

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2015.01.006

基于图像处理与RBF神经网络的绝缘子憎水性识别方法的研究

闫康¹, 赵辉¹, 许庆旺¹, 汪佛池², 沈静¹, 姜小静¹

(1. 国网鹿泉市供电公司, 石家庄 050200; 2. 华北电力大学, 河北 保定 071003)

摘要: 为了快捷准确地识别复合绝缘子的憎水性等级,提出了基于图像处理与RBF神经网络的绝缘子憎水性识别方法。首先,对图像进行直方图均衡增强、自适应中值滤波处理;然后,利用二维Ostu阈值法对图像进行分割;最后提取4个与绝缘子憎水性相关的特征量,以这4个特征量作为输入向量,以相应的憎水性等级作为输出向量,通过训练得到优化的RBF神经网络识别模型,并用于绝缘子憎水性等级的识别。试验结果表明,该方法能够准确识别绝缘子的憎水性等级,总识别率高达90%,准确度达到了实际应用的要求,为在线检测绝缘子憎水性奠定了基础。

关键词: 复合绝缘子; 憎水性; RBF神经网络; 直方图均衡; 自适应中值滤波; 二维Ostu阈值法

Identification of Insulator Hydrophobicity Based on Image Processing and RBF Neural Network

YAN Kang¹, ZHAO Hui¹, XU Qingwang¹, WANG Fochi², SHEN Jing¹, JIANG Xiaojing¹

(1. State Grid Luquan Power Supply Company, Shijiazhuang 050200, China;

2. North China Electric Power University, Hebei Baoding 071003, China)

Abstract: To identify hydrophobic level of a composite insulator quickly and accurately, an identification method of insulator's hydrophobic level is presented based on image processing and RBF neural network. First, histogram equalization enhancement and adaptive median filter are used to process image; Then the image is segmented by two-dimensional Otsu threshold; Finally, four features associated with hydrophobicity are extracted from the image to form the input vector, and the hydrophobic level are taken as the output vector, thus an optimal RBF neural network is constructed via training for identifying insulator's hydrophobic level. Testing results show that the proposed method can accurately identify hydrophobic level of insulators with total recognition rate of 90% and satisfactory accuracy. This hydrophobic level identification method may be applied to on-line detection of insulator hydrophobicity.

Key words: composite insulator; hydrophobicity; BP neural network; histogram equalization; adaptive median filter; two-dimensional Otsu threshold

0 引言

复合绝缘子以优异的耐污闪性能被广泛应用于输电线路中,其优异的耐污闪性能得益于它本身具有的憎水性。但随着运行时间的延长、电晕、污秽、紫外线等因素的影响,复合绝缘子会逐渐老化,从而导致其憎水性能减弱,甚至完全丧失,使绝缘

子的耐污闪电压下降,增加了污闪事故的发生几率^[1-5]。为保证输电线路的安全运行,有必要对绝缘子的憎水性等级进行识别。

目前,识别复合绝缘子憎水性等级主要有3种方法:表面张力法、静态接触角法和喷水分级法^[6-9]。表面张力法和静态接触角法只适用于实验室识别,喷水分级法由于操作简单、快捷,被广泛应用于运行现场。但是该方法受人的主观性影响较大,其识

收稿日期:2014-09-27; 修回日期:2014-10-11

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(13MS71)。

Project Supported by the Fundamental Research Funds for the Central Universities (13MS71).

别结果不可避免的会出现一定的差异性。并且该方法不能在线检测绝缘子的憎水性,需要将绝缘子从输电线路取下然后才能进行检测,耗费了大量的人力、物力,为了更为准确客观、方便快捷的在线识别绝缘子的憎水性等级,许多研究人员尝试将数字图像处理技术和模式识别理论引入到憎水性等级识别中,并取得一定的研究成果。改进的形状因子法^[10-11]、SVM 决策树^[12]和 k -近邻法^[13]均被用于绝缘子憎水性等级的识别,结果表明,这些方法能够在一定程度上有效地克服人的主观性对识别结果的影响,但自身也存在一定的缺陷,改进的形状因子法利用形状因子和最大水珠面积比作为特征量,通过对大量憎水性图像进行统计分析,得出了憎水性等级和这两个特征值之间的量化关系,但实际中,这两个特征值和憎水性等级之间呈现出非常复杂的非线性关系,此方法给出的量化关系并不能涵盖所有的绝缘子; SVM 决策树对大规模的训练样本无能为力; k -近邻法的精度和计算效率受 k 值影响较大。这些不足导致他们的识别结果精度不高,甚至无法识别。

