



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105207208 B

(45)授权公告日 2018.07.06

(21)申请号 201510602073.2

(22)申请日 2015.09.21

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105207208 A

(43)申请公布日 2015.12.30

(73)专利权人 山东科汇电力自动化股份有限公司

地址 255087 山东省淄博市张店区三赢路  
16号科汇科技园

专利权人 中国石油大学(华东)

(72)发明人 薛永端 徐丙垠 张毅

(74)专利代理机构 淄博佳和专利代理事务所  
37223

代理人 孙爱华

(51)Int.Cl.

H02J 3/00(2006.01)

H02H 9/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 2899236 Y,2007.05.09,

CN 203445617 U,2014.02.19,

CN 104134968 A,2014.11.05,

CN 103701131 A,2014.04.02,

CN 202550536 U,2012.11.21,

陈峰等.限流式UPFC保护电路的设计与验证.《电网技术》.2015,第39卷(第7期),第2040-2045页.

审查员 王霜

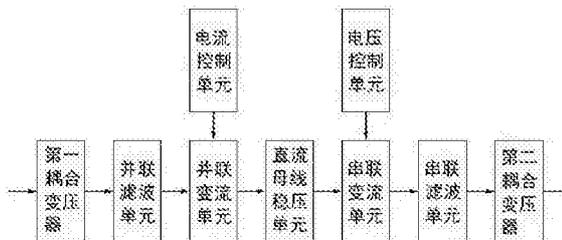
权利要求书2页 说明书7页 附图9页

(54)发明名称

同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路

(57)摘要

同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:包括:三相并联模块和第一耦合变压器,进行潮流控制时用于为电路内部提供有功功率平衡以及通过第一耦合变压器对线路无功进行补偿,进行有源补偿消弧时用于为小电流接地故障提供零序补偿电流;三相串联模块和第二耦合变压器,进行潮流控制时通过第二耦合变压器向配电系统线路插入电压改变潮流流动;直流母线稳压单元,将三相串并联模块联系在一起,用于为三相串并联模块的直流侧提供稳定的直流电压。同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,通过三相并联模块、三相串联模块以及直流母线稳压单元,可同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿的功能。



1. 同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:包括:

第一耦合变压器,三组原边绕组分别连接在配电系统A、B、C三相线路与接地端之间,第一耦合变压器的原副边均采用星形直接接地方式;

三相并联模块,包括交流侧和直流侧,其交流侧分别与第一耦合变压器副边绕组相连,用于通过第一耦合变压器实现电网的无功补偿以及有源补偿消弧;

直流母线稳压单元,一端与三相并联模块的直流侧相连,用于实现直流稳压以及为输出零序补偿电流提供通道;

三相串联模块,包括交流侧和直流侧,其直流侧与直流母线稳压单元的另一端相连,用于通过第二耦合变压器向配电系统插入电压改变潮流流动;

第二耦合变压器,其原边绕组分别连接在三相串联模块交流侧与接地端之间,副边绕组分别串联在配电系统A、B、C三相线路中;

所述的三相并联模块包括用于滤除高次谐波的三相并联滤波单元、三相并联变流单元以及对三相并联变流单元进行控制的电流控制单元;三相并联变流单元的交流侧通过并联滤波单元连接所述的第一耦合变压器,三相并联变流单元的直流侧连接所述的直流母线稳压单元;

所述的三相串联模块包括用于滤除三相串联变流单元输出电压中高次谐波的串联滤波单元、三相串联变流单元以及对三相串联变流单元进行控制的电压控制单元;三相串联变流单元的交流侧通过串联滤波单元连接所述第二耦合变压器的原边绕组,三相串联变流单元的直流侧连接所述的直流母线稳压单元。

2. 根据权利要求1所述的同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:所述的三相并联变流单元采用三相桥式全控电路,包括IGBT管G1~G6以及二极管D1~D6,三相并联变流单元直流侧正极同时连接IGBT管G1、IGBT管G3、IGBT管G5的集电极,三相并联变流单元直流侧负极同时连接IGBT管G2、IGBT管G4、IGBT管G6的发射极;IGBT管G1、IGBT管G3、IGBT管G5的发射极分别连接IGBT管G2、IGBT管G4、IGBT管G6的集电极并分别引出三相并联变流单元的交流侧与并联滤波单元相连;

二极管D1~D6的阴极分别连接IGBT管G1~G6的集电极,二极管D1~D6的阳极分别连接IGBT管G1~G6的发射极,IGBT管G1~G6的门极同时与所述的电流控制单元相连。

3. 根据权利要求1所述的同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:所述的并联滤波单元采用由电容C1~C3以及电感L1~L3组成的三相并联LC二阶滤波电路,第一耦合变压器的三组副边绕组分别连接电感L1和电容C1,电感L2和电容C2以及电感L3和电容C3的一端,电容C1~C3的另一端接地,电感L1~L3的另一端分别连接三相并联变流单元的交流侧。

4. 根据权利要求1所述的同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:所述的三相串联变流单元采用三相桥式全控电路,包括IGBT管G1'~G6'以及二极管D1'~D6',三相串联变流单元直流侧正极同时连接IGBT管G1'、IGBT管G3'、IGBT管G5'的集电极,三相串联变流单元直流侧负极同时连接IGBT管G2'、IGBT管G4'、IGBT管G6'的发射极,IGBT管G1'、IGBT管G3'、IGBT管G5'的发射极分别连接IGBT管G2'、IGBT管G4'、IGBT管G6'的集电极并分别引出三相串联变流单元的交流侧与串联滤波单元相连;

二极管D1'~D6'的阴极分别连接IGBT管G1'~G6'集电极,二极管D1'~D6'的阳极分别连

接IGBT管G1'~G6'的发射极,IGBT管G1'~G6'门极同时与所述的电压控制单元相连。

5.根据权利要求1所述的同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:所述的串联滤波单元包括由电容C4~C6以及电感L4~L6组成的三相串联LC二阶滤波电路,三相串联交流单元的交流侧分别串联电感L4~L6后分别连接第二耦合变压器三组原边绕组的一端以及电容C4~C6的一端,电容C4~C6的另一端接地,第二耦合变压器三组原边绕组的另一端通过开关K2接地。

6.根据权利要求1所述的同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:所述的直流母线稳压单元包括在有源补偿消弧时支撑直流母线侧电压的双蓄电池以及双储能元件,双储能元件中间引出中线直接接地,为输出零序补偿电流提供通道。

7.根据权利要求6所述的同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:所述的双蓄电池为蓄电池DC1和DC2,所述的双储能元件为储能电容C7~C8;

三相并联模块直流侧的正极同时连接蓄电池DC1的正极、电容C7的一端以及三相串联模块的直流侧的正极,三相并联模块直流侧的负极同时连接蓄电池DC2的负极、电容C8的一端以及三相串联模块的直流侧的负极,接地端同时连接蓄电池DC1的负极、蓄电池DC2的正极以及电容C7~C8的另一端,电容C7和C8之间引出中线直接接地。

8.根据权利要求1所述的同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:所述的第二耦合变压器的原副边绕组采用星形接线方式,原边绕组采用中性点直接接地方式。

## 同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路

### 技术领域

[0001] 同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,属于中压配电系统领域。

### 背景技术

[0002] 随着科学技术的发展和社会的进步,各种分布式电源日益增多,造成配电网规模不断扩大,运行方式日渐复杂。早期只在输电系统中存在严重的潮流流动问题,近几年由于分布式电源和微网的大量投入配电系统中,配电系统的潮流流动问题变得愈发严重。同时中压配电系统中接地故障时常发生,对配电系统造成冲击,甚至引起停电事故。在接地故障中约70%的故障为瞬时性单相接地故障,对于小电流接地系统,系统可以带单相接地故障运行两小时,但当故障点电流较大时,电弧难以自行熄灭,容易产生故障过电压,引起多重事故,可能烧毁变压器和开关柜,引起大面积停电事故,造成极大的经济损失。

