



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206389275 U

(45)授权公告日 2017.08.08

(21)申请号 201720087456.5

(22)申请日 2017.01.23

(73)专利权人 中国人民解放军61489部队

地址 471023 河南省洛阳市龙门西山路3号
院

(72)发明人 张耀辉 谢彦召 李跃波 黄刘宏
熊久良 刘锋 杨杰 李红岩

(74)专利代理机构 郑州中民专利代理有限公司
41110

代理人 郭中民

(51)Int.Cl.

H02M 1/32(2007.01)

H02M 1/12(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

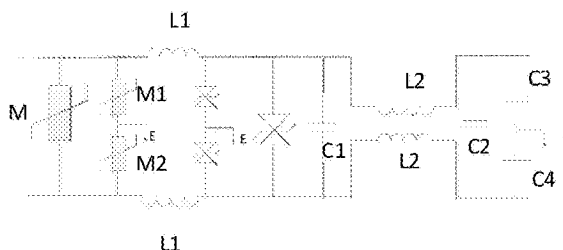
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)实用新型名称

一种用于电源线的高功率电磁脉冲防护模块

(57)摘要

本实用新型公开了一种用于电源线的高功率电磁脉冲防护模块,其整体为时域瞬态抑制电路和频域滤波电路集成的一个综合防护模块,整体使用金属外壳屏蔽。所述时域瞬态抑制部分由响应速度较快的压敏电阻和TVS二极管采用高低配合的方式组合,包括压敏电阻M、M1、M2、去耦电感L1、L2以及TVS二极管,TVS二极管后接频域滤波部分;所述的频域滤波部分由 π 型滤波和电容滤波相结合,包括电容C1、C2和电感线圈L,电容C3、C4,电容C1、C2和电感线圈L共同构成 π 型滤波电路,电容C3、C4接在线地间用以滤除共模干扰;本实用新型各部分电路较为简单,且防护效果经过参照IEC标准搭建测试系统的检验,具有较好的推广和使用前景。



1. 一种用于电源线的高功率电磁脉冲防护模块,其特征是:其整体为时域瞬态抑制电路和频域滤波电路集成的一个综合防护模块,整体使用金属外壳屏蔽,包括时域瞬态抑制部分和频域滤波部分,所述时域瞬态抑制部分由响应速度较快的压敏电阻和TVS二极管采用高低配合的方式组合,包括压敏电阻M、M1、M2、去耦电感L1、L2以及TVS二极管,用以滤除线地间的共模干扰的压敏电阻M1、M2以及用以滤除线线间的差模干扰的压敏电阻M串并联后,其输出端两端分别通过去耦电感L1、L2和TVS二极管组并联,TVS二极管组后接频域滤波部分;所述的频域滤波部分由 π 型滤波和电容滤波相结合,包括电容C1、C2和电感线圈L,电容C3、C4,电容C1、C2和电感线圈L共同构成 π 型滤波电路,其中电感线圈L绕制成共模扼流圈的形式,电容C3、C4接在线地间用以滤除共模干扰。

2. 根据权利要求1所述的用于电源线的高功率电磁脉冲防护模块:所述的时域瞬态抑制部分采用高低配合的组合方式,其中压敏电阻为第一级,动作电压为910V,最大浪涌通流量为7kA;TVS二极管为第二级,动作电压为440V,最大浪涌通流量为3kA。

3. 根据权利要求1所述的用于电源线的高功率电磁脉冲防护模块,其特征是:所述时域瞬态抑制部分级间去耦电感的选取,采用理论分析和软件仿真的方法确定,其取值为去耦电感L1、L2为0.5 μ H。

4. 根据权利要求1所述的用于电源线的高功率电磁脉冲防护模块:所述的频域滤波部分滤波器截止频率为10kHz,电感线圈L为1000 μ H,电容C1、C2为25.3 μ F,电容C3、C4为253nF。

一种用于电源线的高功率电磁脉冲防护模块

技术领域

[0001] 本实用新型涉及高功率电磁脉冲防护技术领域,尤其是涉及一种用于电源线的高功率电磁脉冲防护模块。

背景技术

[0002] 高功率电磁脉冲武器的发展对电子电力系统的安全造成了严重的威胁,高功率电磁脉冲具有功率高,脉冲上升时间快,频带宽的特点。高功率电磁脉冲可通过信息化设备的电源线耦合并传导进入设备内部造成破坏。随着电子设备微电子化程度的提高,设备内部半导体器件的耐压阈值越来越低,针对电源线的传导骚扰防护引起了越来越多的重视。

