(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113782286 A
(43)申请公布日 2021.12.10

(21)申请号 202110828651.X

(22)申请日 2021.07.22

(71)申请人 西安交通大学
地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 孙晋茹 姚学玲 陈景亮 田向渝 雷望龙

(74)专利代理机构 西安众和至成知识产权代理事务所(普通合伙) 61249
代理人 张震国

(51)Int.Cl.
*H01C 7/12*(2006.01)

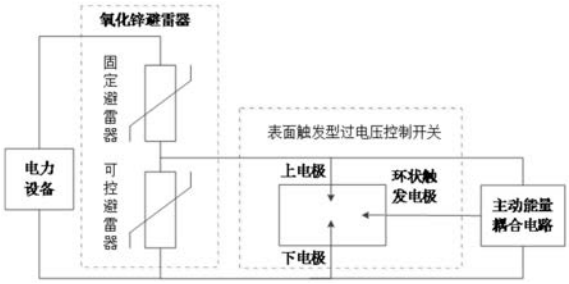
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器

(57)摘要

一种带有表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，包括氧化锌避雷器，所述的氧化锌避雷器包括串联连接的固定避雷器和可控避雷器；固定避雷器的上电极连接有与氧化锌避雷器并联连接的被保护电力设备的上端，可控避雷器的下电极连接有被保护避雷设备的下端；可控避雷器与表面触发型过电压控制开关并联；在可控避雷器与表面触发型过电压控制开关之间连接有自动能量耦合触发电路；本发明中与可控避雷器并联的表面触发型过电压控制开关具有较高的交、直流耐受电压，较低的冲击击穿电压、快速的过电压响应速度，以及与整个避雷器具有良好配合等显著特点，可以显著改善整个避雷器的伏安特性，限制雷电和操作过电压的水平。




CN 113782286 A

1.一种表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，其特征在于，包括氧化锌避雷器和表面触发型过电压控制开关，所述的氧化锌避雷器包括串联连接的固定避雷器和可控避雷器，可控避雷器与表面触发型过电压控制开关并联；所述的固定避雷器的上电极与被保护电力设备的上端相连，所述的可控避雷器的下电极与被保护电力设备的下端相连；

所述的表面触发型过电压控制开关是一个具有环状触发电极的触发型表面放电过电压控制开关，包括上绝缘壳体(1)、下绝缘壳体(2)、上端法兰(5)和下端法兰(6)构成的气压为$10^{0}$～$10^{3}$或者$10^{4}$～$5\times10^{5}$Pa的密闭腔体(12)、或真空度为$10^{-1}$～$10^{-5}$Pa的真空密闭腔体(12)，在密闭腔体(12)内设置有通过上、下导流杆(10、11)安装在上、下端法兰(5、6)上的上电极(3)和下电极(4)，且下电极(4)的触头直径不大于上电极(3)的触头直径，上电极(3)和下电极(4)之间构成放电间隙，在上绝缘壳体(1)和下绝缘壳体(2)之间的下电极(4)周围安装有环状触发电极(7)，环状触发电极(7)有一伸出的连接端子，用于连接雷电感应过电压或操作过电压通过主动耦合触发电路耦合过来的雷电能量，环状触发电极(7)与下电极(4)之间安装有起绝缘隔离作用的环状表面放电绝缘介质材料(8)，环状触发电极(7)、环状表面放电绝缘介质材料(8)与下电极(4)构成主动型过电压控制开关的表面放电触发器，环状触发电极(7)与环状表面放电绝缘介质材料(8)紧密接触，环状表面放电绝缘介质材料(8)及环状触发电极(7)的上表面均不高于下电极(4)的上表面，同时在上电极(3)、下电极(4)周围的上绝缘壳体(1)内安装有电弧屏蔽罩(9)；

在可控避雷器与表面触发型过电压控制开关之间连接有自动能量耦合触发电路；所述的自动能量耦合触发电路为二端口网络电路，其输入端口的上、下端分别与可控避雷器、表面触发型过电压控制开关的上、下电极连接，其输出端口与表面触发型过电压控制开关的环状触发电极(7)连接。

2.根据权利要求1所述的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，其特征在于：所述的环状表面放电绝缘介质材料(8)的上表面与下电极(4)的上表面在同一水平面或低于下电极(4)上表面1mm～5mm。

3.根据权利要求1所述的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，其特征在于：所述的环状触发电极(7)的上表面低于下电极(4)的上表面，表面放电绝缘介质材料(8)的上表面与环状触发电极(7)的上表面在同一水平面或低于环状触发电极(7)上表面1mm～3mm。

