

蓝永林 主编

JIAOLIU DIANNENG JILIANG

交流电能计量



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

数据库系统



交流电能计量

蓝永林 主编

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

交流电能计量 / 蓝永林主编. —北京: 中国计量出版社, 2009. 1

ISBN 978-7-5026-2926-7

I. 交… II. 蓝… III. 电能—电量测量 IV. TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 174384 号

内 容 提 要

本书介绍了测量误差和测量不确定度的基本概念; 简述机电式和电子式交流电能表、测量用互感器的工作原理及其误差特性; 论述交流电能表的接线原理及误差调整要领与调整步骤; 详述测量用互感器、交流电能表及其检定装置的检定, 电能计量装置的现场检验和错误接线的检查方法及追退电量的计算。另外, 还对常见的电能计量问题作了解答。全书共分十章, 概括了交流电能计量技术工作的各方面内容, 为帮助读者抓住重点, 前九章后面都有复习思考题。

本书主要供电力系统、计量部门、电力用户、电能表制造厂的电能计量人员、计量监督管理人员、电能表研制者及大专院校有关专业的师生阅读和参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市密东印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16 开本 印张 24 字数 580 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价: 72.00 元

前 言

由测量交流电能所需的交流电能表和扩大测量范围的测量用互感器及其连接线路所组成的总体，称为交流电能计量装置。它在发电、输电、供电和用电各个环节能否准确地测定电能量值，都直接涉及到节省能源和经济核算。因此，长期以来，国家有关行政部门对交流电能计量非常重视，把交流电能计量器具（装置）纳入法制管理，实行强制检定与监督。

1982年以来，国家相继颁布了交流电能计量器具检定系统表、机电式和电子式交流电能表及其检定装置、测量用互感器等国家计量检定规程，国家电力公司也颁布了电能计量装置技术管理规程。这些规程在促进研制电能计量器具及其检定设备、确定其计量特性是否符合法定要求、统一电能单位量值、国家对电能计量实行监督等方面，都起到了重要作用。

为帮助广大电能计量人员深入地理解和正确地贯彻执行规程，进一步提高电能计量技术水平，应中国计量出版社邀请，东北电力科学研究院蓝永林教授级高级工程师，根据多年的电能计量工作实践及制修订国家计量检定规程《交流电能表》（JJG 307—1982，JJG 307—1988，JJG 307—2006）所积累的经验，并参考国内外电能计量工作发展动态，会同几位专家编著了本书。

在书中作者根据自己的理解，除对电能计量器具规程加注必要的说明外，还介绍测量误差和测量不确定度的基本概念，详述机电式（感应系）和电子式交流电能表、测量用互感器的工作原理、误差特性及原理接线图，交流电能表及其检定装置、测量用互感器的检定，电能表误差调整要领和调整步骤，电能计量装置的配置原则、现场检验、错误接线及其检查方法，实用倍率的计算和电量抄读、电量更正系数和追退电量的计算等内容。

本书着重物理概念的阐述，避免繁琐的数学推导，力求简明扼要和理论联系实际。我们期望本书对读者有参考价值，对广大电能计量人员提高电能计量技术水平能有所帮助。

江西省电力科学研究院郭永坤教授级高级工程师编著第三章的时分割乘法器、增量求和模数变换器、霍尔乘法器和功率/频率变换器；沈阳供电公司蓝宁高级工程师参加编著第五章和第七章；东北电力科学研究院朱淑媛、李德伟高级工程师分别参加编著第八章和第四章；蓝永林编著其他章节，并负责全书的统稿，对有些章节的内容进行了修改和补充。