[0003] 使用浪涌防护模块是抑制设备传导骚扰的重要方法,目前浪涌防护技术在防雷领域应用得较为成熟。与雷电相比,高功率电磁脉冲信号在线缆上耦合的骚扰波形,高频成分更多,时域上具有更快的上升沿,典型波形上升沿为几纳秒,传统的雷电防护模块无法有效用于高功率电磁脉冲的防护,电子信息设备面临着被高功率电磁脉冲损毁的危险。

[0004] 目前国内针对电源线的高功率电磁脉冲防护多使用暂态抑制和频域滤波的方法,相应的防护产品有浪涌保护器和电源滤波器等。针对暂态抑制部分防护器件的选型,多基于经验判断,缺乏较为深入的研究和方案设计。针对防护模块的防护效果,也缺乏有效的试验检验。

实用新型内容

[0005] 本实用新型的目的是提供一种用于电源线的高功率电磁脉冲防护模块,在于解决现有防护模块防护特性不理想,防护器件选型缺乏合适方案和理论依据等问题。

[0006] 为了实现本实用新型的目的,本实用新型采用如下技术方案:

[0007] 本实用新型提供了一种用于高功率电磁脉冲防护的综合模块,包括时域瞬态抑制部分和频域滤波部分,整体使用金属外壳屏蔽;所述时域瞬态抑制部分由响应速度较快的压敏电阻和TVS二极管采用高低配合的方式组合,包括压敏电阻M、M1、M2、去耦电感L1、L2以及TVS二极管,压敏电阻M1、M2用以滤除线地间的共模干扰,压敏电阻M用以滤除线线间的差模干扰,压敏电阻输出端两端分别通过去耦电感L1、L2和TVS二极管组并联,TVS二极管也分为滤除共模干扰和差模干扰的部分,TVS二极管组后接频域滤波部分;所述的频域滤波部分由 π 型滤波和电容滤波相结合,包括电容C1、C2和电感线圈L,电容C3、C4;电容C1、C2和电感线圈L共同构成 π 型滤波电路,其中电感线圈L绕制成共模扼流圈的形式,电容C3、C4接在线地间用以滤除共模干扰;高功率电磁脉冲到来时,响应速度极快的TVS二极管首先动作,发挥保护作用,在快前沿脉冲作用下,压敏电阻两端电压会快速升高导致器件动作,起到泄放大部分浪涌能量的作用,电磁脉冲能量进入到频域滤波部分,通过调节滤波器的通频带,使得漏过瞬态抑制模块的大部分电磁脉冲能量在敏感设备端口前被有效抑制。

[0008] 本实用新型具有以下有益效果和优点:

[0009] 本实用新型提供了一种综合防护模块,可用于220V电源线的高功率电磁脉冲防

护,采用多级防护理念,第一部分为时域瞬态抑制电路,第二部分为频域滤波电路。瞬态抑制部分采用响应速度较快的压敏电阻和TVS二极管组合,并通过参数计算选取合适的去耦电感值,调节器件间的时间配合和能量配合,使第一部分具有纳秒级的响应速度和kA级的通流能力。频域滤波电路采用 π 型滤波和电容滤波相结合,通过调节滤波器的通频带,使得漏过瞬态抑制模块的大部分电磁脉冲能量在敏感设备端口前被有效抑制。考虑到高功率电磁脉冲能量较大,频域滤波电路的电感电容元件选取具有较高耐压值的器件。使用将时域瞬态抑制和频域滤波集成到一个模块的方法设计综合防护模块,其创新之处在于在典型防护器件纳秒脉冲响应测试的基础上,重点对瞬态抑制电路中防护器件的选取配合规则和频域滤波电路的参数设计进行了研究,并以220V电源线为例,设计了一种综合防护模块,该模块经根据IEC标准搭建的试验系统检测具有良好的防护效果。

附图说明

[0010] 图1为高功率电磁脉冲防护模块示意图。

[0011] 其中M、M1、M2压敏电阻型号为S20K550号,TVS二极管型号为HFA-430L号,电感 $L_1=0.5\mu\text{H}$, $L_2=1000\mu\text{H}$, $C_1=C_2=25.3\mu\text{F}$, $C_3=C_4=253\text{nF}$ 。

[0012] 图2为第一部分暂态抑制电路原理图。

[0013] 其中R1为压敏电阻,R2为TVS二极管。

[0014] 图3为图2所示电路的SPICE仿真图。

[0015] 图4为第二部分频域滤波电路的原理图。

[0016] 图5为图4所示电路的扫频分析图。

[0017] 图6为压敏电阻响应曲线。

[0018] 图7为TVS二极管响应曲线。

[0019] 图8为防护模块高功率电磁脉冲测试系统示意图。

[0020] 图9为防护模块高功率电磁脉冲注入源波形与残压波形对比图。

[0021] 图10为不同电压脉冲注入下的残压图。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图和具体实施方式对本实用新型做进一步说明。

