

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103257306 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 21

(21) 申请号 201210412071. 3

(22) 申请日 2012. 10. 25

(71) 申请人 国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司

地址 430074 湖北省武汉市珞喻路 143 号

(72) 发明人 刘凡 聂德鑫 卢理成 邓建钢
彭倩 张连星 杜振波 罗先中
贺细雄

(74) 专利代理机构 武汉帅丞知识产权代理有限公司 42220

代理人 朱必武

(51) Int. Cl.

G01R 31/12 (2006. 01)

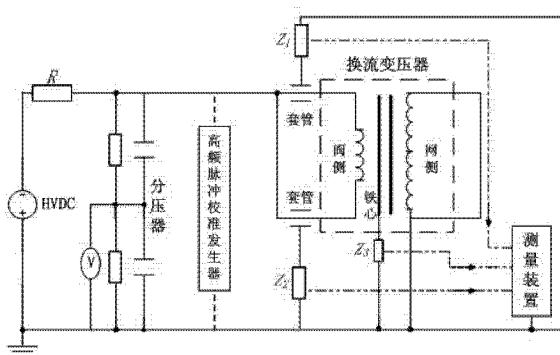
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法及测量系统

(57) 摘要

本发明属于输变电设备技术领域，特别涉及一种换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法及测量系统。本发明通过测量不同传输路径的局部放电脉冲信号，比较分布式实时局部放电脉冲信号统计特性及其分段幅频空间聚类特征辨识绝缘状态，能有效、准确地检测换流变压器直流局部放电绝缘状态特征信息，综合评估其绝缘缺陷类型及其局部放电发展趋势。



1. 一种换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法,其特征在于:具体步骤如下:

步骤一、在换流变压器进行直流耐压试验前,在换流变压器正负极性高压直流套管末屏及铁芯接地低压端处预先接入内置浪涌保护器的无感电阻传感器;

步骤二、在换流变压器进行直流耐压试验前,采取高频脉冲校准发生器标定试验系统放电特征参量,包括视在放电量和频率响应;

步骤三、对换流变直流局部放电脉冲信号进行实时过门槛触发存储测量;

步骤四、采用高速检测装置采集直流局部放电实时脉冲信号,获取脉冲时间序列关系;

步骤五、通过对直流局部放电脉冲傅里叶变换获得相应幅频响应关系,建立分段频域幅值空间聚类模型。

2. 如权利要求1所述的换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法,其特征在于:所述步骤五种分段频域幅值空间聚类模型为:6种空间坐标系,分别选择1-10MHz,10-20MHz,20-30MHz的最大值

$$A_{\max} = \max |A_i| \quad (i=1, 2, 3, \dots, N) \text{ 和均方根 } A_{\text{avg}} = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_N^2}{N}} \text{ 作为}$$

坐标系的子轴坐标,其中A为脉冲信号频域幅值响应。

3. 如权利要求1或2所述的换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法,其特征在于:所述的无感电阻传感器为三组。

4. 一种换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断测量系统,包括三组内置浪涌保护器的无感电阻传感器、高速数据采集器、监控系统及数据分析系统;

高速数据采集器采集变压器不同传输路径的特征脉冲信号;

监控系统控制高速数据采集器对宽频脉冲进行门槛触发存储采集;

数据分析系统进行局部放电脉冲时间序列分析和分段频率幅值空间聚类分析,综合诊断绝缘状态;

其特征在于:所述三组内置浪涌保护器的无感电阻传感器分别安装在所述变压器低压端引线及地线之间。

5. 如权利要求4所述的换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断测量系统,其特征在于:所述三组内置浪涌保护器的无感电阻传感器可接收多途径传输宽频脉冲信号。

6. 如权利要求4或5所述的换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断测量系统,其特征在于:它还包括高频脉冲校准发生器,所述的高频脉冲校准发生器产生标准宽频脉冲信号,用于标定各传输路径对高频信号衰减度和放电量峰值。

换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法及测量系统

技术领域

[0001] 本发明属于输变电设备技术领域,特别涉及一种换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法及测量系统。

背景技术

[0002] 为了保证换流变压器运行过程中的安全,在设备换流变压器出厂试验规范中对局部放电试验提出了较高的要求,该试验也成为对变压器设计和制造工艺考核最有效的手段。目前,国际上普遍采用 IEC61378-2 标准对高压直流设备的绝缘结构进行考核,IEC61378 标准中关于高压直流耐压试验的规定如下:直流耐压试验时间为 2 小时,要求充电时间不大于 1 分钟,试验结束后,电压应在 1 分钟内降至零伏。在直流耐压试验的同时,进行局部放电测试,并记录大于 2000pC 视在放电量的脉冲次数,要求最后 30 分钟内脉冲数应不超过 30 个,最后 10 分钟内脉冲数不超过 10 个。如果所记录的局部放电脉冲数超过这一要求,试验应延长 30 分钟,在延长的 30 分钟内,局部放电脉冲数如果满足上述要求,设备仍为合格。尽管现行的标准对直流设备的绝缘状况考核已经十分严格,但是仍然不能杜绝高压直流设备,尤其是换流变压器在出厂试验和运行过程中绝缘破坏事故的发生。按照直流局部放电试验标准进行检测,并没有对大于 100pC,小于 2000pC 的放电脉冲进行记录分析,且仅限于对脉冲峰值的记录,所获得信息较少,不能够对绝缘损伤类型及其发展阶段进行全面判别。

[0003] 现今,国内外对电力设备直流局部放电试验有一定的研究,对直流局部放电信号的评估仅限于基本参数的统计分析,如放电量 q ,放电次数 n ,放电时间 t 等参数曲线,这些放电参数所蕴含的信息量有限,未能全面反映绝缘介质内部局部放电类型及其发展趋势,无法判断其对绝缘介质的危害程度。而直流局部放电重复率低,所测量得到的放电脉冲信号比交流电压下少很多,因而采用放电信号固有特征区分不同缺陷类型及其发展过程是较合适的分析方法。而单次放电脉冲分析是局部放电信号固有特征的重要组成部分,目前,国内外对直流局部放电信号分析主要停留在时域波形特征和频谱分布分析上;另一方面,虽然换流变内部存在的局部放电源是未知的,但在局部放电稳定的工况下,该未知系统是确定的,基于这个原则,已有利用脉冲信号等效时频关系为特征参量进行二维聚类分析模式识别的研究,但是,当前对不同类型缺陷引起的直流局部放电波形尚未形成有效的识别方式。

