

无线电广播技术手册

内蒙古人民出版社

无线电广播技术手册

内蒙古师范学院广播台编

内蒙古人民出版社

一九七二·呼和浩特

无线电广播技术手册

内蒙古师范学院广播台编

•
内蒙古人民出版社出版

(呼和浩特西落凤街28号)

内蒙古新华书店发行

呼和浩特印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：33插页：4

1972年12月第一版第1次印刷

1973年10月第2次印刷

印数：75261—165420册

书号：15089·02 每册：3.00元

(薄凸版纸本)

前 言

为了适应广播事业日益发展的需要和广大基层广播单位对技术资料的要求，现将原给内蒙古师范学院广播台工作人员编写的技术资料加以充实、改编后，予以出版。

本手册内容以技术资料为主，除一些必要的理论和计算外，侧重于无线电元件和设备的使用、修理和调整，并适当地编入了一些基本设计方法。少量具有提高性质的内容，以小号字印出。

本书可供具有初中文化程度的从事广播工作的人员，尤其是广大的农村旗、县广播站和公社放大站的机务、线务人员以及基层厂矿、学校等广播站的工作人员使用。也可供无线电修理人员、无线电工业工人和初级技术人员、业余无线电爱好者作为资料参考。

在本书编写和修改过程中，得到我院党委的积极关怀和支持；我院各系和印刷厂等单位的领导、工人、教师、工农兵学员等都给予了有力的帮助；内蒙古人民广播电台等有关单位都提出了不少宝贵意见。对此，编者致以深切的谢意。

由于我们对马列主义、毛泽东思想学习得还很差，理论知识和实践经验也很不够，而且时间仓促，因此，本书一定会存在许多问题甚至错误，希望读者批评指正。

编者

一九七二年八月一日

目 录

第一章 电工基础知识	1
1.1 电的产生和量度.....	1
一、电的产生.....	1
二、电的量度.....	1
1.2 直流电路和欧姆定律.....	2
一、电路的组成.....	2
二、欧姆定律.....	2
三、电路的不同连接.....	3
1.3 交流电路.....	3
一、交流电的产生及特性.....	3
二、交流电路中的欧姆定律.....	5
三、三相交流电路.....	8
第二章 无线电电路元件	9
2.1 电阻器.....	9
一、电阻器在电路中的作用.....	9
二、电阻器的种类、构造及一般特性.....	9
三、电阻器的质量参数.....	10
四、国产电阻器的命名法.....	13
五、如何正确选用电阻器.....	13
六、电位器.....	15
七、电阻器和电位器技术特性的比较.....	17
2.2 电容器.....	19
一、电容器在电路中的作用.....	19
二、电容器的种类、构造及一般特性.....	19
三、电容器的质量参数.....	21
四、国产电容器的命名法.....	26
五、怎样使用电容器.....	27
六、参考资料.....	28
2.3 电感器.....	31
一、线圈.....	31
二、变压器.....	32
三、国产线圈和变压器的型号命名(非国家标准).....	34
2.4 导线及绝缘材料.....	34
一、导线.....	34
二、绝缘材料.....	44
第三章 电子管与半导体管	49
3.1 电子管的构造和特性参数.....	49
一、热电子发射和阴极.....	49
二、二极管.....	49
三、三极管.....	51
四、四极管.....	53
五、五极管.....	54
六、多栅管.....	55
七、复合管.....	55
八、阴极射线影显管.....	55
九、辉光放电管.....	57
3.2 各国电子管命名法.....	57
一、国产电子管命名法.....	57
二、苏联电子管命名法.....	59
三、美式电子管命名法.....	60
四、欧式电子管命名法.....	60
3.3 常用电子管介绍.....	61
一、国产电子管特性.....	61
二、国产电子管和外国电子管的代换.....	97
三、国产电子管新旧型号对照表.....	99
3.4 半导体材料及特性.....	101
3.5 半导体管的构造和特性参数.....	103
一、半导体二极管.....	103
二、半导体三极管.....	104
3.6 各国半导体器件型号命名法.....	113
一、国产半导体器件型号命名法(国家标准 GB249-64).....	113

