(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109738804 A
(43)申请公布日 2019.05.10

(21)申请号 201811635583.X

(22)申请日 2018.12.29

(71)申请人 连云港正道电池技术有限公司
地址 222000 江苏省连云港市海州区经济技术开发区黄海大道中德(连云港)中小企业产业合作区A1-2(2号)

(72)发明人 刘海洋 张传能 刘立冬 陈连会

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心 32203
代理人 唐代盛

(51)Int.Cl.
*G01R 31/36*(2019.01)

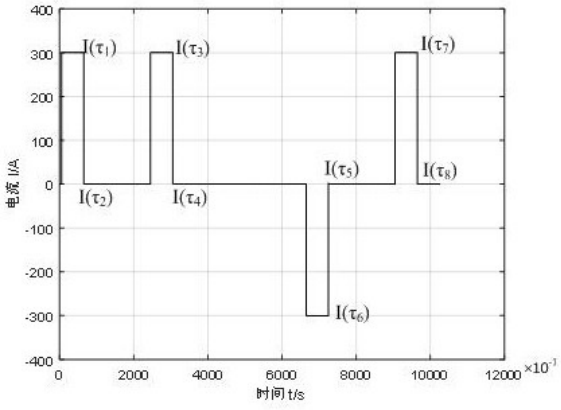
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法及其检测装置

(57)摘要

本发明公开了一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法,包括以下步骤:S1:建立脉冲循环测试过程;S2:采集脉冲循环过程数据;S3:根据采集数据分析钛酸锂电池模组电芯电压及电芯极耳温度变化趋势,并计算模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR)极差;S4:根据计算结果,判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题;本发明钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法利用检测电芯极耳超声波焊接虚焊时引起的接触电阻$R_n$异常变化,及其进一步导致电芯端电压和电芯极耳温度的异常变化,在不破坏电芯极耳内部结构或是肉眼无法辨识的情况下,实现了对电芯极耳超声波焊接虚焊的有效检测。




CN 109738804 A

1.一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:建立脉冲循环测试过程;

S2:采集脉冲循环过程数据;

S3:根据采集数据分析钛酸锂电池模组电芯电压及电芯极耳温度变化趋势,并计算模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR) 极差;

S4:根据计算结果,判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题。

2.根据权利要求1所述的钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法,其特征在于,所述建立脉冲循环测试过程包括充放电循环测试模块静置5s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流充电60s→充放电循环测试模块静置180s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流充电60s→充放电循环测试模块静置360s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流放电60s→充放电循环测试模块静置180s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流充电60s→充放电循环测试模块静置180s;其中,单体钛酸锂电池保护电压下限为1.5V,上限为2.9V,且在测试之前,应保证钛酸锂电池模组中所有电芯电压在2.15~2.2之间。

3.根据权利要求1所述的钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法,其特征在于,所述采集脉冲循环过程数据按采样频率$f=1\,\mathrm{HZ}$对钛酸锂电池模组中每块电芯的电压$V_i(t)$,电芯极耳温度$T_i(t)$以及电流$I(t)$进行采样。

4.根据权利要求1所述的钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法,其特征在于,所述步骤S3中模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR) 极差的计算方法如下:

根据公式$\Delta V=\max\left[V_i(\tau)\right]-\min\left[V_i(\tau)\right]$,计算模组电芯电压极差;

根据公式$\Delta T=\max\left[T_i(\tau)\right]-\min\left[T_i(\tau)\right]$,计算电芯极耳温度极差;

根据公式$R_{Di}=\frac{V_i(\tau+1)-V_i(\tau)}{I(\tau)}$,分别计算模组电芯DCIR;

并根据公式$\Delta R_D=\max(R_{Di})-\min(R_{Di})$,计算DCIR极差;

其中,$V_i(\tau)$为脉冲测试末端$\tau$时刻第$i$块电芯电压,$V_i(\tau+1)$为脉冲测试末端$\tau+1s$时刻第$i$块电芯电压,$I(\tau)$脉冲测试末端 $\tau$时刻充放电电流,$T_i(\tau)$为脉冲测试末端$\tau$时刻第$i$块电芯极耳温度。

5.根据权利要求1所述的钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法,其特征在于,所述步骤S4中判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题的判定方法如下:

当满足$\Delta R_D\le 0.07\,\mathrm{m\Omega},\Delta V\le 20\,\mathrm{mV},\Delta T\le 5℃$时,则钛酸锂电池模组超声波焊接不存在虚焊质量问题;

