「防窃电」

智能防窃电综合解决方案研究

文/国网福建电力信通公司　付　婷　朱碧钦　林海平
　　国网信通亿力科技有限责任公司　李金湖　林海玉

对当前常见的窃电方法进行分析，在此基础上，提出了一种智能防窃电综合解决方案。

目前窃电的主要类型有：欠压法窃电、欠流法窃电、移相法窃电、扩差法窃电等方式。窃电行为也呈现出一系列新特点，主要表现为设备智能化、手段专业化、行为隐蔽化、实施规模化、研究职业化、宣传网络化，给国家造成严重的经济损失。此外，因窃电导致事故所造成的间接损失则更为巨大。因此，智能防窃电具有高度的紧迫性。

智能防窃电综合解决方案

为了解决蒙东电力现有防窃电问题，本文提出了一种基于专变一次侧负荷监测原理的智能防窃电分析系统解决方案，该系统充分地利用了现有电能表与专变终端的通信资源，将基于用电信息采集和基于电力负荷控制的两种智能防窃电技术相结合，形成智能防窃电综合解决方案。并且该方案挖掘有价值的防窃电相关的信息，从而进行人工智能分析，为用电稽查人员提供了高效有力的方式和手段，可以很大程度上提升提供电企业防窃电工作的能力和准确性。

1. 智能防窃电综合系统架构

本文所提出的智能防窃电综合系统解决方案的系统架构如图1所示。系统主要由三大部分构成：负荷检测仪、用户用电信息采集系统以及综合防窃电主站。

1）负荷监测仪。通过安装在专变高压侧的负荷监测仪采集高压侧（一次侧）三相电流数据，并将数据发送至具备独立GPRS模块的数据接收器，具备独立GPRS模块的数据接收器通过接收到的高压侧（一次侧）电流数据和默认的电压数据计算并存储高压侧的视在功率等高压侧用电信息，并将此用电信息通过独立的GPRS通道上传至专变用户线损监测系统主站。

2）用户用电信息采集系统。通过现场采集

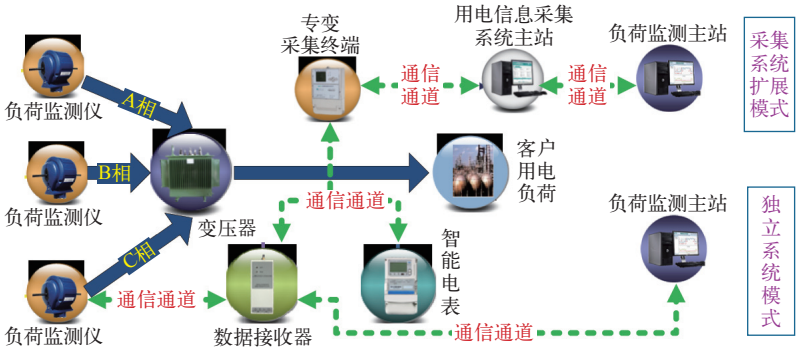

图1　智能防窃电综合系统架构图

终端采集用户低压侧（二次侧）用户用电数据（计量表计数据），并上传至用户用电采集系统主站，用户用电采集系统主站在已知的档案信息中根据用户编号筛选出已安装有负荷监测仪的用户，将这些用户的低压侧用电数据（计量表计数据）推送至专变用户线损监测系统主站或推送至中间库。

3）综合防窃电主站。该主站以定期或变化通知的方式从推送数据或中间库中在取得高压侧（一次侧）和低压侧（二次侧）数据，根据相应的用户及逻辑关系，进行分析比对，并以曲线及报表形式体现，及时发现窃电现象和窃电事件，发出警告。

智能防窃电综合系统具备支持扩展模式和独立系统模式。

扩展模式中，防窃电功能与用电信息采集系统融为一体，可以充分利用用电信息采集系统的已有投资，从用户用电信息采集系统中读取防窃电产品采集的高压侧视在功率，实现与多功能电能表的视在功率比对功能。通过对用电信息采集系统的深入挖掘，结合对来自多功能电表以及现场终端的异常和报警信息的统一分析，实现用电异常报警、窃电类型分析与判断。

独立系统模式中，在系统通过安装在专变高压侧的负荷监测仪采集高压侧三相电流数据，并将数据发送到安装于专变二次侧的数据接收器，通过接收到的高压侧电流数据和默认的电压数据计算专变高压侧的视在功率。数据接收器可以通过RS485总线监听电能表与专变采集终端的通信并记录电能表计量的电压、电流及视在功率，通过GPRS方式将高低压侧视在功率同时上传至负荷监测主站。主站对两组数据进行对比。若差值超过设定阈值，则判断此用户存在窃电嫌疑。此外通过与营销系统的接口获取用户基本档案数据，通过主站端的GPRS信道获取用户一、二次侧用电数据。系统主要通过一、二次侧用电数据比对及报警的功能实现对用户窃电的分析功能。此模式充分利用现有的营销系统数据形成一体化方案，又通过GPRS信道独立管理用户用电数据，避免了采集系统对于标设外功能的增加和管理，简化了主站端实施所需要的协调配合工作，便于本系统的实施开展。

