

一种智能远程反窃电稽查装置的设计

智能远程反窃电稽查装置主要包含无线探测单元、高频探测单元、强磁探测头、表前电流采集传感器以及防窃电稽查主机，该装置不仅可以检测出传统的欠电压窃电、欠电流窃电以及移相窃电，而且对高科技的窃电方式（如高频窃电、强磁窃电以及红外遥控窃电）也能及时发现并报警，同时该装置能准确检测具体的窃电方式以及窃电位置，并存储窃电信息，便于电量的追补。

夏正侃 胡世晖 江炳祥/国网上海市供电公司市北供电公司

0 引言

随着电力事业的不断发展，窃电的方式更加多样化、高科技化，窃电的数量也是急剧增加，窃电地区分布广，遍布全国各地，已经严重危害了国家的利益，扰乱了人民的正常用电秩序。现在，一些高耗能企业、国有企事业单位和极少特殊单位也开始窃电，其高科技窃电方式更加专业、更加隐蔽，给反窃电稽查工作人员带来了极大的困扰。对此，普通的反窃电技术已经不能满足要求，迫切需要一种先进的反窃电设备有效地抑制猖獗的窃电行为，减少国家经济损失，恢复正常用电秩序。



夏正侃/工程师

关键词/Keywords

窃电 ·
反窃电 ·
智能 ·
稽查装置 ·

1 主要的窃电类型

1.1 计量回路窃电

电能的功率计算公式为： $P=UI\cos\varphi$ ，因此通过改变电压 U 、电流 I 以及功率因数 $\cos\varphi$ 中任何一个参数都能改变电能表的计量数值，达到窃电的目的。通常有欠电压窃电、欠电流窃电和移相窃电^[1-2]。

欠电压窃电是通过改变计量电压回路的正常接法，或造成电压回路故障，致使电能表的计量电压降低或者为零。通常的

做法有：直接让电压回路开路，使某相测量电压为零；串联分压电阻，降低该相的测量电压；改变电压互感器的电压比或让电压互感器测量回路断开。

欠电流窃电是通过改变计量电流回路的正常接法，或造成电流回路故障，致使电能表的计量电流降低或者为零。通常的做法有：直接让电流回路开路，使某相测量电流为零；加装短路线或分流电阻，实现分流的目的，减少计量的电流值；改变电流互感器的电压比或短接电流互感器测量回路；在电流互感器或电流线圈周围安放强磁铁，使电流达到饱和。

移相窃电是通过改变电路的正常接线，如零线和火线的对调；或者利用特定值电感和电容，使得电能表线圈中电压和电流的相位发生变化；或者改变电压互感器和电流互感器的接线位置；或者附加大电源，改变计量回路的电流和电压值，从而达到电能表少转、停转和倒转的目的。

上述窃电方式都是通过改变电能表计量回路的3个计量参数，达到窃电的目的。一般成本都比较低，所以应用得比较广泛。

1.2 干扰CPU窃电

智能电能表的中央处理器（CPU），主要是对采集的数据进行处理和运算，然后显示出用户的用电情况，是整个电能表的核心，就像计算机的控制板一样，如果通过外在的手段使得CPU死机或改变了CPU处理的数据，那么就会达到电能表停转和少转的目的。这类方式都属于新式高科技窃电。重要的窃电手段有：高频高压窃电和红

外遥控窃电。

高频高压电源产生的电磁干扰能够影响广播、电视和通信的接收,造成电子仪器和设备的工作失常、失效甚至损坏,高频高压干扰电能表的内部工作流程,破坏电能表的工作曲线,造成电能表计量准确度低,无法正常计量。例如高压大功率警用电击棒(瞬间电压可达50万V,频率10 GHz以上),由于高频信号的极大穿透力,使传统表箱无法阻拦,特别是带有抄表观察窗型的电能表箱,对电子式电能表造成巨大的破坏,而且其操作时间短(几秒钟即可),在现场不留任何窃电痕迹,即使反窃电稽查工作人员在短时间内发现窃电,也无法判别定性,只能更换电能表,且电量追补时困难重重^[3-4]。

红外遥控窃电是利用掌上终端遥控器,通过表计的红外接口传输数据,任意修改电能表数据、参数和表计止码窃电。这种窃电方式,需要将原有抄表器的系统格式化后,植入新的窃电软件,改变原有的系统程序,通过红外传感来遥控改装后的电能表,就能任意改写电能表的参数(如电能表度数)。

