



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108414897 B

(45)授权公告日 2019.08.02

(21)申请号 201810070445.5

G06F 17/50(2006.01)

(22)申请日 2018.01.24

G06K 9/62(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 罗敏

申请公布号 CN 108414897 A

(43)申请公布日 2018.08.17

(73)专利权人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山  
武汉大学

(72)发明人 邱志斌 阮江军 金颀 刘超  
王学宗

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务  
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 彭艳君

(51)Int.Cl.

G01R 31/12(2006.01)

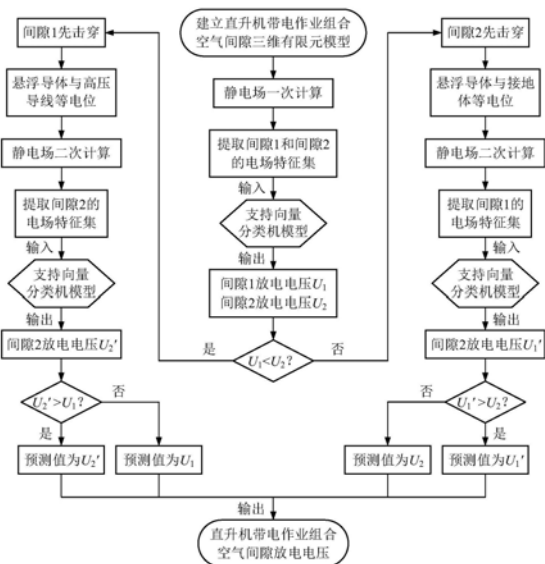
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法

(57)摘要

本发明涉及输电线路带电作业技术,具体涉及一种直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法,将高压导线与悬浮导体之间的空气间隙定义为第一间隙,将悬浮直升机与接地体之间的空气间隙定义为第二间隙。通过静电场一次计算并提取电场特征集,输入支持向量分类机进行放电电压一次预测,确定哪个间隙先击穿及其放电电压值;根据击穿后的电位变化情况进行静电场二次计算及电场特征提取,采用支持向量分类机进行放电电压二次预测,确定后放电间隙的放电电压值;比较先、后放电两个间隙的放电电压值,取较大者作为直升机带电作业组合空气间隙的放电电压预测值。该方法能替代放电试验,节省试验成本,可为获取直升机带电作业的最小安全距离提供指导。



1. 一种直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法,其特征是,包括以下步骤:

步骤1、将高压导线与悬浮直升机和作业人员之间的空气间隙定义为第一间隙,将悬浮直升机和作业人员与接地体之间的空气间隙定义为第二间隙;

步骤2、通过静电场一次计算及放电电压一次预测,确定先击穿的间隙及其放电电压值;

步骤3、通过静电场二次计算及放电电压二次预测,确定后放电间隙的放电电压值;

步骤4、通过比较先、后放电两个间隙的放电电压值,得到直升机带电作业组合空气间隙的整体放电电压预测值;

预测方法的具体实现包括以下步骤:

步骤2.1、建立直升机带电作业工况下的组合空气间隙三维有限元仿真模型,对高压导线施加高电位,对接地体和截断空气边界施加零电位,对悬浮直升机和作业人员进行电位自由度耦合,进行静电场一次计算;

步骤2.2、根据静电场一次计算结果,分别定义第一间隙和第二间隙的放电通道及最短路径,提取第一间隙和第二间隙放电通道及最短路径的电场特征集,将其作为输入参量,采用支持向量分类机模型分别对第一间隙和第二间隙的放电电压值进行一次预测;若第一间隙的放电电压预测值小于第二间隙的放电电压预测值,则第一间隙先被击穿,进行步骤2.3;若第一间隙的放电电压预测值大于第二间隙的放电电压预测值,则第二间隙先被击穿,进入步骤2.4;

步骤2.3、第一间隙击穿后,悬浮直升机和作业人员与高压导线等电位,根据第一间隙击穿后的电位变化对直升机和带电作业人员施加高电位,进行静电场二次计算,提取第二间隙的电场特征集并将其作为输入参量,采用支持向量分类机模型对第二间隙的放电电压进行二次预测;比较一次计算中第一间隙的放电电压预测值和二次计算中第二间隙的放电电压预测值,取较大者作为直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测值;

步骤2.4、第二间隙击穿后,直升机和带电作业人员与接地体等电位,根据击穿后的电位变化对直升机和带电作业人员施加零电位,进行静电场二次计算,提取第一间隙的电场特征集并将其作为输入参量,采用支持向量分类机模型对第一间隙的放电电压进行二次预测,比较一次计算中第二间隙的放电电压预测值和二次计算中第一间隙的放电电压预测值,取较大者作为直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测值。