[0004] 中国发明专利《一种基于关联分析与变权重系数的变压器状态评估方法》(申请号 :CN201210086817.6)公开的是:对变压器状态进行数据采集,对采集的数据进行分类和处理,作为评估变压器状态的依据,对变压器状态进行评估,运用关联分析方法,建立变压器的综合状态量评估体系。该专利还未对换流变压器内部绝缘状态直流局部放电诊断提供合理的解决方案。

发明内容

[0005] 针对背景技术的不足,本发明提供一种换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法及测量系统,以绝缘缺陷类型及直流局部放电不同发展阶段影响局部放电的频域响应为理论基础,通过测量不同传输路径的局部放电脉冲信号,比较分布式实时局部放电脉冲信号统计特性及其分段幅频空间聚类特征辨识内绝缘状态,能有效、准确地检测换流变压器直流局部放电绝缘状态特征信息,综合评估其绝缘缺陷类型及其局部放电发展趋势。

[0006] 本发明的技术方案是:一种换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法,其特征在于:具体步骤如下:

步骤一、在换流变压器进行直流耐压试验前,在换流变压器正负极性高压直流套管末屏及铁芯接地低压端处预先接入内置浪涌保护器的无感电阻传感器;

步骤二、在换流变压器进行直流耐压试验前,采取高频脉冲校准发生器标定试验系统放电特征参量,包括视在放电量和频率响应;

步骤三、对换流变直流局部放电脉冲信号进行实时过门槛触发存储测量;

步骤四、采用高速检测装置采集直流局部放电实时脉冲信号,获取脉冲时间序列关系;

步骤五、通过对直流局部放电脉冲傅里叶变换获得相应幅频响应关系,建立分段频域幅值空间聚类模型。

[0007] 其有益效果是:引入分布式测量传感器,有益于鉴别脉冲干扰,并多渠道获取特征信息;能形成直流局部放电脉冲分段幅频空间聚类特征,综合评估其绝缘缺陷类型及其局部放电发展趋势。

[0008] 如上所述的换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法,其特征在于:所述步骤五种分段频域幅值空间聚类模型为:6种空间坐标系,分别选择1-10MHz,

10-20MHz, 20-30MHz 的最大值 $A_{\max} = \max |A_i| \quad (i=1, 2, 3, \dots, N)$ 和均方根

$$A_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_N^2}{N}}$$

作为坐标系的子轴坐标,其中 A 为脉冲信号频域幅值

响应。

[0009] 如上所述的换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断方法,其特征在于:所述的无感电阻传感器为三组。

[0010] 一种换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断测量系统,包括三组内置浪涌保护器的无感电阻传感器、高速数据采集器、监控系统及数据分析系统;

高速数据采集器采集变压器不同传输路径的特征脉冲信号;

监控系统控制高速数据采集器对宽频脉冲进行门槛触发存储采集;

数据分析系统进行局部放电脉冲时间序列分析和分段频率幅值空间聚类分析,综合诊断绝缘状态;

其特征在于:所述三组内置浪涌保护器的无感电阻传感器分别安装在所述变压器低压端引线及地线之间。其有益效果是:能有效、准确的在换流变压器出厂试验直流电压带局部放电试验中检测换流变压器直流局部放电。

[0011] 如上所述的换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断测量系统,其特征在于:所述

三组内置浪涌保护器的无感电阻传感器可接收多途径传输宽频脉冲信号。其有益效果是：有利于识别信号固有特征，有利于进行脉冲型干扰识别；高速数据采集卡门槛触发存储采集局部放电脉冲信号极大的缩小数据存储空间。

[0012] 如上所述的换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断测量系统，其特征在于：还包括高频脉冲校准发生器，所述的高频脉冲校准发生器产生标准宽频脉冲信号，用于标定各传输路径对高频信号衰减度和放电量峰值。

[0013] 附图说明：

图 1 是本发明的现场测量示意图；

图 2 是本发明电路原理示意图；

图 3 (a)、图 3 (b) 分别表示实时直流局部放电特征信息；

图 4 (a)、图 4 (b)、图 4 (c)、图 4 (d) 分别为频域幅值响应最大值空间坐标系 (a、b、c)；

图 5 (a)、图 5 (b)、图 5 (c)、图 5 (d) 分别为频域幅值响应均方根空间坐标系 (d、e、f)；

图 6 (a)、图 6 (b) 为直流局部放电频域幅值空间聚类；

图 7(a)、图 7 (b) 为油纸针 - 板绝缘缺陷直流局部放电分别为油纸针 - 板绝缘缺陷直流局部放电的初期；

图 7 (c)、图 7 (d) 为油纸针 - 板绝缘缺陷直流局部放电分别为油纸针 - 板绝缘缺陷直流局部放电的中期；

图 7 (e)、图 7 (f) 为油纸针 - 板绝缘缺陷直流局部放电分别为油纸针 - 板绝缘缺陷直流局部放电的临界击穿；

图 8 (a)、图 8 (b) 为油纸楔形绝缘缺陷直流局部放电中期；

图 8 (c)、(d) 为油纸楔形绝缘缺陷直流局部放电临界击穿；

图 9(a) 图 9 (b) 油纸平行板间隙绝缘缺陷直流局部放电中期；

图 9 (c) 图 9 (d) 油纸平行板间隙绝缘缺陷直流局部放电临界击穿；

图 10(a)、图 10 (b) 为油纸绝缘沿面直流局部放电中期；

图 10(c)、图 10 (d) 为油纸绝缘沿面直流局部放电后期；

图 10(e)、图 10 (f) 为油纸绝缘沿面直流局部放电临界击穿。

具体实施方式

[0014] 本专利名称解释：

视在放电量：指在电力设备局部放电的试品两端注入一定电荷量，使试品端电压的变化量和局部放电时端电压变化量相同。此时注入的电荷量即称为局部放电的视在放电量，以皮库 (pC) 表示，简称放电量。

