DOI:10.20033/j.1003-7241.(2025)07-0030-05

基于多旋翼无人机的输电线路验电与地线自动挂接方法

郭建勋，王 勇，薛 飞，张 涛
(国网冀北电力有限公司,河北 张家口 075000)

摘 要: 以提升验电与地线自动挂接的安全性为目的,提出基于多旋翼无人机的输电线路验电与地线自动挂接方法。利用多旋翼无人机搭载验电与地线自动挂接的一体化智能装置;利用B样条插值算法规划多旋翼无人机验电与地线自动挂接的飞行路径,通过改进遗传算法优化该路径,获取一条冲击度最小、时间最短的最佳飞行路径;多旋翼无人机内置的串级位置PID控制器,按照最佳飞行路径控制无人机飞至验电与地线自动挂接位置;到达指定位置后,一体化智能装置的验电器,按照输电线路场强分布的非接触式验电原理,完成输电线路验电工作;确定输电线路不带电后,由该装置内的地线挂钩与地线杆完成地线自动挂接。实验证明,该方法可有效完成输电线路验电工作,且验电精度较高;该方法可有效规划平滑的多旋翼无人机的验电与地线自动挂接路径,完成地线自动挂接。

关键词: 多旋翼无人机;输电线路验电;地线自动挂接;遗传算法;场强分布
中图分类号: TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-7241(2025)07-0030-05

Method of Power Test and Automatic Grounding of Transmission Line Based on Multi Rotor UAV

GUO Jianxun, WANG Yong, XUE Fei, ZHANG Tao
(State Grid Jibei Electric Power Co., Zhangjiakou 075000, China)

Abstract: In order to improve the safety of power inspection and automatic grounding wire connection, the method of power inspection and automatic grounding wire connection of transmission line based on multi rotor UAV is studied to improve the effect of power inspection and automatic grounding wire connection. The multi rotor UAV is used to carry an integrated intelligent device for electrical inspection and automatic connection of ground wire. The B-spline interpolation algorithm is used to plan the flight path for the multi rotor UAV to automatically connect the electrical inspection and ground wire, and the improved genetic algorithm is used to optimize the path to obtain an optimal flight path with the minimum impact and the shortest time. The cascade position PID controller built in the multi rotor UAV controls the UAV to fly to the position of power inspection and automatic grounding according to the best flight path. After reaching the designated position, the electroscope of the integrated intelligent device completes the power inspection of the transmission line according to the non-contact power inspection principle of the distribution of the field strength of the transmission line. After confirming that the transmission line is not electrified, the ground wire hook in the device and the ground wire pole will automatically hook the ground wire. The experiment shows that this method can effectively complete the power inspection of transmission lines, and the accuracy of power inspection is high. This method can effectively plan the smooth path of multi rotor UAV's electrical inspection and automatic grounding wire hooking, and complete the automatic grounding wire hooking.

Keywords: multi rotor UAV; power inspection of transmission line; automatic hooking of ground wire; genetic algorithm; field intensity distribution

0 引言

定期检修保养输电线路,可有效确保输电线路稳定运行。检修保养输电线路的前提是验电与地线挂接作业[1]。传统的验电与地线挂接作业是依靠人工手持验电器与接地线杆的方式,完成验电与地线挂接[2-4]。这样的作业方法安全性较低、工作效率也低。为解决这一问题,需研究输电线路验电与地线自动挂接方法[5]。例如,杨鹏飞等通过构造套球壳型结构的电场分布模型,获取电场探头的灵敏度表达式,利用电场探头的等效电路模型,设计输电线路验电装置。该方法可有效对输电线路进行验电,且小角度旋转验电装置,不会影响验电精度[6]。但该方法易受电磁环境与物理环境干扰,在电磁环境较为繁琐,以及天气较为恶劣情况下,验电准确性较低。王星宇等按照智能电子设备与输电线路间的虚连接关系,以拓

