



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101706526 B

(45) 授权公告日 2015.04.01

(21) 申请号 200910222135.1

(22) 申请日 2009.11.06

(73) 专利权人 徐先

地址 363000 福建省漳州市芗城区市医院
9-401

(72) 发明人 徐先

(51) Int. Cl.

G01R 19/00(2006.01)

审查员 郑李仁

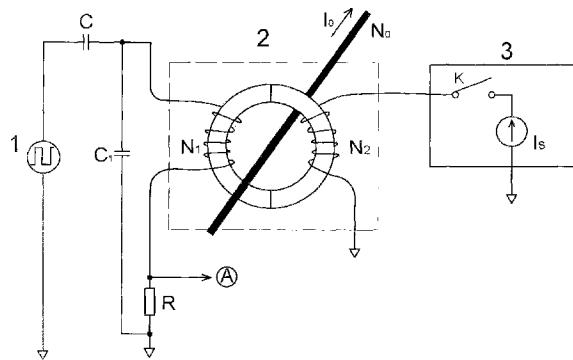
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

脉宽检测式磁调制直流电流测量方法及装置

(57) 摘要

一种脉宽检测式磁调制直流电流测量方法，它通过测量磁调制电流所形成的脉冲宽度的变化量来反映被测量的直流电流的大小和方向。它具有磁特性修正措施，能够修正由于磁性材料非线性受外界温度、磁场等因素影响所产生的误差。其磁调制信号工作频率远高于工频，可以避开了工频干扰；其磁传感器外面有磁屏蔽措施，能有效降低地球磁场及外界干扰电磁场对测试的影响。实施了该方法的直流电流测量装置具有较高的灵敏度和较强的抗干扰能力。特别适合做成高灵敏度钳形直流电流测量仪。其分辨率可以达到0.01mA，并具有较宽的电流测量范围。



1. 一种脉宽检测式磁调制直流电流测量方法, 其特征在于: 它包括以下步骤:

(1) 激磁信号源产生占空比为 1:1、频率在 1KHz-10KHz 的范围的方波电压源, 调整方波电压源的频率, 并通过耦合电容 C、谐振电容 C1、电流取样电阻 R 与磁传感器的激磁线圈 N1 形成偏谐振;

(2) 电流取样电阻 R 上的电压波形经脉冲成形电路处理后成为周期性脉冲输出信号;

(3) 脉冲宽度检测电路测量该周期性脉冲的宽度, 此脉冲的宽度与被测直流电流 I_o 大小有关, 通过检测此脉冲的宽度在被测直流电流 I_o 注入磁传感器前、后的变化量来测知被测直流电流 I_o 的大小和方向;

(4) 为了克服磁特性变化引起的测量误差, 本方法采取二次测量来修正磁特性误差; 第一次测量仅对被测导线 N_o 中的被测直流电流 I_o 进行测量, 第二次测量时将标准直流电流信号 I_s 同时注入到传感器的修正线圈 N_2 ; 并通过特定的计算公式来修正由于磁特性变化所导致的误差; 所述的特定计算公式为:

$$I_o = [\Delta W(I_o) / (\Delta W(I_s + I_o) - \Delta W(I_o))] I_s$$

式中: I_o - 被测直流电流

I_s - 标准直流电流

$\Delta W_{(I_o)}$ - 被测直流电流 I_o 激励时的脉宽变化值

$\Delta W_{(I_s+I_o)}$ - 标准直流电流 I_s 与被测直流电流 I_o 共同激励时的脉宽变化值。

2. 一种脉宽检测式磁调制直流电流测量装置, 包括磁调制电路、检测电路和 MCU, 其特征在于: 所述磁调制电路包括方波信号源 V_s 、耦合电容 C、谐振电容 C1、电流取样电路 R; 所述检测电路由脉冲成形电路、脉冲宽度检测电路、滤波器构成; 所述磁调制电路、检测电路均与 MCU 相连接, 并受 MCU 控制; 该直流电流测量装置还包括磁传感器, 所述磁传感器包括磁芯、激磁线圈 N1、修正线圈 N2 和磁屏蔽外壳; 该直流电流测量装置还包括磁特性修正电路, 所述磁特性修正电路包括开关 K 和标准直流电流源 I_s ; 该直流电流测量装置在进行磁特性修正时, 将标准直流电流信号 I_s 注入到修正线圈 N2 上, 并通过特定的计算公式来修正由于磁特性变化所导致的误差, 所述的特定计算公式为:

$$I_o = [\Delta W_{(I_o)} / (\Delta W_{(I_s+I_o)} - \Delta W_{(I_o)})] I_s$$

式中: I_o - 被测直流电流

I_s - 标准直流电流

$\Delta W_{(I_o)}$ - 被测直流电流 I_o 激励时的脉宽变化值

$\Delta W_{(I_s+I_o)}$ - 标准直流电流 I_s 与被测直流电流 I_o 共同激励时的脉宽变化值。

3. 如权利要求 2 所述脉宽检测式磁调制直流电流测量装置, 其特征在于: 磁调制信号源为占空比为 1:1 的方波电压源, 频率为 1KHz-10KHz 的范围, 通过耦合电容 C、谐振电容 C1、电流取样电路 R 与激磁线圈 N1 形成偏谐振。

