



全国电力技能人员培训用书

全国电力继续教育规划教材

电能计量与装表接电

全国电力继续教育规划教材编委会 组 编
李国胜 祝红伟 主 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



全国电力技能人员培训用书

全国电力继续教育规划教材

电能计量与装表接电

全国电力继续教育规划教材编委会 组 编
李国胜 祝红伟 主 编
余念群 张 纲 王春光 李 录
王璐华 王 志 杨宗剑 吴龙清 编 写
李宇牧 张 梦 许汉鸿



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为全国电力继续教育规划教材。

本书核心内容有电能计量装置及其选择与配置、安装与验收、检查分析、现场检测方法,阐明了智能电能表的主要功能、检定要求、故障处理办法和显示与识读,同时详细介绍了信息采集系统的结构和功能、数据分析与应用以及常见故障分析与处理。

本书可作为电能计量及装表接电、电能表修校及电力营销专业技术人员或技能人才、在校或新入职大学毕业生、员工转岗或轮岗适应性提升实际工作水平用书和上岗前培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电能计量与装表接电 / 李国胜, 祝红伟主编; 全国电力继续教育规划教材编委会组编. —北京: 中国电力出版社, 2013.8

全国电力继续教育规划教材

ISBN 978-7-5123-4687-1

I. ①电… II. ①李… ②祝… ③全… III. ①电能计量—继续教育—教材②电度表—安装—继续教育—教材 IV. ①TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 155383 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 8 月第一版 2013 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21 印张 513 千字

定价 48.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

全国电力继续教育规划教材编委会

主 任 赵建国

副主任 张薛鸿 刘广峰 陶 明 文海荣 董传敏 朱光辉
张炯明 辛志杰 陈明祥 罗福书 赵文建 赵 斌
杨建华 张全元 李洪波

秘书长 刘克兴

委 员 王立新 陈华贵 丁树文 章志刚 黄益华 李吉鹏
张红飞 罗红星 余建华 李建华 赵连政 李晓峰
高虹亮 马振良 王志平 时伟光 肖艳萍 郭 敏
徐 明 郜勇琴 王 宇 黄院臣 贺令辉 陈力耕
宋志明 霍永红 谢伟宏 孟应平 张永健 席晋鹏
常 湧 杨 龙 常 勇 周孝法 宋守信 王天君
李国胜 祝红伟

(排名不分先后)

出版说明

为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010—2020)的精神,满足电力行业产业发展对高级管理人才、高技术技能型人才的需要,在中国电力企业联合会、国家电网公司的领导下,由中国电力出版社组织电力企业的资深专家、电力院校的知名教授、高级培训师,成立了全国电力继续教育规划教材编委会,启动了2010—2020年全国电力继续教育规划教材建设工作。通过统筹规划、专题研讨、集思广益、交流合作,经过两年时间的努力,完成了本套教材的编写工作。本套教材主要有以下特点:

(1)在内容设计上,以尽快培养宽口径复合型、技能型人才为原则,以使受训者拓宽、加深专业知识,了解技术与管理中的前沿内容,提升企业管理理念和技能;以专业理论为基础,国家专业技术规程、规范、标准为依据。涵盖电力专业技术、企业管理与执行、企业文化与团队建设、企业安全管理与监控等内容;突出新技术、新设备、新工艺、新方法,采用来自生产现场的第一手资料,并以理论与实践1:1的构架,形成了完整独特的培训教材体系。

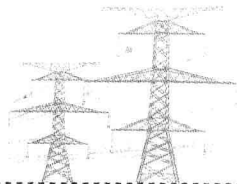
(2)在编写方式上,坚持少而精的原则,立足当前,着眼未来,内容的取舍取决于高技术技能型人才培养现在与未来的实际需求。做到结构清晰、重点突出,语言精炼、术语规范和标准化。教材以章节进行划分,每节按内容的走向分段落,每个段落形成一个版块,包括教学目标、任务准备、操作过程、技术标准、安全防范等环节,以便实现“教、学、做”一体化的传授模式。