除了上述的窃电方式还有一种扩差法窃电,即从物理上破坏电能表的计量机理,扩大电能设备计量误差。这种方法比较传统,会在电能表上留下明显痕迹,因此很容易被发现,所以现在使用的比较少。

2 窃电发生的线路

窃电主要发生在高压(10 kV)和低压(380 V)线路。高压(10 kV)线路以上的用电户由变电站出线直接供电,偷电可能性极小,漏电也很少。而高

压(10 kV)及低压(380 V)供电线路是复杂的树状结构,用电户众多,因此是偷漏电的重灾区。高压(10 kV)与低压(380 V)相比,虽然低压(380 V)用户多,但高压(10 kV)的偷漏电价值大,更主要的是低压(380 V)一般是民用电,而高压(10 kV)一般是工业用电或大型用电场所,从成本和窃电价值上看,高压(10 kV)线路的偷电可能性更大。在中国高压(10 kV)线路的偷漏电损失比低压(380 V)线路总量多,比例约为3:1(高压(10 kV)线路平均线损约14%,比理论线损偏高约9%,供电量占90%,合计管理线损每年约损失1500亿元,而低压(380 V)每年损失约500亿元。所以,要对高压(10 kV)线路上的偷漏电和低压(380 V)线路上的偷漏电同时抓,且重点应放在高压(10 kV)线路偷漏电上。

3 智能远程防窃电稽查装置

智能远程防窃电稽查装置主要由无线探测单元、高频探测单元、强磁探测头、表前电流采集传感器以及防窃电稽查主机组成,可以对用户的用电情况进行实时监测,判断是否存在窃电情况。若存在窃电行为,该装置能确定具体的窃电方式,并立即向反窃电稽查人员发出警报,在最短时间查出窃电用户,同时对所窃取的电量有准确的记录,便于电量的追补。

3.1 无线探测单元

无线探测单元采用开启式设计,可带电装卸,且无专用工具无法拆卸,避免窃电分子私自拆卸。主要用于探测高压(10 kV)侧的电流,并将探测的结果通过无线方式发送到数据记录仪。其原理图如图1所示。

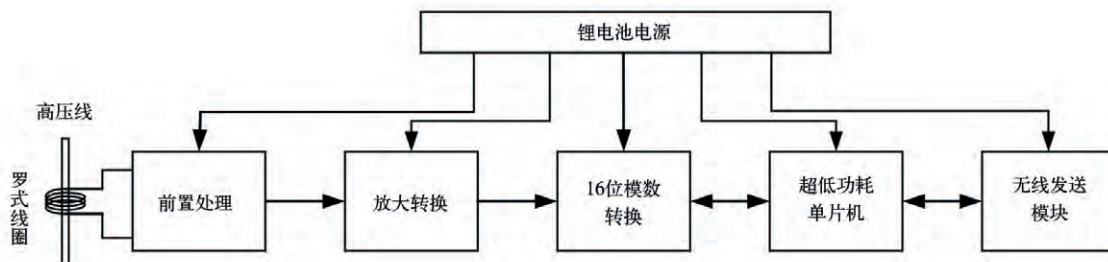


图1 无线探测单元原理图

利用罗氏线圈对高压线路(10 kV)上的电流进行感应,将感应结果经过前级处理(主要为滤

波处理),然后进行适当的放大转换,便于AD采集和转换。将模拟信号转换成数字信号后,传输

到单片机中,进一步处理,最后将处理后的结果通过无线发送模块,发送到数据记录仪中存储,便于下一步的信息比对。整个单元采用锂电池供电,正常情况下单片机处于睡眠状态,每15 min唤醒一次,采集处理数据,并将信息通过无线发射模块发射出去。

3.2 高频探测单元

高频信号对电能表内的所有的电子器件都有干扰,特别是中央处理器(CPU),直接影响电能表的测量准确度和工作曲线,使电能表无法正常计量。高频探测单元利用对高频信号的实时监测和处理,将处理结果与初始设定的阈值进行比较,若有非正常的高频信号则发出警报,通知反窃电稽查人员。高频探测单元的工作原理如图2所示。

