置在一起,所述两个匝数相同的绕组的同名端电连接或者所述两个匝数相同的绕组的非同名端电连接;所述测温绕组中的两个匝数相同的绕组的电阻数值、电感数值相同;所述测温绕组与初级绕组之间设置筒型屏蔽装置;所述筒型屏蔽装置与保护地线电连接。

2. 一种变压器温升在线测量的方法,其特征在于:所述变压器的初级绕组与次级绕组之间设置测温绕组,所述测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置在一起,所述两个匝数相同的绕组的同名端电连接或者所述两个匝数相同的绕组的非同名端电连接;所述测温绕组中的两个匝数相同的绕组的电阻数值、电感数值相同;所述测温绕组与初级绕组之间设置筒型屏蔽装置;所述筒型屏蔽装置与保护地线电连接;测量步骤如下:

A、将一个测温电路的恒电流输出端与所述变压器上的测温绕组的一个端子电连接,所述测温绕组的另一个端子与测温电路的接地端电连接;

B、将一个毫伏表并连在所述测温绕组的两端子上;

C、启动所述的测温电路,在室温 t_s 条件下采集所述测温绕组的电流数值 I 及电压降数值 U_s ,通过公式 $R_s = U_s/I$ 及 $R_0 = R_s / (1 + At_s + Bt_s^2 + Ct_s^3)$ 导出 0°C 时所述测温绕组的电阻值 R_0 ;

D、启动所述变压器进入工作状态,采集所述变压器多个工作状态时的所述测温绕组的电压降数值 U_t ;根据公式 $R_t = R_0(1 + At + Bt^2 + Ct^3)$ 及公式 $R_t = U_t/I$ 运算获得所述测温绕组的温度数值;

E、根据所述测温绕组的温度数值导出变压器温度数值;

所述测温电路包括晶体管开关电路和恒流电路。

3. 根据权利要求 2 所述的变压器温升在线测量的方法,其特征在于:所述的晶体管开关电路中有一个 NPN 型三极管 Tr1 及一个 PNP 型三极管 Tr2,所述三极管 Tr2 的发射极与电源正极电连接,所述三极管 Tr2 的基极通过限流电阻与三极管 Tr1 的集电极电连接,所述三极管 Tr1 的基极通过限流电阻、手动开关与电源正极电连接,所述三极管 Tr1 的发射极与地极电连接;所述测温电路中的恒流电路包括一个稳压集成电路和一个匹配电阻,所述三极管 Tr2 的集电极与所述稳压集成电路的输入端电连接。

4. 根据权利要求 2 所述的变压器温升在线测量的方法,其特征在于:所述测温电路的晶体管开关电路中有一个 NPN 型三极管 Tr1 及一个 PNP 型三极管 Tr2,所述三极管 Tr2 的发射极与电源正极电连接,所述三极管 Tr2 的基极通过限流电阻与三极管 Tr1 的集电极电连接,所述三极管 Tr1 的基极通过限流电阻、手动开关与电源正极电连接,所述三极管 Tr1 的发射极与地极电连接;所述测温电路的恒流电路包括一个稳流管,所述三极管 Tr2 的集电极与所述稳流管的输入端电连接,稳流管的输出端与测温绕组一端电连接。

5. 根据权利要求 2 所述的变压器温升在线测量的方法,其特征在于:所述的晶体管开关电路中有一个 NPN 型三极管 Tr1 及一个 PNP 型三极管 Tr2,所述三极管 Tr2 的发射极与电源正极电连接,所述三极管 Tr2 的基极通过限流电阻与三极管 Tr1 的集电极电连接,所述三极管 Tr1 的发射极与地极电连接;所述三极管 Tr1 的基极通过限流电阻与控制信号输出端 CW 电连接;所述恒流电路包括一个稳压集成电路和一个匹配电阻,所述三极管 Tr2 的集电极与所述稳压集成电路的输入端电连接;有一个单片机电路,所述的晶体管开关电路中

的控制信号输入端与所述单片机电路的 TXD 端口电连接,所述恒流电路的输出端 GZ 与所述单片机的模 / 数入口端 P10 电连接。

带有测温绕组的变压器及变压器温升在线测量的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种带有测温绕组的变压器及变压器温升在线测量的方法,本发明的变压器的初级绕组与次级绕组之间设置测温绕组;本发明能实现变压器在线测温,本发明可以防止铁芯偏磁化,不对变压器工作产生任何影响。

背景技术

[0002] 中国专利 201020274704.5 公开了一种电子式变压器温度控制器,包含安装在仪表外壳内的电源模块、采集模块、温度调节模块、通讯模块、主控模块、显示模块、控制输出模块和热电阻,采集模块、温度调节模块、通讯模块、主控模块、显示模块、控制输出模块分别与电源模块连接,主控模块分别连接采集模块、显示模块、控制输出模块,采集模块引出仪表外壳线连接热电阻。该专利的变压器温度控制器,具有数字直观显示、测量精度高、调节方便、工作温度宽等技术特点,是一种理想的电力变压器温度测量、控制装置。但是该专利不适于中、小功率变压器,目前,中、小功率变压器工作绕组的温度采用间接测量方式,即断电后多次测量绕组电阻值随时间变化,以此推导出断电之前绕组的温度,而不能在线监测。针对上述问题,需要提出一种带有测温绕组的变压器及变压器温升在线测量的方法。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种带有测温绕组的变压器,本发明的变压器是在初级绕组与次级绕组之间设置测温绕组;所述测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置成一体。本发明能实现变压器在线测温,本发明可以防止变压器铁芯偏磁化,不对变压器工作产生任何影响,本发明的测温绕组不受主磁通感应电压的干扰,可以提高测温电路的精确度及可靠性。

[0004] 本发明的目的是这样实现的:一种带有测温绕组的变压器,有铁芯、初级绕组、次级绕组,所述初级绕组与次级绕组之间设置测温绕组;所述测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置成一体,所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接。