*基金项目:国网冀北电力有限公司科技项目(SGTYHT/21-JS-223)
收稿日期:2023-10-03

扑连接矩阵的形式，描述虚连接关系，通过可缩放矢量图与并行计算方法，结合虚连接关系，自动生成地线挂接路径，导入智能电子设备，完成地线自动挂接[7]。该方法具备地线自动挂接的有效性与实用性。但该方法地线挂接的效率较慢，且生成的地线挂接路径平滑性较差。多旋翼无人机适合在地形与气候复杂的环境下工作[8-9]，在输电线路验电与地线自动挂接领域应用多旋翼无人机，可提升验电与地线挂接安全性，加快工作效率。为此，研究基于多旋翼无人机的输电线路验电与地线自动挂接方法，精准完成验电与地线自动挂接。

1 输电线路验电与地线自动挂接方法

利用多旋翼无人机搭载验电与地线自动挂接的一体化智能装置，通过该装置内的验电器完成输电线路的验电工作，由该装置内的地线挂钩与地线杆完成地线自动挂接。利用B样条插值算法规划多旋翼无人机验电与地线自动挂接的路径，通过改进遗传算法获取一条冲击度最小、时间最短的最佳路径。当多旋翼无人机按照最佳路径飞至输电线路验电与地线自动挂接位置时，通过多旋翼无人机搭载的验电与地线自动挂接的一体化装置，对输电线路进行验电。在确定输电线路不带电情况下，通过地线挂钩与地线杆完成地线自动挂接。

验电与地线自动挂接的一体化智能装置内共包含四部分，分别是地线挂钩、地线杆、验电器与伸缩式验电杆。多旋翼无人机未起飞前，验电与地线自动挂接的一体化智能装置经由绝缘绳[10]，悬挂至多旋翼无人机底部。多旋翼无人机飞行时，绝缘绳处于收紧状态，确保该装置在验电与地线自动挂接工作时不会晃动。多旋翼无人机按照规划的路径，飞至输电线路验电与地线自动挂接作业点[11]。到达作业点后，工作人员通过控制伸缩式验电杆令验电器位于指定位置，验电器按照输电线路场强分布的非接触式验电原理，对作业点进行验电；完成验电并确认作业点不带电后，通过地线挂钩与地线杆完成地线自动挂接。该方法在进行验电与地线自动挂接时，不用更换绝缘工具，为工作人员的输电线路检修工作提供便利。

1.1 多旋翼无人机的验电与地线自动挂接路径规划

为完成输电线路验电与地线自动挂接工作，需规划合理的多旋翼无人机飞行路径，令多旋翼无人机精准飞至指定验电与地线自动挂接作业点[12]。通过B样条插值法，规划一条符合多旋翼无人机飞行的路径点序列。通过改进遗传算法优化规划的路径，降低输电线路验电与地线自动挂接时间与冲击度。

令一条k次B样条多旋翼无人机路径规划曲线$F(r)$为

$$F\left(r\right)=\sum_{i=0}^{n}\lambda G_i N_{i,k}\left(r\right) \tag{1}$$

式中，多旋翼无人机路径规划的末端节点向量是r，以多旋翼无人机搭载的验电与地线自动挂接一体化智能装置为末端节点；第i条输电线路验电与地线自动挂接B样条路径规划曲线的控制点是G_i；平滑系数是λ；输电线路验电与地线自动挂接B样条路径规划曲线数量是n；k次B样条基函数是$N_{i,k}(r)$。

$N_{i,k}(r)$的递推法如下：

$$\begin{cases}N_{i,0}\left(r\right)=\begin{cases}1, r_i<r<r_{i+1}\\0, \text{其他}\end{cases}\\ N_{i,k}\left(r\right)=\dfrac{\left(r-r_i\right)\gamma N_{i,k-1}\left(r\right)}{r_{i+1}-r_i}+\dfrac{\left(r_{i,k+1}-r\right)\gamma N_{i+1,k-1}\left(r\right)}{r_{i,k+1}-r_{i+1}}\end{cases} \tag{2}$$