4.根据权利要求1所述的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，其特征在于：所述的环状触发电极(7)安装在上、下绝缘壳体(1、2)的结合处，其厚度为3-5mm。

5.根据权利要求1所述的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，其特征在于：所述的环状表面放电绝缘介质材料(8)采用环宽为5-15mm的聚四氟乙烯、半导体或陶瓷材料。

6.根据权利要求1所述的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，其特征在于：所述的环状触发电极(7)的内环覆盖在环状表面放电绝缘介质材料(8)上表面上，覆盖环状绝缘放电介质材料(8)的尺寸为2～5mm。

7.根据权利要求1所述的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发

型可控避雷器，其特征在于：所述的电弧屏蔽罩(9)采用无氧铜制成。

8.如权利要求1所述的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，其特征在于，所述的固定避雷器与可控避雷器均由多个氧化锌非线性电阻片(15)串联而成，通过绝缘填充胶(16)固定安装在绝缘套中，在串联的电阻片(15)上、下端均设置有通过避雷器上、下法兰(18、19)与串联的电阻片(15)电连接的避雷器上、下电极(13、17)，串联的电阻片外侧安装有外绝缘伞裙(14)，且可控避雷器的电阻片的数量少于固定避雷器的电阻片数量。

9.如权利要求8所述的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，其特征在于，所述的可控避雷器中氧化锌电阻片的数量为固定避雷器中氧化锌电阻片数量的15-30％。

10.如权利要求1所述的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，其特征在于，所述的自动能量耦合触发电路包括由两个耦合电容组成的能量耦合单元，其中一个耦合电容并联有升压脉冲变压器，升压脉冲变压器与其并联的耦合电容间设置有隔离间隙。

# 一种表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器

## 技术领域

[0001] 本发明属于避雷器技术领域，涉及触发型可控避雷器，具体涉及一种表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器。

## 技术背景

[0002] 过电压防护是电力系统安全运行的重要保障。随着输配电电网电压等级的提高，过电压水平将直接影响到电力设备的选型、制造技术和工程费用，其中，操作过电压更是电力系统绝缘水平的决定性因素。同时，由于雷电过电压的保护水平也是避雷器的主要性能评价指标，对电力设备的绝缘水平同样起着决定性的作用。由于受到氧化锌避雷器技术性能的制约，在现有特高压线路中通常通过常规避雷器和断路器加装合闸电阻的联合作用了限制系统操作过电压的水平，但是，由于断路器加装合闸电阻存在结构负载、运行可靠性不高以及经济性差等缺陷。因此，诸多研究者提出了基于开关的可控避雷器的概念，并在电力领域获得了较为广泛的工程应用。

[0003] 复合避雷器中的控制间隙最早采用不可控的间隙，可控部分依靠并联间隙的自击穿来实现，但由于自击穿间隙工作的分散性，存在不能限制雷电或超过过电压的知名缺陷；20世纪90年代，美国研究人员提出将晶闸管开关引入的可控避雷器中，通过多只晶闸管的串联组合实现高压耐受，晶闸管的可控关断解决了可控避雷器工作的快速响应、准确控制的技术难题，原理上可以实现避雷器伏安特性的精确控制。但是存在以下两个方面的严重缺陷：①由于晶闸管电压的限制，高压情况下需要许多个晶闸管的串联连接，同步触发的技术难题需要解决；②由于晶闸管受到其电压变化率dU/dt和电流变化率dI/dt的限制，因而需要附加的电压和电流限制措施对其保护，增加了过电压保护的复杂性，同时还会对避雷器的电压分布造成比较大的影响。随着电力、高速信息化铁路等的发展需求，对可控避雷器提出了更高的要求，主要包括要求：(1)控制间隙具有较高的直流/交流耐压，确保在正常情况下不影响避雷器的工作状态，但须具有较低的脉冲击穿电压，确保在雷电过电压或操作过电压情况下，能尽快导通，从而将避雷器的可控部分短路，改善整个避雷器的伏安特性。(2)控制间隙的触发控制电路需要自动耦合雷电过电压或操作过电压的能量，且雷电过电压或操作过电压的能量不至于引起过电压控制开关耦合触发回路的损坏和破坏。

## 发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点，提供了一种具有较高的交/直流耐受电压、较低的冲击击穿电压、快速的过电压响应速度，以及与整个避雷器具有良好配合等显著特点，可以显著改善整个避雷器的伏安特性，限制雷电和操作过电压的水平的由表面触发型过电压控制开关与具有固定部分和可控部分的氧化锌避雷器组成的表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器。