笔者引入图像处理技术和 BP 神经网络对绝缘子的憎水性等级进行识别,首先,采用直方图均衡对绝缘子憎水性图像进行增强预处理,然后采用自适应中值滤波去除噪声,最后利用二维 Ostu 阈值法对图像进行较为准确的分割,并提取了 4 个可以反映绝缘子憎水性等级的特征量,以这 4 个特征量作为输入量。憎水性等级为输出向量,建立了基于 RBF 神经网络的憎水性识别模型,结果表明,该方法能够准确地识别绝缘子憎水性等级。

1 图像处理与特征值提取

1.1 直方图均衡增强和降噪处理

现场运行的绝缘子由于受污秽影响,背景十分复杂,此外水珠的透明性及水珠对光的反射等因素,都使得对憎水性图像的分割变得非常困难,为了达到理想的分割效果,采用对比度受限自适应直方图均衡^[14-16]和自适应中值滤波^[17]对图像进行增强和降噪处理。不仅能够减弱背景、光照、噪声等因素的影响,而且使得目标于背景的对比度显著增强,图像细节也变得更加清晰。直方图均衡增强和降噪处理效果图见图 1。

1.2 二维 Ostu 阈值法分割

传统的 Ostu 阈值法^[18]是基于二维直方图的分割方法,它只利用了图像的灰度信息,因此抗噪性能较差,当图像中目标与背景的差异较小时分割效

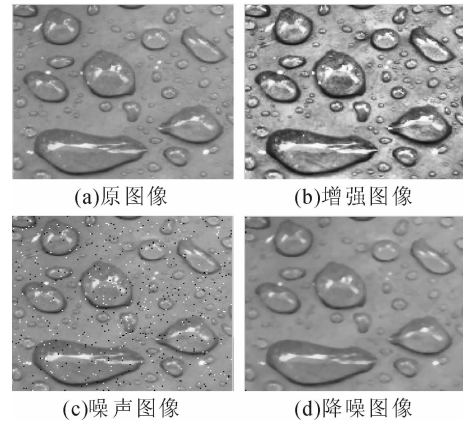


图 1 处理效果

Fig. 1 The effect of treatment

果不理想。为此提出了基于二维直方图的 Ostu 阈值法,不仅利用图像的灰度信息,而且还考虑到像素点与其邻域的空间信息,抗噪性能得到提升,达到了比较满意的分割效果。

设一幅憎水性图像的灰度图像大小为 $M \times N$, 图像中点 (x, y) 的灰度值为 $f(x, y)$, 以点 (x, y) 为中心的邻域内的平均灰度值为 $g(x, y)$, 定义二维直方图 $N(i, j)$ 的值表示为像素灰度值 $f(x, y)=i$ 和像素邻域平均灰度值 $g(x, y)=j$, 其中 $(i, j=0, 1, 2 \cdots L-1)$ 。则基于像素灰度值和像素邻域灰度均值的二维直方图见图 2。

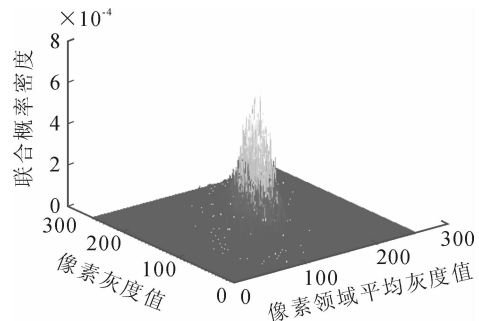


图 2 二维直方图

Fig. 2 Two-dimensional histogram

二维直方图定义以后,就可以利用像素点的灰度值及其邻域平均灰度值组成的二元组 (i, j) 来表示图像。若设二元组 (i, j) 出现的频数为 f_{ij} , 则相应的联合概率密度为 p_{ij} 的表达式为

$$p_{ij} = \frac{f_{ij}}{M \times N} \quad (1)$$

令二维矢量 (s, t) 为阈值, 利用此阈值可将灰度图像的二维直方图分成 4 个区域: 目标区域 C_0 、背景区域 C_1 、边缘和噪声区域 A 和 B 。只计算区域 C_0 和 C_1 区域的类间方差 S , 而忽略含噪声较多的 A 区域和 B 区域, 可以减少噪声的干扰。然后遍历图像, 找出使类间方差 S 最大的阈值 (s, t) 即为最佳分割阈值。