当不满足$\Delta R_D\le 0.07\,\mathrm{m\Omega},\Delta V\le 20\,\mathrm{mV},\Delta T\le 5℃$时,则钛酸锂电池模组超声波焊接存在虚焊质量问题。

6.一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测的检测装置,其特征在于,包括充放电循环测试模块、信号采集模块和数据分析及处理模块;

所述充放电循环测试模块用于对钛酸锂电池模组进行脉冲循环测试;

所述信号采集模块用于对钛酸锂电池模组电芯电压,电芯极耳温度信号及测试电流的采集;

所述数据分析及处理模块用于分析钛酸锂电池模组电芯电压及电芯极耳温度变化趋势,并计算模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR) 极差,再根据计算结果,判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题。

# 一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法及其检测装置

## 技术领域

[0001] 本发明涉及属于动力电池组制造质量检测与测试技术领域，特别是一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法及其检测装置。

## 背景技术

[0002] 随着近年来国家出台相关新能源汽车产业促进政策，电动汽车行业得到前所未有的快速发展，动力电池是电动汽车的动力源泉也是制约电动汽车发展的关键因素。目前电动汽车车载动力系统需求的电压平台是通过电池间的串并联连接成相应的模组，再到车载动力系统。

[0003] 多个单体电芯串联成模组，为了保证单体电芯之间连接的可靠性和稳定性，目前采用了超声波六点焊接工艺，而这又势必引入一定的接触电阻。由于焊接引入的接触电阻对模组乃至整个动力电池系统充放电性能有着较大影响，尤其是在焊接质量存在缺陷，出现虚焊，将会大大增加接触电阻，导致动力电池系统在大倍率充放电过程中，出现电芯极耳处温升急剧上升，电池一致性下降，严重危害动力电池系统安全性以及缩短使用寿命周期。

[0004] 现有质量检测过程中，通常采用目视法及拉力测试法，前者不容易发现焊点内部虚焊问题，而后者又必须破坏电芯极耳原有的焊接结构，不适合日常检测，因此需要一种新的检测方法来解决此问题。

## 发明内容

[0005] 为了解决上述技术问题，本发明的目的在于提供一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法及其检测装置。

[0006] 实现本发明目的的技术解决方案为：

一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1:建立脉冲循环测试过程；

S2:采集脉冲循环过程数据；

S3:根据采集数据分析钛酸锂电池模组电芯电压及电芯极耳温度变化趋势，并计算模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR) 极差；

S4:根据计算结果，判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题。

[0007] 优选地，所述建立脉冲循环测试过程包括充放电循环测试模块静置5s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流充电60s→充放电循环测试模块静置180s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流充电60s→充放电循环测试模块静置360s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流放电60s→充放电循环测试模块静置180s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流充电60s→充放电循环测试模块静置180s；其中，单体钛酸锂电池保护电压下限为1.5V，上限为2.9V，且在测试之前，应保证钛酸锂电池模组中所有电芯电压在2.15~2.2之间。

[0008] 优选地，所述采集脉冲循环过程数据按采样频率$f=1\,HZ$对钛酸锂电池模组中每块

电芯的电压$V_i(t)$,电芯极耳温度$T_i(t)$以及电流$I(t)$进行采样。

[0009] 优选地,所述步骤S3中模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR) 极差的计算方法如下:

根据公式$\Delta V = \max\left[V_i(\tau)\right] - \min\left[V_i(\tau)\right]$,计算模组电芯电压极差;

根据公式$\Delta T = \max\left[T_i(\tau)\right] - \min\left[T_i(\tau)\right]$,计算电芯极耳温度极差;

根据公式$R_{Di} = \frac{V_i(\tau+1) - V_i(\tau)}{I(\tau)}$,分别计算模组电芯DCIR;

并根据公式$\Delta R_D = \max(R_{Di}) - \min(R_{Di})$,计算DCIR极差;

其中,$V_i(\tau)$为脉冲测试末端$\tau$时刻第$i$块电芯电压,$V_i(\tau+1)$为脉冲测试末端$\tau+1s$时刻第$i$块电芯电压,$I(\tau)$脉冲测试末端 $\tau$时刻充放电电流,$T_i(\tau)$为脉冲测试末端$\tau$时刻第$i$块电芯极耳温度。

[0010] 优选地,所述步骤S4中判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题的判定方法如下:

当满足$\Delta R_D \le 0.07m\Omega, \Delta V \le 20mV, \Delta T \le 5℃$时,则钛酸锂电池模组超声波焊接不存在虚焊质量问题;

当不满足$\Delta R_D \le 0.07m\Omega, \Delta V \le 20mV, \Delta T \le 5℃$时,则钛酸锂电池模组超声波焊接存在虚焊质量问题。

[0011] 一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测的检测装置,其特征在于,包括充放电循环测试模块、信号采集模块和数据分析及处理模块;

所述充放电循环测试模块用于对钛酸锂电池模组进行脉冲循环测试;

所述信号采集模块用于对钛酸锂电池模组电芯电压,电芯极耳温度信号及测试电流的采集;

所述数据分析及处理模块用于分析钛酸锂电池模组电芯电压及电芯极耳温度变化趋势,并计算模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR) 极差,再根据计算结果,判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题。

[0012] 本发明与现有技术相比,其显著优点:

本发明钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法利用检测电芯极耳超声波焊接虚焊时引起的接触电阻$R_n$异常变化,及其进一步导致电芯端电压和电芯极耳温度的异常变化,在不破坏电芯极耳内部结构或是肉眼无法辨识的情况下,实现了对电芯极耳超声波焊接虚焊的有效检测,保证了动力电池系统安全性以及延长了使用寿命周期。

## 附图说明

[0013] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0014] 图1为本发明脉冲循环测试-电流示意图。

[0015] 图2为本发明脉冲循环测试-电压示意图。

[0016] 图3为基本电池模型的结构示意图。

## 具体实施方式

[0017] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0018] 实施例1：

一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法，包括以下步骤：

S1：建立脉冲循环测试过程；如图1和图2所示，所述建立脉冲循环测试过程包括充放电循环测试模块静置5s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流充电60s→充放电循环测试模块静置180s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流充电60s→充放电循环测试模块静置360s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流放电60s→充放电循环测试模块静置180s→充放电循环测试模块对钛酸锂电池模组进行300A恒流充电60s→充放电循环测试模块静置180s；其中，单体钛酸锂电池保护电压下限为1.5V，上限为2.9V，且在测试之前，应保证钛酸锂电池模组中所有电芯电压在2.15~2.2之间；

S2：采集脉冲循环过程数据；所述采集脉冲循环过程数据按采样频率$f=1\,\mathrm{HZ}$对钛酸锂电池模组中每块电芯的电压$V_i(t)$，电芯极耳温度$T_i(t)$以及电流$I(t)$进行采样；并按表1 记录相关数据；

表1 需要记录的电压、电流、温度数据

| 时间 τ/s | 电压/V | 电流/A | 温度/℃ |
|---|---|---|---|
| 65 | $V(\tau_1)$ | $I(\tau_1)$ | $T(\tau_1)$ |
| 66 | $V(\tau_2)$ | $I(\tau_2)$ | $T(\tau_2)$ |
| 305 | $V(\tau_3)$ | $I(\tau_3)$ | $T(\tau_3)$ |
| 306 | $V(\tau_4)$ | $I(\tau_4)$ | $T(\tau_4)$ |
| 725 | $V(\tau_5)$ | $I(\tau_5)$ | $T(\tau_5)$ |
| 726 | $V(\tau_6)$ | $I(\tau_6)$ | $T(\tau_6)$ |
| 965 | $V(\tau_7)$ | $I(\tau_7)$ | $T(\tau_7)$ |
| 966 | $V(\tau_8)$ | $I(\tau_8)$ | $T(\tau_8)$ |

S3：根据采集数据分析钛酸锂电池模组电芯电压及电芯极耳温度变化趋势，并计算模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR) 极差；所述模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR) 极差的计算方法如下：

根据公式$\Delta V=\max\left[V_i(\tau)\right]-\min\left[V_i(\tau)\right]$，计算模组电芯电压极差；

根据公式$\Delta T=\max\left[T_i(\tau)\right]-\min\left[T_i(\tau)\right]$，计算电芯极耳温度极差；

根据公式$R_{Di}=\frac{V_i(x+1)-V_i(x)}{I(x)}$，分别计算模组电芯DCIR；

并根据公式$\Delta R_D = \max(R_{Di}) - \min(R_{Di})$,计算DCIR极差;

