



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115483611 A

(43) 申请公布日 2022. 12. 16

(21) 申请号 202211202150.1

(22) 申请日 2022.09.29

(71) 申请人 张健

地址 310012 浙江省杭州市西湖区西湖家
园1幢3单元601室

申请人 张华 张京伦

(72) 发明人 张健

(74) 专利代理机构 浙江杭州金通专利事务所有
限公司 33100

专利代理师 寿达金

(51) Int.Cl.

H01T 1/02 (2006.01)

H01T 1/04 (2006.01)

H01T 1/08 (2006.01)

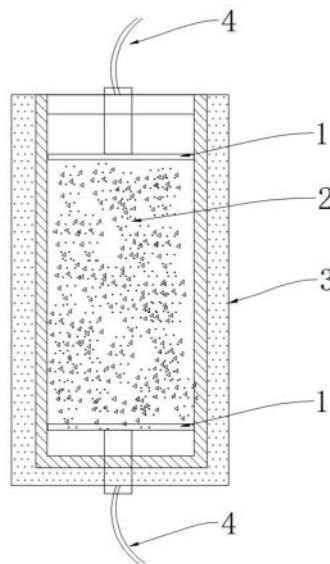
权利要求书1页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种雷电脉冲能量消纳吸收装置

(57) 摘要

本发明涉及一种雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,包括电容式极板、极性电介质和绝缘罐体容器,所述绝缘罐体容器内两侧对称安装电容式极板,所述极性电介质充满绝缘罐体容器,通过极性电介质中的介电材料极化效应的弛豫特征产生高频率脉冲效应,进而在极性电介质中产生偶极子极化损耗以消纳雷电电场能量。



1. 一种雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,包括电容式极板、极性电介质和绝缘罐体容器,所述绝缘罐体容器内两侧对称安装电容式极板,所述极性电介质充满绝缘罐体容器,通过极性电介质中的介电材料极化效应的弛豫特征产生高频率脉冲效应,进而在极性电介质中产生偶极子极化损耗以消纳雷电电场能量。

2. 根据权利要求1所述的雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,所述极性电介质的介电常数 $\epsilon_r \geq 50$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,所述极性电介质由介电常数 $\epsilon_r \geq 100$ 的固相颗粒和介电常数 $\epsilon_r \geq 40$ 液相体混合而成。

4. 根据权利要求3所述的雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,所述液相体为水、盐水、碳酸丙烯酯的一种或两种以上组合。

5. 根据权利要求3所述的雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,所述固相颗粒为钛酸钡、钛酸钙、钛酸铜钙的一种或两种以上混合而成;或所述固相颗粒为钛酸钡、钛酸钙、钛酸铜钙一种或两种以上与粘土、高岭土、石膏中的一种或两种以上混合而成。

6. 根据权利要求3所述的雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,所述固相颗粒与液相体的体积分数比例为1:1~1:15。

7. 根据权利要求3所述的雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,所述固相颗粒还包括具备铁磁性特征的材料,带磁性材料的极性电介质通过吸收雷电电场能进而转换成了磁场能量和通过磁液膨胀实现了电能量的转换过程。

8. 根据权利要求7所述的雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,所述具备铁磁性特征的材料为铁氧体粉末、四氧化三铁粉末、酒石酸钾钠、磷酸二氢钾中的一种或两种以上混合而成。

9. 根据权利要求1所述的雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,所述电容式极板为一组或多组平行的双电极平板结构,极板材料为铝或合金铜或石墨或不锈钢,极板上下或左右平行相向安装。

10. 根据权利要求1所述的雷电脉冲能量消纳吸收装置,其特征在于,所述电容式极板两端分别通过引线连接避雷针和接地端;或所述电容式极板一端通过引线连接氧化锌避雷器后与被保护的电气设备的带电端连接,另一端通过引线与接地端连接。

一种雷电脉冲能量消纳吸收装置

技术领域

[0001] 本发明涉及防雷和高电压工程技术领域,尤其涉及一种雷电脉冲能量消纳吸收装置。

背景技术

[0002] 现有避雷针体系中技术存在的问题:

