

五年制高等职业教育
教材

电工技术基础

实验实训指导书

江苏科学技术出版社

7-02-33
27

五年制高等职业教育教材

电工技术基础实验实训指导书

主 编 罗锐利 李景顺
主 审 许小军

江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础实验实训指导书/罗锐利编. —南京:
江苏科学技术出版社, 2005. 2

五年制高等职业教育教材

ISBN 7-5345-4495-5

I. 电… II. 罗… III. 电工技术—实验—高等学校:
技术学校—教学参考资料 IV. TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 010390 号

电工技术基础实验实训指导书

主 编 罗锐利 李景顺

责任编辑 王永发

出版发行 江苏科学技术出版社
(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

经 销 江苏省新华书店
照 排 南京玄武湖印刷照排中心
印 刷 南京通达彩印有限公司

开 本 787 mm×960 mm 1/16

印 张 10.5

字 数 188 000

版 次 2005 年 2 月第 1 版

印 次 2005 年 2 月第 1 次印刷

印 数 1—3 000 册

标准书号 ISBN 7-5345-4496-5/G·1044

定 价 16.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

前 言

本书是五年制高等职业教育《电工技术基础》一书的配套教材。书中内容分两部分,第一部分为电工基础实验,包括常用电工工具和仪表的使用,导线的连接,常用电器的使用,安全用电常识和规范等。第二部分为电工基础实训,包括电度表的安装与使用,线管照明线路的安装,护套线照明线路的安装,室内综合布线工程的安装等。本书内容的安排遵循了“以素质为基础,能力为本位”的教学原则,重点突出基本操作技能,仪器仪表的使用技能,工程安装与维修技能等三大技能培训。书中引入了新的技术规范 and 标准,相关内容基本与社会需求和学生就业近距离接轨。

在编写本书的过程中,旨在通过规定内容的实验和实训,巩固所学知识,了解和熟悉相关内容的技术标准和操作规范,培养学生的实际操作能力和质量意识,同时也为后续课程的学习和将来从业打下良好的技术基础。

为完成教学任务,建议在教学过程中按规定内容和教学标准严格训练,确保实验实训质量。学校应提供完善而先进的实验实训条件和足够的实验实训指导教师。书中所规定的实验实训项目和课时安排,是完成教学任务所必需的,教师在教学过程中可根据地域特点和实际需求情况酌情增加。

本书由罗锐利、李景顺担任主编,共分为两篇,第一篇实验篇由李景顺、张哲编写,第二篇实训篇由罗锐利、张全国编写。全书由南京工程学院许小军任主审。

由于编者水平有限,书中难免会存在缺点和错漏,我们诚恳地欢迎读者批评指正。

编 者
2004年10月

目 录

第一篇 实 验

实验须知	1
电工技术实验的预备知识	4
一 电工仪表与测量的基本知识	4
二 直流电流、电压、电阻的测量	9
三 交流电量与电能的测量	20
四 实验常用电子测量仪器简介	24
五 非电量电测法简介	32
实验内容	40
实验一 元件认识 万用表的使用 伏安法测电阻	40
实验二 电压、电位的测定和基尔霍夫定律的验证	45
实验三 叠加原理	50
实验四 戴维南定理	53
实验五 示波器的使用及观察交流电的波形	58
实验六 RLC 串联电路	64
实验七 日光灯电路及功率因数的提高	69
实验八 三相负载的星形连接与三角形连接	73
实验九 RC 电路的瞬态过程	77
实验十 电阻性电路的故障检查	81
实验十一 温度的测量	84

第二篇 实 训

第一章 安全供电与用电常识	89
第一节 电能的产生、输送与分配	89
第二节 安全用电	92
第三节 节约用电	98
第二章 常用电工工具的使用	101
第一节 常用电工工具	101
第二节 基础实训:常用电工工具的使用	107