[0015] 高频脉冲校准发生器：产生标准宽频脉冲校准波形，与普通校准脉冲发生器区别在于上升沿时间 <30ns；

附图说明：Z1、Z2 和 Z3—内置浪涌保护器的无感电阻传感器，无感电阻阻值同为 100 Ω；HVDC 为高压直流电压发生器；高频脉冲校准发生器要求上升沿时间 <30ns。

[0016] 下面结合附图对本发明作进一步详细的说明。

[0017] 如附图 1 所示,本发明的换流变压器直流局部放电绝缘状态诊断测量系统包括测量装置、高频脉冲校准发生器和三组内置浪涌保护器的无感电阻传感器,其中测量装置包含高速数据采集器、监控系统和数据分析系统,高速数据采集器采集变压器不同传输路径的特征脉冲信号;监控系统控制高速数据采集器对宽频脉冲进行门槛触发存储采集;数据分析系统进行局部放电脉冲时间序列分析和分段频率幅值空间聚类分析,综合诊断绝缘状态;高频脉冲校准发生器产生标准宽频脉冲信号,用于标定各传输路径对高频信号衰减度和放电量峰值;三组内置浪涌保护器的无感电阻传感器分别安装在所述变压器低压端引线及地线之间。

[0018] 根据换流变压器电压等级按照 GB/T 18494.2 计算外施直流电压及容量要求,高压直流电压发生器 (HVDC) 和分压器电压等级及容量符合标准要求,且要求 HVDC 输出电压波纹: $<1\%$,电压稳定性 1%;电压调节度:1%。将网侧高电压端子短接并接地,阀侧正负极性套管短接并接直流高压发生器 HVDC 输出端。后续具体实施步骤如下所述:

本发明以绝缘缺陷类型及直流局部放电不同发展阶段影响直流局部放电时间序列特征及放电脉冲波形的频域响应为理论基础,通过测量不同传输路径的实时局部放电脉冲信号,比较分布式局部放电脉冲统计特性及分段幅频空间聚类特征辨识绝缘状态,具体步骤如下:

- 1) 如附图 1 和附图 2 所示,换流变压器进行直流耐压试验前在正负极性高压直流套管末屏及铁芯和夹件接地处预先接入内置浪涌保护器的无感电阻传感器,即引入分布式无感电阻传感器 Z1、Z2、Z3 安装在变压器低压端引线及地线之间,且接线稳固,避免悬浮放电;
- 2) 通过测量屏蔽同轴电缆将正负极性高压直流套管末屏及铁芯和夹件接地处无感电阻传感器接收的信号引入测量装置的高速数据采集器并且确保一点接地;
- 3) 在换流变压器进行直流耐压试验前,采用高频脉冲校准发生器标定试验系统直流局部放电视在放电量及频率幅值响应;
- 4) 在换流变压器进行直流耐压试验时,通过三个无感电阻传感器接收放电脉冲信号,采用极性鉴别法排除脉冲型直流局部放电干扰,避免换流变压器绝缘状态直流局部放电诊断误判,具体方法可参见 GB/T7354-2003;
- 5) 在换流变压器进行直流耐压试验时,利用测量装置的监控系统控制高速数据采集器对换流变直流局部放电脉冲信号进行实时过门槛触发存储放电波形数据,即通过在正负极性高压直流套管末屏及铁芯和夹件接地处无感电阻传感器测量并存储大于 100pC 的局部放电脉冲信号数据;
- 6) 通过测量装置控制系统将所采集宽频局部放电脉冲信号传输到数据分析系统,进行综合诊断分析,判别绝缘状态;
- 7) 测量装置数据分析系统接收实时局部放电脉冲数据后,首先进行实时脉冲峰值数据提取,并计算获取时间序列特征图谱;然后通过对直流局部放电脉冲波形傅里叶变换获得相应幅频响应关系,根据步骤 3) 中标定频率幅值响应宽度选择有效坐标体系,建立分段频域幅值空间聚类模型,形成相应直流局部放电脉冲分段幅频空间聚类特征图谱,从而实现综合分析辨识换流变压器部绝缘缺陷及其发展阶段的功能。

[0019] 通过试验获取实时直流局部放电脉冲特征及其统计特征如图 3(a) 和图 3(b) 所示。图 3(a) 为直流局部放电实时放电特征,图 3(b) 为直流局部放电归一化后放电时间间

隔、放电重复率和视在放电量关系,图中○代表一次放电,对应本次放电量幅值,时间间隔正值(负值)表示当前放电时刻与前次放电时刻(后次放电时刻)差。

[0020] 实现换流变压器分布式直流局部放电脉冲分段幅频空间聚类诊断方法,需选择分段频率坐标,根据大量试验研究数据得出,局部放电高频分量主要分布在30MHz以下,根据频率分段方式选择坐标系统,从而确定空间坐标x,y和z。脉冲电流信号频率坐标系统分别选取:1~10MHz,10~20MHz,20~30MHz,坐标系可延伸至多种频段下组合式空间聚类。本发明坐标x,y和z分别为:

1) 选择1~10MHz时,将1~4MHz,4~7MHz,7~10MHz幅频响应的最大值

$$A_{\max} = \max |A_i| \quad (i=1, 2, 3, \dots, N) \text{ 分别定义为 } a_x, a_y, a_z;$$

2) 选择10~20MHz时,将10~14MHz,14~17MHz,17~20MHz幅频响应的最大值

$$A_{\max} = \max |A_i| \quad (i=1, 2, 3, \dots, N) \text{ 分别定义为 } b_x, b_y, b_z;$$

3) 选择20~30MHz时,将20~24MHz,24~27MHz,27~30MHz幅频响应的最大值

$$A_{\max} = \max |A_i| \quad (i=1, 2, 3, \dots, N) \text{ 分别定义为 } c_x, c_y, c_z;$$

4) 选择1~10MHz时,将1~4MHz,4~7MHz,7~10MHz幅频响应的均方根

$$A_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_N^2}{N}} \text{ 分别定义为 } d_x, d_y, d_z;$$

5) 选择10~20MHz时,将10~14MHz,14~17MHz,17~20MHz幅频响应的均方根

$$A_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_N^2}{N}} \text{ 分别定义为 } e_x, e_y, e_z;$$