[0003] 对于中压配电系统的潮流控制问题,可以利用现有的应用于输电系统的电力电子装置UPFC(统一潮流控制器),UPFC可以较好的解决电压波动、无功补偿、潮流控制等各种功能,但对于接地故障却无法处理。为减小单相接地故障电流,部分电压等级的电网通常采用中性点非有效接地方式,包括中性点不接地和经消弧线圈接地,当发生单相接地故障时故障电流较小,可以让电网继续带故障运行一段时间,然而小电流接地故障可能导致电弧的熄灭、重燃,如此反复会造成较大的系统过电压,引起重大的危害事故。因此对小电流接地故障进行有源补偿消弧,将单相接地故障点电流补偿至零,确保故障点100%熄弧具有重要意义。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是:克服现有技术的不足,提供一种通过三相并联模块、三相串联模块以及直流母线稳压单元,可同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:该同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,其特征在于:包括:

[0006] 第一耦合变压器,三组原边绕组分别并联在配电系统A、B、C三相线路与接地端之间,第一耦合变压器的原副边均采用星形直接接地方式;

[0007] 三相并联模块,包括交流侧和直流侧,其交流侧分别与第一耦合变压器副边绕组相连,用于通过第一耦合变压器实现电网的无功补偿以及有源补偿消弧;

[0008] 直流母线稳压单元,一端与三相并联模块的直流侧相连,用于实现直流稳压以及为输出零序补偿电流提供通道;

[0009] 三相串联模块,包括交流侧和直流侧,其直流侧与直流母线稳压单元的另一端相连,用于通过第二耦合变压器向配电系统插入电压改变潮流流动;

[0010] 第二耦合变压器,其原边绕组分别连接在三相串联模块交流侧与接地端之间,副

边绕组分别串联在配电系统A、B、C三相线路中。

[0011] 优选的,所述的三相并联模块包括用于滤除高次谐波的三相并联滤波单元、三相并联变流单元以及对三相并联变流单元进行控制的电流控制单元;三相并联变流单元的交流侧通过并联滤波单元连接所述的第一耦合变压器,三相并联变流单元的直流侧连接所述的直流母线稳压单元。

[0012] 优选的,所述的三相串联模块包括用于滤除三相串联变流单元输出电压中高次谐波的串联滤波单元、三相串联变流单元以及对三相串联变流单元进行控制的电压控制单元;三相串联变流单元的交流侧通过串联滤波单元连接所述第二耦合变压器的原边绕组,三相串联变流单元的直流侧连接所述的直流母线稳压单元。

[0013] 优选的,所述的三相并联变流单元采用三相桥式全控电路,包括IGBT管G1~G6以及二极管D1~D6,三相并联变流单元直流侧正极同时并联IGBT管G1、IGBT管G3、IGBT管G5的集电极,三相并联变流单元直流侧负极同时并联IGBT管G2、IGBT管G4、IGBT管G6的发射极;IGBT管G1、IGBT管G3、IGBT管G5的发射极分别连接IGBT管G2、IGBT管G4、IGBT管G6的集电极并分别引出三相并联变流单元的交流侧与并联滤波单元相连;

[0014] 二极管D1~D6的阴极分别连接IGBT管G1~G6的集电极,二极管D1~D6的阳极分别连接IGBT管G1~G6的发射极,IGBT管G1~G6的门极同时与所述的电流控制单元相连。

[0015] 优选的,所述的并联滤波单元采用由电容C1~C3以及电感L1~L3组成的三相并联LC二阶滤波电路,第一耦合变压器的三组副边绕组分别并联电感L1和电容C1,电感L2和电容C2以及电感L3和电容C3的一端,电容C1~C3的另一端接地,电感L1~L3的另一端分别连接三相并联变流单元的交流侧。

[0016] 优选的,所述的三相串联变流单元采用三相桥式全控电路,包括IGBT管G1'~G6'以及二极管D1'~D6',三相串联变流单元直流侧正极同时并联IGBT管G1'、IGBT管G3'、IGBT管G5'的集电极,三相串联变流单元直流侧负极同时并联IGBT管G2'、IGBT管G4'、IGBT管G6'的发射极,IGBT管G1'、IGBT管G3'、IGBT管G5'的发射极分别连接IGBT管G2'、IGBT管G4'、IGBT管G6'的集电极并分别引出三相串联变流单元的交流侧与串联滤波单元相连;

[0017] 二极管D1'~D6'的阴极分别并联IGBT管G1'~G6'集电极,二极管D1'~D6'的阳极分别并联IGBT管G1'~G6'的发射极,IGBT管G1'~G6'门极同时与所述的电压控制单元相连。

[0018] 优选的,所述的串联滤波单元包括由电容C4~C6以及电感L4~L6组成的三相串联LC二阶滤波电路,三相串联变流单元的交流侧分别串联电感L4~L6后分别并联第二耦合变压器三组原边绕组的一端以及电容C4~C6的一端,电容C4~C6的另一端接地,第二耦合变压器三组原边绕组的另一端通过开关K2接地。

[0019] 优选的,所述的直流母线稳压单元包括在有源补偿消弧时支撑直流母线侧电压的双蓄电池以及双储能元件,双储能元件中间引出中线直接接地,为输出零序补偿电流提供通道。

[0020] 优选的,所述的双蓄电池为蓄电池DC1和DC2,所述的双储能元件为储能电容C7~C8;

[0021] 三相并联模块直流侧的正极同时并联蓄电池DC1的正极、电容C7的一端以及三相串联模块的直流侧的正极,三相并联模块直流侧的负极同时并联蓄电池DC2的负极、电容C8的一端以及三相串联模块的直流侧的负极,接地端同时并联蓄电池DC1的负极、蓄电池DC2

的正极以及电容C7~C8的另一端,电容C7和C8之间引出中线直接接地。

[0022] 优选的,所述的第二耦合变压器的原副边绕组采用星形中性点直接接方式。

[0023] 与现有技术相比,本发明所具有的有益效果是:

[0024] 1、通过本同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,通过三相并联模块、三相串联模块以及直流母线稳压单元,可同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿的功能。当电网发生单相接地故障时,通过三相并联模块以及直流母线稳压单元直流蓄电池可以向电网注入所需的零序补偿电流,将故障点电流补偿至零,并延时减小注入电流判断故障是否恢复。瞬时故障能及时自愈,永久故障则进行隔离维修。在未发生故障时,可通过三相并联模块为直流母线侧储能电容充电,通过三相串联模块向电网插入电压来改变功率潮流分布,提高电力利用效率。

[0025] 2、三相并联变流单元采用三相桥式全控电路,具有较高的开关频率,可以工作在整流状态和逆变状态,电网未故障时工作在整流状态为直流母线稳压单元中的电容器进行充电,稳定直流母线侧电压并且通过并联第一耦合变压器对线路的无功功率进行补偿。当电网中发生单相接地故障时三相并联变流单元工作在逆变状态,向电网注入零序电流进行有源补偿消弧。

[0026] 3、三相串联变流单元同样采用三相桥式全控电路,同样采用IGBT和二极管反并联作为开关器件,具有较高的开关频率。串联交流单元的交流侧与第二耦合变压器的原边绕组相连,通过第二耦合变压器向电网插入电压来改变电路输出端电压的幅值和相位,从而控制潮流的分布。