实验结果表明,采用对比度受限直方图均衡和自适应中值滤波对图像做增强和去噪处理,然后利用二维 Ostu 完成对图像较为准确的分割。利用文中算法的处理结果见图 3。

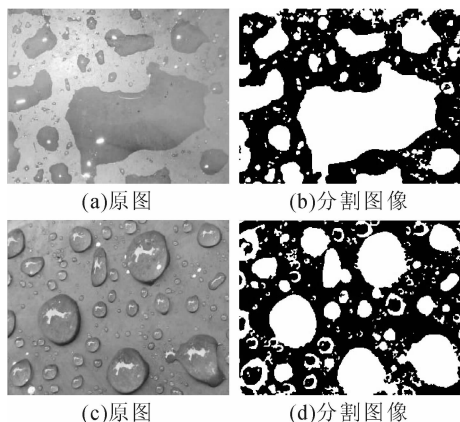


图 3 文中算法处理效果

Fig. 3 The processing effect of algorithm

1.3 图像特征值提取

对分割后的憎水性图像进行特征值提取,提取了 4 个与绝缘子憎水性相关的特征量:最大水珠(或水迹)的形状因子 f_c ,最大水珠(或水迹),水珠(或水迹)覆盖率 A 与整幅图像的面积比 K ,最大水珠(或水迹)的偏心率 e 。相关文献表明这 4 个特征量的值不受绝缘子的伞形结构、污秽分布、拍摄的光照条件、拍摄距离和拍摄角度等因素的影响^[12-19]。它们的表达式为:

1)形状因子 $f_c = \frac{4\pi s_{\max}}{l^2}$,其中 $s_{\max}$ 为最大水珠(或水迹)的面积, l 为最大水珠(或水迹)的周长;

2)最大面积比 $K = \frac{s_{\max}}{XY}$,其中 $s_{\max}$ 为最大水珠的面积, XY 为图像的面积;

3)水珠(或水迹)覆盖率 $A = \sum_{i=1}^N S_i / (XY)$,其中 N 为识别出的水珠(或水迹)数, S_i 为第 i 个水珠(或水迹)的面积, XY 表示图像的面积;

4)偏心率 $e = \frac{a}{b}$,其中 a 为最大水珠(或水迹)外接矩形的长轴, b 为最大水珠(或水迹)外接矩形的短轴。

2 基于 RBF 神经网络的绝缘子憎水性识别模型

RBF 神经网络^[20]采用多维空间差值的传统技术,将低维的模式输入数据变换到高维空间内,使得在低维空间内的线性不可分的问题在高维空间内线性可分。该网络结构简单、训练简洁而且学习收敛速度快,能够逼近任意非线性函数,因此适于建立绝缘子憎水性识别模型。

2.1 网络结构

RBF 神经网络由输入层、隐含层和输出层 3 层构成^[21]。输入层仅仅起到传输信号的作用,即将图像的特征量(最大水珠(或水迹)的形状因子 f_c ,最大水珠(或水迹),水珠(或水迹)覆盖率 A 与整幅图像的面积比 K ,最大水珠(或水迹)的偏心率 e)传给隐含层,由于径向基函数的形式对 RBF 网络性能影响不大^[22],因此笔者选取常用的高斯函数作为网络的径向基函数,则此时网络的激活函数可以表示为