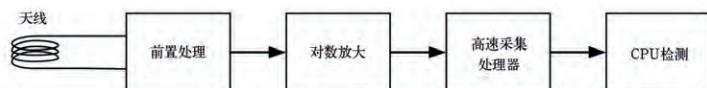


图2 高频探测单元原理图

高频探测单元放在电能表内部,当高频天线接收到高频信号时,对接收信号进行前置处理(主要是滤波处理),处理后的结果进行对数放大,并利用高速采集处理器进行采集处理,与设置阈值比较,超出阈值范围时,则输出高频状态信号。CPU检测到状态信号后立即发出警报信号,通知反窃电稽查人员。

3.3 强磁探头

强磁探头主要用来探测电能表周围有无强磁场,确保电流互感器不受强磁场干扰。强磁探头的工作原理如图3所示。

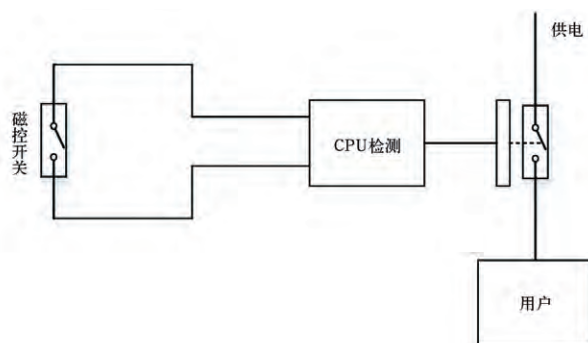


图3 强磁探头原理

当有强磁靠近电能表时,磁控开关闭合;当没有强磁靠近时,磁控开关处于常开状态。CPU实时监测磁控开关的开关状态,当检测到磁控开关闭合时,CPU延长一个时钟,再次检测磁控开关的状态,避免外界干扰,产生误报;如果再次检测结果为闭合状态,则立即切断用户供电,存储窃电信息,并发出异常报警,同时编辑短信给指定手机说明当前用户的窃电方式,当拿走强磁时,磁控开关打开,接通用户电源。

3.4 表前电流采集传感器

表前电流传感器用于测量电能表前的输入电流,是低压线路(380 V)上的电流,主要为了防止用户分流窃电。将表前测量的电流值经过前级处理和A-D转换后与电能表实际计量的电流值进行比较,确保电能表计量的电流为用户实际使用电流。

3.5 防窃电稽查主机

防窃电稽查主机是整个装置的核心,检测的窃电信息都要在此处理,分析窃电类型以及窃电位置,并将窃电信息发送到反窃电稽查人员手机上,维护人员可以通过短消息实时查询主机采集的数据信息,并可实现相应的参数设置。防窃电稽查主机的原理如图4所示。