(3)在传授的特点上,本套教材具有知识的系统性、连贯性、针对性;机能的实用性和可操作性等,由浅入深,从理论到实际地进行叙述,因此是电力企业高技术技能型人才继续教育、转岗、轮岗和新入职大学毕业生上岗培训首选的教科书,也是非电类专业优选的课外读物,是在职员工拓展专业知识、提升专业技术水平中具有指导性的培训教材,也是管理者继续教育不可缺少的参考资料。

本套教材的出版是贯彻落实国家人才队伍建设总体战略,实现电力企业高端管理和技能型人才培养的重要举措;是加快电力企业培训改革创新,全面提高培训质量的具体实践,必将对电力“一强三优”、“一特四大”、“三集五大”步伐起到积极的推动作用。

希望读者在使用这套教材的同时,能将教材中出现的不足和问题反馈给我们,以便进行完善和修订。

全国电力继续教育规划教材编委会



前言

一本好的培训教材,对培训活动而言,可起到事半功倍的效果。故创造性地开发教材,是达成培训目标的坚实基础和重要保障。

本书主要根据《中华人民共和国计量法》、DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》和 DL/T 825—2002《电能计量装置安装接线规则》以及电力营销工作,特别是电能计量及装表接电的工作实际编写而成。

本书内容包括电能计量及装表接电工作的基础知识,电能计量装置及其安装与验收、接线检查分析、现场检测,智能电网及智能电能表,用电信息采集系统的建设与应用。

本书在充分调查研究的基础上,以本专业工种岗位需要为立足点,涵盖了该岗位人员所需的核心技能和必备知识,摒弃了一些过时和用之不多的知识,充分考虑了各地专家的修改建议和大纲审查专家组的意见,不刻意追求知识体系的完备。本书具有较强的实用性、可操作性和针对性,方便拓展专业知识、提升专业素质,提高职业技能水平。本书在以下方面颇具特色。

(1) 关于智能电能表。智能电能表的有关章节编写了最新常用的智能电能表的基本知识和主要功能及检定、常见故障及处理方法、显示与识读。通过对这部分内容的学习,读者可以了解智能电能表的型号、工作原理以及常用功能,并从相关图片中了解常见单相和三相智能电能表,关注居民热点话题:目前使用的费控智能电能表是如何实现分时扣费、阶梯扣费、预购电量和预付电费的。本书列举了现场使用智能电能表的常见故障和处理方法以及智能电能表的显示代码含义,使读者能够较为全面地了解智能电能表,与生产现场完全接轨。

(2) 关于用电信息采集系统的建设与应用。用电信息采集系统是对电力用户的用电信息进行采集、处理和实时监控的基础平台,是智能用电的重要支撑,是建设统一坚强智能电网的重要组成部分。这部分介绍了用电信息采集系统的基础知识和相关应用,主要内容有采集系统的结构与功能、数据的分析与应用,以及常见故障的分析与处理。这部分内容急现场工作人员之所急,非常实用,完全贴近现场,有些内容甚至适度超前于现场。

(3) 关于电量的退补。电量的退补涉及了多功能电能表发生故障和错误接线时如何进行电量的退与补问题,既满足了现场人员工作的需要,又解决了经济指标的完成;电量的退补方法多样且切实可行,电量的退补公式有新的突破,符合误差理论和现场人员的思维和工作习惯,让现场工作人员工作起来得心应手,让电能计量管理者放心。

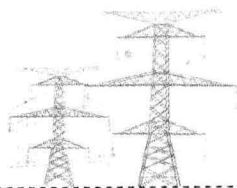
本书按照章节顺序依次由张纲、李录、杨宗剑、吴龙清、祝红伟、王志、李宇牧、王璐

华、余念群、张梦、王春光编写，许汉鸿参与了部分章节的修改并提供了一些现场重要资料，李国胜编写了部分章节内容李国胜和祝红伟对全书进行了统稿。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏或不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 2 月



