

# 智能电能表新型窃电方式的研究

沈明炎 黄 洪 张杰梁 肖娜丽

(福建省计量科学研究院,福建 福州 350003)

**摘 要:**针对近期供电公司发现的智能电能表窃电案的情况,以电能表结构和电子电工学原理为基础,结合实际智能电能表计量工作,通过对窃电电能表的窃电方式和原理的分析,指出新型窃电方式的工作方式和技术特点,并提出相应的防范措施,为供电公司的反窃电工作提供相应的技术参考。

**关键词:**窃电模式;智能电能表;电压窃电;延时窃电;旁路窃电;防窃电措施

**中图分类号:**TM933.42 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-4801(2014)03-127-04

近年来,福建省多个地市供电公司均在辖区内发现不同程度的民用智能电能表窃电现象。经过现场侦查以及计量技术专家的鉴定,发现该类电能表的窃电方式与以往窃电方式有较大的差别,其窃电原理是在原有的窃电方式的基础上,附加了多种防检验功能,具备了窃电延时、键控、自动复原等新的功能,并且在对电能表内部计量模块进行技术改造后,不仅能够仿冒电力行业的铅封和外观标志,而且在改造后能够还原电能表铅封和标志,为智能电能表的反窃电检验工作带来了新的困难。本文针对此类新型窃电智能电能表,着重分析其工作原理及技术特点,并提出一些防范窃电的技术措施。

## 1 智能电能表的计量及检验原理

智能电能表基本上由电压电流采样电路、微处理器、电能计量单元、显示和控制部分、电源5个部分组成,其结构框图如图1所示。工作原理:通过电压电流采样电路,把采样到的负载电压、电流信号分压、分流后输入专用电能计量芯片,再由芯片内部的乘法器将电压、电流相乘得到相对应的功率,并通过A/D转换器将模拟量转换成数字量输入微处理器进行数据处理,最后存储器存储电量值并在液晶显示器上显示,同时电能计量芯片输出的功率信号由功率/频率变换器转换成对应的电能脉冲输出,以供电能表检验用<sup>[1]</sup>。

对智能电能表的检验是在专业实验室里进行的,实验室的环境、设备、人员和检验的方法严格依据电能表的检定规程和相应的标准规范的要求。将智能电能表接入专用电能表检定装置(专门设计用于校验电能表的装置,由程控电源、标准电能表、控制单元、数据处理和通讯单元以及输入

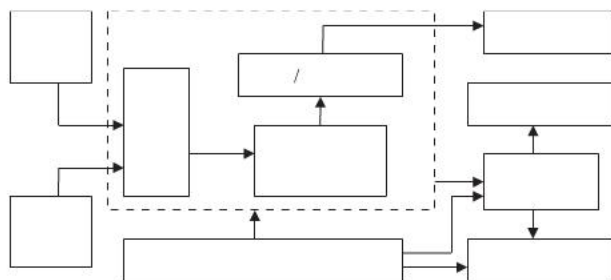


图1 智能电能表结构框图

输出单元等构成),通过固定的电气连接,使被检电能表与标准电能表处于相同电气状态(电压并联,电流串联,电气连接节点相同),依据JJG 596-2012《电子式交流电能表检定规程》的要求<sup>[1]</sup>,计算机软件控制程控电源输出相应的电能,即不同功率和功率因数,使被检电能表和标准电能表同时计量电能,并通过电能脉冲比较,将两者所计量电能的偏差值作为被检电能表的相对误差值。电能表的检验原理框图如图2所示<sup>[2]</sup>。