[0027] 4、三相并联模块中的并联滤波单元,当三相并联变流单元工作在整流状态时用于滤除电网流入的高次谐波,当三相并联变流单元工作在逆变状态时用于滤除输出零序补偿电流中的由开关器件开通关断引起的高次谐波。

[0028] 5、三相串联模块中的串联滤波单元,可以滤除三相串联变流单元输出电压中的高次谐波。

[0029] 6、通过第一耦合变压器和第二耦合变压器可以减小开关器件的耐压值并将三相串并联变流电路与电网线路进行隔离。

[0030] 7、直流母线稳压单元,在配电系统未发生故障时通过三相串联模块为储能器件充电,直流蓄电池不投入使用,当配电系统发生单相接地故障时,直流蓄电投入使用为三相并联模块逆变输出零序补偿电流提供直流侧电压支撑,当配电系统发生停电事故时,直流蓄电池投入使用通过三相并联模块的逆变起到短时不间断电源的作用。

## 附图说明

[0031] 图1为同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路原理方框图。

[0032] 图2为同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路结构图。

[0033] 图3为同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路三相并联变流单元电路结构图。

[0034] 图4为同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路三相串联变流单元电路结构图。

[0035] 图5为同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿的电路工作原理流程图。

- [0036] 图6为配电网潮流控制波形图。
- [0037] 图7为未进行电压控制时三相线路波形仿真图。
- [0038] 图8为进行电压控制后三相线路波形仿真图。
- [0039] 图9为发生单相接地故障未有源补偿消弧时A相交流电波形图。
- [0040] 图10为发生单相接地故障有源补偿消弧后A相交流电波形图。

### 具体实施方式

[0041] 图1~10是本发明的最佳实施例,下面结合附图1~10对本发明做进一步说明。

[0042] 如图1所示,同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路,包括第一耦合变压器、并联滤波单元、三相并联变流单元、直流母线稳压单元、三相串联变流单元、串联滤波单元、第二耦合变压器、电压控制单元以及电流控制单元。第一耦合变压器的原边绕组分别与配电系统的A、B、C三相线路相连。第一耦合变压器的副边绕组连接并联滤波单元的一端,并联滤波单元的另一端连接三相并联变流单元的交流侧,三相并联变流单元的直流侧连接直流母线稳压单元的一端,直流母线稳压单元的另一端连接三相串联变流单元的直流侧,三相串联变流单元的交流侧连接第二耦合变压器的原边绕组,第二耦合变压器的副边绕组分别接入配电系统的A、B、C三相线路中。

[0043] 三相并联变流单元采用三相桥式全控电路,其中采用IGBT与二极管反并联作为开关器件,具有较高的开关频率。并联变流电路可以工作在整流状态和逆变状态,电网未故障时工作在整流状态为直流母线稳压单元中的电容器进行充电,稳定直流母线侧电压并且通过并联第一耦合变压器对线路的无功功率进行补偿。当电网中发生单相接地故障时三相并联变流单元工作在逆变状态,向电网注入零序电流进行有源补偿消弧。

[0044] 三相并联变流单元中各开关器件的门极驱动信号由电流控制单元给定,电流控制单元可通过常规的IGBT控制电路实现,在其内的主控芯片内设置有电流检测算法和电流控制算法。电流检测算法是指主控芯片通过对线路二次侧的参数进行检测,并计算确定发生单相接地故障时需要补偿的接地电流的幅值和相位。电流控制算法是根据计算得到的需要补偿的接地电流的幅值和相位,产生相对应的PWM信号驱动三相并联变流单元中开关器件门极,输出所需补偿的给定值。

[0045] 并联滤波单元采用三相并联LC二阶滤波电路,三相并联LC二阶滤波电路一端直接与三相并联变流单元交流侧连接,当三相并联变流单元工作在整流状态时,并联滤波单元用于滤除电网流入的高次谐波,当三相并联变流单元工作在逆变状态时,并联滤波单元用于滤除输出零序补偿电流中的由开关器件开通关断引起的高次谐波。三相并联LC二阶滤波电路的另一端与第一耦合变压器的副边绕组连接,第一耦合变压器的使用可以减小开关器件的耐压值并将并联变流电路与电网线路进行隔离,其原副边均采用星形直接接地方式,为输出零序补偿电流提供通道,原边三相直接与配电系统的A、B、C三相线路连接。

[0046] 直流母线稳压单元包括双直流蓄电池和双储能电容,中线从双储能电容之间引出并直接接地,为零序电流提供通道。在未发生故障时,三相并联变流单元为直流母线稳压单元中的双储能电容充电,储能电容起主要直流稳压作用。在发生单相接地故障时直流蓄电池在对小电流接地故障进行有源补偿时投入起支撑直流母线侧电压的功能,在电网线路发生故障造成线路无电压时直流蓄电池投入起短时备用电源的作用;直流母线稳压电路同时

与三相串联变流单元的直流侧连接。

[0047] 三相串联变流单元同样采用三相桥式全控电路,同样采用IGBT和二极管反并联作为开关器件,具有较高的开关频率。串联交流单元的交流侧与第二耦合变压器的原边绕组相连,通过第二耦合变压器向电网插入电压来改变电路输出端电压的幅值和相位,从而控制潮流的分布。

[0048] 串联变流电路各开关器件的门极驱动信号由电压控制单元给定,电压控制单元同样可通过常规的IGBT控制电路实现,在其内的主控芯片内设置有电压检测算法和电压控制算法,电压检测算法是指主控芯片通过对线路二次侧的参数进行检测,检测得到电网线路电压的幅值和相位。电压控制算法是指主控芯片根据线路传输功率潮流要求确定电路的输出电压产生相应的PWM信号驱动开关器件门极,输出所需的电压值。

[0049] 串联滤波单元采用三相串联LC二阶滤波电路,三相串联LC二阶滤波电路的一端直接与三相串联变流单元交流侧连接,用于滤除三相串联变流单元输出电压中的高次谐波。三相串联LC二阶滤波电路的另一端与第二耦合变压器原边绕组连接,第二耦合变压器的使用可以减小开关器件的耐压值并将串联变流电路与电网线路进行隔离,第二耦合变压器的原副边绕组采用星形接线方式,中性点直接接地或不接地均可(取决于开关K2的状态),第二耦合变压器的副边绕组的三相分别串入配电系统的A、B、C三相线路中。

[0050] 如图2所示,变压器T2为上述的第一耦合变压器,变压器T2的三组原边绕组N1分别并联接入电网A、B、C三相中,变压器T2的相对应的三组副边绕组N2接入上述的并联滤波单元中。通过变压器T2减小了三相并联变流单元中开关器件的耐压值,将三相并联变流单元与电网隔离,提高系统安全性。

[0051] 并联滤波单元包括电感L1~L2,电容C1~C3,变压器T2中与并联接入A相交流电的原边绕组对应的副边绕组同时并联电容C1和电感L1的一端,电容C1的另一端接地;变压器T2中与并联接入B相交流电的原边绕组对应的副边绕组同时并联电容C2和电感L2的一端,电容C2的另一端接地;变压器T2中与并联接入C相交流电的原边绕组对应的副边绕组同时并联电容C3和电感L3的一端,电容C3的另一端接地,电感L1~L3的另一端同时接入上述的三相并联变流单元中,通过并联滤波单元,滤除了电网流入的高次谐波以及输出有源补偿电流中的高次谐波,而且其中的串联电感值影响并联变流电路的容量。