[0003] 避雷针具有引雷作用,当雷电被吸引到接闪器上后,在强大的雷电流沿针而流入大地过程中,并产生强大的电磁脉冲,却不能实现有效的能量消纳过程。

[0004] 当雷电被吸引到针上,将有数千安的高频电流通过避雷针及其接地引下线和接地装置,由于没有能量吸收避雷针和引线的电压很高,若针对被保护物之间的距离小于安全距离时,会由针及引下线向被保护物发生反击过电压,损坏被保护的计算机和通信设备。以纯铁质材料当作高频电流通道造成了电气高阻抗阻塞障碍,从而更加容易产生过电压危害。

[0005] 一种雷电能量吸收转化装置,专利号:201721149937.0,该专利采用以热的方式吸收。

[0006] 一种基于液电效应和帕斯卡原理的灭弧防雷方法,专利号:202110909447.0,该发明提出用绝缘油作液电效应吸收雷电能量的方法,是电场在电极中间的绝缘介质放电时,高压电场击穿绝缘油形成击穿通道,发生油气化、碳化和压力膨胀,进行能量释放的过程,其不足之处是:在雷击首次将绝缘油击穿过程后将会引起后续绝缘油的绝缘性能下降而影响使用寿命。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于克服上述技术存在的不足,提供一种雷电脉冲能量消纳吸收装置,通过极性电介质中的介电材料极化效应的弛豫特征而产生高频率脉冲效应,在雷电波高电压未击穿电介质材料之前,进而在极性电介质中产生偶极子极化损耗的现象来消纳雷电电场能量的过程。

[0008] 为此,本发明的上述目的通过如下技术方案实现:

[0009] 一种雷电脉冲能量消纳吸收装置,包括电容式极板、极性分子组成的极性电介质和绝缘罐体容器,所述绝缘罐体容器内两侧对称安装电容式极板,所述极性电介质充满绝缘罐体容器,通过极性电介质中的介电材料极化效应的弛豫特征产生高频率脉冲效应,进而在极性电介质中产生偶极子极化损耗以消纳雷电电场能量。

[0010] 作为优选的,所述极性电介质的介电常数 $\epsilon_r \geq 50$ 。

[0011] 作为优选的,所述极性电介质由介电常数 $\epsilon_r \geq 100$ 的固相颗粒和介电常数 $\epsilon_r \geq 40$ 液相体混合而成。

[0012] 作为优选的,所述液相体为水、盐水、碳酸丙烯酯的一种或两种以上组合。

[0013] 作为优选的,所述固相颗粒为钛酸钡、钛酸钙、钛酸铜钙的一种或两种以上混合而

成;或所述固相颗粒为钛酸钡、钛酸钙、钛酸铜钙任意一种或两种以上与粘土、高岭土、石膏中的一种或两种以上混合而成。钛酸钡、钛酸钙、钛酸铜钙都是一种强介电化合物材料,具有高介电常数,在保证足够介电常数的基础上,可通过混合粘土、高岭土、石膏中的一种或两种以上来降低成本。

[0014] 作为优选的,所述固相颗粒与液相体的体积分数比例为1:1~1:15。

[0015] 作为优选的,所述固相颗粒还包括具备铁磁性特征的材料,带磁性材料的电介质通过吸收雷电电场能进而转换成了磁场能量和通过磁液膨胀或压力变化实现电能量的吸纳过程。

[0016] 作为优选的,所述具备铁磁性特征的材料为铁氧体粉末、三氧化二铁粉末、酒石酸钾钠、磷酸二氢钾中的一种或两种以上混合而成。

[0017] 作为优选的,所述电容式极板为一组或多组平行的双电极平板结构,极板材料为铝或合金铜或石墨或不锈钢,极板上下或左右平行相向安装,板中间充满极性电介质。

[0018] 作为优选的,所述电容式极板两端分别通过引线连接避雷针和接地端;或所述电容式极板一端通过引线连接氧化锌避雷器后与被保护的电气设备的带电端连接,另一端通过引线与接地端连接。

