



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105515350 B

(45)授权公告日 2017.08.08

(21)申请号 201610066272.0

审查员 宋雪梅

(22)申请日 2016.01.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105515350 A

(43)申请公布日 2016.04.20

(73)专利权人 中国科学院等离子体物理研究所

地址 230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山路350号

(72)发明人 黄连生 陈晓娇 傅鹏 高格

何诗英 王泽京

(74)专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理

有限公司 34112

代理人 余成俊

(51)Int.Cl.

H02M 1/088(2006.01)

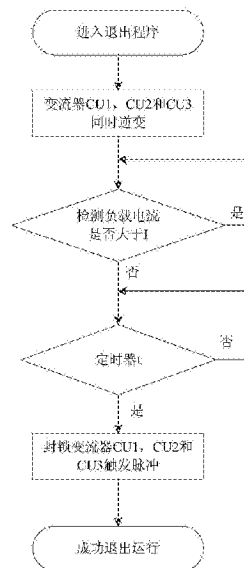
权利要求书1页 说明书3页 附图5页

(54)发明名称

一种用于多台大功率变流器串联运行的退出方法

(57)摘要

本发明公开了一种用于多台大功率变流器串联运行的退出方法,在退出时,各台大功率变流器同时逆变,使回路电流快速衰减,待回路电流减小到一固定值后,再定时持续逆变一段时间,使回路电流可靠到零,然后封锁大功率变流器的触发脉冲,串联变流器可靠退出。本发明的方法可以实现多台大功率变流器串联可靠快速退出,且对传感器精度要求不高;本发明方法采用控制器程序控制,容易实现且参数调整。



1. 一种用于多台大功率变流器串联运行的退出方法,所述多台大功率变流器可以实现四象限运行,由同一套控制系统控制,每台大功率变流器分别并联一个旁通,各大功率变流器和旁通并联后作为一个单元,再进行单元间的串联,最后与阻感性负载串联;控制系统通过控制触发电路进行触发脉冲的发送和封锁,从而控制大功率变流器和旁通的导通和关断;其特征在于,在退出时,各台大功率变流器同时逆变,使回路电流快速衰减,待回路电流减小到一固定值后,再定时持续逆变一定时间,使回路电流可靠降为零,然后再封锁大功率变流器的触发脉冲,串联变流器可靠退出;

所述定时时间大小应处于变流器将固定值降为零的时间的10-20倍区间内,需要根据设备参数在控制系统中进行适当调整。

2. 根据权利要求1所述的用于多台大功率变流器串联运行的退出方法,其特征在于,所述固定值应处于额定电流的5%-20%范围区间内,需要根据设备参数在控制系统中进行适当调整。

3. 根据权利要求1所述的用于多台大功率变流器串联运行的退出方法,其特征在于,变流器将固定值降为零的时间可以根据逆变触发角的运行参数和相关的设备参数进行理论计算。

一种用于多台大功率变流器串联运行的退出方法

技术领域：

[0001] 本发明属于大功率变流器电源控制技术领域，涉及一种用于多台大功率变流器串联运行的退出方法。

背景技术：

[0002] ITER (国际热核聚变实验堆) PF (极向场) 变流器电源是等离子体的产生、约束、维持、加热以及等离子体电流、位置、形状、分布和破裂的必要控制手段。ITER PF变流器电源包括单桥，双桥和环流三种运行模式，可以实现四象限运行，功率高达840兆瓦。是当今世界上功率最大，运行模式最为复杂的特种电源系统。ITER PF变流器共有14套四象限变流器电源，同时向6个PF超导线圈供电。设计时为降低无功功率，针对PF2-PF5这四个超导线圈的电源，均采用三台大功率变流器串联组成。

[0003] 大功率变流器三台串联运行时快速可靠的退出方法，除了可以保证正常工作时退出运行的需要外，最重要的是在故障发生时以最快的速度可靠的使回路电流衰减到零，有效保障设备安全。

