



# 公用部分

## 第一节 供配电系统基础

### 1-1-1 什么是部分电路欧姆定律？

在电阻电路中 电流  $I$  的大小与电阻两端的电压  $U$  成正比 与电阻的阻值  $R$  成反比 这就是部分电路欧姆定律，即： $I = U/R$ 。

### 1-1-2 什么叫全电路欧姆定律？

在无分支闭合电路中 电流  $I$  的大小与电源的电动势  $E$  成正比 与电源内阻  $r_0$  及外电路电阻之和  $R$  成反比 这就叫全电路欧姆定律 用公式表示就是  $I = E / (R + r_0)$ 。

### 1-1-3 直流串联电路有什么特点？

串联电路有四个特点：

- 1) 流过各电阻的电流都相等；
- 2) 端电压等于各电阻上电压之和；
- 3) 总电阻等于各电阻之和；
- 4) 各电阻两端的电压与各电阻成正比。

**1-1-4** 直流并联电路有什么特点？

并联电路有四个特点：

- 1) 各支路两端的电压相等；
- 2) 总电流等于各支路电流之和；
- 3) 总电阻的倒数等于各支路电阻倒数之和；
- 4) 流过各支路的电流与支路中电阻的大小成反比。

**1-1-5** 如何计算直流回路电功？电功的基本单位和常用单位是什么？

电功  $W = UIt = \frac{U^2}{R}t = I^2 R t$ 。电功的基本单位为焦尔

(J)，其常用单位为千瓦时 (kWh)。

**1-1-6** 电功率是如何定义的？基本单位是什么？

单位时间内电场力所做的功称为电功率。电场力做功为  $W$  则电功率为  $P$  时，得  $P = W/t$ 。电功率的基本单位是瓦 (W)。

**1-1-7** 什么是基尔霍夫第一定律？

基尔霍夫第一定律说明了在电源和负载组成的电路里，连接在同一节点上的几条支路中电流间的关系，即流入节点的电流等于从该节点流出的电流，它们的代数和恒等于零，用公式表示就是  $\sum I = 0$ 。

**1-1-8** 在纯电阻、纯电感、纯电容的交流电路中，电压、电流的相位有何关系？

在纯电阻电路中 电压与电流同相位 在纯电感电路中 电流相位滞后电压相位  $90^\circ$  在纯电容电路中 电流相位超前电压相位  $90^\circ$ 。

**1-1-9** 什么叫正弦交流电？

大小及方向均随时间按正弦规律变化的交流电称为正弦交流电。

**1-1-10** 什么叫交流电的频率和角频率？

交流电在每秒钟内循环变化的次数称为交流电的频率。交流电流或电压在每秒钟内所经过的电角度称为角频率。

**1-1-11** 交流电流的有效值是如何定义的？

将一个交流电流和一个直流电流分别通过同一电阻 如果经过相同时间产生同样的热量 则这个直流电流值就是交流电流的有效值。

**1-1-12** 什么叫谐振？

用一定的连接方式将交流电源 电感线圈及电容器组合起来 在一定条件下 电路有可能发生电能与磁能互相交换的现象 此时外施交流电源仅供给电路中电阻损耗的能量，不再与电感线圈和电容器发生能量转换 我们称电路内发生了谐振。

**1-1-13** 什么叫感抗？如何计算感抗？

交流电流流过电感元件时 电感元件对交流电流的限制

能力叫感抗。感抗与频率和电感成正比 即

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

式中  $\omega$ ——角速度；

$f$ ——频率；

$L$ ——电感值。

### 1-1-14 什么叫容抗？如何计算容抗？

交流电流通过电容元件时 电容元件对交流电流的限制能力叫容抗。容抗与频率和电容量成反比 即

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

式中  $C$ ——电容量。

### 1-1-15 纯电阻与纯电感电路的有功功率及无功功率的计算公式是什么？

(1) 对纯电阻电路： $P = UI$ ， $Q = 0$ 。

(2) 对纯电感电路： $P = 0$ ， $Q = I^2 X_L$ 。

### 1-1-16 电阻、电感串联的交流电路的电压与电流间的相位差由什么决定？

电阻、电感串联电路的电压与电流间的相位差由电阻、电感值和电源的角频率来决定 即

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{X_L}{R} = \text{tg}^{-1} \frac{\omega L}{R}$$