式中，递推系数是γ；第i、i+1条B样条路径规划曲线上末端节点向量是γ_i、γ_{i+1}；第i条、k+1次B样条路径规划曲线上末端节点向量是$r_{i,k+1}$；k次B样条路径规划曲线上末端节点向量是r_k；n+1条B样条路径规划曲线上末端节点向量是r_{n+1}；第i、i+1条、k-1次B样条基函数是$N_{i,k-1}(r)$、$N_{i+1,k-1}(r)$。

式(1)中，G_i可控制多旋翼无人机验电与地线自动挂接路径规划曲线的走向与形状，按照验电与地线自动挂接需求，结合避障点位[13]，使曲线避开障碍物。

令多旋翼无人机搭载的验电与地线自动挂接一体化智能装置为末端节点，该节点的位置集合是$\{t_i, vG_i\}$。多旋翼无人机由输电线路验电与地线自动挂接作业点位1至作业点位2的飞行时间是$t_i=t_{final}-t_{start}$；多旋翼无人机运动起始时间是t_{start}；结束时间是t_{final}。多旋翼无人机的飞行速度是v；多旋翼无人机飞行轨迹的起点与终点是vG_0、vG_n；将vG_0与vG_n当成多旋翼无人机路径规划B样条曲线的两个控制点。利用G_i与末端节点向量$R=\{r_0, r_1, \cdots, r_n\}$确定多旋翼无人机路径规划的B样条曲线。通过累计弦长参数法，归一化处理多旋翼无人机路径中的时间间隔Δt_i，经过整理后获取R内的每个元素r_i，公式如下：

$$r_i=r_{i-1}+\frac{\left|\Delta t_i\right|}{\sum_{j=0}^{n-1}\left|\Delta t_j\right|} \tag{3}$$

式中，B样条路径规划曲线编号是j。

在式(1)内添加区间$[r_i, r_{i+1}]$内的末端节点向量，以及多旋翼无人机规划路径内的位置点vG_i，获取：

$$F\left(r_i\right)=\sum_{i=j}^{i+k}\lambda G_j N_{i,k}\left(r_i\right)=vG_i \tag{4}$$

通过结合输电线路验电与地线自动挂接工作的实际需求，规划多旋翼无人机飞行路径，可确保多旋翼无人机搭载验电与地线自动挂接的一体化智能装置，作业过程的平

稳顺滑性。令输电线路验电与地线自动挂接初始作业点位，以及下一作业点位的速度与加速度是v_0、a_0、v_{stop}、a_{stop}。

令$F(r)$的s阶导矢为

$$F_s(r)=\sum_{j=i-s}^{i}\lambda G_j^s N_{j,k-s}(r) \tag{5}$$

$$G_j^s=\begin{cases}G_j, s=0\\ \dfrac{(k-s+1)G_j^{s-1}-G_{j-1}^{s-1}}{r_{j+k-s+1}-r_j}, s=1,2,\cdots,l\end{cases} \tag{6}$$

式中，$F(r)$的总阶数是l。

式(6)结合多旋翼无人机的边界限制条件，代入式(5)获取多旋翼无人机路径规划的边界限制条件：

$$\begin{aligned}&F'(r_j)=\sum_{j=1}^{n}G_jN_{j,k}(r_j)=v_0\\ &F''(r_j)=\sum_{j=2}^{n}G_jN_{j,k-1}(r_j)=a_0\\ &F'(r_n)=\sum_{j=n-1}^{n}G_jN_{j,k}(r_n)=v_{stop}\\ &F''(r_n)=\sum_{j=n}^{n}G_jN_{j,k-1}(r_n)=a_{stop}\end{aligned} \tag{7}$$