目 录

出版说明

前言

第一章 基础知识	1
第一节 常用电气计算	1
第二节 常用工具仪表	12
第三节 高低压电器	36
第四节 电气识图	43
第五节 电能计量管理工作	62
第六节 电能计量工作法规	65
思考与练习题	72
第二章 电能计量装置	74
第一节 电能计量基本知识	74
第二节 电子式电能表	81
第三节 预付费电能表	88
第四节 计量用互感器	93
第五节 计量二次回路	103
第六节 电能计量柜	106
思考与练习题	108
第三章 电能计量装置安装与验收	109
第一节 电能计量装置的配置	109
第二节 低压电能计量装置的安装施工	114
第三节 高压电能计量装置的安装施工	120
第四节 高、低压电能计量装置的检查验收	127
第五节 电能计量装置的带电更换	129
第六节 低压用电信息采集系统的施工作业	133
第七节 电能计量技术管理	139
思考与练习题	181
第四章 电能计量装置接线检查分析	182
第一节 单相电能计量装置的接线检查分析	182

第二节 三相四线电能计量装置的接线检查分析	184
第三节 三相三线电能计量装置的接线检查分析	192
第四节 电量的退与补	198
思考与练习题	210
第五章 电能计量装置的现场检测	212
第一节 电能表现场实负荷（在线）检验	212
第二节 电流互感器现场检验	218
第三节 电磁式电压互感器现场检验	223
第四节 电压互感器二次回路压降测试	227
第五节 电流互感器二次负荷测试	232
第六节 常用现场校验设备简介	234
思考与练习题	242
第六章 智能电网及智能电能表	243
第一节 智能电网	243
第二节 智能电能表基础知识	247
第三节 智能电能表的功能	259
第四节 智能电能表的检定	264
第五节 智能电能表常见故障及处理方法	272
第六节 智能电能表的常用术语和定义	276
第七节 智能电能表的显示	277
思考与练习题	285
第七章 用电信息采集系统的建设与应用	286
第一节 用电信息采集系统简介	286
第二节 用电信息采集系统结构	289
第三节 用电信息采集系统功能	296
第四节 用电信息采集终端	302
第五节 数据分析与应用	314
第六节 常见故障分析与处理	318
思考与练习题	324
参考文献	325

第一章 基础知识



【本章主要内容】

本章主要介绍了电能计量和装表接电工作中常用的电气计算,常用的电工工具和仪器仪表的使用,与电能计量工作相关的常用高低压电器,电气图用图形符号和电气设备用图形符号、变电站主接线图和二次回路图的基本识图方法,简单介绍了与电能计量管理工作和电能计量工作相关的法律法规。

第一节 常用电气计算

一、常用计算公式

(一) 基本计算公式

1. 电流强度

$$I=Q/t$$

式中: I 为电流, A; Q 为电量, C; t 为时间, s。

2. 电阻

$$R=\rho L/S$$

式中: R 为电阻, Ω ; ρ 为电阻率, $\Omega\cdot\text{m}$; L 为导线长度, m; S 为导线截面积, m^2 。

3. 欧姆定律

$$I=U/R; U=RI; R=U/I$$

4. 功率

(1) 纯直流电路, 有

$$P=UI=I^2R=U^2/R$$

式中: P 为功率, W; U 为电压, V; I 为电流, A; R 为电阻, Ω 。

(2) 三相电阻类电功率。在三相对称电路中, 有

$$P=3U_{\text{PH}}I_{\text{PH}}=\sqrt{3}U_{\text{L}}I_{\text{L}}$$

式中: U_{L} 为线电压, V; I_{L} 为线电流, A; U_{PH} 为相电压, V; I_{PH} 为相电流, A。

(3) 在单相交流电路中, 有

$$P=UI\cos\varphi$$

式中: $\cos\varphi$ 为功率因数。

(4) 在三相对称交流电路中, 有

$$P=3U_{\text{PH}}I_{\text{PH}}\cos\varphi=\sqrt{3}U_{\text{L}}I_{\text{L}}\cos\varphi$$