[0052] 如图3所示,三相并联变流单元包括IGBT管G1~G6,二极管D1~D6,三相并联变流单元的交流侧为由上述电感L1~L3分别引入的配电系统的A、B、C三相线路,直流侧分别引出直流正极和负极。并联滤波单元直流侧正极同时并联IGBT管G1、IGBT管G3、IGBT管G5的集电极以及二极管D1、二极管D3、二极管D5的阴极。IGBT管G1的集电极以及二极管D1的阳极同时并联IGBT管G2的集电极、二极管D2的阴极以及上述的电感L1;IGBT管G3的集电极以及二极管D3的阳极同时并联IGBT管G4的集电极、二极管D4的阴极以及上述的电感L2;IGBT管G5的集电极以及二极管D5的阳极同时并联IGBT管G6的集电极、二极管D6的阴极以及上述的电感L3。三相并联变流单元直流侧负极同时并联IGBT管G2、IGBT管G4、IGBT管G6的发射极以及二极管D2、二极管D4、二极管D6的阳极。IGBT管G1~G6的门极同时与上述的电流控制单元(模块U1)相连并实现控制。

[0053] 如图2所示,上述的直流母线稳压单元包括蓄电池DC1~DC2,储能电容C7~C8。三相并联变流单元直流侧的正极同时并联蓄电池DC1的正极、电容C7的一端以及三相串联变流

单元直流侧的正极,三相并联变流单元直流侧的负极同时并联蓄电池DC2的负极、电容C8的一端以及三相串联变流单元直流侧的负极,接地端同时并联蓄电池DC1的负极、蓄电池DC2的正极以及电容C7~C8的另一端。

[0054] 直流母线稳压单元,在蓄电池的接通回路中设置开关(图中未画出)以控制蓄电池的使用,在配电系统未发生故障时通过三相串联变流单元为储能器件充电,直流蓄电池不投入使用。当配电系统发生单相接地故障时,直流蓄电投入使用为三相并联变流单元逆变输出零序补偿电流提供直流侧电压支撑,当配电系统发生停电事故时,直流蓄电池投入使用通过三相并联变流单元的逆变起到短时不间断电源的作用。

[0055] 如图4所示,上述的三相串联变流单元包括IGBT管G1'~G6'以及二极管D1'~D6'。三相串联变流单元直流侧正极同时并联IGBT管G1'、IGBT管G3'、IGBT管G5'的集电极以及二极管D1'、二极管D3'、二极管D5'的阴极。IGBT管G1'的集电极以及二极管D1'的阳极同时并联IGBT管G2'的集电极、二极管D2'的阴极以及三相串联变流单元的C相端;IGBT管G3'的集电极以及二极管D3'的阳极同时并联IGBT管G4'的集电极、二极管D4'的阴极以及三相串联变流单元的B相端;IGBT管G5'的集电极以及二极管D5'的阳极同时并联IGBT管G6'的集电极、二极管D6'的阴极以及三相串联变流单元的C相端,三相串联变流单元的A相端、B相端以及C相端组成三相串联变流单元的交流侧,交流侧与上述的串联滤波单元相连。三相串联变流单元直流侧负极同时并联IGBT管G2'、IGBT管G4'、IGBT管G6'的发射极以及二极管D2'、二极管D4'、二极管D6'的阳极。IGBT管G1'~G6'的门极同时与上述的电压控制单元(模块U2)相连并实现控制,通过电压控制单元控制三相串联变流单元输出幅值和相位可控的电压,并通过串联耦合变压器插入电网线路中实现电压调节、移相控制和功率潮流控制的功能。

[0056] 如图2所示,上述的串联滤波单元包括电容C4~C6,电感L4~L6。上述三相串联变流单元交流侧的A相端串联电感L4之后同时并联电容C4的一端以及变压器T3中一组原边绕组N1中的一端,与该原边绕组相对应的副边绕组串联在电网A相交流电中,电容C4的另一端接地;三相串联变流单元交流侧的B相端串联电感L5之后同时并联电容C5的一端以及变压器T3中一组原边绕组N1中的一端,与该原边绕组相对应的副边绕组串联在电网B相交流电中,电容C5的另一端接地;三相串联变流单元交流侧的C相端串联电感L6之后同时并联电容C6的一端以及变压器T3中一组原边绕组N1中的一端,与该原边绕组相对应的副边绕组串联在电网C相交流电中,电容C6的另一端接地。上述的变压器T3的三组原边绕组的另一端均通过开关K2接地,当开关K2为关断状态时,变压器T3原边绕组为星型直接接地方式,当开关K2为接通状态时,变压器T3原边绕组为星型不接地方式,副边绕组三相串入电网。

[0057] 具体工作过程及工作原理如下:

[0058] 如图5所示,电压控制模块通过现有配电网中的互感器连续测量配电网的三相电压和零序电压,当零序电压大于相电压的15%,判断发生了接地故障,并通过比较三相电压大小并识别出故障相,此时三相并联变流单元工作在逆变状态,将直流母线稳压单元输出的直流电逆变转换为交流电,并通过第一耦合变压器进行输出。此时电流控制单元控制三相并联变流单元内开关器件的通断,向电网中注入所需补偿的零序电流。延时5s之后,减小零序电流的注入,并再次对电网中的零序电压进行检测,并判断零序电压是否成比例下降,如果成比例下降则表示故障点已经熄弧,此时停止继续注入零序电流,恢复配电网正常运行;如果零序电压未成比例下降,则该故障点为永久接地故障,进行故障选线并隔离故障线

路,使配电网恢复正常。

[0059] 若电网中未出现接地故障,则本同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路对电网进行实时潮流控制,此时电路电流、电压控制单元的主控芯片和信号处理电路对线路电压和电流信号进行检测,根据目标功率计算需要向配电系统插入的电压值,并联变流电路工作在整流状态给直流母线侧储能电容充电,电压控制模块控制串联逆变电路工作在逆变状态,输出所需的电压值实现潮流控制功能。

[0060] 为验证上述本同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路以及方法的可行性,在MATLAB的SIMULINK中搭建配电网环网闭环运行系统和电路模型进行了仿真分析。潮流控制仿真验证如下,为比较潮流控制前后情况,电路在0.15S时投入使用。

[0061] 如图6所示,曲线1和曲线2分别为同一母线两出线闭环运行时线路有功功率流动状况,未进行潮流控制前,曲线1表示的出线输送有功功率大,曲线2表示的出线输送有功功率小。在0.15S时电路对其进行潮流控制,控制之后两出线输送的有功功率明显改变,对两出线的有功功率流动进行了调节。

[0062] 如图7~8所示为电压调节波形图,其中波形A、B、C分别为A、B、C三相对应电压波形图,由图7可知,系统的电压发生了波动,严重影响负荷侧各种负荷的正常工作,在进行了电压调节之后,A、B、C三相的波形如图8所示,线路电压波动消除,线路电压恢复正常,线路电压波动消除,线路电压恢复正常。

[0063] 如图9~10所示,为本同时实现潮流控制和小电流接地故障有源补偿消弧的电路有源补偿功能验证波形,如图9所示,在0.04S时,A相发生接地故障,故障波形如图所示,根据仿真系统模型参数计算,确定出电路的三相所需输出的零序补偿电流作为注入三相线路中的零序电流的综合。此时可按照任意组合对零序电流的综合进行分配并分别注入三相线路中。为比较补偿前后关系,在0.15S时电路投入使用,注入零序电流进行有源补偿消弧后的故障点电流波形如图10所示,波形在0.15S之后恢复正常。

[0064] 从上述仿真结果图分析,本发明所提出的可同时实现潮流控制和有源补偿消弧的电路结构,可以在未发生故障时进行潮流控制、电压调节等功能,而当发生单相接地故障后可以通过电路并联变流电路的三相向配电网注入零序电流进行有源补偿消弧,减小单相接地故障的危害。

