



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207866886 U

(45)授权公告日 2018.09.14

(21)申请号 201820362444.3

(22)申请日 2018.03.16

(73)专利权人 三峡大学

地址 443002 湖北省宜昌市大学路8号

(72)发明人 向小民 危杰 唐越

(74)专利代理机构 宜昌市三峡专利事务所

42103

代理人 成钢

(51)Int.Cl.

G01R 19/00(2006.01)

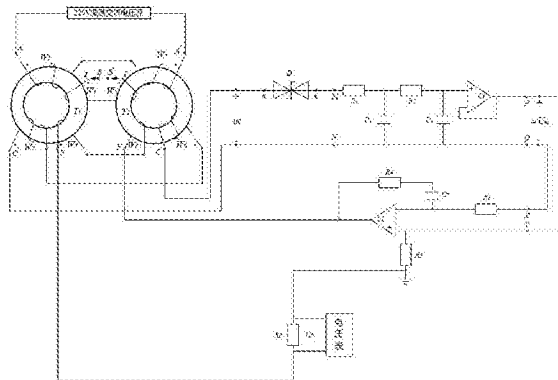
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)实用新型名称

一种磁调制器电流检测装置

(57)摘要

一种磁调制器电流检测装置,包括磁调制器、整形电路、滤波电路和反馈电路,磁调制器包括铁芯T1和铁芯T2,激励线圈W3和激励线圈W7反向串联连接;采样线圈W1和采样线圈W5反向串联连接;检测线圈W2和检测线圈W6同向串联连接;反馈线圈W4和反馈线圈W8同向串联连接;整形电路输入端和磁调制器输出端C连接;整形电路输出端和滤波电路的输入端M连接;滤波电路的输入端N和磁调制器输出端C'连接;反馈电路的输入端与滤波电路输出端连接;反馈电路输出端和磁调制器F端连接。本实用新型具有测量精度高,结构简单、性能稳定和抗干扰能力强等优点。



1. 一种磁调制器电流检测装置,包括磁调制器、整形电路和滤波电路,其特征在于,还包括反馈电路,磁调制器包括铁芯T1和铁芯T2,铁芯T1上绕有采样线圈W1、检测线圈W2、激励线圈W3和反馈线圈W4,铁芯T2上绕有采样线圈W5、检测线圈W6、激励线圈W7和反馈线圈W8;激励线圈W3和激励线圈W7反向串联连接,激励线圈W3另一端A和激励线圈W7另一端A'作为磁调制器励磁电流输入端与市电连接;采样线圈W1和采样线圈W5反向串联连接,采样线圈W1另一端B和采样线圈W5另一端B'作为磁调制器输入端,用于输入被测电流;检测线圈W2和检测线圈W6同向串联连接,检测线圈W2另一端C'和检测线圈W6另一端C作为磁调制器输出端;反馈线圈W4和反馈线圈W8同向串联连接,反馈线圈W4的另一端F'和反馈线圈W8的另一端F作为磁调制器反馈电流输入端;整形电路输入端和磁调制器输出端C连接;整形电路输出端和滤波电路的输入端M连接;滤波电路的输入端N和磁调制器输出端C'连接;反馈电路的输入端与滤波电路输出端连接;反馈电路输出端和磁调制器反馈线圈W8的F端连接;电阻R0和电压表V并联后一端与磁调制器反馈线圈W4的F'端连接,电阻R0另一端接地。

2. 根据权利要求1所述的磁调制器电流检测装置,其特征在于,所述整形电路为双向稳压器D。

3. 根据权利要求1或2所述的磁调制器电流检测装置,其特征在于,所述滤波电路为有源低通滤波电路,包括运算放大器U1、电阻R1、电阻R2、电容C1和电容C2,电阻R1和电阻R2串联连接,R1的另一端作为滤波电路输入端M,R2另一端与运算放大器U1同相输入端连接;运算放大器U1的反相输入端与运算放大器U1的输出端连接;电容C1的一端与电阻R1和电阻R2连接点连接,电容C1另一端作为滤波电路输入端N;电容C2的一端与运算放大器U1的同相输入端连接,另一端与滤波电路输入端N连接;运算放大器U1的输出端作为滤波电路的输出端P,滤波电路的输出端Q与输入端N连接。