[0005] 本发明的另一个目的在于提供一种变压器温升在线测量的方法,该方法是通过测温绕组的电阻值变化来反应测温绕组的温度,从而获取变压器的实时温度。本发明可以实时监测变压器的工作温度,并且不对变压器工作产生任何影响。

[0006] 本发明的第二个目的是这样实现的:一种变压器温升在线测量的方法,所述变压器的初级绕组与次级绕组之间设置测温绕组;所述测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置在一起,所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接;测量步骤如下:

[0007] A、将一个测温电路的恒定电流输出端与所述变压器上的测温绕组的一个端子电连接,所述测温绕组的另一个端子与所述测温电路的接地端电连接;

[0008] B、将一个毫伏表并联连接在所述测温绕组的两端子上;

[0009] C、启动所述的测温电路,在室温 t_s 条件下采集所述测温绕组的电流数值 I 及电压降数值 U_s ,通过公式 $R_s = U_s/I$ 及 $R_0 = R_s / (1+At_s+Bt_s^2+Ct_s^3)$ 导出 0°C 时所述测温绕组的电阻值 R_0 ;

[0010] D、启动所述变压器进入工作状态,采集所述变压器多个工作状态时的所述测温绕组的电压降数值 U_t ;根据公式 $R_t = R_0(1+At+Bt^2+Ct^3)$ 及公式 $R_t = U_t/I$ 运算获得所述测温绕组的温度数值 t ;

[0011] E、根据所述测温绕组的温度数值导出变压器温度数值;

[0012] 所述测温电路包括晶体管开关电路和恒流电路。

[0013] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0014] 1、本发明的变压器可实现在线测温。

[0015] 2、本发明的变压器结构简单,生产工艺简便,可机械化批量生产。

[0016] 3、本发明中的测温绕组采用两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置在一起,测温时接入的直流电流流过反串联的两个绕组所产生的磁势互相抵消,从而可以防止变压器铁芯偏磁化。

[0017] 4、本发明中的测温绕组采用两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置在一起,反串联的两个绕组感应的交流电势互相抵消,从而可以防止感应电势对测温回路的干扰。

[0018] 5、本发明中的测温绕组采用变压器传统绕线工艺绕制,与被测量的初级绕组和次级绕组接触紧密,能准确反映被测变压器绕组的实际温度。

附图说明

[0019] 以下结合附图及实施例对本发明作进一步说明。

[0020] 图 1、本发明的变压器结构示意图;

[0021] 图 2、本发明的测温绕组的电气原理图;

[0022] 图 3、本发明的两个测温绕组的电气原理图;

[0023] 图 4、本发明实施例二的变压器结构示意图;

[0024] 图 5、本发明中的屏蔽装置结构示意图;

[0025] 图 6、本发明实施例二中的测温绕组的电气原理图;

[0026] 图 7、本发明实施例三中的测温绕组的电气原理图;

[0027] 图 8、本发明实施例五中的测温电路的电气原理图;

[0028] 图 9、本发明实施例六中的测温电路的电气原理图;

[0029] 图 10、本发明实施例七中的测温电路的电气原理图;

[0030] 图 11、单片机电路的电气原理图;

[0031] 图 12、LCD 液晶显示电路的电气原理图;

[0032] 图 13、USB 接口电路的电气原理图;

[0033] 图 14、USB 输出端口的电气原理图。

具体实施方式

[0034] 实施例一:

[0035] 参见图 1,本发明的带有测温绕组的变压器,有铁芯 1、初级绕组 2、次级绕组 3,所

述初级绕组与次级绕组之间设置测温绕组 4 ;所述测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置成一体,所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接。图 2 是测温绕组的电气原理图,显示了测温绕组的电气结构。所述测温绕组的另外两个端子 4a、4b 可与一测温电路电连接。

[0036] 本实施例中,变压器的容量是 400VA,所述铁芯是 E 型铁芯,(E 型铁芯是常规技术的结构,不作详细描述),所述 E 型铁芯的中柱上设置所述初级绕组、测温绕组、次级绕组。初级绕组设置为内层绕组,初级绕组是 315 匝,次级绕组设置为外层绕组,次级绕组是 173 匝,测温绕组是 76 匝。所述的次级绕组还可以按现有技术方式并列设置多个不同电参数的次级绕组。

[0037] 本实施例中,初级绕组、次级绕组及测温绕组按现有技术绕制;所述测温绕组的绕线采用铜芯直径为 $\phi 0.05\text{mm}$ 的 QZ 型高强度漆包线,其电阻为 $8.949 - 10.848 \Omega/\text{m}$ (温度条件是 $20^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C}$),测温绕组的展开长度为 $5.6 \pm 0.05\text{m}$,即 $50 \pm 0.5 \Omega$ (也可采用其它线径、更高阻值)。所述测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置在一起,所述双线并绕结构,是双线并绕螺旋结构,两个匝数相同的绕组的电参数也相同,绕组的电参数包括电阻数值、电感数值。所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接。所述两个绕组的这种设置也可以称为反串联设置;实施变压器测温操作时,反串联设置可以使直流测温电流通过该测温绕组的两个绕组产生的磁势互相抵消,从而可以防止铁芯偏磁化;同时可以使铁芯中的工作主磁通在测温绕组的两个绕组中感应的交流电压互相抵消,从而可以防止它们对测温回路的干扰。

[0038] 参见图 3,当变压器采用 CD 型铁芯或者采用 R 型铁芯时,测温绕组将采用两个测温绕组的情况。所述 CD 型铁芯的左边柱上设置所述初级绕组、测温绕组、次级绕组;所述 CD 型铁芯的右边柱上设置所述初级绕组、测温绕组、次级绕组;所述左边柱上的初级绕组匝数与右边柱上的初级绕组匝数相等,并且两个初级绕组串联在一起;所述左边柱上的次级绕组匝数与右边柱上的次级绕组匝数相等,并且两个次级绕组串联在一起或者并联在一起(两个次级绕组保持容量相同);所述左边柱上的测温绕组与右边柱上的测温绕组串联在一起。所述测温绕组的另外两个端子 4c、4d 可与一测温电路电连接。所述的次级绕组还可以按现有技术方式并列设置多个不同电参数的次级绕组。

