

综合反窃电远程在线监测系统的设计与实现

针对当前电力公司面临的线损控制和反窃电要求,开发了综合反窃电远程在线监测系统。设计了基于窃电原理的专用变压器用电远程稽查装置,用于检测用户的窃电行为,并通过GPRS与监测主站通信。采用基于密度的离群点挖掘算法,从大范围用户中筛选可疑用户,并重点跟踪。综合反窃电远程在线监测系统采用3层体系架构,具有远程稽查、实时监测和用电异常分析等功能,通过在部分电力公司中的应用,有效地发现并减少了窃电行为。

谢胜利¹ 周国亮¹ 朱英² 王立宗³ 苍靖³ 张梦媛^{3/1}. 国网冀北电力有限公司技能培训中心 2. 国网冀北电力有限公司三河供电公司 3. 保定市新源绿网电力科技有限公司

0 引言

当前电网公司对企业管理的精细化要求日益提高,特别是对线损管理的要求也越来越严格。而供电企业线损电量70%以上发生在配电网,特别是10 kV专用变压器用户,由于其用电量普遍较大,发生用电异常或有偷窃电行为时电量流失比较严重,是供电公司线损管理的一个难点。虽然近几年在专用变压器上安装了负控终端,能够对电能表计进行远程抄表,但是并不具备用电异常自动分析功能,对目前的各种高科技窃电方式也无监测和发现能力。另一方面,近年来我国华北地区面临着严重的雾霾问题,为保护环境,对一些污染严重的企业依据相关规定做停电处理,但部分企业无视国家法律法规,违规生产,产生了大量的PM2.5污染物,因此治理环境污染也需要一种在线监测系统,以便及时发现违规生产行为。基于上述原因开发具有远程在线监测功能的反窃电系统成为电力公司的迫切需求。



谢胜利/副教授

关键词/Keywords

远程稽查·
离群点挖掘·
在线监测·
防窃电·

本文介绍一种专用变压器用电远程稽查系统,可做到对重点专用变压器用户进行全方位7×24 h闭环监测,通过监测数据自动分析用电异常,并具有实用的窃电取证功能,能够协助稽查人员快速查获各种形式的高科技窃电,提高降损工作针对性和效率,快速锁定导致线损高的具体因素,快速降低管理线损,是解决当前专用变压器线损管理困境的有效途径。

1 国内外研究现状

针对当前的10 kV专用变压器线损难以有效管控的困境,我国供电企业和有关单位对专用变压器线损监测和治理开展了一系列的研究和实践工作^[1],在用户用电的过程中一定程度上起到了监测作用。当前常见的窃电方式包含以下几种。

1.1 强磁铁窃电

随着多功能电表的推广应用,针对多功能电表的窃电手段越来越多。其中普遍应用的窃电方式为强磁铁窃电。该窃电设备如烟盒大小,不改动任何接线,可影响电表的正常计量,但是电表检测仍然正常。强磁铁窃电的基本原理为:利用强磁铁让电表内的CT饱和,导致二次输出不随负荷线性变化。这种窃电方法操作简单,成本低廉,隐蔽性强,损失电量在10%~90%左右。

1.2 电流回路窃电

电流回路常见的问题主要有两类,分别为电流回路“开路”和电流回路“分流”。其中电流回路开路容易监测到,而电流回路分流则很难被发现。

1.3 电压回路窃电

电压回路窃电采用各种方法故意改变电能计量电压回路的正常接线,或故

意造成计量电压回路故障,致使电能表的电压线圈失压或所受电压减少,从而达到少计量电量的目的,这种窃电方法就叫做欠压法窃电。

1.4 移相法窃电

采用各种方法故意改变电能表的正常接线,或接入与电能表线圈无电联系的电压、电流,有的还利用电感或电容特定接法,从而改变电能表线圈中电压、电流间的正常相位关系,致使电能表慢转甚至倒转。

通过加强计量设备的管理可以在一定程度上监测窃电行为。相关措施包括采用专用计量箱或采用防撬铅封、选用具有反窃电功能的电能表、封闭变压器低压出线端至计量装置的导体、装设专用的计量柜计量屏和反窃电的配电变压器以及选择合理计量装置电流互感器的倍率等^[2-3]。

随着用电信息采集系统的普及,通过远程抄表、负控终端和网络表等方式定时采集电量、电压、电流、功率和等数据,并对数据进行分析,判断专用变压器用户用电是否正常^[4-5]。

利用定制的电量监视器对用户计量设备的运行状况进行监测,其原理为:在电力变压器高压电力线输入端口和低压电力线输出端口以及用户侧的出线端口分别按装无线电流变送器,利用无线电流变送器所产生的源,对电流信号、线路节点上的温度进行放大监测^[6]。并通过微功耗无线电流变送器将该信号发送到GSM/GPRS远程监控终端,远程监控终端对接收到来自电力变压器高低端口的无线信号分别进行量化,对比计算,并得出当前电力变压器一次侧和二次侧的视在功率,以达到监测窃电的目的^[7]。