[0005] 显著改善整个避雷器的伏安特性，限制雷电和操作过电压的水平。

[0006] 为达到上述目的，本发明采用的技术方案是：

[0007] 包括氧化锌避雷器和表面触发型过电压控制开关，所述的氧化锌避雷器包括串联连接的固定避雷器和可控避雷器，可控避雷器与表面触发型过电压控制开关并联；所述的固定避雷器的上电极与被保护电力设备的上端相连，所述的可控避雷器的下电极与被保护电力设备的下端相连；

[0008] 所述的表面触发型过电压控制开关是一个具有环状触发电极的触发型表面放电过电压控制开关，包括上绝缘壳体、下绝缘壳体、上端法兰和下端法兰构成的气压为$10^0$～$10^3$或者$10^4$～$5\times10^5$Pa的密闭腔体、或真空度为$10^{-1}$～$10^{-5}$Pa的真空密闭腔体，在密闭腔体内设置有通过上、下导流杆安装在上、下端法兰上的上电极和下电极，且下电极的触头直径不大于上电极的触头直径，上电极和下电极之间构成放电间隙，在上绝缘壳体和下绝缘壳体之间的下电极周围安装有环状触发电极，环状触发电极有一伸出的连接端子，用于连接雷电感应过电压或操作过电压通过主动耦合触发电路耦合过来的雷电能量，环状触发电极与下电极之间安装有起绝缘隔离作用的环状表面放电绝缘介质材料，环状触发电极、环状表面放电绝缘介质材料与下电极构成主动型过电压控制开关的表面放电触发器，环状触发电极与环状表面放电绝缘介质材料紧密接触，环状表面放电绝缘介质材料及环状触发电极的上表面均不高于下电极的上表面，同时在上电极、下电极周围的上绝缘壳体内安装有电弧屏蔽罩；

[0009] 在可控避雷器与表面触发型过电压控制开关之间连接有自动能量耦合触发电路；所述的自动能量耦合触发电路为二端口网络电路，其输入端口的上、下端分别与可控避雷器、表面触发型过电压控制开关的上、下电极连接，其输出端口与表面触发型过电压控制开关的环状触发电极连接。

[0010] 所述的环状表面放电绝缘介质材料的上表面与下电极的上表面在同一水平面或低于下电极上表面1mm～5mm。

[0011] 所述的环状触发电极的上表面低于下电极的上表面，表面放电绝缘介质材料的上表面与环状触发电极的上表面在同一水平面或低于环状触发电极上表面1mm～3mm。

[0012] 所述的环状触发电极安装在上、下绝缘壳体的结合处，其厚度为3-5mm。

[0013] 所述的环状表面放电绝缘介质材料采用环宽为5-15mm的聚四氟乙烯、半导体或陶瓷材料。

[0014] 所述的环状触发电极的内环覆盖在环状表面放电绝缘介质材料上表面上，覆盖环状绝缘放电介质材料的尺寸为2～5mm。

[0015] 所述的电弧屏蔽罩采用无氧铜制成。

[0016] 所述的固定避雷器与可控避雷器均由多个氧化锌非线性电阻片串联而成，通过绝缘填充胶固定安装在绝缘套中，在串联的电阻片上、下端均设置有通过避雷器上、下法兰与串联的电阻片电连接的避雷器上、下电极，串联的电阻片外侧安装有外绝缘伞裙，且可控避雷器的电阻片的数量少于固定避雷器的电阻片数量。

[0017] 所述的可控避雷器中氧化锌电阻片的数量为固定避雷器中氧化锌电阻片数量的15-30％。

[0018] 所述的自动能量耦合触发电路包括由两个耦合电容组成的能量耦合单元，其中一个耦合电容并联有升压脉冲变压器，升压脉冲变压器与其并联的耦合电容间设置有隔离间

隙。

[0019] 与现有技术相比，本发明具有以下技术效果：

[0020] 本发明的表面触发型过电压控制开关与具有固定部分和可控部分的氧化锌避雷器组成的可控避雷器，与可控避雷器并联的表面触发型过电压控制开关具有较高的交、直流耐受电压，较低的冲击击穿电压、快速的过电压响应速度，以及与整个避雷器具有良好配合等显著特点，可以显著改善整个避雷器的伏安特性，限制雷电和操作过电压的水平；

[0021] 由于表面触发型过电压控制开关密闭在空气或真空环境中，因而具有优良的工作稳定性，不受外界环境因素的影响，因此，该可控避雷器可以突破现有晶闸管可控避雷器中晶闸管两端的电压变化率dU/dt和流经的电流变化率dI/dt的限制，显著改善整个避雷器过电压防护的伏安特性，使之具有优良的过电压保护特性；