[0019] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:在雷击通道中串接入雷电脉冲能量消纳吸收装置,通过电场放电产生克尔效应,经负电晕形成放电再形成特里切尔脉冲,通过极性电介质中的介电材料极化效应的弛豫特征产生高频率脉冲效应,将雷电能量转换为高频脉冲波的过程,这样可以大大减少了雷击放电的冲击电流值,即由通常的5kA~50kA下降为几百安培的电流值,并且显著地降低了铁塔身的残压值;采用电介质极化吸收雷电脉冲能量的原理,由于液相介质以电晕放电的物理形式,电介质此时仍未被雷电高电压击穿,绝缘性能仍得到保护,并不受击穿后游离介质影响,可以多次重复使用的工作方式,具有使用寿命长,防雷消纳能力可多年可保持不变的特点,提高了产品的经济性和耐用性。

附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0021] 图1为本发明的结构示意图;

[0022] 4引线,1电容式极板,2极性电介质,3绝缘罐体容器。

具体实施方式

[0023] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0024] 本发明的理论基础与原理说明:

[0025] 1、对于具有极性液体介质除有位移极化外,还具有显著的偶极转向极化。德拜提

出的偶极极化和损耗理论认为,极性液体分子的运动可看作半径为a的固体小球在宏观粘度为 η 的粘性媒质中有“摩擦”地旋转。根据斯托克定律,液体摩擦系数 $\xi=8\pi\eta a^2$ 。在极性液体或溶液中,当没有外施电场作用时,每个极性分子偶极矩的方向因布朗运动而杂乱无章,从整体看没有偶极矩,但在外施电场作用下,由于克服了与周围分子间的摩擦阻力,使极性分子的转动与布朗运动作用力形成合力发生状态改变,因而在电场方向具有感应偶极矩。根据偶极子在电场内的旋转转矩和摩擦转矩相平衡的条件,可推得在弱电场下的松弛时间为(代入摩擦系数 $\xi=8\pi\eta a^2$):

$$[0026] \quad \tau = \frac{\xi}{2kT} = \frac{4\pi\eta a^2}{kT}$$

[0027] 极性液体介质的偶极极化强度为:

$$[0028] \quad P = N a_d E$$

[0029] 偶极转向极化是一种典型的松弛极化,其极化损耗功率如下:

$$[0030] \quad P_\tau = \varepsilon_0 (\varepsilon_\tau - \varepsilon_m) E = N a_d E = \frac{N \mu_0^2}{3kT} E$$

[0031] 单位体积高频下的介质损耗功率

$$[0032] \quad P = \omega \varepsilon_0 \varepsilon E^2 \tan \delta = 2\pi f C U^2 \tan \delta$$

[0033] 极性液体介质的介电常数 ε 是会随电场频率而变化的,本发明的基本原理是将雷电中的电场能量在等离子体的偶极子极化介质损耗的过程中进行能量吸收的过程。

[0034] 2、极性电介质中放电与特里切尔脉冲的机理过程分析

[0035] 由极性分子组成的极性电介质的放电中,由负电晕放电的起始阶段产生是由克尔效应而产生的Trichel特里切尔脉冲放电。负电性是指液体或气体分子或原子对电子具有较强亲和力,当施加到电晕电极(通常指具有小曲率半径的电极)的电压超过起始电压,电晕电极表面附近的电场超过电离的阈值电场,进而产生极化开始的过程,特里切尔脉冲与簇放电的高频脉冲具有相似性,这种相似性在特里切尔脉冲处于刚刚发生阶段时表现最为明显。这时的电流脉冲表现为较陡的前沿,且同时有多个不同的峰出现,Trichel特里切尔脉冲频率为 $f=10\text{KHz} \sim 250\text{KHz}$ 之间。