式中，$F(r_j)$与$F(r_n)$的一阶、二阶导矢是$F(r_j)$、$F(r_n)$、$F''(r_j)$、$F''(r_n)$。

综合考虑式(7)的边界限制条件与初始点条件，构造联合矩阵方程，获取全部的多旋翼无人机路径规划的B样条曲线控制点G_i，在式(1)内代入G_i，可获取一条符合边界限制的多旋翼无人机路径规划B样条曲线。

1.2 多旋翼无人机的验电与地线自动挂接路径优化

以多旋翼无人机路径规划时间最短、冲击度最小为优化目标，通过改进遗传算法，优化1.1小节获取的多旋翼无人机路径规划B样条曲线，得到一条最佳的多旋翼无人机飞行路径。具体步骤如下：

(1) 种群初始化，以式(1)与式(7)计算获取的初始多旋翼无人机路径点参数，为异常算法的初始种群；

(2) 构造适应度函数，利用外罚函数法，剔除不符合边界限制条件的个体，令迭代点不断接近可行域；

(3) 选择与交叉，完成选择与交叉后，按照个体适应度值排列种群内的全部个体；在种群内选择适应度值较大的个体，确保恶劣个体有效剔除；

(4) 变异，通过变异操作提升算法的局部搜索能力，经过变异后可获取下一代群体；

(5) 当迭代次数达到最大值时，以最大适应度的个体为最佳解，结束算法，输出最佳的多旋翼无人机验电与地线自动挂接路径规划结果。

1.3 多旋翼无人机的验电与地线自动挂接控制器

在多旋翼无人机内安装串级位置PID控制器，实现多旋翼无人机的验电与地线自动挂接控制。在串级位置PID控制器内输入1.2小节优化后的最佳多旋翼无人机飞行路径，对多旋翼无人机的位置、速度与加速实施闭环控制。

串级位置PID控制器按照规划的路径，控制多旋翼无人机飞行至指定输电线路验电与地线自动挂接作业点位后，继续由串级位置PID控制器控制验电与地线自动挂接的一体化智能装置。伸出伸缩式验电杆，将验电器送至指定位置。通过验电器内的球形探头传感器，采集输电线路作业点位的电压，通过模拟电荷法计算作业点位的场强。当场强低于设置阈值时，认定该作业点位不带电，反之，认定该作业点位带电，完成输电线路验电。

1.4 输电线路验电与地线自动挂接的实现

假设输电线路作业点位C的一个带电量是ζ的点电荷是Q，C距离地面的高度是m。$+Q$与$+Q$的镜像点电荷$-Q$，在C处产生的场强是E_1与E_2，计算公式如下：

$$\begin{aligned}E_1&=\frac{\zeta}{\pi\varepsilon\sqrt{x^2+(y-m)^2}}\\ E_2&=\frac{\zeta}{\pi\varepsilon\sqrt{x^2+(y+m)^2}}\end{aligned} \tag{8}$$

式中，介质是ε；C的横纵坐标是x、y。

令无穷远处是零电位，那么C点的电位为

$$\varphi=\int_{l_1}^{+\infty}\frac{\zeta}{\pi\varepsilon l_1}dl_1-\int_{l_2}^{+\infty}\frac{\zeta}{\pi\varepsilon l_2}dl_2-\frac{\zeta}{\pi\varepsilon}\ln\frac{l_2}{l_1}=\frac{\zeta}{\pi\varepsilon}\ln\frac{l_2}{l_1} \tag{9}$$

式中，$l_1=\sqrt{x^2+(y-m)^2}$；$l_2=\sqrt{x^2+(y+m)^2}$；d表示微分。

令球形探头传感器采集的h条输电线路各相电压是$\{\upsilon_1,\upsilon_2,\cdots,\upsilon_h\}$，通过式(9)计算获取的$h$阶电位矩阵是

$$\Phi=\begin{bmatrix}\varphi_{11}&\cdots&\varphi_{1h}\\ \varphi_{21}&\cdots&\varphi_{2h}\\ \vdots&\cdots&\vdots\\ \varphi_{h1}&\cdots&\varphi_{hh}\end{bmatrix}^{-1}。$$