编著本书期间，有多位专家提供参考资料，并提出一些修改意见；在本书出版过程中得到了中国计量出版社的大力支持。在此一并表示深切的谢意！

我们的编著水平有限，书中的不当之处恳请读者不吝赐教。

作者

2008年9月

目 录

第一章 测量误差和测量不确定度	1
第一节 测量误差	1
1. 测量的重要意义	1
2. 测量的分类	1
3. 测量误差	2
4. 计量器具误差	4
5. 引起测量误差的原因	7
6. 减小测量误差的方法	7
7. 微小误差准则与误差的分配原则	9
第二节 测量不确定度	10
1. 何谓测量不确定度	10
2. 标准不确定度	10
3. 合成标准不确定度	14
4. 扩展不确定度	15
5. 测量不确定度评定步骤	18
6. 测量不确定度评定实例	19
7. 测量结果的比对试验	28
8. 测量误差与测量不确定度的主要区别	29
9. 按规范检验是否合格的判据	30
复习思考题	31
第二章 机电式交流电能表	32
第一节 机电式电能表的基本结构	32
1. 测量机构	32
2. 辅助部件	36
第二节 机电式交流电能表的工作原理	37
1. 转盘为什么能转动	37
2. 驱动力矩和负载功率的关系	41
3. 单相电能表的简化相量图	42
4. 转盘转数和被测电能的关系	44

5. 计度器积算原理	45
第三节 机电式交流电能表的基本误差特性	48
1. 影响基本误差的主要因素	48
2. 基本误差特性曲线	52
3. 改善基本误差特性的基本方法	56
第四节 机电式交流电能表的附加误差特性	58
1. 电压变化	58
2. 频率变化	60
3. 温度变化	62
4. 自热影响	64
5. 波形畸变	65
6. 位置倾斜	65
7. 负载波动	66
8. 三相电压不对称	67
9. 相序改变	67
10. 负载不平衡	69
复习思考题	71
第三章 电子式交流电能表	72
第一节 电子式电能表的工作原理	72
1. 原理框图	72
2. 电压电流采样	72
3. 乘法器原理	75
4. 功率/频率变换器 (P/F) 和分频器	82
5. 计度器和光耦合输出电路	86
6. 单片机的基本概念	88
7. 直流稳压电源和备用电池	89
第二节 电子式电能表及其误差特性	91
1. 普通单相电能表	91
2. 单相预付费电能表	94
3. 多费率电能表	95
4. 单相多费率表及其防窃电问题	97
5. 基本误差特性	98
6. 附加误差特性	102
第三节 电子式电能表的寿命与抗电磁干扰	105
1. 电子式电能表的使用寿命	105

2. 电磁干扰源及其危害·····	107
3. 抗电磁干扰的措施·····	108
复习思考题·····	111
第四章 测量用互感器 ·····	113
第一节 电磁式电流互感器 ·····	113
1. 电流互感器的工作原理·····	113
2. 电流互感器的误差特性·····	115
3. 电流互感器误差的补偿方法·····	119
4. 串级电流互感器·····	124
第二节 电磁式电压互感器 ·····	124
1. 双绕组电压互感器的工作原理·····	124
2. 双绕组电压互感器的误差特性·····	125
3. 电压互感器误差的补偿原理·····	128
4. 串级电压互感器·····	130
5. 开口三角形绕组·····	131
第三节 电容式电压互感器 ·····	133
1. 单相电容式电压互感器工作原理·····	134
2. 电容式电压互感器的误差·····	136
3. 影响误差的主要因素·····	137
4. 铁磁谐振·····	139
第四节 特殊结构互感器的基本原理 ·····	140
1. 双级互感器·····	140
2. 零磁通互感器·····	142
3. 特种电流互感器·····	145
4. 特种电压互感器·····	147
第五节 测量用互感器的检定 ·····	148
1. 技术要求·····	148
2. 检定条件·····	150
3. 检定方法·····	151
4. 检定结果的处理·····	156
第六节 互感器的应用 ·····	157
1. 电流互感器主要术语·····	157
2. 保护用互感器·····	159
3. 电流互感器的应用·····	162
4. 电压互感器的应用·····	167