[0004] 目前已有的技术仅针对两台变流器串联运行的控制，还没有针对大功率变流器多台串联运行退出方法的详细研究。大功率变流器多台串联运行时，可靠快速的退出方法是保障电源安全运行的必要因素。

发明内容：

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种用于多台大功率变流器串联运行的退出方法。

[0006] 为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是：

[0007] 一种用于多台大功率变流器串联运行的退出方法，所述多台大功率变流器可以实现四象限运行，由同一套控制系统控制，每台大功率变流器分别并联一个旁通，各大功率变流器和旁通并联后作为一个单元，再进行单元间的串联，最后与阻感性负载串联；控制系统通过控制触发电路进行触发脉冲的发送和封锁，从而控制大功率变流器和旁通的导通和关断；其特征在于，在退出时，各台大功率变流器同时逆变，使回路电流快速衰减，待回路电流减小到一固定值后，再定时持续逆变一定时间，使回路电流可靠降为零，然后再封锁大功率变流器的触发脉冲，串联变流器可靠退出。

[0008] 所述的用于多台大功率变流器串联运行的退出方法，其特征在于，所述固定值应处于额定电流的5%-20%范围区间内，需要根据设备参数在控制系统中进行适当调整。

[0009] 所述的用于多台大功率变流器串联运行的退出方法，其特征在于，所述定时时间大小应处于变流器将固定值降为零的时间的10-20倍区间内，需要根据设备参数在控制系统中进行适当调整。

[0010] 所述的用于多台大功率变流器串联运行的退出方法，其特征在于，变流器将固定值降为零的时间可以根据逆变触发角的运行参数和相关的设备参数进行理论计算。

[0011] 本发明的有益效果为：

[0012] 本发明的方法可以使变流器在不同负载电流条件下安全退出运行，不会出现因不同变流器关断失败或者关断不同步导致设备损坏问题；该方法的应用可以降低对传感器测量精度的要求，消除了测量误差对变流器关断的影响；该方法使回路内的电流在短时间内快速下降到零，从而保护变流器及负载；多台大功率变流器串联运行的退出方法采用程序控制，容易实现且便于进行参数调整。

附图说明：

[0013] 图1是三台变流器串联运行的拓扑结构。

[0014] 图2是三台变流器串联运行的退出程序流程图。

[0015] 图3是CU1单台变流器的拓扑结构。

[0016] 图4是三台变流器串联运行时单套变流器在不同运行模式下实验波形图。

[0017] 图5是三台变流器串联运行的退出过程的实验波形图。

具体实施方式：

[0018] 为了更好地理解本发明的技术方案，以下结合附图对本发明的实施方式作进一步描述：

[0019] 退出方案示意图见图2。

[0020] 如图1所示，一种用于多台大功率变流器串联运行的退出方法，大功率变流器的个数以三台为例，额定电流为1kA，三台串联运行时，额定电压 u_{rate} 为300V。三台变流器分别为CU1、CU2、CU3。三相交流电AC经过两两并联的整流变压器T1、T2或T3、T4或T5、T6后，向大功率变流器CU1、CU2、CU3供电。各大功率变流器CU1、CU2、CU3分别并联一个旁通BP1、BP2、BP3。各大功率变流器和旁通并联后作为一个单元，再进行单元间的串联，最后与阻感性负载 R_d 串联，负载 R_d 电感的大小为150mH。各变流器及其所并联的旁通的导通和关断均由同一控制器1通过触发电路2来控制。控制器1根据需要控制触发电路2，当需要开通变流器或者旁通时，触发电路2发出双脉冲触发信号，触发变流器或者旁通使其导通，反之关断时，则在相应的时刻封锁触发脉冲；退出方案如图2，包括以下步骤：