4. 如权利要求 2 所述脉宽检测式磁调制直流电流测量装置, 其特征在于: 所述磁传感器的磁芯为软磁材料制成; 软磁材料磁芯上绕有激磁线圈 N1 和修正线圈 N2; 该磁芯外面有一个磁屏蔽外壳 P0, 磁屏蔽外壳用玻莫合金制成。

5. 如权利要求 2 所述脉宽检测式磁调制直流电流测量装置, 其特征在于: 所述磁调制电路、脉冲成形电路所产生的输出信号为周期性脉冲信号, 用脉冲宽度检测电路测量该脉冲宽度的变化量, 并以此脉冲宽度的变化量来反映被测直流电流的大小和方向, 从而实现

直流电流的测量。

脉宽检测式磁调制直流电流测量方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种直流电流测量技术,特别是一种脉宽检测式磁调制直流电流测量的方法及采用该方法的直流电流测量装置。

背景技术:

[0002] 已有的 CN1195108, 98106874. X 号专利及与其相关的技术论文“一种新式磁调制直流电流测量方法”公开的直流电流检测方法采用磁调制电路和相位差检测技术构成直流电流测量方法。它使用了三角波电流激励软磁磁芯;以调制器输出信息中正、负半波相位变化量为测量对象来达到直流电流测量的目的。这种方法涉及复杂的正、负半波分离及相位差检测技术,其输出的相位信号除了与被检测的直流信号有关,还与激磁的深度、整形器的温度漂移、外界电磁场干扰、地球磁场的影响等因素有关。它的激磁信号频率为 25Hz,这个频率很接近市电 50Hz 的频率,这样的激磁信号容易受到外界电磁场的干扰,造成相位差信号不稳定,影响测量准确性。另外,各种软磁材料的特性都存在非线性,尤其是当环境温度变化幅度较大或受到较强的磁冲击后,其磁特性往往会产生很大的变化,导致同样的激励出现不同的响应,即出现多值性响应,这种多值性会引起严重的测试误差。尤其是,当这种磁调制的方法用于制作钳形电流表时,由于钳形电流表在使用时要打开、合上钳口,往往会造成磁回路特性剧烈的变化,从而导致输出特性随之变化。反映在测试结果的数据上就是随机测量误差增大了。由于这些因素的影响,使得现有的这种方法能够实现的测试范围不大于 1mA-100mA 的范围,误差也只能做到 3% 左右。实际上,它不适合用于制作直流钳形电流表。

发明内容

[0003] 本发明针对已有技术所存在的不足,提供一种脉宽检测式磁调制直流电流测量方法。它的结构简单,抗干扰能力强,测试精度高的,能够自动修正由于磁性材料特性的非线性所导致的测试误差。

[0004] 本发明是通过以下技术方案来实现的。

[0005] 脉宽检测式磁调制直流电流测量方法,其特征在于:它包括以下方面:

[0006] (1) 通过检测脉宽变化量来测量直流电流的方法;

[0007] (2) 具有磁特性修正方法,以修正由于磁特性变化所引起的误差;

[0008] (3) 磁调制信号源频率远高于 50Hz 的工频;

[0009] (4) 磁调制形式包含了偏谐振的方法;

[0010] (5) 磁传感器采取了磁屏蔽的措施。

[0011] 上述的方法中所述测量直流电流的方法包括通过测量磁调制电流所形成的方波脉冲宽度的变化量,来反映被测量直流电流的大、小和方向,从而实现直流电流的测量。

[0012] 上述的方法中所述磁特性修正方法包括将恒定的标准直流电流信号 I_s 注入到修正线圈 N2 上,并通过特定的计算方法来修正由于磁特性变化所引起的误差。

[0013] 根据理论分析,脉冲宽度变化量 ΔW 与被测量的直流电流I之间有如下关系式:

$$[0014] \Delta W = I \cdot T / (2Im) = T_+ - T_- \quad (1)$$

[0015] 其中:Im-激磁电流峰值;

[0016] T-激磁电流周期;

[0017] T_+ -正脉冲宽度,

[0018] T_- -负脉冲宽度。

[0019] 当被测直流电流 I_o 单独输入到导线 N_0 时,宽脉检测器、滤波器的输出为:

$$[0020] \Delta W_{(Io)} = Io \cdot T / (2Im) \quad (2)$$

[0021] 进行磁特性修正时,将标准电流 I_s 注入到修正线圈 N_2 ,在标准电流 I_s 与被测电流 I_o 共同作用下,脉冲宽度检测器、滤波器的输出为:

$$[0022] \Delta W_{(Is+Io)} = (Is + Io)T / (2Im) \quad (3)$$

[0023] 由(2)、(3)两式可以得出,

$$[0024] Io = [\Delta W_{(Io)} / (\Delta W_{(Is+Io)} - \Delta W_{(Io)})] Is \quad (4)$$