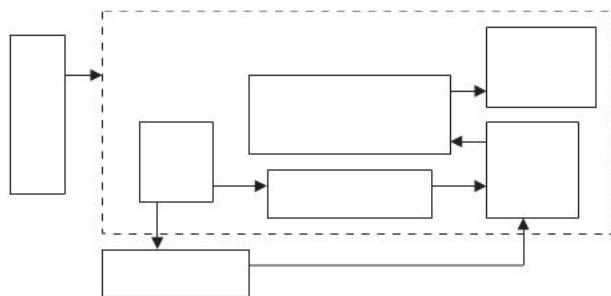


图2 智能电能表检验原理框图

## 2 几种常见电能表窃电方式

民用智能电能表基本为单相费控智能电能表,其窃电模式都是基于电能表的结构和电气原理,通过人为改变电气连接或者是改变元器件的电气性能,从而减少电能表相应电参数的采样,使电量计量变少,从而达到窃电的目的<sup>[4]</sup>。以下是几

**作者简介:**沈明炎(1985-),男,工程师,在读硕士,主要从事电能计量测试技术的研究。

黄 洪(1970-),男,高级工程师,主要从事电能计量测试技术的研究。

种常见的针对电能表的窃电方法:

1)交流电压窃电法。利用短接法、分压法、开路法等方法人为改变电能表电压回路的正常接线,造成电能表电压采样失准,从而导致电能表所计电量变少。

2)交流电流窃电法。利用短路法、分流法、跨接法、开路法等方法人为改变电能表电流回路的正常接线,造成电能表电流采样失准,从而导致电能表所计电量送减少。

3)功率角窃电法。通过改变电能表外部的电气连接方式,或者外接电感或电容器件,人为地改变电能表采样的电流和电压间的正常相位关系,致使电能表计量减少。

4)外部干扰窃电法。通过外设干扰源对电能表的内部元器件产生影响,如外磁场干扰、电磁骚扰、机械冲击等,使其电能表内部器件电气性能改变,致使电能表计量减少。

### 3 智能电能表新型窃电原理分析

新型窃电方式是在原有的窃电方式的基础上,运用电子学技术对电能表内部进行技术改造,通过加装电子模块方式,利用分压原理人为改变减少电能表的采样电压值大小,并且在此基础上附加了延时键控和独立旁路运行等防检验的功能,并且由于此类窃电在改造电能表内部的同时,也能够伪造电能表我外铅封和外观标志等,为实际的反窃电工作带来更多困难。

以下介绍两种新型窃电方式,其均为基于电压型窃电法与反检验功能相结合,通过改变电压的采样值达到窃电目的,同时其附加的防检验功能又能给反窃电工作带来一定的难度,具有隐蔽性高、专业性强的特点。

#### 3.1 延时窃电防检验模式

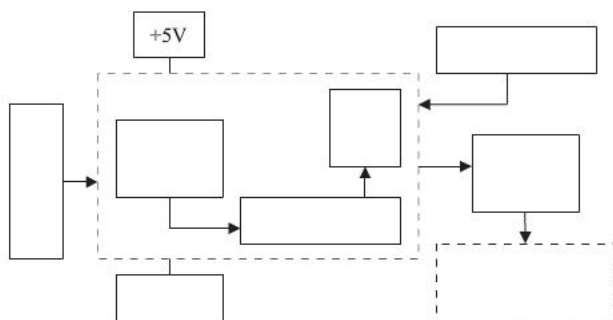


图3 窃电模块的工作原理图

此种方式的窃电模块具备重上电自动复位和

液晶屏背光点亮瞬时复位的功能,其延时窃电工作原理(见图3):

当电能表通电后,窃电模块及其辅助电路开始工作,模块上的大电容器开始充电,由于电容器的充电延时,在限位电压未达到设定电压值时,继电器不动作,触点断开,分压电路不通,电能表处于正常计量状态,此过程约为2.5~3 h。当窃电模块的大电容器充电使限位电压达到设定电压值时,继电器动作,触点闭合,分压电路导通,使电能表内部专用计量芯片所采样交流电压值减小,从而减少了电能表的电量计量。