二、苏联半导体器件型号命名法	114	合体系半导体器件型号命名法	117
三、美国半导体器件型号命名法	115	3.7 常用半导体器件	117
四、日本半导体器件型号命名法	116	一、半导体器件术语定义	117
五、英国半导体器件型号命名法	116	二、半导体二极管特性	119
六、西德、荷兰半导体器件型号命名法	116	三、半导体三极管特性	129
七、法国半导体器件型号命名法	116	四、国产半导体器件新旧型号对照表	155
八、西欧(英、西德、荷兰、比利时等国)联	116	五、国内外产品型号对照表	162
第四章 扩音机	172		172
4.1 电源供给部分	172	一、电子管电路的负回输	273
一、电源供给部分的任务和组成	172	二、半导体管电路的负回输	280
二、整流器	173	4.6 音调控制和补偿	283
三、滤波器	184	一、音调控制的基本方法	283
四、电源变压器	191	二、音调控制常用电路	285
五、稳压电路	209	三、音调补偿	289
六、电源供给部分的总体设计	212	四、音调平衡网路	289
七、电源供给部分的常见故障	213	4.7 整机分析	290
4.2 电压放大	215	一、电子管扩音机	290
一、电子管和半导体管的放大作用	215	二、半导体管扩音机	293
二、电子管电压放大电路	216	4.8 扩音机的使用和检修	296
三、半导体管放大电路	228	一、扩音机的使用	296
四、电压放大电路常见故障	237	二、扩音机故障的检查方法	297
4.3 推动部分	238	三、扩音机的主要故障	300
一、电子管倒相电路	238	四、扩音机的调整	307
二、半导体管倒相电路	240	4.9 扩音机与扬声器的配接	307
三、变压器倒相电路	242	一、基本概念	307
四、阻流圈倒相电路	249	二、输出、线间变压器的基本公式	308
五、推动部分的常见故障	249	三、定阻抗式扩音机的匹配	309
4.4 功率放大部分	249	四、定压式扩音机的匹配	320
一、电子管功率放大器	249	五、定阻抗式扩音机与定压式扩音机 的换算	321
二、半导体管功率放大器	255	六、线间变压器的使用和设计	322
三、输出变压器的设计	263	4.10 参考电路图	328
四、功率放大部分常见故障	271		
4.5 负回输	273		
第五章 收音机	341		
5.1 变频级	342	二、半导体管中频放大电路	359
一、输入电路	342	三、国产小型中频变压器参考数据	361
二、本机振荡	349	四、中频放大级常见的故障	363
三、混频和变频	354	5.3 检波和自动音量控制级	364
四、变频级常见故障	357	一、检波的方法和基本原理	364
5.2 中频放大级	358	二、检波基本电路	364
一、电子管中频放大电路	358	三、自动音量控制	366

四、常见故障·····	370	二、电子管收音机的故障及排除方法·····	378
5.4 附加电路·····	370	三、半导体管收音机的故障及排除方法·····	385
一、高频放大电路·····	370	5.7 超外差式收音机的调整·····	387
二、频率微调电路·····	371	一、电子管超外差式收音机的调整·····	387
三、可变工作点功率放大器·····	372	二、半导体管超外差式收音机的调整·····	391
四、影示管电路·····	372	5.8 参考资料·····	391
5.5 整机分析·····	373	一、收音机度盘的绘制·····	391
一、电子管超外差式收音机·····	373	二、电子管收音机的等效天线·····	394
二、半导体管简易收音机·····	375	三、调整半导体管收音机用的环形天线·····	394
三、半导体管超外差式收音机·····	376	四、收音机的度盘拉线·····	395
5.6 收音机的维修·····	378	五、收音机安装多只扬声器·····	396
一、收音机的检修方法和顺序·····	378	六、参考电路图·····	396
第六章 录音机 ·····	410	一、录音机的技术指标和代表符号·····	420
6.1 磁学基本知识·····	410	二、录音机的使用·····	421
6.2 录音、放音原理·····	411	三、录音节目的组织·····	423
一、载磁体·····	411	四、录音机的检查、调整·····	424
二、磁头·····	412	五、综合故障分析·····	427
三、磁带的录音、放音过程·····	413	6.5 参考资料·····	431
四、磁带的抹音过程·····	415	一、自制测速带·····	431
6.3 录音机的构造·····	415	二、磁带的剪接·····	432
一、电气部分·····	415	三、参考电路图·····	432
二、运转部分·····	418		
6.4 录音机的使用和维修·····	420		
第七章 电声器件 ·····	438	二、拾音器的使用和维护·····	444
7.1 话筒·····	438	7.3 扬声器·····	445
一、各种话筒的构造和特性·····	438	一、扬声器的分类、构造和质量指标·····	445
二、话筒的选择和使用·····	440	二、扬声器的使用·····	448
三、话筒的维护和修理·····	441	三、扬声器的修理·····	449
7.2 拾音器·····	443		
一、拾音器的构造和特性·····	443		
第八章 常用测量仪器 ·····	452	四、使用中的注意事项·····	459
8.1 万用电表·····	452	五、常见故障的检修·····	461
一、万用电表典型电路的分析·····	452	8.3 音频讯号发生器·····	462
二、万用电表的使用·····	455	一、主要技术性能·····	462
三、使用万用电表的注意事项·····	456	二、面板布置及各控制键钮的作用·····	463
四、参考资料·····	457	三、仪器的电路结构·····	464
8.2 电子管毫伏表·····	458	四、使用中的注意事项·····	464
一、主要技术性能·····	458	8.4 高频讯号发生器·····	466
二、面板布置及各控制键钮的作用·····	459	一、主要技术性能·····	466
三、仪器的电路结构·····	459		