[0025] 式中: I_o -被测电流

[0026] I_s -标准电流

[0027] $\Delta W_{(Io)}$ -被测电流 I_o 激励时的脉宽变化值

[0028] $\Delta W_{(Is+Io)}$ -标准电流 I_s 与被测电流 I_o 共同激励时的脉宽变化值

[0029] 上述分析中为了简化推导过程,假设了 N_2 为1匝的条件;它并不影响推导的结论。上述的方法中所述磁调制信号源频率在1KHz-10KHz的范围;可以避开外界干扰最严重的工频干扰。

[0030] 上述的方法中所述磁调制形式包括由激磁的方波信号源 V_s 、激磁线圈 N_1 、耦合电容 C 、谐振电容 C_1 形成偏谐振的方法。

[0031] 上述的方法中所述磁传感器包括磁芯 FC 、以及激磁线圈 N_1 、修正线圈 N_2 及磁屏蔽外壳 P_0 。

[0032] 一种实施了上述方法的脉宽检测式磁调制直流电流测量装置,由磁调制电路、检测电路和MCU构成,其特征在于:它包括激磁信号源、磁传感器、磁特性修正及脉宽测量电路;所述激磁信号源电路由方波信号源 V_s 、耦合电容 C 、磁传感器、谐振电容 C_1 、电流取样电阻 R 构成;所述磁传感器包括磁芯、激磁线圈 N_1 、修正线圈 N_2 、磁屏蔽外壳;所述磁特性修正电路包括开关 K 和标准电流源 I_s ;所述脉宽测量电路由脉冲成形电路4、脉冲宽度检测电路5、滤波器6构成;它们均与MCU相连接,并受MCU控制。

[0033] 所述激磁信号源为占空比为1:1的方波电压源,频率为1-10KHz的范围,通过耦合电容 C 、谐振电容 C_1 、电流取样电阻 R 与激磁线圈 N_1 形成偏谐振;所述磁传感器的磁芯为软磁材料制成;软磁材料磁芯上绕有激磁线圈 N_1 和修正线圈 N_2 ;其外面有一个磁屏蔽外壳 P_0 ,磁屏蔽外壳用玻莫合金制成。

[0034] 所述脉冲成形电路所产生的输出信号为周期性脉冲信号,通过脉冲宽度检测电路测量该脉冲宽度的变化,并以此脉冲宽度的变化量来反映被测电流的大、小和方向,从而实现直流电流的测量。

[0035] 进行磁特性修正时,将标准电流信号 I_s 注入到修正线圈 N_2 上,并通过以下特定的计算公式来修正由于磁特性变化所导致的误差:

- [0036] $I_o = [\Delta W_{(I_o)} / (\Delta W_{(I_s+I_o)} - \Delta W_{(I_o)})] I_s$
- [0037] 式中 : I_o - 被测电流
- [0038] I_s - 标准电流
- [0039] $\Delta W_{(I_o)}$ - 被测电流 I_o 激励时的脉宽变化值
- [0040] $\Delta W_{(I_s+I_o)}$ - 标准电流 I_s 与被测电流 I_o 共同激励时的脉宽变化值。
- [0041] 本发明的突出特点是 :
- [0042] 1. 用脉宽检测的方法取代相位差检测的方法, 简化了电路, 提高了测量的准确度和稳定性;
- [0043] 2. 增加了磁特性修正电路, 可以自动修正测量读数, 大大提高了测量精度、环境适应能力和抗干扰能力;
- [0044] 3. 磁调制信号工作频率远高于工频, 避开了外界干扰最严重的工频干扰;
- [0045] 4. 激磁线圈工作于偏谐振状态可以减小激磁信号源的功率, 使激磁更加稳定;
- [0046] 5. 磁传感器外面加有磁屏蔽罩可以有效降低地球磁场及外界干扰电磁场对测试的影响。

附图说明

- [0047] 图 1 是本发明的激磁信号源、磁传感器及磁特性修正的原理图。
- [0048] 图 2 是本发明的工作原理方框图。
- [0049] 图 3 是本发明的磁传感器的结构图。
- [0050] 图 4 是脉冲成形、脉冲宽度检测、滤波器、MCU、LCD 连接图。
- [0051] 图 5 是脉冲宽度检测器电原理图。
- [0052] 图 6 是磁传感器激励电流和整形后的电压波形图
- [0053] 图 7 是被测量直流电流注入后的脉冲宽度变化示意图。