2. 如权利要求1所述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法,其特征是,高压导线采用高压分裂导线结构,接地体采用单根导线。

3. 如权利要求2所述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法,其特征是,第一间隙的放电通道指作业人员与高压导线之间的空间区域,第一间隙的最短路径指作业人员与距其最近的高压分裂导线子导线之间的直线路径;第二间隙的放电通道指直升机主旋翼端部与接地体之间的空间区域,第二间隙的最短路径指直升机主旋翼端部到接地体最近距离的直线路径。

4. 如权利要求1所述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法,其特征是,电场特征集包括电场强度、电场梯度、电场能量、电场不均匀度。

5. 如权利要求1所述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法,其特征是,支持向量分类机模型需要根据第一间隙和第二间隙的结构特点,选择典型电极间隙或工程间

隙结构作为训练样本集对其进行训练得到。

6. 如权利要求1所述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法,其特征是,预测方法适用于500kV及以上电压等级输电线路平台法直升机带电作业组合空气间隙在不同间隙配置下的放电电压预测。

## 一种直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于输电线路带电作业技术领域,尤其涉及一种直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法。

### 背景技术

[0002] 带电作业是输电线路检测、检修和改造的重要手段,直升机带电作业可降低作业人员的体力消耗、提高作业效率,已成为超/特高压输电线路运行维护的重要措施。目前,我国特高压输电工程已广泛投运,采用直升机对特高压输电线路进行带电作业及检修维护已成为一项重要的技术手段。

[0003] 平台作业法是目前普遍采用的直升机带电作业方法,一般是在直升机的机腹位置安装工作平台,作业人员乘坐在平台上直接接触带电导线并进行等电位作业。当开展平台法直升机带电作业时,在进入等电位的过程中,直升机和作业人员作为悬浮电位体处于带电导线和接地体之间的电场中,组成高压导线-直升机-接地体之间的组合空气间隙。为了保证作业安全,需研究直升机带电作业过程中直升机与带电导线、接地体之间应保持的最小安全间隙距离,也即最低放电电压所对应的组合间隙配置。

[0004] 目前,国内外主要通过模拟典型作业工况开展组合间隙放电试验,获取带电作业的最小安全间隙距离。由于试验研究存在代价高、周期长的问题,部分学者开展了带电作业组合空气间隙放电机理研究,并提出了一些放电电压计算方法,这些方法大都是在Rizk模型(“Effect of floating conducting objects on critical switching impulse Breakdown of air insulation”,IEEE Transactions on Power Delivery,1995年第10卷第3期)的基础上进行适当改进所得到的,由于Rizk模型是对典型间隙开展试验并基于放电机理和一些简化假设所得到的半经验模型,对于不同电极结构和间隙布置、不同作业工况下的组合间隙放电电压计算,Rizk模型的适用性有限,无法满足实际工程应用,难以实现直升机带电作业组合空气间隙的放电电压计算。

[0005] 因此,开展组合空气间隙放电电压预测研究并提出一种行之有效的放电电压预测方法,可为确定直升机带电作业的最小安全距离和组合间隙配置提供理论依据,同时有助于减少试验工作量和试验费用,对于指导直升机带电作业应用于超/特高压输电线路的运维检修具有重要的工程意义。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种通过仿真计算替代模拟试验,获得不同间隙配置下的高压导线-直升机-接地体组合空气间隙的放电电压,从而得到直升机带电作业的最小安全距离的方法。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:一种直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1、将高压导线与悬浮直升机和作业人员之间的空气间隙定义为第一间隙,将

悬浮直升机和作业人员与接地体之间的空气间隙定义为第二间隙；

[0009] 步骤2、通过静电场一次计算及放电电压一次预测，确定先击穿的间隙及其放电电压值；

[0010] 步骤3、通过静电场二次计算及放电电压二次预测，确定后放电间隙的放电电压值；

[0011] 步骤4、通过比较先、后放电两个间隙的放电电压值，得到直升机带电作业组合空气间隙的整体放电电压预测值。

[0012] 在上述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法中，预测方法的具体实现包括以下步骤：

[0013] 步骤2.1、建立直升机带电作业工况下的组合空气间隙三维有限元仿真模型，对高压导线施加高电位，对接地体和截断空气边界施加零电位，对悬浮直升机和作业人员进行电位自由度耦合，进行静电场一次计算；

