



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108627731 A

(43)申请公布日 2018.10.09

(21)申请号 201810421959.0

(22)申请日 2018.05.04

(71)申请人 东北电力大学

地址 132000 吉林省吉林市长春路169号东  
北电力大学

(72)发明人 周军 何振梁 李曙光

(74)专利代理机构 深圳市港湾知识产权代理有  
限公司 44258

代理人 微嘉

(51) Int. Cl.

G01R 31/02(2006.01)

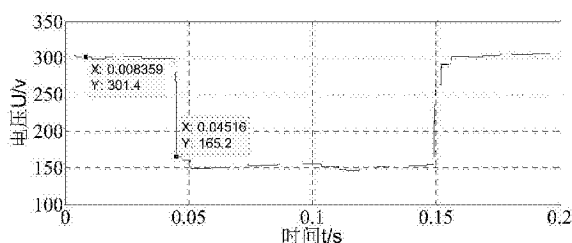
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

## (54)发明名称

一种单相断电的快速检测方法

## (57)摘要

本发明为一种单相断电的快速检测方法,其特征在于将传统的dq求导法进行改良,与广义形态滤波器结合使用,显著地提升了电压跌落检测的速度和准确性,这对单相断电的快速检测具有重要意义。单相断电会造成瞬时电压有效值的跌落,利用本发明提供的方法在检测瞬时电压有效值跌落的幅度和起止时刻时,可消除噪声和谐波对检测造成的干扰,使得检测简单、快速、准确,该方法还可以应用到不间断电源、DVR动态补偿装置等,用来提高供电可靠性,提高供电质量。



1. 一种单相断电的快速检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1. 对故障相电压进行求导,根据三相电压对称的特点,利用三角函数之间的关系,进行相应的变换构建得到虚拟的三相电压;

S2. 对虚拟的三相电压进行dq变换,进一步得到瞬时电压有效值;

S3. 设置形态滤波器参数为参数一,对瞬时电压有效值进行第一次滤波,滤除由“过冲效应”造成的尖刺,得到无尖刺干扰的瞬时电压有效值的波形图;

S4. 设置广义形态滤波器参数为参数二,对无尖刺干扰的瞬时电压有效值进行第二次滤波,滤除瞬时电压有效值中的高次谐波分量,得到只有2次谐波分量干扰的瞬时电压有效值的波形图。

S5. 设置形态滤波器参数为参数三,对只有2次谐波干扰的瞬时电压有效值进行第三次滤波,滤除瞬时电压有效值中的低频2次谐波分量,得到无谐波分量干扰的瞬时电压有效值的波形图。

2. 根据权利要求1所述的一种单相断电的快速检测方法,其特征在于,步骤S1中所述求导过程为:假设A相发生电压跌落,其相电压为: $U_a = U \sin(\omega t)$ ,对其进行求导可得到该相电压的余弦信号: $u'_a = \sqrt{2}U\omega \cos(\omega t)$ ,再根据三相电压对称的特点,利用三角函数关系进行相应的变换,即可求得虚拟的其余两相电压:

$$u_b = -\frac{1}{2}u_a - \frac{\sqrt{3}}{2\omega}u'_a$$

$$u_c = -\frac{1}{2}u_a + \frac{\sqrt{3}}{2\omega}u'_a,$$

从而得到虚拟的三相电压,其中: $\omega$ 为旋转角频率。

3. 根据权利要求1所述的一种单相断电的快速检测方法,其特征在于,步骤S2中所述dq变换过程为:利用变换公式 $\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = C \cdot \begin{bmatrix} \sin \omega t & -\cos \omega t \\ -\cos \omega t & -\sin \omega t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$ ,  $C = \sqrt{2/3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$ 进行运算变换,

可得瞬时电压有效值: $V_{dq} = \sqrt{V_d^2 + V_q^2}$ ,其中: $V_d$ 和 $V_q$ 为直流电压,当断电发生时,瞬时电压有效值 $V_{dq}$ 会发生跌落,与设定的阈值进行比较,迅速检测出断电状态的发生。