第三章 导线的连接及绝缘的恢复	109
第一节 导线的连接及绝缘的恢复	109
第二节 基础实训：导线的连接及绝缘的恢复	114
第四章 常用电器的认识和使用	116
第一节 常用电器元件	116
第二节 基础实训：常用电器的使用与安装	119
第五章 安全用电基本技能训练	122
第一节 电气安全技术基础	122
第二节 基础实训：安全用电基本技能训练	133
第六章 电能表的安装及使用	137
第一节 电能表的构造原理	137
第二节 综合实训：电能表的安装	139
第七章 线管照明线路的安装	143
第一节 室内线管布线	143
第二节 综合实训：线管照明线路的安装	145
第八章 护套线照明电路的安装	149
第一节 塑料护套线布线的工艺要求	149
第二节 综合实训：护套线照明电路的安装	150
第九章 室内综合布线的安装	154
第一节 室内布线与安装的技术要求	154
第二节 综合实训：综合布线与安装	161

实验须知

(一) 基本要求

实验是《电工技术基础》课程的重要实践环节,其目的是验证和加深理解理论课所学的内容。在实验课的教学过程中,教师应注重对学生的职业技术能力的培养,使学生掌握中级电类专业人员必备的电工测量的基本知识和电工实验的基本技能,培养学生运用实验的方法研究电路的初步能力,为此,电工技术实验课应达到下列基本要求:

(1) 熟练掌握常用的电工仪表使用方法,学会电路中的电流、电压、电阻等电量的测量技术。

(2) 学会使用直接稳压电源、信号发生器、毫伏表、数字万用表、示波器等电子仪器。

(3) 能够根据实验需要,正确选择电路元件,正确连接实验线路,观察实验现象,排除简单的电路故障。

(4) 了解误差产生的原因。学会正确处理数据,绘制实验曲线,分析实验结果,撰写实验报告。

(5) 认真研究实验现象,积极思考和讨论实验中的问题,培养创新精神。注意实验操作规范,安全用电。

(二) 实验操作方法

(1) 检查熟悉设备

实验教师讲解之后,学生应首先检查本次实验所需的仪器仪表设备、部件是否齐全,规格和数目是否符合实验要求;熟悉所用仪器的使用方法及操作规程。

(2) 连接线路

接线是实验的基本技能之一,要求准确、迅速、合理。拉线应在断电的状态下进行,按线路图顺序沿电流回路方向接线。连线要可靠,线路要清晰有序。接线完毕,学生应先自己检查是否正确,确认无误后再

请教师检查。

(3) 接通电源

通电前,首先通知全组成员做好准备,以免发生人身事故或设备损毁,如有异常现象,应及时断电。

(4) 读取和审查数据

仪表读数的有效数字是与仪表本身的固有误差相联系的,所以有效位数应根据仪表的精度来确定。读取的数据应记录在事先拟好的表格中,实验操作完毕,学生应自己先审查数据,判断其合理性,然后由教师审定。确定无误后,再拆除实验线路。

(5) 拆除线路

拆线时一定要先关闭电源,拆除与电源连接的导线,再拆除其他线路,整理好仪器设备。经教师允许后,方可离开实验室。

(三) 实验报告的编写

1. 撰写实验报告的要求

整理编写实验报告是实验过程中的主要环节。撰写实验报告时,应以实验数据和实验结果为依据,对电路进行分析和研究,不能随便更改实验数据。如有操作错误或数据违背规律的,应重做实验,重新读取数据。实验报告的编写必须工整、清洁,数字要求用工程体书写。实验数据整理后,填写于实验报告表格中;表格和曲线都应标注名称、物理量及单位。曲线、图形及表格应按正规绘图方法制作,不能徒手绘制。

2. 实验报告的主要内容

(1) 实验名称,实验日期,实验者班级、姓名及学号,实验组别,同组人姓名。

(2) 实验目的 实验目的是实验的宗旨,只有明确目的,才能做好实验。在本栏中,学生应简明地概述本实验通过何种方法,训练哪些技能,达到怎样的要求等。

(3) 实验设备和实验线路 列出完成实验所需的仪器与设备的型号、规格或技术参数;画出实验电路图与测试电路图,标明元、器件参数和仪器仪表设备名称等。

(4) 实验数据的处理、分析和结论。

(5) 问题回答。

(四) 实验室的安全操作规则

在实验中,为了防止仪器仪表损坏,保证人身安全,实验操作人员必须严格遵守实验室的安全操作规则:

(1) 熟悉实验室的交、直流电源,了解其电压、电流额定值和控制方式,区分直流电源的正、负极和交流电源的相线与中性线。

(2) 了解仪器仪表的规格、型号、使用方法,特别要注意额定值和量限。

(3) 通电前应通知全组人员有准备后再接通电源。

(4) 实验中不得用手触摸线路中带电的裸露导体。发现异常现象,如仪表指针猛打,有焦臭、冒烟、闪弧、有人触电等,立即切断电源,在老师的指导下,查找原因,排除故障。

(5) 改、拆接线路时应断开电源,电容应用导线短接放电。

(6) 实验完毕后,将仪器设备恢复常位,并切断电源。

电工技术实验的预备知识

在电工实验中,对电磁参量进行测量的仪器、仪表称为电工测量仪表或电工仪表。电工仪表不仅能进行电磁参量电的测量,也可以与其他装置(如传感器)配合在一起把非电磁量(如温度、压力等)转换成电磁量进行非电磁量的测量。电工测量是电工实验的基础,在实验中对于仪器仪表的选择和使用、数据的读取和处理、误差的分析等,这些环节都直接或间接地影响到实验结果。因此,了解并掌握电工测量的基础知识显得尤为重要。本章着重介绍电工仪表及测量的基本知识;电流、电压、电阻的测量方法;单相交流功率的测量方法;指针式万用表、数字式万用表的使用方法;简单介绍非电量的电测方法。

一 电工仪表与测量的基本知识

(一) 电工仪表的分类及主要性能指标

1. 电工仪表的分类

电工仪表的种类很多,分类方法也各不相同。按仪表的结构和用途,大体分为以下几类:

(1) 指示仪表 通过指针的偏转角位移直接读出测量结果,是应用最为广泛的电工仪表。交流和直流电压表、电流表以及万用表等,大多为指示仪表。

(2) 数字式仪表 是以逻辑控制来实现自动测量,并以数码形式直接显示测量结果的仪表,如数字万用表。

(3) 比较仪器 用比较法来进行测量的仪器,如电桥、电位差计、标准电感等。

(4) 记录仪表 是一种能测量和记录被测量随时间变化情况的仪表,如示波器、X-Y记录仪等。

(5) 积算仪表 积算仪表用以测量与时间有关的量,即在某段时间内,仪表对被测量进行累计,如电能表就是一种积算电能的仪表。

2. 电工仪表的主要技术要求

为了保证测量结果的准确性和可靠性,国家标准对电工仪表的质量和性能提出了全面的要求。主要技术性能要求有:

(1) 要有足够的准确度 在正常的工作条件下,对于某一准确度等级的仪表,在整个量限内的基本误差不应超过表 1.1.1 所列各值。

表 1.1.1 各级仪表的允许基本误差

仪表的准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差/%	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

(2) 变差要小 对于指示仪表要求变差不能超过基本绝对误差。(所谓变差,是指仪表在重复测量某一被测量参量时,由于摩擦等因素造成两次指示值的不同,它们的差值称为变差。)仪表经过长期工作后,其准确度会发生变化,因此要根据规定,对仪表进行定期校验。

(3) 要有合适的灵敏度 灵敏度越高,说明仪表反映的最小被测量越小,测量精度也就越高,但它的指示值却不易稳定,仪表的量限可能也就越小。

(4) 要便于读数 仪表的标尺刻度应力求均匀,不均匀刻度的标尺应标明工作范围,有些仪表的标尺上附有镜面,读数时应使指针的影像与指针重合,可以减少读数视差。

此外,还要求仪表要有一定的耐过载能力,要有良好的阻尼特性,有较好的绝缘强度,有较小的功率损耗和较宽的使用范围等。

(二) 指示仪表的组成及原理

指标仪表又叫直读式仪表。由于指示仪表具有成本低、使用方便、经久耐用等优点,因此指示仪表是电工测量中应用最广泛的仪表。

1. 指示仪表的组成

指示仪表虽然种类很多,但其构成和工作原理是基本相同的,都是由测量线路和测量机构两部分组成。测量线路的作用是将被测量(如电流、电压、功率)变换成测量机构可以接受的过渡电量(如电流),并保持一定的比例关系。测量机构(又叫表头)的作用是将被测电量(或过渡量)所产生的电磁力,转换成仪表指针的偏转角位移 α 。它是指针式仪表的核心部件,同一系列的仪表,通常采用相同的测量机构,加上不同的测量线路,就可以构成测量不同电量的仪表。