[0014] 步骤2.2、根据静电场一次计算结果，分别定义第一间隙和第二间隙的放电通道及最短路径，提取第一间隙和第二间隙放电通道及最短路径的电场特征集，将其作为输入参量，采用支持向量分类机模型分别对第一间隙和第二间隙的放电电压值进行一次预测；若第一间隙的放电电压预测值小于第二间隙的放电电压预测值，则第一间隙先被击穿，进行步骤2.3；若第一间隙的放电电压预测值大于第二间隙的放电电压预测值，则第二间隙先被击穿，进入步骤2.4；

[0015] 步骤2.3、第一间隙击穿后，悬浮直升机和作业人员与高压导线等电位，根据第一间隙击穿后的电位变化对直升机和带电作业人员施加高电位，进行静电场二次计算，提取第二间隙的电场特征集并将其作为输入参量，采用支持向量分类机模型对第二间隙的放电电压进行二次预测；比较一次计算中第一间隙的放电电压预测值和二次计算中第二间隙的放电电压预测值，取较大者作为直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测值；

[0016] 步骤2.4、第二间隙击穿后，直升机和带电作业人员与接地体等电位，根据击穿后的电位变化对直升机和带电作业人员施加零电位，进行静电场二次计算，提取第一间隙的电场特征集并将其作为输入参量，采用支持向量分类机模型对第一间隙的放电电压进行二次预测，比较一次计算中第二间隙的放电电压预测值和二次计算中第一间隙的放电电压预测值，取较大者作为直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测值。

[0017] 在上述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法中，高压导线采用高压分裂导线结构，接地体采用单根导线。

[0018] 在上述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法中，第一间隙的放电通道指作业人员与高压导线之间的空间区域，第一间隙的最短路径指作业人员与距其最近的高压分裂导线子导线之间的直线路径；第二间隙的放电通道指直升机主旋翼端部与接地体之间的空间区域，第二间隙的最短路径指直升机主旋翼端部到接地体最近距离的直线路径。

[0019] 在上述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法中，电场特征集包括电场强度、电场梯度、电场能量、电场不均匀度。

[0020] 在上述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法中，支持向量分类机模型需要根据第一间隙和第二间隙的结构特点，选择典型电极间隙或工程间隙结构作为训练

样本集对其进行训练得到。

[0021] 在上述的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法中,预测方法适用于500kV及以上电压等级输电线路平台法直升机带电作业组合空气间隙在不同间隙配置下的放电电压预测。

[0022] 本发明的有益效果是:1、采用数值计算方法与机器学习算法相结合,通过智能预测得到直升机带电作业组合空气间隙的放电电压,大幅节省了试验研究所需的人力物力成本,可为获取直升机带电作业的最小安全距离提供理论指导。

[0023] 2、相比于Rizk模型等现有的组合间隙放电电压计算方法,本发明提供的预测方法适用于间隙结构复杂的直升机带电作业组合空气间隙,能够应用于实际工况下不同间隙配置的放电电压预测。

### 附图说明

[0024] 图1为本发明一个实施例的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法流程图;

[0025] 图2为本发明一个实施例的平台法直升机带电作业模拟试验布置示意图;

[0026] 图3为本发明一个实施例的平台法直升机带电作业组合空气间隙三维有限元模型示意图;

[0027] 图4为本发明一个实施例的直升机带电作业组合空气间隙静电场一次计算结果图;

[0028] 图5为本发明一个实施例的直升机带电作业组合空气间隙放电通道与最短路径示意图;

[0029] 图6为本发明一个实施例的直升机带电作业第一间隙和第二间隙的放电电压一次预测结果图;

[0030] 图7为本发明一个实施例的直升机带电作业组合空气间隙静电场二次计算结果图;

[0031] 图8为本发明一个实施例的直升机带电作业组合空气间隙放电电压一次预测和二次预测结果对比图;

[0032] 图9为本发明一个实施例的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测值与试验值对比图。

### 具体实施方式

[0033] 下面结合附图对本发明的实施方式进行详细描述。

[0034] 本实施例采用如下技术方案来实现,一种直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测方法,包括将高压导线与悬浮直升机(含作业人员)之间的空气间隙定义为第一间隙1,将悬浮直升机(含作业人员)与接地体之间的空气间隙定义为第二间隙2。通过静电场一次计算及放电电压一次预测,确定哪个间隙先击穿及其放电电压值;通过静电场二次计算及放电电压二次预测,确定后放电间隙的放电电压值;通过比较先、后放电两个间隙的放电电压值,得到直升机带电作业组合空气间隙的整体放电电压预测值。

[0035] 预测方法的具体实现包括以下步骤:

[0036] 1、建立直升机带电作业工况下的组合空气间隙三维有限元仿真模型,对高压导线施加高电位,对接地体和截断空气边界施加零电位,对直升机和作业人员等悬浮导体进行电位自由度耦合,进行静电场一次计算。