[0065] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非是对本发明作其它形式的限制,任何熟悉本专业的技术人员可能利用上述揭示的技术内容加以变更或改型为等同变化的等效实施例。但是凡是未脱离本发明技术方案内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与改型,仍属于本发明技术方案的保护范围。

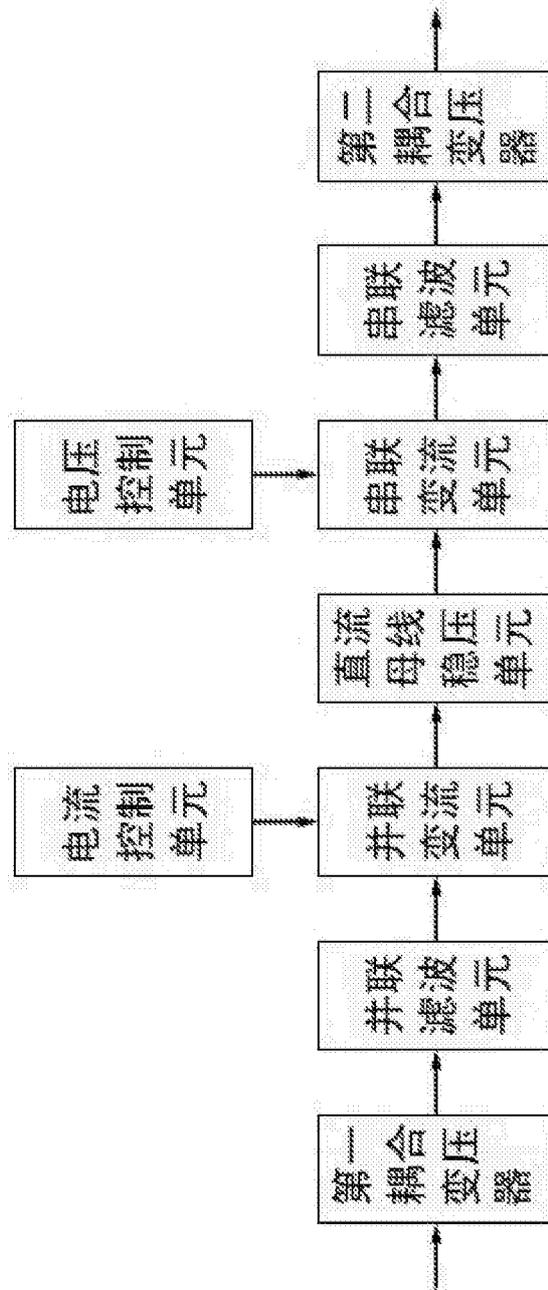


图1

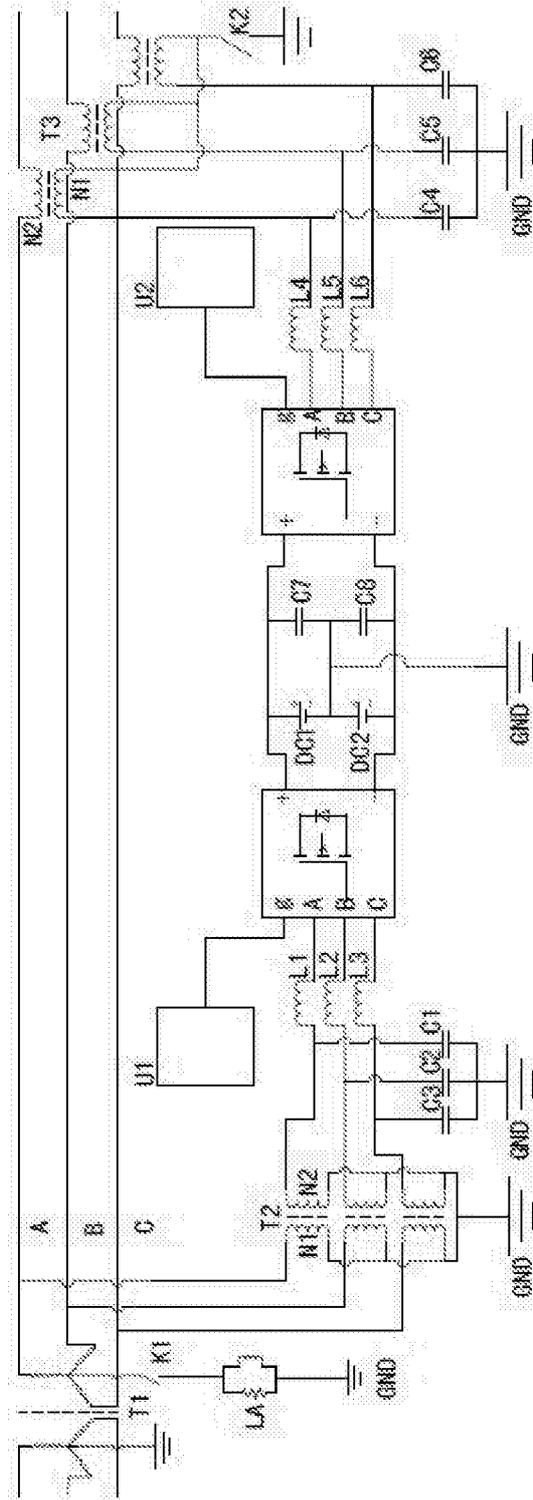


图2

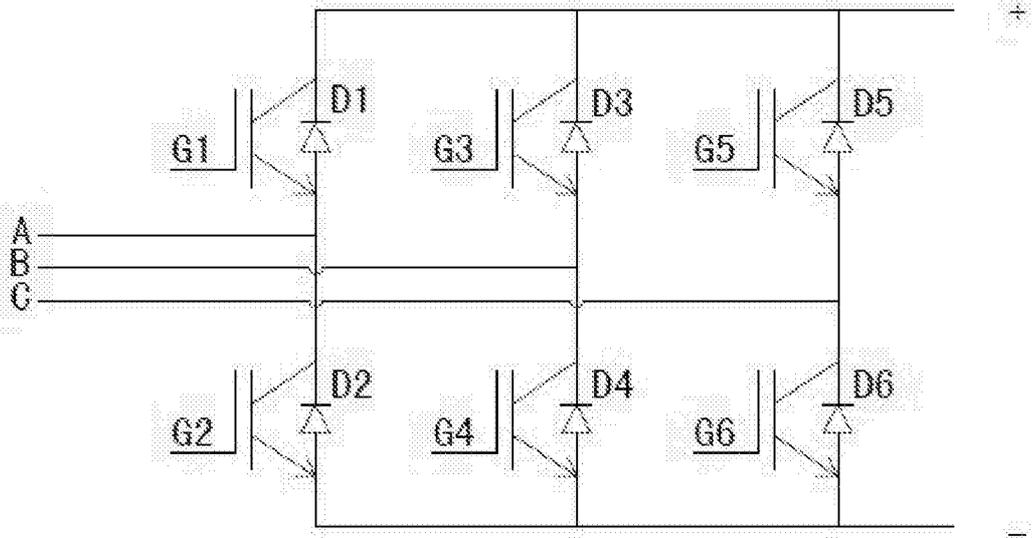