$$R(x_p - c_i) = \exp(-\frac{1}{2\sigma^2} \|x_p - c_i\|^2) \quad (2)$$

式(2)中: $\|x_p - c_i\|$ 为欧式范数; x_p 为输入的特征量; c_i 为高斯函数的中心; σ 为高斯函数的方差。

由于从隐含层到输出层的映射是线性叠加的,所以网络的输入和输出存在如下映射关系

$$y = \sum_{i=1}^h R(x_p - c_i) \quad (3)$$

式(3)中: $R(x_p - c_i)$ 为激活函数; h 为隐含层节点数; y 为输出向量,在这里即为绝缘子憎水性等级。

2.2 学习算法

RBF 神经网络学习算法需要求解的参数有 3 个:高斯函数的中心 c_i 、高斯函数的方差 σ 和连接阈值 ω_i 。根据高斯函数的中心选取方法的不同, RBF 网络由多种学习方法,其中自组织选取法具有训练速度快、不易陷入局部极小值等优点^[23-24],因此文中采用自组织选取法。

2.3 网络训练

选取 350 组训练样本数据(这些样本的憎水性等级预先由相关领域专家利用喷水分级法判定),每个憎水性等级样本数据各取 50 组,将这些数据输入到建立的 FBF 神经网络中,对网络进行训练。

3 模型识别结果及分析

3.1 数据样本的归一化处理

为了消除样本数据间的数量级差别,避免因为输入数据数量级差别较大而造成的网络预测误差较大,需要对训练样本数据进行归一化处理^[25-27]。笔者将样本数据归一化到 $[0, 1]$ 区间内,采用的归一化公式为

$$x_n = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (4)$$

式(4)中: x 为归一化前的数值; $x_{\min}$ 和 $x_{\max}$ 为归一化前数据的最小值和最大值。

3.2 文中模型识别与结果分析

选取 210 组测试样本数据(这些样本的憎水性等级预先由相关领域专家利用喷水分级法判定),其

中每个憎水性等级样本各取 30 组, 输入到训练好的 RBF 网络模型, 利用此模型对样本绝缘子的憎水性等级进行识别, 将网络识别结果与预先判定的憎水性等级进行对比, 以判断该网络的识别结果是否准确。识别结果见表 1。

表 1 模型测试结果

Table 1 The test results of model

项目	误判等级/ 误判个数	总误判 个数	总样本数	正确率/%
HC ₁	HC ₂ /2	2	30	93
HC ₂	HC ₁ /1 HC ₃ /1	2	30	93
HC ₃	HC ₂ /2 HC ₄ /1	3	30	90
HC ₄	HC ₃ /2 HC ₅ /2	4	30	87
HC ₅	HC ₄ /2 HC ₆ /2	4	30	87
HC ₆	HC ₅ /2	2	30	93
HC ₇	HC ₆ /3	3	30	90
总识别率	—	—	—	90

从表 1 可以看出, 对 HC₄ 和 HC₅ 等级的判断正确率稍低, 这可能是由于这两个憎水性等级之间的相似性造成的; 其他等级的判断正确率均达到或超过 90%; 总识别率也达到 90%。若有误判也是在相邻憎水性等级之间发生的, 而在实际中, 人工判别复合绝缘子憎水性等级是采用相邻等级范围划分, 例如: HC₁-HC₂, HC₃-HC₄ 等, 从这层意义而言, 该网络的判断正确率应该接近 100%。

3.3 与其他识别方法的性能比较

分别再利用 SVM 决策树、*k*-近邻法、形状因子法和文中方法对这些测试样本的憎水性等级进行识别。不同方法的识别结果见表 2。

表 2 不同方法的识别结果

Table 2 The identification results of different algorithm

项目	SVM决策树	<i>k</i> -近邻法	形状因子法	文中方法
	误判个数/ 总样本数/ 正确率	误判个数/ 总样本数/ 正确率	误判个数/ 总样本数/ 正确率	误判个数/ 总样本数/ 正确率
HC ₁	3/30/90%	4/30/87%	3/30/90%	2/30/93%
HC ₂	4/30/87%	4/30/87%	5/30/83%	2/30/90%
HC ₃	5/30/83%	8/30/73%	6/30/80%	3/30/87%
HC ₄	7/30/77%	6/30/80%	7/30/77%	4/30/90%
HC ₅	4/30/87%	5/30/83%	5/30/83%	4/30/93%
HC ₆	4/30/87%	3/30/90%	5/30/83%	2/30/90%
HC ₇	5/30/83%	4/30/87%	4/30/87%	3/30/93%
总识别率	85%	84%	83%	90%