二、面板布置及各控制键钮的作用·····	467	四、常用的几种测试的操作方法·····	476
三、仪器的电路结构·····	468	五、示波器的使用和维护·····	479
四、使用方法·····	470	8.6 万用电桥 ·····	483
五、维修方法·····	471	一、主要技术性能·····	483
8.5 示波器 ·····	473	二、面板布置·····	484
一、示波器的构造·····	473	三、仪器的电路结构·····	485
二、主要技术性能·····	474	四、使用说明·····	486
三、各控制键钮的作用及使用·····	474		
附录 ·····	490		
附录 1 汉语拼音、英文、俄文、希腊文 字母表·····	490	附录 3 常用电路符号·····	493
表 1.1 汉语拼音字母表·····	490	附录 4 无线电常用单位·····	495
表 1.2 英文字母表·····	490	一、常用计量单位文字符号·····	495
表 1.3 俄文字母表·····	491	二、几种常用单位的换算·····	495
表 1.4 希腊文字母表·····	491	三、分贝和奈培·····	497
附录 2 常用物理量文字符号·····	492	附录 5 无线电常用数学用表·····	503
表 2.1 元件和装置·····	492	表 5.1 平方数表·····	503
表 2.2 技术参数(物理量)·····	492	表 5.2 平方根表·····	506
		表 5.3 直径 d 的圆面积·····	510
本书所用文字符号的意义 ·····	513		

第一章 电工基础知识

1.1 电的产生和量度

一、电的产生

世界上任何物质都是由分子组成的,而分子又是由原子组成的。在每个原子中,有原子核,它是带有正电的粒子。在原子核周围有旋转着的电子,电子带有负电。通常情况下,每个原子中电子所带的负电的总和等于原子核所带的正电,物体不显电性。如果因某种原因,物体得到或失去部分电子,该物体就带电了。

物体带电的程度以电量的多少来表示。电量的单位是库伦,每库伦电量含有 6.25×10^{18} 个电子的电量。

二、电的量度

1. 电压 物体带电后,我们说它具有一定的电位。一般用大地来做标准,规定为零电位。物体所带正电荷越多,电位就越高;带负电荷越多,电位就越低。我们如果把两个电位不同的物体用导线连接起来,就会看到:电位高的物体把正电荷推向电位低的物体(注意:实际上是电子从电位低的物体上,迁移到电位高的物体上,原子核是不能移动的),形成了电流。两物体之间的电位差,我们称之为电压,用字母 U 或 V 来代表,单位为伏特(V)。

2. 电流强度 电流的大小是用电流强度来量度的。电流强度就是每秒钟通过导体截面的电量数,一般用字母 I 来代表,单位为安培(A)。

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.1.1)$$

式中 Q 为电量,单位为库伦; t 为时间,单位为秒。

从上式可以看出,每秒钟通过导体截面的电量为一库伦时,电流强度即为一安培。

在习惯上规定,电流的方向是从正极(高电位)流向负极(低电位)。而实际上,电子流的方向是从低电位流向高电位。

3. 电阻 当电子在物体内移动时,必须克服原子核的吸引力以及同分子、原子的碰撞。这些阻力越大,电子越不容易移动。各种物体,对电子运动的阻力是极不相同的。我们称这种阻力为电阻,用字母 R 来代表,单位为欧姆(Ω)。

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \quad (1.1.2)$$

式中 ρ 为导体的电阻率,它只与导体的材料有关,单位为欧姆·毫米²/米; L 为导体长度,单位为米; S 为导体的截面积,单位为毫米²。

4. 电功和电功率 在电压的作用下,把正电荷从高电位推向低电位(即把电子从低电位推向高电位),必须做功,这个功称为电功。

$$A = U \cdot Q \quad (1.1.3)$$

式中 A 为电功, 单位为焦耳; U 为电压, 单位为伏特; Q 为电量, 单位为库伦。不难看出, 当电压为一伏特时, 把一库伦的电量从电位高的一端推向另一端所作的功, 即为一焦耳。