[0023] 如图1所示:所述的用于高功率电磁脉冲防护的综合模块,包括时域瞬态抑制部分和频域滤波部分,整体使用金属外壳屏蔽;所述时域瞬态抑制部分包括压敏电阻M、M1、M2、去耦电感 L_1 、 L_2 以及TVS二极管,压敏电阻用以滤除线地间的共模干扰和线线间的差模干扰,压敏电阻输出端两端分别通过去耦电感 L_1 、 L_2 和TVS二极管组并联,TVS二极管组后接频域滤波部分;所述的频域滤波部分包括电容 C_1 、 C_2 和电感线圈L,电容 C_3 、 C_4 ,电容 C_1 、 C_2 和电感线圈L共同构成 π 型滤波电路,其中电感线圈L绕制成共模扼流圈的形式,电容 C_3 、 C_4 在线地间用以滤除共模干扰。

[0024] 如图2所示的时域瞬态抑制部分电路原理图,高功率电磁脉冲作用到防护电路时,所述的第一部分暂态抑制电路配合机理为:响应速度极快的(小于1ns)的TVS二极管首先动作,发挥保护作用,此时在去耦电感的作用下,第一级压敏电阻两端的电压等于TVS两端电压和电感两端电压之和,即 $U_{\text{压敏电阻}}=U_{\text{TVS}}+U_L$,其中 $U_L=L\times di/dt$ 。在快前沿脉冲作用下, di/dt 较

大,压敏电阻两端电压会快速升高导致器件动作,起到泄放大部分浪涌能量的作用。第二级TVS二极管在导通后可以发挥精确钳位的优势,保证被保护设备两端电压在可承受范围内。

[0025] 以220V电源线为例,本设计中为了增大暂态抑制模块的浪涌泄放能力,防护器件均选用具有较大通流能力的器件。其中压敏电阻型号为S20K550,动作电压为910V,最大浪涌通流量为7kA;TVS二极管型号为HFA-430L,动作电压为440V,最大浪涌通流量为3kA。

[0026] 所述的级间去耦电感的选取,利用图2所示的电路图进行估算。假设L取值合适,两种元件均导通后,根据相关文献分析可知,前后两级的通流量为:

$$[0027] \quad I_1 \approx a \cdot I - \frac{R_1 a t^2}{2L} = I_{\frac{1}{2}} - \frac{R_1 a t^2}{2L}, I_2 \approx I = \frac{R_1 a t^2}{2L} \quad (1)$$

[0028] 式(1)中R1为压敏电阻阻抗, α 为电磁脉冲陡度。可知通流量的分配与脉冲陡度、压敏电阻阻抗R1和电感L值有关。采用SPICE软件仿真分析的方法,搭建图3所示的仿真电路,调整L值从0.01 μ H逐步升高到5 μ H,监测一二级的通流量。当L=0.5 μ H时,一二级的通流量大致满足9:1的关系,符合高低设计常用的设计原则。此处确定去耦电感值为L=0.5 μ H。

[0029] 如图4所述的第二部分频域滤波电路,其主要作用是对电磁脉冲经瞬态保护模块后信号中高于截止频率的部分进行衰减。电源线上的干扰包括差模干扰和共模干扰两种。电磁脉冲的频谱分布很宽,一般小于100MHz,但是90%以上的能量集中在100kHz以下,因此差模干扰起主要作用,也需兼顾考虑共模干扰的影响。设计如图4所示的LC滤波器,要求截止频率不小于其工作频率的十倍,且通带内响应平坦。

[0030] 如图4所述的第二部分频域滤波电路,其中C1、C2和L共同构成 π 型滤波电路,主要滤除差模干扰信号,L绕制成共模扼流圈的形式,即两个电感绕在同一个线圈上,圈数相同,方向相反。C3、C4主要滤除共模干扰。将滤波器截止频率确定在10kHz,选取L=1000 μ H,C1=C2=25.3 μ F,C3=C4=253nF。图5为仿真得到的截止频率图,结果表明该滤波器转折频率大约在10kHz左右;对于频率为100kHz的信号,衰减可以达到40dB以上,具有较好的滤波效果。