4. 根据权利要求1或2所述的磁调制器电流检测装置,其特征在于,所述反馈电路包括运算放大器U2、电阻R3、电阻R4、电阻R5和电容C3;电阻R3、电容C3和电阻R4依次串联连接,电阻R3另一端作为反馈电路输入端X,电阻R4的另一端与运算放大器U2的输出端连接,运算放大器U2的反相输入端与电阻R3、电容C3连接处连接;电阻R5的一端与运算放大器U2的同相输入端连接,电阻R5的另一端接地;运算放大器U2的同相输入端作为反馈电路的输入端Y;反馈电路的输入端X与滤波电路输出端Q连接,反馈电路的输入端Y与滤波电路输出端P连接。

一种磁调制器电流检测装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于直流电流检测领域,具体涉及一种磁调制器电流检测装置。

背景技术

[0002] 目前,直流小电流的检测基本上都是采用以磁调制器为核心构成的倍频调解方式来测量的。倍频磁调制原理是将磁调制器输出信号中的二次谐波作为有效信息提取出来,利用其幅值的大小来检测直流电流。但磁调制器输出信息中还包含有其它谐波分量,需要进行较高的滤波处理,而且取出的二次谐波分量的幅值一般较小,此外,还需要比较复杂的解调电路来检出被测电流的极性,很容易受到干扰。

发明内容

[0003] 本实用新型的目的是解决现有直流小电流测量装置结构复杂,抗干扰能力差的问题,同时提高测量精度。

[0004] 本实用新型技术方案是一种磁调制器电流检测装置,包括磁调制器、整形电路、滤波电路和反馈电路,磁调制器包括铁芯T1和铁芯T2,铁芯T1上绕有采样线圈W1、检测线圈W2、激励线圈W3和反馈线圈W4,铁芯T2上绕有采样线圈W5、检测线圈W6、激励线圈W7和反馈线圈W8;激励线圈W3和激励线圈W7反向串联连接,激励线圈W3另一端A和激励线圈W7另一端A'作为磁调制器励磁电流输入端与市电连接;采样线圈W1和采样线圈W5反向串联连接,采样线圈W1另一端B和采样线圈W5另一端B'作为磁调制器输入端,用于输入被测电流;检测线圈W2和检测线圈W6同向串联连接,检测线圈W2另一端C'和检测线圈W6另一端C作为磁调制器输出端;反馈线圈W4和反馈线圈W8同向串联连接,反馈线圈W4的另一端F'和反馈线圈W8的另一端F作为磁调制器反馈电流输入端;整形电路输入端和磁调制器输出端C连接;整形电路输出端和滤波电路的输入端M连接;滤波电路的输入端N和磁调制器输出端C'连接;反馈电路的输入端与滤波电路输出端连接;反馈电路输出端和磁调制器反馈线圈W8的F端连接;电阻R0和电压表V并联后一端与磁调制器反馈线圈W4的F'端连接,电阻R0另一端接地。

[0005] 进一步的,所述整形电路为双向稳压器D。

[0006] 进一步的,所述滤波电路为有源低通滤波电路,包括运算放大器U1、电阻R1、电阻R2、电容C1和电容C2,电阻R1和电阻R2串联连接,R1的另一端作为滤波电路输入端M,R2另一端与运算放大器U1同相输入端连接;运算放大器U1的反相输入端与运算放大器U1的输出端连接;电容C1的一端与电阻R1和电阻R2连接点连接,电容C1另一端作为滤波电路输入端N;电容C2的一端与运算放大器U1的同相输入端连接,另一端与滤波电路输入端N连接;运算放大器U1的输出端作为滤波电路的输出端P,滤波电路的输出端Q与输入端N连接。

