

供电区域线损分段监测防窃电技术研究

针对电网中大量存在的窃电行为,无法做到逐一排查,研究了一种供电区域线损分段监测方法。通过采用本方法,对一个供电线路区域内的电力用户的用电行为规范性进行监控,一旦发现该区域内的某个范围或者某条供电支路的电力用户存在窃电或者非正常用电行为时,即可通过线路损耗的变化来作出判断,并可立即通知供电部门,对该区域或者该用户进行用电稽查,查处窃电行为或者非正常用电行为,减少窃电或者非正常用电行为给供电网络带来的危害,保证供电安全。

孙 冲 董增波 史 轮 石振刚/国网河北省电力公司电力科学研究院

0 引言

在电网中,一般容量50 kW以上就采用高压供电,给用户装设专用变压器,并架设专用供电线路。在高压用户中,同样存在一定数量的窃电行为。高压用户的窃电行为多种多样,窃电位置各不相同,一般较难查处。由于高压用户的用电容量较大,发生窃电行为后,对供电企业的损害也更大,同时高压用户的窃电行为一般均会破坏供电设施和线路的完整性,对电网安全稳定运行的影响也较大。

针对高压用户的窃电行为,开展了供电区域线损分段监测防窃电技术研究。

1 基本理论

1.1 供电网络电量对比方法

对于线损率偏高,怀疑存在窃电,需要进行用户用电行为监控的供电网

络,首先分析网络结构,将整个供电网络划分为数个供电分支,在每个分支节点安装一次电量监控装置,对供电网络中的一次供电电流进行实时监测,同时通过用户端安装的电能表计算供电网络向用户供应的电量,对比每个分支的一次供电电量和用户电能表计量电量关系。

比较分支供电电量和用户电能表内返回的实际计量的用户用电量,若二者基本保持一致,则可判断该分支无窃电或者无非正常用电行为。

若监测区域内某个用户发生了窃电行为,则用户所安装的电能表必然会少计量电量,即用户电能表所计量的电量小于实际的用电电量,也小于分支电量监控装置所计及的分支供电电量,此数值可通过计算分支线损进行反映。

对于整个供电网络中重点怀疑存在窃电行为的高压用户,可在该用户的进线位置安装一次电量监控装置,实时监控对比实际用电电量与一次供电电量的关系,可及时发现用户的窃电行为。考虑到安装成本的问题,无法对每个用户安装此监测系统进行实时监控。

通过采用此方法,做到了对供电区域内的供电用户用电行为进行分段、分片实时监控,同时对窃电高危用户进行重点监测,实现了多层次、全方位的用电行为监测功能,避免了用电稽查人员对整个供电区域内的用户进行普查,仅需要对提示窃电的监控区域进行重点检查,提高了用电稽查的工作效率,保证了用电稽查的效果。同时,通过对窃电高危用户的监控,起到了一定的震慑作



孙 冲/高级工程师

关键词/Keywords

反窃电·
电网安全·
实时监控·
线损·

国网河北省电力公司2014年科技资金资助项目
(KJ2014057)。

用，避免了窃电行为的发生，保证了供电安全。

1.2 实现方法

以某供电网络为例进行说明。结构如图1所示。

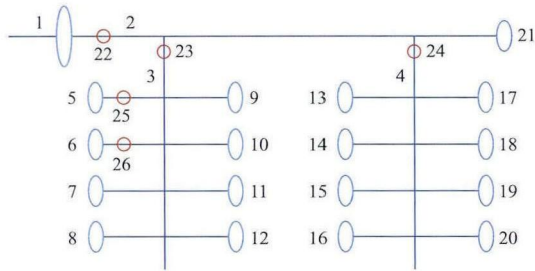


图1 某供电网络结构

图1中，1为主变压器，高压供电线路（一般为110 kV或者220 kV）经过变压器为10 kV供电线路2为高压用户供电。

10 kV供电线路2又分为分支3和分支4，以及直接供电用户21。

10 kV供电分支3包括5、6、7、8、9、10、11和12共8个高压用户，10 kV供电分支4包括13、14、15、16、17、18、19和20共8个高压供电用户。

在图1中的22、23、24、25和26位置安装一次电量监测装置，监测5个位置的一次电量。由于该装置直接安装在10 kV线路侧，用户不清楚该装置用途，同时电压等级较高，不会对其进行破坏操作，能够保证装置计量一次电量的准确性，实现了对整个供电区域内供电用户用电行为的实时监测，同时又对窃电高危用户5和用户6进行了重点监测。