6) 选择20~30MHz时,将20~24MHz,24~27MHz,27~30MHz幅频响应的均方根

$$A_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_N^2}{N}} \text{ 分别定义为 } f_x, f_y, f_z.$$

[0021] 其中A表示放电脉冲频率响应幅值,通过频率分段选择建立6个坐标系统,分别为a、b、c、d、e、f坐标系,构成6个放电脉冲频率幅值的聚类空间。聚类特征三维坐标系x,y,z坐标轴分别设置为F1,F2和F3,根据试验数据获取同一直流局部放电类型的脉冲信号数据,进行数据处理结果如图4(a)、图4(b)、图4(c)、图4(d)、图5(a)、图5(b)、图5(c)、图5(d),即构建上述6个坐标系。

[0022] 辨识换流变压器绝缘状态:

换流变压器绝缘状态辨识主要包括绝缘缺陷类型辨识及直流局部放电发展趋势判断,可以通过本发明中实时放电脉冲统计特性及频域幅值响应空间聚类综合分析判断。

[0023] 在直流局部放电频域幅值响应空间聚类中:

1) 绝缘状态良好时,直流局部放电多为大脉冲放电,放电次数少,且放电能量强度差别较大,在6个坐标系中表现聚类点相对较分散,且c和f坐标系有较高幅值;

2) 当绝缘缺陷经局部放电劣化至中后期时,直流局部放电密集且稳定,其在6个坐标

系中聚类相对集中,如图 4 和图 5 所示,且在 c 和 f 坐标系幅值较小, b 和 c 坐标系聚类相对空间近, e 和 f 坐标系聚类相对空间近;

3) 绝缘缺陷临界击穿时,直流局部放电脉冲幅值及放电次数下降,6 个坐标系表示的频率幅值参数均大幅度下降,且大部分放电信号空间聚类集中,少量脉冲信号频域幅值高,且分散。

[0024] 在图 4 中 I、II 和 III 分别是油纸楔形缺陷、油纸针 - 板缺陷和油纸内部气隙直流局部放电脉冲信号频域幅值响应空间聚类。图 6(a) 和图 6(b) 分别表示不同缺陷类型局部放电初期和后期的空间聚类谱图。对于不同绝缘缺陷类型的鉴别,还需要结合实时直流局部放电脉冲时间序列统计特性进行分析。

[0025] 直流局部放电时间序列特征诊断绝缘状态方法:

1) 直流局部放电初期总放电次数少,以大脉冲放电为主,伴随少量小脉冲放电,其放电随机性强;

2) 中后期小放电量频次极高,脉冲群基本稳定,大部分放电间隔时间较短,且时间间隔基本一致,呈紧密型均匀分布;

