

供电线路电量计量误差的探讨

汪 君

国网六安供电公司 安徽 六安 237005

摘 要：供电线路是电能传输介质，电能表对线路中交换电量开展累积计量。电能表计量在实际应用中会受到各种因素的影响，导致电能表测量误差。本文探讨了供电线路电压波动和电流畸变对电能表计量误差的影响机理，介绍实时补偿技术和后处理补偿技术两种电能表计量误差的补偿方法。为降低计量误差，基于供电线路电能表计量误差的研究须深入探讨，以提高电能表计量准确度，为线损管理提供依据。

关键词：供电线路；电能表电量；计量误差

引言：电能表在电力系统中是一个至关重要的组成部分，其主要作用是对电量的计量。在现代社会中，电力已经成为人们生活、工作和生产中必不可少的能源，在不同的领域中都拥有着广泛的应用。因此，准确计量电量在电力运营中起到了至关重要的作用，涉及到各种商业和运营方面的利益，因此电能表计量误差的问题是一个非常重要的研究方向。供电线路电能表的计量误差会产生一定的影响，并且这种影响是难以避免的。这种影响主要是来自于供电线路本身的一些特性，如电压波动、电流质量等。这种影响可能会导致电能表计量误差增加，从而产生计量不准确的问题。

1 电能表计量误差的成因

1.1 直流分量和谐波的影响

在实际的电力系统中，存在着各种各样的非正弦交流电流和电压波形，常见的有直流分量和谐波，它们都会对电能表的计量误差产生影响。（1）直流分量的影响。直流电流或直流电压的存在会导致电能表的磁场偏移或磁势不平衡，从而影响电能表的电流和电压测量。此外，直流电流或直流电压还会引起电能表铁芯热效应，导致铁芯损耗增大，从而使电能表的准确性下降。

（2）谐波的影响。谐波是电力系统中常见的一种非正弦波形，它主要来自于负载的非线性特性和电力电子器件的开关操作。谐波会引起电能表的非正弦响应，进而影响电能表的指针转动，使其计量误差增大^[1]。

1.2 电能表工作环境的影响

电能表的工作环境也会对其计量误差产生影响，主要包括温度、湿度、气压和振动等因素。（1）温度的影响。当电能表的工作环境温度发生变化时，电能表的工作稳定性和计量准确性都会受到影响。温度过高或过低都会对电能表产生负面影响，例如温度过高会引起电能表的能耗增大，从而影响其计量准确性；温度过低则会

导致电能表部分零部件变性，从而降低其工作稳定性。

（2）湿度的影响。电能表的内部部件容易受到潮气的侵蚀，从而导致电阻变化、介质损耗增加等故障，影响电能表的测量准确性。（3）振动的影响。电能表的指针转动是依靠机械传动系统来完成的，如果电能表所处的环境有明显的振动，那么就会对电能表的传动系统产生影响，使其产生误差的测量结果。

1.3 电能表本身因素的影响

（1）磁场漂移。电能表的磁场漂移是指在正常运行过程中，电能表测量电流或电压时磁场的位置产生偏移，导致计量误差的增大。（2）机械松动。电能表的机械传动系统存在一定的松动，这种松动会影响电能表的指针转动，增加计量误差的大小。（3）仪表偏心。电能表内部的各种元器件和配件有一定的偏心，偏心会导致电能表指针转动不均匀，从而影响计量准确度。

2 线路电能表计量误差的影响机理

线路电能表瞬时电压和电流波形的影响，是导致电能表计量误差的重要原因。它们可以直接影响电能表的实际工作状态，进而影响电能表的计量准确性。这里我们具体分析供电线路电能表计量误差的影响机理，着重从线路电压波动和电流畸变两个方面进行分析。

2.1 线路电压波动对电能表计量误差的影响

线路电压波动是指供电系统中电压的非正常变化，最主要的形式是瞬时或暂态幅值的变化，如电源起动、过电流、故障情况等引起的电压骤变。供电线路上将电能表从外部环境隔离开来，而电能表内构件是以电磁感应原理进行电量趋势积分的，所以电能表对工频电压波形极为敏感，一旦波形发生变化，其电量测量准确性就会受到影响。

电压波动对电能表计量准确性的影响主要有以下几方面：（1）电容耦合误差。电能表中采用的电磁式检波

元件具有一定的电容,如果检波元件中电容产生电荷,就会形成非期望电流。而非正常的电流可能导致计量误差。(2)析波误差。交流信号通过电磁式检波元件时会体现成单向脉冲、每一次信号的持续时间可能会分布在整个周期内。电能表使用整流电路进行电量测量,而出于计算的需要,需要将交流信号转换为直流电量,很显然这种转换中会导致部分原始信号的损失,这归咎于不能充分克服检波元件工作的不稳定性。(3)计量误差。