[0037] 2、根据静电场一次计算结果,分别定义第一间隙1和第二间隙2的放电通道及最短路径,提取第一间隙1和第二间隙2放电通道及最短路径的电场特征集,将其作为输入参量,采用支持向量分类机模型分别对第一间隙1和第二间隙2的放电电压值进行一次预测。若第一间隙1的放电电压预测值小于第二间隙2,则认为第一间隙1先被击穿,进入第3步;若第一间隙1的放电电压预测值大于第二间隙2,则认为第二间隙2先被击穿,进入第4步。

[0038] 3、第一间隙1击穿后,可认为直升机和作业人员等悬浮导体与高压导线等电位,根据第一间隙1击穿后的电位变化情况对悬浮导体施加高电位,进行静电场二次计算,提取第二间隙2的电场特征集并将其作为输入参量,采用支持向量分类机模型对第二间隙2的放电电压进行二次预测。比较一次计算中第一间隙1的放电电压预测值和二次计算中第二间隙2的放电电压预测值,取较大者作为直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测值。

[0039] 4、第二间隙2击穿后,可认为直升机和作业人员等悬浮导体与接地体等电位,根据击穿后的电位变化情况对悬浮导体施加零电位,进行静电场二次计算,提取第一间隙1的电场特征集并将其作为输入参量,采用支持向量分类机模型对第一间隙1的放电电压进行二次预测,比较一次计算中第二间隙2的放电电压预测值和二次计算中第一间隙1的放电电压预测值,取较大者作为直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测值。

[0040] 并且,第一间隙1的放电通道是指作业人员与高压导线之间具有一定尺寸的空间区域,第一间隙1的最短路径是指作业人员与距其最近的高压分裂导线子导线之间的直线路径;第二间隙2的放电通道是指直升机主旋翼端部与接地体之间具有一定尺寸的空间区域,第二间隙2的最短路径是指直升机主旋翼端部到接地体最近距离的直线路径。

[0041] 而且,电场特征集包括电场强度、电场梯度、电场能量、电场不均匀度等与电场相关的物理量。

[0042] 而且,支持向量分类机模型需要通过训练样本集对其进行训练,应分别根据第一间隙1和第二间隙2的结构特点,选择典型电极间隙或工程间隙结构作为训练样本集。

[0043] 并且,预测方法适用于500kV及以上电压等级输电线路平台法直升机带电作业组合空气间隙在不同间隙配置下的放电电压预测。

[0044] 具体实施时,以1000kV特高压交流输电线路中相导线平台法直升机带电作业相-地组合间隙作为研究对象,将高压导线与悬浮直升机(含作业人员)之间的空气间隙定义为第一间隙 $S_1$ ,将悬浮直升机(含作业人员)与接地体之间的空气间隙定义为第二间隙 $S_2$ 。参照模拟试验布置建立高压导线-直升机(含作业人员)-地线组合空气间隙的三维有限元模型,采用本实施例的预测方法对不同间隙配置下的组合空气间隙在标准操作冲击下的放电电压进行预测,并与试验结果进行对比。

[0045] 本实施例中的模拟试验布置参考自“特高压交流输电线路平台法直升机带电作业安全间隙距离试验研究”(《高电压技术》,2015年第41卷第4期),包含6组间隙配置,即 $S_1/S_2$ 分别为0.5m/7.0m、1.0m/6.5m、1.6m/5.9m、2.2m/5.3m、2.8m/4.7m和3.2m/4.3m。如图1所示,通过如下步骤实现:

[0046] 一、如图2所示试验布置,采用ANSYS软件建立中相导线平台法直升机带电作业组

合空气间隙的三维有限元仿真模型。该模型中,模拟导线采用的是8分裂导线结构,长度为25m;模拟地线由单根导线构成,长度为20m;模拟直升机是以MD 500直升机尺寸为依据,按照1:1的比例制作而成的金属外壳及金属旋翼模拟直升机;模拟作业人员由铝合金制成,固定于作业平台和直升机的侧方;直升机带电作业平台位于绝缘试验台上方,试验台高12m,顶部的平台形状为 $3\text{m} \times 2.4\text{m} \times 0.2\text{m}$ 的长方体;绝缘支柱由上下两节组成,下部以四个边长1.2m的正方体石墩做基座。

[0047] 由于绝缘拉杆对作业人员及其附近电场的影响可以忽略不计,故不建立其模型;同时,用于悬挂模拟导线和模拟地线的绝缘绳及导线端部高压引线也可以忽略。直升机带电作业三维有限元模型如图3所示,对模拟8分裂导线施加高电位,对模拟地线、大地和截断空气边界施加零电位,对模拟直升机及其附属件和带电作业人员等悬浮导体进行电位自由度耦合,进行静电场一次计算。以 $S_1=1.6\text{m}$ 、 $S_2=5.9\text{m}$ 的情况为例,静电场一次计算结果如图4所示。