具体实施方式

[0054] 图 1 中虚线框 1 为激磁信号源, 它包括方波信号发生器 V_s 、耦合电容 C、谐振电容 C1、电流取样电阻 R; 虚线框 2 为磁传感器, 它包括磁芯 M、激磁线圈 N1、修正线圈 N2 和检测线圈 N_o ; 虚线框 3 为标准电流源 I_s 及其控制开关 K。方波发生器产生的方波信号 V_s 占空比为 1 : 1, 频率可以在 1-10KHz 的范围内调整; 它通过耦合电容 C 馈送到由谐振电容 C1、激磁线圈 N1、电流取样电阻 R 组成的激磁回路; 调整方波发生器的频率可以使激磁回路处于偏谐振, 此时, 容易得到比较好的脉宽调制效果。交变的激磁电流在取样电阻 R 上产生的电压波形如图 6(a) 中的实线所示, 此电压经脉冲成形电路 4 处理后成为图 6(b) 的方波信号 U_i 。在没有被测量的直流电流通过的情况下 ($I_o = 0$), 这个交变方波是正、负对称的方波, 占空比为 50%, 如图 6(b) 所示。这时, 输出 U_o 为零。当输入的直流电流不为零时, U_i 的正、负脉冲宽度要起变化, 即占空比要起变化。如图 7(b) 所示。脉冲宽度的变化量可以反映被测电流 I 的大、小和方向。

- [0055] 根据理论分析, 脉冲宽度变化量 ΔW 与被测量的直流电流 I 之间有如下关系式:
- [0056] $\Delta W = I \cdot T / (2I_m) \quad (1)$
- [0057] 其中 : I_m - 激磁电流峰值;

[0058] T- 激磁电流周期；

[0059] T+- 正脉冲宽度；

[0060] T-- 负脉冲宽度；

[0061] 当被测直流电流 I_o 单独输入到导线 N_0 时, 宽脉冲检测器、滤波器的输出为：

$$[0062] \Delta W_{(I_o)} = I_o \cdot T / (2Im) \quad (2)$$

[0063] 磁调制直流电流测试方法由于受材料磁特性非线性的影响, 存在较大的测试误差及读数的不确定性。主要影响其磁特性的因素有温度、地球磁场和磁冲击(剩磁)。本发明对磁特性因素引起的读数误差进行了修正。修正时, 将标准电流源 I_s 注入到修正线圈 N_2 ；在标准电流源 I_s 与被测电流 I_o 共同作用下, 脉冲宽度检测器、滤波器的输出为：

$$[0064] \Delta W_{(I_s+I_o)} = (I_s+I_o)T / (2Im) \quad (3)$$

[0065] 由 (2)、(3) 两式可以得到,

$$[0066] I_o = [\Delta W_{(I_o)} / (\Delta W_{(I_s+I_o)} - \Delta W_{(I_o)})] I_s \quad (4)$$

[0067] 式中: $\Delta W_{(I_o)}$ —被测电流 I_o 激励时的脉宽变化值

[0068] $\Delta W_{(I_s+I_o)}$ —标准电流源 I_s 与被测电流 I_o 共同激励时的脉宽变化值

[0069] 实施本发明所制造的一个装置为测量直流电流的钳形电流表。该装置的激磁信号源如图 1 中的第 1 部分所示, 包括: 方波发生器 V_s 、耦合电容 C 、谐振电容 $C1$ 、电流取样电阻 R ; 图中第 2 部分为磁传感器; 图中第 3 部分为标准电流源 I_s 、开关 K 。图 3 为磁传感器的结构, 其中磁芯 FC 采用软磁材料制成, 分成对称的两个半边; 磁芯上绕有激磁线圈 N_1 和修正线圈 N_2 , 其外面有一个磁屏蔽外壳 P_0 , 磁屏蔽外壳用玻莫合金制成, 以减轻外界电磁场的干扰; 磁芯与磁屏蔽外壳之间充填环氧树脂; 左右两半边可以张开、闭合, 中心圆孔用来夹住被测量的导线。方波发生器产生占空比为 1 : 1 的方波电压信号, 频率可在 1~10KHz 的范围内调整, 方波发生器产生的信号 V_s 通过耦合电容 C 馈送到由谐振电容 $C1$ 、激磁线圈 N_1 、电流取样电阻 R 组成的激磁回路; 调整方波发生器的频率可以使激磁回路处于偏谐振。此时, 容易得到比较好的脉宽调制效果。交变的激磁电流在取样电阻 R 上产生的电压波形如图 6(a) 所示, 此电压经脉冲成形电路 4 处理后成为方波信号。在没有直流电流通过的情况下 ($I_o = 0$), 这个交变方波是对称的, 占空比为 50%, 如图 6(b) 所示。这时, 脉冲宽度检测电路 5 和滤波器 6 所输出的电压 U_o 为零。当直流电流 I_o 流经穿过磁传感器的导线 N_0 时, 会产生一个直流磁场分量, 叠加在原有的交变磁场上, 使得合成后的磁场由图 6(a) 中的实线转化为虚线所示的波形。整形器输出 U_i 的正负半波的宽度也相应地由对称的方波变为不对称的矩形波了, 如图 7 所示。

[0070] 脉冲成形电路所生成的信号 U_i 为周期性脉冲信号, 该脉冲信号的宽度会随着输入的直流电流 I 而改变大小及方向。将 U_i 用于控制脉冲宽度检测电路 5, 可以测量该脉冲信号宽度的变化。图 5 是脉冲宽度检测器示意图, 其中 $V+、V-$ 为幅度对称的正、负电源。当直流电流 I 为零时, U_i 为正、负对称的方波, 这时, 输出 U_o 为零。当输入的直流电流不为零时, U_i 的正、负脉冲的宽度要起变化。如图 7 所示。因此, 脉冲宽度的变化量可以反映被测电流 I 的大、小和方向, 实现直流电流的测量。