3) 临界击穿前局部放电由稀疏小脉冲放电转变成密集的簇状放电,直至击穿,临界击穿时放电时间间隔分布集中,且易形成密集的放电簇。

[0026] 图 7、图 8、图 9 和图 10 分别为油纸针 - 板、油纸楔形、油纸平板间隙和油纸沿面直流局部放电各发展阶段实时脉冲信号及其统计特性。

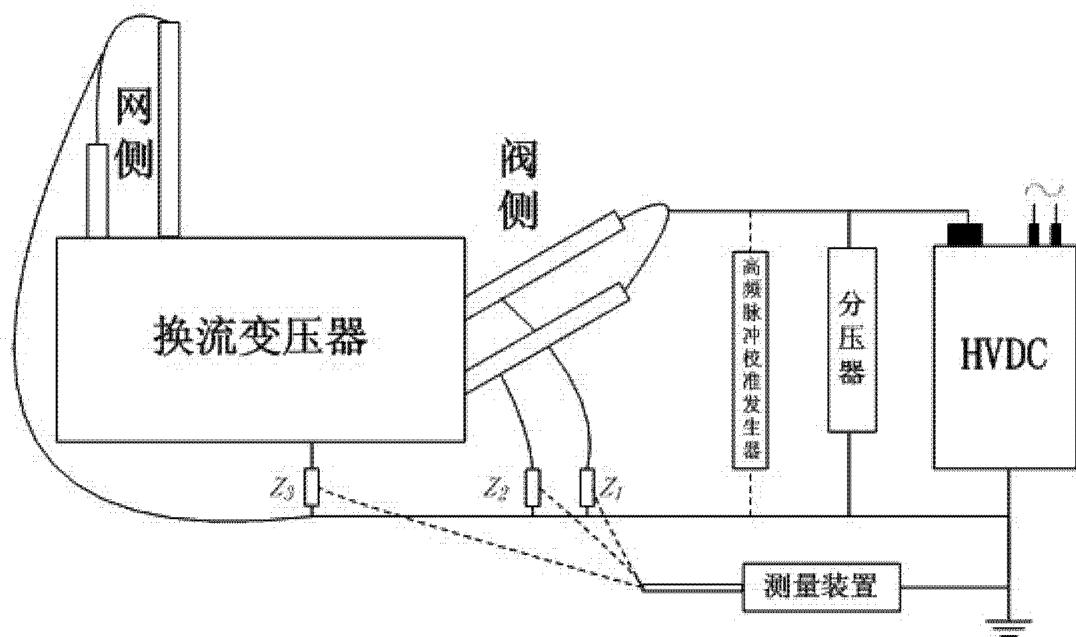


图 1

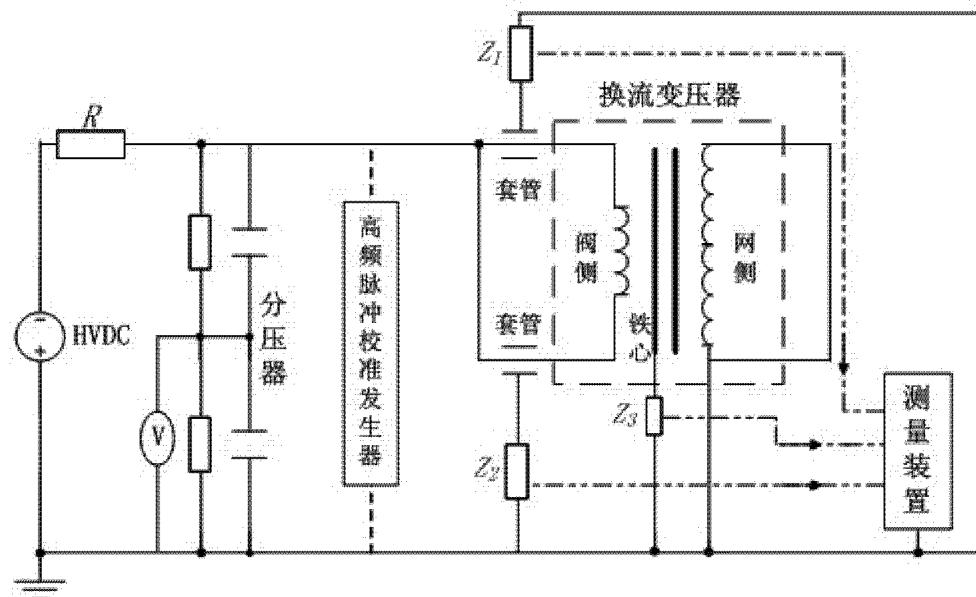


图 2

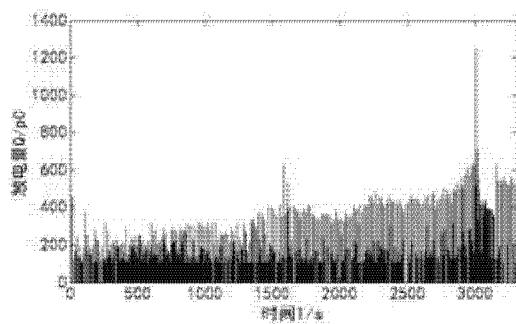


图 3(a)

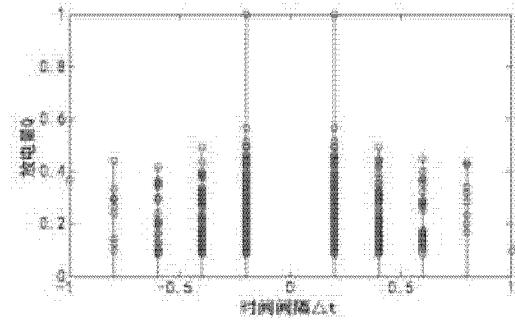


图 3(b)

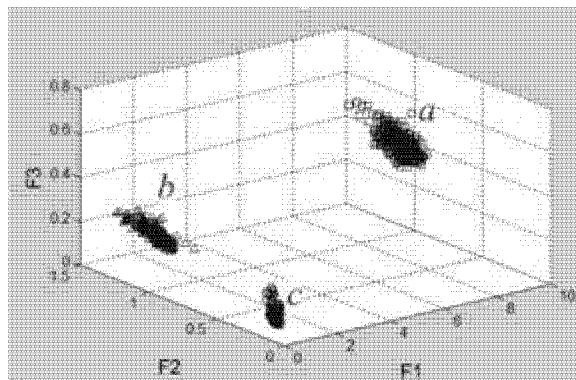


图 4(a)

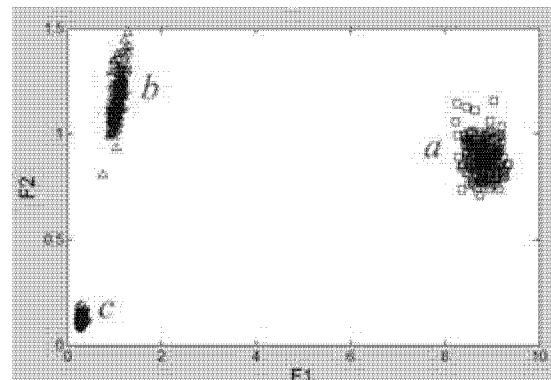


图 4(b)

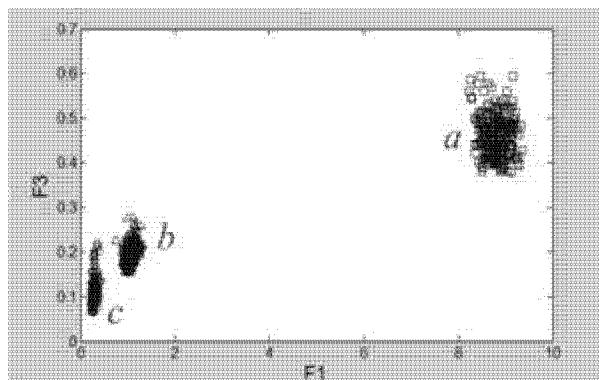


图 4(c)

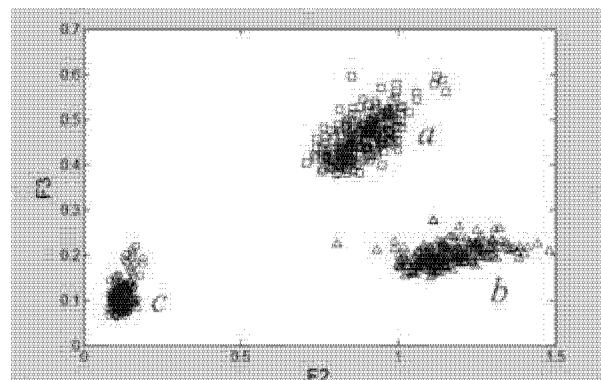


图 4(d)

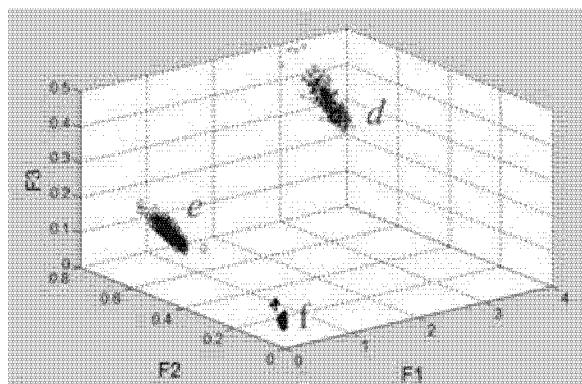


图 5(a)