5. 电功 (电能)

$$A=Pt=UIt$$

式中: A 为电能, J。

6. 电热

$$Q=I^2Rt=UIt=Pt$$

式中: Q 为电热, J; U 为电压, V; I 为电流, A; R 为电阻, Ω ; P 为功率, W; t 为时间, s。

(二) 串联电路中电流和电压的关系式

下面以两个电阻 R_1 、 R_2 串联为例。

(1) 电流关系为

$$I=I_1=I_2 \text{ (电路各处的电流相同且相等)}$$

(2) 电压关系为

$$U=U_1+U_2 \text{ (总电压等于各分电压之和)}$$

(3) 电阻关系为

$$R=R_1+R_2 \text{ (总电阻等于各分电阻之和)}$$

如果 n 个阻值相同的电阻 R_0 串联, 那么 $R=nR_0$ 。

(4) 分压公式为

$$U_1/U_2=R_1/R_2$$

(三) 并联电路中电流和电压的关系式

设两个电阻 R_1 、 R_2 并联, 其电压、电流分别为 U_1 、 U_2 , I_1 、 I_2 , 并联后总电阻为 R 。

(1) 电流关系为

$$I=I_1+I_2 \text{ (总电流等于各分电流之和)}$$

(2) 电压关系为

$$U=U_1=U_2 \text{ (总电压与各分电压相同且相等)}$$

(3) 电阻关系为

$$1/R=1/R_1+1/R_2 \text{ (总电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和)}$$

如果 n 个阻值相同的电阻 R_0 并联, 则有 $R=R_0/n$ 。

(4) 分流公式为

$$I_1/I_2=R_2/R_1$$

二、实用电气计算

(一) 配电变压器高、低压侧额定电流和负荷电流计算

1. 计算变压器高、低压侧的额定电流

计算公式为

$$I_N=\frac{S}{\sqrt{3}U_N}$$

式中: S 为变压器额定容量, kVA; U_N 为配电变压器高(或低)压侧额定电压, kV。

2. 计算变压器高、低压侧的负荷电流

计算公式为

$$I=\frac{P}{\sqrt{3}U\cos\varphi}$$

式中: P 为变压器实际负荷, kW; U 为配电变压器高(或低)压侧电压, kV; $\cos\varphi$ 为配电变压器高(或低)压侧功率因数。

【例 1-1】 某电力用户额定电压比为 10kV/0.4kV, 主变压器容量为 6300kVA, 而实际负荷指标为 2000kW, 高、低压侧功率因数均为 0.9, 变压器效率为 0.95, 试求该用户高、低压

侧额定电流和实际负荷电流分别为多少?

解: $S=6300\text{kVA}$; $P_1=2000\text{kW}$; $U_1=10\text{kV}$; $\cos\varphi=0.9$; $\eta=0.95$

(1) 变压器高、低压侧的额定电流分别为

$$I_{1N} = \frac{S}{\sqrt{3}U_{1N}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \times 10} = 363.74(\text{A})$$

$$I_{2N} = \frac{S}{\sqrt{3}U_{2N}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \times 0.4} = 9093.53(\text{A})$$

(2) 变压器高、低压侧的负荷电流分别为

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3}U_{1N} \cos\varphi_1} = \frac{2000}{\sqrt{3} \times 10 \times 0.9} = 128.30(\text{A})$$

$$I_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3}U_{2N} \cos\varphi_2} = \frac{P_1\eta}{\sqrt{3}U_{2N} \cos\varphi_2} = \frac{2000 \times 0.95}{\sqrt{3} \times 0.4 \times 0.9} = 3047.22(\text{A})$$

答: 变压器高、低压侧的额定电流分别为 363.74A 和 9093.53A; 变压器高、低压侧的负荷电流分别为 128.30A 和 3047.22A。

(二) 简单居民用户用电量和电费计算

1. 用户用电量计算

$$A=PT$$

式中: P 为功率, kW; T 为用电时间, h。

2. 用户电费计算

$$\text{电费} = \text{用电量} \times \text{电价}$$

【例 1-2】 某电力用户有两盏 60W 灯泡, 每天使用 3h; 1 台电视机, 功率为 60W, 平均每天收看 2h; 1 台电冰箱, 平均每天耗电 1.1kWh。若按 0.44 元/kWh 估算, 该用户每月 (按 30 天算) 需交电费多少元?