[0071] 脉冲宽度变化量 ΔW 与直流电流 I 之间有如下关系式:

$$[0072] \Delta W = I \cdot T / (2Im)$$

[0073] 其中: Im —激磁电流峰值;

[0074] T- 激磁电流周期

[0075] 当输入被测电流 I_o 单独输入导线 N_o 时, 宽脉冲检测器、滤波器的输出为 :

[0076] $\Delta W_{(I_o)} = I_o \cdot T / (2Im)$

[0077] 通过检测脉冲宽度的变化量可以检测出被测量的直流电流 I_o

[0078] 为了改善由于钳头开、合以及由于温度变化、钳头位置变化 (地磁场影响) 等因素所引起的磁特性变化而产生的输出误差, 本装置采取了以下特殊的磁特性修正措施。

[0079] 进行磁特性修正时, 将标准电流源 I_s 注入到修正线圈 N_2 ; 在标准电流源 I_s 与被测电流 I_o 共同作用下, 脉冲宽度检测器、滤波器的输出为 :

[0080] $\Delta W_{(I_s+I_o)} = (I_s + I_o)T / (2Im)$

[0081] 由以上两式可以得出,

[0082] $I_o = [\Delta W_{(I_o)} / (\Delta W_{(I_s+I_o)} - \Delta W_{(I_o)})] I_s$

[0083] 式中 :

[0084] $\Delta W_{(I_o)}$ —被测电流 I_o 激励时的脉宽变化值

[0085] $\Delta W_{(I_s+I_o)}$ —标准电流源 I_s 与被测电流 I_o 共同激励时的脉宽变化值

[0086] 采用以上方案制作直流钳形电流表, 可以将测试误差减少到 0.1% 左右。量程可以达到 0.01mA-100mA 的范围, 分辨率为 0.01mA。还能具备优秀的抵抗外界磁场干扰的能力和环境适应能力。