[0036] 3、加入磁性颗粒的极性电介质雷电能量转换过程

[0037] 1) 磁流变液是磁场中容易磁化的固体微粒分散在液相中形成的悬浮液,由于微粒的磁导率 μ 与基液不相同,在外电场E作用下微粒就会受激化。磁流变液的极化也可以用磁偶极子模型来近似。如果偶极子之间的作用力足够强,微粒就会聚集成链,还可能进一步形成柱状或其它结构,发生固、液相分离。这种结构的改变导致悬浮液的黏性发生巨大的变化,这个变化的过程包含了能量的吸收和损耗过程。该过程可以在瞬间(毫秒数量级)完成,而且是可逆的,并有很好的重复性能。

[0038] 2) 当雷电电场作用于带磁性铁氧体颗粒的极性电介质时,磁性液体的磁化强度M可以表示成

$$[0039] \quad M = nm \left(\coth \xi - \frac{1}{\xi} \right) = M_s L_\xi(\xi)$$

[0040] 式中 $\xi = \mu_0 m H / (k_B T)$,均包含有温度T和磁场强度H。所以表示磁性液体的磁化强度

是磁场强度和温度的函数,并且也是磁性固相颗粒体积分量 ϕ 的函数。而磁性液体的比容 V_f 是和 ϕ 相关联的,因此

$$[0041] \quad M=M(T, H, V_f)$$

[0042] 磁性液体内的磁感应强度B为

$$[0043] \quad B=\mu_0 (H+M)$$

[0044] 对磁性液体来说,固相颗粒磁化后,比较容易地与外磁场方向一致。可以取B、H、M三矢平行,则磁性液体的磁导率 μ 可写成

[0045] 从而上面的关系显然可见B和 μ 均是T、H、 V_f 的函数,即

$$[0046] \quad B=B(T, H, V_f), \mu=\mu(T, H, V_f)。$$

[0047] 3) 磁性液体的磁化强度M正比于外磁场强度H的情况

[0048] 设在磁性液体中B、H、M三矢平行,则

$$[0049] \quad B=\mu_0 (H+M) =\mu H$$

[0050] 因此有

$$[0051] \quad \mu_0 M=(\mu-\mu_0) H$$

[0052] 在一般情况下,磁化强度M和磁导率 μ 的函数关系为

$$[0053] \quad M=M(T, V, H), \mu=\mu(T, V, H)$$

[0054] 对于线性磁化过程,即磁性液体的磁化强度M正比于外磁场强度H,则磁导率 μ 仅取决于比容 v 而与磁场强度H无关。

[0055] 4) 磁性液体的功,从热力学上来看它是体积变化时所做的功,即 $p dv$,若存在外磁场时,外磁场对磁性液体所做的功包括两个部分:一个是将磁性液体内的磁场强度从零提高到H所完成的功,另一个是使磁性液体磁化所作的功,即磁化功。外磁场对磁性液体所做的功就是式 $W=v_0 \int_0^B H \cdot dB$ 。其中 V_0 为体积数,B为磁感应强度,H为磁场强度。

[0056] 单位质量的磁性液体对外部所作微元功是

$$[0057] \quad dW=p dv-d(v \int_0^B H dB)$$

[0058] 式中p称为磁性液体的磁化压力。

$$[0059] \quad P=\mu_0 \int_0^H H dB$$

[0060] P是由于磁性液体在磁场中体积变化引起的压力称为磁致伸缩压力。

[0061] 上式中, $p dv$ 是磁性液体的膨胀功,它是磁性液体对外部作的功。

[0062] 由上述分析可知,使用磁性颗粒后,带磁性的极性电介质通过吸收雷电电场能进而转换成了磁场能量和通过磁液膨胀实现了电能量的转换过程。

[0063] 雷电能量的相关技术参数值

[0064] 表1:地闪放电的典型值和最大最小值

[0065]

参数	最小值	代表值	最大值
初始击穿 持续时间(ms)		100	
梯级先导 梯级步长(m)	3	50	200
梯级间时间间隔(μs)	30	50	125
梯级先导传播平均速度(m/s)	1.0×10^5	3.0×10^5	2.6×10^5
梯级通道贮存电荷(C)	3	5	20
箭式(直窜)先导 传播速度(m/s)	1.0×10^6	2.0×10^6	2.1×10^7
箭式先导通道上累积电荷(C)	0.2	1	6
回击 传播速度(m/s)	2.0×10^7	5.0×10^7	2.0×10^8
电流增加率(kA/ μs)	1	10	210
峰值电流(kA)	1	30	250
峰值电流时间(μs)	0.5	2	30
半峰值电流时间(μs)	10	40	250
不包括连续电流的电荷传送(C)	0.2	2.5	20
温度(K)	0.8×10^4	2×10^4	3.0×10^4