4. 根据权利要求1所述的一种单相断电的快速检测方法,其特征在于,所述广义形态滤波器,是由不同尺寸的结构元素,通过级联开、闭运算而形成的新型形态滤波器。

5. 根据权利要求1所述的一种单相断电的快速检测方法,其特征在于,步骤S3中所述形态滤波器的参数一为:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置结构元素的宽度为5。

6. 根据权利要求1所述的一种单相断电的快速检测方法,其特征在于,步骤S4中所述广义形态滤波器的参数二为:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置广义形态滤波器的两种结构元素的宽度分别为20和65。

7. 根据权利要求1所述的一种单相断电的快速检测方法,其特征在于,步骤S5中所述形态滤波器的参数三为:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置结构元素的宽度为65。

## 一种单相断电的快速检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力系统状态检测领域,具体涉及一种单相断电的快速检测方法。

### 背景技术

[0002] 随着新能源并网发电比如风力、光伏等的逐步发展,MW级并网逆变器得到广泛应用。为了保证电网的稳定性,对并网逆变器提出了低电压穿越的需求。在低压穿越标准中,要求逆变器在电网电压跌落后不脱网,并能在20ms内向电网注入无功电流以抬高电网电压。这就对三相电网电压跌落的检测时间提出要求。电网跌落是由电网短路产生,短路的情况分为三种,分别为单相对地短路、相间短路、三相短路。单相对地短路产生单相电压跌落,相间短路产生两相电压跌落,三相短路产生三相电压跌落。

[0003] 目前,对单相断电的常用检测方法有:有效值法、电压峰值法、傅里叶变换法、dq变换法,其中有效值法能够准确的检测出电压跌落的幅度,抗干扰能力强,但检测时间慢,实时性差;电压峰值法容易受噪声的干扰,且需要提供半个周期的历史数据,因而满足不了实时检测电压跌落的需求;傅里叶变换法存在一个周波的延时,因而同样无法用于检测电压的快速、实时检测;小波变换法检测快,但该方法计算量大,算法复杂且易受噪声干扰,因此不易用于工程的实际使用;传统Dq变换法的工作原理是延迟 $60^\circ$ 构造虚拟三相电压,并最终使用dq变换法求出有效值,该方法在电压没有畸变且对称的条件下,可以瞬时求出电压有效值,但是在实际配电网系统中,系统电压不但存在畸变而且三相不平衡,因此需要在dq变换后的结果加低通滤波器,低通滤波器的时延特性和方法自身需要延迟 $60^\circ$ 的特点,给电压跌落的实时检测带来了困难,为了选择合适的低通滤波器,需要在滤波效果和时延两方面进行综合考虑;Dq求导法的工作原理是通过对故障相电压进行求导,并使用三角函数关系来构造虚拟三相电压,该方法的优点是检测速度特别快,几乎是在0.2ms内就能检测到电压的跌落,但是容易受到噪声和谐波的干扰。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于,通过提供一种单相断电的快速检测方法,能够快速、准确的检测出单相电路断电时,瞬时电压跌落的幅度和起止时刻,以克服现有技术和方法在实际应用中所具有的缺陷。

[0005] 为实现本目的,提供以下技术方案:

[0006] 一种单相断电的快速检测方法,包括以下步骤:

[0007] S1.对故障相电压进行求导,根据三相电压对称的特点,利用三角函数之间的关系,进行相应的变换构建得到虚拟的三相电压;

[0008] S2.对虚拟的三相电压进行dq变换,进一步得到瞬时电压有效值;

[0009] S3.设置形态滤波器参数为参数一,对瞬时电压有效值进行第一次滤波,滤除由“过冲效应”造成的尖刺,得到无尖刺干扰的瞬时电压有效值的波形图;