复习思考题	172
第五章 交流电能表的接线	173
第一节 正弦电流电路中的功率	173
1. 三相电路的基本概念	173
2. 单相电路中的功率	176
3. 三相电路中的功率	177
4. 三相电路中的复功率	178
第二节 有功电能表的接线	180
1. 单相有功电能表的接线	180
2. 三相四线有功电能表的接线	181
3. 三相三线有功电能表的接线	183
4. 不平衡的三相负载对有功电能计量有影响吗	186
第三节 无功电能表的接线	190
1. 为什么要测量无功电能	190
2. 四象限无功电能	190
3. 正弦无功电能表	192
4. 三相四线余弦无功电能表	195
5. 三相三线余弦无功电能表	198
6. 用有功电能表如何测量三相三线无功电能	200
7. 书写功率表达式的原则和应考虑的问题	204
复习思考题	205
第六章 交流电能表检定装置	206
第一节 基本技术要求	206
1. 基本功能和结构	206
2. 测量误差和实验标准差	206
3. 标准仪表和功率稳定度	208
4. 监视仪表	210
5. 调节设备	214
6. 导线电压降	214
7. 布线交变磁场	216
8. 电压电流波形畸变因数和参比频率的磁感应强度	216
9. 三相电路的相序和对称条件	217
10. 功率或电能示值位数和显示受检电能表误差的分辨力	217
11. 交流耐压	217

第二节 检定装置的检定	218
1. 确定装置基本误差应满足的参比条件	218
2. 对装置进行检定需用的标准仪表	218
3. 测定装置输出功率稳定度	219
4. 测定电流电压波形畸变因数	221
5. 测定装置导线电压降	222
6. 测定布线交变磁场影响	224
7. 测定装置台体误差和确定装置电压电流回路接地	225
8. 测定装置参比频率的外磁场和三相电压电流的对称度	228
9. 如何确定装置对电能表起动功率和起动电流的测量误差	229
10. 测定装置误差和实验标准差	229
第三节 电子式检定装置	231
1. 基本工作原理	231
2. 主要功能	237
第四节 机电式检定装置	238
1. 主要组成部件	238
2. 机电式三相检定装置电路图	249
复习思考题	252
第七章 交流电能表误差调整方法	254
第一节 误差调整装置	254
1. 满载调整装置	254
2. 轻载调整装置	256
3. 相位调整装置	259
4. 防潜装置	261
5. 平衡调整装置	262
第二节 单相有功电能表误差调整方法	262
1. 调整方法	263
2. 简述疑难问题	263
第三节 三相有功电能表误差调整方法	266
1. 调整方法	268
2. 简述疑难问题	269
第四节 三相无功电能表误差调整方法	271
1. 内相角为 90° 的三相四线无功电能表的调整	271
2. 内相角为 60° 的三相三线无功电能表的调整	273
3. 有附加电流绕组的三相四线无功电能表	276

第五节 电子式交流电能表误差调整方法	277
1. 电子式单相有功电能表的调整	277
2. 电子式三相有功和无功电能表的调整	278
复习思考题	278
第八章 交流电能表的检定	280
第一节 技术要求	280
1. 计量性能要求	280
2. 通用技术要求	289
第二节 检定条件	293
1. 确定电能表基本误差应遵守的参比条件	293
2. 检定装置	299
第三节 检定项目和检定方法	300
1. 检定项目	300
2. 检定方法	300
第四节 检定结果处理和检定（轮换）周期	312
1. 检定结果处理	312
2. 检定（轮换）周期	315
复习思考题	315
第九章 电能计量装置	317
第一节 电能计量装置配置原则	317
1. 对电能计量装置的基本技术要求	317
2. 设置电能计量装置的原则	320
第二节 电能计量装置错误接线及其检查方法	322
1. 电能计量装置的错误接线	322
2. 错误接线检查方法	333
第三节 电能计量装置的现场检验	344
1. 测量用互感器的现场检验	344
2. 测定次级电压线路电压降	348
3. 交能电能表的现场检验	351
4. 实用倍率的计算和电量的抄读	355
5. 电量更正系数和追退电量的计算	356
复习思考题	358
第十章 问题及解答	360
附录 常用三角函数公式	371
参考文献	373