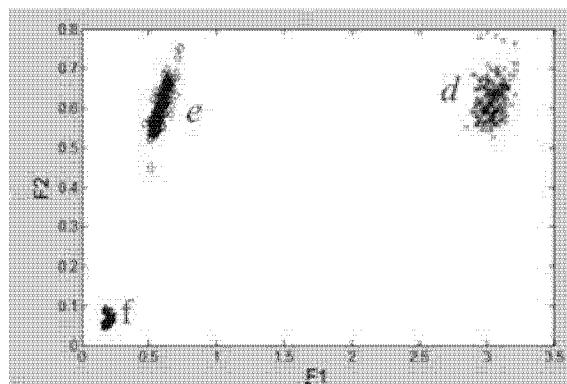


图 5(b)

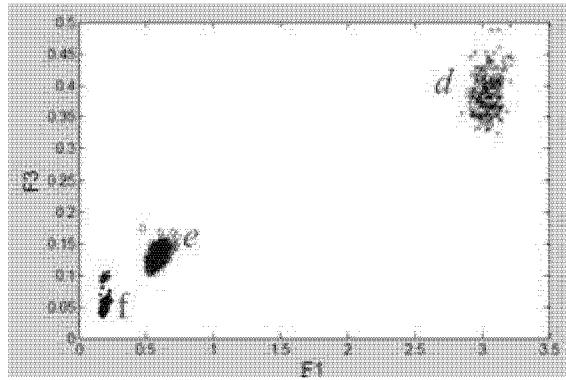


图 5(c)

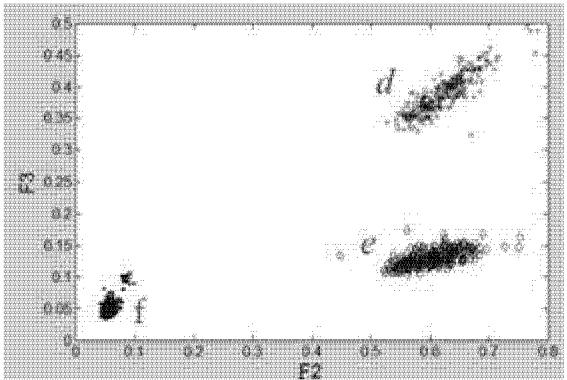


图 5(d)

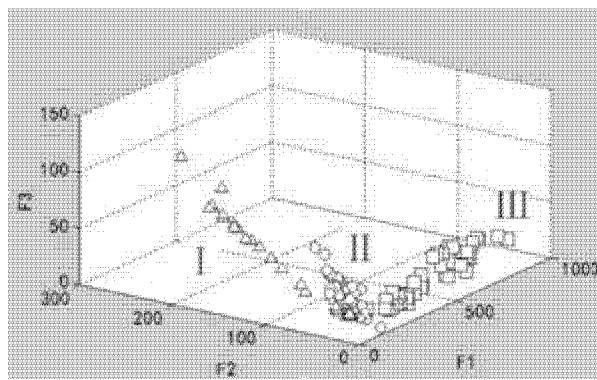


图 6(a)

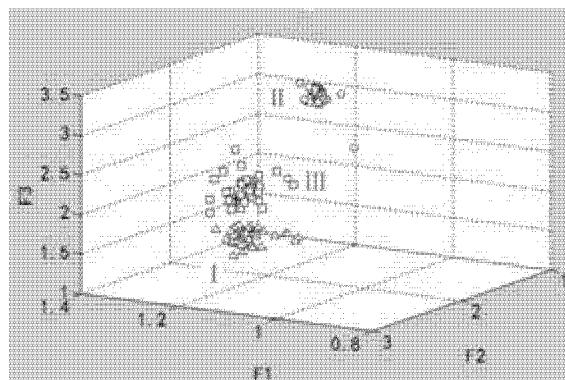


图 6(b)

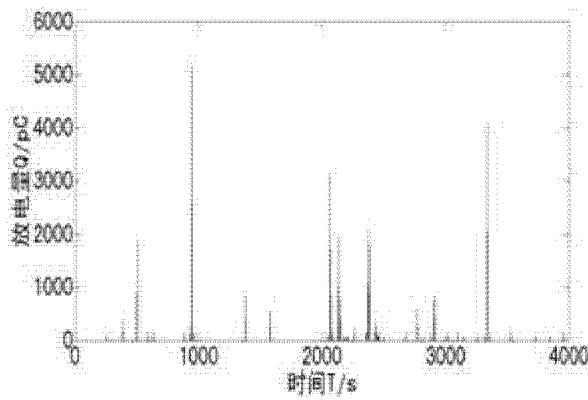


图 7(a)

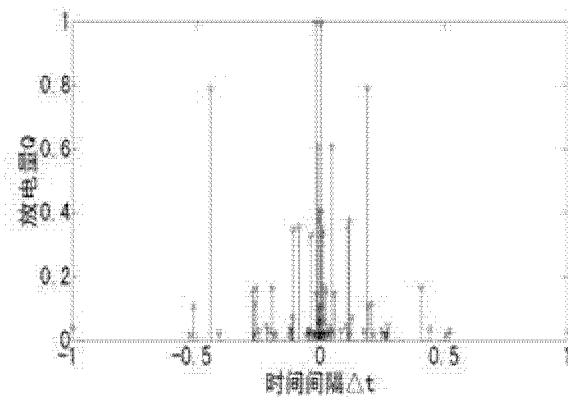


图 7(b)

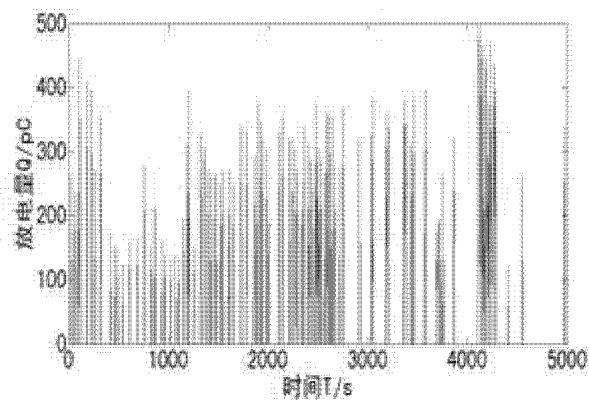


图 7(c)