通过对电量监控装置23和8个用户5、6、7、8、9、10、11和12电能表计量电量之和，来判断供电分支3内是否存在窃电行为。同时，通过直接判断电量监控装置25和用户5电能表电量值，以及电量监控装置26和用户6电能表的电流值，实现对高危窃电用户5和用户6的用电行为的实时监测。

当用户5发生窃电行为时，电量监控装置25计量的电量值将大于用户5电能表电量值，系统则会直接提示用户5发生了窃电行为。

当用户7发生窃电行为时，无线CT 23计量的电量值会大于8个用户5、6、7、8、9、10、11和

12电能表计量电量之和，系统会提示供电分支3内发生了窃电行为，告知供电公司用电稽查人员对该区域的供电用户进行重点检查。

当供电分支4内的某个用户发生窃电行为时，无线CT 24计量的电量值会大于8个用户13、14、15、16、17、18、19和20电能表计量电量之和，系统会提示供电分支4内发生了窃电行为，告知供电公司用电稽查人员对该区域的供电用户进行重点检查。

这就实现了对供电分支3、4的区域性监测，以及对高危用户5、6的重点监测，既做到缩小了反窃查窃范围，又能够对重点怀疑用户进行实时监测，可有效提高反窃电工作效率，加强用户用电行为的管理。

2 技术难点

2.1 供电网络分支节点电量的计量

对于需要监测的供电区域的一次电量的直接监测，本文采用了高压电能表，直接安装于一次线路中，计量一次线路的电压值、电流值、功率和电量等信息。

对于中性点不接地或者小电流接地系统，其视在功率计算公式为

$$S = U_{AB}I_A + U_{CB}I_C \quad (1)$$

高压电能表基本计量原理图如图2所示。

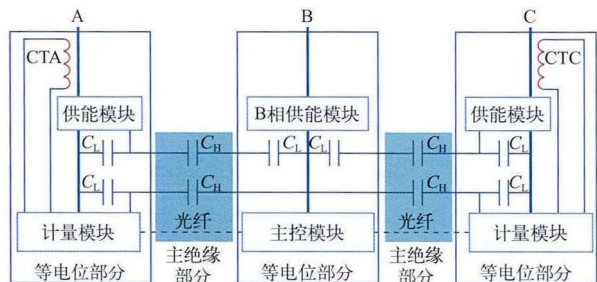


图2 高压电能表的基本原理

高压端A、B和C各相电路板上的供电电源采用单独的电容分压器取电后，在其供电模块内进行交直流转换实现。A、C相计量模块中电压采样由电容分压器在10 kV相间分压获取。A、C相计量

模块中电流采样由低压电流互感器CTA和CTC获取毫安级电流信号。

A、C相的计量模块将各自所采集到的实时电能信息、电压信息、电流信息和功率信息，通过光纤传送给处于B相的主控模块。B相主控模块对接收到的A、C相各类数据量分别加上时标，分析处理并进行记录保存，并提供隔离通信的接口给低压终端和信息管理系统获取各项电能信息。

将该高压电能表安装于需要监控的供电网络的分支节点处，可实现对一次供电电量的监测，该高压表安装于一次回路中，属于高压设备，所有的计量模块都集成在内部，不易被破坏，可有效避免恶意破坏，保证所监测节点一次电量的准确性，达到监测比对的目的。

2.2 用电情况的监控方法

通过在被监控供电网络的分支节点安装高压电能表，能够得到对一次供电电量 W_1 ，同时利用用电信息采集系统中所采集得到的供电网络中高压用户、低压动力用户和低压居民用户等所有类型供电用户的实际用电数据 $W_L = \Sigma W_2 + W_3 + \dots + W_n$ ，以分支线路的线损率来反映该分支整体用电情况，线损率计算公式为

$$\Delta W = \frac{W_L - W_1}{W_1} \quad (2)$$

以分支线路的每天的线损率来反映分支线路电力用户的实际用电情况，当线损率 ΔW 大于线路理论线损两倍以上时，可判断线路中存在非正常的用电行为。

2.3 实时性及准确性的保证

所采用的高压电能表既作为电能表计量一次线路供电电量，同时又具有采集终端的功能，具有固定的IP地址，通过GPRS通信方式，将计量到的一次电量回传给监控主站，实现与线路中所使用的电能表同步计量、同步采集和数据回传，保证了整条线路监测数据的实时性和准确性。