[0066]

电子密度(m^3)	1.0×10^{23}	3.0×10^{23}	3.0×10^{24}
通道长度(km)	2	5	14
连续电流			
峰值电流(A)	30	150	1600
持续时间(ms)	50	150	500
电荷传送(C)	3	25	330
闪电			
每次闪电的闪击数(次)	1	3	26
无连续电流时两次闪击之间的时间(ms)	3	40	380
闪电持续时间(s)	0.01	0.3	2
包括连续电流的电荷传送	1	20	400
J 过程 持续时间(ms)	30	60	200
发展速度(m/s)	1×10^5	10×10^5	30×10^5
传送电荷(C)	2.4	3	3.4
电矩($\text{C} \cdot \text{km}$)	1	8	16
K 过程 持续时间(ms)	0.1	1	2.7
间歇时间(ms)	1	5	33
电矩($\text{C} \cdot \text{km}$)	0.01	$\sim 10^{-1}$	1
C 过程 持续时间(ms)	50	150	500
电荷合计(库仑)	53.5		

[0067] 本发明的装置具体实施方式如下：

[0068] 如图1所示，一种雷电脉冲能量消纳吸收装置，包括电容式极板1、极性分子组成的极性电介质2和绝缘罐体容器3，绝缘罐体容器3内两侧对称安装电容式极板1，将极性电介质2灌装于绝缘罐体容器3中，极性电介质2充满绝缘罐体容器3，电容式极板1完全浸没于液相介质极性电介质2之中，将电容式极板两端分别通过引线4连接雷电入口端或避雷针上端和接地端，或雷电脉冲能量消纳吸收装置与氧化锌避雷器串联后，上、下两端与被保护的电气设备的带电端和接地端连接，雷电经过消纳吸收装置后，通过其内部的极性电介质中的介电材料极化效应的弛豫特征产生Trichel特里切尔高频率脉冲效应，进而在极性电介质中产生偶极子极化损耗以消纳雷电电场能量，这样可以大大减少了雷击放电的冲击电流值，即由通常的20~50kA下降为几百安培的电流等级，并且显著地降低了铁塔身的残压值；采用电介质极化吸收雷电脉冲能量的原理，由于液相介质以电晕放电的物理形式，电介质此时仍未被雷电高电压击穿，绝缘性能仍得到保护，并不受击穿后游离介质影响，可以多次重复使用的工作方式，具有使用寿命长，防雷消纳能力可多年可保持不变的特点，提高了产品的经济性和耐用性。

[0069] 电容器电容量C的表达式：

$$[0070] \quad C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$$

[0071] ϵ_r 是两平板间的相对介电常数,d为两平板间的距离,S为两平板间的面积数。

[0072] 由于雷电电压高达 $U=10^8\sim 10^9$ 伏特,由表1可知,雷电先导电荷量平均在 $q=5C$ (库仑)。由公式:

[0073] $C = \frac{Q}{U} = \frac{5}{10^8} = 5 \times 10^{-8} F = 50nF$,由 $Q=U \cdot C$ 公式可知,满足在雷击处的接收地点

的电容量C增长,落雷处的电压会同比例减少,由于雷电电源侧的先导电荷的电容量约为 $C=50nF$ 的水平,若是吸收点电容量设计为 $C=200\mu F$ 时, $1\mu F=1000nF$,此时电容增加了4000

倍,这样电压值也会由 10^8V 下降为 $U_2 = \frac{10^8}{4000} = 25kV$,若设计消雷器电阻值为 500Ω 时,此

时流过消雷器的电流 $I = \frac{25kV}{500} = 50A$,这样,雷电消纳器由于耐高压的大容量阻容体 RC

的作用,将雷电流由 $50kA$ 减少到 $50A$ 的大小,雷电电压值由 10^5kV 下降到了 $25kV$,即电压值下降了4000倍,大大减少了对临近设备的危害。