上述这些手段大都是在反窃电的层面进行改进或监测,尚没有采用高低压数据对比24 h闭环监测的技术和相关设备。

2 系统原理

2.1 专用变压器用电远程稽查装置

对于专用变压器的正常用电判据为^[8]

$$0 \leq \frac{n(i_a + i_b + i_c)}{i_a + i_b + i_c} - 1 \leq m \quad (1)$$

式中, i 为三相流入和流出电流; n 为专用变压器

的电流比; m 为用户设定的值,表示损耗。通过采集、对比变压器一次侧和二次侧的用电信息数据,判断用户的用电行为。

根据上述原理,需要开发安装在用电侧的专用变压器用电远程稽查装置,采集输入和输出电流数据。装置由数据记录仪、高压无线探测单元、表前电流采集装置、智能线束、专用安装工具及便携箱组成,其中高压无线探测单元可实现带电装卸。

从监测用户10 kV进线负荷、监测电表内部参数和监测表箱电磁场强度3方面进行设计,其核心功能为:测量用户的实际负荷,远程诊断窃电方式、锁定窃电位置,实现窃电行为准确性。专用变压器用电远程稽查仪的安装与接线图如图1所示。

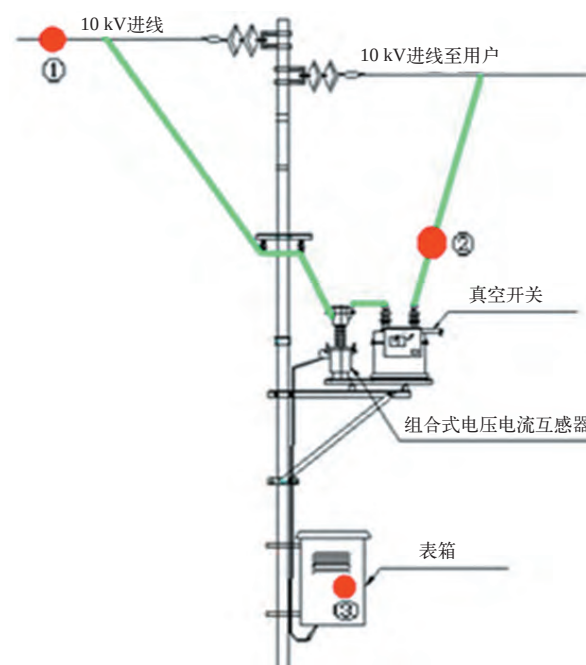


图1 专用变压器用电远程稽查仪

3.2 窃电嫌疑用户离群点挖掘

专用变压器用电远程稽查装置采集到的数据是以一定采集频率形成的时间序列数据,每个终端的数据量可以取最新采集的 m 个点数据, n 个终端的数据就可以组成一个 m 行 n 列的数据矩阵,把每一列视为一个数据项,此列 m 个数据可以视为此监测点的 m 个属性值,利用离群点挖掘算法找出一些同大多数点特征不一致的点,可以将这些数据作为潜在的窃电用户进行重点监察。采用离群点

挖掘的算法描述如下。

首先,对于指定的近邻个数 k ,基于对象的最邻近计算对象的密度 $\text{density}(x, k)$ 为

$$\text{density}(x, k) = \max \{ \|x - k\| \} \quad (2)$$

并由此计算每个对象的离群点得分;然后,计算点的邻近平均密度,并使用计算点的平均相对密度。这个量指示 x 是否在比它的近邻更稠密或更稀疏的邻域内,并取作 x 的离群点得分。根据离群点得分,发现离群用户并重点监测。

3 系统设计及应用效果

3.1 系统结构

综合反窃电远程在线监测系统,通过专用变压器用电远程稽查装置来实现数据采集。专用变压器用电远程稽查装置直接负责对终端参数、数据的设置和任务要求,终端采集的数据通过专用变压器用电远程稽查装置实时的进行通信,并将数据写进数据库服务器中。专用变压器用电远程稽查装置实现了24 h无人看管工作,即使在发生异常的情况下,在专用变压器用电远程稽查装置重新启动后,专用变压器用电远程稽查装置软件会自动会运行,终端也会自动的寻找专用变压器用电远程稽查装置(上线),并对数据进行补测。可以有多台专用变压器用电远程稽查装置,根据用户需要,一般在一个子站配置两台专用变压器用电远程稽查装置。对专用变压器用电远程稽查装置的操作主要是通过工作站来实现的,工作站上安装负控软件,由操作员下发参数,并对终端进行配置和控制以及对各种数据的查询。该网络拓扑结构具有以下特点。

3.1.1 双机热备

保证负荷管理系统的连续工作和保证数据的完整性和不被丢失。即使在系统死机、错误操作和管理引发的异常失败的情况下也能使数据不被丢失。

在实际应用中,由主机上的软件通过冗余心动侦测线路,经由复杂的监听程序、逻辑判断来相互侦测对方运行的情况。如果某一主机确认对方故障,则正常主机除继续进行原来的任务,还将依据各种容错备援模式接管设定的故障作业程序,并进行后序的程序和服务。