在线路电压波动的情况下,电脑表中的电容和电感也会发生变化,从而导致电能表给出的电量检测结果与实际值有差距。因此,在供电线路电压发生波动时,需要对电能表进行实时补偿,以保证其计量准确性。

2.2 线路电流畸变对电能表计量误差的影响

电源在工作时可能会产生许多非线性负载,如彩电、电脑、空调等,这些负载会引起电流畸变。电流畸变是指网络电路中电流波形中所含有的非基波成分所导致的波形畸变,其特征为谐波、间谐波以及其他非饱和现象^[2]。

这种电流畸变对电能表的影响主要有以下几方面:

(1)电流互感器误差。电能表通常安装在供电线路的末端,此时电能表所接收的电流信号来自电流互感器,如果线路上存在谐波电流,互感器的响应就会发生畸变,从而导致计量误差。(2)线路电压扭曲。电流畸变可能引起电源端电压扭曲,进而会导致电能表前端输出的电压也出现扭曲。这种扭曲会导致电能表的计量误差增加。(3)计量误差。当电流畸变超出电能表匹配精度时,会导致电能表的计量准确性下降。在这种情况下,需要对电能表进行实时补偿,以保证计量准确性。

3 电能表计量误差的测试方法

3.1 自带电源测试法

自带电源测试法,即在标定容量和电压下进行测试,将电能表接入适当的电源和负载中,测量电流、电压、功率因数等参数,通过对电能表的测量结果进行对比从而判断计量误差的大小。因为电源是由实验室提供的,所以直接减少了外界因素对测试的影响,测试结果更为准确。此外,自带电源测试法不需要安装额外的测量设备,可以节省测试成本。

3.2 并联电流互感器测试法

并联电流互感器测试法,即在电路中并联一定比例的检定用电流互感器,并将电流互感器的输出与电能表的输出进行比较。该测试方法根据法拉第电感的原理,即电流在电感内所激起的磁通线圈成反向感应电动势,逆磁势与电流成正比,通过测量得到电流互感器产生电

势,将其与检定用电压表测量的电能表输出电压进行比较,从而得到电能表的误差值。

3.3 并联电压互感器测试法

并联电压互感器测试法,即类似于并联电流互感器测试法,通过在被检电路中加入电压互感器进行测试。该方法是利用电压互感器将基准电压压缩到合适的范围内,再经过显式电带或放大器放大,得到待测试电能表的电压信号。通过与标准系统进行比较,得到电能表误差的结果。

和其他的测试法相比,自带电源测试法是一种简单、快速、易于实施的测试方法。而并联电流互感器测试法和并联电压互感器测试法相对准确,但需要专用检测设备和高超检测技术的支持,而且成本也相对较高。

4 电能表计量误差的补偿方法

电能表是电力系统中重要的计量设备,其准确性直接关系到电力业务收费、用户用电量监测及计量仪表的管理等方面。然而,由于供电线路影响和电能表本身因素等原因,电能表在进行计量时会存在计量误差。为了尽可能消除这些误差,目前采用了实时补偿技术和后处理补偿技术两种方法,下文将从这两个方面进行详细阐述。

4.1 实时补偿技术

实时补偿技术是在发生波动或畸变时,直接对电能表进行补偿,以达到精确测量的目的。其基本原理是将电能计量标准的波形和实际测量的波形进行比较,得到补偿值后进行补偿,实现电能计量的精确测量。实时补偿技术的主要方法有:(1)瞬时补偿。这种方法主要是在电能表前端安装电容、电感等滤波器,降低线路中谐波干扰,使实测波形更趋于理想波形,从而达到补偿目的。这种方法比较简单易操作,但效果不够稳定,且对谐波元器件有一定损耗,且补偿能力有限。(2)动态补偿。这种方法主要是根据电能表前端电压电流波形变化的实时情况,计算合适的补偿值,通过电容或电感元件和运算放大器等部件,通过反馈循环达到实时补偿作用。该方法的效果较瞬时补偿稳定,能更快速地对波形发生变化时进行补偿,但由于补偿器误差的原因,不同的电能表进行补偿效果存在大幅度差异。(3)数字补偿。数字补偿是指将电网的电压和电流波形通过模数转换器变成数字量,在数字处理器的处理下实现即时补偿的方法。相对于前两种补偿方法具有更高的精度,但更为复杂、耗费成本更高,且需要更多的计算和处理时间,增加了系统复杂性和成本。