[0074] 假设雷电脉冲能量 $A=10^7$ 焦耳时,吸收介质为采用较高介电常数 ϵ 的钛酸钙或钛酸钡或两者的混合物充当极性电介质的固相颗粒时,由钛酸钙的介电常数 ϵ_r 高达100以上,

根据电容器电容C计算公式, $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$,

[0075] 当电容极板面积S足够大,电容极板中间的介电常数亦足够大时,并调节极板间距离 d,可以得到一个较大的等离子体液相的电容器。本发明中要求的电容器值为 $50\sim$

$200\mu F$ 的水平。由电容器吸收作为能量消纳时,可根据电容器与能量的公式: $A = \frac{1}{2} CU^2$,

(其中C为电容量,U为电压),在向等离子体放电时, $A = \frac{1}{2} CU^2 f$,f为频率值,而雷电能量

的 $A=10^7J$ 。为此,本发明依据为 $A = \frac{1}{2} CU^2 f = 10^7 J$,作为雷电消纳器与吸收雷电能量等同的原则。

[0076] 宜先制作一个等效电容量 $C=100\mu F$ 的电容器装置,设该电容器极板面积 $S=$

$1600cm^2$, 根据 $C = \frac{\epsilon_r \cdot S}{d}$,d为极板间距,取 $d=50cm$,经实际测试,在极板加灌钛酸钙 $CaTiO_3$

的极性电介质所形成的电容器电容 $C=101\mu F$,设罐体直径为 $\phi=50cm$ 时,罐口面积 $S=\pi R^2=3.14 \times 25^2=1962.5cm^2$,罐口高度取 $70cm$ 。

[0077] 计算极性电介质的直流电阻,按照雷电静电荷电压 $U=10^8V$ 时,经由电容器C吸收

后,电压下降至 $U=100kV$,取放电电流为 $100A$ 时, $R = \frac{10^5}{100} = 1k\Omega$ 。罐体内极性电介质电容调

配为 $100\mu F$ 时,根据 $C = \frac{Q}{U}$ 原理, $Q=UC$,当Q为一定时,可以降低雷电电压值,因此,当装置电

容足够大时,雷电波头电压下降4000倍,这样,当先导电荷 $Q=5$ 库仑时,雷电电压为 10^8V 时,

雷电电荷电容值 $C_0 = \frac{Q}{U} = \frac{5}{10^8} = 5 \times 10^{-8} \text{F} = 50 \times 10^{-9} \text{F} = 50 \text{nF}$, 即雷电的初始电容值 $C_0 = 50 \text{nF}$,

而装置的电容 $C = 100 \mu\text{F}$, 雷电电荷电容 C_0 与吸收器电容 C 的变化倍数

$\beta = \frac{C}{C_0} = \frac{100 \mu\text{F}}{50 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^3$ 倍, 根据 $Q = UC$, 当雷电压落点于装置时, 由于吸收消纳器的

电容量 C 变大, 此时雷电压 U_2 将下降同比例的 2×10^3 倍, 即雷电压由 1 亿伏 $= 10^8$ 伏下降到

$U_2 = \frac{10^8}{2 \times 10^3} = 5 \times 10^4 \text{V} = 50 \text{kV}$ 。即此时雷电压迅速下降, 消纳器的电压呈现 $U_2 = 50 \text{kV}$ 。

[0078] 计算装置所吸收的能量, 取设雷电脉冲作用于雷电消纳器所产的放电频率 $f = 1 \text{KHz}$, 根据美国西屋公司的 RC 阻尼器计算吸收能量的经验公式:

[0079] $A = \frac{1}{2} C U^2 f = \frac{1}{2} \times 100 \times 10^{-6} (5000)^2 \times 10^3 = \frac{1}{2} \times 10^4 \times 25 \times 4 \times 10^3 = 1.25 \times 10^8 \text{ J}$