从表 2 可以看出, 文中模型对每个憎水性等级的识别率都是最高的, 总的识别率也是最高的, 达到 90%, 明显优于其他几种模型。

4 结语

为了更为准确客观、方便快捷地识别复合绝缘子的憎水性等级, 笔者首先应用图像处理技术提取了与憎水性相关的特征量, 以这些特征量为输入, 建立了基于 RBF 神经网络的憎水性等级识别模型, 并对测试样本进行了识别, 得出以下结论:

1) 利用对比度受限的自适应直方图均衡和自适应中值滤波对图像进行增强和降噪处理, 继而利用二维 Ostu 阈值法对图像进行分割, 分割效果较为满意, 为后续憎水性特征量的准确提取奠定了基础。

2) 比较了文中识别模型与其他识别模型对绝缘子憎水性等级的识别率, 结果表明, RBF 神经网络识别模型对每个憎水性等级的识别率都是最高的, 总识别率也是最高的, 达到 90%, 明显优于其他几种识别模型。

参考文献:

[1] 彭向阳, 姚森敬, 毛先胤, 等. 输电线路绝缘子新型防冰涂料及其性能研究[J]. 电网技术, 2012, 36(7): 133-138.
PENG Xiangyang, YAO Senjing, MAO Xianyin, et al. Research on electrocaloric effect and ice-water switching principle based anti-icing coating for insulators of overhead transmission lines and its performance[J]. Power System Technology, 2012, 36(7): 133-138.

[2] 白欢, 胡建林, 李剑, 等. 应用动态接触角评判复合绝缘子憎水性等级的研究[J]. 高电压技术, 2010, 36(12): 3021-3027.
BAI Huan, HU Jianlin, LI Jian, et al. Hydrophobicity evaluation of composite insulators using the dynamic contact angle[J]. High Voltage Engineering, 2010, 36(12): 3021-3027.

[3] 危鹏, 何远华, 胡文岐. 接触角法测绝缘子表面湿润性的对比和分析[J]. 电瓷避雷器, 2012(2): 6-10.
WEI Peng, HE Yuanhua, HU Wenqi. Contrast and analysis of contact angle method for measuring wettability of insulator surfaces[J]. Insulators and Surge Arresters, 2012(2): 6-10.

[4] 严伟佳, 邹铁. 绝缘子饱和盐密适用性探讨[J]. 电瓷避雷器, 2012(2): 11-14.
YAN Weijia, ZOU Tie. Discussion on applicability of saturated equal salt deposit density of insulator[J]. Insulators and Surge Arresters, 2012(2): 11-14.