[0048] 二、根据静电场一次计算结果,分别定义第一间隙1和第二间隙2的放电通道及最短路径,如图5所示。其中,第一间隙1的放电通道是指模拟带电作业人员与模拟8分裂导线之间具有一定尺寸的空间区域,第一间隙1的最短路径是指带电作业人员与距其最近的模拟8分裂导线子导线之间的直线路径;第二间隙2的放电通道是指模拟直升机主旋翼端部与模拟地线之间具有一定尺寸的空间区域,第二间隙2的最短路径是指模拟直升机主旋翼端部到模拟地线最近距离的直线路径。

[0049] 提取第一间隙1和第二间隙2放电通道及最短路径的电场特征集,包括电场强度、电场梯度、电场能量、电场不均匀度等与电场相关的物理量,见表1。其具体定义可参见“基于电场特征量和SVM的空气间隙击穿电压预测”(《中国电机工程学报》,2015年第35卷第3期)和“电极空气间隙击穿电压的预测方法”(中国发明专利,ZL 201310752299.1)。

[0050] 表1放电通道和最短路径的电场特征集

[0051]

空间区域	电场特征量
放电通道	电场强度最大值 $E_m$ 、平均值 $E_a$ ; 电场能量 $W$ 、能量密度 $W_d$ ; 场强畸变率 $E_d$ , 超过 $x\%E_m$ 区域所占体积和能量的比例 $V_{rx}$ 、 $W_{rx}$ ( $x\%=90\%$ 、 $75\%$ 、 $50\%$ 和 $25\%$ ), 超过 24、7kV/cm 的区域所占体积和能量的比例 $V_{r24}$ 、 $V_{r7}$ 、 $W_{r24}$ 、 $W_{r7}$
最短路径	电场梯度最大值 $E_{gmax}$ 、最小值 $E_{gmin}$ 、平均值 $E_{ga}$ ; 超过 $x\%E_{gmax}$ 区域所占的比例 $E_{rgx}$ ( $x\%=90\%$ 、 $75\%$ 、 $50\%$ 和 $25\%$ ), 场强值超过 24、7kV/cm 的路径长度 $L_{24}$ 、 $L_7$ 和比例 $L_{r24}$ 、 $L_{r7}$



[0052] 将第一间隙1和第二间隙2的电场特征集分别作为输入参量,采用支持向量分类机模型分别对第一间隙1和第二间隙2的放电电压值进行一次预测。根据第一间隙1和第二间隙2的结构特点,分别选取合适的训练样本集对支持向量分类机进行训练。对于第一间隙1,其训练样本包含棒-棒、球-板、导线-杆塔等3种已知放电电压试验结果的间隙结构,其试验值分别参考自“棒-棒间隙操作冲击放电过程的试验观测”(高电压技术,2012年第38卷第8期)、“不同海拔高度下棒-板间隙临界半径对比和海拔校正研究”(中国电力科学研究院硕士学位论文,2010年)、“特高压输电线路长空气间隙绝缘特性及电场分布研究”(武汉大学博士学位论文,2012年)。对于第二间隙2,其训练样本包含上述棒-棒间隙和棒-板间隙,其中,棒-板间隙试验值参考自“Influence of air gap characteristics on line-to-ground switching surge strength”(IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems,1967年第86卷第8期)。

[0053] 分别建立训练样本集的有限元模型进行静电场计算和电场特征提取,进而对支持向量分类机进行训练,使其具备预测能力。将平台法直升机带电作业第一间隙1和第二间隙2的电场特征集分别输入至训练后的支持向量分类机模型,输出第一间隙1和第二间隙2的放电电压一次预测结果 $U_1$ 和 $U_2$ ,如图6所示。比较 $U_1$ 和 $U_2$ 的大小,从图6可以看出,在各个间隙配置下, $U_1$ 均小于 $U_2$ ,可以认为第一间隙1先被击穿,进入第三步。

[0054] 三、第一间隙1击穿后,可认为直升机和作业人员等悬浮导体与模拟8分裂导线等电位,根据第一间隙1击穿后的电位变化情况对悬浮导体施加与模拟导线相同的高电位,对模拟地线、大地和截断空气边界施加零电位,进行静电场二次计算。以 $S_1=1.6\text{m}$ 、 $S_2=5.9\text{m}$ 的情况为例,静电场二次计算结果如图7所示。提取第二间隙2的电场特征集并将其作为输入参量,采用支持向量分类机模型对第二间隙2的放电电压进行二次预测。比较一次计算中第一间隙1的放电电压预测值 $U_1$ 和二次计算中第二间隙2的放电电压预测值 $U_2'$ ,其对比结果如图8所示。