[0007] 进一步的,所述反馈电路包括运算放大器U2、电阻R3、电阻R4、电阻R5和电容C3;电阻R3、电容C3和电阻R4依次串联连接,电阻R3另一端作为反馈电路输入端X,电阻R4的另一端与运算放大器U2的输出端连接,运算放大器U2的反相输入端与电阻R3、电容C3连接处连接;电阻R5的一端与运算放大器U2的同相输入端连接,电阻R5的另一端接地;运算放大器U2

的同相输入端作为反馈电路的输入端Y;反馈电路的输入端X与滤波电路输出端Q连接,反馈电路的输入端Y与滤波电路输出端P连接。

[0008] 进一步的,所述的电压表V选用 $3\frac{1}{2}$ 位数字表头,用于显示电流检测结果。

[0009] 本实用新型的工作原理:被测电流即磁调制器输入电流 $I=0$ 时,铁芯中恒定磁场强度 $H_0=0$,磁调制器输出电压 u_0 的正波峰 U_{m+} 、负波峰 U_{m-} 相等, $U_{m+}=U_{m-}$;当 $I>0$ 时, $H_0\neq 0$, u_0 的正波峰、负波峰不相等,出现波峰差 $\Delta U_m=U_{m+}-U_{m-}$,波峰差 ΔU_m 的大小与被测电流 I 成正比,波峰差的正、负与被测电流 I 的极性一致。对 u_0 进行整形处理后得到和 ΔU_m 相等的 $\Delta U_m'$,再经过低通滤波处理得到其直流分量,即可获得能反映被测直流大小和极性的直流电压,再经过反馈电路接入到反馈线圈上,构成一个闭环系统,利用反馈电流产生的磁势与被测电流产生的磁势相平衡的特点来测量被测电流。

[0010] 本实用新型的有益效果是:通过检测磁调制器输出直流分量的大小和正负来反映被测电流的大小和极性,从而实现直流小电流的测量,结构简单、抗干扰能力强;通过反馈电路使测量装置具有无差调节特性,极大地提高测量精度。

附图说明

[0011] 下面结合附图和实施例对本实用新型作进一步说明。

[0012] 图1为本实用新型电路结构框图。

[0013] 图2为本实用新型电路图。

[0014] 图3为磁调制器输出电压 u_0 的波形图,被测电流 $I=0$ 。

[0015] 图4为磁调制器输出电压 u_0 的波形图,被测电流 $I>0$ 。

[0016] 图5为整形后输出电压 u'_0 的波形图, $I=0$ 。

[0017] 图6为整形后输出电压 u'_0 的波形图, $I>0$ 。

具体实施方式

[0018] 如图1和图2所示,一种磁调制器电流检测装置,包括磁调制器、整形电路、滤波电路和反馈电路,磁调制器包括铁芯T1和铁芯T2,铁芯T1上绕有采样线圈W1、检测线圈W2、激励线圈W3和反馈线圈W4,铁芯T2上绕有采样线圈W5、检测线圈W6、激励线圈W7和反馈线圈W8;激励线圈W3和激励线圈W7反向串联连接,激励线圈W3另一端A和激励线圈W7另一端A'作为磁调制器励磁电流输入端与市电连接;采样线圈W1和采样线圈W5反向串联连接,采样线圈W1另一端B和采样线圈W5另一端B'作为磁调制器输入端,用于输入被测电流;检测线圈W2和检测线圈W6同向串联连接,检测线圈W2另一端C'和检测线圈W6另一端C作为磁调制器输出端;反馈线圈W4和反馈线圈W8同向串联连接,反馈线圈W4的另一端F'和反馈线圈W8的另一端F作为磁调制器反馈电流输入端;整形电路输入端和磁调制器输出端C连接;整形电路输出端和滤波电路的输入端M连接;滤波电路的输入端N和磁调制器输出端C'连接;反馈电路的输入端与滤波电路输出端连接;反馈电路输出端和磁调制器反馈线圈W8的F端连接;电阻R0和电压表V并联后一端与磁调制器反馈线圈W4的F'端连接,电阻R0另一端接地。各线圈的同名端用(\bullet)标注在图2中。

