

无线窃电系统研制及应用

万忠兵¹ 赵智辉²

(1. 广安电业局 四川 广安 638000; 2. 四川电力科学研究院 四川 成都 610072)

摘要:通过分析目前窃电工作所面临的困难,引出无线窃电系统。进一步介绍了无线窃电系统的组成和关键技术并详细介绍了无线窃电系统主要功能的实现原理。通过现场运行,介绍了无线窃电系统在电网挂网运行的应用实例。

关键词:无线;窃电;在线监控;自动报警

Abstract: Through the analysis of the difficulties in electricity - stealing prevention, the wireless electricity - stealing prevention system is introduced. Furthermore, the composition and the key technologies of the wireless electricity - stealing prevention system are introduced as well as the realization principle of its main function in detail. Through the field operation, the application examples of the wireless electricity - stealing prevention system running in the power grid are also introduced.

Key words: wireless; electricity - stealing prevention; on - line monitoring; automatic alarm

中图分类号: TM502 文献标志码: B 文章编号: 1003 - 6954(2012)04 - 0076 - 04

窃电严重地侵害了供电企业和守法用户的权益,导致线损居高不下,不仅给国有资产造成巨大损失,而且严重扰乱了供用电秩序。据有关方面估算,全国每年因窃电造成的经济损失逾 200 亿元。窃电行为正向着多发、主体多元、手段隐蔽、技术含量高方向发展,窃电电案值直线攀升,防不胜防。

和窃电量,采用推算的办法难免出现争议。

为了切实有效打击各类窃电行为,防止国有资产流失,维护正常供用电秩序,则提出了无线窃电系统的研究,通过实时在线数据采集比对,及时发现窃电行为,为有效查处窃电行为提供技术保障。

1 反窃电工作面临的困难

2 无线窃电系统简介

1.1 查窃电的难点

电力用户点多面广,查窃电需要投入大量的人力物力。查窃电过程中,也存在诸多困难,如:进入用户检查时,用户可以采用各种方式,如门卫采取繁琐请示汇报程序,延缓查窃电人员进入现场,窃电者有足够的时间采取对策;面对损坏的用电计量装置铅封,拒不承认是窃电。

无线窃电系统由无线电流变送器、无线数据集中器、多功能电能表和监控中心的主站组成,如图 1 所示。无线电流变送器安装在用户变压器的高压侧,采集一次电流并用无线方式发送至无线数据采集器;无线数据采集器安装在用户端,通过无线接收高压侧的电流信息,并且通过 485 通讯读取多功能电能表上的电能量信息,进行比较、运算、登记、存储等处理,并通过 GPRS 上传监控中心主站。多功能电能表安装在用户前端,完成对电压、电流、电能等的计量,带有 485 接口便于集中器的数据读取。监控中心的主站全面汇总各无线数据集中器的数据,按照具体的要求,进行数据的比较、显示、存储等综合处理。根据用户设定对异常情况进行自动报警。

1.2 认定窃电量的难点

电力是无形的特殊商品,看不见摸不着,窃电与“销赃”(使用窃取的电力)是同时完成的。没有了赃物,仅有作案现场(如现场抓获现场窃电行为),认定窃电量难取得直接证据,窃电时间难确定。现场取证只证明有窃电行为,很难直接证明窃电时间

2.1 无线电流变送器

无线电流变送器主要用于在线同步采集计量装置一次电流,采用无线方式与无线数据采集器进行

此项目为四川电力科学研究院 2010 年科技研究项目:四川电网反窃电装置研制及运用

实时通讯。无线电流变送器安装在计量装置高压侧和高压线路同电位,工作电源也仅由一次电流感应供给,无需外加电源,无二次引出线,设备整体绝缘性能较高。无线数据集中器可以实时进行数据比对,定时将监控中心主站需求的信息上传,出现异常时,上传报警信息。

2.2 无线数据集中器

无线数据集中器主要功能为数据采集、数据分析、数据存储和数据上传等。无线数据集中器通过采集无线电流变送器和电能表数据,进行比较、运算、登记、存储等处理,并通过 GPRS 上传监控中心主站。