[0055] 从图8可以看出,当 $S_1/S_2$ 为0.5m/7.0m、1.0m/6.5m、1.6m/5.9m和2.2m/5.3m时, $U_2' > U_1$ ,取 $U_2'$ 作为组合空气间隙的放电电压预测值;当 $S_1/S_2$ 为2.8m/4.7m和3.2m/4.3m时, $U_1 > U_2'$ ,取 $U_1$ 作为组合空气间隙的放电电压预测值。如此,即可得到6种间隙配置下的直升机带电作业组合空气间隙放电电压预测结果,其与试验值的对比如图9所示,预测值与试验值的最大相对误差为5.8%,6组间隙配置下的预测结果平均绝对百分比误差为4.0%,误差在工程允许范围内。

[0056] 由此可见,通过本发明提供的预测方法,可以计算得到直升机带电作业组合空气间隙的放电电压,从而替代成本高、周期长的放电试验,可为获取直升机带电作业的最小安全距离提供理论指导。

[0057] 应当理解的是,本说明书未详细阐述的部分均属于现有技术。

[0058] 虽然以上结合附图描述了本发明的具体实施方式,但是本领域普通技术人员应当理解,这些仅是举例说明,可以对这些实施方式做出多种变形或修改,而不背离本发明的原理和实质。本发明的范围仅由所附权利要求书限定。