第一章 测量误差和测量不确定度

本章简述有关测量误差和测量不确定度的基本概念,并试图用它解决广大电能计量工作者所关注的一些问题。

第一节 测量误差

1. 测量的重要意义

人类在一切活动中,必须从定性和定量两个方面,才能深刻地认识物质世界和改造物质世界,造福于人类社会。我们说大象是陆地上的最大动物,此处“大象”和“动物”显然不是指“松柏”和“植物”,这就是属于定性认识的问题;大象“最大”不能给出明确的概念,还应指出大象的身高和体重,这就属于定量认识的问题。

人类在日常生活、衣食住行、贸易往来到科学技术的研究和交流,都迫切需要定量认识物质世界,于是必须确定大家公认的“计量单位”(它是有明确定义和名称并命其数值为1的一个固定的量),并用这些单位与同类被测对象相比较,便能得到被测对象的量值。这就产生了测量和计量的科学,测量则是确定被测对象量值的全部操作,而计量则是实现计量单位统一和量值准确可靠的活动。我国将测量和计量工作都纳入法制管理,规定使用法定计量单位,量值必须溯源到国家基准,计量器具经过检定合格才能使用,对依法管理和强制检定的计量器具要进行周期检定,对实验室和检定人员需经计量认证和考核,计量器具的生产或修理应有许可证。

2. 测量的分类

2.1 按获得测量结果的方式分类

(1) 直接测量。它不必测量与被测量有函数关系的其他量,而能直接得到被测量值的测量。例如用电流表测量电流;用电压表测量电压;用电能表测量电能等都属直接测量。

(2) 间接测量。它是指通过测量与被测量有函数关系的其他量,才能得到被测量值的测量。例如通过测量长度确定矩形面积;通过测量电阻确定温度;通过测量电功率和时间(瓦·秒法)来确定电能等,都属间接测量。

(3) 组合测量。它是将测得的一定数目的量值,与一组被测量按若干种不同的函数关系进行组合列出方程组,而后求解方程组得到被测量值的测量。例如,测量标准电阻或标准电池温度系数时就常用这种方法。

2.2 按测量方法分类

可把一切测量归结为直接估计法和比较测量法两大类。

(1) 直接估计法。它是用一只(直接测量时)或几只(间接测量时)测量工具的示值,对被测量值进行估计。例如,用电流表测量电流;通过测量导体电阻、长度和截面积以确定导体电阻率;通过测量电功率和时间来确定电能。

(2) 比较测量法。它是将被测量值与已知其值的量(或量具)所复现的量值进行比较。我们还可以把比较法分成如下几种测量法:

a. 直接比较测量法——将被测量直接与已知其值的量相比较。如用砝码在等臂天平上测量质量。

b. 微差测量法——将被测量与它只有微小差别的已知量相比较,通过测量这两个量值间的差值以确定被测量值。如用误差为1%~2%的互感器校验仪,测量被检互感器与标准互感器次级输出量的差值,因标准互感器误差很小,校验仪误差虽然较大,但它只给差值带来1%~2%的误差,仍然能得到很高的测量准确度。

c. 零位测量法——将被测量与可变量值的标准量相比较,调整标准量的量值并通过具有很高灵敏度的指零仪表(如检流计)指零时来确定被测量值。如用电桥和检流计测量电阻,就是具有较高测量准确度的零位测量法。