[0039] 实施例二:

[0040] 本实施例中的变压器是在实施例一基础上的改进,实施例一中公开的技术内容不重复描述,实施例一中公开的内容也属于本实施例公开的内容。

[0041] 参见图 4、图 5,本实施例的变压器,有铁芯 10、初级绕组 20、次级绕组 30,所述初级绕组与次级绕组之间设置测温绕组 40;所述测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置成一体,所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接。所述测温绕组与所述初级绕组之间设置屏蔽装置 50。图 6 是测温绕组的电气原理图,显示了测温绕组的电气结构。所述测温绕组的另外两个端子 40a、40b 可与一测温电路电连接。所述的次级绕组还可以按现有技术方式并列设置多个不同电参数的次级绕组。

[0042] 本实施例中,所述变压器铁芯是 E 型铁芯,所述 E 型铁芯的中柱上设置所述初级绕组、屏蔽装置、测温绕组、次级绕组。本实施例中的屏蔽装置类似一个圆筒形状,采用 0.05 毫米厚度的铜箔制作,铜箔卷成铜箔筒,铜箔筒的两个边的搭接处设置绝缘条 51,绝缘条的

长度与铜箔筒高度相等；铜箔筒壁面上焊接引出线，该引出线与使用本发明的变压器所在系统的保护地线电连接。屏蔽装置将电网对测温绕组产生的静电干扰完全消除。屏蔽装置还可以采用金箔、银箔、铝箔、锡箔制作。

[0043] 实施例三：

[0044] 本实施例中的变压器是在实施例一基础上的改进，实施例一中公开的技术内容不重复描述，实施例一中公开的内容也属于本实施例公开的内容。

[0045] 本实施例中，所述变压器铁芯是 CD 型铁芯（CD 型铁芯属于现有技术结构），所述 CD 型铁芯的左边柱上设置所述初级绕组、屏蔽装置、测温绕组、次级绕组；所述 CD 型铁芯的右边柱上设置所述初级绕组、屏蔽装置、测温绕组、次级绕组；所述左边柱上的初级绕组匝数与右边柱上的初级绕组匝数相等，并且两个初级绕组串联在一起；所述左边柱上的次级绕组匝数与右边柱上的次级绕组匝数相等，并且两个次级绕组串联在一起；或者两个次级绕组并联在一起（两个次级绕组保持容量基本相同）；所述左边柱上的测温绕组与右边柱上的测温绕组串联在一起。图 7 是测温绕组的电气原理图，显示了测温绕组的电气结构。所述左边柱上的测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置成一体，所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接。所述右边柱上的测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置成一体，所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接，两个匝数相同的绕组的电参数也相同。所述测温绕组的另外两个端子 40c、40d 可与一测温电路电连接。所述的次级绕组还可以按现有技术方式并列设置多个不同电参数的次级绕组。

[0046] 实施例四：

[0047] 本实施例中的变压器是在实施例一基础上的改进，实施例一中公开的技术内容不重复描述，实施例一中公开的内容也属于本实施例公开的内容。

[0048] 所述铁芯是 R 型铁芯（R 型铁芯属于现有技术结构），所述 R 型铁芯的左边柱上设置所述初级绕组、屏蔽装置、测温绕组、次级绕组；所述 R 型铁芯的右边柱上设置所述初级绕组、屏蔽装置、测温绕组、次级绕组；所述左边柱上的初级绕组匝数与右边柱上的初级绕组匝数相等，并且两个初级绕组串联在一起；所述左边柱上的次级绕组匝数与右边柱上的次级绕组匝数相等，并且两个次级绕组串联在一起；所述左边柱上的测温绕组与右边柱上的测温绕组串联在一起。图 7 是测温绕组的电气原理图，显示了测温绕组的电气结构。所述左边柱上的测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置成一体，所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接，两个匝数相同的绕组的电参数也相同。所述右边柱上的测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置成一体，所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接。所述测温绕组的另外两个端子 40c、40d 可与一测温电路电连接。所述的次级绕组还可以按现有技术方式并列设置多个不同电参数的次级绕组。

[0049] 实施例五：

[0050] 参见图 8，本发明的变压器温升在线测量的方法，有一个变压器，所述变压器的初级绕组与次级绕组之间设置测温绕组；所述测温绕组是由两个匝数相同的绕组按双线并绕结构设置在一起，所述两个绕组的同名端电连接或者所述两个绕组的非同名端电连接；测量步骤如下：

[0051] A、将一个测温电路的恒定电流输出端与所述变压器上的测温绕组的一个端子 4a 电连接,所述测温绕组的另一个端子 4b 与所述测温电路的接地端电连接;

[0052] B、将一个毫伏表并联连接在所述测温绕组的两端子上;

[0053] C、启动所述的测温电路,在室温 t_s 条件下 ($20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$) 采集所述测温绕组的电流数值 I 及电压降数值 U_s ,通过公式 $R_s = U_s/I$ 及 $R_0 = R_s / (1 + At_s + Bt_s^2 + Ct_s^3)$ 导出 0°C 时所述测温绕组的电阻值 R_0 ;本步骤仅适于测温电路的首次启动,此时,变压器工作绕组不通电;当取得测温绕组的电阻值 R_0 以后,变压器温升在线测量时,跳过此步骤;

[0054] D、启动所述变压器进入工作状态,采集所述变压器多个工作状态时的所述测温绕组的电压降数值 U_t ;根据公式 $R_t = R_0(1 + At + Bt^2 + Ct^3)$ 及公式 $R_t = U_t/I$ 运算获得所述测温绕组的温度数值 t ;本步骤中,设定电流 I 与上一步骤中的电流 I 的数值相同,电流 I 的数值是测温电路预先设定的,通常设定为 10mA (毫安);