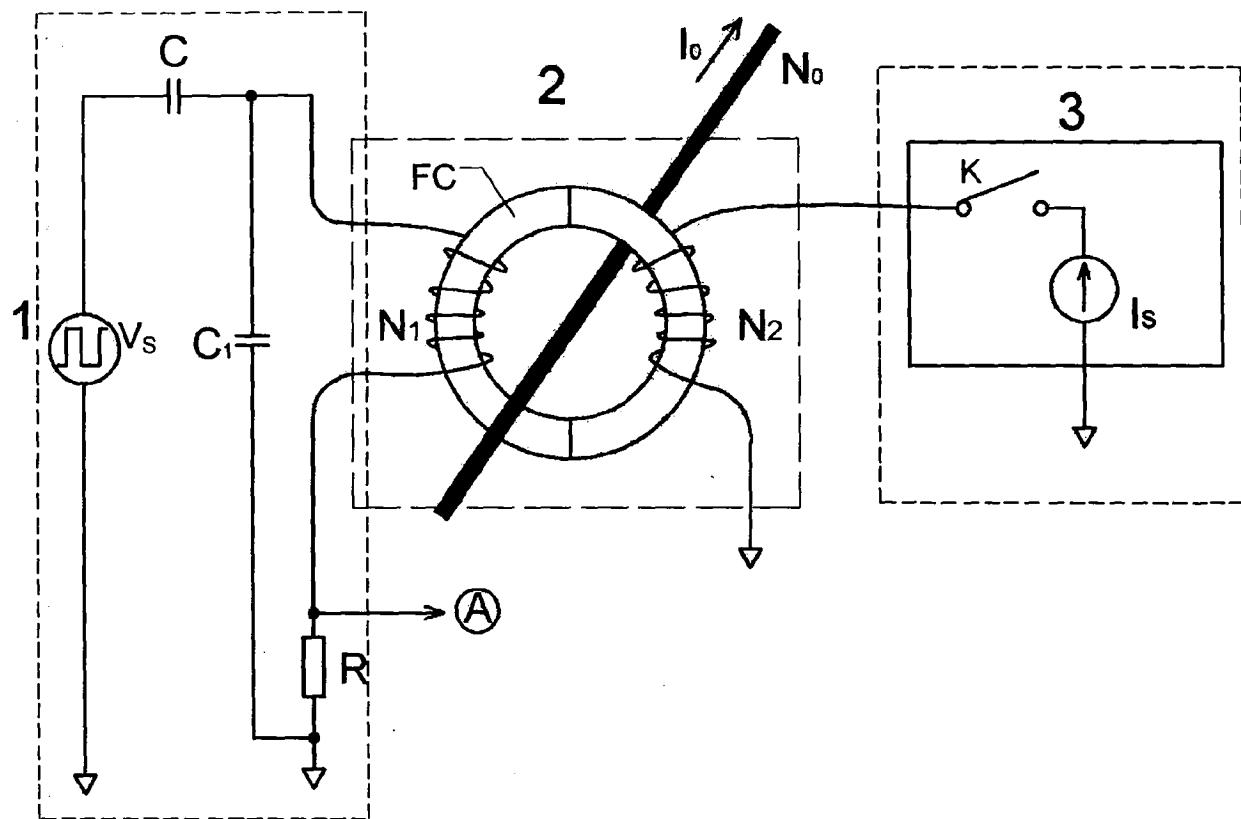


图 1

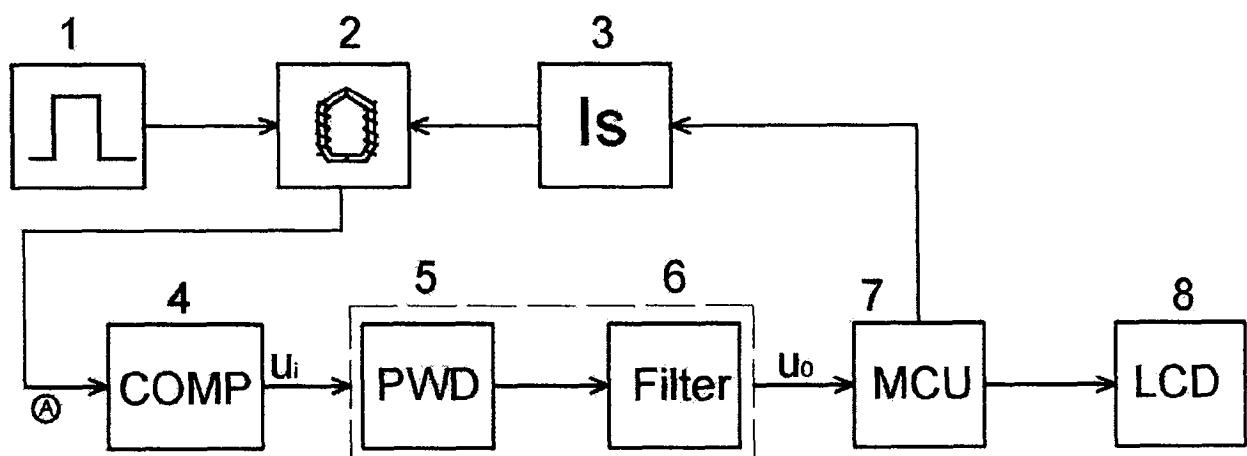


图 2