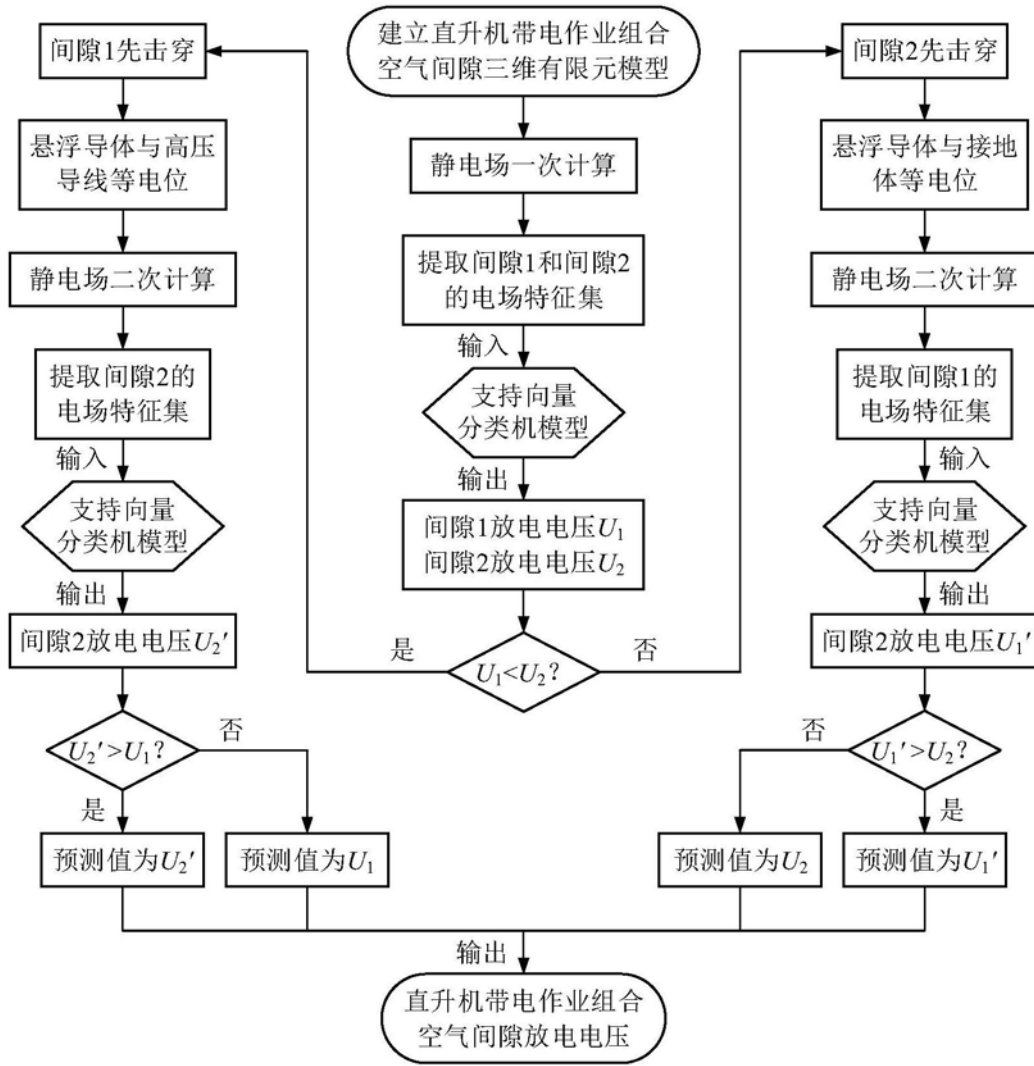


图1

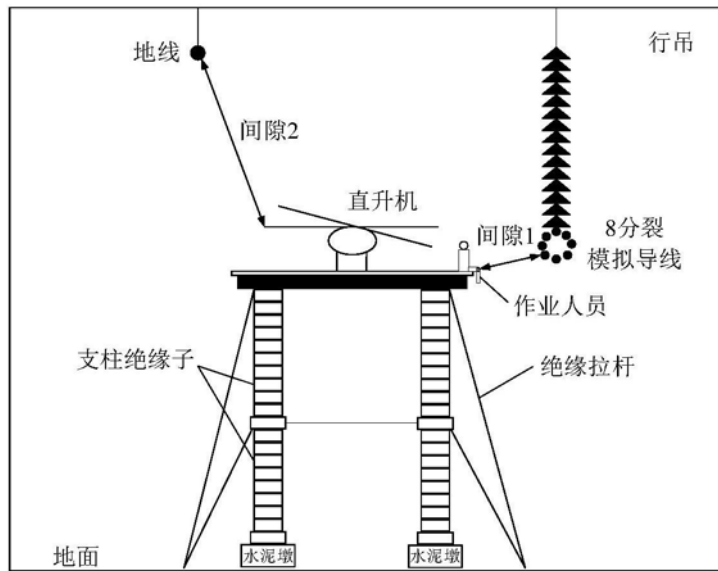


图2

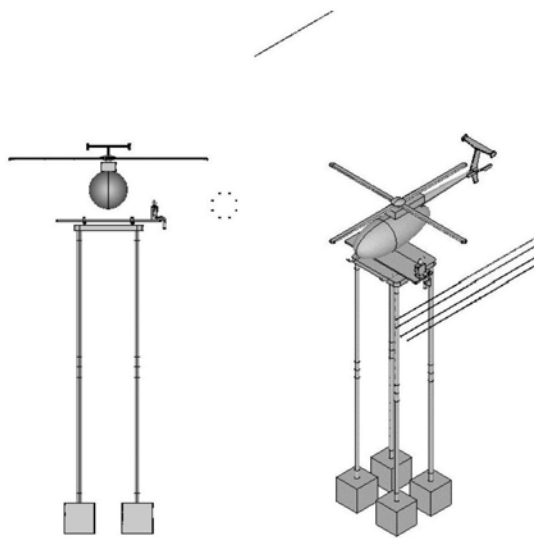


图3

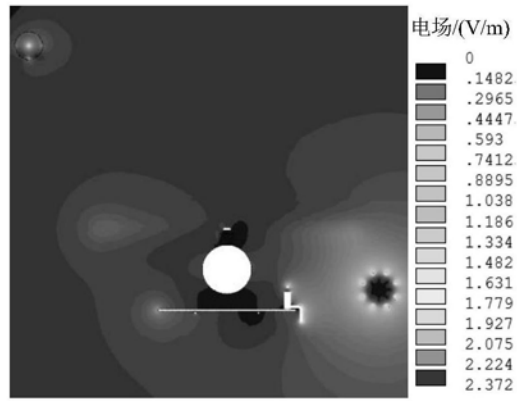


图4

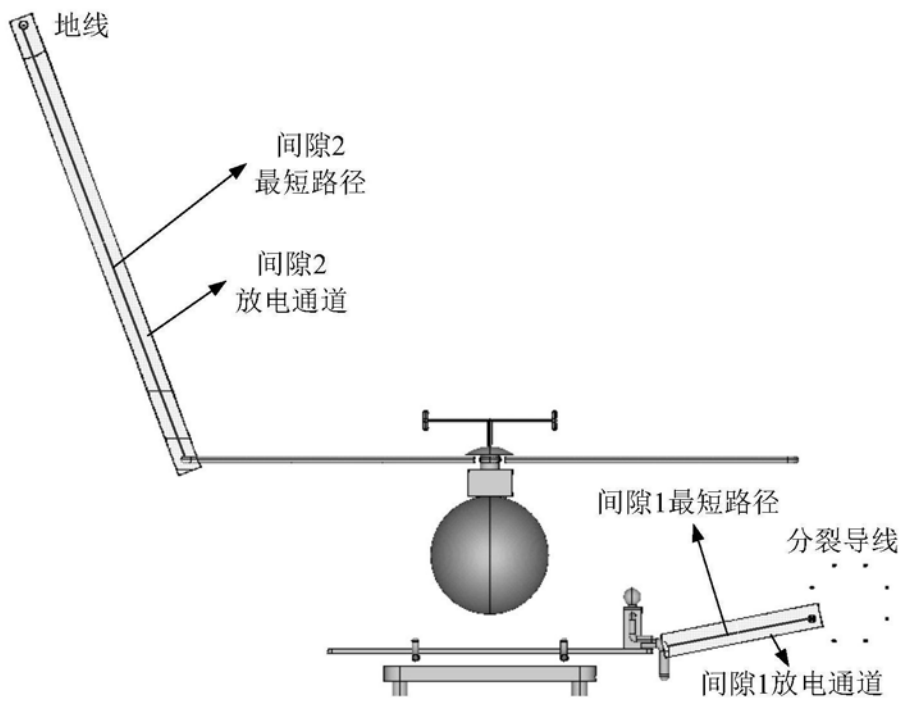