在单位时间内所做的电功, 称为**电功率**:

$$P = \frac{U \cdot Q}{t} = U \cdot I \quad (1.1.4)$$

式中 P 为电功率, 单位为瓦特(W); I 为电流强度, 单位为安培。由上式可知, 在一伏特电压作用下, 流过导体截面的电流强度为一安培时, 电功率为一瓦特。

我们平常所说的扩音机输出五十瓦特, 变压器消耗一百瓦特等, 都是指电功率。它们再乘上时间以后才是电功:

$$A = P \cdot t \quad (1.1.5)$$

如平常的一度电, 为一千瓦乘一小时, 即一千瓦时。

1.2 直流电路和欧姆定律

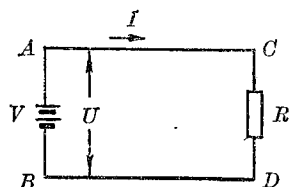


图 1.2.1

一、电路的组成

电路必须由电源、导线和负载三个部分组成, 如图 1.2.1 所示。图中电源为电池 V , 负载为电阻 R , AC 、 BD 为导线。

当电路接好后, 电流 I 从电池正极通过导线 AC 、电阻 R 、导线 DB , 回到电池负极, 构成一个回路。

二、欧姆定律

毛主席教导我们: “……一切客观事物本来是互相联系的和具有内部规律的”。在电路中, 电压、电流、电阻之间也是有规律的, 这就是欧姆定律:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.2.1)$$

电流强度与电路中的电压成正比, 而与电阻成反比。

从上式我们还可以得到:

$$U = I \cdot R \quad (1.2.2)$$

$$R = \frac{U}{I} \quad (1.2.3)$$

电路中的电压, 等于电流强度与电阻的乘积。而电阻等于电压除以电流强度所得的商。要注意的是, 绝不能说, 电阻与电压成正比, 与电流强度成反比, 因为电阻的大小一般说来只与它本身的材料有关, 而与电压和电流强度无关。

欧姆定律既适用于全电路, 也适用于部分电路, 只是在计算部分电路时, 各量应为该部分电路的值。

根据上面公式(1.1.4)、(1.2.1)和(1.2.2), 我们还可以得到:

$$P = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} \quad (1.2.4)$$

三、电路的不同连接

电路的连接主要有串联和并联两种，有时也同时应用串联、并联，这种连接称为混联。

1. 串联电路 电路如图 1.2.2 所示。

$$U_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2$$

在串联电路中，任意点的电流强度都应相等。

$$I_1 = I_2 = I \quad (1.2.5)$$

而且 $U = U_1 + U_2$ $I \cdot R = I \cdot (R_1 + R_2)$

所以 $R = R_1 + R_2$ (1.2.6)

$$\begin{aligned} P &= I^2 \cdot R = I^2 \cdot (R_1 + R_2) = \\ &= I^2 R_1 + I^2 R_2 = P_1 + P_2 \end{aligned} \quad (1.2.7)$$

在串联电路中，各点的电流强度都相等，而总电阻等于各电阻之和，总功率等于各个电阻上功率之和。

2. 并联电路 电路如图 1.2.3 所示。

根据欧姆定律

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

在并联电路中，各支路电压相等，总电流等于各支路电流之和。

$$U_1 = U_2 = U \quad (1.2.8)$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

所以 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ (1.2.9)

$$P = \frac{U^2}{R} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \cdot U^2 = \frac{U^2}{R_1} + \frac{U^2}{R_2} = P_1 + P_2 \quad (1.2.10)$$

在并联电路中，各支路电压相等，总电阻的倒数等于各支路电阻倒数之和，总功率等于各个电阻上功率之和。

3. 混联电路 对于混联电路，读者可以根据串联、并联电路的结论自行分析，列出所得结果。

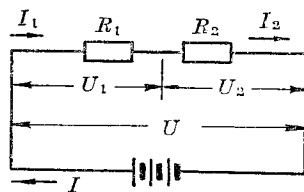


图 1.2.2

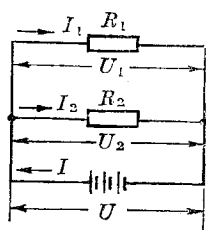


图 1.2.3

1.3 交流电路

一、交流电的产生及特性

1. 交流电与直流电的区别 直流电的电压和电流是向着一个方向，始终不变的。而交流电的电压和电流的方向随时有变化，因此在交流电路中，除了考虑电压、电流强度、电阻外，还需要考虑电容、电感的影响。

伟大领袖毛主席教导我们：“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决。”因此研究交流电时，就不能简单地把直流电路的规律搬过来，而必须加以修改。

2. 交流电的产生 电和磁是一对矛盾，它们同处于物体内部。俗话说：“有电必有磁，有磁必有电。”当电流通过导体时，在它周围就产生了磁场；而当磁场发生变化时，在导体内又会产生感应电动势。如果把导体做成闭合电路，就会有电流通过。它们既是矛盾着，又是互相联系着。正如毛主席指出的：“一切矛盾着的东西，互相联系着，不但在一定条件之下共处于一个统一体中，而且在一定条件之下互相转化，这就是矛盾的同一性的全部意义。”