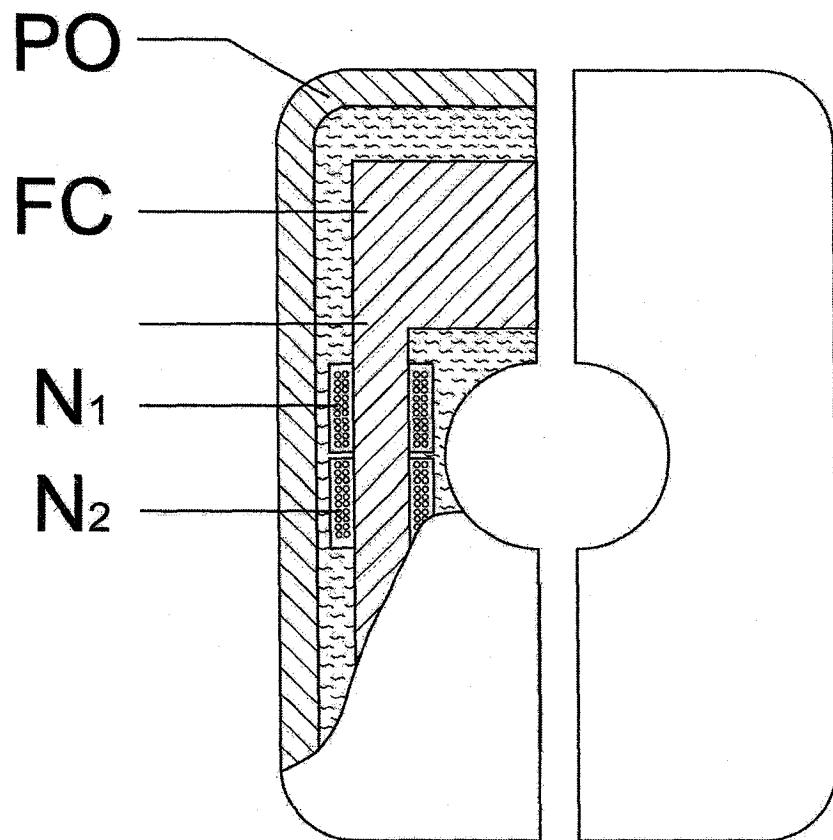


图 3

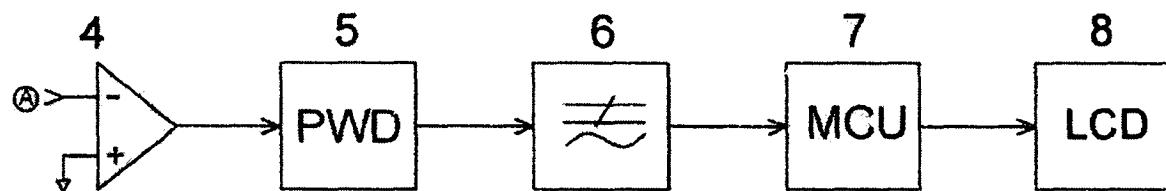


图 4

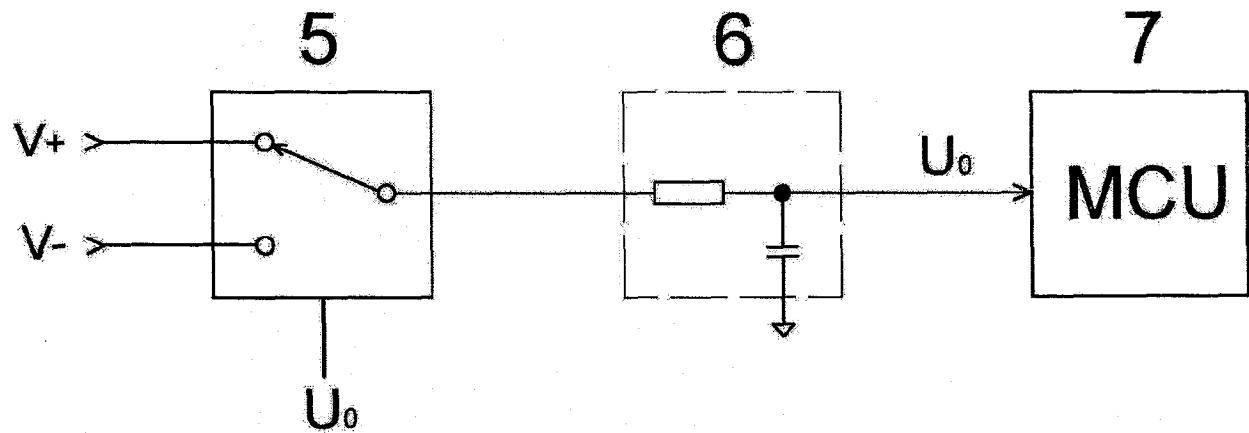