2.3 监控中心主站

作为系统的远程监控中心,对现场终端监测数据和电能表读取数据进行汇总分析,也可作为主站 Web 发布数据服务器,为数据的 Web 网络共享提供数据源。

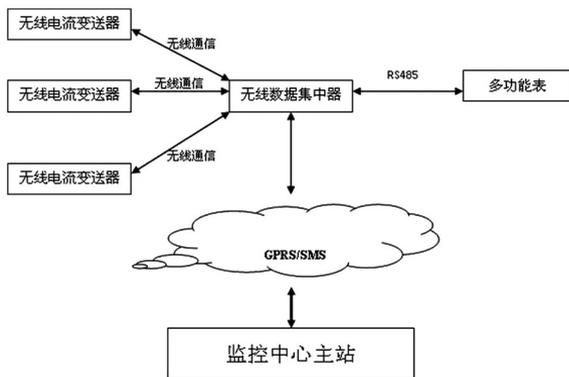


图 1 无线窃电系统示意图

3 无线窃电系统设计

3.1 关键技术

3.1.1 无线电流变送器设计

无线变送器电路包括系统管理、数据采集、无线发送三大部分。系统处理器采用 MSP430 低功耗处理芯片,利用自带模数转换功能实现电流数据的数字处理。当收到无线数据终端发送数据请求时, MSP430 会将数据传给无线收发管理芯片 Nrf905,从而将电流数据传送给无线数据终端。

电流采集调理电路将互感器二次电流信号转换为电压信号,并实现电压信号的偏置和幅值的匹配。

电源电路是整机的能量来源。由于无线变送器挂在一次高压侧,高压环境使得无线电流变送器馈电很困难,本设备采用从一次馈电的方法,解决了高压

用电安全的问题,同时由于无线变送器没有“二次引线”初次级等电位,从而解决了传统互感器初次级耐压绝缘的问题。

在供能方法上确保有尽可能宽的工作电流变化范围,为此将研究重点放在铁心材料的改进上,应用坡莫合金、微晶合金等饱和磁感应强度低的导磁率高的磁性材料从一次母线上获取能量。设计了相应的控制方案,确保在母线电流变化比较大,尤其是出现大电流的情况下,能够有稳定可靠的电源输出。在过电压防护、能量泄放电路、电磁兼容设计等方面进行了深入研究,保证了电流变送器在极限情况下的可靠性。

3.1.2 无线数据采集终端设计

无线数据采集终端(EDAT)是在电力行业嵌入式系统开发多年的技术积累的基础上,为实现电能量实时数据自动采集、数据远程传输而精心设计的专用产品。该终端具有采集精度高、可靠性好、功能强大、扩展方便、性价比高等特点。无线数据采集终端采用交直流自动切换工业级开关电源,单相供电,配有一路直流输入。无线数据采集终端采用符合 IEC 国际标准的电能量数据传输规约,支持 IEC 870-5-102,也可支持用户提供的其他规约。通讯通道选择为 RS485 Modem 和 GPRS Ethernet,配有一路数字开关量输入/输出,两路输入,整机功耗小于 2 W,数据保存可达 20 年。

3.1.3 无线窃电系统主台软件设计

无线窃电系统主台软件采用 Java 语言进行开发,利用 Java 语言的跨平台特性,屏蔽了硬件和操作系统的差异,使系统具备硬件和操作系统无关性。无线窃电系统主台软件支持多数据库,包括 SQL Server、Oracle、Sybase、DB2 等,支持多操作系统,Windows 2000、Unix、Linux。系统的数据库服务器采用双机热备和集群,并采用多前置机的并发采集方式,保证系统全年 365 d,每天 24 h 都能提供连续服务。安全访问机制确保了安全用户只能访问授予它权限的安全对象,主站可设置不同角色的操作权限,保证系统的安全性,防止非法设置参数,修改原始数据和统计模型。对重要信息,如换表、修改数据的操作,系统能将操作内容、时间、结果及操作人员姓名登录,保存档案,供查阅或打印。无线窃电系统采用 JavaRMI 分布式技术,将企业的业务数据和程序分布在网络的不同计算机上,而这些计算机的分布不局限于在机房,可以是网络到达的任何地方。