[0021] (1) 在进入退出运行模式以后，同时触发变流器CU1、CU2和CU3使其逆变并实时检测负载电流的大小；

[0022] (2) 当检测到负载电流小于固定值 I 时，启动定时器，在定时期间变流器仍逆变；

[0023] (3) 当定时器达到设定时间值 t 时，封锁触发脉冲，退出过程结束。

[0024] 此处固定值 I 为100A，占额定电流的10%，处于额定电流的5%–20%范围内，固定值的大小需要根据设备参数在程序中进行调整。变流器将固定值降为零的衰减时间，可以根据逆变时的触发角等运行参数以及设备参数进行计算，计算公式如下。

$$[0025] \quad t = \frac{i_d L_d}{u_L}$$

[0026] 其中， i_d 为负载的电流，计算定时时间 t 时，利用负载电流为电流固定值 I 是100A来计算。 L_d 为阻感性负载中的电感部分150mH， u_L 为阻感部分感性负载承受的电压。该系统采用的逆变角为 135° ，且该负载回路的电阻非常小，可以忽略，所以 u_L 可以近似计算为负载的电

压,根据下面公式计算,可得 u_L 约为70V。

$$[0027] \quad u_L = \cos\left(\frac{3\pi}{4}\right) * \frac{u_{rate}}{3}$$

[0028] 根据以上计算可得,将固定值降为零的时间约为0.2s。定时器的定时时间为2s,是变流器将固定值降为零的衰减时间的10倍,处于衰减时间的10-20倍区间内。

[0029] 每两个并联的整流变压器之间移相 30° ,为变流器的双桥运行模式提供12相电源。每台变流器由4个三相全控桥A+、A-、B+、B-共同构成,三相全控桥A+与A-、B+与B-两两反向并联可以实现四象限运行,其中每台变流器与一个环流电抗器 L_p 串联。CU1单台变流器的详细拓扑结构图如图3虚线框内所示。变流器可以根据负载电流大小,在不同的运行模式之间进行切换。

[0030] 工作时,控制器1根据所需输出的电流大小计算触发角。触发电路2根据控制器1计算的触发角在相应的时刻输出光触发信号。在晶闸管处由脉冲分配器将光信号转换为脉冲信号,触发变流器和旁通。电流传感器和电压传感器对所有变流器的支路和主回路的电流和电压信号进行测量,测量点的位置已在图3中标出。传感器测量的数值作为反馈和采集信号,用于反馈控制和数据分析。

[0031] 图4是三台变流器串联运行时,单台变流器CU3的电流波形。包括四个桥电流波形CU3_ID1、CU3_ID2、CU3_ID3、CU3_ID4和一个负载电流波形ID。根据负载电流的大小,变流器在不同的运行模式之间切换。区间①是变流器以环流模式运行,区间②是变流器以单桥模式运行,区间③是变流器以并联模式运行。

[0032] 图5是三台变流器串联运行退出过程的实验波形。包括三台变流器的负载电压CU1_VDC、CU2_VDC、CU3_VDC和总的负载电流ID波形。在开始退出运行时,三台变流器同时逆变,输出端电压为负,逆变一段时间后,总的负载电流降为固定值100A,如图5区间④所示。在检测到负载电流降为固定值100A后,变流器再持续逆变一定时间2s,如图5区间⑤所示,该时间由设备参数和逆变触发角决定,然后封锁脉冲,退出过程结束。图5表明,采用该发明可以在输出电流很大时快速可靠的切断大电流。从而在故障发生时,可以保证设备的安全。