窃电模块的控制接线与智能电能表的液晶屏背光相连接,当液晶屏背光点亮(电能表重上电或按动面板按键时电能表液晶背光亮),由于电压值的改变会使窃电模块的大电容瞬间放电,继电器动作,触点断开,分压电路断开,电能表恢复正常计量状态,同时,大电容器重新充电延时,重复延时窃电过程。

#### 3.2 旁路窃电防检验模式

此种方式的窃电模块具备相当大的隐蔽性,此类窃电电能表的电能脉冲输出与电能表内部计量电量不成一一对应关系,计量来源两个不同的计量芯片,其旁路窃电工作原理(见图4):

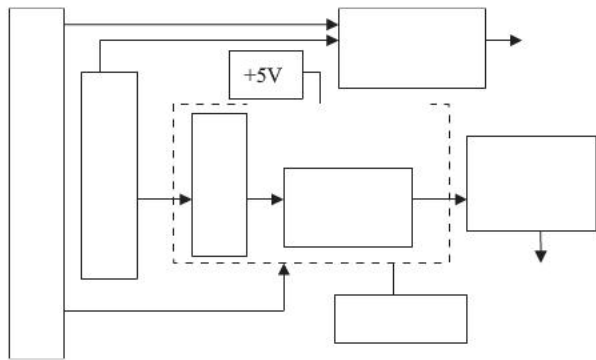


图4 窃电模块的工作原理图

当电能表通电后,电能表的交流电流采样电路正常工作,交流电压采样电路则并联出两个回路,一路连接至电能表电能计量芯片,与采样电流进行数据运算和处理,输出电能脉冲以用于电能表的检验;另一路则经过电阻分压电路再分压(分压后的电压远小于实际电压值),并与交流采样电流一起输入窃电模块内加装的电能计量芯片,再由此电能表计量芯片运算得到的电量值送入电能表的微处理器,最后成为在液晶屏上显示和用于电能表通讯的当前电量,此时的电能表计量电量

与电能脉冲所转换的电量不相等。

### 3.3 结果分析

根据上述对两种智能电能表窃电的分析,取这两种窃电电能表各两台进行实验室检验,其中技术规格为220 V、5(60)A的有功2级,分别编号为A1、A2和B1、B2,根据《JJG 596-2012 电子式交流电能表检定规程》的要求,检验得出如下数据:

表1 延时窃电电能表的检验结果

编号	状态	COS $\phi$	电能误差/%					
			$I_{max}$	$0.5I_{max}$	$I_b$	$0.2I_b$	$0.1I_b$	$0.05I_b$
A1	继电器 动作前	1.0	0.0	0.0	0.0	/	+0.2	+0.2
		0.5L	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.2
	继电器 动作后	1.0	-68.8	-68.8	-68.8	/	-68.8	-68.8
		0.5L	-69.4	-69.2	-69.0	-69.2	-69.2	/
A2	继电器 动作前	1.0	+0.2	+0.2	0.0	/	0.0	+0.2
		0.5L	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.2	/
	继电器 动作后	1.0	-74.0	-74.0	-74.0	/	-74.0	-74.2
		0.5L	-74.2	-74.2	-74.2	-74.4	-74.4	/

如表1所示,在窃电模块的分压继电器动作前,智能电能表的电能误差在计量等级允许范围内,计量性能正常;在窃电模块的分压继电器动作后,电能表电能误差出现明显的负偏差(电能表电能误差的平均值为约为-70%),即实际计量仅相当于正常电量的1/3。

表2 旁路窃电智能电能表的检验结果1

编号	状态	COS $\phi$	电能误差/%					
			$I_{max}$	$0.5I_{max}$	$I_b$	$0.2I_b$	$0.1I_b$	$0.05I_b$
B1	实时 检测	1.0	+0.8	+1.0	+1.2	/	+1.2	+1.0
		0.5L	+1.0	+1.2	+1.2	+1.2	+1.2	/
B2		1.0	+1.8	+2.0	+2.0	/	+2.0	+2.0
		0.5L	+1.2	+1.4	+1.4	+1.4	+1.6	/