d. 替代测量法——将选定已知量值的同种量代替被测量,使其在指示装置上得到相同效应以确定被测量值。

这种方法在替代过程中测量状态若很稳定,则测量装置误差基本上不引入测量结果。因此,当替代量的准确度较高时,测量准确度也会很高。

3. 测量误差

3.1 何谓测量误差

无论测量器具多么完善,测量原理和测量方法如何正确,由于受各种影响量的影响,测量结果都是被测量值的近似值,即与被测量值总是有些差异。因此,测量误差是指测量结果与被测量的真值之差。设测量结果为 X ,真值为 x_0 ,则测量误差

$$\Delta X = X - x_0 \quad (1-1)$$

式中的测量结果可以是一次测量的结果或是多次测量求得的平均值,也可以是未修正结果或是已修正结果。

真值是与给定特定量的定义一致的量值。实际上“真值”是个理想的概念,按其本性是不确定的,常用“约定真值”代替它。约定真值就是约定的被测量之值,随使用的目的不同,通常用下述特定值作为约定真值:

(1) 指定值——例如,国际温标 ITS-90 中所列出的那些固定点;评价加工件误差时对被加工件的规定值(公差、表面粗糙度、硬度,…)。

(2) 最佳估计值——如国际常数委员会(CODATA)所规定的物理常量与常数;对同一被测量在重复条件或复现性条件下,足够多次(如20次以上)重复测量结果的算术平均值。

(3) 约定值——例如真空介电常数 ϵ_0 ;真空磁导率 μ_0 ;市场上公平秤给出的值。

(4) 参考值——就是通常所说的“实际值”,它是由较高准确度等级的计量器具所确定的值。例如,检定1级电能表所用的0.2级标准电能表测得的电能值作为实际值;检定0.2级电能表所用的0.05级标准电能表测得的电能值才能作为实际值,所以实际值是个相对的概念。

3.2 测量误差的分类

测量误差按其出现的特点,可分为系统误差和随机误差。

(1) 系统误差。在重复性条件下,对同一被测量进行无限多次测量所得测量结果的平均值与被测量的真值之差称为系统误差。它与重复条件下得到的不同测量结果无关,而不同测量结果应该具有相同的系统误差。

由于系统误差与真值有关,而真值是无法确切知道的,只能用约定真值代替,因此可能得到的只是系统误差的估计值,并具有一定的不确定度。

不宜再将系统误差分成已定系统误差和未定系统误差。未定系统误差其实是不存在的,从本质上来说,它不是误差而是不确定度。

(2) 随机误差。测量结果与在重复性条件下,对同一被测量进行无限多次测量所得结果的平均值之差称为随机误差。在重复性条件下得到不同测量结果中具有不同的随机误差,但有相同的系统误差。

随机误差一般来源于影响量的随机变化,故称之为“随机效应”,它导致了测量结果的分散性。因此,就单个测量结果而言,其随机误差的符号和绝对值是不可预知的,但就总体而言,随机误差服从正态分布,具有统计规律性。因而在无限多次测量结果的平均值中,不含有随机误差分量而只有系统误差。但是,实际上不可能进行无限多次重复测量,只进行有限次测量,故在测量结果的平均值中都有系统误差和随机误差。因此,能够确定的只是系统误差和随机误差的估计值。

按照定义,测量误差、系统误差和随机误差,都是两个量的差值而不是“区间”,要用代数相加的方法合成各项误差,因此

$$\text{测量误差} = \text{系统误差} + \text{随机误差}$$

$$\text{测量结果} = \text{真值} + \text{系统误差} + \text{随机误差}$$

按照测量误差的定义,曾经所说的粗大误差不属测量误差。粗大误差是指显著超出规定条件下预期的误差,它是统计的异常值,应当舍去。错误的读数和操作,测量仪器不正常,受突然的声、光、电和磁的干扰及机械振动,则是产生粗大误差的主要原因。粗大误差不能定量的描述,也不能成为测量不确定度的分量。在计算测量结果和进行测量不确定度评定之前,要剔除粗大误差的规则,剔除测量结果中的异常值。除了非常明显的个别最大或最小的测得值外,不能凭主观意愿而随便舍去某些测得值。