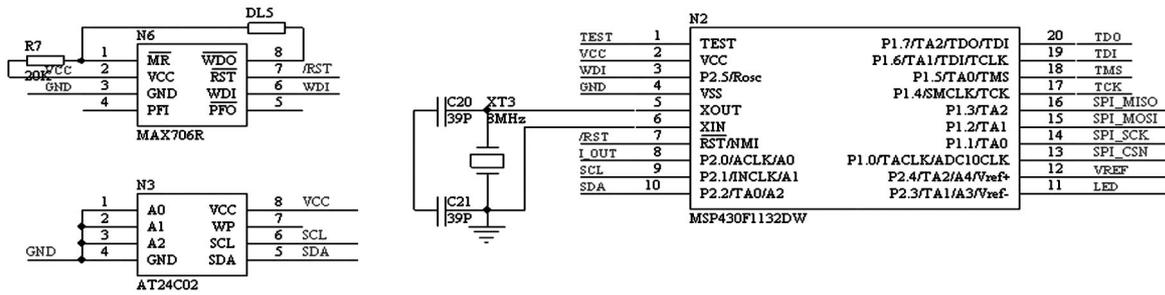


图 2 系统部分电路图

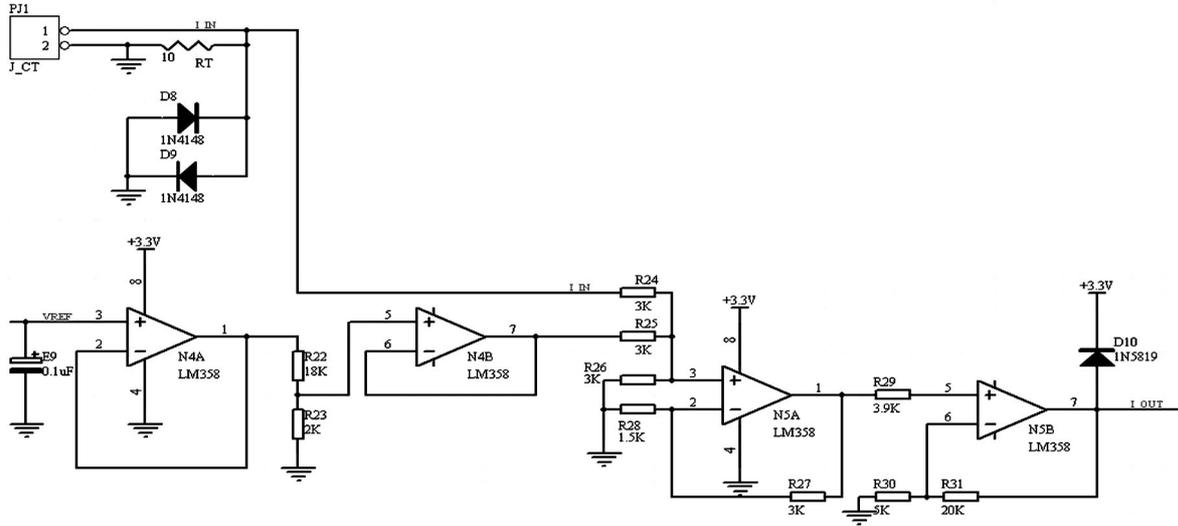


图 3 电流采集调理电路图

3.2 防窃电功能设计

目前常见的窃电方式主要有通过改变电流窃电、改变电压窃电、改变电能表使其计量失准等方式进行窃电。无线防窃电系统针对以上几种常见的窃电方式进行针对性的分析研究,制定详细的分析方法和查处报警措施。无线防窃电系统通过采集计量装置高压侧一次电流值与电能表计量用二次电流值进行比对,根据系统设定的门限值判定电能表计量二次电流是否存在分流、失流情况,一经发现超限情况即刻进行报警,有效防止通过改变电流方式的窃电行为。无线防窃电系统通过采集电能表计量回路电压值,根据系统设定的门限值判定电能表电压回路是否存在欠压和失压的情况,一经发现超限情况即刻进行报警,有效防止通过改变电压方式的窃电行为。无线防窃电系统通过采集一次电流值与电能表电压值同步计算实负荷功率值与电能表计量功率值比对,根据系统设定的门限值判定电能表计量功能是否正确,有效防止通过使电能表失准方式的窃电行为。

4 应用情况

4.1 无线防窃电装置装用前试验

为了保证设备的安全可靠运行,对无线电流变送器进行了装用前试验,试验项目包括绝缘性能试验、无线通讯抗干扰性试验、测量结果校准试验等,对无线数据采集终端按规程要求进行了全面检定。无线电流变送器由于采集全密封整体式浇注,选用浇注前设备进行了绝缘性能试验,无线电流变送器一次设备对外壳绝缘电阻测试值大于 $5\text{ M}\Omega$,满足规程技术要求。对无线电流变送器增加无线通讯干扰,测量结果均能正常传递。无线电流变送器测量数据与标准测试数据进行了校准比对,测量结果均在 $\pm 0.5\%$ 误差范围内。无线数据采集终端按规程项目要求均合格。