图3

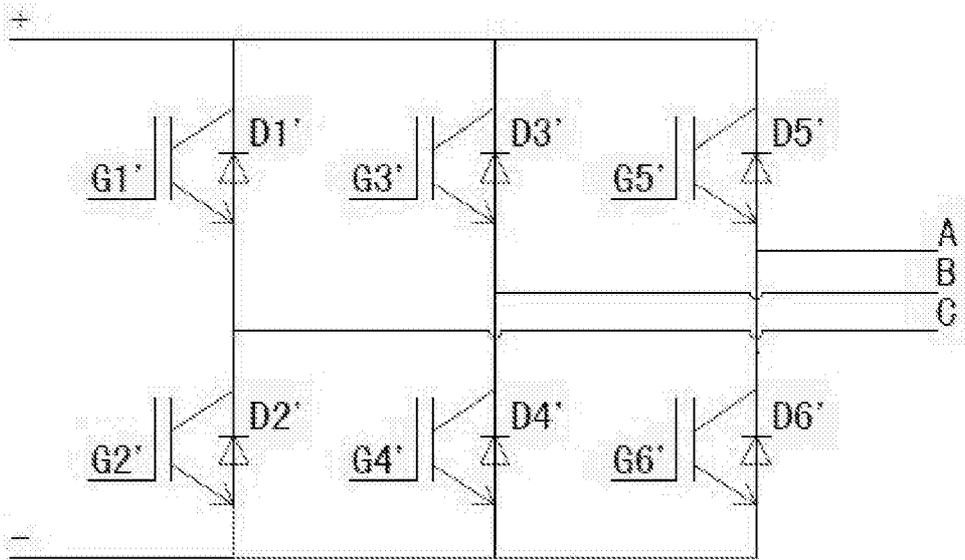


图4

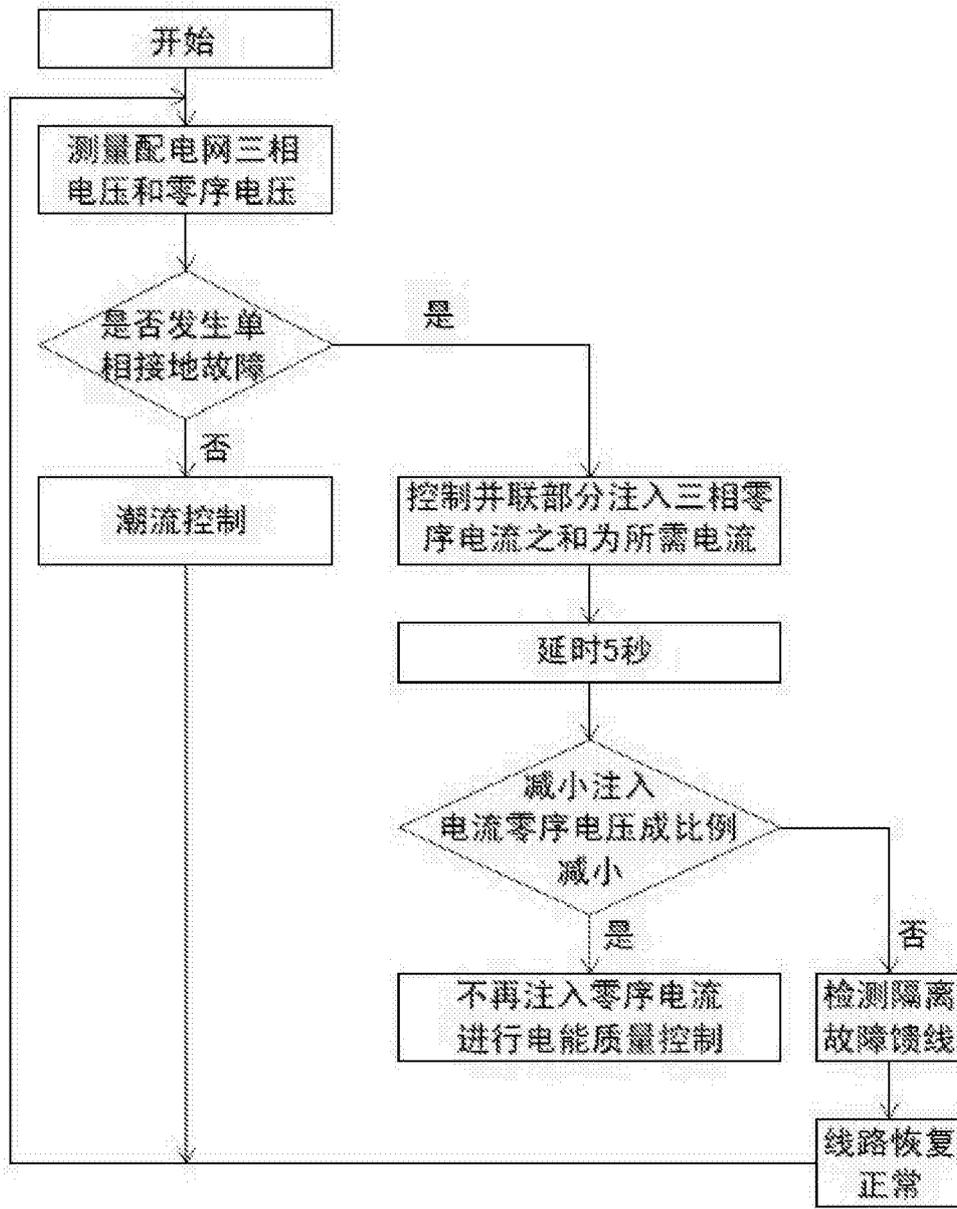


图5

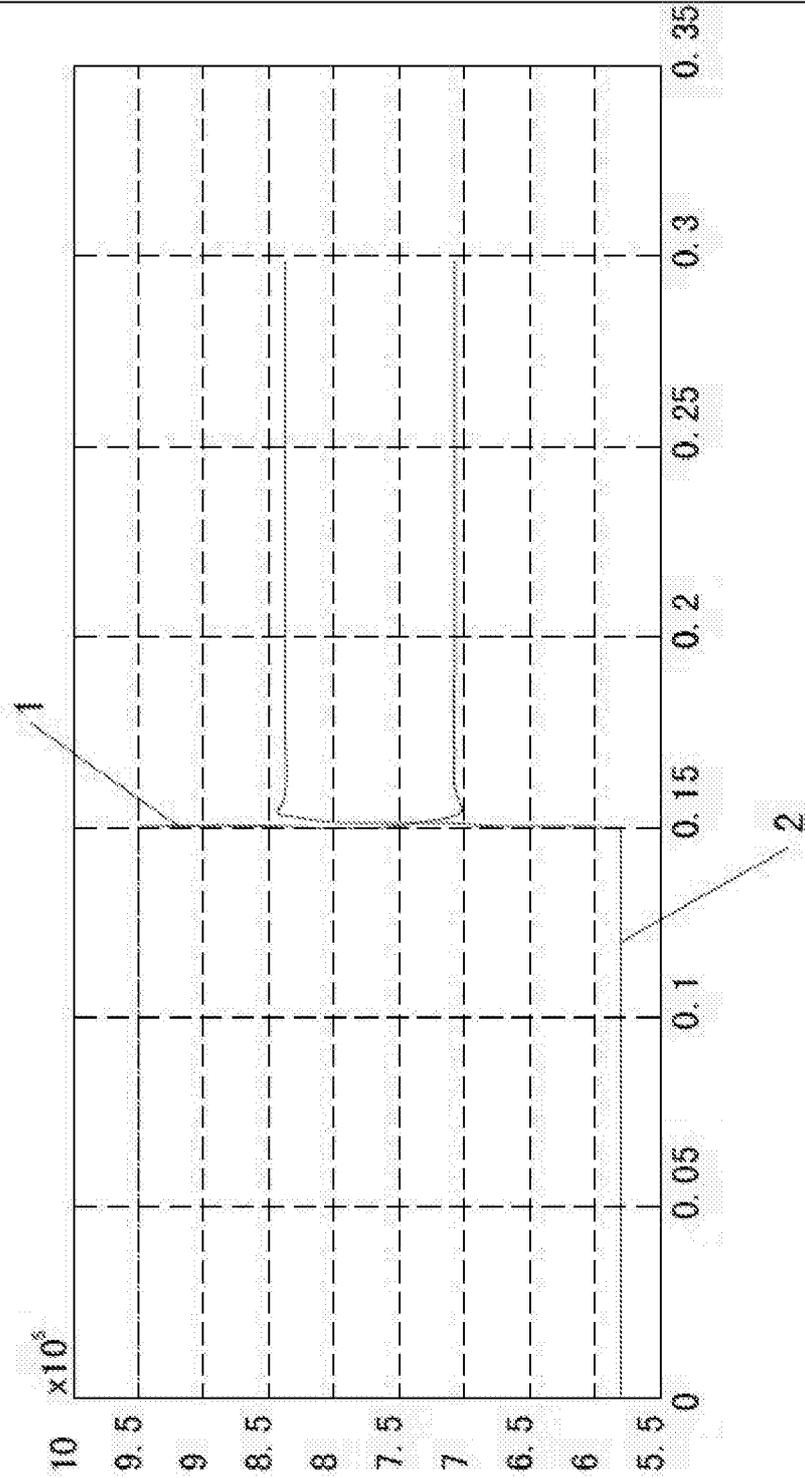


图6

