

Design of Early-Warning System for Anti-Stealing Electricity Based on Virtual Instrument

Zihan Du

Chengdu Liewu School, Chengdu Sichuan
Email: 1287387481@qq.com

Received: Jul. 14th, 2018; accepted: Aug. 7th, 2018; published: Aug. 14th, 2018

Abstract

Aimed at the difficulty of stealing electricity in traditional mode, this paper studies the software design of the early-warning system for electricity stealing by analyzing the evaluating indicators of electricity stealing. Software design is completed based on the LabVIEW software. The function test of the system is done through the user data information of the historical electricity stealing. The test results show that early-warning system can be used for early warning of electric larceny, which is beneficial to improve the efficiency of anti-stealing electricity.

Keywords

Evaluating Indicators, Electricity Stealing, Early-Warning System, LabVIEW

基于虚拟仪器的窃电预警系统设计

杜子焯

成都列五中学, 四川 成都
Email: 1287387481@qq.com

收稿日期: 2018年7月14日; 录用日期: 2018年8月7日; 发布日期: 2018年8月14日

摘要

针对传统方式下窃电识别困难的现状, 本文通过分析窃电预警评价体系, 研究窃电预警系统软件设计方案, 基于LabVIEW软件完成窃电预警系统的软件设计。通过窃电用户历史数据信息对系统进行了功能测

试, 验证软件可用于电力窃电预警, 有利于提高反窃电效率。

关键词

评价指标, 窃电, 预警系统, LabVIEW

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

现代社会窃电现象日益严重, 窃电的手法多种多样, 因此窃电检查是电力用电检查的重点和难点。传统窃电识别方式具有实施困难, 检查方法耗费人力大, 判断时效性较差, 判断准确性低等缺点, 因此反窃电技术现实困难[1][2]。

窃电行为不仅会破坏供电秩序, 对供电线路造成损害, 还会引发安全隐患, 对社会造成不良影响, 因此, 反窃电行动迫在眉睫[3]。反窃电工作较为复杂, 并且存在着很强的不确定性。目前常用的反窃电技术主要有: 人工排查、反窃电铅封、电表箱开箱报警、电表防磁、电子锁、电子铅封等方法[4][5][6]。反窃电手段简单, 易产生误报、不报等情况, 效率低、时效性差。同时, 安装警报器等装置增加了反窃电成本, 并且警报器不具备界面显示功能, 仍需电力工作人员现场排查确定。

本文设计的窃电预警系统克服了现有反窃电技术中的不足, 为电力管理人员提供友好的人机交互界面, 具有良好的显示性。系统依靠 LabVIEW 软件的优势, 基于机器学习算法, 结合电力行业的反窃电经验以及电力盗窃的特点, 对电网历史数据实现机器学习建立窃电预警系统。系统可以在电力线路没有出现硬件损坏的情况下, 根据电网数据平台采集的用户用电数据初步判断用户的用电状态, 预测用户窃电行为, 实现反窃电的功能, 在一定程度上节省人力排查成本和线路维修成本, 提高反窃电效率。

2. 窃电预警评价体系

选用合适的评价体系是确保评价质量的重要前提, 根据现有电力行业的反窃电经验以及目前电力窃电行为的特点, 选取 8 个评价指标构成了评价窃电行为的评价体系, 图 1 为窃电预警评价体系结构图。

窃电预警评价体系考虑的 8 种影响因素分别是: 日用电量、用户最大线损值、电表类型、三项不平衡率、微机扫描情况、所在台区线损、功率因数和合同容量比[7]。

2.1. 日用电量

日用电量指标作为最重要的指标之一, 它与四季的划分密切相关, 一般而言, 当用户用电量出现夏季用电量等于或远远小于秋季用电量的情况时(特别是连续生产性行业, 如娱乐业、餐馆等), 此时可得出用户用电不符合用电季节特性的结论。电费账单上的电量与季节的变化呈“反时段”特性。此外, 电力用户正常用电的情况下, 一个月内的用电量会遵循一定的规律周期性变化, 若用户的一个月内的用电量呈现无规则变化, 则怀疑用户窃电。

图 2 是正常用电用户一个月内的日用电量变化曲线, 由图可见正常用户日用电量呈现明显的周期性变化规律。图 3 是窃电用户一个月内的日用电量曲线, 与正常用户日用电量变化曲线相比, 变化规律不明显, 且呈现下降的趋势。