2. 测量机构的组成

按可动部分在偏转过程中各元件的功能和作用的不同,可以把测量机构分成下列几部分:

(1) 产生转动力矩的装置 测量结果是由指针指示出来的,要使仪表的指针发生偏转,测量机构必须产生一个能带动指针偏转的转动力矩。不同类型的仪表,产生转动力矩的原理也不同。磁电系测量机构,是由载流线圈在永久磁铁的磁场中产生电磁力,驱动可动部分转动。被测电量与转动力矩成正比。而电磁系仪表,是将可动铁心置于交变的磁场中,铁心磁化后产生的电磁力驱动可动部分偏转,带动指针偏转。

(2) 产生反作用力矩的装置 无论被测量的大小如何,只要能产生转动力矩,测量机构的可动部分就会偏转到尽头,根本无法区分被测量的大小。为了使一定大小的被测量所产生的对应力矩使可动部分偏转相应的角度,测量机构应有产生反作用力矩的装置。在灵敏度较低的仪表中,反作用力矩由螺旋弹簧产生,灵敏度较高的仪表中,反作用力矩由张丝或吊丝产生。

(3) 产生阻尼力矩的装置 由于可动部分有一定的惯性,因此,当转动力矩与反作用力矩相等时,可动部分不可能立即停止,而是在平衡位置的左右来回摆。为了使活动的部分尽快地停止摆动,测量机构加有阻尼装置来吸收这些振荡的能量,以达到尽快读数的目的。

(4) 读数装置 读数装置通常是由指针、刻度尺组成。指针的形状有矛形和刀形两种,如图 1.1.1 所示。

矛形指针的特点是醒目,便于远距离观测,但视差较大,它用于准确度较低的安装式仪表。刀形指针适用近距离读数,视差比较小,多用于准确度较高的实验室仪表及便携式仪表。

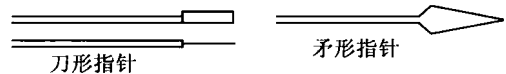


图 1.1.1 表的指针

(三) 测量的误差及消除方法

1. 测量误差

测量误差是指测量结果与被测量的实际值之间的差异。通常测量误差可分为系统误差、偶然误差和疏失误差三个大类。

(1) 系统误差

系统误差的特点是测量结果总是向某一个方向偏离,相对于真实值总是偏大或偏小。具有一定的规律性,其主要原因有

① 仪表的基本误差 由于仪表本身结构和制造工艺上的不完善等所引起的误差。

② 测量方法的误差 由于仪表接入电路后改变了电路的原来状态,或测量方法依据的是某个模拟公式时造成的误差。

③ 测量者个人因素带来的误差。

(2) 偶然误差

偶然误差是由于某种偶然因素所造成的,时大时小,无规律性。例如,外界温度的变化、电源频率的偶然变化等都会引起测量结果的不同。

(3) 疏失误差

疏失误差是指测量结果出现明显的错误,是由于实验者的疏忽造成的误差。

2. 减少误差的方法

(1) 对仪表要经常校正。

(2) 避免用大量限的仪表测量小的被测量的值。

(3) 选择合理的测量线路,同时考虑仪表接入线路时,仪表内阻对测量值的影响。

(4) 要注意仪器设备的额定值,例如,电阻箱内标准电阻元件的额定功率一般为 0.25 W,如果电阻箱过载发热,则标准电阻的阻值就会发生变化,将影响旋钮指示的准确性。

(5) 可以用正负误差补偿法修正系统误差。如为了消除外磁场对电流表读数的影响,可将电流表放置位置调转 180° ,再测量一次,取两次测量结果的平均值。

(四) 电工测量与数据处理

对于某一电量的测量,测量方法可能有多种,采用不同的测量方法,可能会得到不同的结果,有时还会关系到测量数据是否准确的问题。因此必须了解电工测量的测量方法、数据处理方法、测量中的误差及消除误差的方法等。以便在实验中正确选择和使用仪表,掌握正确的测量方法,获得最佳的实验效果。

1. 电工测量的测量方法

根据电工测量任务的不同要求,采用不同的测量仪器和不同的测量方法。常用的测量方法主要有以下几种:

(1) 直接测量法 直接测量法是指被测量与其单位量作比较,被测量的大小可以直接从测量的结果得出。例如,用电压表测量电压,读数即为被测电压值,这就是直接测量法。

(2) 比较测量法 比较法是指测量时将被测量与标准量进行比较,通过比较确定被测量的值。比较法又分为零值法和替代法两种。

① 零值法 被测量与已知量进行比较时两种量对仪器作用相消为零的方法称为零值法。

② 替代法 利用已知量代替被测量,如果不改变测量仪表原来的读数状态,则认为被测量等于已知量。

(3) 间接测量法 间接测量法是指测量时测出与被测量有关的量,然后通过被测量与这些量的关系,计算出被测量,如用伏安法测电阻等方法。

2. 有效数字及运算规则

(1) 有效数字

在测量中,常常需要从仪表指针的指示位置估计读出最后一位数字,这个估计数字称为欠准数字。超过一位的欠准数字是没有意义的,不必计入。仪表指针指示刻度的读数和最后一位估计数字,称为实验数据的有效数字。对实验记录中的有效数字作如下规定:

① 有效数字的位数与小数点无关,例如,电流 234 mA 和 0.234 A 都是三位有效数字。

② “0”在数字之间或数字之末,算作有效数字,在数字之前,不算作有效数字。

③ 遇到大数字或小数字时,有效数字的记法如下: 3.50×10^4 和 3.5×10^{-4} 分别为三位有效数字和两位有效数字。

(2) 有效数字运算规则

在进行有效数字运算时,为了保证运算结果的准确度,对有效数字位数的记法规定如下:

① 运算结果只保留一位欠准数字。舍去多余的欠准数字时,可以近似地采用四舍五入法。

② 常数的位数不受限制,如 π , $\sqrt{2}$, e 或仪表的量限等,可根据需要任意取

用有效数字的位数,不加以限制。

③ 当几个数相加或相减时,其得数在小数点后的位数,应取与运算中小数点后位数少的一个位数相同,例如, $12.3+3.21=15.5$ 。

④ 当几个数相乘或相除时,其得数在小数点后的位数,应与运算数中小数点后位数最小的一个位数相同,有时也可以根据需要多保留一位,例如, $3.589 \times 7.6=27.28$

二 直流电流、电压、电阻的测量

电工测量中最基本的测量对象是电流和电压。而在电流和电压的测量中,主要使用的仪表就是电流表和电压表。电流表和电压表的种类很多,本节主要介绍用于测量直流电量的磁电系电流表和电压表的基本原理、扩大量程的方法以及使用方法;万用表、数字万用表的工作原理、主要性能指标和使用方法等内容。

(一) 直流电流的测量

测量直流电流应使用直流电流表。直流电流表的表盘上标有符号“—”,表示该表用于测量直流电量。在测量直流电路中的电流时,应将直流电流表与被测电路串联连接,如图 1.2.1 所示。

1. 直流电流表

直流电流表按其工作原理分类,可以分为磁电系、电磁系、电动系等几种。电工实验中测量直流电量主要用磁电系仪表。

将磁电系测量机构的线圈直接串入被测回路,就构成电流表。由于线圈的导线很细,电流还要通过游丝导入,所以允许通过的电流是很小的,一般只有几十微安或几个毫安。若电流过大,游丝会因过热而使弹性消失,甚至烧毁;也可能引起转动线圈的导线发热而损坏绝缘。

磁电系测量机构通常只能用作检流计、微安表和小量程的毫安表,如果被测量电流较大,则必须在测量机构两端并联分流器(分流电阻)来扩大量

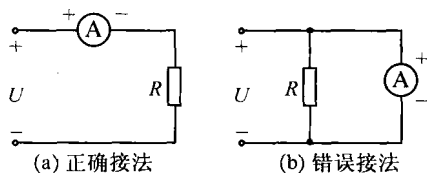
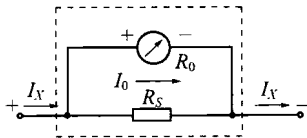
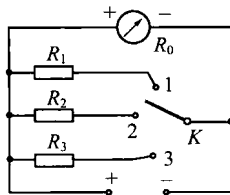