[0010] S4.设置广义形态滤波器参数为参数二,对无尖刺干扰的瞬时电压有效值进行第

二次滤波,滤除瞬时电压有效值中的高次谐波分量,得到只有2次谐波分量干扰的瞬时电压有效值的波形图。

[0011] S5.设置形态滤波器参数为参数三,对只有2次谐波干扰的瞬时电压有效值进行第三次滤波,滤除瞬时电压有效值中的低频2次谐波分量,得到无谐波分量干扰的瞬时电压有效值的波形图。

[0012] 优选地,步骤S1中所述求导过程为:假设A相发生电压跌落,其相电压为: $U_a = U \sin(\omega t)$ ,对其进行求导可得到该相电压的余弦信号: $u'_a = \sqrt{2}U\omega \cos(\omega t)$ ,再根据三相电压对称的特点,利用三角函数关系进行相应的变换,即可求得虚拟的其余两相电压:

$$[0013] \quad u_b = -\frac{1}{2}u_a - \frac{\sqrt{3}}{2\omega}u'_a$$

$$[0014] \quad u_c = -\frac{1}{2}u_a + \frac{\sqrt{3}}{2\omega}u'_a,$$

[0015] 从而得到虚拟的三相电压,其中: $\omega$ 为旋转角频率。

[0016] 优选地,步骤S2中所述dq变换过程为:利用变换公式  $\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = C \cdot \begin{bmatrix} \sin\omega t & -\cos\omega t \\ -\cos\omega t & -\sin\omega t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$ ,

$C = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$  进行运算变换,可得瞬时电压有效值: $V_{dq} = \sqrt{V_d^2 + V_q^2}$ ,其中: $V_d$ 和 $V_q$ 为

直流电压,当断电发生时,瞬时电压有效值 $V_{dq}$ 会发生跌落,与设定的阈值进行比较,迅速检测出断电状态的发生。

[0017] 优选地,步骤S4中所述广义形态滤波器,是由不同尺寸的结构元素,通过级联开、闭运算而形成的新型形态滤波器。

[0018] 优选地,步骤S3中所述形态滤波器的参数一为:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置结构元素的宽度为5。

[0019] 优选地,步骤S4中所述广义形态滤波器的参数二为:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置广义形态滤波器的两种结构元素的宽度分别为20和65。

[0020] 优选地,步骤S5中所述形态滤波器的参数三为:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置结构元素的宽度为65。

[0021] 本发明的有益效果为:

[0022] 1.本发明创新性的将传统的dq求导法进行改良,与广义形态滤波器结合使用,很好地提升了电压跌落检测的速度和准确性,这对单相断电的快速检测具有重要意义。

[0023] 2.利用本发明提供的方法检测瞬时电压有效值跌落的幅度和起止时刻时,可消除噪声和谐波对检测造成的干扰,使得检测简单、快速、准确,该方法还可以应用到不间断电源、DVR动态补偿装置等,用来提高供电可靠性,提高供电质量。

## 附图说明

[0024] 图1为含谐波和噪声的电压跌落波形图;

[0025] 图2为dq求导变换之后的波形图;

- [0026] 图3为第一次滤波处理后的波形图；  
 [0027] 图4为第二次滤波处理后的波形图；  
 [0028] 图5为第三次滤波处理后的波形图；

### 具体实施方式

[0029] 以下结合具体实施例对本发明进行详细说明。

[0030] 在多数情况下电网中的电压信号都会存在不少的谐波和一定的噪声信号,在利用dq求导法进行电压检测的时候,容易受到噪声和谐波的干扰而导致误判,无法准确快速地对电压故障做出判断,为此就需要通过低通滤波器来滤除这些谐波和噪声,保留经过dq变换之后的直流信号。但是滤波器会带来误差和延时,这对于单相断电的快速检测带来很大的影响。为克服以上困难,本发明将dq求导法与先进广义形态滤波器结合,对单相电压断电进行瞬时电压跌落有效值的检测,本发明的方法步骤为:

[0031] S1.对故障相电压进行求导,根据三相电压对称的特点,利用三角函数之间的关系,进行相应的变换构建得到虚拟的三相电压;