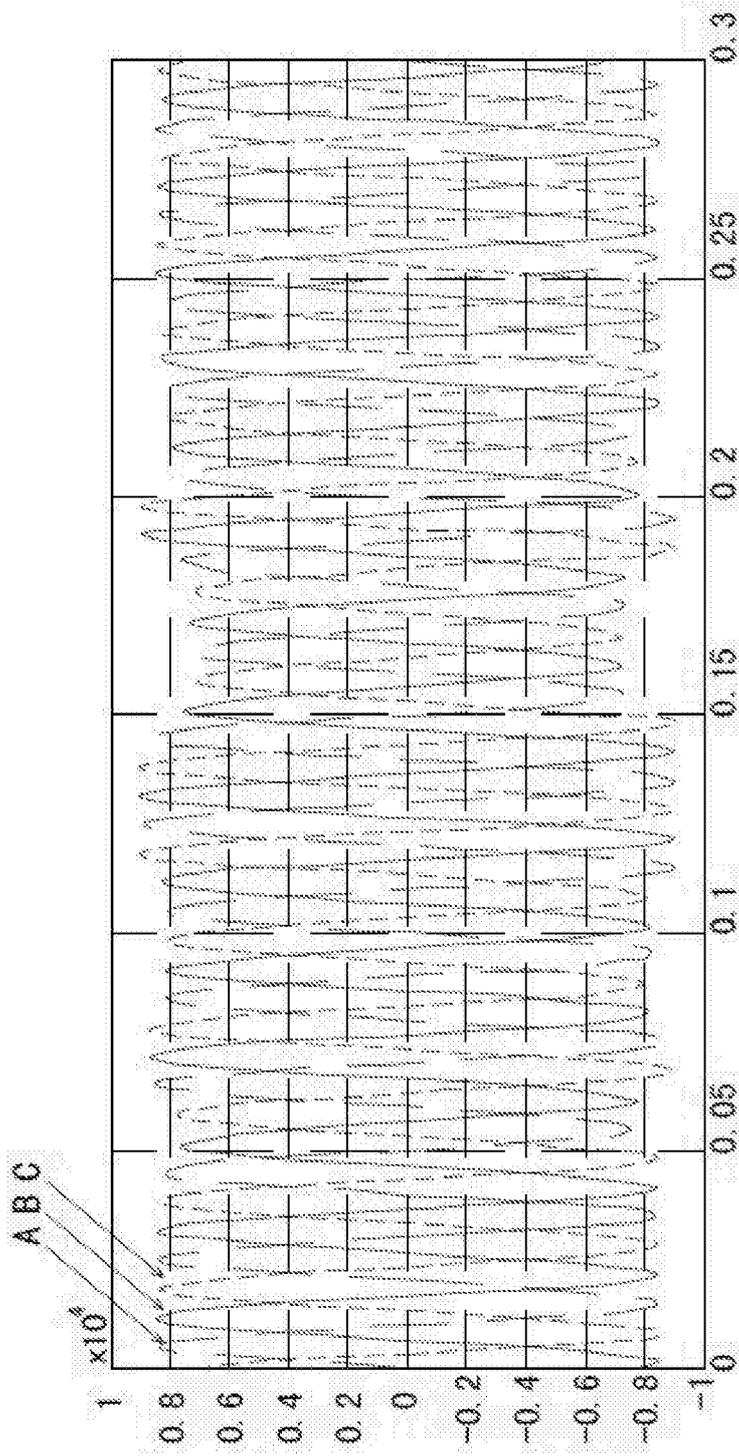


图7

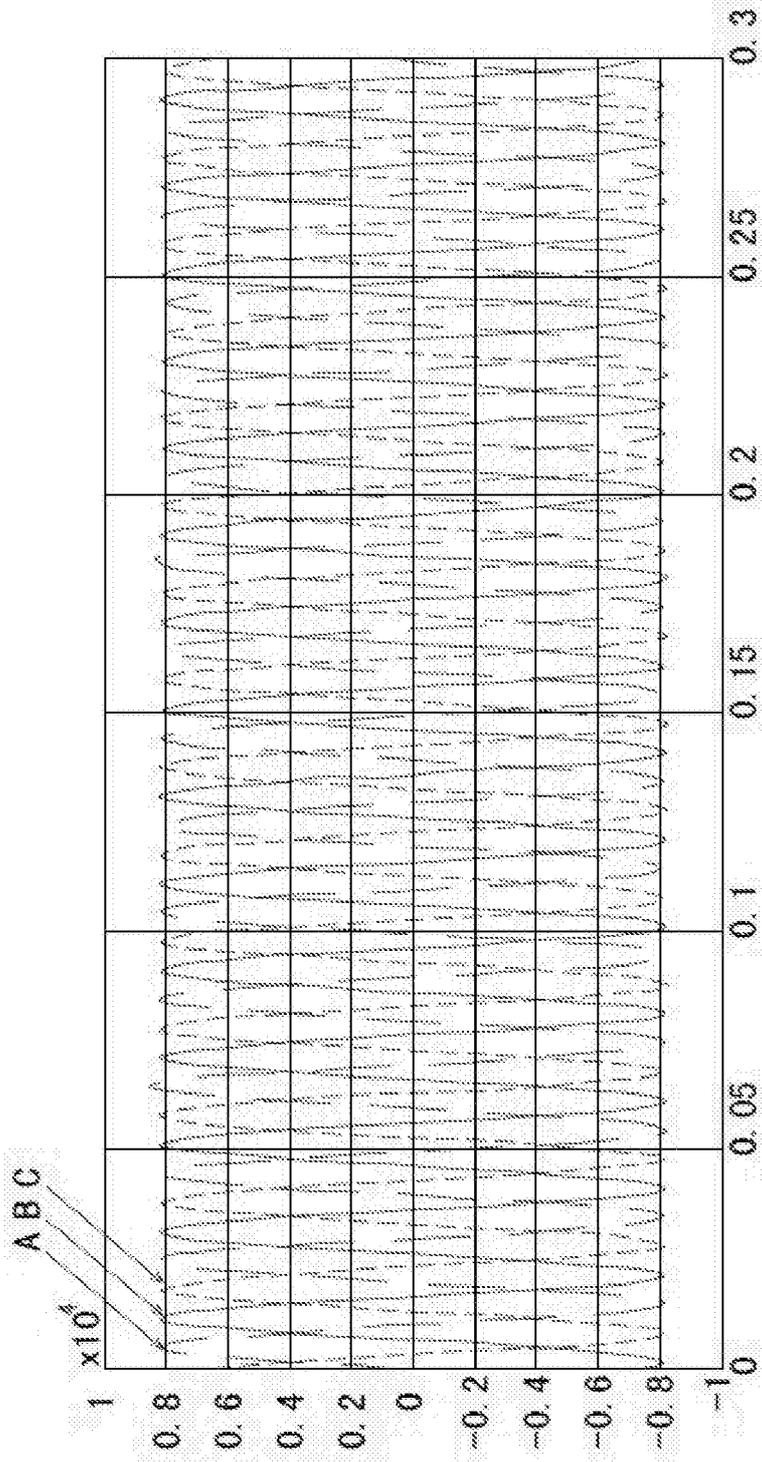


图8

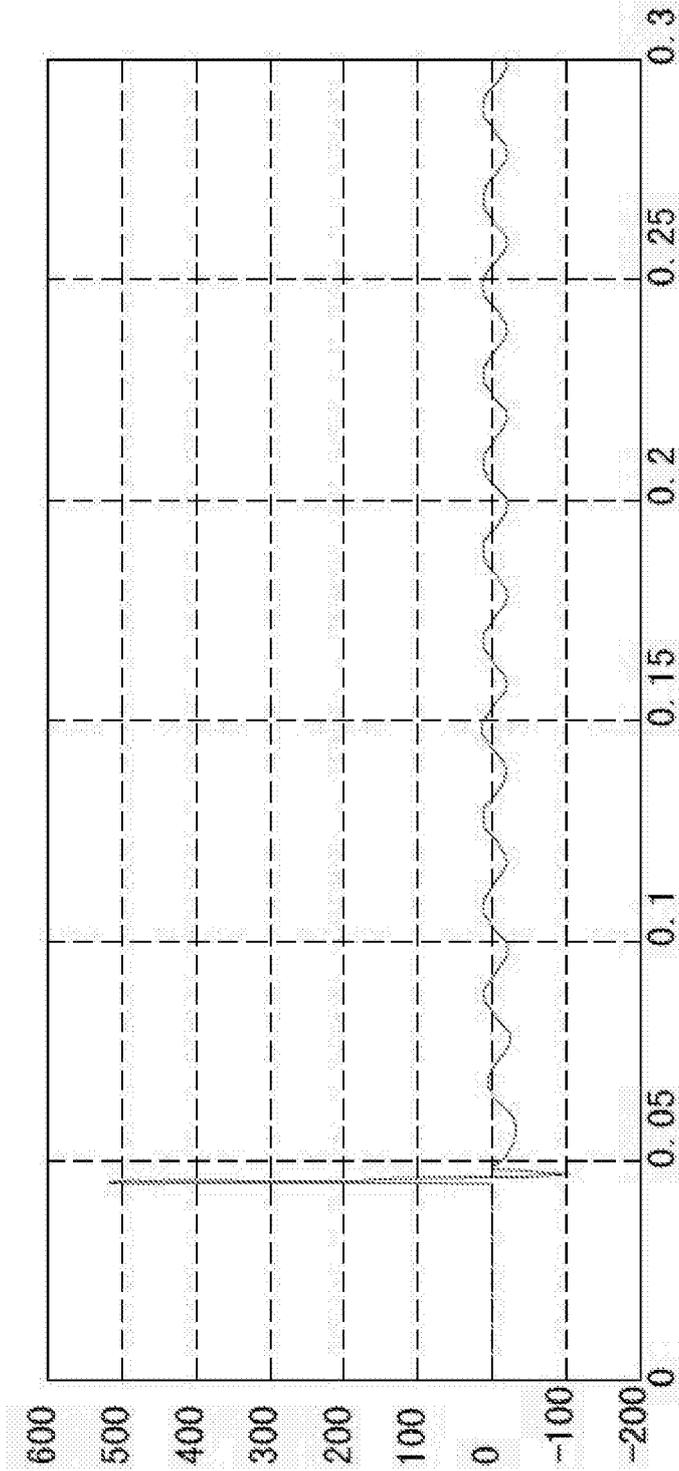


图9

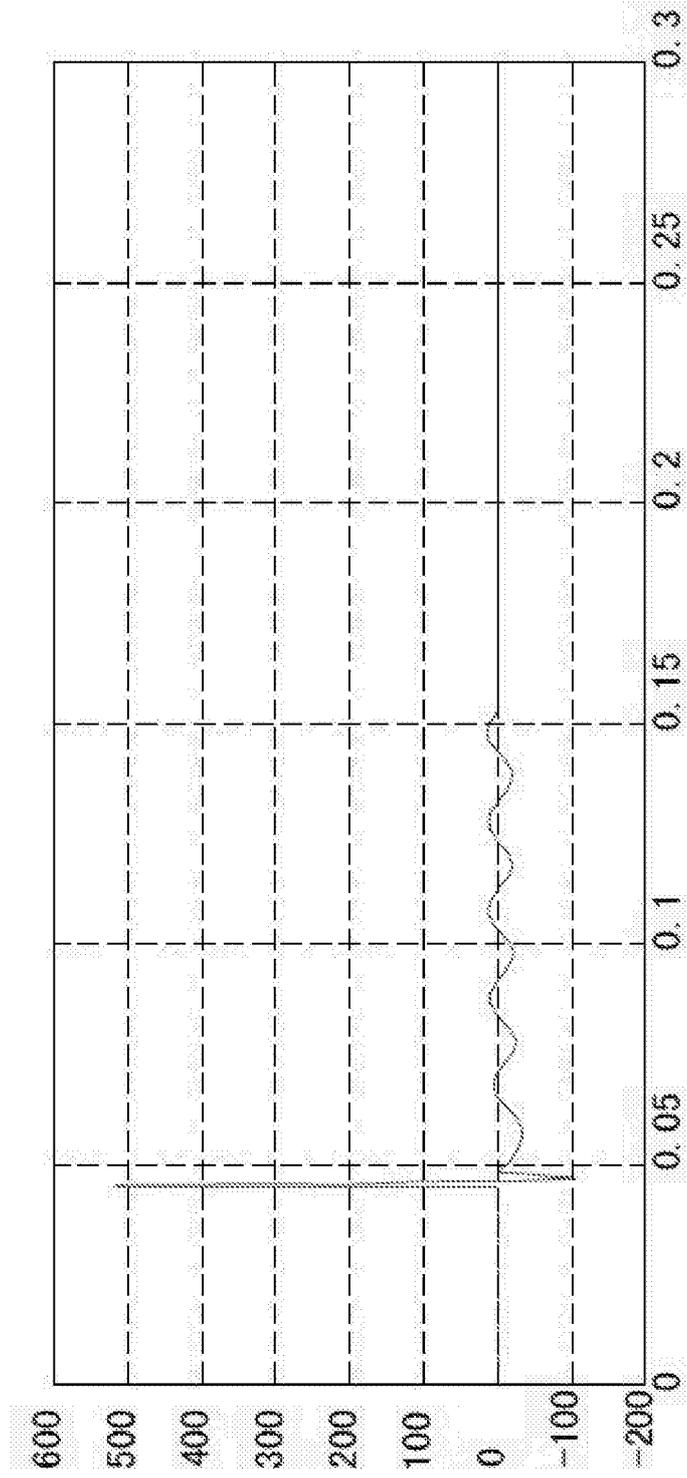


图10