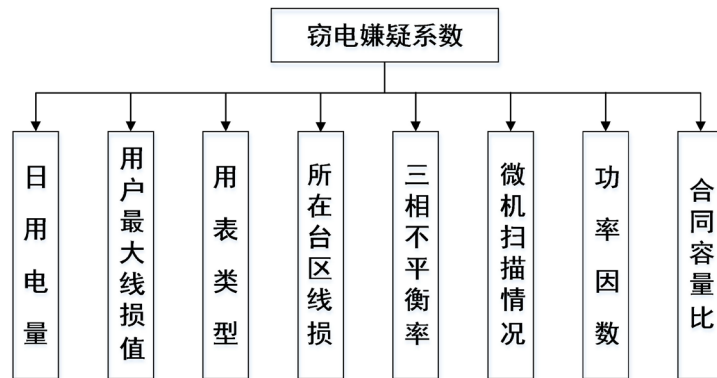


Figure 1. Evaluation system for forecast of electricity stealing
图 1. 窃电预警评价体系

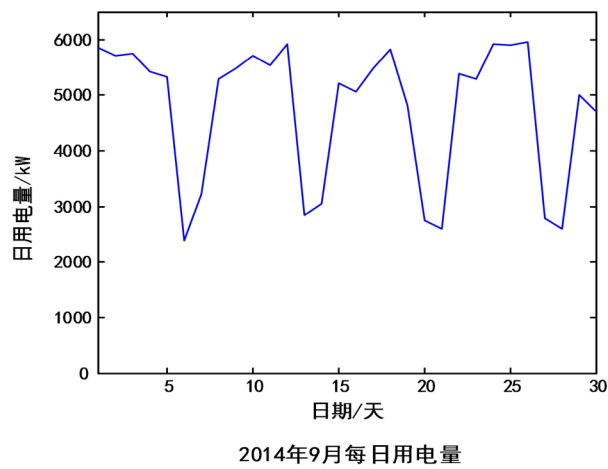


Figure 2. Power consumption curve for normal power consumption
图 2. 正常用电用户用电量曲线

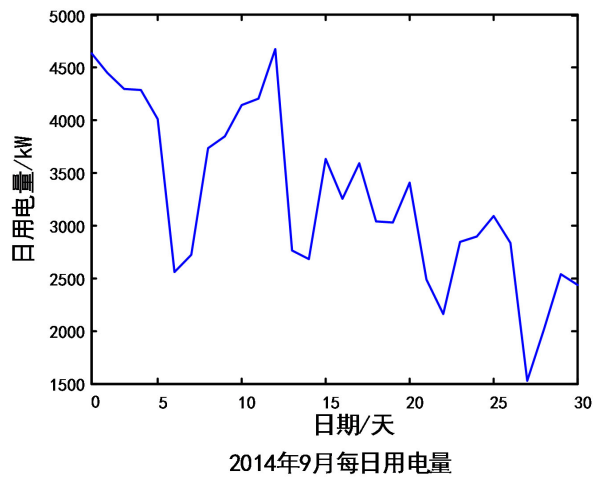


Figure 3. Electric property of the user of electricity stealing
图 3. 窃电用户的用电特性

结合图 2 和图 3 可知，正常用电用户和窃电用户的用电量趋势上存在明显差异，因此可以通过对用

户日电量的特征分析来判断用户是否窃电。

2.2. 用户最大线损值

电力系统中，供电企业一方面负责把电力分配到电网中，同时也负责把按面积分布的用户以不同电压等级、不同线路组织到电网中进行供电，确保系统的发、输、供和用电平衡。理想情况下，系统能量是守恒的。实际网络中，由于电力网的结构、输送电能的大小、管理状况等因素的影响，系统会有能量损失，正常用电损失率大概在 8% 左右。通过对电网的损失进行分压、分地区、分线路区域统计，最大线损值可作为窃电预警的重要评价指标之一。

采用最大线损值作为评价指标，对用户窃电行为所造成的电网线损计算分析的流程如下：

1) 收集计算配电网理论线损所需要的数据。数据包括：相关配电网中，各类元件的具体电气参数及元件接线图，配电网运行的实时电气数据，关键参数为负载和负载曲线。

2) 选用合适的计算方法计算配电网的理论线损。根据原始数据和系统精度要求，可采用均方根电流法或电能表取数法等。

3) 计算配电网测量期间的最大线路损耗值。包括最大可变损耗和最大固定损耗。

4) 使用变电站上报的电能表抄表数据计算实际线损。计算过程中，不仅要对本月及年累计数据统计分析，还需对上月和当前统计周期的线损数据进行统计分析，不仅计算每个站点和输电线路的线路损耗，还要计算分压、分线、母线不平衡率、主变压器变化率等各项指标，其中统计线损电量通常通过电能表所计量的总“供电量”减去总“售电量”得出的。