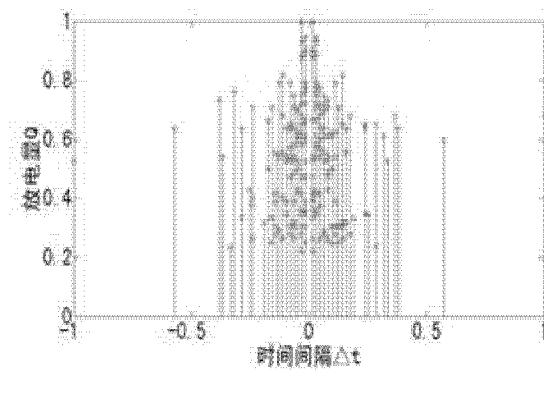


图 7(d)

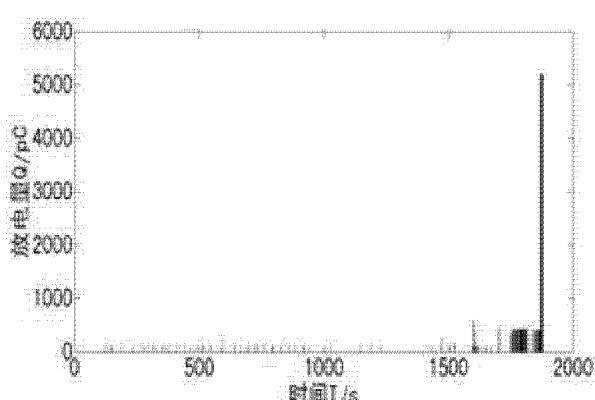


图 7(e)

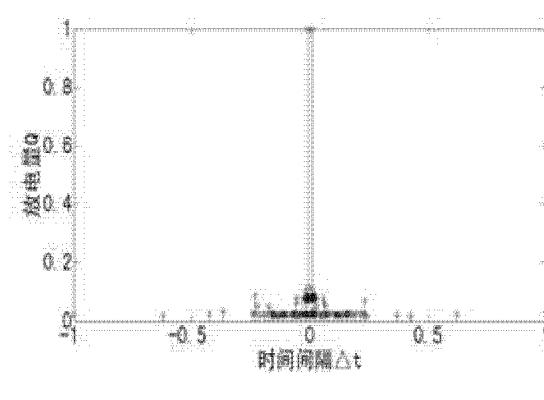


图 7(f)

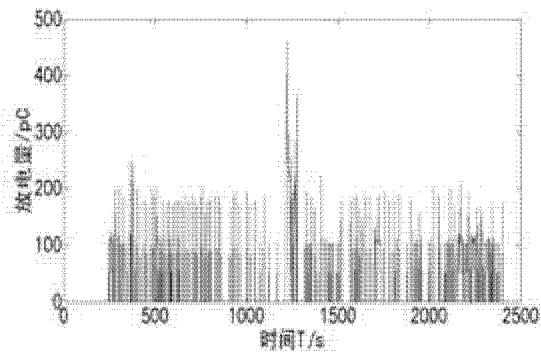


图 8(a)

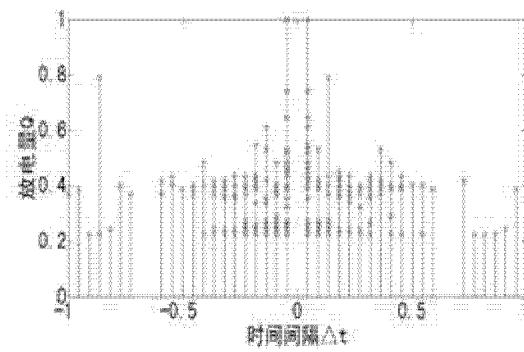


图 8(b)

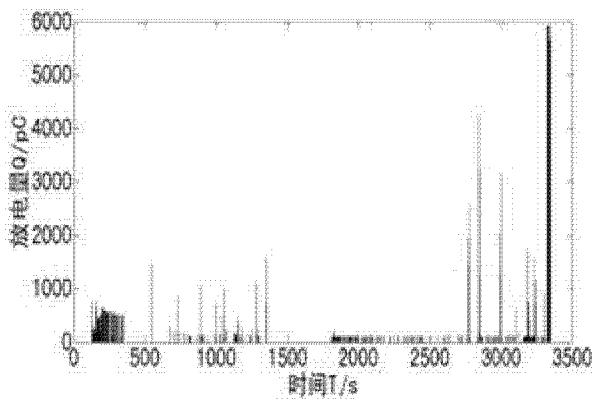


图 8(c)

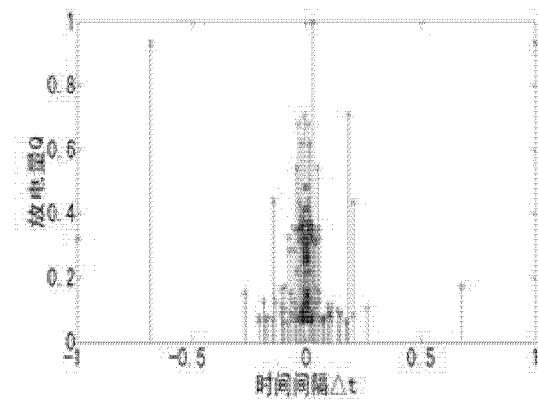


图 8(d)

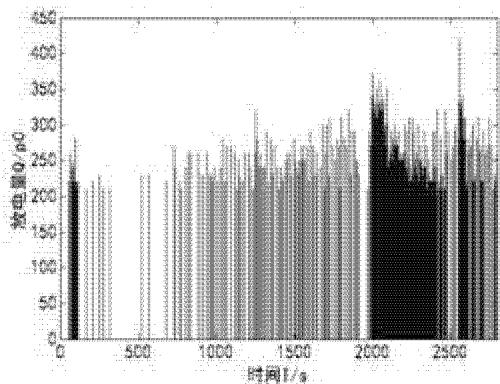


图 9(a)