[5] 徐志钮, 王国利, 赵丽娟, 等. 亲水性时静态接触角算法及在硅橡胶憎水性检测中的应用[J]. 高电压技术, 2012,

- 38(8):1891-1900.
- XU Zhiniu, WANG Guoli, ZHAO Lijuan, et al. Static contact angle algorithm of hydrophilicity and its application in silicone rubber hydrophobicity detection[J]. High Voltage Engineering, 2012, 38(8): 1891-1900.
- [6] 徐志钮, 律方成, 赵 鹏, 等. 拟合方法用于硅橡胶静态接触角的测量[J]. 高电压技术, 2009, 35(10): 2475-2480.
- XU Zhiniu, LYU Fangcheng, ZHAO Peng, et al. Fitting method used for measurement of silicone rubber static contact angle[J]. High Voltage Engineering, 2009, 35(10): 2475-2480.
- [7] 宋 伟, 赵林杰, 李成榕, 等. 复合绝缘子在线检测技术的发展[J]. 高电压技术, 2005, 31(5): 28-30.
- SONG Wei, ZHAO Linjie, LI Chengrong, et al. On-line detection methods of composite insulator[J]. High Voltage Engineering, 2005, 31(5): 28-30.
- [8] 叶晓君, 何 维, 李恒真, 等. 低风速条件下污秽颗粒在电力外绝缘近表面的动力模型研究[J]. 电瓷避雷器, 2012(6): 19-25.
- YE Xiaojun, HE Wei, LI Hengzhen, et al. Study on a dynamic model of pollution particles on the near surface of electric external insulation under low wind speed condition[J]. Insulators and Surge Arresters, 2012(6): 19-25.
- [9] 梁 英, 李成榕, 丁立健, 等. 电晕对 HTV 硅橡胶憎水性恢复的影响[J]. 高电压技术, 2008, 34(1): 30-32.
- LIANG Ying, LI Chengrong, DING Lijian, et al. Effect of corona discharge on the hydrophobicity recovery of HTV silicone rubber[J]. High Voltage Engineering, 2008, 34(1): 30-32.
- [10] 陈秀娟. 复合绝缘子憎水性及憎水迁移性在线检测技术的研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2005.
- CHEN Xiujuan. Research of online detection technology of composite insulator hydrophobicity and water migration[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2005.
- [11] 程加堂, 熊 伟, 艾 莉. 绝缘子等值附盐密度的预测[J]. 电瓷避雷器, 2010(4): 8-11.
- CHENG Jiatang, XIONG Wei, AI Li. Prediction of insulator's ESDD [J]. Insulators and Surge Arresters, 2010(4): 8-11.
- [12] 王泉德, 文必洋, 王先培. 采用图像识别和分类判定绝缘材料憎水等级[J]. 电机与控制学报, 2008, 12(1): 93-98.
- WANG Quande, WEN Biyang, WANG Xianpei. Measuring insulating material hydrophobic level by image recognition and classification[J]. Electric Machines and Control, 2008, 12(1): 93-98.
- [13] 彭克学, 王泉德, 王先培. 基于表面喷水图像分析的绝缘子表面憎水性检测方法[J]. 绝缘材料, 2005, 38(1): 47-51.
- PENG Kexue, WANG Quande, WANG Xianpei. Spray image analysis based measurement of hydrophobic of insulator surfaces[J]. Insulating Materials, 2005, 38(1): 47-51.
- [14] 廖青华, 吕 龔, 唐林权. 基于灰靶理论的高压绝缘子污秽状态综合评判[J]. 电瓷避雷器, 2012(3): 9-14.
- LIAO Qinghua, LYU Yan, TANG Linquan. Synthetic evaluation of high voltage insulator pollution state based on grey target theory[J]. Insulators and Surge Arresters, 2012(3): 9-14.
- [15] 吕建红, 周年光, 彭继文, 等. 基于大气环境质量的电网绝缘污秽等级划分[J]. 电瓷避雷器, 2012(4): 14-15.
- LYU Jianhong, ZHOU Nianguang, PENG Jiwen, et al. The classification of insulator pollution severity of electric power grid based on atmospheric quality[J]. Insulators and Surge Arresters, 2012(4): 14-15.
- [16] 祁 兵, 唐良瑞, 赵春辉. 绝缘子憎水性图像水珠/水迹形状提取算法[J]. 电工技术学报, 2008, 23(6): 19-24.
- QI Bing, TANG Liangrui, ZHAO Chunhui. Algorithm of distilling information of hydrophobic image of insulators[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2008, 23(6): 19-24.
- [17] 李文杰, 姚建刚, 毛李帆, 等. 基于中值滤波法及小波自适应扩散法的绝缘子红外热像去噪[J]. 电网技术, 2010, 34(8): 160-164.
- LI Wenjie, YAO Jiangang, MAO Lifan, et al. Insulator infrared image denoising based on median filtering and wavelet adaptive diffusion[J]. Power System Technology, 2010, 34(8): 160-164.
- [18] 于文文. 基于 Snake 模型的憎水性图像分割算法研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2008.
- YU Wenwen. Segmentation algorithm of hydrophobic image based on Snake model[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2008.
- [19] TOKORO T, OMOTO Y, KATAYAMA Y, et al. Image analysis of hydrophobicity and dielectric property of polymer insulating material[C]//2002 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena. [S.l.], IEEE, 2002: 347-350.
- [20] 王昭辉. 基于图像分析的复合绝缘子憎水性诊断方法研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2012.
- WANG Zhaohui. Research on diagnosis of hydrophobicity of composite insulators based on image analysis[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2012.
- [21] 张德丰. MATLAB 神经网络应用设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [22] 李国勇. 智能控制及其 MATLAB 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [23] 石 岩, 蒋兴良, 苑吉河. 基于 RBF 网络的覆冰绝缘子闪络电压预测模型[J]. 高电压技术, 2009, 35(3): 591-596.
- SHI Yan, JIANG Xingliang, YUAN Jihe. Flashover voltage forecasting mode of iced insulator based on RBF network[J]. High Voltage Engineering, 2009, 35(3): 591-596.
- [24] 余朝刚, 王剑平, 应义斌. 基于径向基函数神经网络的