[0022] 同时，表面触发型过电压控制开关的介质又具有优良的弧后绝缘介质恢复特性，因此，该可控避雷器可以用于电力输配电及类似应用场合的过电压防护，特别适合于对后续交流、直流电流抑制能力有具体要求的场合；

[0023] 更进一步的，在可控避雷器与表面触发型过电压控制开关之间连接有自动能量耦合触发电路，在雷电过电压或操作过电压作用下，耦合电容上的电压使得隔离间隙导通，在脉冲变压器的原边中由于脉冲电流通过而在两端感应出脉冲电压，经脉冲变压器放大后给触发过电压控制开关提供足够的触发电压，加速了触发型过电压控制开关的导通速度，从而使得触发型过电压控制开关具有比无触发电极两极放电间隙更优良的过电压保护性能。

[0024] 本发发明表面触发型过电压控制开关的交流或直流击穿电压$U_{gap}$明显高于避雷器可控部分的参考电压$U_{cref}$，两者的比值$U_{gap}/U_{cref}$控制在1.5～2.0倍甚至2.0～3.0，表面触发型过电压控制开关的冲击击穿电压与直流击穿电压之比(压比)控制在1.0-1.5甚至0.8-1.2的范围内。正常工作状态下，表面触发型过电压控制开关不会对避雷器可控部分的工作状态造成影响，当对操作过电压和雷电过电压时，表面触发型过电压控制开关迅速导通，短路避雷器的可控部分，有效改善了主动表面触发型可控避雷器的伏安特性，限制雷电和操作过电压的水平。

## 附图说明

[0025] 图1是本发明的整体结构组成示意图。

[0026] 图2是本发明另一种结构的整体示意图。

[0027] 图3是本发明表面触发型过电压控制开关的结构示意图。

[0028] 图4是本发明表面触发型过电压控制开关另一种结构示意图。

[0029] 图5为本发明氧化锌避雷器单元的结构示意图。

[0030] 图6为本发明表面触发型过电压控制开关的自动能量耦合触发电路的原理图。

[0031] 图中各个标号的含义为:1-上绝缘壳体,2-下绝缘壳体,3-上电极,4-下电极,5-上端法兰,6-下端法兰,7-环状触发电极,8-环状表面放电绝缘介质材料,9-电弧屏蔽罩,10-上导流杆,11-下导流杆,12-密闭腔体,多个氧化锌非线性电阻片15,绝缘填充胶16,避雷器上、下法兰18、19,避雷器上、下电极13、17,外绝缘伞裙14。

## 具体实施方式

[0032] 以下结合附图对发明的具体内容作进一步详细解释说明。

[0033] 如图1至图3所示，本发明给出一种表面触发型过电压控制开关与氧化锌避雷器组成的表面触发型可控避雷器，包括氧化锌避雷器和表面触发型过电压控制开关，氧化锌避雷器包括串联连接的固定避雷器和可控避雷器；可控避雷器与表面触发型过电压控制开关并联；所述的固定避雷器的上电极与被保护电力设备的上端相连，所述的可控避雷器的下电极与被保护电力设备的下端相连；

[0034] 表面触发型过电压控制开关是一个具有环状触发电极的触发型表面放电过电压控制开关，包括上绝缘壳体1、下绝缘壳体2、上端法兰5和下端法兰6构成的气压为$10^{0}$～$10^{3}$或者$10^{4}$～$5\times10^{5}$Pa的密闭腔体12、或真空度为$10^{-1}$～$10^{-5}$Pa的真空密闭腔体12，在密闭腔体12内设置有通过上、下导流杆10、11安装在上、下端法兰5、6上的上电极3和下电极4，且下电极4的触头直径不大于上电极3的触头直径，上电极3和下电极4之间构成放电间隙，在上绝缘壳体1和下绝缘壳体2之间的下电极4周围安装有厚度为3-5mm的环状触发电极7，环状触发电极7有一伸出的连接端子，用于连接雷电感应过电压或操作过电压通过主动耦合触发电路耦合过来的雷电能量，

[0035] 环状触发电极7与下电极4之间安装有起绝缘隔离作用的采用环宽为5-15mm的聚四氟乙烯、半导体或陶瓷材料制成的环状表面放电绝缘介质材料8，环状触发电极7、环状表面放电绝缘介质材料8与下电极4构成主动型过电压控制开关的表面放电触发器，环状触发电极7与环状表面放电绝缘介质材料8紧密接触，环状触发电极7的内环覆盖在环状表面放电绝缘介质材料8上表面上，覆盖环状绝缘放电介质材料8的尺寸为2～5mm，环状表面放电绝缘介质材料8及环状触发电极7的上表面均不高于下电极4的上表面，环状表面放电绝缘介质材料8的上表面与下电极4的上表面在同一水平面或低于下电极4上表面1mm～5mm；环状触发电极7的上表面低于下电极4的上表面，表面放电绝缘介质材料8的上表面与环状触发电极7的上表面在同一水平面或低于环状触发电极7上表面1mm～3mm。同时在上电极3、下电极4周围的上绝缘壳体1内安装有可防止金属蒸汽扩散并沉积在绝缘密闭外壳1、2上，造成上电极3和下电极4短路的采用无氧铜制成的电弧屏蔽罩9；