4.2 后处理补偿技术

后处理补偿技术是指采用计算机或数字电路对采集

到的电能数据进行处理,通过计算和纠正等手段,实现对电能表计量误差的精确补偿。后处理补偿技术是一种相对较为成熟的补偿技术,通过后期处理手段,使得采集数据的实际误差尽可能小,从而提高电能表的计量精度。后处理补偿技术的主要方法有:(1)数据传输校正。传统的电能表通过串口、射频等方式将采集的数据传输到上位机进行处理。在传输过程中,数据可能遭到电能干扰、数据抖动、干扰代码等问题的影响。因此,在传输前,需要对数据进行校正处理,消除这些干扰和误差,以保证数据的可靠性和准确性。(2)数字滤波补偿。数字滤波补偿是指将采集到的电能数据进行数字滤波处理,进而得到滤波后的波形数据,并对数据进行补偿。这种方法可以减少补偿器对补偿误差产生的干扰,提高补偿精度。(3)多项式拟合补偿。多项式拟合补偿是指将采集到的电能数据通过数学方法进行拟合,进而得到模型函数,然后对实际数据进行补偿。由于该方法模型精度高,后期调整方便,能够对各种波形进行补偿,因此在工业现场应用较为广泛^[1]。

虽然后处理补偿技术的精度较高,但其对数据采集的时间和频率有限制,且需要对数据进行处理和存储,会增加成本和计算量。

5 展望电能表计量误差测试和补偿技术的发展方向

电能表是电力系统中非常重要的组成部分,是确保用电安全、电力计量精确的关键设备。然而,电能表计量误差一直存在着,给电力计量带来了影响,同时也给电力系统带来了安全隐患。电能表计量误差测试和补偿技术的不断发展,具有十分重要的意义。

5.1 测试技术的发展方向

(1)精度与稳定性提高。未来,电能表计量误差测试将会越来越精密,精度和稳定性将更高。一方面,采用更加先进的测试方法,如数字化技术、自适应技术等,能够提高测试的精度和稳定性。另一方面,采用高品质、高精度、高可靠的测试设备,能够提高测试的精度和重复性,从而提高电能表的计量准确度。(2)外设与互联技术的发展。随着物联网技术和云计算技术的发展,电能表的外设和互联技术不断丰富和完善。未来,电能表将实现互联互通、智能化管理等特点。在测试方面,新型测试仪器将会更专业化,更智能化,从而大大

提高测试的效率和精度。(3)便携化和多场景使用。便携化是测试设备发展的趋势之一,未来测试仪器将更加便携,更适合多场景的使用。过去,测试仪器主要用于实验室或专业检测机构,但未来将会更多应用于电力系统的各个环节,如发电、输电、配电、用电等。

5.2 补偿技术的发展方向

(1)增加补偿范围。为满足不同用户的用电需求,未来的电能表补偿技术将更加全面,将提供更广泛的补偿范围和更灵活的调节方式,以适应不同用户的需求,从而更好地实现电能表计量误差的补偿。(2)融合智能化技术。除了提高补偿精度和灵敏度之外,未来的电能表补偿技术将融合智能化技术实现更完善的功能。通过智能化技术,可以实现电能表的状态监测、故障诊断、数据采集和远程通信等功能。(3)提高自适应能力。未来电能表补偿技术将会提高其自适应能力,能够根据电力系统的运行状态和电压、电流等参数变化,自动调节补偿参数,从而更好地实现电能表计量误差的补偿。

结论

供电线路电能表计量误差的影响机理主要是来自线路电压波动和电流畸变等因素。电压波动可能导致电容耦合误差、析波误差和计量误差等,而电流畸变则可能引起电流互感器误差、线路电压扭曲和计量误差等问题。这些问题都可能影响电能表的计量准确性,从而产生计量误差。为了消除这些误差,可以采用实时补偿技术和后处理补偿技术进行补偿。实时补偿技术采用瞬时补偿、动态补偿和数字补偿等方法,可以实时监测计量误差并进行补偿,不过其成本较高。而后处理补偿技术则采用数据传输校正、数字滤波补偿和多项式拟合补偿等方法,可以提高计量精度,但对数据采集的时间和频率有限制。总之,掌握了供电线路电能表计量误差的影响机理及补偿技术,将使电能表的计量更加准确和可靠。

参考文献

- [1]张学勇.供电线路对电能表误差的影响及其校验方法[J].电力电子技术,2019(1):92-94.
- [2]王蓉.供电线路对电能表测量误差的影响分析[J].科技信息,2020(25):410-411.
- [3]于飞宇,李媛,等.供电线路对电能表计量性能的影响分析[J].电子科技,2018,31(5):76-78.