### 1-1-17 电阻、电感串联的交流电路的总电压与各分电压间

有什么关系？写出其关系式。

电阻、电感串联电路的总电压  $U$  等于电阻电压  $U_R$  与电感电压  $U_L$  的相量和 用公式表示就是  $U = U_R + U_L$ 。

**1-1-18** 初相角不相同的两个同频率正弦量相加得出什么结果？

初相角不相同的两个同频率正弦量相加后仍是同频率正弦量 只是最大值和初相角有所变化。

**1-1-19** 如何计算 RLC 串联交流电路的复数阻抗？

复数阻抗  $Z = R + j(X_L - X_C) = R + jX$ 。

**1-1-20** 单相交流电路的有功功率  $P$ 、无功功率  $Q$  和视在功率  $S$  的计算公式是什么？

(1) 有功功率： $P = UI \cos \phi$ 。

(2) 无功功率： $Q = UI \sin \phi$ 。

(3) 视在功率： $S = UI$ 。

**1-1-21** 三相对称电路的有功功率计算公式是什么？

有功功率为

$$P = \sqrt{3} UI \cos \phi$$

式中  $U$ —线电压；

$I$ —线电流；

$\phi$ —线电压与对应的线电流之间的相位差。

**1-1-22** 当单个电池的电动势和额定电流都不能满足电路的要求时，应采用什么方法解决？

当单个电池的电动势和电流都不能满足电路的要求时，可采用混联电池组的方法。先将电池串联成串联电池组以满足电压的要求 再把几个相同的串联电池组并联起来 以满足负载对电流值的需要。

**1-1-23** 什么叫趋肤效应？

导线中流过交流电流时 特别是流过高频电流时 电流在导体截面上的分布是不均匀的 越接近表面 电流密度越大 这种现象就叫趋肤效应。

**1-1-24** 什么叫非线性元件？

流过元件的电流与元件的外加电压不成正比 这样的元件就叫做非线性元件。

**1-1-25** 什么叫三相交流电的不对称度？其作用是什么？

不对称度就是负序分量的电压  $U_2$  与正序分量的电压(  $U_1$  )的比值 用百分数表示 即  $\epsilon = \frac{U_2}{U_1} \times 100\%$ 。

不对称度用来衡量三相负载的不对称程度 因为实际上多数的三相负载是不对称的。当  $\epsilon$  小于 5%时 可以认为三相负载是对称的。

**1-1-26** 用瞬时值表达式表示三相交流电动势的瞬时值。

三相交流电动势的瞬时值表达式如下

$$e_A = E_m \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \sin (\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = E_m \sin (\omega t + 120^\circ)$$

**1-1-27** 如何计算三相不对称负载的有功功率？

当三相负载不对称时 不能用公式  $P = \sqrt{3} UI \cos \phi$  计算，应将各相单独计算后再相加 即

$$P_A = U_A I_A \cos \phi_A$$

$$P_B = U_B I_B \cos \phi_B$$

$$P_C = U_C I_C \cos \phi_C$$

$$P = P_A + P_B + P_C$$

**1-1-28** 用什么方法可使 RLC 串联电路产生谐振？

谐振的条件是  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ ，当电源频率固定时（即  $\omega$  为定值时）用改变电路参数的方法可使 RLC 串联电路发生谐振。用改变电源频率的方法也可使电路发生谐振。

**1-1-29** 什么叫正序分量、负序分量、零序分量？

任意一组不对称的三相正弦交流量都可以分解成三相对称正弦交流量。一组是正序分量，用下标“1”表示，相序与原不对称正弦量的相序一致，即为 A-B-C 的次序，且各相相位互差  $120^\circ$ 。一组是负序分量，用下标“2”表示，相序与原不对称正弦量的相序相反，即为 A-C-B 的次序，且各相相位互差  $120^\circ$ 。另一组是零序分量，用下标“0”表

示 三相的相位相同。

**1-1-30** 电感元件上的电压和电流为什么不同相？

因电感上的电压  $U_L = L \frac{di}{dt}$ ，即电感上的电压与电流的变化率成正比 而与电流的大小无关。当电流等于最大值时 变化率为零 即： $U_L = 0$  当电流等于零时 电流的变化率最大 即  $U_L$  达最大 所以  $U_L$  超前  $i_L 90^\circ$ 。

**1-1-31** 在三相三线制中，任何瞬间三相电流的关系是怎样的？

三相三线制中 任何瞬间三相电流的相量和均为零 即

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0。$$

**1-1-32** 在三相四线制中，任何瞬间三相电流的关系是怎样的？

三相四线制中 任何瞬间三相电流的相量和均等于中线上的电流 即  $\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \dot{I}_N$ 。