我们把一个导体放在磁场中，它将产生什么现象？假如导体是垂直于书面的，我们只能看到它的一个截面，见图 1.3.1。如果使导体在均匀磁场中匀速旋转，从位置 1 出发，逐次经过位置 2、3、……12，最后回到 1，那么可以看到：在位置 1 时，导体运动方向与磁力线平行，没有切割磁力线。在位置 2 时，导体运动方向与磁力线有一小的角度，切割部分磁力线。在位置 3 时，比在位置 2 又多切割一些，而在位置 4 时，导体运动方向与磁力线垂直，切割磁力线最多。以后又逐渐减少，到位置 7 时与 1 相同，没有切割磁力线。而从位置 8 开始，切割的磁力线数又逐渐增加，位置 10 时最多，以后又逐渐减少，回到位置 1。但是在上、下两个半圈时，导体运动的方向是相反的。

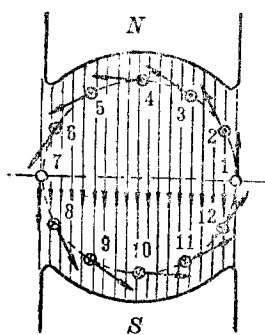


图 1.3.1

根据法拉第定律，导体在磁场中运动，切割磁力线时，将有感应电动势产生。它的大小等于

$$E = B \cdot L \cdot v \times 10^{-8} \quad (1.3.1)$$

式中 E 为感应电动势，单位为伏特； B 为磁感应强度或磁通密度，单位为高斯， L 为在磁场中切割磁力线的导体的有效长度，单位为厘米； v 为导线在和磁力线垂直方向上的移动速度，单位为厘米/秒。

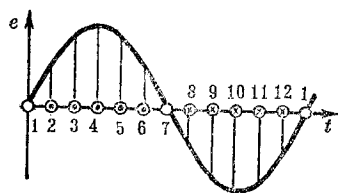


图 1.3.2

虽然导体在磁场中以匀速旋转，但在每一位置上它和磁力线所成的夹角并不相同，因此，在垂直于磁力线的方向上的分速度不等。在位置 1、7 为零，而在位置 4、10 最大，所以，在前两个位置上感应电动势为零，在后两个位置上感应电动势最大，其余各点依次减小，画成曲线图，如图 1.3.2 所示。从图可以看出，它是一条正弦曲线。

如果把导体两端的感应电动势引出来，则形成了如图 1.3.2 所示的交流电压，它的大小、方向都随时间而改变。

3. 交流电的周期与频率 导线在两磁极间旋转一周所需要的时间称为交流电的周期，用字母 T 来表示，单位为秒。那么，在一秒钟内交流电变化多少次呢？

$$f = \frac{1}{T} \quad (1.3.2)$$

式中 f 称为交流电的频率，单位为赫兹或周。它与周期互为倒数。

我们通常所说的交流市电为 50 周，即是指它的频率为 50 赫兹。

4. 交流电的最大值、有效值和平均值 图 1.3.3 画出了交流电压的波形，由图可以

看到，在 $\frac{T}{4}$ 和 $\frac{3T}{4}$ 时，电压最大（不管是正，还是负），此时的电压值称为交流电压的最大值，用 U_M 或 \hat{U} 表示。

交流电通过电阻，会使电阻发热。如果在单位时间内，电阻发出的热量和某一直流电通过该电阻时在单位时间内所发出的热量相等，此直流电的电压值即为交流电压的有效值，用 U_Y 表示。

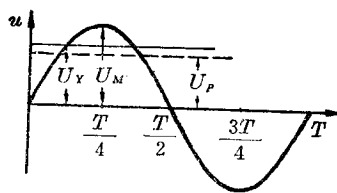


图 1.3.3

我们将交流电在半个周期内的电压变化平均计算，所得的值称为交流电压的平均值，用 U_P 或 \bar{U} 表示。

交流电压的平均值不能取整个周期中的电压的平均值，因为它的前半周与后半周方向恰好相反，平均值将为零。

交流电的最大值、有效值、平均值，其意义与上述相同。

交流电的最大值、有效值和平均值的关系是：

$$\left. \begin{aligned} U_M &= 1.414U_Y & U_Y &= 0.707U_M \\ I_M &= 1.414I_Y & I_Y &= 0.707I_M \\ U_M &= 1.571U_P & U_P &= 0.637U_M \\ I_M &= 1.571I_P & I_P &= 0.637I_M \\ U_Y &= 1.11U_P & U_P &= 0.9U_Y \\ I_Y &= 1.11I_P & I_P &= 0.9I_Y \end{aligned} \right\} \quad (1.3.3)$$

通常所说的交流电压、交流电流都是指有效值，电表测出的读数亦为有效值。因此，在使用符号时，就只用 U 和 I 来表示，而不再附加下脚标“Y”。

二、交流电路中的欧姆定律

1. 纯电阻电路 在这种电路中，负载是纯电阻性的，如非线绕电阻。在它上面，电压和电流的方向一致，如图 1.3.4(1) 所示，波形基本一样，只是振幅不同。如果用向量图来表示，如图 1.3.4(2) 所示，电压和电流的方向是完全重合的。在纯电阻电路中，可按照欧姆定律公式(1.2.1)、(1.2.2)和(1.2.3)计算各物理量。