[0019] 使用的整形电路为双向稳压器D。

[0020] 使用的滤波电路为有源低通滤波电路,包括运算放大器U1、电阻R1、电阻R2、电容C1和电容C2,电阻R1和电阻R2串联连接,R1的另一端作为滤波电路输入端M,R2另一端与运算放大器U1同相输入端连接;运算放大器U1的反相输入端与运算放大器U1的输出端连接;电容C1的一端与电阻R1和电阻R2连接点连接,电容C1另一端作为滤波电路输入端N;电容C2的一端与运算放大器U1的同相输入端连接,另一端与滤波电路输入端N连接;运算放大器U1的输出端作为滤波电路的输出端P,滤波电路的输出端Q与输入端N连接。

[0021] 使用的反馈电路包括运算放大器U2、电阻R3、电阻R4、电阻R5和电容C3;电阻R3、电容C3和电阻R4依次串联连接,电阻R3另一端作为反馈电路输入端X,电阻R4的另一端与运算放大器U2的输出端连接,运算放大器U2的反相输入端与电阻R3、电容C3连接处连接;电阻R5的一端与运算放大器U2的同相输入端连接,电阻R5的另一端接地;运算放大器U2的同相输入端作为反馈电路的输入端Y;反馈电路的输入端X与滤波电路输出端Q连接,反馈电路的输入端Y与滤波电路输出端P连接。

[0022] 使用的电压表V选用 $3\frac{1}{2}$ 位数字表头,用于显示电流检测结果。

[0023] 如图2所示,磁调制器励磁电流输入端A和输入端A与220V交流电源连接。

[0024] 使用的磁调制器,两个铁芯特性和尺寸一致。两铁芯上的激励线圈W3和激励线圈W7匝数相等,且同名端反向连接,再与激励交流电压源连接组成桥路,检测信号接到整形电路和滤波电路。这种磁调制器具有使磁通的奇次谐波相互抵消、偶次谐波相叠加的功能,因此,磁调制器输出信号中仅含有偶次谐波分量,通过对偶次谐波分量先进行整形处理,再进行低通滤波处理获得其直流分量, u_0 就反映了直流分量的大小,而 u_0 的平均值即其直流分量正比于 ΔU_m ,从而获得了能反映被测直流大小和极性的直流电压,再经过反馈电路对直流电压信号进行放大和校正处理,反馈电路与有源滤波电路共用一片4运算放大器集成芯片(型号是LM324),简化了测量装置的结构,并且抗干扰能力更强。

[0025] 使用的双向稳压管的型号为2CW52,稳定电压的范围在3.2~4.5V之间,门限电压为0.7V,将磁调制器输出信号的低幅部分去掉,以获得规则的尖脉冲波。

[0026] 有源低通滤波电路截止频率为3.6Hz。

[0027] 使用的反馈电路采用PI调节器,该电路既有比例运算又有积分运算,对直流电压信号进行放大和校正处理,使该装置具有无差调节特性。

[0028] 测量时将被测电流I接入磁调制器输入端B-B',当被测电流I=0时,铁芯中恒定磁场强度 $H_0=0$,磁调制器输出电压 u_0 正波峰和负波峰峰值相等, $U_{m+}=U_{m-}$,如图3所示。当 $I>0$ 时, $H_0\neq 0$,在交流正半周的交流磁势使 H_0 和交流磁势方向一致的铁芯先进入饱和,而另一个铁芯后进入饱和。当其中一个铁芯进入饱和后,其 $d\phi/dt$ 下降,所以正弦交流电压大部分施加于还未进入饱和区的铁芯线圈上,这样就使得 u_0 出现一个尖峰电压。而在交流负半周交流磁势正好和交流正半周相反,使另一铁芯先进入饱和,同样, u_0 仍然有尖峰电压输出。在实际中两铁芯的磁滞回线B-H不一致, u_0 的正波峰、负波峰峰值不相等,出现波峰峰差 $\Delta U_m=U_{m+}-U_{m-}$,如图4所示。峰差 ΔU_m 的大小与被测直流I成正比,峰差的正、负与I的极性一致。