[0031] 第一部分暂态抑制电路所选用防护器件均经过测试,具体测试方法为使用前沿2ns、脉宽(1 μ s-50ns)可调、幅值0-2kV可调的方波脉冲信号源,对常用防护器件中响应速度较快的压敏电阻和TVS二极管进行注入测试,测试结果如图6、图7所示。可知相比压敏电阻,TVS二极管具有更快的响应速度和更为精确的钳压能力,但是由于引线电感等因素影响,前端会出现电压过冲现象。据此,第一部分暂态抑制电路采用二级防护设计,采用高低配合的方式,第一级采用通流能力较强的压敏电阻用以泄放大电流,第二级采用响应速度较快、钳位电压精确的TVS二极管用以泄放部分电流和精确钳压。中间设计去耦电感,达到一二级间电流分配和抬升第一级电压的作用。

[0032] 在实际应用时,防护模块均设计在PCB板上,注意尽量减小引线电感等杂散参数的影响,使得该防护模块发挥出较好的防护性能。即具有纳秒级的响应速度和kA级的通流能力,同时具有较低的残压水平,尽可能降低对被保护设备正常工作的影响。

[0033] 而在对本防护器的防护性能进行检验时:

[0034] 依据IEC标准建立如图8所示的方波脉冲注入测试系统,对所研制的综合防护模块进行注入测试试验。分别对比脉冲源波形和经过防护模块后的残压波形,来判断防护模块的残压效果。不断升高脉冲电压幅值,进一步检验防护模块的浪涌抑制水平。

[0035] 如图9、图10所示的防护模块高功率电磁脉冲注入源波形与残压波形对比图以及为不同电压脉冲注入下的残压图,可知该防护模块可将前沿为2ns,幅值为1.5kV的电磁脉冲有效地限制在100V以下。随着外加脉冲电压幅值的增大,防护模块残压值会变大,但2kV以内的电磁脉冲注入时,模块防护效果均比较理想,最高残压值为122V。

[0036] 本实用新型上述的实施例只是用来帮助理解本实用新型的方法及其核心思想。应当指出,对于本领域的普通技术人员来讲,在不脱离本实用新型原理的前提下还可以对本实用新型进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本实用新型权利要求的保护范围内。