[0036] 参见图1，在可控避雷器与表面触发型过电压控制开关之间连接有自动能量耦合触发电路；所述的自动能量耦合触发电路为二端口网络电路，其输入端口的上、下端分别与可控避雷器、表面触发型过电压控制开关的上、下电极连接，其输出端口与表面触发型过电压控制开关的环状触发电极7连接。

[0037] 参见图5，本发明的固定避雷器与可控避雷器均由多个氧化锌非线性电阻片15串联而成，通过绝缘填充胶16固定安装在绝缘套中，在串联的电阻片15上、下端均设置有通过避雷器上、下法兰18、19与串联的电阻片15电连接的避雷器上、下电极13、17，串联的电阻片外侧安装有外绝缘伞裙14，可控避雷器中氧化锌电阻片的数量为固定避雷器中氧化锌电阻片数量的15-30％。

[0038] 参见图6，自动能量耦合触发电路包括由两个耦合电容C1、C2组成的雷电过电压或操作过电压能量耦合单元，在雷电过电压或操作过电压作用下，第二耦合电容C2上的电压使得隔离间隙导通，在脉冲变压器T的原边中由于脉冲电流通过而在两端感应出脉冲电压，经脉冲变压器T(升压变压器)放大后给触发过电压控制开关提供足够的触发电压，加速了

触发型过电压控制开关的导通速度，从而使得触发型过电压控制开关具有比被动型(无触发电极)两极放电间隙更优良的过电压保护性能，表面放电触发型气体过电压控制开关的脉冲击穿电压与直流击穿电压的比值可以调控到接近1甚至小于1。

[0039] 真空密闭腔体12的气压为$10^{-1}$～$10^{-5}$Pa，真空环境使可控避雷器不收外界影响，且避免了现有晶闸管可控避雷器受到电压变化率dU/dt和电流变化率dI/dt的限制，显著改善了避雷器的伏安特性，同时真空介质又具有优良的脉冲电弧绝缘恢复特性，大大提升了可控避雷器运行的安全性和稳定性。

[0040] 上电极3和下电极4端部设置有触头，触头之间设置有放电间隙，且下电极的触头直径不大于上电极的触头直径，电极触头用于加速了触发型过电压控制开关的导通速度，从而使得触发型过电压控制开关具有比被动型两极放电间隙更优良的过电压保护性能。

[0041] 表面放电绝缘环8的上表面不高于环状触发电极7的上表面，下电极4的触头表面不低于表面放电绝缘环8和环状触发电极7；如图2所示，环状表面放电绝缘介质材料8、环状触发电极7和下电极4的上表面在同一水平面；

[0042] 如图4所示环状表面放电绝缘介质材料8的上表面低于下电极4的上表面1mm～5mm，环状触发电极7的上表面低于下电极4的上表面，表面放电绝缘介质材料8的上表面低于环状触发电极7的上表面1mm～3mm，环状触发电极7的内环覆盖在环状表面放电绝缘介质材料8上表面上，覆盖环状绝缘放电介质材料8的尺寸为2～5mm。

[0043] 本发明的工作原理如下：

[0044] 在正常工作情况下，表面触发型过电压控制开关处于高阻绝缘状态，固定避雷器和可控避雷器一起承受交流或直流高压，使得整个避雷器工作的荷电率较低，泄漏电流很小，不会引起避雷器的长期泄漏而导致发热及性能劣化；

[0045] 但当发生雷电过电压和操作过电压时，表面触发型过电压控制开关自动动作，将可控避雷器短接，使得操作过电压或冲击残压显著降低到固定避雷器的冲击残压值；

[0046] 表面触发型过电压控制开关采用环状绝缘介质材料表面放电的触发方式，触发型过电压控制开关的自动能量耦合触发回路可以主动耦合输配电网中的雷电过电压和操作过电压，从而达到限制整个避雷器两端过电压幅值的目的。