通过各相电压υ_h与Φ获取输电线路作业点位的模拟电荷值$\{\theta_1,\theta_2,\cdots,\theta_h\}$，公式如下：

$$\begin{bmatrix}\theta_1\\ \theta_2\\ \vdots\\ \theta_h\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\varphi_{11}&\cdots&\varphi_{1h}\\ \varphi_{21}&\cdots&\varphi_{2h}\\ \vdots&\cdots&\vdots\\ \varphi_{h1}&\cdots&\varphi_{hh}\end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix}\upsilon_1\\ \upsilon_2\\ \vdots\\ \upsilon_h\end{bmatrix} \tag{10}$$

令输电线路空间内随意一点是$C(x,y)$，第α条输电线路至C的距离是l_α，输电线路α的镜像点至C的距离是l'_α。通过高斯定理计算α在C处产生的场强E_α，公式如下：

$$E_\alpha=\frac{\theta_\alpha}{\pi\varepsilon l_\alpha} \tag{11}$$

式中,输电线路α的模拟电荷值是θ_α。

通过叠加原理可计算获取全部镜像电荷在C处产生的场强,公式如下:

$$E=\sum_{\alpha=1}^{h}\frac{\theta_\alpha}{\pi\varepsilon\left(l_\alpha-l'_\alpha\right)} \tag{12}$$

E的横纵坐标分量是E_x、E_y,公式如下:

$$\begin{aligned}E_x&=\frac{\sum_{\alpha=1}^{h}\theta_\alpha\left[\dfrac{x-x_\alpha}{\left(y_\alpha-y\right)^2+\left(x_\alpha-x\right)^2}-\dfrac{x-x_\alpha}{\left(y_\alpha+y\right)^2+\left(x_\alpha-x\right)^2}\right]}{\pi\varepsilon}\\E_y&=\frac{\sum_{\alpha=1}^{h}\theta_\alpha\left[\dfrac{y_\alpha-y}{\left(y_\alpha-y\right)^2+\left(x_\alpha-x\right)^2}-\dfrac{y_\alpha+y}{\left(y_\alpha+y\right)^2+\left(x_\alpha-x\right)^2}\right]}{\pi\varepsilon}\end{aligned} \tag{13}$$

根据与可获取输电线路验电与地线自动挂接作业点位的实际场强,公式如下:

$$\vec{E}=E_x+E_y \tag{14}$$

设输电线路验电阈值是μ,当$\vec{E}<\mu$时,则作业点位不带电,当$\vec{E}\geqslant\mu$时,则作业点位带电,完成输电线路验电。

确定输电线路不带电时,利用串级位置PID控制器,控制地线挂钩与地线杆完成地线自动挂接。

2 实验结果与分析

以某市110 kV双回路输电线路为实验对象。该输电线路长度大概为10 km,其内部导线为2×LGJ-240/40,地线选择OPGW-24芯的复合光缆,另一根线为LHGBJ-120/20铝合金线。该输电线路的具体参数如表1所示。

表1 输电线路参数

参数名称	数值
纤芯数量/芯	26
直径/mm	14.85
标称破断强度/kN	66.5±1
单位重量/kg/km	约500
弹性模量/N/mm²	98 700
平均运行张力/%	≥20
直流电阻/Ω/km	0.399

本文方法利用索尼a6000+两轴云台+图传的八旋翼无人机,搭载验电与地线自动挂接的一体化智能装置,对该市输电线路进行验电与地线自动挂接工作,验证本文方法验电与地线自动挂接的有效性。该八旋翼无人机的具体参数如表2所示。