[0055] E、根据所述测温绕组的温度数值导出变压器温度数值;由于测温绕组与变压器的工作绕组紧密接触,由此可以认定变压器温度数值等于测温绕组的温度数值;

[0056] 所述测温电路包括晶体管开关电路和恒流电路。

[0057] 本实施例中,公式 $R_s = U_s/I$ 中的 R_s 表示室温条件时测温绕组的电阻数值,单位为欧姆 (Ω)。公式 $R_0 = R_s / (1 + At_s + Bt_s^2 + Ct_s^3)$ 中的 t_s 表示室温温度数值,单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$);

[0058] $A = 4.28899 \times 10^{-3} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$; (即 4.28899×10^{-3} 每摄氏度)

[0059] $B = -2.133 \times 10^{-7} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-2}$;

[0060] $C = 1.233 \times 10^{-9} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-3}$

[0061] R_0 表示 0°C 时测温绕组的直流电阻值,单位为欧姆 (Ω)。

[0062] 本实施例中的变压器的技术内容可以参见实施例一至实施例四公开的内容。本实施例公开的变压器温升在线测量的方法可以对实施例一至实施例四公开的变压器实施在线温度测量。

[0063] 参见图 8,本实施例中,所述测温电路的晶体管开关电路中有一个 NPN 型三极管 Tr1 及一个 PNP 型三极管 Tr2,所述三极管 Tr2 的发射极与电源正极 (+8V) 电连接,所述三极管 Tr2 的基极通过限流电阻 R2 与三极管 Tr1 的集电极电连接,所述三极管 Tr1 的基极通过限流电阻 R1、手动开关 K 与电源正极 (+8V) 电连接,所述三极管 Tr1 的发射极与地极 (GND) 电连接;所述测温电路中的恒流电路包括一个稳压集成电路 VR (型号 7805L) 和一个匹配电阻 R3,所述三极管 Tr2 的集电极与所述稳压集成电路的输入端 V_{in} 电连接。(稳压集成电路中的其它符号属于现有技术,不一一描述)

[0064] 实施例六:

[0065] 本实施例中的变压器温升在线测量的方法是在实施例五基础上的改进,实施例五中公开的技术内容不重复描述,实施例五中公开的内容也属于本实施例公开的内容。

[0066] 参见图 9,所述测温电路的晶体管开关电路中有一个 NPN 型三极管 Tr1 及一个 PNP 型三极管 Tr2,所述三极管 Tr2 的发射极与电源正极 (+8V) 电连接,所述三极管 Tr2 的基极通过限流电阻 R2 与三极管 Tr1 的集电极电连接,所述三极管 Tr1 的基极通过限流电阻 R1、手动开关 K 与电源正极 (+8V) 电连接,所述三极管 Tr1 的发射极与地极 (GND) 电连接;所述测温电路中的恒流电路包括一个稳流管,所述三极管 Tr2 的集电极与所述稳流管的输入端电连接,稳流管的输出端与测温绕组一端电连接。

[0067] 实施例七：

[0068] 本实施例中的变压器温升在线测量的方法是在实施例五基础上的改进，实施例五中公开的技术内容不重复描述，实施例五公开的内容也属于本实施例公开的内容。

[0069] 参见图 10，本实施例中，所述的晶体管开关电路中有一个 NPN 型三极管 Tr1 及一个 PNP 型三极管 Tr2，所述三极管 Tr2 的发射极与电源正极电连接，所述三极管 Tr2 的基极通过限流电阻与三极管 Tr1 的集电极电连接，所述三极管 Tr1 的发射极与地极电连接，所述三极管 Tr1 的基极通过限流电阻与控制信号输入端 CW 电连接；所述恒流电路包括一个稳压集成电路和一个匹配电阻，所述三极管 Tr2 的集电极与所述稳压集成电路的输入端电连接；有一个单片机电路 CPU，所述晶体管开关电路中的控制信号输入端与所述单片机电路的 TXD 端口电连接；所述恒流电路的输出端 GZ 与所述单片机的模 / 数入口端 P10 电连接。所述单片机自动定时控制测温电路的供电电源通断，只在测温时给测温绕组通电，避免长时间连续通电使测温绕组自身发热，影响测温精确度。本实施例中，将恒定电流数值 I (10mA)、0℃时测温绕组的直流电阻值 R_0 直接写入单片机电路。

[0070] 参见图 11、12、13、14，本实施例中，所述单片机电路是常用的 STC12C5A48AD 型单片机，所述单片机电路与 LCD 液晶显示电路(型号 12864H - 1) 连接，所述 LCD 显示电路的端口 1、端口 20 与地电连接，端口 2、端口 15 与 +5V 电连接，端口 3 与电位器 RP1 的滑动端电连接、端口 18 与电位器 RP1 的上端电连接，电位器 RP1 的下端与地电连接，端口 4、端口 5、端口 6 与单片机的 P33、P34、P35 端电连接，端口 7、端口 8、端口 9、端口 10、端口 11、端口 12、端口 13、端口 14 分别与单片机的 D0、D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 端电连接，端口 16、端口 17 空置。