[0033] 由于该发明采用程序控制,容易实现且易于进行参数调整。

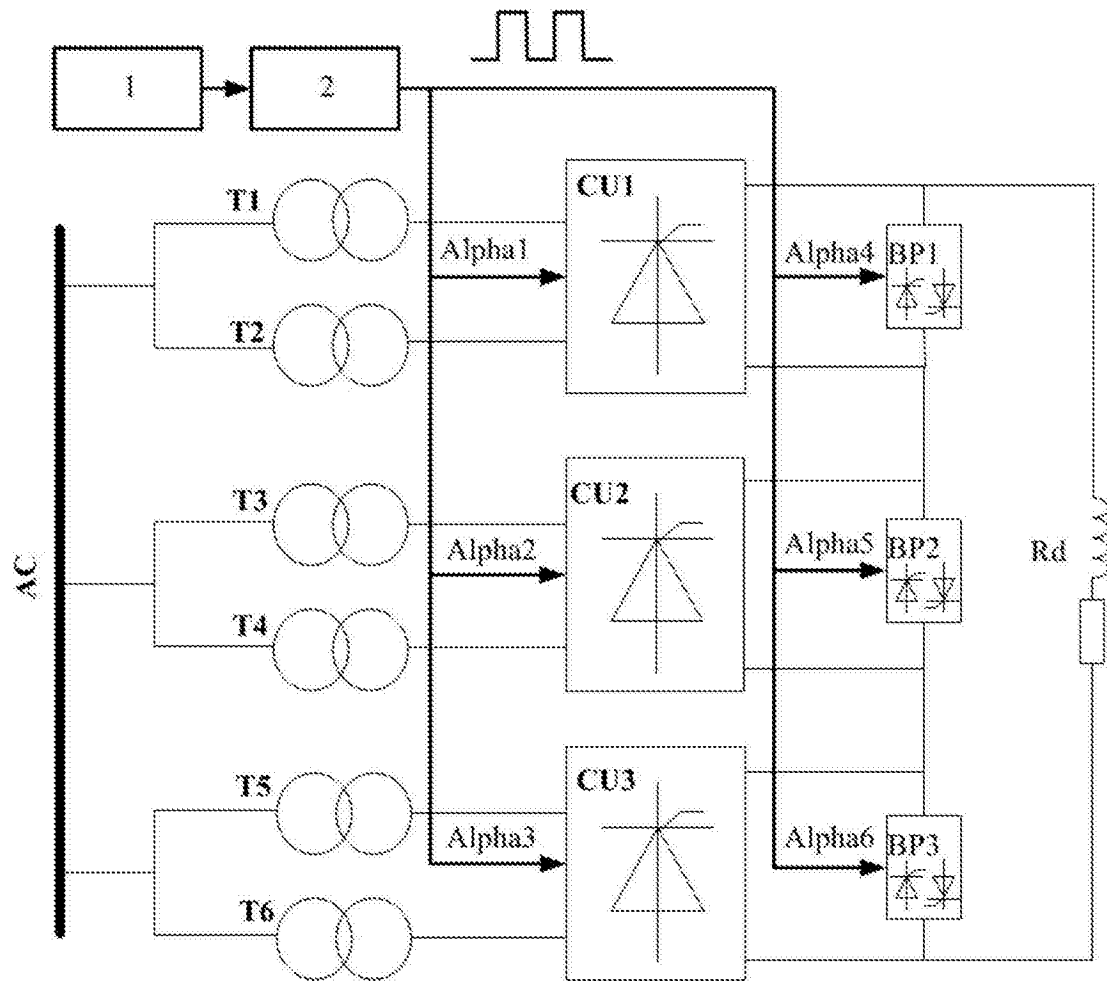