5) 通过横向和纵向对理论线损值、统计线损值、最大线损值进行对比考核。考核过程中，不仅需要对本月统计线损的总线损率、分线、分压、分级线损率与上月同期、去年同期的指标值对比，还需要将统计线损率与理论线损率对比，统计线损值与最大线损值对比。正常情况下，输电线路上没有发生窃电，理论线损值、统计线损值、最大线损值三者应该满足这样的关系式：最大线损值 > 统计线损值 > 理论线损值。

6) 一旦考核结果不正常：统计线损电量 > 最大线损值，则说明线路上存在用户窃电。这时需要供电企业对区域配电网的统计线损值和最大线损值再进行对比考核，如分压、分线、分级的配电网线路的考核。这样可以逐步消除、逐步定位、逐步接近用户窃电发生的位置，为采取更有效的管理措施提供帮助和依据。

因此，最大线损值是企业判断窃电的参考标准之一，在理论和实际中皆切实可行。配电线路正常状态时：最大线损值 > 统计线损值 > 理论线损值；配电线路出现大量的窃电行为：统计线损值 > 最大线损值。因此可以通过计算配电线路的统计线路损耗和最大线路损耗，以确定窃电现象发生的具体位置。

2.3. 用表类型

由电力行业的经验可得：机械表用户比电子表用户的窃电难度低，窃电的可能性更大。

2.4. 三相不平衡度

异常电压变化用于表示欠压现象，可以采用三相电压不平衡率来表示三相电压之间的差异，即：

$$\text{三相电压不平衡率} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max}}$$

由反窃电经验可知，窃电发生时三相电压之间差异较大，即三相电压不平衡率较大。因此可以根据三相电压不平衡率来判断是否发生窃电。

图 4 为窃电用户三相不平衡率变化曲线，通过分析可知，在 2010 年 12 月之前未发生窃电，在 2011 年 1 月到 3 月用户窃电，且窃电发生时会导致电压异常变化，三相不平衡率会发生突变。

2.5. 微机扫描情况

根据窃电识别经验：每月微机扫描出现异常的用户比未出现异常的用户窃电的可能性大。

2.6. 所在台区线损

计算用户所在区域的线路损耗率，并确定该区域内的用户在此线路损耗率下是否有窃电的嫌疑。

图 5 为某台区线损曲线，前 24 个月没有发生电力盗窃，台区线损在一个固定的范围内波动，后 3 个月发生窃电行为，台区线损值出现明显降低，因此可用台区线损判断窃电行为。

2.7. 功率因数

正常用电用户的功率因数会保持一个相对稳定的数值，所以其加权平均功率因数也是一个相对稳定的值，与电量的使用时间没有关系，一般不会出现突升突降的现象。如果假设功率因数的标准值为 0.9，其波动范围在+0.1~0.2 之间均属正常现象，若发生远超过该范围的异常波动，则用户可能存在用电异常。

功率因数突降产生的原因：无论是三元件或两元件电能计量装置，还是感应式或全电子式电能计量装置，一旦出现人为或者非人为的电流回路的极性反接都会直接导致功率因数突然降低。