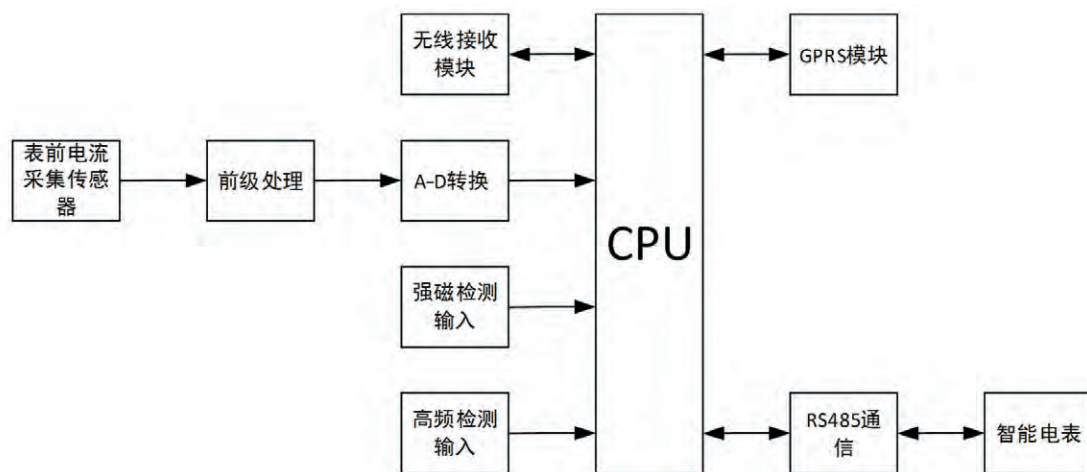


图4 防窃电稽查主机原理图

主机利用无线接收模块接收无线探测单元采集高压三相线路的数据,同时利用表前电流采集传感器采集表前低压三相的数据,并将结果与智能电能表当前计量数据在CPU中进行比对分析和存储。由于高压线路(10 kV)上的电压几乎不变,认为是恒定的,所以可以将高压线路(10 kV)上的电流变换成一次侧(高压线上)的功率,然后与二次侧(电能表前)的测量功率进行比对。如果差值在一定允许的范围内,认为用户没有窃电;如果超出这个范围,则认为用户存在窃电,同时实时监测电压回路和电流回路的状态,并通过RS 485通信读取电能表的参数,将表前测量参数与电能表计量参数实时对比。如果存在窃电,通过CPU分析确定窃电的具体方式和窃电位置,立即通过GPRS模块向指定手机发射报警信号。

通过查看强磁检测输入和高频检测输入状态,在CPU中直接判别是否存在这两种窃电,并确定窃电类型,同时通过GPRS模块向指定手机发射报警信号。

4 窃电方式判定

强磁和高频窃电方式的判别在上述已经讲过,这里不再赘述。主要判别欠电压、欠电流、移相窃电以及红外遥控窃电等方式。

4.1 欠电压和欠电流窃电检测

欠电压窃电和欠电流窃电的方式主要通过直接或间接更改电能表计量参数电压和电流,使得电能表计量电压值和电流值小于实际电压值和电流值。假设表前电流传感器测量的电流为 I_1 ,电能表中以往电压记录平均值为 U_1 ,电能表中当前计量的电流为 I_2 ,电能表中当前计量的电压为 U_2 。

当 $I_2=0$,为欠电流窃电,可能原因为:电流回路线路损坏、电流线路接触端接触不良及用旁路线绕过电能表,或电流互感器的一次侧或二次侧被短接。

当 $I_2<<I_1$,且 $I_2\neq 0$,为欠电流窃电,可能原因为:电流表电流端子被短接、电流互感器被更换或改装,或强磁窃电。

当 $U_2=0$,为欠电压窃电,可能原因:电压测量回路开路、电压回路接触端接触不良或电压互感器一次侧或二次侧被短接。

当 $U_2<<U_1$,且 $U_2\neq 0$,为欠电压窃电,可能原因:电压测量回路串入分压电阻、电压互感器被

更换或改装。

4.2 移相窃电检测

移相窃电是通过改变电压和电流的相位关系,使得电能表少计甚至倒计。如果电路所带负荷为纯感性负荷,则功率因数角为 90° ;如果所带负荷为纯容性负荷,则功率因数角为 -90° 。这是负荷的两种极限情况,正常情况下的功率因数角应在 $-90^\circ\sim 90^\circ$ 之间,功率因数在 $0\sim 1$ 之间,通过判断功率因数的取值,来判断是否存在移相窃电。如果功率因数取值为负值,则可判定存在移相法窃电。

4.3 红外遥控窃电

这种窃电方式危害性很大,一旦窃电成功,反窃电稽查人员很难发现,所以对这种窃电方式最主要的是预防,在电能表的通信接口设置通信密码,只有当密码正确时才可以进行通信和系统更改,否则立即发出报警信号并通知反窃电稽查人员。同时将表前测量数据和电能表显示数据进行实时比较,若发现异常立即报警。

5 结束语

该智能远程防窃电稽查装置可以实时监测用户的用电情况,并通过CPU分析该用户是否存在窃电,以及窃电的方式和窃电的位置,并立即将窃电情况告知反窃电稽查人员,能够迅速有效地预防和阻止窃电行为。同时该装置成本较低,实时操作性强,运行可靠稳定,使用简单,而且不用改变初始的电能表结构,是目前比较成熟的反窃电技术。

参考文献

- [1] 刘望来,左方.防窃电监测系统开发[J].传感器与仪器仪表,2010(26):116.
- [2] 彭志华.窃电与反窃电的技术探讨[J].科技之友,2013,6.
- [3] 王昕,毕志周,赵艳峰,等.高频辐射对数字功率电能表计量的影响[J].电子器件,2012,35(5):571-574.
- [4] 罗奎.浅谈高科技窃电方式及防范措施[J].农村电工,2009(2):39.

(收稿日期:2015-05-26) EA

作者简介

夏正侃(1977-),男,工程师,主要研究方向为电力稽查。