[0029] 为了能够直接测量 ΔU_m ,本实用新型利用双向稳压管组成的整形电路将图3、图4波形 u_0 中的阴影部分去掉,再经过由图2中的有源低通滤波电路(满足滤波电路的截止频率小于输出信号 u_0 的基波频率),可以分别得到图5、图6所示的尖脉冲电压波形 u_0' 。 u_0' 为正、

负尖脉冲波形。设整形电路的门限电压为 U_g ，那么当 $|u_0| < U_g$ 时， $u_0' = 0$ ；当 $|u_0| \geq U_g$ 时， $u_0' = u_0 - U_g$ 。 u_0' 的峰差 $\Delta U_m' = U_{m+}' - U_{m-}' = (U_{m+} - U_g) - (U_{m-} - U_g) = \Delta U_m$ ，因 u_0' 的峰差 $\Delta U_m'$ 与 u_0 的峰差 ΔU_m 相等，因此可以利用 u_0' 的峰差 $\Delta U_m'$ 的大小和极性来反映被测直流小电流 I 的大小和极性。根据傅里叶级数可知，输出信号 u_0' 的平均值正比于其波峰差 $\Delta U_m'$ ，输出信号 u_0' 的平均值也就是其直流分量，因此，可以对 u_0' 进行低通滤波获取其直流分量来得到峰差 $\Delta U_m'$ 的大小和极性。

[0030] 将获得的峰差 $\Delta U_m'$ 经过反馈环电路的放大和校正处理，接入到反馈线圈中形成一个闭环系统，它利用反馈调节作用使反馈电流产生的磁势与被测电流产生的磁势相平衡，因此，被测电流 I 与归一化电流 I_0 的关系可表示为 $I = W_4 I_0 / W_1$ ，其中 W_1 为采样线圈 W_1 和采样线圈 W_5 匝数， W_4 为反馈线圈 W_4 和反馈线圈 W_8 的匝数。输出电压 U_0 为电流 I_0 在定值电阻 R_0 上产生的压降， I 又可以表示为 $I = W_4 U_0 / W_1 R_0$ 。

[0031] 一种实施例中，被测电流的采样线圈 W_1 和采样线圈 W_5 匝数为1，反馈线圈 W_4 和反馈线圈 W_8 的匝数为1，电阻 R_0 为 100Ω ， $I = U_0 / 100$ ，选用的 $3\frac{1}{2}$ 位数字表头的满量程为 2000mV ，分辨率为 1mV ，该测量装置的测量范围为 $10\mu\text{A} \sim 20\text{mA}$ 。若要改变测量范围，可以通过改变反馈线圈 W_4 和反馈线圈 W_8 的匝数 W_4 来实现。此外，本实施例中直流小电流测量装置中反馈线圈可被设计为带抽头的形式，由转换开关切换，以实现对不同大小直流小电流进行检测。

[0032] 本实施例中直流小电流检测装置的反馈电路采用PI调节器，因此检测电流时理论上是没有误差的，直流小电流检测装置的误差只取决于并联在定值电阻 R_0 上显示仪器的精度。因此，本直流小电流检测装置的检测精度非常高。

[0033] 本实用新型采用直接检测磁调制器直流分量的装置，通过检测磁调制器输出的直流分量的大小和正负来反映被测电流的大小和方向，有效简化电路的结构，解决了现有直流小电流测量装置结构复杂，抗干扰能力差的问题，同时附加反馈电路，对直流电压信号进行放大和校正处理，利用反馈电流产生的磁势与被测电流产生的磁势相平衡的特点来测量被测电流，极大地提高了测量精度。