[0080] 按照该消纳器可以吸收 1.25×10^8 焦耳能量, 而大于 $A_1 = 10^7$, 可以达到设计的要求值。

[0081] 固相颗粒为钛酸钡、钛酸钙、钛酸铜钙的一种或两种以上混合而成; 或固相颗粒为钛酸钡、钛酸钙、钛酸铜钙任意一种或两种以上与粘土、高岭土、石膏中的一种或两种以上混合而成; 钛酸钡、钛酸钙、钛酸铜钙都具有较高的介电常数, 粘土、高岭土、石膏与钛酸钡、钛酸钙、钛酸铜钙任意一种或两种以上的混合以降低成本; 液相体为水、盐水和碳酸丙烯酯的一种或几种的组合, 使用过程中以水为主要的液相体, 盐水或碳酸丙烯酯的其中一种或混合液体的加入, 以调控极性电介质的阻抗值, 以上液相体具有较高的介电常数, 在具体实施中需保证极性电介质的介电常数 $\epsilon_r \geq 50$, 其中液相体的介电常数 ≥ 40 , 固相颗粒的介电常数 ≥ 100 , 固相颗粒与液相体的体积分数比例为 $1:1 \sim 1:15$, 混合液具有一定的粘黏性, 从而使得配制后的液相极性电介质的等效电容值 $C \geq 100 \mu\text{F}$, 等效电阻 $R > 5 \text{k} \Omega$ 。

[0082] 具体实施中, 固相颗粒还包括具备铁磁性特征的材料, 材料为带铁磁性特征的铁氧体粉末、三氧化二铁粉末、具有铁磁性铁电体特征的酒石酸钾钠、磷酸二氢钾中的一种或两种以上混合而成, 同时也可以将上述材料中的一种或者多种与含黄铁矿特性的粘土或铁磁性高岭土颗粒粉末中的一种或者多种进行混合, 带磁性的极性电介质通过吸收雷电电场能进而转换成了磁场能量和通过磁液膨胀实现了电能量的转换过程。

[0083] 电容式极板为一组或多组平行的双电极平板结构, 极板材料为铝、合金铜、钛、石墨或不锈钢, 极板上下或左右平行相向安装, 同时具有一定的面积值。根据电容器电容量

$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$, 电容值与极板的面积值成正比, 在雷电消纳器制作中, 要求电容量越大, 消纳雷

电能量的效果会越好, 但由于塔体上对设备的安装尺寸具有一定限制, 因此需要综合考虑电极平板的极板面积与极性电介质的介电常数值之间的关系。

[0084] 对于本领域技术人员而言, 显然本发明不限于上述示范性实施例的细节, 而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下, 能够以其他的具体形式实现本发明。因此, 无论从哪一点来看, 均应实施例看作是示范性的, 而且是非限制性的, 本发明的范围由所附权利要求要求而不是上述说明限定, 因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有

变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0085] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

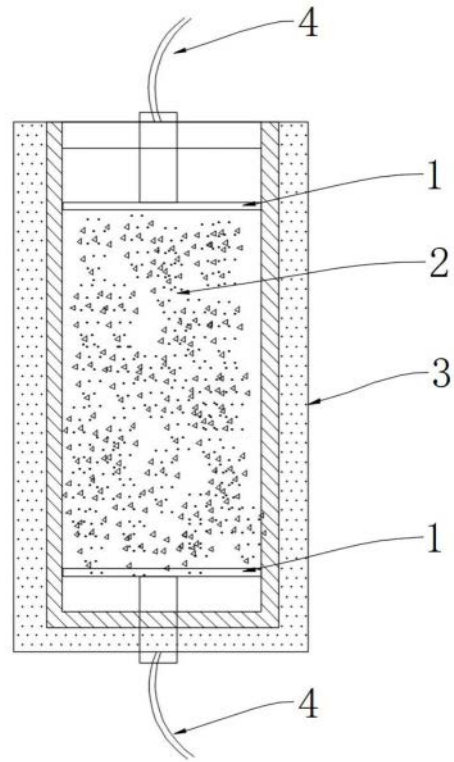


图1