图 5

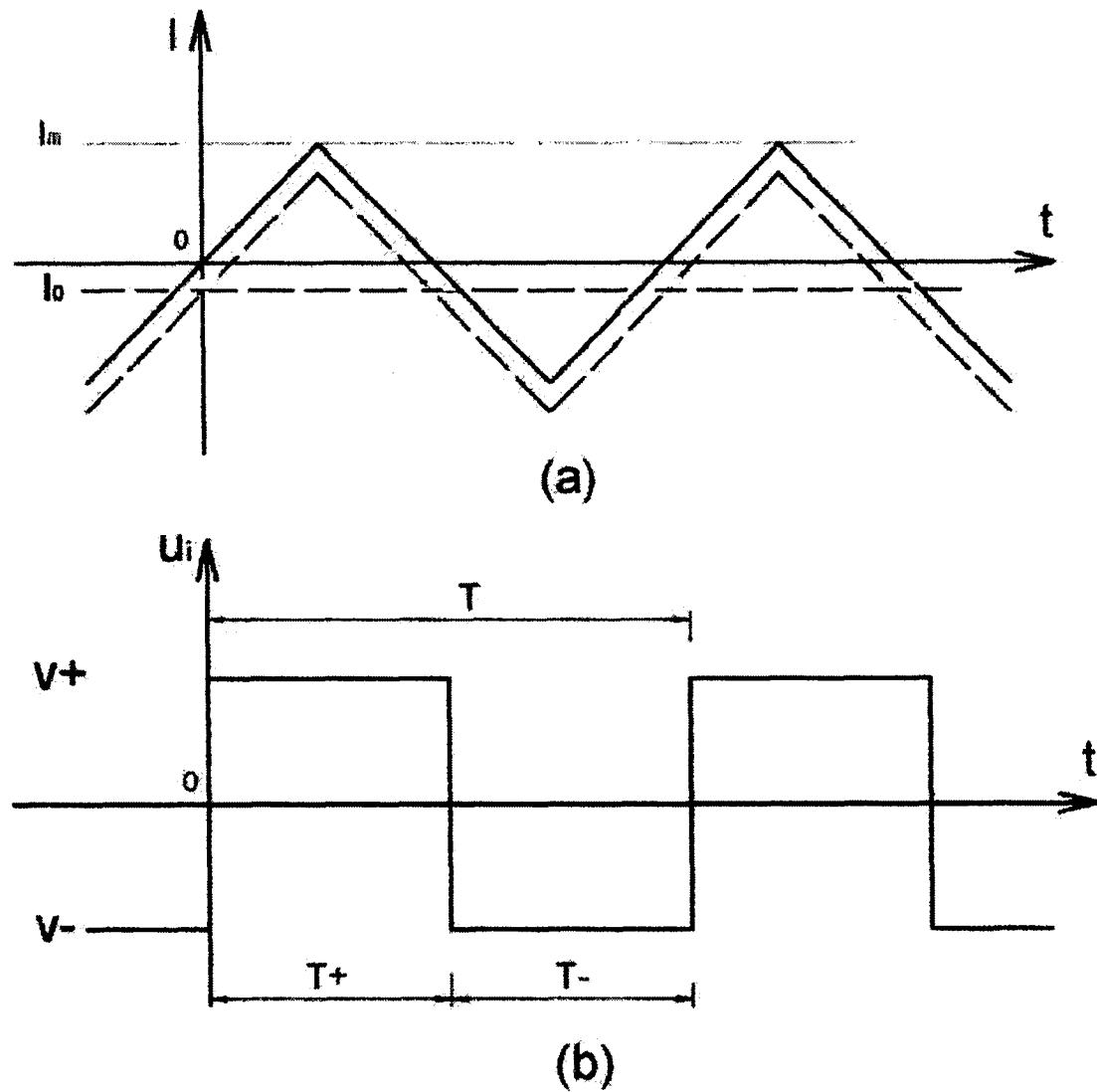


图 6

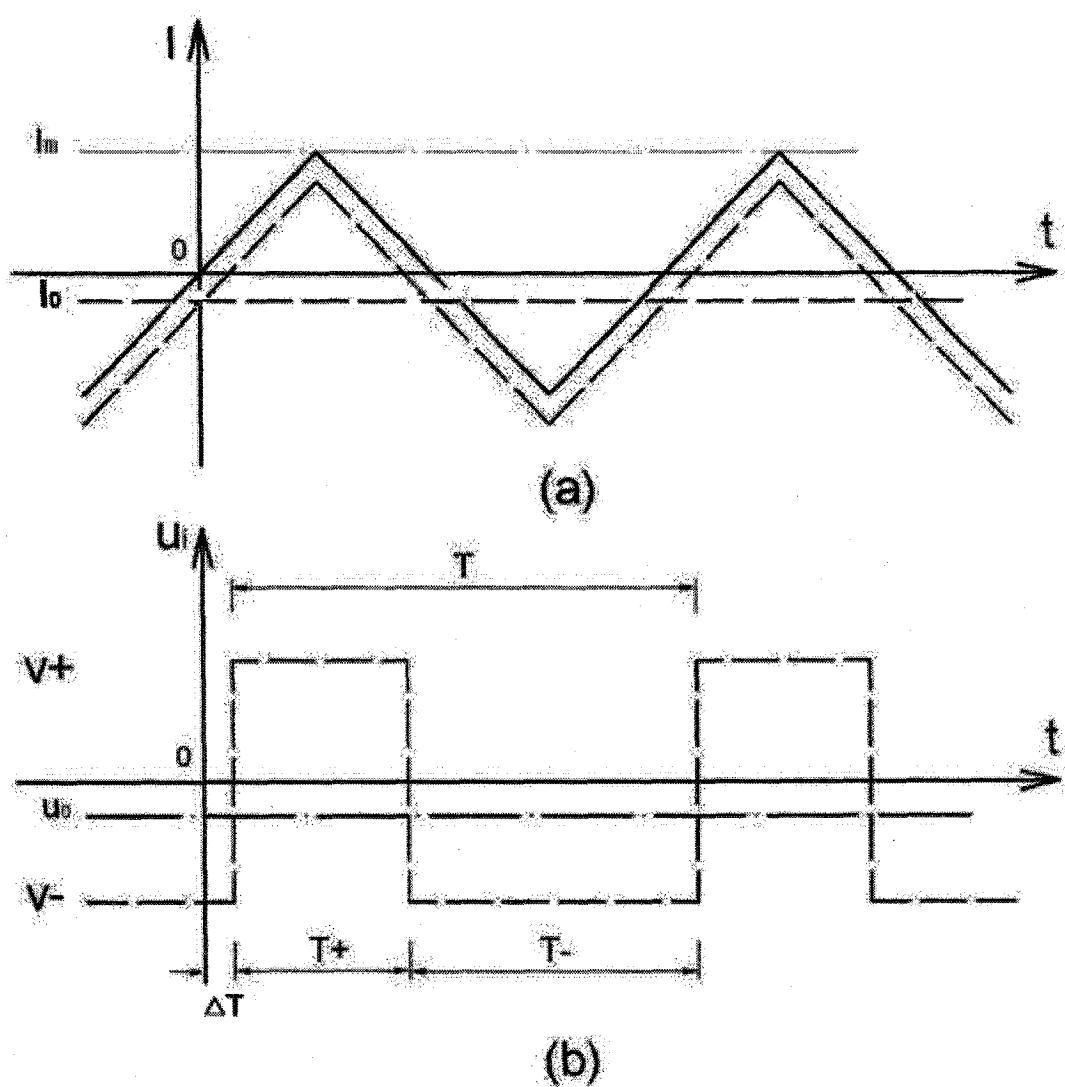


图 7