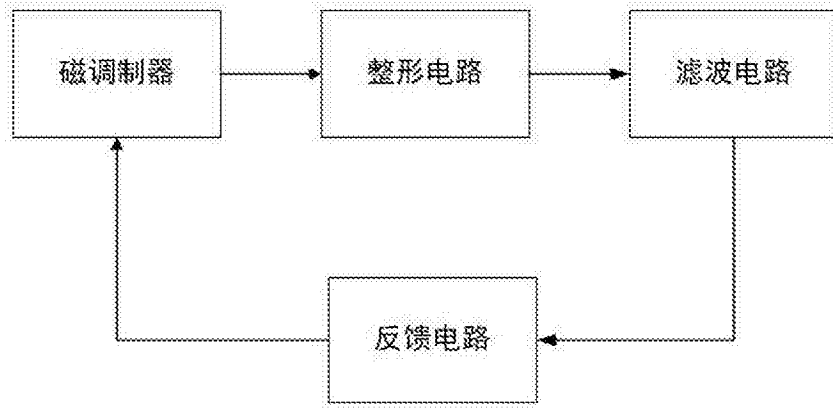


图1

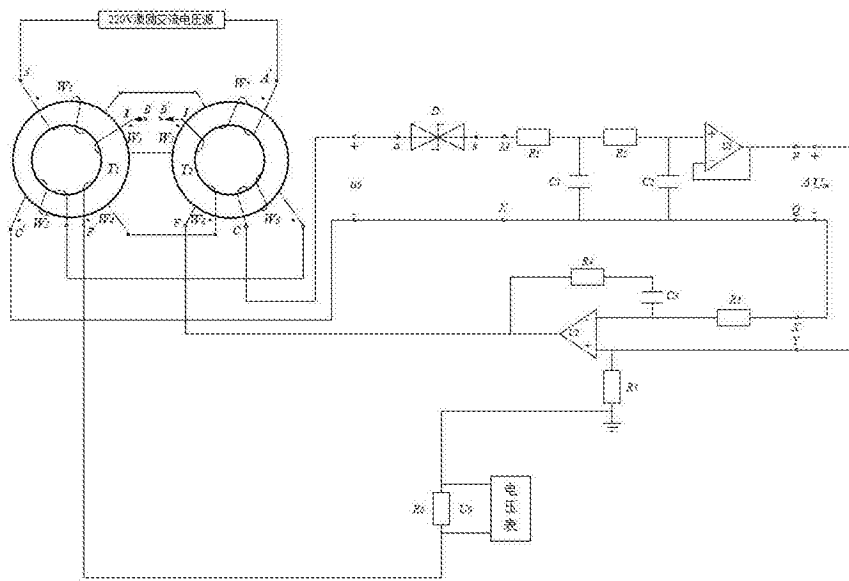


图2

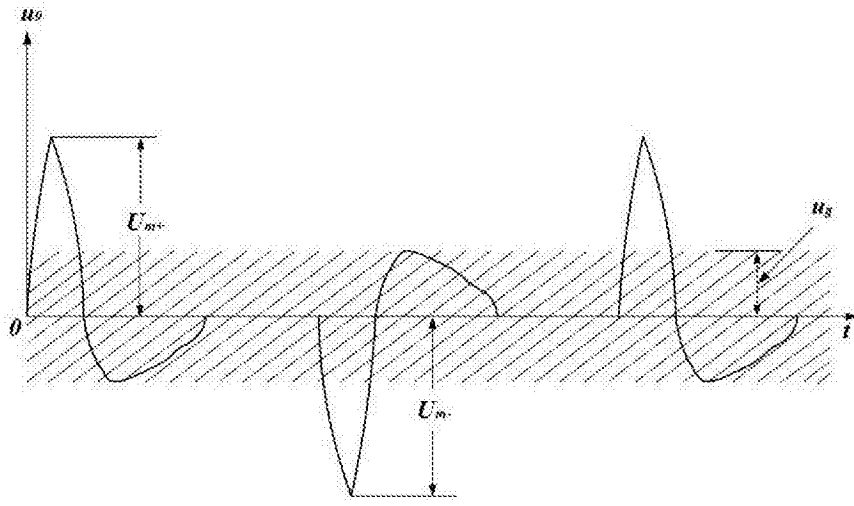


图3