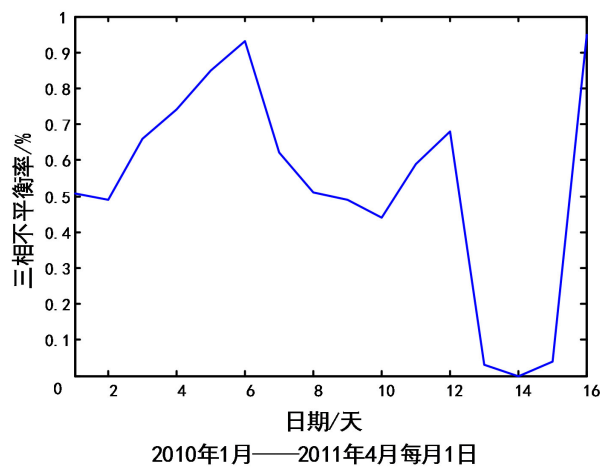


Figure 4. Curve of three phase unbalance variation

图 4. 三相不平衡度变化曲线

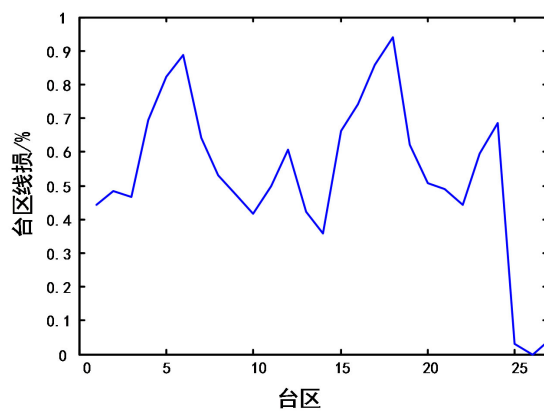


Figure 5. Line loss in the station

图 5. 所在台区线损

功率因数突升产生的原因：感应式电能计量装置的无功表短接部分或全部电流回路，会造成无功电量计量大幅少计，导致功率因数突升，或者三相三线计量电能表电压缺相运行时，会导致功率因数的突升。

图 6 为某用电用户用电功率因数归一化之后的统计曲线。图中 2011 年 1 月到 3 月发生窃电行为时，功率因数出现明显的突升。

2.8. 合同容量比

用户向供电企业提交的合同容量和用户的每月电力消耗存在数量关系，此关系随用户所在地区的不同而不同，本文研究地区的对应关系为(合同容量 × 360)/月用电量 < 2 属于正常用电，否则存在窃电的可能。

3. 系统软件设计

本文基于虚拟仪器 Labview 软件平台开发窃电预警系统，该系统程序流程已经进行了模式化。该系统不需要电力企业工作人员对大数据平台中采集到的数据进行人工分析处理，只需要将评价指标数据按照系统界面提示进行输入，系统将自动完成预测诊断，并向工作人员输出窃电预测结果。系统流程图如图 7 所示。

窃电预警系统嵌入了支持向量机诊断模型，模型训练样本采用电力历史数据作为窃电训练样本[7]。

图 8 为支持向量机工作原理，通过建立超平面 H_1 、 H_2 ，将窃电与非窃电样本分类，进而实现窃电识别。

超平面： $H_1: y = w^T x + b = 1$ $H_2: y = w^T x + b = -1$

支持向量机诊断模型应用径向基函数作为核函数，28 组样本数据作为模型训练，20 组样本数据作为模型测试样本，模型训练精度约为 95.8%。

径向基函数： $K(x, y) = \exp(-|x - y|^2 / d^2)$

图 9 为模型测试诊断结果，窃电样本标记为“1”，非窃电样本标记为“0”，由图可见，模型诊断精度可达 100%。模型具有较高的诊断精度，可以作为系统诊断核心。

4. 系统测试

系统设计分为两个部分：第一部分数据输入，工作人员将评价指标数据依次输入到系统的数据输入

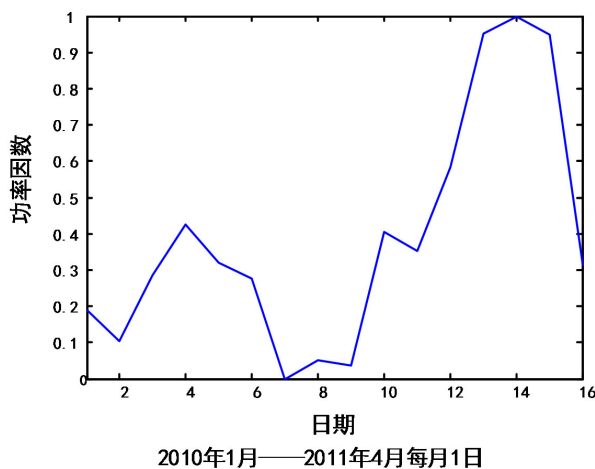


Figure 6. Power factor

图 6. 功率因数

框中，确认数据输入无误后即可对用户数据进行窃电预测；第二部分数据输出，预测结果通过第二部分输出在“检测结果”框中显示，由指示灯进行指示。

根据系统要求确认数据无误后，系统读取输入的用户用电评价指标参数，通过后台支持向量机训练模型对数据进行预测分析，并给出窃电预测结果。若用户用电无异常，系统警示灯保持原状(绿色)，如图 10 所示。若用户窃电，系统警示灯变成红色，如图 11 所示。工作人员可根据窃电预警信号，对该用户进行排查、取证。