表3 旁路窃电智能电能表的检验结果2

编号	上电前 电量值 (kW·h)	运行 时间 /h	停电后 电量值 (kW·h)	标准器计 量电量 (kW·h)	窃电表计 量电量 (kW·h)	电能计 量偏差 /%
B1	1069.4	24	1074.8	26.32	5.4	-79.5
B2	654.2	24	659.5	26.32	5.3	-79.9

注:表中工作条件:220 V, 5 A, COS $\phi$ =1.0。

由表2检验数据得出,窃电电能表的电能误差在计量等级允许范围内,而表3的检验数据表明,电能表在额定电压、电流和功率角的条件下,运行24 h得出的电量相比于实际电量明显的负偏差(理论计算得到电能表实际电能计量偏差约为-80%),此时的电能表计量电量几乎仅为正常

电量的1/5。由此可见,电能表安装了窃电模块后,电能表的实际计量电量与电能脉冲不成一一对应关系,因此由电能脉冲检验得出的电能误差不可用于判定电能表的计量准确度。

## 4 预防和监查电能表窃电的技术措施

鉴于电能表结构原理和多年来的反窃电的经验,电能表的窃电基本原理是相同的,都是通过改变电能表的电压、电流、相位等电参数的取样大小来达到窃电目的,所不同的是新型窃电方式具备了更专业的反检验功能,更具隐蔽性。但是,无论窃电模式如何的变化,只要是通过电气改装方式窃电,就必须拆开电能表外壳,对其内部进行改装,这必定要破坏其铅封和外观标志,然后仿造铅封和标志还原电能表外观,因此根据这一特点,提出一些防止窃电的技术措施<sup>[5]</sup>。

1)科学利用电力监控管理系统,加强集抄系统的监控。智能电能表都具有实时采集电参数的功能,电力监控管理系统对智能电能表的信息抄读,可以有效地查看和记录智能电能表的实时信息,如失压、失流、欠压、断相等记录及其开始时间和结束时间,实时功率,开表盖事件记录,停、上电事件记录等,辅以适当的方法,并合理分配抄读时间,能够及时有效地发现并确定窃电行为。

2)加强现场电能表封印及计量表箱的管理和监督。改进封印技术,使用新型防伪铅封,运用特殊编号和防伪标记,如二维码等难以仿造的铅封。加强计量表箱的封印的保护、管理和监督,定期检查电能表及电能表箱的外观、封印及标志,及时发现异常现象,可在计量表箱内安装开盖报警提示装置。同时可将智能电能表的外壳制成一体化封闭结构,一经拆开无法还原,以有效防止电能表开盖改装。

3)提高窃电电能表检验技术,及时找出窃电原理。针对具有窃电嫌疑的电能表,在电能计量性能检验前,先检查电能表外观标志和铅封状态,确认是否拆装过电能表外壳,现场检查电能表电气连接线路是否正确,查看电能表信息记录,包括各电参量的实时数据、历史数据和事件记录等。依据电能表结构原理及反窃电经验,对电能表改造部分进行技术鉴定,分析窃电原理,有针对性地进行验证,严格按照相应标准、规程和规范的技术要求检验。

### 5 结束语

防止电能窃电是个长期的课题,不仅需要先进的窃电的技术,更需要完善科学的监查机制。这就要求不断提高电能计量技术,从技术层

面上进行完善,为防止电能窃电提供坚实的技术支撑,同时也要不断提升应对日益变化发展的窃电方式的能力,增加反窃电的经验,以保证具备足够的应对各式各样的窃电情况。

#### 参考文献:

- [1] 张勤,曹瑞基.计量检测人员培训教材·电磁计量[M].北京:中国计量出版社,2007.
- [2] 蓝永林.交流电能计量[M].北京:中国计量出版社,2009.
- [3] JJG 596-2012,电子式交流电能表检定规程[S].
- [4] 王惠玲.电能表窃电案例分析与防范[J].北京:中国计量,2012(10).
- [5] 谢玮.安装式电子式电能表窃电原理及鉴定方法[J].湖北电力,2011(2).