3.3 测量误差的表示方法

常用绝对误差和相对误差表示测量误差。

(1) 绝对误差

前面用式(1-1)表示的测量误差就是绝对误差 ΔX 。若测量结果 X 大于约定真值 x_0 ,误差为正($\Delta X > 0$);若 X 小于 x_0 ,误差为负($\Delta X < 0$)。所以,绝对误差是有单位和有正号或负号的量值。计算绝对误差时,一定要注意下述情况:

——要把约定真值放在减数位置;

——不能把多次重复测量中任何两次读数之差当作误差;

——不要把绝对误差和误差的绝对值相混淆。误差绝对值 $|\Delta X| = |X - x_0|$,没有正负号;

——不要和计量器具的偏差相混淆。偏差是指计量器具实际值与标称值之差值,如标准电阻的标称值是 200Ω ,而实际值是 200.03Ω ,则其偏差是 $200.03 - 200 = 0.03\Omega$ 。

——不能把绝对误差同修正值相混淆。修正值或称更正值 C ,它跟绝对误差的符号相反而与偏差的符号相同,即 $C = -\Delta X = x_0 - X$,用来与未修正测量结果代数相加,以补偿系统误差。由于修正值等于系统误差的负值,其确切值不能知道,修正后只能减少而不能消除测量结果中的系统误差。

有时还使用修正因数或更正系数 G_x ,它等于约定真值 x_0 与测量结果 X 之比,即

$$G_x = \frac{x_0}{X} \quad (1-2)$$

例如,电能表在错误接线期间测得的电量 $X=300\text{kWh}$,已知电量更正系数 $G_x=1.2$,则在错误接线期间用户实际消耗的电量 $x_0=1.2\times 300=360\text{kWh}$ 。

当用不同的方法测量同一被测量时,用绝对误差能评定测量方法的优劣,但对不同的被测量,就不能用绝对误差评定测量结果。例如对 100kWh 的电量测得的误差 $\Delta X=5\text{kWh}$,但对 10kWh 电量测得的误差 $\Delta X=1.5\text{kWh}$,我们绝对不能说后者比前者测得更准确。这时要用相对误差评定测量结果的准确度。

(2) 相对误差

相对误差 $\gamma(\%)$ 等于绝对误差 ΔX 与约定真值 x_0 的百分比,即

$$\gamma = \frac{\Delta X}{x_0} \times 100 = \frac{X - x_0}{x_0} \times 100, (\%) \quad (1-3)$$

由此可见, $\gamma(\%)$ 有正号或负号,但无量纲(单位)。当测量误差不超过 2.0% 时,可用测量结果 X 代替式(1-3)中的分母 x_0 ,即得所谓示值相对误差,即

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X} \times 100 = \frac{X - x_0}{X} \times 100, (\%) \quad (1-4)$$

显然,用 $0.001\sim 2$ 级计量器具测量时,我们可用式(1-3)或式(1-4)所示的相对误差表示测量准确度。

相对误差除了用百分数表示外,还可用科学计数法表示,如 $\gamma=0.5\%$ 可写成 $\gamma=5\times 10^{-3}$ 。

4. 计量器具误差

4.1 计量器具准确度等级

可单独地或与辅助设备一起,用以直接或间接确定被测对象量值的器具或装置称为计量器具。一般可把它分为实物量具、计量仪器、计量装置和用于统一量值的标准物质,按其在检定系统中的位置可分为计量基准、计量标准和工作计量器具。

计量器具的标称值或示值与被测量的约定真值之差,称为计量器具误差。符合一定的计量要求,使其误差保持在规定极限以内的计量器具的等别或级别,称为计量器具的准确度等级。

等别是根据扩展不确定度确定的,表明测出的实际值的扩展不确定度档次。所谓按等使用,是指按该等计量器具检定证书内给出的实际值使用。这时系统误差最大的可能值为实际值的扩展不确定度。