[0071] 本实施例中，所述单片机电路还可以与 USB 接口电路连接，所述 USB 接口电路与一 USB 输出端口连接，所述单片机电路的端口 INT0、端口 WR、端口 RD、端口 A8、端口 D0、端口 D1、端口 D2、端口 D3、端口 D4、端口 D5、端口 D6、端口 D7 分别与 USB 接口电路的脚 1、脚 3、脚 4、脚 8、脚 15~22 连接，所述 USB 接口电路的端口 UD+、端口 UD-、端口 GND 分别与 USB 输出端口的 UD+、UD-、GND 连接，所述 USB 接口电路的脚 5、脚 12、脚 23 接地，脚 2 经 C6 接 +5V，脚 9 经 C7 接地，脚 13、脚 14 接晶体的两端(同时分别经 C4、C5 接地)，脚 24 经发光二极管 D5、R6 接 +5V，脚 27 接译码电路 U2 的 Y3，脚 28 接 +5V，脚 6、脚 7、脚 25、脚 26 空置。译码电路的 1、2、3、6 接单片机的 A12、A13、A14，4、5、8 接地，16 接 +5V。(单片机电路、LCD 液晶显示电路、USB 接口电路中没有提及的其它符号属于现有技术，不一一描述)。

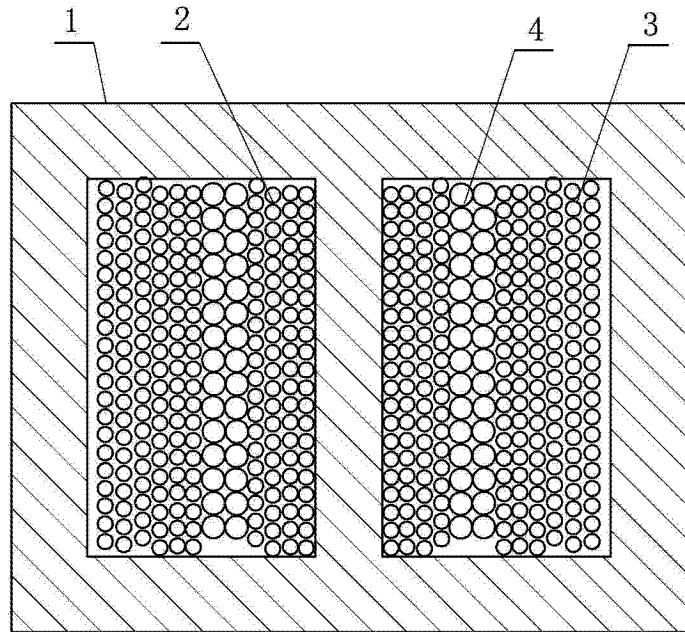


图 1

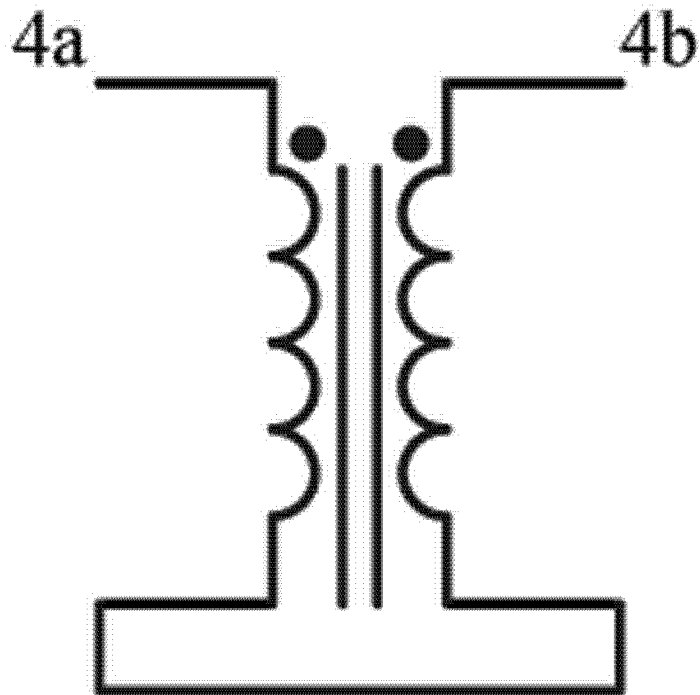