其中,$V_i(\tau)$为脉冲测试末端$\tau$时刻第$i$块电芯电压,$V_i(\tau+1)$为脉冲测试末端$\tau+1s$时刻第$i$块电芯电压,$I(\tau)$脉冲测试末端 $\tau$时刻充放电电流,$T_i(\tau)$为脉冲测试末端$\tau$时刻第$i$块电芯极耳温度;

S4:根据计算结果,判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题;所述判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题的判定方法如下:

当满足$\Delta R_D \le 0.07m\Omega, \Delta V \le 20mV, \Delta T \le 5℃$时,则钛酸锂电池模组超声波焊接不存在虚焊质量问题;

当不满足$\Delta R_D \le 0.07m\Omega, \Delta V \le 20mV, \Delta T \le 5℃$时,则钛酸锂电池模组超声波焊接存在虚焊质量问题。

[0019] 一种钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测的检测装置,包括充放电循环测试模块、信号采集模块和数据分析及处理模块;

所述充放电循环测试模块用于对钛酸锂电池模组进行脉冲循环测试;

所述信号采集模块用于对钛酸锂电池模组电芯电压,电芯极耳温度信号及测试电流的采集;

所述数据分析及处理模块用于分析钛酸锂电池模组电芯电压及电芯极耳温度变化趋势,并计算模组电芯电压极差、电芯极耳温度极差、直流电阻(DCIR)及直流电阻(DCIR) 极差,再根据计算结果,判定钛酸锂电池模组超声波焊接是否存在虚焊质量问题。

[0020] 本发明钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法的原理:

如图3所示,基本电池模型,构建数学模型,如下:

$$U_0(t) = E_0 - I(t)R_\Omega - \frac{1}{C_S}\int_{t_1}^{t_2} I(t)dt - V_r(t)$$

其中,$E_0$为电池开路电压,$U_0$为端路电压;$C_s$为储能电容,用于表征电池在充放电过程中的荷电状态;$R_\Omega$表征电池的接触电阻;电容$C_r$和电阻$R_r$构成的RC电路用于表征电池内部扩散电荷对端电压的影响,电容$C_r$可视为电池内部化学容抗,电阻$R_r$可视为化学阻抗,$V_r(t)$为RC电路端电压。

[0021] 由数学模型可知,当电芯采用超声波焊接时,电池的接触电阻分为电芯内部接触电阻$R_c(T,SOC)$和焊接接触电阻$R_h$,即

$$R_\Omega = R_c(T,SOC) + R_h$$

其值的测得可采用脉冲循环测试方法,计算电芯的直流内阻DCIR获得,即

$$R_\Omega = R_D = \frac{V(x+1)-V(x)}{I(x)}$$

一种钛酸锂电池模组超声波焊接检测方法,其目的在于检测出焊接接触电阻$R_\Omega$异常变化,并不关心其值具体的大小。由于组装成模组的电芯都是批次生产,物理及化学特征的一致性较好,可认为组成模组的每块电芯$R_c(T,SOC)$值近似相同,即

$$R_{ci}(T,SOC) = R_{cj}(T,SOC) \quad (i,j = 1,2,3\cdots n)$$

因此可用求极差的方法来判断接触电阻$R_n$是否存在异常变化，即

$$\Delta R_D = \max(R_{Di}) - \min(R_{Di}) \approx \max(R_{ik}) - \min(R_{ik}) \quad (i = 1, 2, 3 \cdots n)$$

同样，根据欧姆定律及焦耳定律，当接触电阻$R_n$出现异常时，其相应电芯端电压及极耳出温度也会出现异常，亦可用极差来表征，即

$$\Delta V = \max[V_i(\tau)] - \min[V_i(\tau)], \Delta T = \max[T_i(\tau)] - \min[T_i(\tau)] \quad (i = 1, 2, 3 \cdots n)$$

综上所述，本发明钛酸锂电池模组超声波焊接虚焊检测方法利用检测电芯极耳超声波焊接虚焊时引起的接触电阻$R_n$异常变化，及其进一步导致电芯端电压和电芯极耳温度的异常变化，在不破坏电芯极耳内部结构或是肉眼无法辨识的情况下，实现了对电芯极耳超声波焊接虚焊的有效检测，保证了动力电池系统安全性以及延长使用寿命周期。

[0022] 以上所述的具体实施例，对本发明的解决的技术问题、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