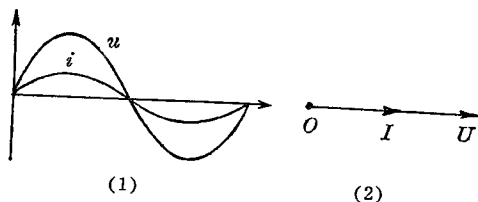


图 1.3.4

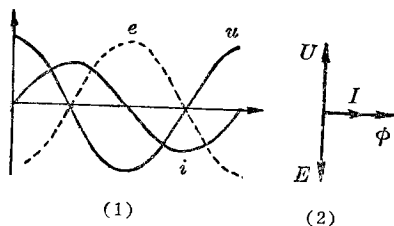


图 1.3.5

2. 纯电感电路 在这种电路中，负载为电感线圈，如阻流圈、变压器等。它的电压、电流变化曲线如图 1.3.5(1) 所示。

电感线圈中电流从零开始增加的瞬间，其变化率最大，因此感应电动势最大。电流逐渐增加，感应电动势沿反向逐渐减小，电流到达最大值时，感应电动势等于零。当电流从最大

值逐渐减小时,感应电动势又沿原方向逐渐增大,电流减小得越快,感应电动势增加得越快,当电流减小到零,感应电动势增至最大值。当电流向相反的方向增加时,感应电动势又逐渐减小。电流增至反向最大时,感应电动势减到零。当电流再向正向逐渐增加时,感应电动势继续沿原来方向减小,当电流为零时,感应电动势达到反向最大值。由此可见,感应电动势的相位比电流滞后 90° ,由于感应电动势 E 与电源电压 U 大小相等,方向相反,所以电源电压 U 比电流 I 超前 90° ,向量图如图 1.3.5(2)。如果我们用 X_L 来代表电感对电流的阻力,则

$$I = \frac{U}{X_L} \quad (1.3.4)$$

$$U = IX_L \quad (1.3.5)$$

$$X_L = \frac{U}{I} \quad (1.3.6)$$

与欧姆定律比较,只是用 X_L 代替了 R ,我们称 X_L 为感抗,它与线圈的电感,以及通过线圈的电流的频率有关:

$$X_L = 2\pi fL = \omega L \quad (1.3.7)$$

式中 X_L 的单位为欧姆;频率 f 的单位为赫兹;电感 L 的单位为亨利。

3. 纯电容电路 在这种电路中,负载为电容器。从图 1.3.6(1) 可以看到,当电压从零开始增加时,电压的变化率最大,此时,电容器两极板上的电荷 Q 的变化率也最大,即电流最大。电压逐渐增加时,它的变化率逐渐减小,因此电流也就逐渐减小,当电压增至最大时,变化率为零,电流也就减至零。当电压逐渐减小时,电流又开始反向增加,……。所以,通过电容器的电流比外加电压要超前 90° ,用向量来表示,则如图 1.3.6(2)所示。同样,我们用 X_C 来代表电容对交流电的阻力,则

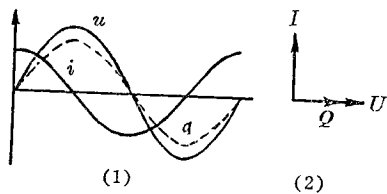


图 1.3.6

$I = \frac{U}{X_C}$ (1.3.8)

$$U = IX_C \quad (1.3.9)$$

$$X_C = \frac{U}{I} \quad (1.3.10)$$

与欧姆定律比较,只是用 X_C 代替了 R ,我们称 X_C 为容抗,它除了和电容量有关以外,也与通过电容器的交流电频率有关:

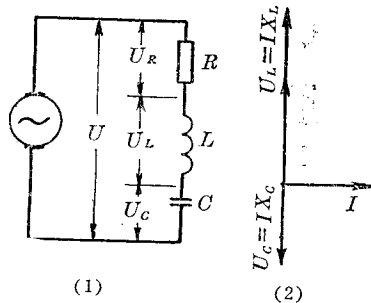


图 1.3.7

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C} \quad (1.3.11)$$

4. 混合电路 一般电路中,电阻、电容、电感可能都存在,或存在其中任意两个,如图 1.3.7(1)。这时,整个电路内,对电流的阻力就不仅是电阻,还有容抗和感抗,它在数值上等于:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (1.3.12)$$

$$X = X_L - X_C \quad (1.3.13)$$

式中 Z 为阻抗,单位为欧姆; X 为电抗,等于感抗和容抗之和,但它们两个相位相反,见图 1.3.7(2),因此,数值上,电抗等于感抗减容抗,单位为欧姆。

总结以上所述,在一般交流电路内,欧姆定律采取下列形式:

$$I = \frac{U}{Z} \quad (1.3.14)$$

$$U = I \cdot Z \quad (1.3.15)$$

$$Z = \frac{U}{I} \quad (1.3.16)$$

5. 在电路中电容、电感的计算 有时在电路中,可能遇到电容或电感的串联、并联和混联,可按照下述方法计算。

(1) 电容的串联: 根据公式(1.3.9)

$$U_1 = I_1 X_{C_1}$$

$$U_2 = I_2 X_{C_2}$$

$$U = U_1 + U_2 = I_1 X_{C_1} + I_2 X_{C_2}$$

$$I_1 = I_2 = I$$

因

$$U = I(X_{C_1} + X_{C_2}) = I \left(\frac{1}{2\pi f C_1} + \frac{1}{2\pi f C_2} \right) = \frac{I}{2\pi f} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

$$\frac{I}{2\pi f C} = \frac{I}{2\pi f} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

所以

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (1.3.17)$$

在串联电路中,总电容的倒数等于各电容倒数的和。

(2) 电容的并联: 根据公式(1.3.8)

$$I_1 = \frac{U_1}{X_{C_1}} \quad I_2 = \frac{U_2}{X_{C_2}}$$

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U_1}{X_{C_1}} + \frac{U_2}{X_{C_2}}$$

因

$$U_1 = U_2 = U$$

$$\frac{U}{X_C} = \frac{U}{X_{C_1}} + \frac{U}{X_{C_2}}$$

$$2\pi f C = 2\pi f C_1 + 2\pi f C_2 = 2\pi f (C_1 + C_2)$$

所以

$$C = C_1 + C_2 \quad (1.3.18)$$

在并联电路中,总电容等于各电容之和。

(3) 电容的混联: 读者可以根据以上分析,自己列出结果。

(4) 电感的串联: 根据电阻串联的计算方法,可以得出:

$$L = L_1 + L_2 \quad (1.3.19)$$

在串联电路中,总电感等于各电感之和。

(5) 电感的并联: 根据电阻并联的计算方法,可以得出:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \quad (1.3.20)$$

在并联电路中,总电感的倒数等于各电感倒数之和。

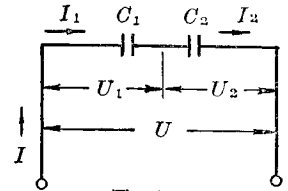


图 1.3.8

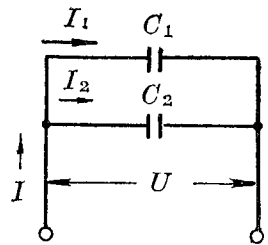


图 1.3.9

三、三相交流电路

1. 三相交流电的产生 在交流发电机转子上,我们每隔 120° 安放一个绕组,见图1.3.10(1),则在运转时,可发出三相交流电,它们之间的相位差都是 120° ,电压的变化曲线如图1.3.10(2)所示。向量图如图1.3.10(3)所示。

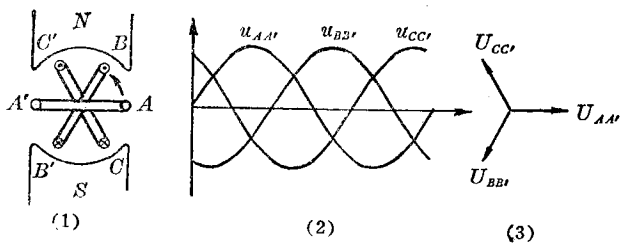


图 1.3.10

2. 三相交流电的联接 三相交流电有三个绕组,联接法有星形接法和三角接法两种。

(1) 星形接法:如图1.3.11(1)所示,将三个绕组尾端接在一起,三个始端引出三条线,每条线称为一相。从公共接点引出的线称为中性线或零线。形状像颗星星,通常以字母Y来代表星形接法。

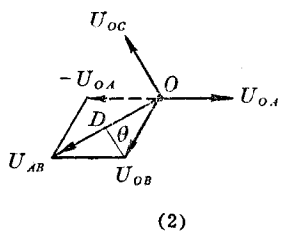
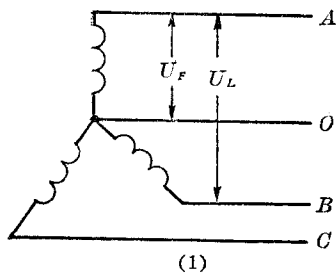