- 温室室内温度预测模型[J]. 生物数学学报, 2006, 21(4): 549-553.
- YU Chaogang, WANG Jianping, YING Yibin. Greenhouse temperature prediction model based on radial basis function neural networks[J]. Journal of Biomathematics, 2006, 21(4): 549-553.
- [25] CHEN S, COWAN C N, GRANT P M. Orthogonal least squares learning algorithm for radial basis function networks[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1991, 2(2): 302-309.
- [26] 周天春, 杨丽君, 廖瑞金, 等. 基于局部放电因子向量和 BP 神经网络的油纸绝缘老化状况诊断[J]. 电工技术学报, 2010, 25(10): 18-23.
- ZHOU Tianchun, YANG Lijun, LIAO Ruijin, et al. Diagnosis of aging condition in oil-paper insulation based on factor vectors of partial discharge and BP neural network[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(10): 18-23.
- [27] 史峰, 王小川, 郁磊, 等. MATLAB 神经网络 30 个案例分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
- 闫康(1987—), 男, 硕士, 从事变电检修工作、高电压与绝缘技术方面的研究。
- 赵辉(1979—), 男, 工程师, 从事变电检修工作。
- 许庆旺(1976—), 男, 助理工程师, 从事变电检修工作。
- 汪佛池(1980—), 男, 讲师, 博士, 主要从事高电压绝缘、电工新材料等方面的研究。

“新能源技术”、“直流断路器技术”征稿启事

《高压电器》期刊由中国高压电器行业的归口单位——西安高压电器研究院有限责任公司主办, 1958 年创刊, 刊名由当时的人大常委会副委员长、中国科学院院长郭沫若同志亲笔题写。

《高压电器》对国内外公开发行人, 是我国高压电器行业最具权威性的国家级刊物, 它立足于高压电器行业, 同时为致力于高电压等级的电力设备的研究、开发、制造和使用的专业技术人员提供最新的技术资讯服务, 具有较高的技术水平和专业知名度。主要报道高压电器及其他高压电力设备、高电压技术、电力系统及其相关领域中的新技术、新方法和新的应用性研究成果。

《高压电器》为月刊, 其读者群主要是高压电器、高电压技术、电力系统及其相关行业领域的高校、科研院所、工矿企业及电力系统的高级管理人员、科研人员、开发设计人员、销售人员, 以及全国高等院校相关专业的师生等。

《高压电器》为“中文核心期刊”; Scopus 数据库收录期刊; 中国科学引文数据库(CSCD)收录期刊。另外, 《高压电器》期刊中的文章还被美国《化学文摘》、俄罗斯的《文摘杂志》、英国的《科学文摘》及美国的《剑桥科学文摘》等数据库收录。

2015 年, 《高压电器》编辑部计划征集新能源及直流断路器技术方面的稿件, 预计在 4 到 8 月份, 视来稿情况, 分别做一期“新能源技术”和一期“直流断路器技术”方面的研究专题。

欢迎从事新能源技术及直流断路器技术研究方面的教授、专家、学者及相关从业人员积极投稿, 《高压电器》期刊网址是: <http://www.zdydq.com>。

作者可进入采编系统进行投稿, 也可直接将稿件发到《高压电器》的收稿邮箱: gydq@zgydq.com。

所投稿件可注明为“新能源专题稿件”或“直流断路器技术专题稿件”。专题稿件将由专门编辑负责, 审稿、刊登都将更加方便、快捷。

欢迎投稿, 并对《高压电器》期刊提出宝贵意见。

联系方式:

地 址: 西安市西二环北段 18 号

邮 编: 710077

电 话: 029-84225626 84225621 84221958

传 真: 029-84221958 84225621

《高压电器》编辑部

2015 年 1 月