图 1.2.1 电流表的接法

限,如图 1.2.2 所示。



1.2.2 用分流扩大电流表的量限



1.2.3 多量限电流表线路图

设测量机构的电阻(表头的内阻)为 R_0 , 通过其中的电流 I_0 , 分流器电阻为 R_s , 被测电流为 I_x , 根据分流公式可知

$$I_0 = \frac{R_s}{R_0 + R_s} I_x$$

当量限扩大 n 倍(即 $n = \frac{I_x}{I_0}$)时,

$$R_s = \frac{1}{n-1} R_0$$

上式说明,将磁电系表头的量限扩大 n 倍时,分流电阻 R_s 的值等于表头内阻 R_0 的 $(n-1)$ 分之一。实验室所用的磁电系电流表一般都是多量限的,若采用大小不同的几个分流电阻,用开关控制,即可制成多量限的电流表,如图 1.2.3 所示。

例 1.2.1 有一磁电系表头,其满偏电流 $I_0 = 200 \mu\text{A}$, 内阻 $R_g = 700 \Omega$, 现需要扩大量限到 100 mA , 问应并联多大的电阻?

解 扩大倍数 $n = \frac{I}{I_g} = \frac{100 \times 10^{-3}}{200 \times 10^{-6}} = 500$

所以分流电阻

$$R_s = \frac{1}{n-1} R_g = \frac{1}{500-1} \times 700 = 1.4 (\Omega)$$

因为电流表在使用时是与被测电路串联的,电流表的内阻会使电路中原有的电流减小,为了减少这种影响,要求电流表内阻要远远小于被测电路的电阻。

2. 电流表使用注意事项

(1) 在测量电流时,务必将电流表串接在被测电路中,直流电流表只能测量直流电流,不能测量交流电流。一般电流表的内阻较小,所以,使用时严禁将电流表与被测电路并联。

(2) 直流电流表在使用时要注意极性,当仪表接入被测量电路时,要保证电流从“+”端钮流入,从“-”端钮流出,以防指针反向偏转。

- (3) 量程选择要合适。在许可的情况下,应尽量使指针偏转角大一些。
 (4) 尽量选择低内阻的电流表测量电流,否则会带来很大的误差。

(二) 直流电压的测量

1. 直流电压表

测量直流电压时,一般使用磁电系直流电压表,根据仪表的读数获取被测的电压值。直流电压表的标度盘上标有直流“—”符号。测量电压时电压表应与被测电路直接并联,电压表连接在被测电路的两端。如图 1.2.4(a)所示。测量机构的偏转角 α 与流过线圈的电流 I 成正比,当测量机构的电阻(内阻) R_0 一定时,偏转角 α 与其两端电压 U_0 成正比,因此,它也可以与被测量电路并联来测量电压。由于磁电系机构允许通过的电流很小,所以它能测量的电压范围也很小,一般只有毫伏级。要想测量较高的电压,需要扩大其电压量限。一般都采用附加串联电阻的方法来扩大量限。这个串联在电路中的电阻被称为分压电阻,用 R_d 来表示,如图 1.2.5 所示。

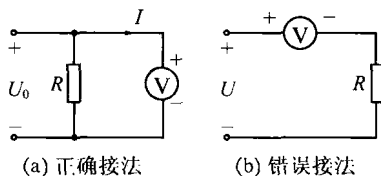


图 1.2.4 电压表和接线图

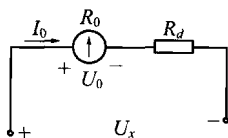


图 1.2.5 串联分压电阻扩大量限

串联附加电阻 R_d 后,通过测量机构线圈的电流 I_0 与测量电压 U_x 的关系为 $I_0 = \frac{U_x}{R_0 + R_d}$ 。

可见,流过表头的电流 I_0 与被测电压 U_x 成正比,所以偏转角 α 与被测电压 U_x 也成正比,因此测量机构的标尺可以按扩大量限后的电压来刻度。

选用不同阻值的附加电阻 R_d ,可以构成不同量限的电压表,其大小可以根据扩大量限的要求来计算。我们把被测电压 U_x 与测量机构电压 U_0 之比 m ,称为电压扩大倍数,即

$$m = \frac{U_x}{U_0} = \frac{R_0 + R_d}{R_0}$$

所以,

$$R_d = (m - 1)R_0$$