[0047] 由两个耦合电容组成的雷电过电压或操作过电压能量耦合单元，在雷电过电压或操作过电压作用下，耦合电容上的电压使得隔离间隙导通，在升压脉冲变压器的原边中由于脉冲电流通过而在两端感应出脉冲电压，升压脉冲变压器放大后给触发过电压控制开关提供足够的触发电压，加速了触发型过电压控制开关的导通速度，从而使得触发型过电压控制开关具有比无触发电极两极放电间隙更优良的过电压保护性能，表面放电触发型过电压控制开关的脉冲击穿电压与直流击穿电压的比值可以调控到接近1甚至小于1。

[0048] 由于可控避雷器的触发型过电压控制开关工作在密闭空气或真空环境中，不受外界环境的影响，且避免了现有晶闸管可控避雷器受到电压变化率dU/dt和电流变化率dI/dt的限制，显著改善了避雷器的伏安特性，同时真空介质又具有优良的脉冲电弧绝缘恢复特性，大大提升了可控避雷器运行的安全性和稳定性。

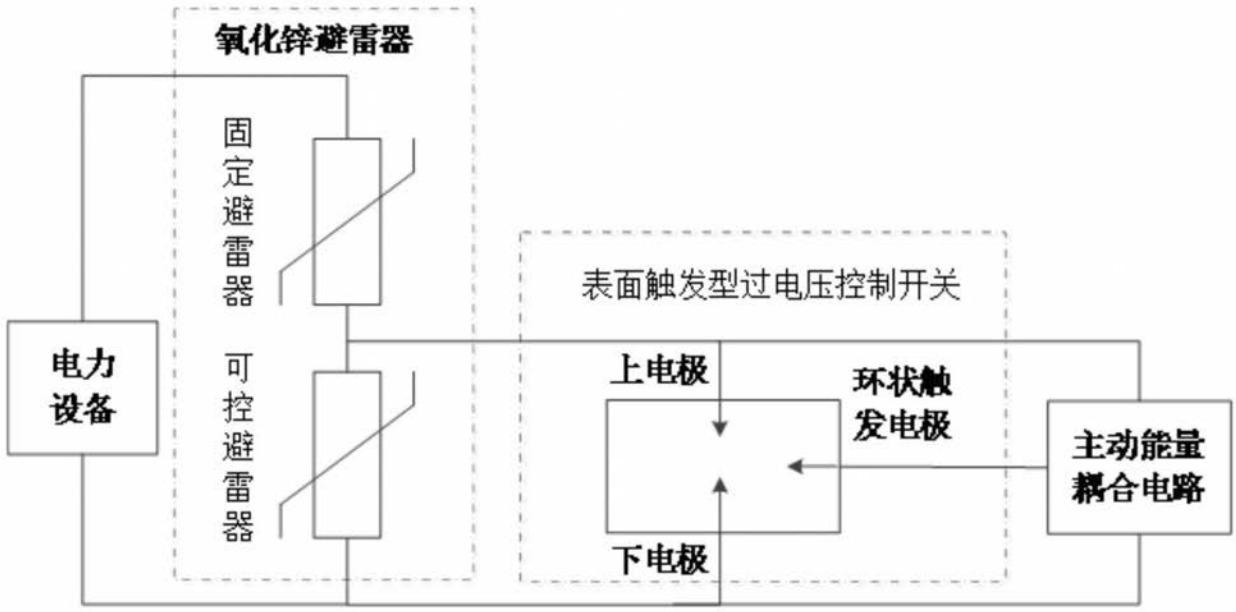

氧化锌避雷器
固定避雷器
可控避雷器
电力设备
表面触发型过电压控制开关
上电极
环状触发电极
下电极
主动能量耦合电路

图1

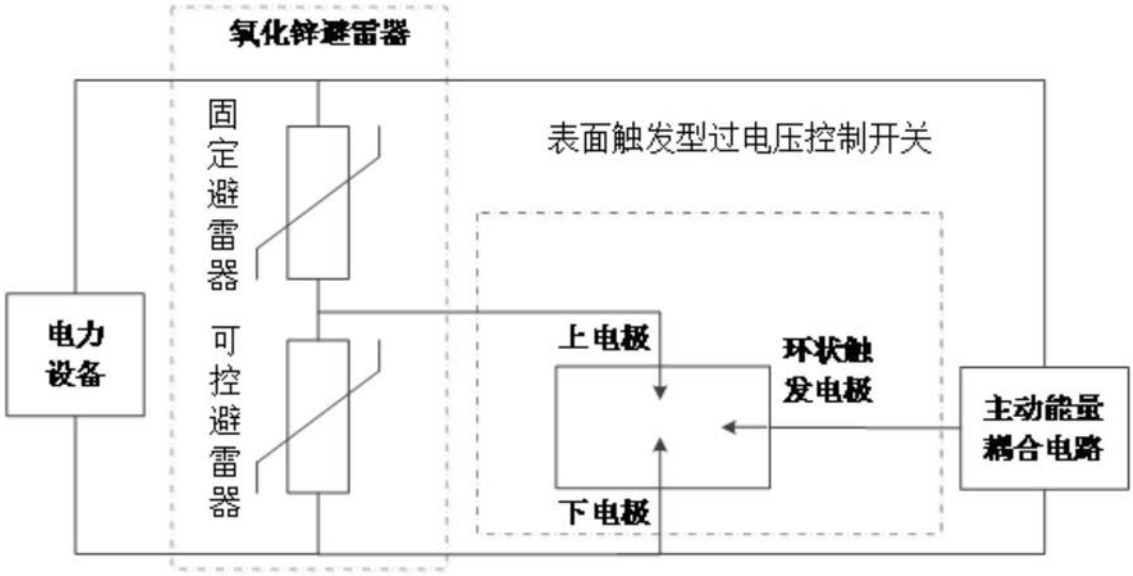

氧化锌避雷器
固定避雷器
可控避雷器
电力设备
表面触发型过电压控制开关
上电极