[0032] 假设A相发生电压跌落,其相电压为: $U_a = U \sin(\omega t)$ ,对其进行求导可得到该相电压的余弦信号: $u'_a = \sqrt{2}U\omega \cos(\omega t)$ ,再根据三相电压对称的特点,利用三角函数关系进行相应的变换,即可求得虚拟的其余两相电压:

$$[0033] \quad u_b = -\frac{1}{2}u_a - \frac{\sqrt{3}}{2\omega}u'_a$$

$$[0034] \quad u_c = -\frac{1}{2}u_a + \frac{\sqrt{3}}{2\omega}u'_a,$$

[0035] 从而得到虚拟的三相电压,其中: $\omega$ 为旋转角频率。

[0036] S2.对虚拟的三相电压进行dq变换,进一步得到瞬时电压有效值:

[0037] 利用变换公式  $\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = C \cdot \begin{bmatrix} \sin\alpha t & -\cos\alpha t \\ -\cos\alpha t & -\sin\alpha t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$ ,  $C = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$  进行运算变换,可

得瞬时电压有效值: $V_{dq} = \sqrt{V_d^2 + V_q^2}$ ,其中: $V_d$ 和 $V_q$ 为直流电压,当断电发生时,瞬时电压有效值 $V_{dq}$ 会发生跌落,与设定的阈值进行比较,迅速检测出断电状态的发生。

[0038] S3.设置形态滤波器参数为参数一:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置结构元素的宽度为5,对检测到的瞬时电压有效值进行第一次滤波,滤除瞬时电压有效值中由“过冲效应”造成的尖刺,得到无尖刺干扰的瞬时电压有效值的波形图;

[0039] S4.设置广义形态滤波器参数为参数二:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置广义形态滤波器的两种结构元素的宽度分别为20和65,对无尖刺干扰的瞬时电压有效值进行第二次滤波,滤除瞬时电压有效值中的高次谐波分量,得到只有2次谐波分量干扰的瞬时电压跌落有效值的波形图。

[0040] S5.设置形态滤波器参数为参数三,对无高次谐波干扰的瞬时电压有效值进行第三次滤波,滤除瞬时电压有效值中的2次谐波分量,得到无谐波分量干扰的瞬时电压有效值的波形图。

[0041] 其中,广义形态滤波器,是由不同尺寸的结构元素,通过级联开、闭运算而形成的新型形态滤波器。

[0042] 实施例

[0043] 利用Matlab模拟某一单相电压发生断电,电压跌落,采用dq求导变换法来对其进行检测,模拟的电压跌落过程如公式所示:

$$[0044] \left. \begin{aligned} u(t) &= 300 \sin(100\pi \times t), & 0 < t < 0.045 \\ u(t) &= 150 \sin(100\pi \times t), & 0.045 < t < 0.15 \\ u(t) &= 300 \sin(100\pi \times t), & 0.15 < t < 0.2 \end{aligned} \right\}$$

[0045] 如图1所示,为故障发生前电压幅值为300V,系统在0.045s发生故障,电压跌落为150V,在0.15s时故障解除,波形恢复正常;并在Matlab仿真模型中添加了5%的三次谐波和3%的五次谐波、8%的7次谐波以及一定量的噪声,得到含谐波和噪声的电压跌落波形图。

[0046] 利用dq求导法构造出虚拟三相电压,进而利用dq变换法进行变换后,得到电压跌落的瞬时电压有效值,进而得到相应的波形图,如图2所示。观察图2可知,在0.045s时,电压发生跌落时发生过冲效应,产生一个特别大的尖刺,严重影响到电压有效值的检测。

[0047] 设置形态滤波器的参数为参数一,并对dq求导变换后的瞬时电压有效值进行第一次滤波处理,滤除由“过冲效应”造成的尖刺,进而滤除尖刺对检测到的瞬时电压波形图的干扰,得到相应的波形图如图3所示。其中参数一为:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置结构元素的宽度为5。