解: 设灯泡每天消耗的电能 of A_1 , 则

$$A_1 = 2 \times 60\text{W} \times 3\text{h} = 360\text{Wh} = 0.36\text{kWh}$$

设电视机每天消耗的电能 of A_2 , 则

$$A_2 = 1 \times 60\text{W} \times 2\text{h} = 120\text{Wh} = 0.12\text{kWh}$$

设电冰箱每天消耗的电能 of A_3 , 则该用户每天消耗的电能 A 为

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = 0.36 + 0.12 + 1.1 = 1.58(\text{kWh})$$

设每月应交电费为 y , 则

$$y = A \times 30 \times 0.44 = 1.58 \times 30 \times 0.44 = 20.856(\text{元})$$

答: 该住户每月使用电量 1.58 kWh, 需交电费 20.856 元。

(三) 功率因数计算

功率因数计算公式为

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{UI}$$

【例 1-3】 有一台单相电动机, 输入功率为 1.11kW, 电流为 10A, 电压为 220V。求:

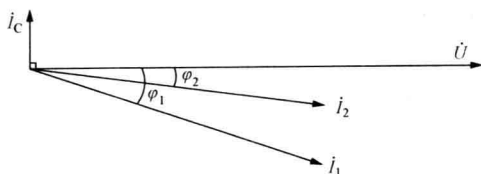
(1) 此电动机的功率因数;

(2) 并联电容 100μF, 总电流为多少? 功率因数提高到多少?

解: (1) 电动机的功率因数为

$$\lambda_1 = \cos \varphi_1 = \frac{P_1}{UI_1} = \frac{1.11 \times 10^3}{220 \times 10} = 0.5$$

(2) 电容电流



$$X_C = 1/\omega C = 1/2\pi f C$$

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \omega C U = 314 \times 100 \times 10^{-6} \times 220 = 6.9(\text{A})$$

电动机提高功率因数的相量分析图如图 1-1 所示。

并联电容器后总电流的水平分量仍等于电动机电流的水平分量，即

$$I_x = I_2 \cos \varphi_2 = I_1 \cos \varphi_1 = 10 \times 0.5 = 5(\text{A})$$

图 1-1 电动机提高功率因数的相量分析图

总电流的垂直分量为

$$I_y = I_2 \sin \varphi_2 = I_1 \sin \varphi_1 - I_C = 10 \sin 60^\circ - 6.9 = 1.76(\text{A})$$

因此有

$$I_2 = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} = \sqrt{5^2 + 1.76^2} = 5.3(\text{A})$$

(3) 并联以后，功率因数为

$$\lambda_2 = \cos \varphi_2 = \frac{5}{5.3} = 0.94$$

答：该电动机功率因数为 0.5；并联 100μF 电容时，总电流为 5.3A，功率因数提高到 0.94。

(四) 用户家用电器损坏赔偿计算

《居民用户家用电器损坏处理办法》部分条款如下：

第七条 从家用电器损坏之日起七日内，受害居民用户未向供电企业投诉并提出索赔要求的，即视为受害者已自动放弃索赔权。超过七日的，供电企业不再负责其赔偿。

第八条 损坏的家用电器经供电企业指定的或双方认可的检修单位检定，认为可以修复的，按本办法第九条规定处理；认为不可修复的，按本办法第十条规定处理。

第九条 对损坏家用电器的修复，供电企业承担被损坏元件的修复责任。修复时应尽可能以原型号、规格的新元件修复；无原型号规格的新元件可供修复时，可采用相同功能的新元件替代。修复所发生的元件购置费、检测费、修理费均由供电企业负担。

不属于责任损坏或未损坏的元件，受害居民用户也要求更换时，所发生的元件购置费与修理费应由提出要求者负担。

第十条 对不可修复的家用电器，其购买时间在六个月及以内的，按原购货发票价，供电企业全额予以赔偿；购置时间在六个月以上的，按原购货发票价，并按本规定第十二条规定的使用寿命折旧后的余额，予以赔偿。使用年限已超过本规定第十二条规定仍在使用的，或者折旧后的差额低于原价 10% 的，按原价的 10% 予以赔偿。使用时间以发货票开具的日期为准开始计算。