(上接第 123 页)

用过程中不断承受交变载荷,发生疲劳破坏,撕裂了此处全厚度钢板长度分别达 110 mm 和 70 mm,并有向内扩展的趋势。

全部的 5 处裂纹均已及时提出整改要求,深度较浅的经打磨后加焊补,裂纹深度超过母材公称壁厚 10%或超过 2 mm 的及穿透性裂纹均采用碳弧气刨,按要求将裂纹全部刨除,并按要求刨出坡口,并用角磨机打磨去除渗碳层后按工艺要求实施多层堆焊成形,经探伤复检后未发现新超标缺陷。在原缺陷产生位置处的焊缝表面及近表面处的缺陷得到消除,保障了本部份金属结构的安全使用。

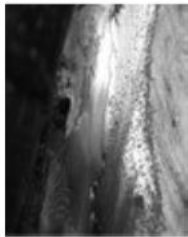


图3 回转平台与门腿结合面焊缝穿透性裂纹

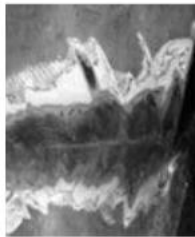


图4 钢板发生穿透性裂纹

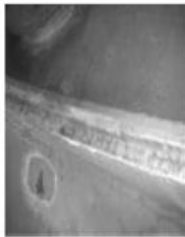


图5 支腿与上支承环连接板处裂纹

2#门机检测中发现 2 处较大裂纹(见图 5)。

位置在支腿与上支承环连接板焊接处,裂纹长度分别达 430 mm 和 450 mm。对于这些较大的裂纹缺陷,建议使用单位要找有资质的厂家制定合理的修复工艺措施进行整改,整改后对应位置以及其它相似结构位置还应做为该门座起重机日常管理的监护重点。

3#门机被检位置中未发现裂纹。

### 4 检验经验探讨

通过对金属结构应力测试和无损检测分析,以下几处位置值得关注:

该类型门座起重机在满载载荷作用下,最大应力出现在起重机门座腿上部与上支承环联接的截面,虽然负重载荷引起的应力未超出材料常温下的许用应力,但是在长期使用过程中容易产生疲劳损伤。因此,日常管理过程中应把门腿上部与上支承环联接的截面做为监护的重点。从现场对行走机构的平衡架进行的无损检测结果来看,相应部位出现了不同程度的裂纹,由此也可印证此部位受比较大的力。因此,平衡架也应做为该门座起重机日常管理的监护重点。对于已经修复的裂纹部位,也应作为日常管理的监护重点。

#### 参考文献:

- [1] 黄海涛.对港口机械及其结构应力监测的探讨[J].机械与电子,2010,(19):153-68.
- [2] 陈峥,张争艳,冯敏.浮式起重机金属结构应力状态检测与安全性评估[J].起重运输机械,2011(1):59-61.
- [3] 吴金鹏.港口机械及其结构应力监测方法探析[J].中国新技术新产品,2010(4):146.
- [4] Leinonen, Jaakko; Lahdelma, Sulo; Vähöja, Pekka; Kononen, Jussi. Tools for the remote monitoring, diagnostics and prognostics of the operational state and condition of a charging crane[J].VTT Symposium, 2006.:6-26.
- [5] Wang, Zhi-Xin; Hu, Xiong; Chen, Zhao-Neng. Research on technique of remote monitoring and assessing on conditions of container crane[J].Wuhan Ligong Daxue Xuebao/Journal of Wuhan University of Technology, 2006, 28(4): 101-104.