3.1.2 双网冗余

为了确保网络通信的可靠性,采用双网冗余的通信方式。两主机各有两块网卡,一个为主另一个为备援,主卡出故障时,备援卡接管主卡的通信。同时双网卡分别接入不同网段,一方面可以减轻网络负荷,提高网络的工作效率,另一方面可确保数据通信的安全性。

3.1.3 主站与子站信息共享

主站与子站之间根据476-92规约进行通信,实现主站230 M终端用户信息下发与子站重要用户信息上报。

系统的拓扑结构图如图2所示。

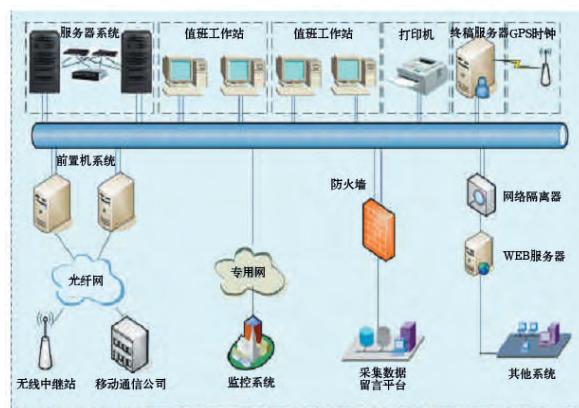


图2 系统结果图

3.2 应用效果

综合反窃电远程在线监测系统具有丰富的功能,具体包括以下方面。

- 1) 远程稽查。用于对安装了高压探测单元的用户,实时监测其是否有窃电行为。
- 2) 用电异常。从历史数据中筛选出可疑用户。
- 3) 负荷分析。以曲线形式直观查看安装了高压探测单元的用户的历史数据。
- 4) 曲线数据查询。查询电流(一次侧、二次和表前)、电压、功率和功率因数等历史数据,给筛选异常用户提供参考历史数据。
- 5) 数据分析查询。对历史数据进行窃电分析。
- 6) 系统管理及用户权限管理。
- 7) 系统运行界面如图3~图5所示。



图3 远程诊断



图4 负荷曲线图

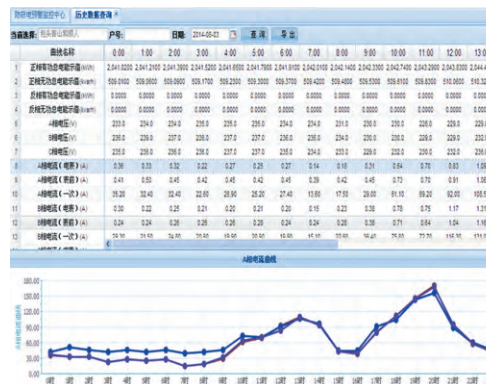


图5 监测数据

4 结束语

国家电网公司三集五大改革以来,更加重视反窃电工作。一些缺乏诚信的高耗能企业用户,为了降低生产成本,铤而走险,不择手段进行窃电,而且越来越隐蔽,越来越反侦察。针对不断出现的高科技窃电,不断加强反窃电技术的研发创新,并取得了一系列成果。综合反窃电在线监测系统就是一项实用技术,不但申请了相关专利,并已经在冀北

三河供电公司查获专用变压器用户窃电,案值100万元;查获天津电力公司查获特大窃电,案值2 000万元。目前,系统正在更多的地市发挥着巨大的作用,为国家电网挽回了巨额经济损失。

参考文献

- [1] 韩松林. 对几种防窃电电路的功能分析[J]. 电测与仪表, 1999, 36(7): 8-12, 22.
- [2] 李景树. 防窃电技术措施[J]. 农村电工, 2000 (8): 20-21.
- [3] 杨兰. 配电管理系统实现防窃电功能[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(1): 84-85.
- [4] 陈腾飞, 杨明玉, 侯瑞鹏. 新型窃电在线稽查系统的开发应用[J]. 内蒙古电力技术, 2012, 30(4): 95-99.
- [5] 梁后乐, 刘利成. 基于用电信息采集的防窃电系统研制[J]. 信息系统工程, 2011(11): 125-127.
- [6] 孙凤杰, 刘争芳, 张永灿. 基于GPRS无线传输的防窃电系统[J]. 电力系统通信, 2007, 28(171): 53-56.
- [7] 周末, 朱瑞德, 王金全. 基于GSM 网络的防窃电实时监控方案探讨[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(2): 64-66.
- [8] 张桂春. 窃电技术分析反窃电措施[J]. 沈阳工程学院学报: 自然科学版, 2010, 6(3): 235-237, 243.
- [9] Yang Huayun, Jiang Bo, Jiang Wei, et al. The all-digital electrical energy metering system based on optical current and voltage transducer[C]. Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference 2010: 1-4.
- [10] Li Yongjun, Xu Xiaorong. Design and implementation of the minitype electric energy meter field calibrator based on MCP3906[C]. Industrial Control and Electronics Engineering, IEEE Computer Society, 2012: 1173-1176.

(收稿日期: 2015-05-26) EA

作者简介

谢胜利 (1971-), 男, 副教授, 主要研究方向为电力系统自动化。