级别是根据示值误差确定的,表明示值误差的档次。所谓按级使用,是指按该计量器具的标称值使用。这时系统误差最大的可能值为该级的标称值偏离其实际值的允许误差。

给出的等别与级别,能反映计量器具计量学性能的总水平,但是不能用它直接表示该计量器具的测量准确度,因为还有其他因素影响测量结果。

4.2 计量器具误差的种类

按产生误差的条件,可将计量器具误差分为基本误差、附加误差和工作误差。

(1) 基本误差。它是计量器具在参比条件(或称标准条件、参考条件)下所具有的误差。计量检定规程对计量器具规定的基本误差限(允许的基本误差最大值)是量值传递的主要技术指标,计量器具的等级指数通常是按基本误差限确定的,有些则按误差稳定性确定准确度等级。

(2) 附加误差。它是计量器具在非参比条件下所增加的误差,或者说,由一个影响量偏离参比条件时,计量器具所具有的误差与基本误差之差值称为附加误差。检定仪表时一定要把

各影响量控制在允许限度内,测得的基本误差才有足够的可比性。

工作计量器具和某些标准计量器具,在其标准中除了规定基本误差限外,还对各级计量器具在其额定工作条件范围内,规定了某一影响量引起的附加误差限。例如,当环境温度改变 10°C 时,对2级电能表规定的允许温度附加误差为 1.0% ($\cos\varphi=1$)和 1.5% ($\cos\varphi=0.5L$)。

(3) 工作误差。它是计量仪表在额定工作条件下的基本误差和附加误差的总和值,往往还包括非线性误差和随时间而变化的误差。因此,工作误差限应大于基本误差限,可是现有的计量仪表标准尚未规定出切实可行的工作误差允许值。例如,2级电能表在安装现场工作时,由于受到诸如电压、温度、外界电磁场和工作年限等许多因素影响,根据具体情况,只能估计出电能表工作误差的大致范围。多年来,人们用标准电能表在现场对电能表进行实负荷检验,按基本误差限来确定电能表的工作误差是否合格。这种情况是否符合情理,尚需进一步试验研究与统计分析。

4.3 计量器具允许误差表示方法

计量器具的允许误差,通常是指允许的基本误差最大值(简称基本误差限),关于附加误差和其他计量性能,在相关标准中则有明确规定。所以,允许误差的表示方法,是针对基本误差来说的。

(1) 用绝对误差表示允许误差

如果计量器具的允许误差不随被测量的大小改变,其绝对误差

$$\Delta = a \quad (1-5)$$

其中 a 是以被测量的单位所表示的常数, a 前面可加“±”,表示允许误差为正值或负值。

如果计量器具的允许误差随被测量 x 大小呈线性关系变化,其绝对误差

$$\Delta = a + bx \quad (1-6)$$

其中 a 是一常量(有单位), b 是常数。

例如,数字电压表的绝对误差

$$\Delta = a\%U_x + b\%U_m$$

或

$$\Delta = a\%U_x + n$$

其中 U_x 是被测量; U_m 是测量上限; n 是允许字数; a 和 b 都是常数,并以 a 表示准确度等级指数(或称等级指标)。

(2) 用相对误差表示允许误差

如果相对误差的允许值不随被测量大小改变,相对误差等于允许的绝对误差 Δ 与输入量的约定真值 x_0 的百分比,即

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_0} \times 100, (\%)$$

或

$$\gamma = \frac{X - x_0}{x_0} \times 100 \approx \frac{X - x_0}{X} \times 100, (\%) \quad (1-7)$$

式中 X ——计量器具的标称值、额定值、示值或测得值;

x_0 ——与 X 相对应的输入量的约定真值。

例如,测量用互感器的基本误差

$$\gamma = \frac{K_N - K}{K} \times 100, (\%)$$