图 2

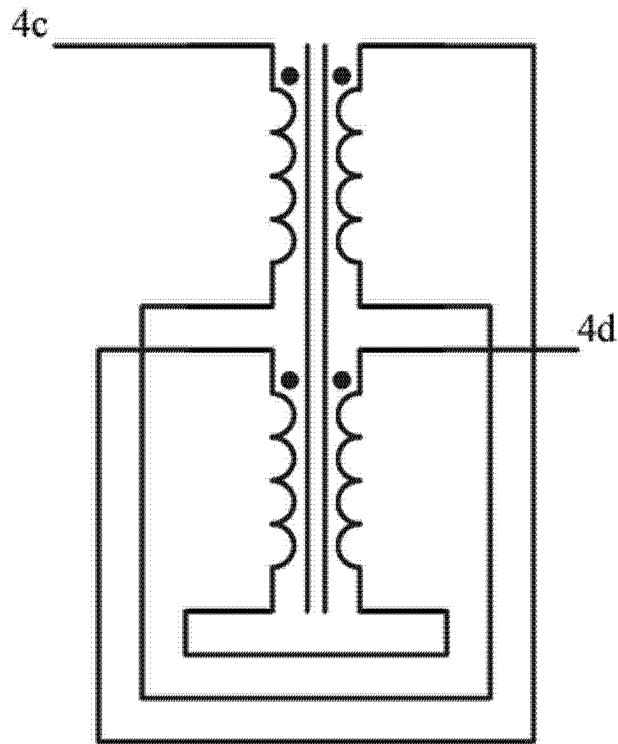


图 3

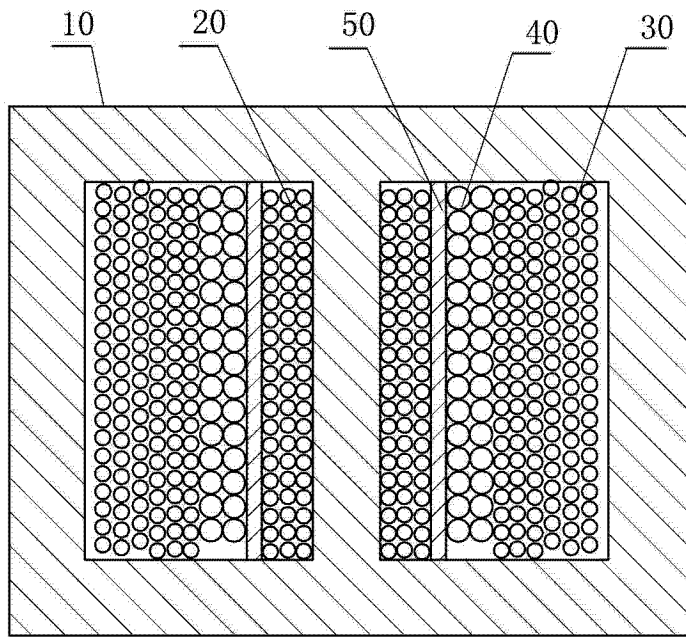


图 4

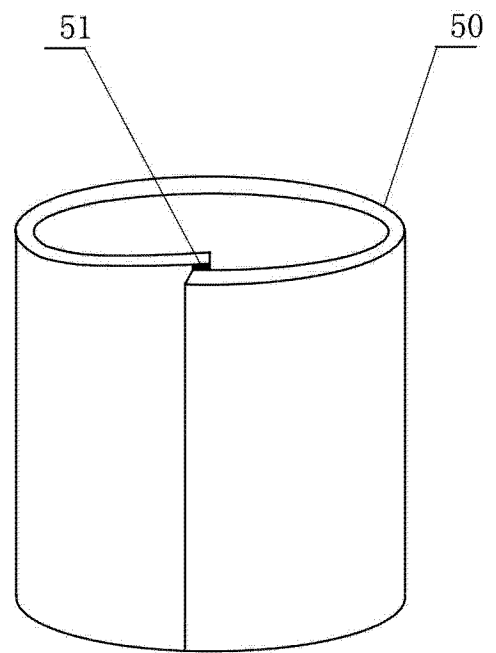


图 5

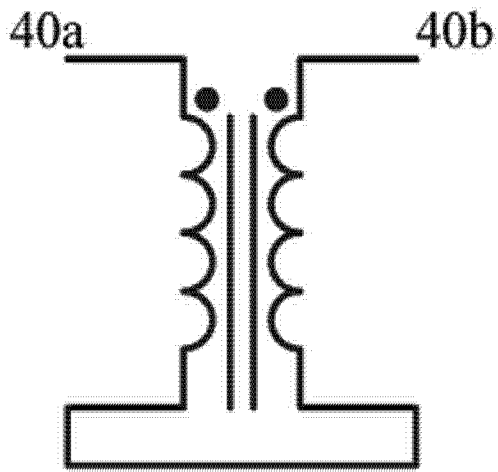


图 6

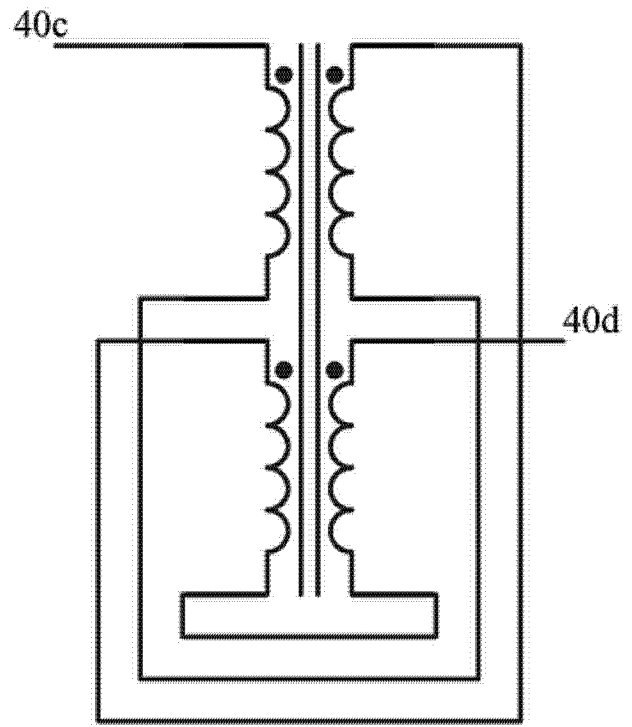


图 7

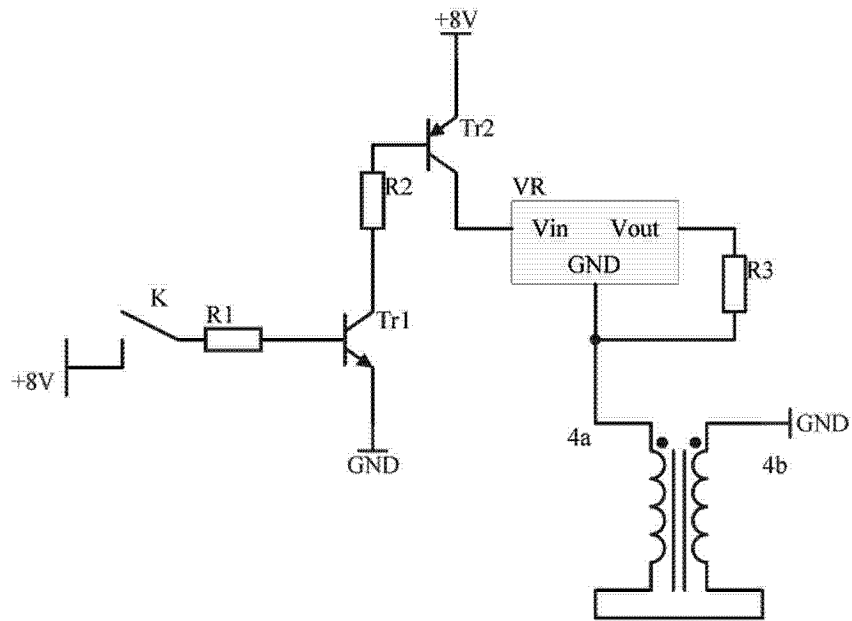