图 1.3.11

在星形接法中,两相始端引出线之间的电压称为线电压 U_L ,而每一相始端与尾端(即中性线)之间的电压称为相电压 U_F 。

根据图1.3.11(2)所画出的向量图,反向画出 U_{OA} ,然后使 U_{OB} 和 $-U_{OA}$ 相加,得出 U_{AB} ,从 U_{OB} 端点向 U_{AB} 作垂线,相交 U_{AB} 于 D 点,则 OD 等于 $\frac{U_{AB}}{2}$,且 θ 角为 30° 。

$$\frac{U_{AB}}{2} = \cos \theta \cdot U_{OB} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_{OB}$$

$$U_{AB} = U_L \quad U_{OB} = U_F$$

但

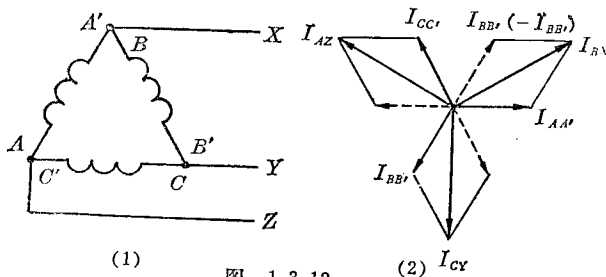


图 1.3.12

$$\text{所以 } U_L = \sqrt{3} U_F = 1.732 U_F \quad (1.3.21)$$

绕组始端输出接在负载上,全部电流都经过负载,没有其他支路,因此

$$I_L = I_F \quad (1.3.22)$$

由上面两式得出:在星形接法时,线电压等于相电压的 $\sqrt{3}$ 倍;而线电流等于相电流。

(2) 三角接法:如图1.3.12(1)所示,将三个绕组头尾依次相接,引出三条线,形状像个三角形,通常以字母 Δ 来代表三角接法。

可以看出,在三角接法中,两线之间的电压 U_L 就是各相的相电压 U_F ,即

$$U_L = U_F \quad (1.3.23)$$

而线电流可用推导公式(1.3.21)同样的方法得:

$$I_L = \sqrt{3} I_F = 1.732 I_F \quad (1.3.24)$$

由上面两式得出:在三角接法时,线电压等于相电压;而线电流等于相电流的 $\sqrt{3}$ 倍。

第二章 无线电电路元件

毛主席教导我们：“就人类认识运动的秩序说来，总是由认识个别的和特殊的事物，逐步地扩大到认识一般的事物。人们总是首先认识了许多不同事物的特殊的本质，然后才有可能更进一步地进行概括工作，认识诸种事物的共同的本质。”

无线电设备中，包含有很多元件，它们都起着不同的作用。在研究整机设备之前，应先对每种元件的特性有个基本的了解。这一章主要介绍电阻器、电容器和电感器的分类、结构、特性、使用方法、注意事项等。

2.1 电阻器

一、电阻器在电路中的作用

电阻器是具有一定电阻数值的无线电元件。当有电流通过时，在它上面便产生电压降。在电路中就是利用电阻器的这一特性，以得到所需的电压、电流。

二、电阻器的种类、构造及一般特性

通常我们称电阻器为电阻，它的种类很多，而且随着科学的发展，新型电阻不断出现，我们只介绍常用的一些电阻。按照结构形式，可分为以下几种。

1. 线绕电阻 它是用特殊的合金制成细丝绕在绝缘管上制成的，其构造如图 2.1.1 所示。一般分为固定式、可调式两种。按保护层来区分，有一般釉质和防潮釉质两种。优点：阻值精确，有良好的电气性能，工作可靠稳定，温度系数小，耐热性好，功率较大。缺点：阻值不能太大，成本高。线绕电阻适用于功率要求较大的电路，有的可用于要求精密电阻的地方，但是它存在有电感，不宜在高频电路中使用。

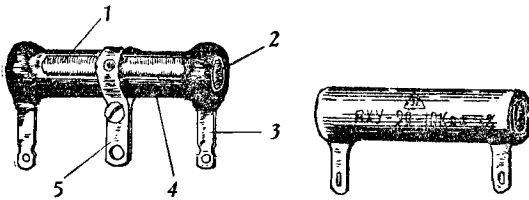


图 2.1.1

- 1—电阻丝；
- 2—绝缘管；
- 3—引线；
- 4—保护层；
- 5—调整接点。

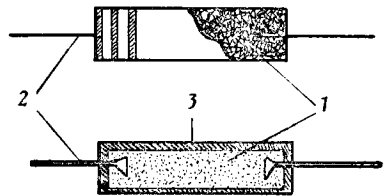


图 2.1.2

- 1—电阻实体；
- 2—引出线；
- 3—瓷管保护层。

2. 合成型电阻 它是用导电材料（如石墨、炭黑）、填充料、粘合剂等混合制成的。以炭质实心电阻应用最广，其构造如图 2.1.2 所示。优点：成本低，制造工艺简单，过载能力大，可靠性大。缺点：阻值误差大（达 10~25%），噪声电势大，阻值易随温度、湿度变化（温度系数 K_{RT} 达 0.1%），功率较小，体积大。由于电阻内炭粒与填充料之间存在电容和集肤效应，