选择表 1 中正常用户样本(编号 0)与窃电用户样本(编号 1)作为界面功能测试数据。

5. 结束语

论文构建了评价窃电判断的指标体系，利用 Labview 平台搭建了窃电预警系统，对系统功能进行了

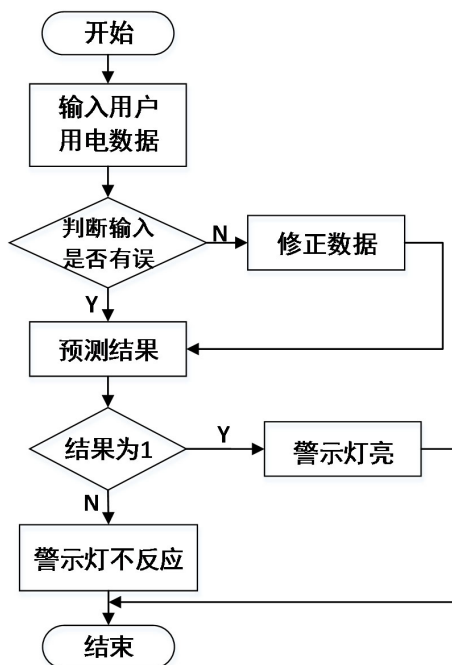


Figure 7. Software overall design flow chart
图 7. 窃电预警系统流程图

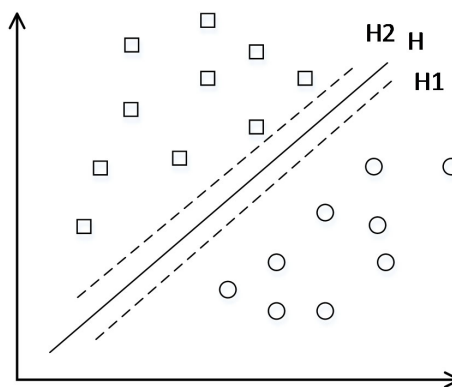


Figure 8. Support vector machine working principle
图 8. 支持向量机工作原理

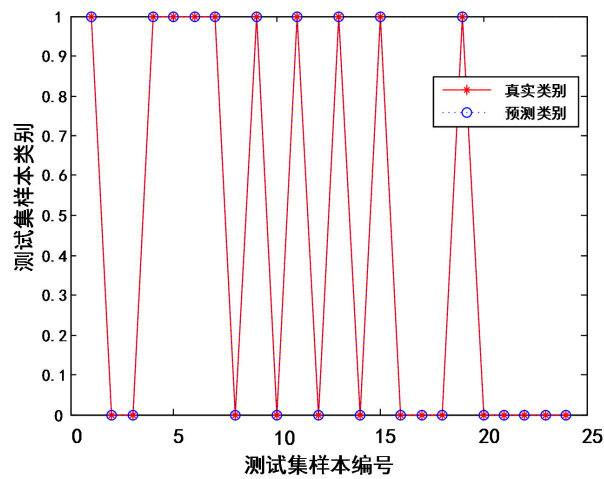


Figure 9. Result of the model test
图 9. 模型测试结果



Figure 10. System interface in the absence of electricity stealing
图 10. 未发生窃电时系统界面



Figure 11. System interface when electricity theft occurs
图 11. 发生窃电行为时系统界面

Table 1. Data of the system test**表 1.** 系统测试样本

样本	月用电量	最大线损	电表	台区线损	不平衡率	微机	功率因数	容量比
0	0.454516	0.98659	0	0.947225	0.95149	0	0.315627	0.749787
1	0.976882	0.04008	0	0	0.04328	0	0.949882	0.055793

测试, 确认系统能够完成预设功能。文中的反窃电方法是基于大数据技术在电力系统中应用的一次尝试, 给反窃电技术提供一些新的思路, 为维护电网供电秩序做出贡献。

参考文献

- [1] 毕丽梅. 窃电的种类及反窃电方法的探讨[J]. 低碳世界, 2016(20): 35-36.
- [2] 许智, 李红娇, 陈晶晶. 基于机器学习的用户窃电行为预测[J]. 上海电力学院学报, 2017, 33(4): 389-393.
- [3] 刘水, 刘强, 周奇, 周平星, 唐哲. 基于用户信息采集的智能反窃电监控技术[J]. 江西电力, 2017, 41(8): 17-19.
- [4] 张春明, 许心. 防窃电系统的应用[J]. 高电压技术, 2005, 31(8): 88-89.
- [5] 季燕伟. 供电企业反窃电技术的研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2016.
- [6] 潘爱民. 浅析安全用电知识[J]. 科技资讯, 2012(1): 204-205.
- [7] 曹峥, 杨镜非, 刘晓娜. BP 神经网络在反窃电系统中的研究与应用[J]. 水电能源科学, 2011, 29(9): 199-202.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2328-0514, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: aepe@hanspub.org