2. 智能防窃电综合系统组网

智能防窃电综合主站平台部署在温度及湿度适宜的内网机房中，具体位置由蒙东电力公司客服处确定。智能防窃电综合主站使用中间库的方式将二次侧数据送至专变用户线损监测系统主站。如图1所示，总线出口（即E点）无总计量表，负荷监测仪（A相、B相、C相）安装于此，A点、B点、C点为分计量点，E点为监测点。

1）接收器：接收总线E点的负荷监测仪的一次侧数据，通过GPRS通道送至自组防火墙，防火墙（将内外网隔离开）转发至专变用户线损监测系统主站。

2）电能表分别接入专变采集终端，将电能表数据通过通信通道送至各终端，终端再将此数据送至防火墙与正方向隔离设备（将内外网隔离开），防火墙与正反向隔离设备将数据转发至用户用电信息采集主站。

3）采集系统主站使用中间库的方式将二次侧数据送至专变用户线损监测系统主站：总线出口（即E点）无总计量表，负荷监测仪（A相、B相、C相）安装于此。用户用电信息采集主站通过定时同步中间库的形式推送数据至专变用户线损监测系统主站，专变用户线损监测系统主站将接收到E点负荷监测仪的一次侧数据和A、B、C点的电能表二次侧数据，根据数值差异关系进行分析比对。

3. 主站软件技术方案

防窃电主站软件采用B/S模式，使用Windows平台，应用服务器采用Tomcat，数据库采用Oracle。同时采用的其他套件有JDK1.6、Hibernate3.3、Spring3.0。主站软件技术方案如图2所示。

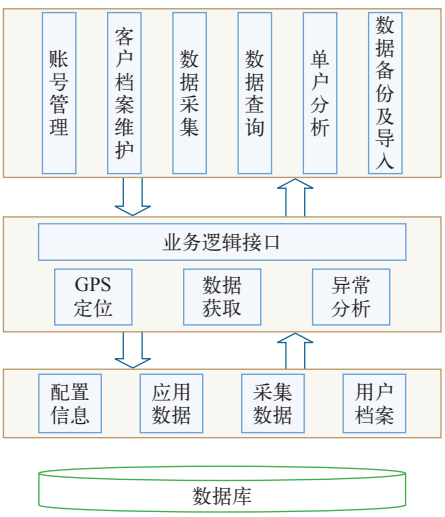

图2　主站软件技术方案

主站软件充分运用先进的数据库技术，实现用户档案库的建立和实时数据同步。采用专变用户的系统将需要同步数据的用户编号放入中间库的特定表中（具体格式如表1），采集系统根据特定表中的用户编号（参与负荷监测比对运算的用户编号）每日定时将相关数据从采集系统同步或推送至此中间库。

表1　中间库数据表格式

CONS_NO	NUMBER（16）	用户唯一标识号

采集系统在提供日测量点电流曲线、日测量点功率曲线、日测量点电压曲线三张表时候要确保能和用户表、电能表对应的数据库表关联上。实际能同步的表的名称，字段，格式，防窃电系统和采集系统双方在实施过程中解决，并相互配合。

表2　采集系统需要提供的表结构和数据内容

供电单位	O_ORG	日
用电客户	C_CONS	日
电能表	C_METER	日
日测量点电流曲线	E_MP_CUR_CURVE	日
日测量点功率曲线	E_MP_POWER_CURVE	日
日测量点电压曲线	E_MP_VOL_CURVE	日
代码信息	P_CODE	日

中间库接口方式（如图3所示）以数据库为载体，按照预先定义的库、表结构定义和权限配置，实现各种数据的双向交换；要对中间库中历史记录进行定期或读取后立即清理，清理由中间库表记录的读取一方执行。每日默认同步前一天的数据，具体问题具体协商。中间库的建表语句执行脚本由中间库表填写数据的一方负责。

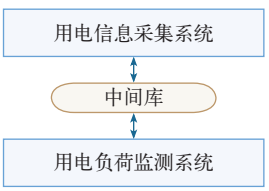

图3　中间库接口方式

4. 防窃电数据比对方法

为了提高智能防窃电监测的精度，本文结合线损计算，提出了一种基于线路损耗的防窃电数据比对方法。

通常情况下，供电线路的损耗计算是通过主站的总考核表读数减去各低压用户电表的总读数，其计算方式如式（1）所示。

$$\begin{cases} V_{\text{loss_L}} = L_{\text{sum}} - \sum_{i=1}^{N} L_i \\ V_{\text{loss_H}} = H_{\text{sum}} - \sum_{i=1}^{N} L_i \\ R = \dfrac{V_{\text{loss_L}}}{V_{\text{loss_H}}} \end{cases} \tag{1}$$

式中，$V_{\text{loss_L}}$为二次侧供电线路总损耗；$L_{\text{sum_H}}$为一次侧的总损耗；H_{sum}为和L_{sum}分别为一次侧和二次侧的总考核表读数；L_i为各低压电能表的读数。线路损耗中包含了由于互感器不匹配造成的计量误差、以及变压器的损耗、还有人为窃电造成的损耗。一次侧数据与二次侧数据的差值，理论上R应在国标规定的范围内（0.75%）。如果差值超过这个标准3倍，即反映用户计量装置存在问题。如果差值超过标准6倍，则判定存在窃电行为。