环状触发电极
下电极
主动能量耦合电路

图2

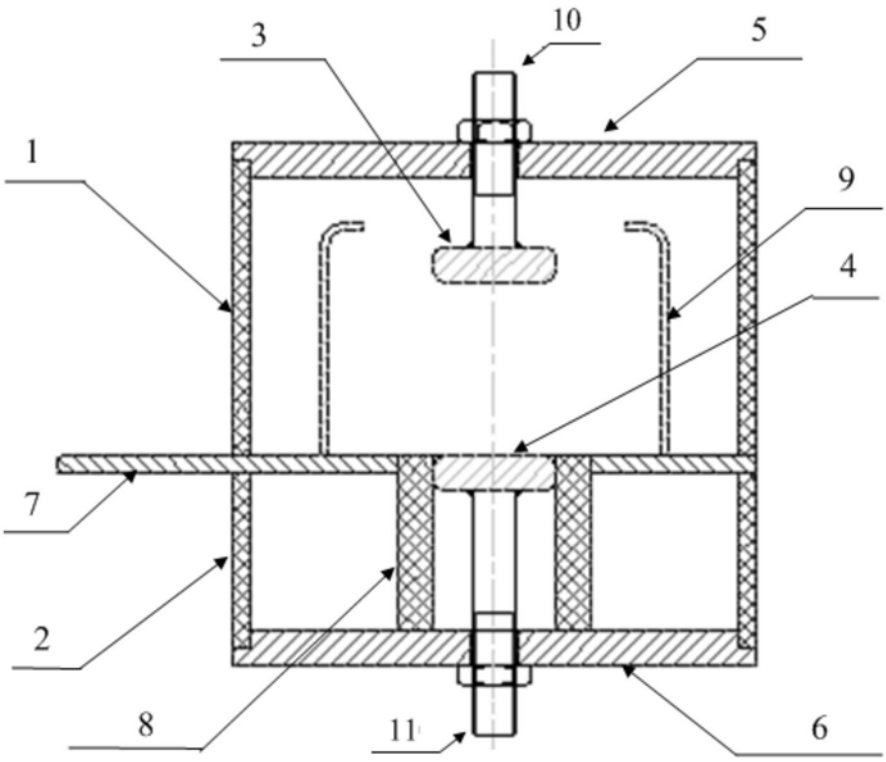



图3

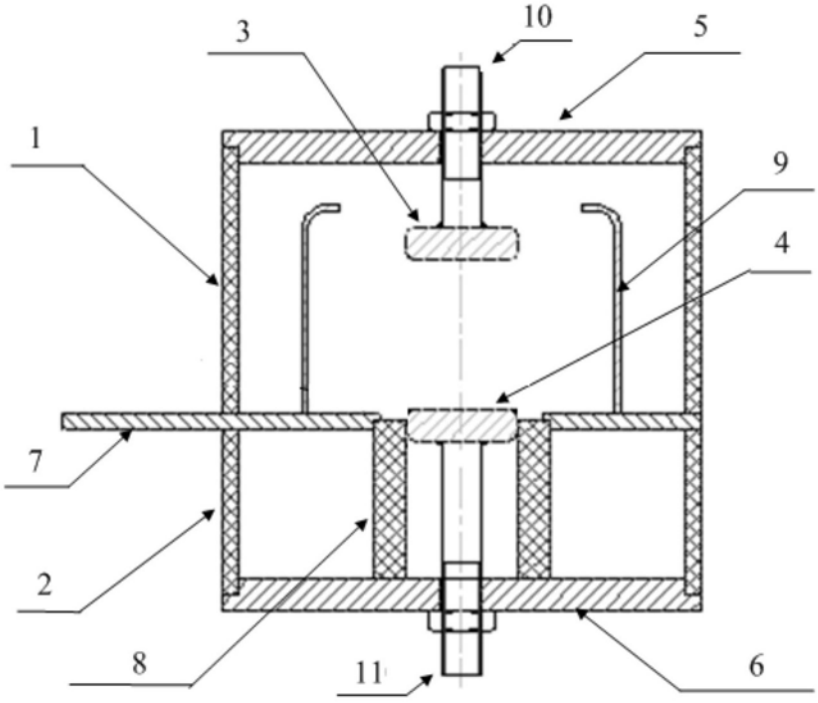



图4

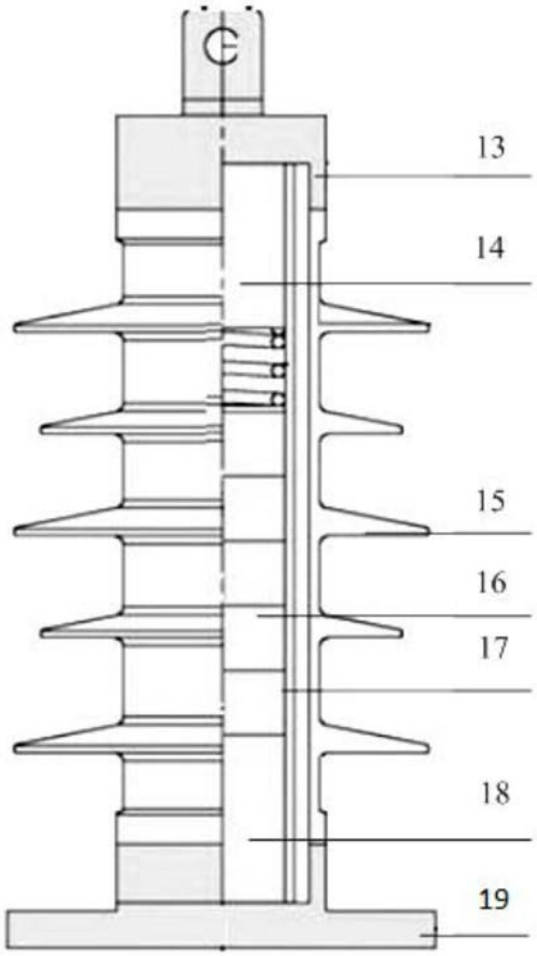

13
14
15
16
17
18
19

图5

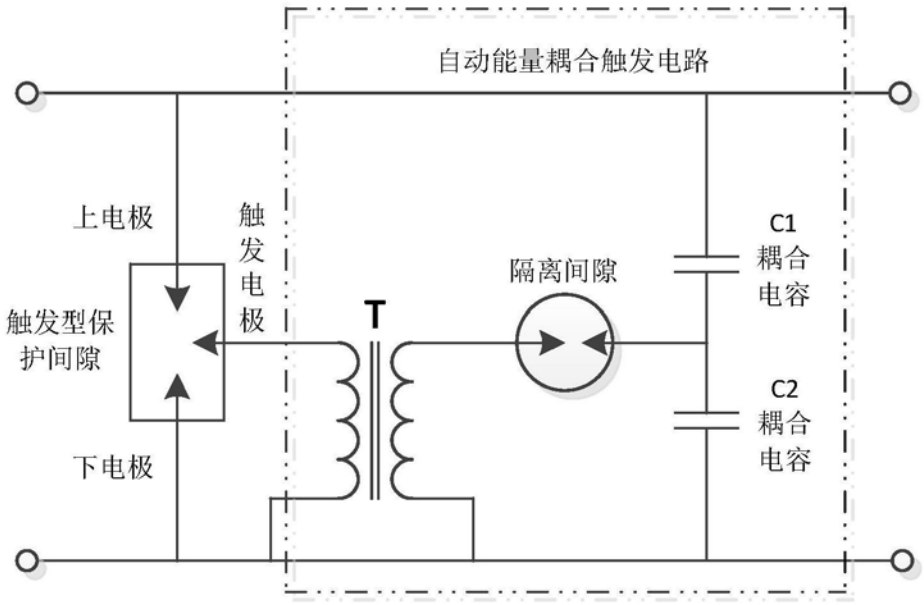

自动能量耦合触发电路
上电极
触发电极
触发型保护间隙
下电极
T
隔离间隙
C1
耦合电容
C2
耦合电容

图6