图1

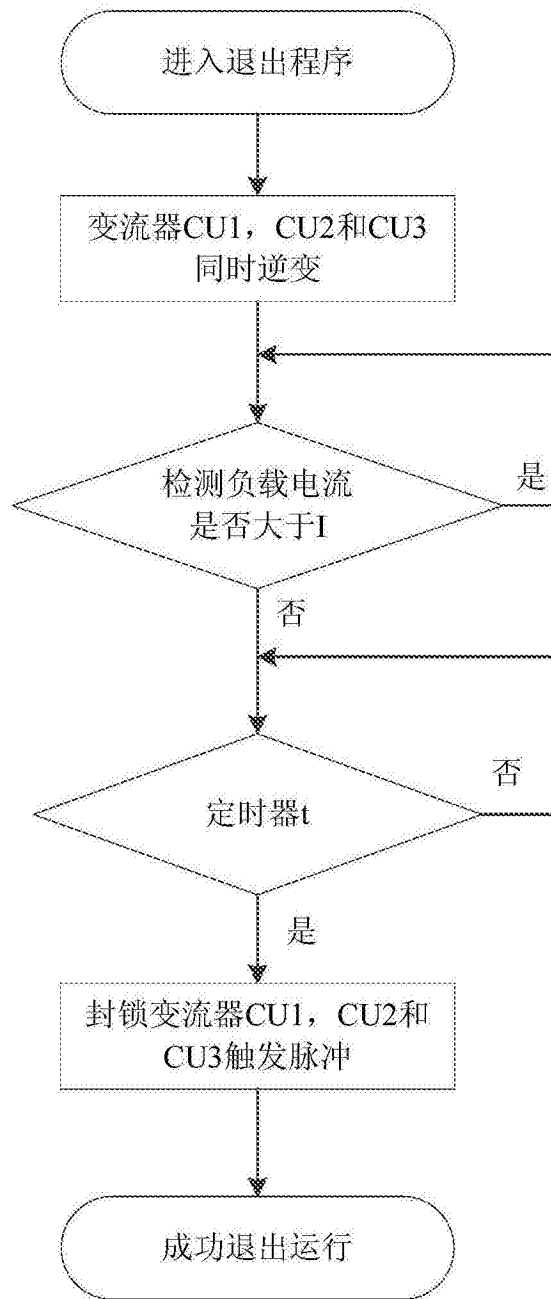


图2