对无法提供购货发票的，应由受害居民用户负责举证，经供电企业核查无误后，以证明出具的购置日期时的国家定价为准，按前款规定清偿。

以外币购置的家用电器，按购置时国家外汇牌价折人民币计算其购置价，以人民币进行清偿。清偿后，损坏的家用电器归属供电企业所有。

第十一条 在理赔处理中，供电企业与受害居民用户因赔偿问题达不成协议的，由县级

以上电力管理部门调解，调解不成的，可向司法机关申请裁定。

第十二条 各类家用电器的平均使用年限为：

电子类：如电视机、音响、录像机、充电器等，使用寿命为 10 年；

电机类：如电冰箱、空调器、洗衣机、电风扇、吸尘器等，使用寿命为 12 年；

电阻电热类：如电饭煲、电热水器、电茶壶、电炒锅等，使用寿命为 5 年；

电光源类：如白炽灯、气体放电灯、调光灯等，使用寿命为两年。

第十三条 供电企业对居民用户家用电器损坏所支付的修理费用或赔偿费，由供电生产成本中列支。

【例 1-4】 3 月 1 日，某供电企业责任电力运行事故，导致居民用户赵某、钱某、孙某家中部分电器损坏，赵某和钱某于 3 月 2 日向供电企业提出索赔申请，孙某于 3 月 10 日向供电企业提出索赔申请，经调查，损坏电器均已不可修复。根据客户出具的发票显示，赵某家电视机 3000 元，购买 5 年；钱某家电冰箱 2500 元，购买 6 年；孙某家电饭煲 300 元，购买 6 年。请依据《居民用户家用电器损坏处理办法》相关规定，计算供电企业合计赔偿金为多少元。

解：(1) 根据《居民用户家用电器损坏处理办法》第七条。赵家事发 1 日，及时投诉，应赔偿。

根据《居民用户家用电器损坏处理办法》第十二条，电视机使用寿命为 10 年；赵家电视机 3000 元，购买 5 年，折旧 5/10。供电企业应赔偿赵家人民币

$$3000 \times (1 - 5/10) = 1500 \text{ 元}$$

(2) 根据《居民用户家用电器损坏处理办法》第七条，钱家事发 1 日，及时投诉，应赔偿。根据《居民用户家用电器损坏处理办法》第十二条，电冰箱使用寿命为 12 年；钱家电冰箱 2500 元，购买 6 年，折旧 6/12。供电企业应赔偿钱家人民币

$$2500 \times (1 - 6/12) = 1250 \text{ 元}$$

(3) 孙家：因供电部门在事发 7 日内未收到孙家投诉，视为放弃索赔权，不予赔偿。

(五) 低压用户三相四线电能计量装置电流互感器变比差错退补电量计算

(1) 低压用户三相四线电能计量装置正确计量功率为

$$P_0 = 3UI \cos \varphi$$

(2) 低压用户三相四线电能计量装置一相电流互感器电流比差错计量功率为

$$P_x = \frac{\text{TA 正确电流比}}{\text{TA 错误电流比}} UI \cos \varphi + 2UI \cos \varphi$$

(3) 更正系数为

$$K = \frac{\text{正确功率 } P_0}{\text{错误功率 } P_x} = \frac{\text{正确电量 } A_0}{\text{错误电量 } A_x}$$

(4) 退补电量为

$$\Delta A = A_x (1 - K)$$

$\Delta A < 0$ 时，电能计量装置少计电量，应要求用户补电量； $\Delta A > 0$ 时，电能计量装置多计电量，应向用户退电量。

【例 1-5】 某三相低压动力用户安装的是三相四线电能表，应配置 300A/5A 的计量 TA，可装表人员误将 U 相安装成 600A/5A 的计量 TA，若已抄回的电量为 20 万 kWh，试计算应追补的电量。

解: $P_0 = 3UI \cos \varphi$

$$P_x = \frac{300/5}{600/5} UI \cos \varphi + 2UI \cos \varphi = \frac{5}{2} UI \cos \varphi$$

$$K = \frac{P_0}{P_x} = \frac{3UI \cos \varphi}{\frac{5}{2} UI \cos \varphi} = \frac{6}{5}$$

$$\begin{aligned} \Delta A &= A_x (1 - K) \\ &= 20 \left(1 - \frac{6}{5} \right) = -4 \text{ 万 kWh} \end{aligned}$$