4.2 无线防窃电装置安装与调试

无线防窃电装置现场设备主要有无线电流变送器和无线数据采集终端。无线电流变送器采用穿心式电流互感器设计,直接安装于计量装置进线侧,使

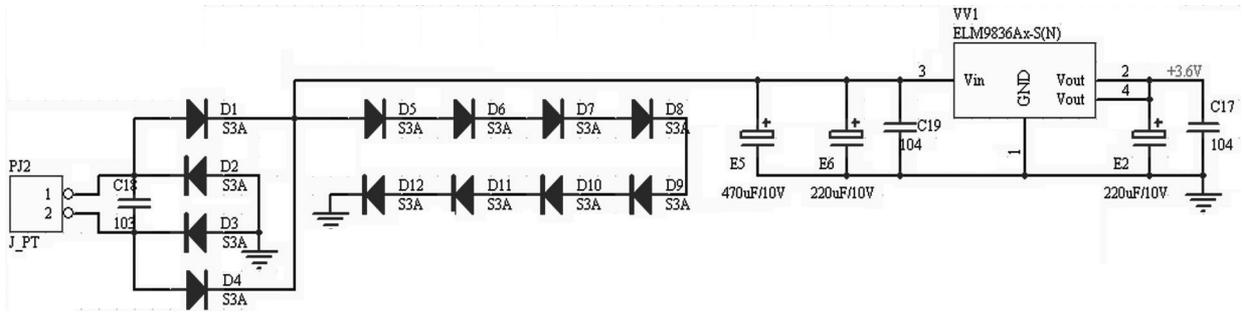


图 4 无线电流变送器电源电路图

表 1 无线窃电装置采集数据

名称	采集时间	A 相电流 /A	C 相电流 /A	有功功率 /kW	无功功率 /kVar
无线窃电装置	2012-04-18 7:00	32.3	31.9	526.91	237.4
电能表实测值	2012-04-18 7:00	2.14	2.13	0.349	0.157
电能表计量折算值		32.1	31.95	523.5	235.5
无线窃电装置	2012-04-18 23:00	63.6	63.9	1016.29	519.89
电能表实测值	2012-04-18 23:00	4.23	4.25	0.676	0.346
电能表计量折算值		63.45	63.75	1014	519

用自带内支架进行固定,无二次引出线,现场安装简便,安装后无任何安全隐患。无线数据采集终端安装于表箱内,通过 RS485 通讯线与计量电能表相连接,采用并接计量电压回路对设备进行供能,主要负责采集无线电流变送器、计量电能表数据和数据的远程上传等。

现场调试内容包括无线数据采集终端通讯参数设置、电能表参数设置、无线电流变送器参数设置等内容。现场参数设置完成后,通过对无线电流变送器的数据采集与电能表计量电流进行比对正确后,现场调试工作即可完成。

4.3 无线窃电装置现场运行情况

目前,无线窃电系统已成功应用于四川省电力公司眉山公司和内江电业局,系统各项参数运行正常,监测数据准确可靠,未出现故障与异常情况。表 1 为内江电业局某客户 10 kV 高压计量装置现场采集数据情况。

4.4 存在的问题

根据目前无线窃电系统的运行状况分析,该系统主要存在以下两方面的问题:一是无线电流变送器在负荷电流值小于额定电流值的 10% 后,无线电流变送器无法供能,导致低电流值时无法监控计

量装置运行状态。二是该系统未单独采集电压回路电压,采用电能表电压值进行电能量计算,虽然对终端采集的电压值设定了预警值,但若改变电压回路电压值但未超过采集终端电压预警值进行窃电,将不能进行正常判断。

5 结束语

无线窃电系统整合无线通信和网络技术实现了在线实时窃电监控,功能全面的窃电主台软件能够将现场采集的各种预设数据准确地提供供给电部门,大大减轻窃电任务的工作负担。作为一种新的系统集成,该项目在技术的先进性与可靠性上目前处于国内行业先进水平。下一步将利用现有平台,拓展功能,增加主台软件事件监测项目,增强无线数据终端在线测量分析,使其成为以防窃电监测为主,多种数据测量为辅的多功能监测平台。

参考文献

- [1] 林峰浩,李金喜.基于高压电能表的配电网窃电系统设计[J].水电能源科学,2008,26(6):186-188.

(收稿日期:2012-05-07)