应用效果

本系统方案在国网内蒙古东部电力有限公司进行了应用测试。通过对当地供电局进行智能防窃电设备的安装，配合用户用电信息采集系统，形成基于用户用电信息采集与电力负荷控制的智能化防窃电综合系统。

本系统方案采用图表化的人机交互界面，支持管理员对系统内用户以及相关权限进行管理分配，有助于保障操作人员对于系统操作的安全性。由于用户信息档案管理较为复杂，所涉及的信息包括用电客户信息、计量点信息以及运行电能表信息等，故本系统方案中主站软件平台的通过中间库技术，只需要将防窃电接收器的信息维护入系统即可，用户计量侧电能表信息则不必录入。主站软件的交互界面如图4所示。

在进行防窃电检测时，本系统方案可通过一次侧与二次侧的功率曲线对比，以直观方式显示每个用户是否存在窃电行为（如图5所示）。

该系统使电网与用户协调发展，使智能电网更加信息化、自动化、互动化，最终建设成为可靠、经济、兼容、高效的智能防窃电系统。充分利用该系统的窃电查处功能，对有窃电行为的用户进行查处，挽回电力公司的大量经济损失。

与传统的用电监测系统相比本文所提出的系统解决方案有着明显优势：

1）一次侧监测，二次侧与一次侧实时功率曲线比对，比对数据科学准确。

图4　主站软件的人机交互界面

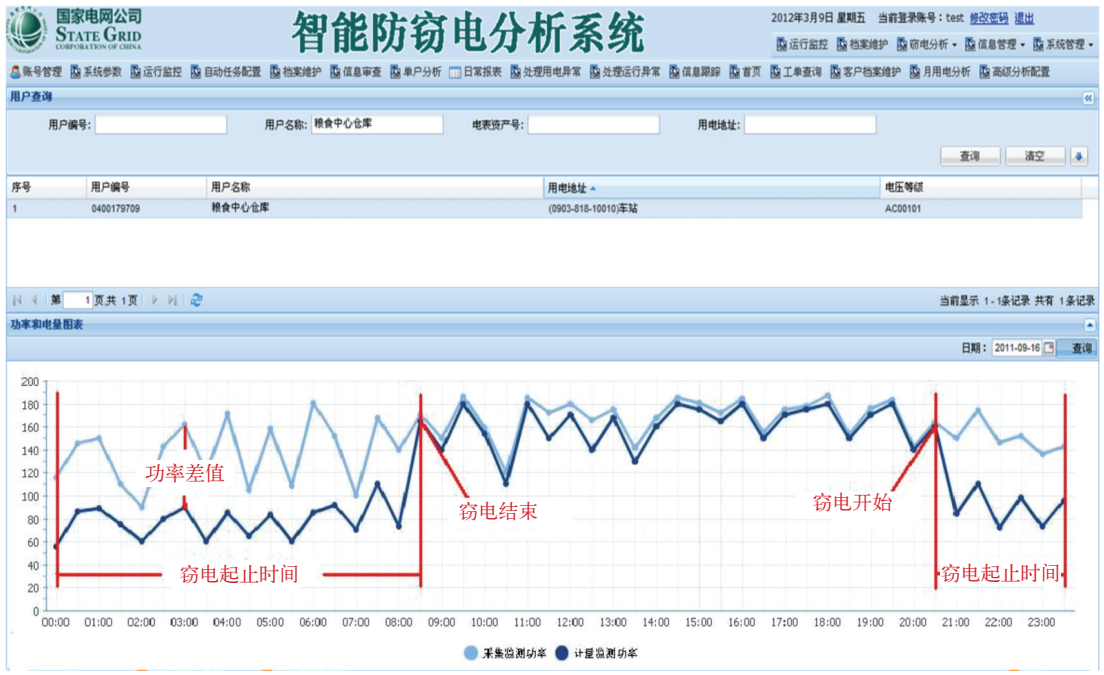

图5　一次侧与二次侧功率曲线对比

2）全天候自动监控，节约人力物力。

3）实时监控，实时报警。

4）无线采集器全密封，无接点，无懈可击。

5）可存储台变一次侧和二次侧负荷曲线，证据确凿，科学计算被窃电量。

6）与现有系统无缝连接，投资少，见效快。

7）全天24 h实时自动监控，报警及时，节约人力物力、财力。

该智能防窃电系统安装前，电力公司查处用户的窃电行为需要耗费大量的人力物力财力通过人工排查或者突击检查的方法达到查处不法用户的窃电行为，且收效甚微。安装了新型智能防窃电系统之后，该系统充分发挥了用户用电信息采集系统的作用，充分利用了已安装在现场的负控终端等设备，避免了重复投资。实现了全天候实时监测用户用电状态，在不增加人力物力财力的前提下很好地起到了防窃电的目的。**EA**

（收稿日期：2017.09.11）

（编辑：白文亭）