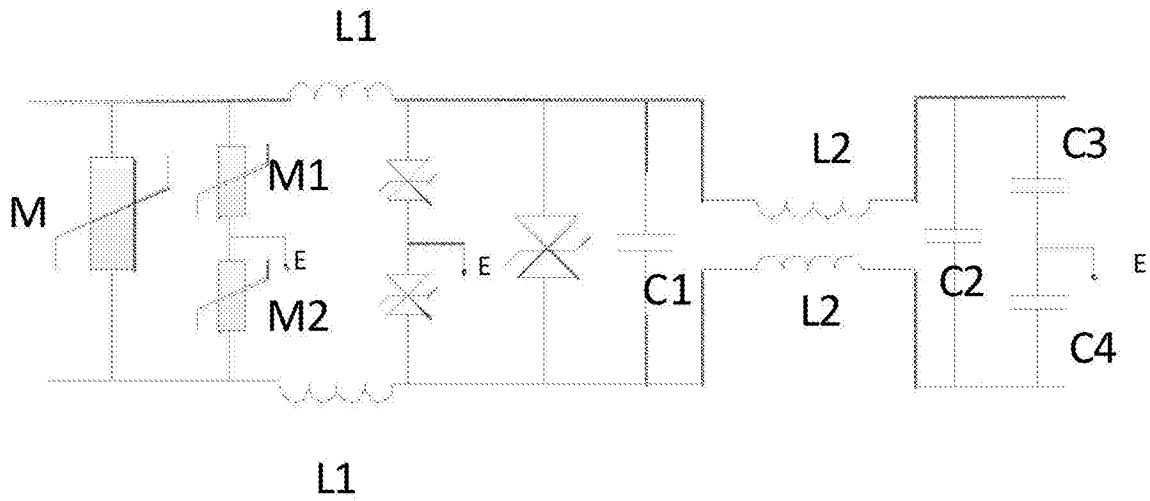


图1

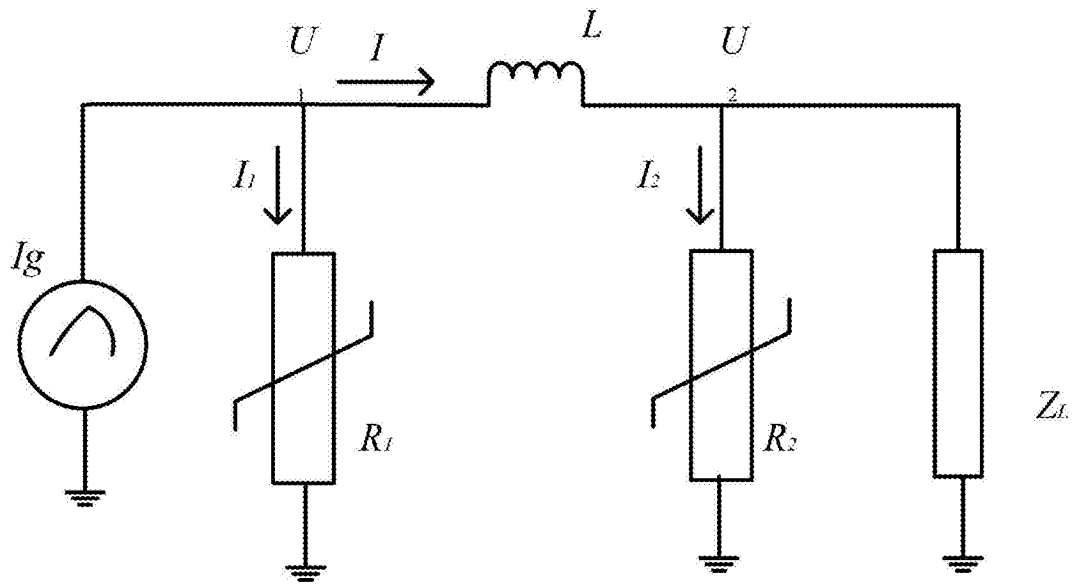


图2

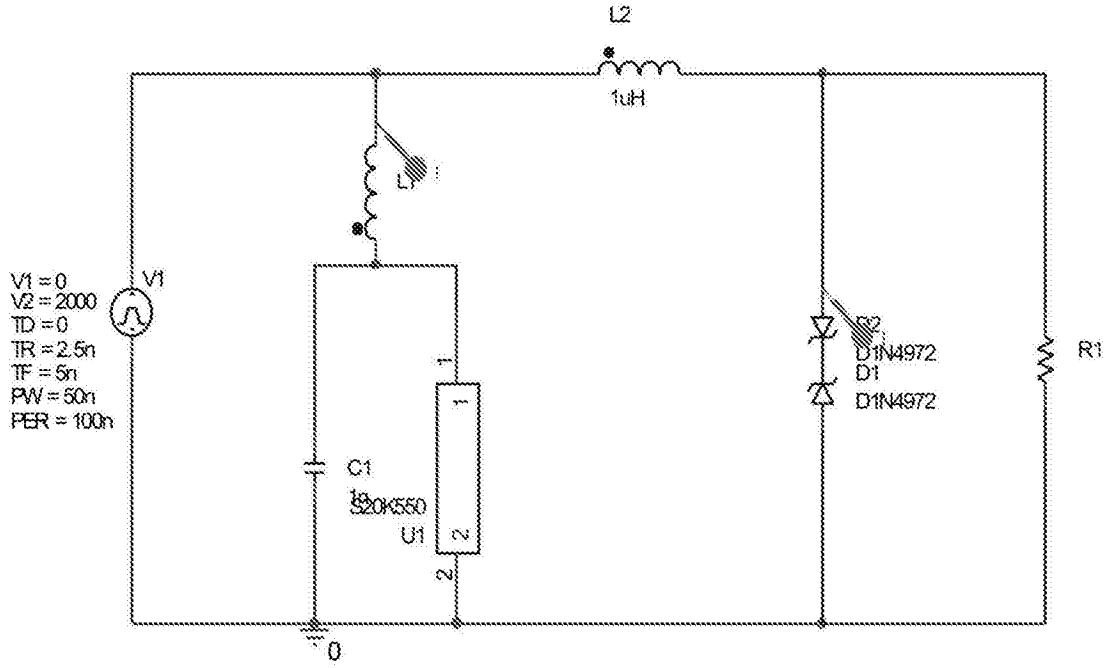