图5

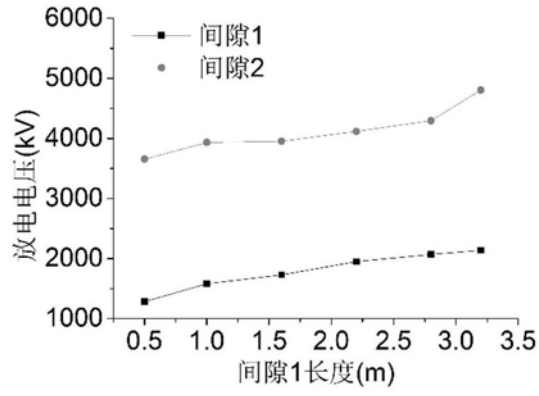


图6

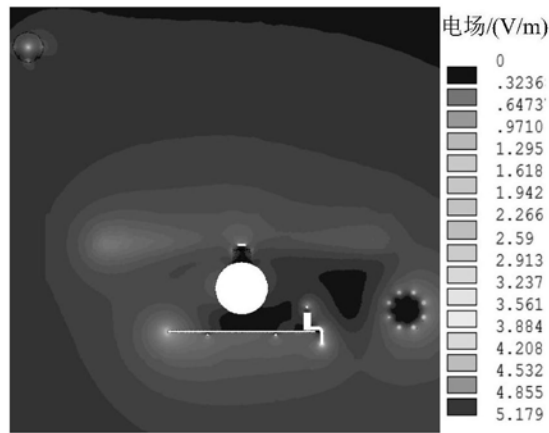


图7

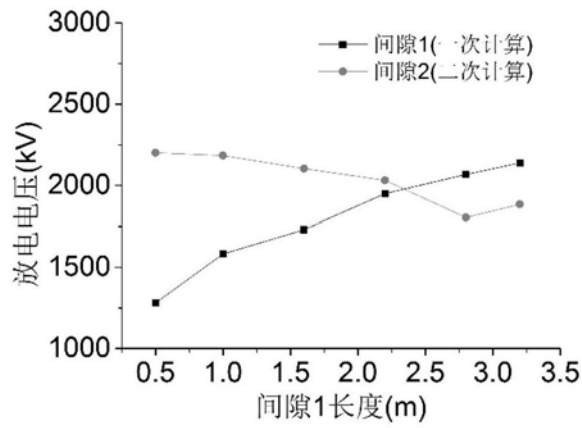


图8

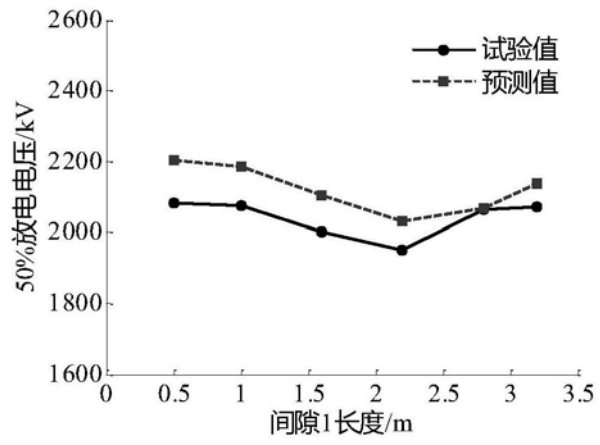


图9