[0048] 设置广义形态滤波器的参数为参数二,在第一次滤波处理的基础上,对dq求导变换后的瞬时电压有效值进行第二次滤波处理,滤除瞬时电压有效值中2次以上的高次谐波,进而避免高次谐波对检测到的瞬时电压波形图的干扰,得到相应的波形图如图4所示。其中参数二为:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置广义形态滤波器的两种结构元素的宽度分别为20和65。

[0049] 设置形态滤波器的参数为参数三,在第二次滤波处理的基础上,对dq求导变换后的瞬时电压有效值进行第三次滤波处理,滤除瞬时电压有效值中的2次谐波,保留直流分量,进而避免2次谐波对检测到的瞬时电压波形图的干扰,得到相应的波形图如图5所示。其中参数三为:采样频率为12.8KHz的情况下,设置直线型结构的角为0,设置结构元素的宽度为65。

[0050] 观察图5可知:通过本发明提供的方法,形态滤波器能够在0.2ms内就完成了电压跌落时电压故障的检测,精确度也较高。

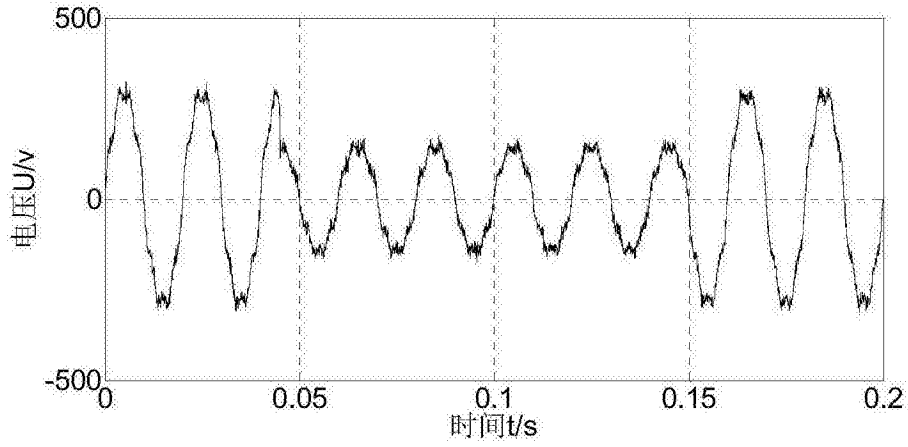


图1

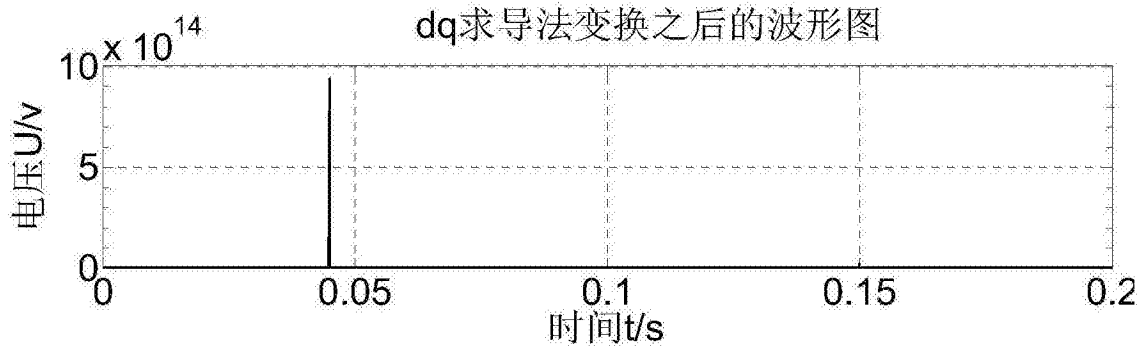


图2

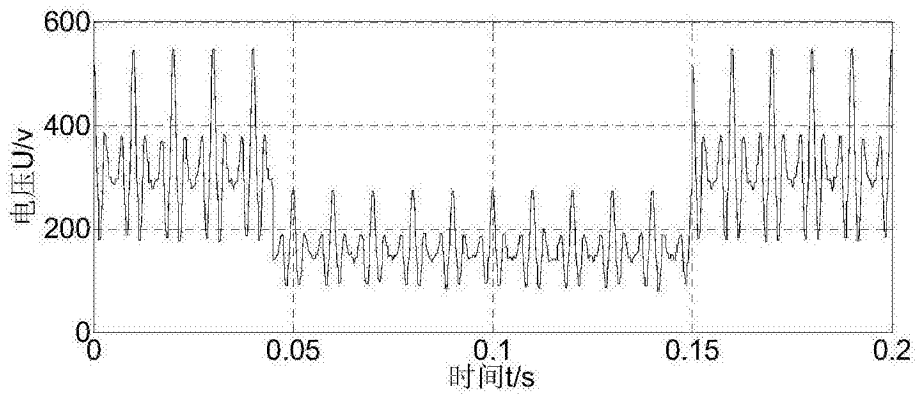


图3

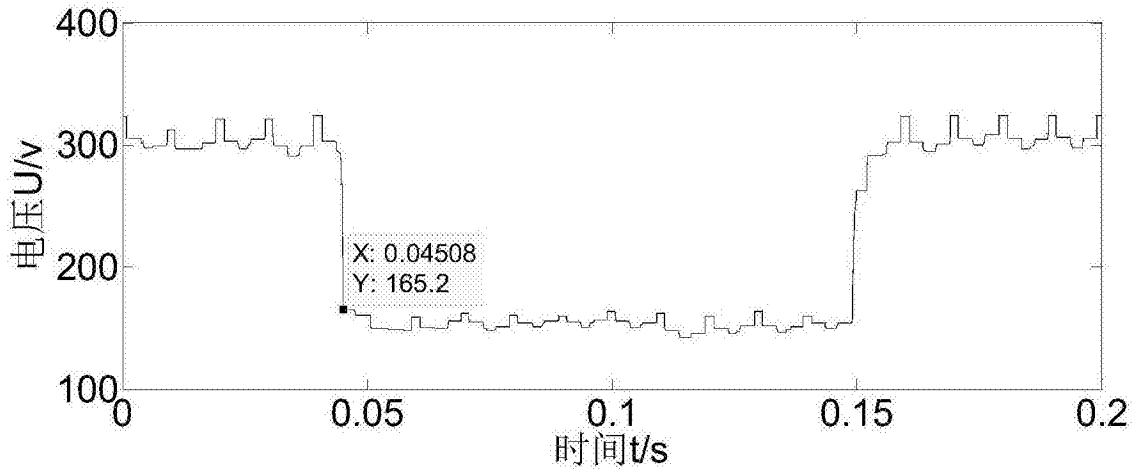


图4

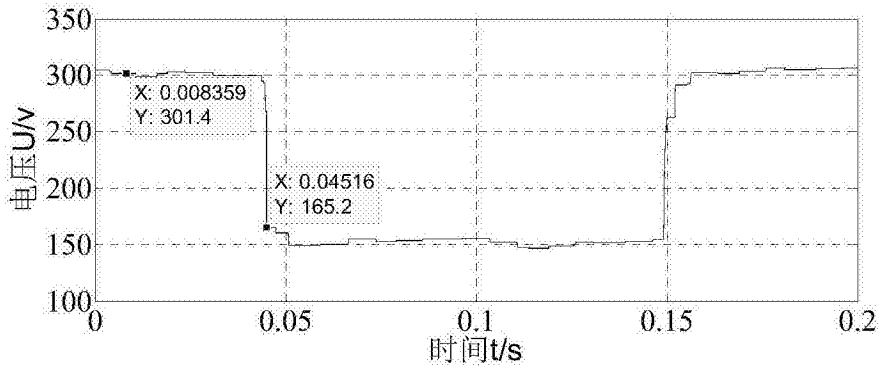


图5