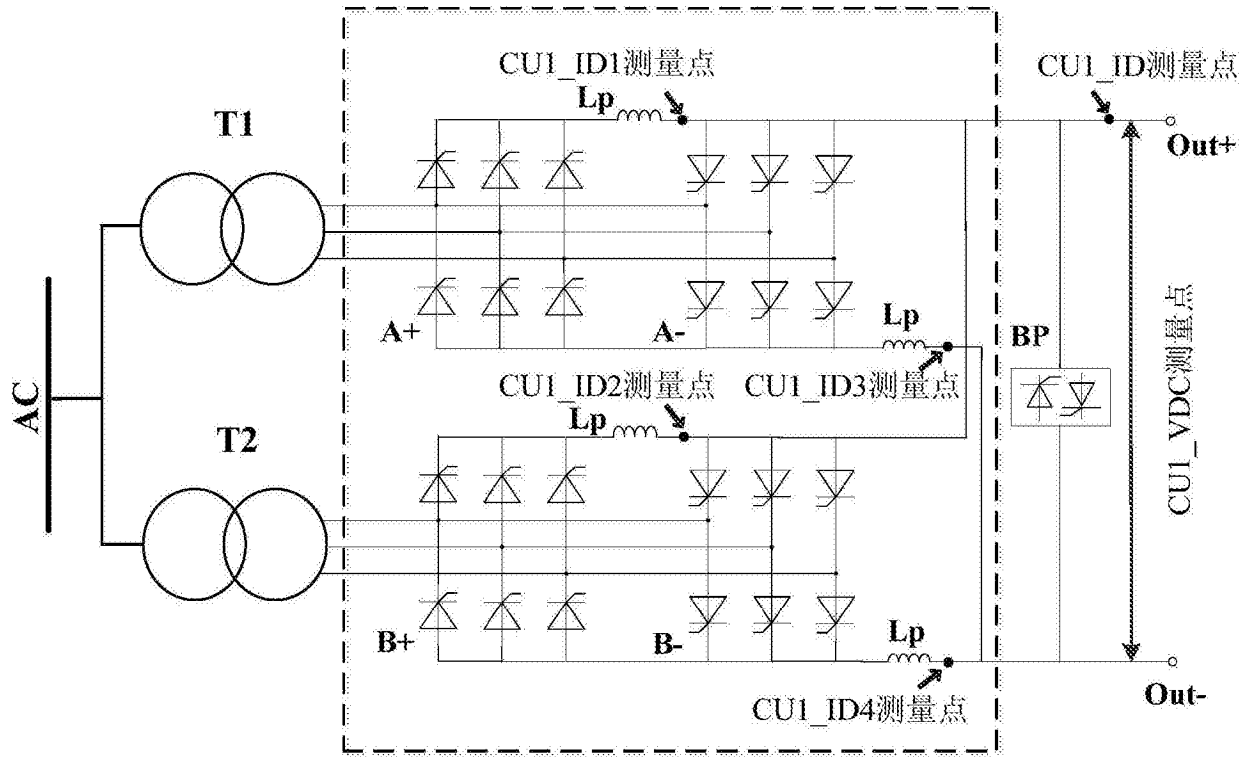


图3

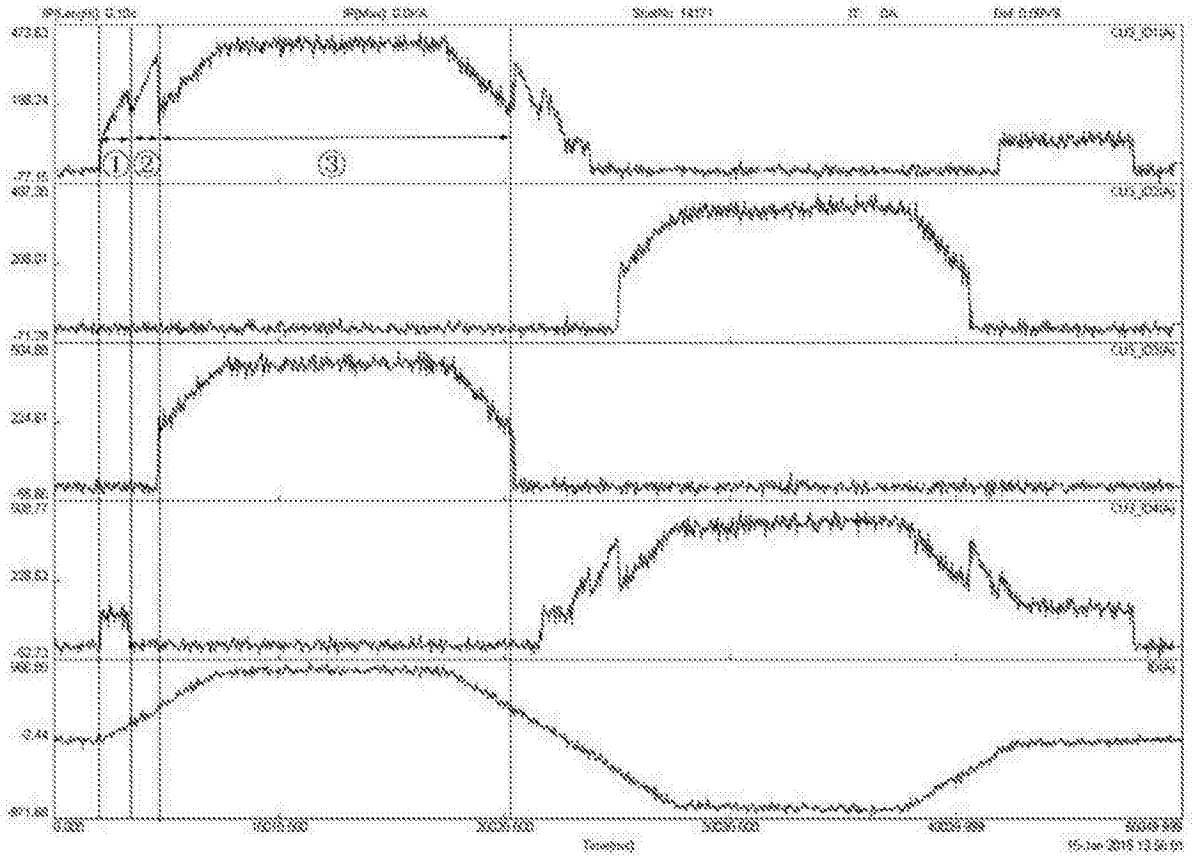