图3

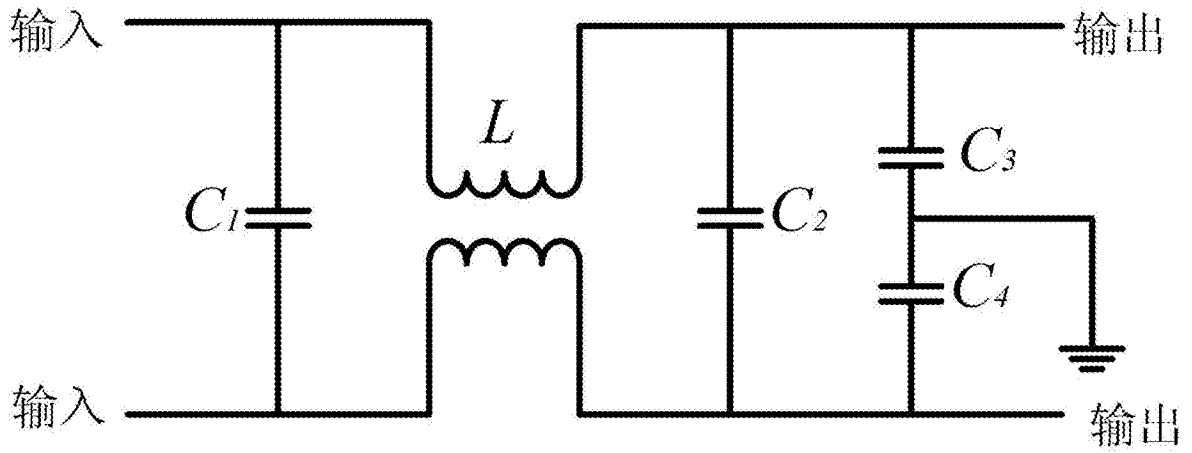


图4

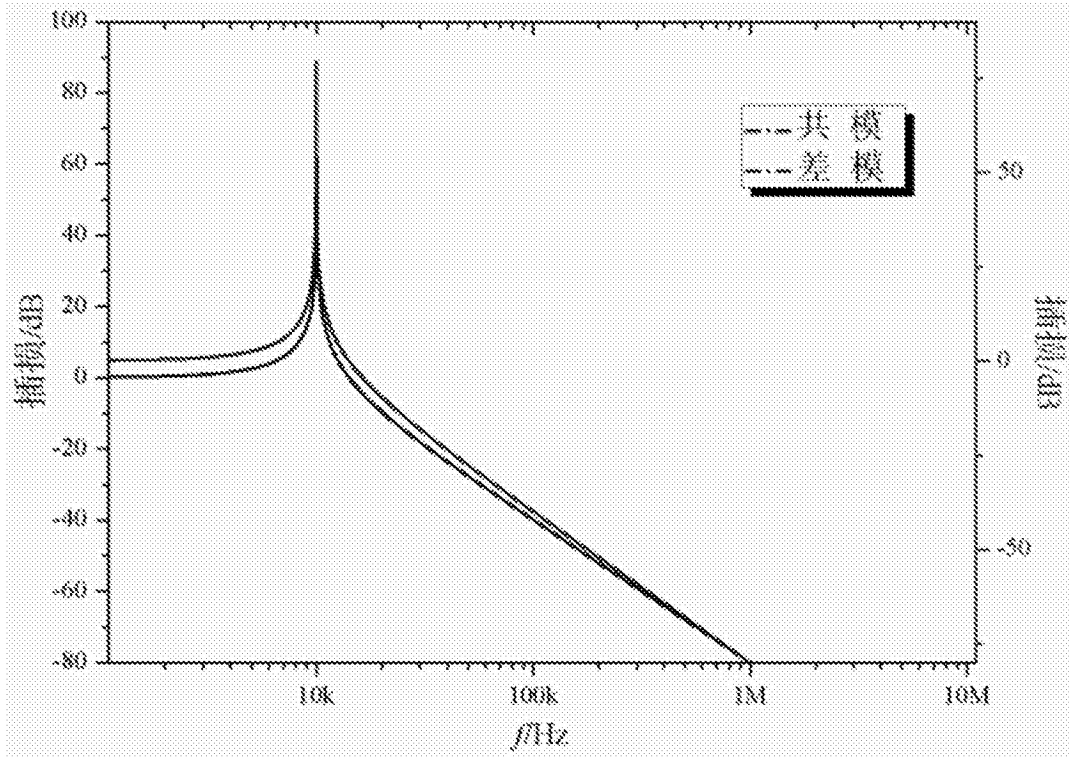


图5