输电线路的安全场强为3 000 V/m,为此设置判定输电线路是否带电的阈值是3 000 V/m。在该输电线路内随机选择长度100 m的输电线路,并随机设置10个作业点位,记为作业点位1-10,在这10个作业点位中,设置作业点位2与8为带电的,其余8个作业点位为不带电的。利用本文方法对这10个作业点位进行验电,验电结果如图1所示。根据图1可知,本文方法可有效计算各输电线路点位的实际场强,其中作业点位2的实际场强约为3 900 V/m,作业点位8的实际场强约为4 300 V/m。这两个作业点位的实际场强均大于场强阈值,则判定这两个作业点位带电,其余8个作业点位的实际场强均低于场强阈值,则判定这8个作业点位不带电。本文方法的验电结果与实际设置的带电情况一致,说明本文方法可精准完成输电线路验电工作。

表2 八旋翼无人机的具体参数

参数名称	具体信息
轴距/mm	1 420
机架	碳纤维复合材料
机臂结构	伞折+快拆桨
外形尺寸/m	1.87×0.5
存放直径/m	<0.7
标准载荷重量/g	1 200
续航时间/min	55
巡航速度/m/s	6-12
最大平飞速度/m/s	20
海平面爬升率/m/s	3
抗风能力	6级风
最大飞行半径/km	4

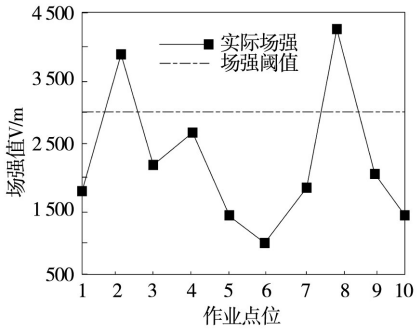


图1 输电线路验电结果

利用本文方法对确定不带电的作业点位,进行输电线路地线自动挂接。通过本文方法根据各作业点位的位置,规划输电线路自动挂接路径,在确定的8个不带电作业点位内,随机选择3个作业点位,利用本文方法规划多旋翼无人机的飞行路径,路径规划结果如图2所示。根据图2可知,本文方法可有效根据输电线路地线自动挂接作业点位的位置,规划一条平滑的多旋翼无人机飞行路径,同时规划的飞行路径可有效避开全部障碍物,确保多旋翼无人机的飞行安全。

当多旋翼无人机飞行至指定作业点位后,利用本文方法对不带电的作业点位进行输电线路地线自动挂接,地线自动挂接结果如表3所示。根据表3可知,本文方法可有效对不带电的输电线路作业点位,进行地线自动挂接,其中仅有作业点位6的地线未成功挂接,需重新规划多旋翼无人机的飞行路径,进行二次地线自动挂接,其余

作业点位的地线均成功自动挂接，说明本文方法的输电线路地线自动挂接效果较优。

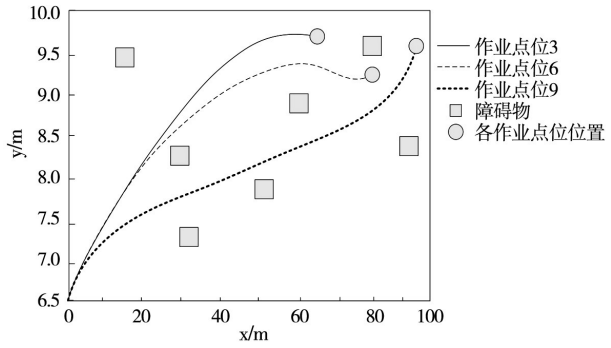


图2 多旋翼无人机的地线自动挂接路径规划结果

表3 输电线路地线自动挂接结果

作业点位编号	坐标/m	地线自动挂接结果
1	(52,10.0)	成功挂接
3	(64,9.7)	成功挂接
4	(69,9.5)	成功挂接
5	(74,9.4)	成功挂接
6	(80,9.3)	未成功挂接
7	(87,9.4)	成功挂接
9	(95,9.6)	成功挂接
10	(100,9.7)	成功挂接