答: 客户应补电量 4 万 kWh。

(六) 用户电能表误差超差电量退补计算

根据《供电营业规则》: 互感器或电能表误差超出允许范围时, 以“0”误差为基准, 按验证后的误差值退补电量。退补时间从上次校验或换装后投入之日起至误差更正之日止的二分之一时间计算。

因计量装置误差超过范围时的退补电量计算公式为

$$\text{退补电量} \quad \Delta A = \frac{\gamma \times \text{实计电量} A_x}{1 + \gamma} K_j$$

$$\Delta A = \frac{\gamma A_x}{1 + \gamma} K_j$$

$$\text{应计电量} \quad A_0 = \frac{\text{实计电量} A_x}{1 + \gamma} K_j$$

式中: γ 为相对误差, $\gamma = \frac{A_x - A_0}{A_0} \times 100\%$; A_x 为在同一时段内的实计电量, 即抄见电量; K_j

为电能表的计费倍率, 通常 $K_j = K_I K_U$ (K_I 、 K_U 分别是 TA、TV 的电流比、电压比)。

如果 $\gamma > 0$, 表示电能表多计, 那么应退电量; 如果 $\gamma < 0$, 表示电能表少计, 那么应补电量。

【例 1-6】 某用户电能表经校验快 5%, 抄见电量 21000kWh, 问应退补多少电量? 实际应收多少电量?

解: 根据《供电营业规则》第八十条第 1 款规定: 电能表超差或非人为因素致计量不准, 按投入之日起至误差更正之日止的二分之一时间计算退补电量。

实际应收电量 A_0 为

$$A_0 = \frac{A_x}{1 + \gamma} = \frac{2100}{1 + 5\%} = 20000(\text{kWh})$$

应退电量为

$$\Delta A = A_x - A_0 = 21000 - 20000 = 1000(\text{kWh})$$

实际应退电量为 $1000/2 \text{ kWh} = 500 \text{ kWh}$

答: 实际应收电量 20000kWh, 按规定实际应退电量 500kWh。

【例 1-7】 某用户电能表经供电企业计量检定部门校验, 发现慢 10% (非人为因素所致), 已知该用户电能表自换表之日起至发现之日止, 表计电量为 90000kWh。问应追补电量多少?

解: 假设该用户正确计量电量为 A_0 , 则有

$$A_0 = \frac{A_x}{1+\gamma} = \frac{90000}{1-10\%} = 100000(\text{kWh})$$

根据《供电营业规则》第八十条第1款规定：电能表超差或非人为因素致计量不准，按投入之日起至误差更正之日止的二分之一时间计算退补电量，则

$$\text{实际应追补电量} = 1/2 \times (100000 - 90000) = 5000(\text{kWh})$$

答：应向用户追回电量 5000kWh。

(七) 用户计费倍率计算

电能表的计费倍率为 $K_j = K_I K_U$ (K_I 、 K_U 分别是 TA、TV 的电流比、电压比)。

【例 1-8】 某 10kV 电力用户在高压侧用三相电能表计量收费，已知该用户装配的电流互感器变比为 30A/5A，电压互感器电压比为 10000V/100V，求该用户的计费倍率为多少。

$$\text{解：计费倍率 } K_j = K_I K_U = \frac{30}{5} \times \frac{10000}{100} = 600$$

答：该用户的计费倍率为 600 倍。

(八) 电能表容量计算

根据 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》，电能计量装置的配置原则为：经电流互感器接入的电能表，其标定电流宜不超过电流互感器额定二次电流的 30%，其额定最大电流应为电流互感器额定二次电流的 120% 左右。直接接入式电能表的标定电流应按正常运行负荷电流的 30% 左右进行选择。

【例 1-9】 某居民用户装有 40W 照明灯 4 盏，75W 电视机一台，165W 冰箱一台，45W 影碟机一台，65W 电风扇一台，2500W 电热水器一台，1000W 空调机一台，该用户想装设分表，请你帮助选择一块合适的电能表。(综合功率因数取 0.85)