图 8

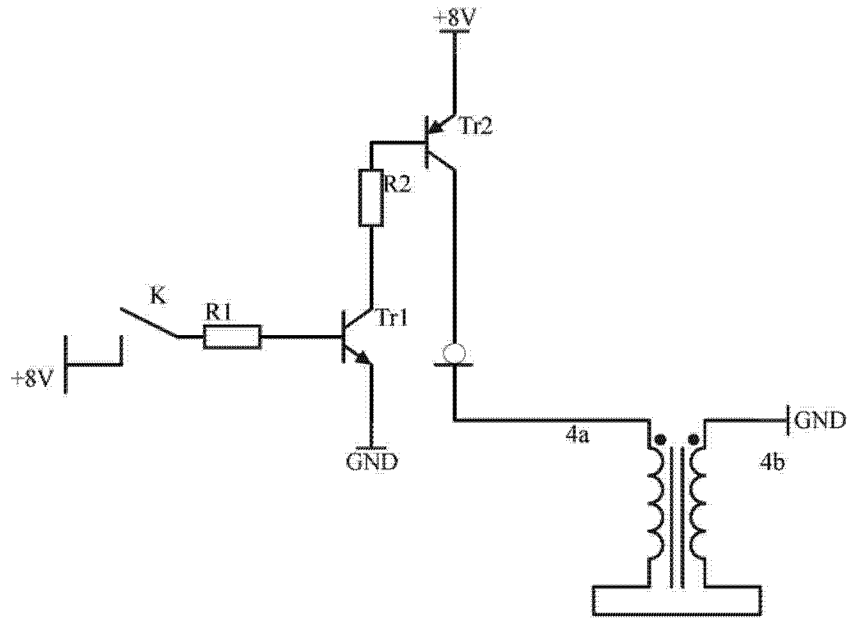


图 9

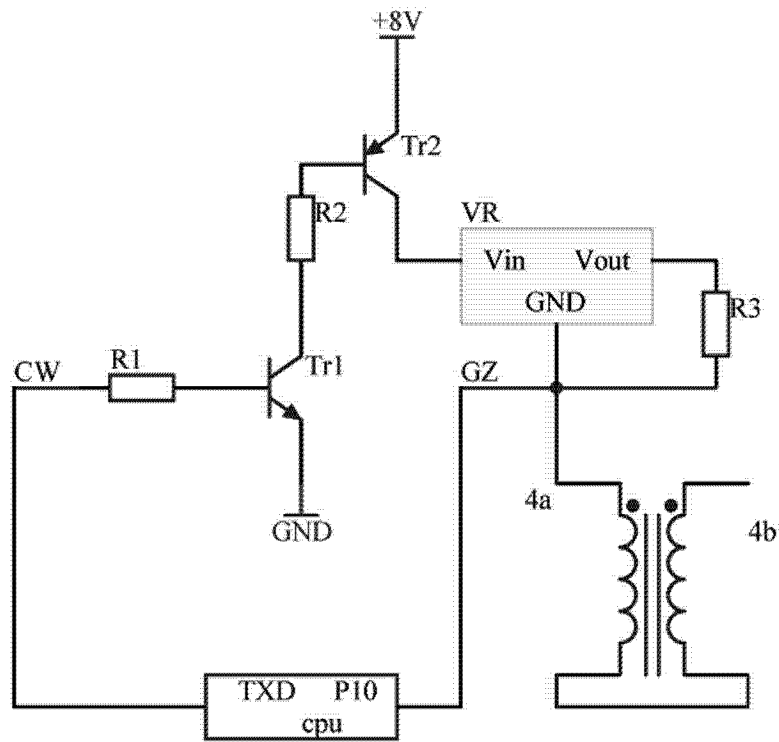


图 10

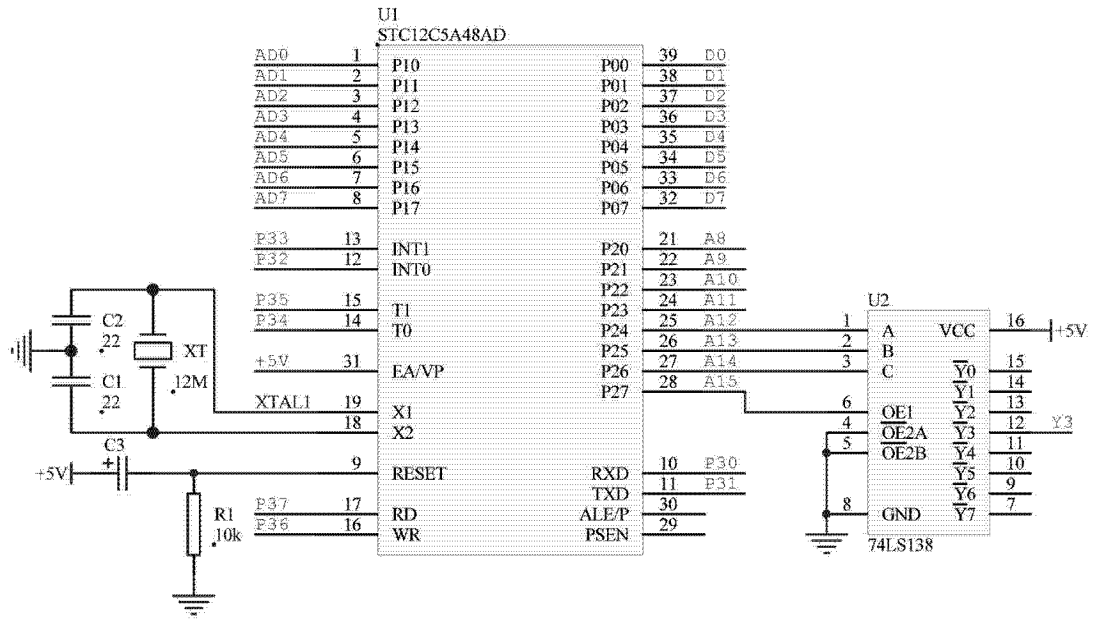


图 11

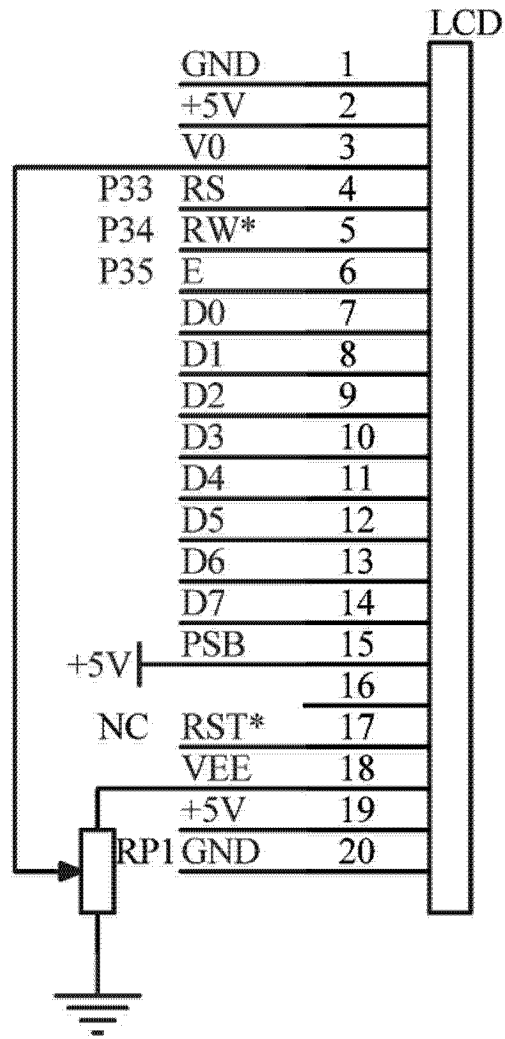


图 12

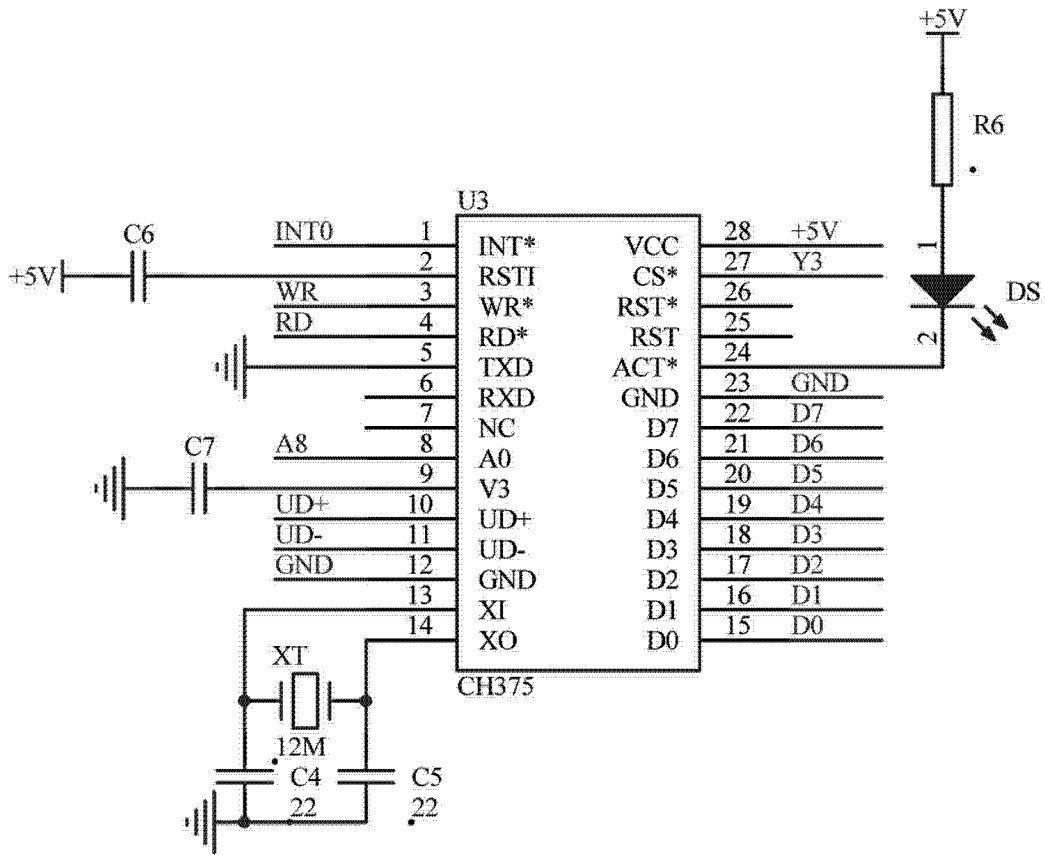


图 13

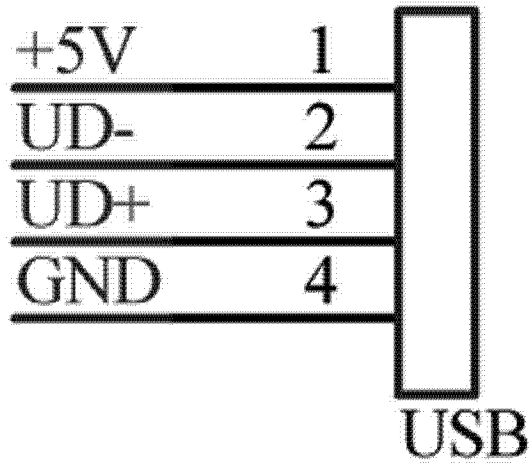


图 14