为分析本文方法在验电与地线自动挂接过程中，多旋翼无人机的路径规划效果，以多旋翼无人机飞行的速度变化曲线为分析指标，分析结果如图3所示。根据图3可知，多旋翼无人机在起飞时，可迅速提升速度，提升至最合适的飞行速度后，多旋翼无人机便以恒定速度飞行，接近目标作业点位，完成验电与地线自动挂接后，多旋翼无人机便开始不断下降，且飞行速度也逐渐降低，整个飞行过程中多旋翼无人机的速度变化曲线非常连续、平滑，且不存在抖动情况，可提升验电与地线自动挂接工作的稳定性。

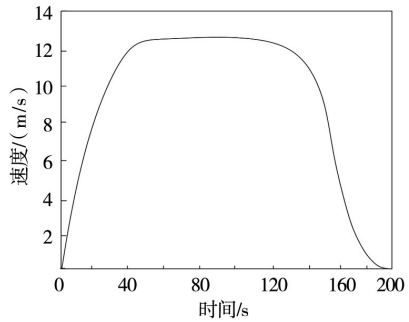


图3 多旋翼无人机速度变化曲线

3 结束语

输电线路检修属于非常重要的工作，输电线路检修前，必须进行验电与地线自动挂接工作，用于确保输电线路检修的安全性，为此研究基于多旋翼无人机的输电线路验电与地线自动挂接方法，有效完成验电与地线自动挂接工作，降低检修维护人员的工作强度，提升输电线路安全维护工作的安全保障系数。

参考文献：

[1] 陈千懿，陈绍南，肖静，等. 基于强化学习的配电网巡检缺陷自动识别方法[J]. 自动化技术与应用，2023，42(10)：54-58.

[2] 毛先胤，马晓红，彭赤，等. 输电线路分段地线感应取能方法研究[J]. 电力自动化设备，2019，39(3)：219-223.

[3] 屈路，蔡汉生，刘刚，等. 基于回路阻抗测试的输电线路防范误操作方法[J]. 水电能源科学，2019，37(10)：137-141.

[4] 秦威南，方玉群，潜力群，等. 超/特高压架空输电线路短路接地线烧伤分析[J]. 中国电力，2019，52(9)：110-117.

[5] 王冰清，李本瑜，宋晓亮. 基于瞬时功率理论的变压器CT接线校验方法[J]. 电力系统保护与控制，2019，47(6)：173-179.

[6] 杨鹏飞，闻小龙，倪晓明，等. 套球壳型非接触式交流验电装置研究[J]. 电子与信息学报，2021，43(6)：1637-1643.

[7] 王星宇，吕飞鹏，钟文，等. 基于SCD文件的智能变电站主接线自动生成方法[J]. 电力系统自动化，2019，43(24)：119-125.

[8] 曾懿辉，何通，郭圣，等. 基于差分定位的输电线路多旋翼无人机智能巡检[J]. 中国电力，2019，52(7)：24-30.

[9] 董军，李博，翟洪达，等. 基于多旋翼无人机的复合绝缘子憎水性带电检测装置研究[J]. 电力科学与技术学报，2020，35(6)：171-179.

[10] 李慧奇，任红昕，郭鑫，等. ±1 100 kV长距离直流输电线路接地线感应电流分布及拆除方案[J]. 中国电力，2019，52(7)：92-98.

[11] 何准，董文瀚，蔡鸣，等. 基于DDPG的多旋翼无人机自主引导与跟踪方法[J]. 飞行力学，2021，39(2)：63-69，76.

[12] 刘志学. 基于3-正则图的无母线一个半断路器(3/2)接线[J]. 中国电机工程学报，2019，39(S1)：307-312.

[13] 薛河，苟思育，倪陈强. 紧凑拉伸试样参比电位差接线点布局的优化方法[J]. 电子学报，2020，48(7)：1396-1402.

作者简介：郭建勋(1987—)，男，本科，副高级工程师，研究方向：输电线路运检。