解：计算出该用户的总负荷

$$P = 4 \times 40 + 75 + 165 + 45 + 65 + 2500 + 1000 = 4010(\text{W})$$

计算负荷为

$$P_c = KP = 0.8 \times 4010 = 3208(\text{W}) \quad (K \text{ 为需用系数, 取 } 0.8)$$

计算负荷电流为

$$I_c = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{3208}{220 \times 0.85} = 17.2(\text{A})$$

$$I_b = 30\% I_c = 30\% \times 17.2 = 5.1(\text{A})$$

答：可选用单相标定电流为 5A、额定最大电流为 30A，即 5 (30) A 的单相直通式电能表。

(九) 两台变压器并列运行负荷分配计算

两台变压器并列运行时，负荷分配为

$$S_1 = \frac{\frac{S_{1N} + S_{2N}}{\frac{S_{1N}}{U_{1K}\%} + \frac{S_{2N}}{U_{2K}\%}} \times \frac{S_{1N}}{U_{1K}\%}}$$

式中： S_1 为第一台变压器分配的负荷； S_{1N} 为第一台变压器的额定容量； S_{2N} 为第二台变压器的额定容量； $U_{1K}\%$ 为第一台变压器的短路电压； $U_{2K}\%$ 为第二台变压器的短路电压。

【例 1-10】 有两台 100kVA 变压器并列运行，第一台变压器的短路电压为 4 (%)，第二

台变压器的短路电压为 5 (%)。求两台变压器并列运行时负荷分配的情况。

解：由题意可知 $S_{1N}=S_{2N}=100\text{kVA}$ ， $U_{1K}\%=4\%$ ， $U_{2K}\%=5\%$ 。

第一台变压器分担的负荷为

$$S_1 = \frac{S_{1N} + S_{2N}}{\frac{U_{1K}\%}{S_{1N}} + \frac{U_{2K}\%}{S_{2N}}} \times \frac{S_{1N}}{U_{1K}\%} = \frac{200}{\frac{4}{100} + \frac{5}{100}} \times \frac{100}{4} = 111.11(\text{kVA})$$

第二台变压器分担的负荷为

$$S_2 = \frac{S_{1N} + S_{2N}}{\frac{U_{1K}\%}{S_{1N}} + \frac{U_{2K}\%}{S_{2N}}} \times \frac{S_{2N}}{U_{2K}\%} = \frac{200}{\frac{4}{100} + \frac{5}{100}} \times \frac{100}{5} = 88.89(\text{kVA})$$

答：第一台变压器因短路电压小而过负荷，第二台变压器因短路电压大而负荷不足。

(十) 电能表误差计算

第一种方法：根据理论时间 T 计算电能表误差。

(1) 首先选定圆盘转数或脉冲个数，然后计算出电能表有 N 转或 N 个脉冲的理论时间 T ，即

$$T = \frac{3600 \times 1000 N}{CP}$$

式中： T 为理论时间，s； N 为选定转数或脉冲个数； P 为实际功率，W； C 为电表常数，r/kWh 或 imp/kWh。

(2) 根据实际测试的时间 t (s)，得电能表相对误差 γ 为

$$\gamma = \frac{T - t}{t} \times 100\%$$

式中： T 为 N 转或 N 个脉冲的理论时间，s； t 为用秒表实际测试的 N 转或 N 个脉冲所需时间，s。

注：如果计算出的误差是正误差，那么电能表偏快；若是负误差，则电能表偏慢。

【例 1-11】某居民用户电表常数为 3000r/kWh，测试负荷为 100W，电能表转 1r 时需要多少时间？如果测得转 1r 的时间为 11s，误差应是多少？

解：电能表转 1r 的理论时间为

$$T = \frac{3600 \times 1000 N}{CP} = \frac{3600 \times 1000 \times 1}{3000 \times 100} = 12(\text{s})$$

根据实际测试的时间 $t=11\text{s}$ ，则电能表误差为

$$\gamma = \frac{T - t}{t} \times 100\% = \frac{12 - 11}{11} = 9.1\%$$

答：电能表转 1r 时应该需要 12s，计算得到的实际误差为 9.1%。

第二种方法：根据计算负荷计算电能表误差。

(1) 负荷计算功率 P_2 (W) 为

$$P_2 = \frac{3600 \times 1000 N}{CT} K_1 K_u$$

(2) 相对误差 γ 为

$$\gamma = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100\%$$