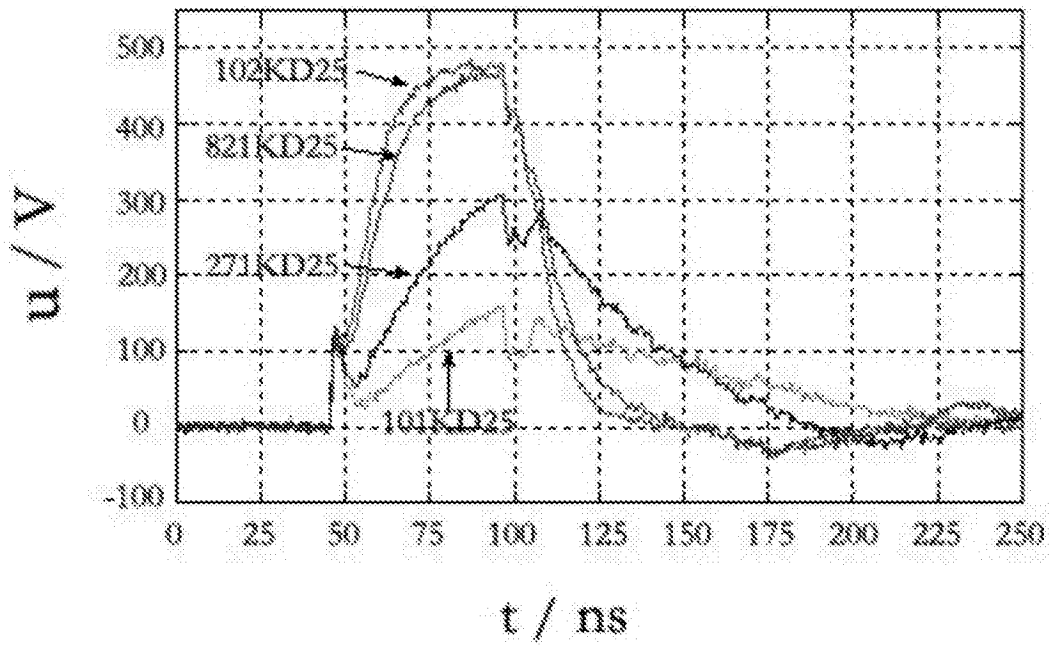


图6

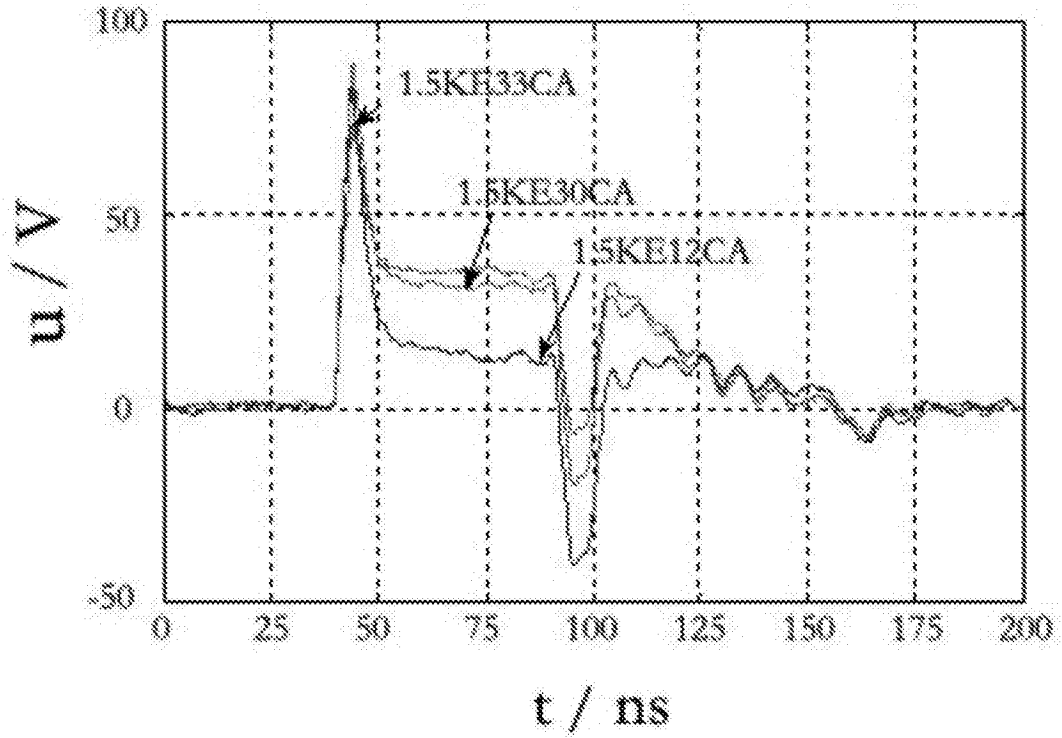


图7

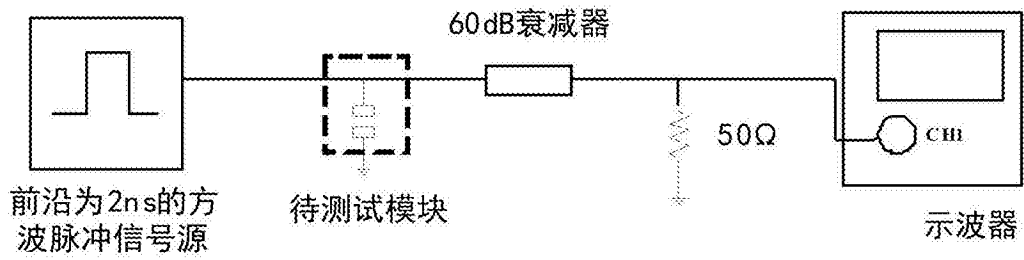