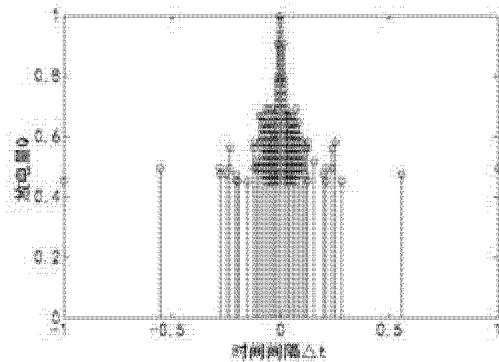


图 9(b)

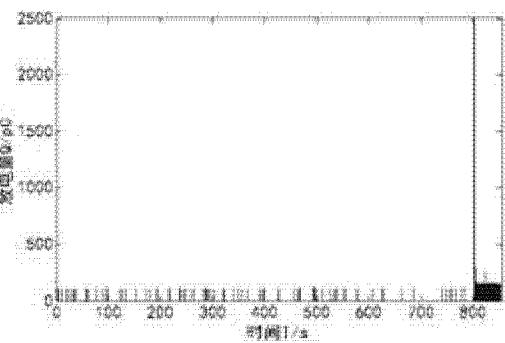


图 9(c)

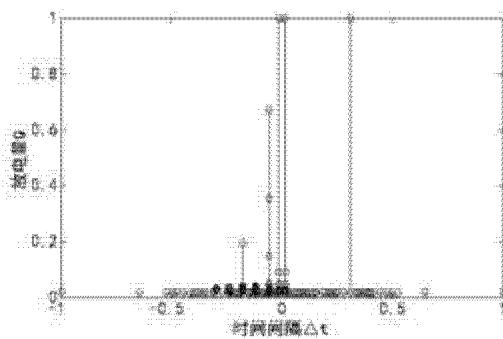


图 9(d)

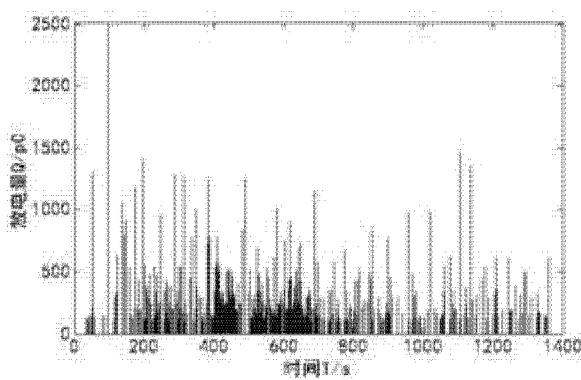


图 10 (a)

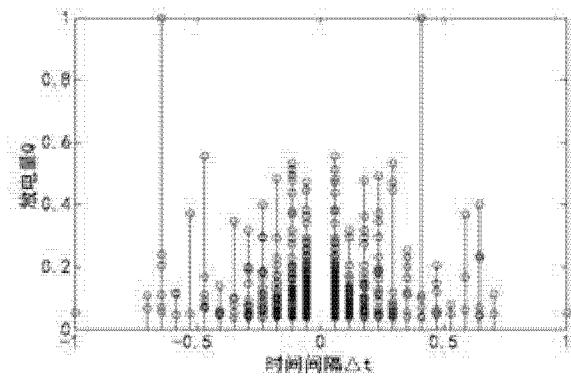


图 10 (b)

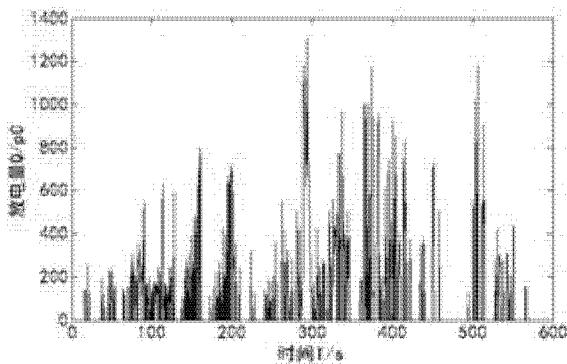


图 10(c)

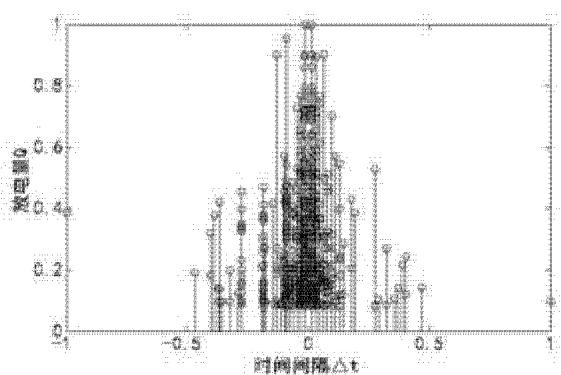


图 10(d)

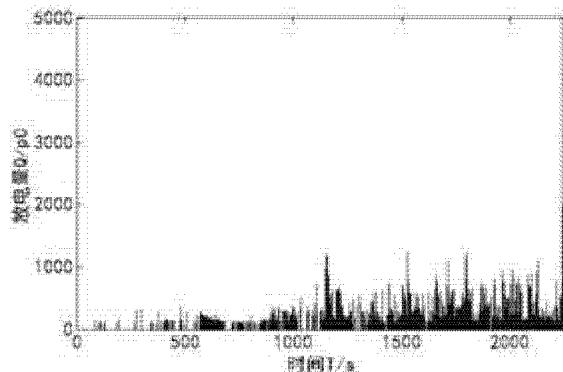


图 10(e)

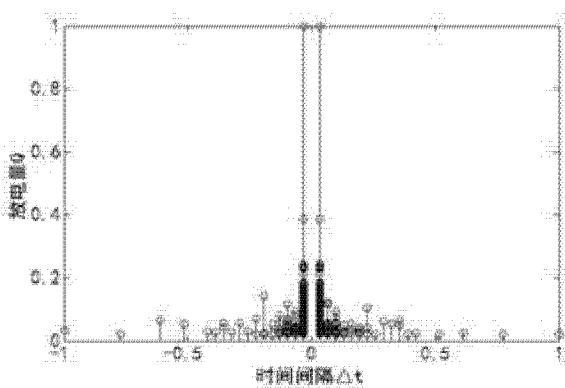


图 10(f)