高压电能表的计量功能严格执行国家电网公司的三相智能电能表技术规范以及JJG 596—2000《电子式电能表》检定规范，其计量准确度和基

本功能达到0.5S级电能表的要求，满足线路线损计算对于数据准确度和稳定性的要求。

其通信规约符合DL/T 645《多功能通信规约》、Q/GDW 130—2005《电力负荷管理系统数据传输规约》和Q/GDW 376.1《主站与采集终端通信协议》等协议规范对于采集终端通信的要求，能够满足采集系统数据传输的需要。

3 实际应用

3.1 监控对象

选取某条10 kV供电线路进行该监控方法的实际应用。该线路供电容量为10 090 kV·A，线路中包括3个自然村，93台变压器，35个高压用户，59台公用变压器，整个线路结构如图3所示。进行监控治理前，常年线损维持在10%左右，多次进行现场反窃电检查，无法发现窃电行为，给当地供电企业带来极大困扰。



图3 监控供电线路结构

3.2 实施过程

对该供电线路结构进行分析可以看出，该线

路包括3个主要分支：东分支、南分支和刘村分支，因此在3条分支的出口处安装了3台高压电能表，将整条线路分成4段：主干线、东分支、南分支和刘村分支。

该供电线路实现了供电用户电能表的全部采集覆盖，所有用户的用电情况均可在用电信息采集系统中得到。

将后安装的3台高压电能表的电能计量数据通过GPRS通信方式将安装位置的一次供电电量回传至采集系统。

根据供电线路线损分段监控反窃电技术研究的需要，结合监控线路的结构，开发了实时线损分析管理系统，该系统利用采集系统中监控线路的所有用户的电量数据，以及所安装3台高压电能表的电量信息，根据式（1），进行该线路4段分支以及整条线路的线损数据计算、储存和分析功能，实现线路实时监控反窃电功能，达到本文所研究监控方法的基本功能。

3.3 监控结果

排查前后的线损监控数据如下表所示。

表 供电线路分支线损监控数据

监控时间	线路整体	线路干线	东分支	南分支	刘村分支
1月11日	12.5	6.81	20.23	4.38	5.54
1月12日	9.16	6.43	3.92	4.41	8.89
1月13日	9.79	7.05	2.31	4.11	10.91
1月14日	7.54	6.69	3.33	3.71	7.86
2月3日	6.32	1.02	5.05	4.27	9.16
2月4日	5.95	1.26	5.97	3.57	7.69

通过监控系统一段时间的监控，发现东分支线路线损数据较高一直在20%左右，对于1月12日对东分支区域内的供电用户进行了重点排查，发现其中有两户存在窃电行为：有一高压用户采集

系统回传的电量数据一直为0，表示该用户未用电，而实际该用户为正常用电用户；另外一户其报装供电容量为50 kV·A，其供电倍率为15，而该用户实际用电容量为100 kV·A，供电倍率为30，对这两户的窃电行为进行了现场纠正，恢复了电能表的正常采集回抄功能，更正了供电倍率。

经过现场排查后，东分支的线路率明显下降，整条供电线路的供电线损也由原来的12.5%下降到9.16%，并且线损数据比较稳定。

4 结束语

在实际供电网络中，虽然经过多年的治理，但存在一定的窃电行为。通过开展供电网络线损分段监测反窃电技术研究，将怀疑存在窃电的供电网络划分若干分支区域，进行分段监测，避免了用电信息采集系统只能计算整条线路线损，针对性不强的问题，能够有效地降低监控成本，提高监控效率。利用高压电能表，实现了供电线路一次电量的直接计算和回抄，解决了分段监控无分支线路供电量的根本问题，所研发的监控系统能够实现分段监控理论的功能，发挥了供电线路分段监控反窃电理论的作用。

参考文献

- [1] 国家质检总局. JJG 596—2000 电子式电能表检定规范[S].
- [2] DL/T 645—2007 多功能通信规约[S].
- [3] 国家电网公司. Q/GDW 130—2005 电力负荷管理系统数据传输规约[S].
- [4] 国家电网公司. Q/GDW 376.1—2009 主站与采集终端通信协议[S].

(收稿日期：2015-04-23) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告