图8

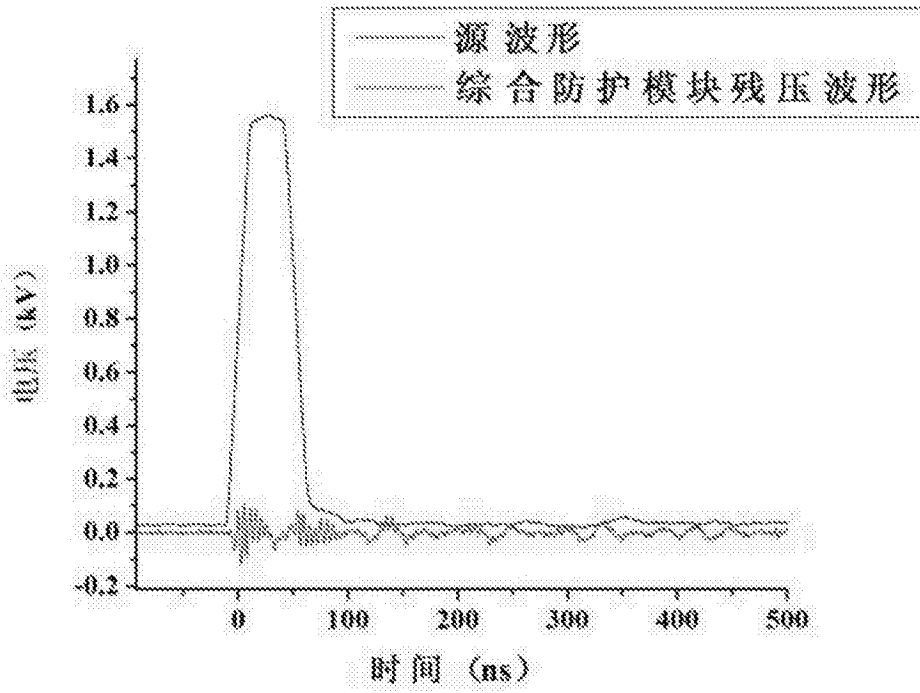


图9

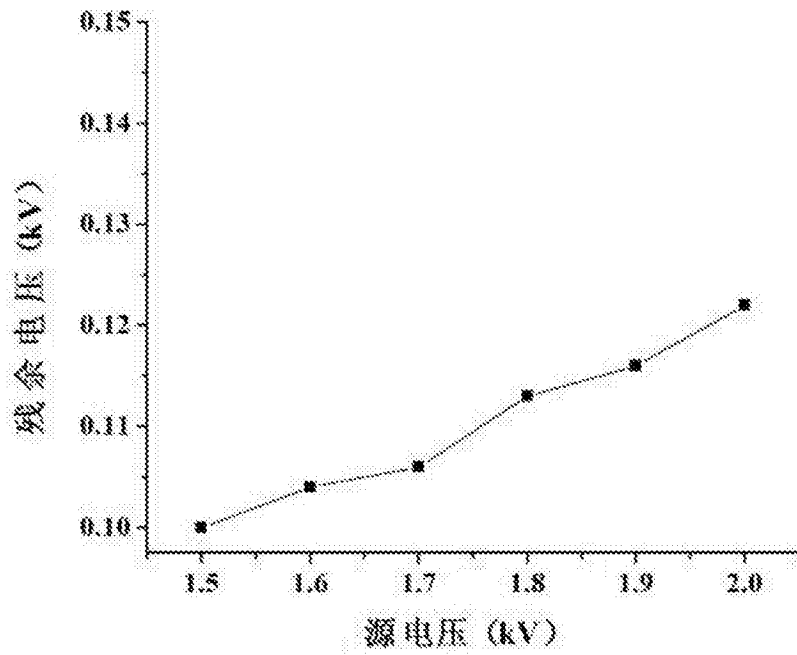


图10