图4

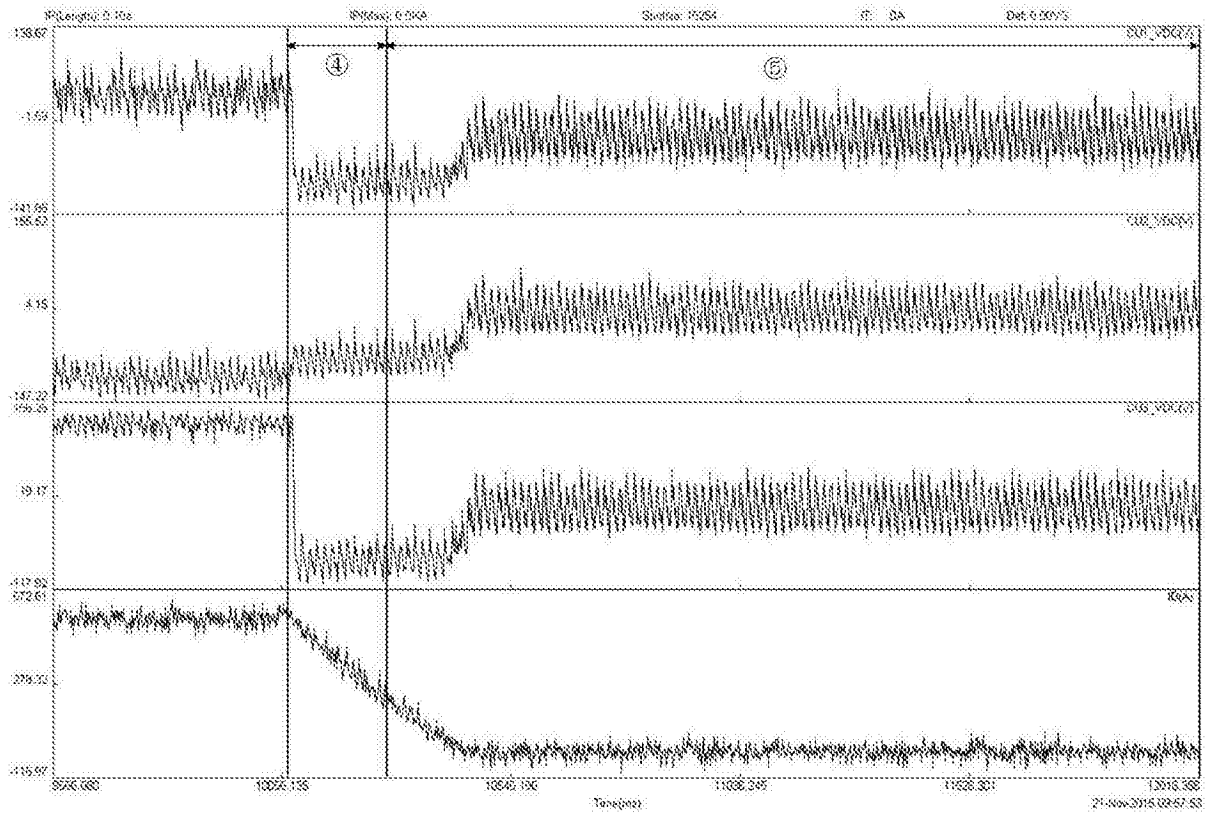


图5