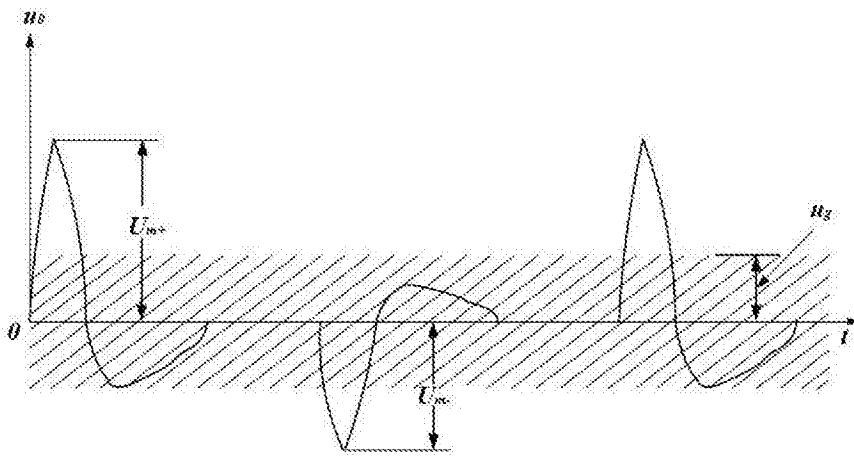


图4

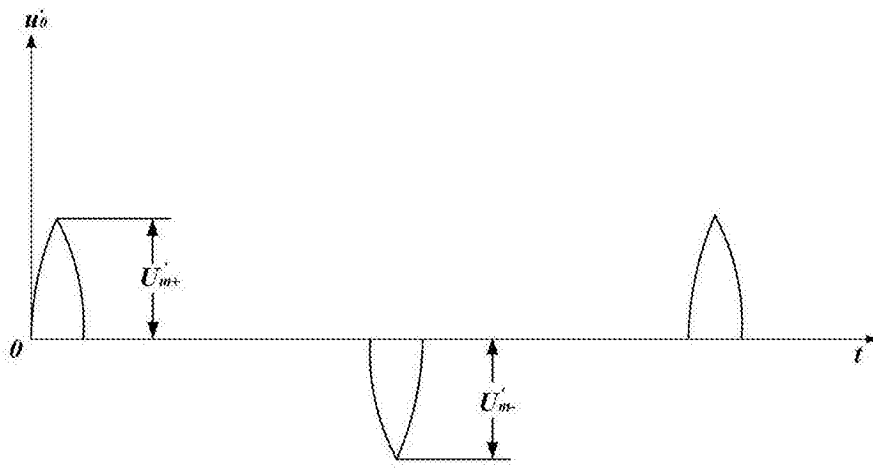


图5

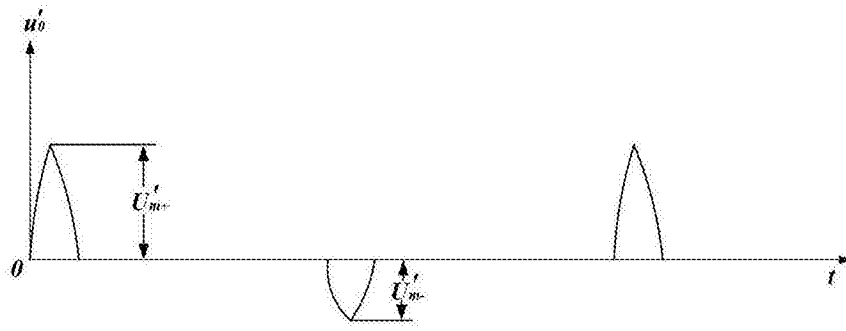


图6