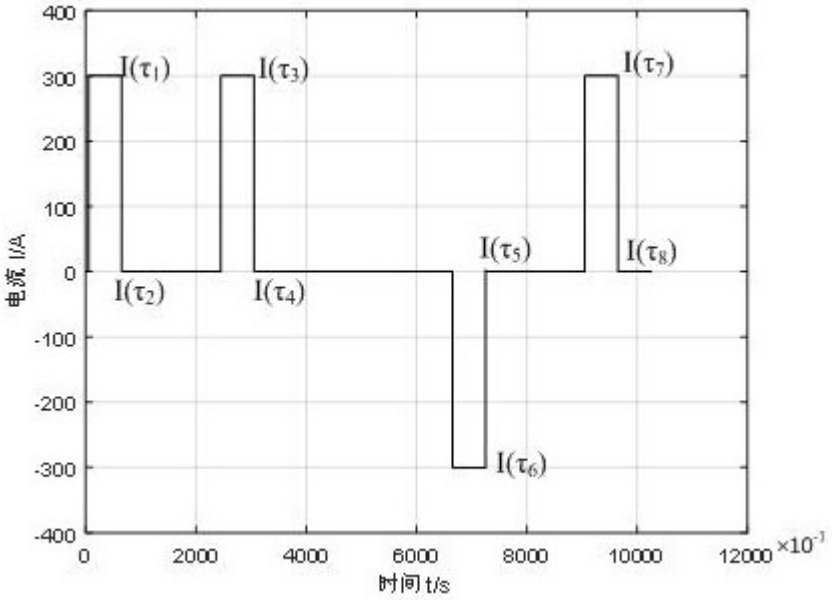

400
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400
电流 I/A
I(τ1)
I(τ2)
I(τ3)
I(τ4)
I(τ5)
I(τ6)
I(τ7)
I(τ8)
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
×10⁻¹
时间 t/s

图1

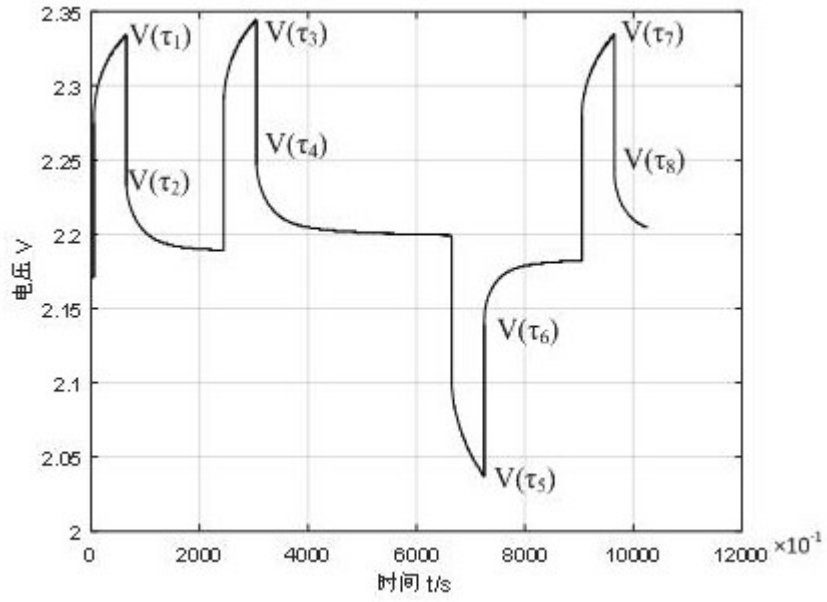

2.35
2.3
2.25
2.2
2.15
2.1
2.05
2
电压 V
V(τ1)
V(τ2)
V(τ3)
V(τ4)
V(τ5)
V(τ6)
V(τ7)
V(τ8)
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
×10⁻¹
时间 t/s

图2

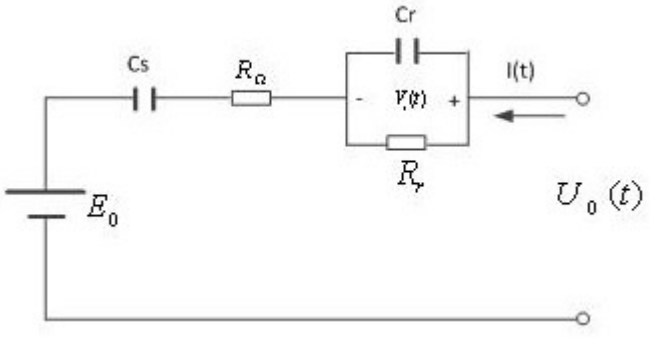



图3