**1-1-33** 当三相负载按三角形接线时，线电流和相电流的相位及数值关系是怎样的？用相量图表示。

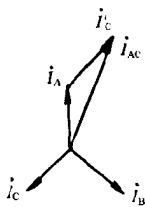


图 1-1-1

当负载为三角形接线时 线电流是相电流的  $\sqrt{3}$  倍 线电流滞后相电流  $30^\circ$ 。以 A、C 相为例 相电流  $I_A$ 、 $I_C$  及线电流  $I_{AC}$  相量关系如图 1-1-1 所示。

### 1-1-34 什么叫过渡过程？

当电路中有储能元件 如电感、电容 时 从一个稳定状态转换到另一个稳定状态就需要经过一段时间 或者说要经过一个过程 这个过程就叫过渡过程 也叫暂态过程。如同火车从静止达到一定的速度不是一下子就达到 而需经过一个过程一样。

### 1-1-35 什么叫中性点位移？

星形连接的负载三相对称时 中性点电位为零 三相负载不对称时 如果没有中线或中线阻抗较大 中性点电位不再为零 这样的现象就叫做中性点位移。

### 1-1-36 什么是戴维南定理？

任何一个有源二端线性网络 对外电路来说 都可以用一个具有电动势  $E_0$  和内阻  $r_0$  的等效电源代替。其中  $E_0$  等于原来网络两点间的开路电压， $r_0$  等于原来网络中的所有电动势都为零时 两端点间的等效电阻 这个定理叫戴维南定理。

### 1-1-37 锗、硅半导体是如何通过空穴的移动来导电的？

锗、硅的物质结构是晶体 它们的 4 个外层价电子既在本原子轨道上运动 又分别在相邻的 4 个原子的外层轨道上运动 形成外层电子的共价键。在常温下一些价电子成为自由电子后 在原来的共价键位置上就留下了一个空位 即空穴。有了空穴 就容易在热运动或外电场的作用下使邻近价电子来填补 同时这个相邻原子的共价键中又出现了一个新

的空位 如此继续下去 可知空穴的移动实质上就是价电子的反方向移动。半导体也就是这样通过空穴的移动来导电的。

**1-1-38** 单相半波整流电路是根据什么原理工作的？有什么特点？

半波整流电路的工作原理是 在变压器二次绕组的两端串接一个整流二极管和一个负载电阻。当交流电压为正半周时，二极管导通 电流流过负载电阻 当交流电压为负半周时，二极管截止 负载电阻中没有电流流过 所以负载电阻上的电压波形是交流电压一个周期中的半个波。其特点是接线简单 使用的整流元件少 但输出的电压低、效率低、脉动大。

**1-1-39** 全波整流电路是根据什么原理工作的？有什么特点？

全波整流电路的工作原理是 变压器的二次绕组是由中心抽头将总绕组分成匝数相等且均为总匝数之半的两个分绕组做成的。在两个分绕组出口各串接一个二极管 使交流电流在正、负半周时各通过一个二极管 且以同一方向流过负载。这样 在负载上就获得了一个脉动的直流电流和电压。全波整流电路的特点是输出的电压低、脉动小、电流大 整流效率也较高 但变压器的二次绕组要有中心抽头 故使体积增大 工艺复杂 而且两个半部绕组只有半个周期内有电流流过，使变压器的利用率降低，二极管承受的反向电压高。

**1-1-40** 在单相桥式整流电路中，如果有一个二极管短路、

断路或反接，会出现什么现象？

在单相桥式整流电路中 如果有一个二极管短路 将造成半波直通、另半波电源短路 如果有一个二极管断路 就会形成半波整流 如果有一个二极管反接 则电源完全短路 电路不起整流作用 负载中无电流流过。

#### 1-1-41 什么是三极管的电流放大作用？

当三极管工作点运行于放大区时 三极管的基极电流与集电极电流的比例是一定的。基极电流增大或减小多少倍，集电极电流也就增大或减小多少倍。由于基极电流比集电极电流小得多 就可以因为基极电流很小的变化引起集电极电流很大的变化。用小电流控制大电流 就是三极管的电流放大作用。

#### 1-1-42 硅稳压管为什么有稳压作用？

一般的二极管不是工作在反向击穿区的 而稳压二极管却不同 它恰好工作在反向击穿的情况下。从伏安特性可以看出 在反向电压较低时 管子只有很小的漏电流。当反向电压达到或超过  $U_A$  时 管子被击穿 反向电流迅速增加。当外加电压切断后 二极管的单向导电性仍可恢复。在反向击穿区 稳压管的反向电流在很大范围内变化 稳压管两端的电压变化却很小。因此 稳压二极管工作在该区域可以实现稳压作用。

1-1-43 三极管的集电区与发射区是同类型的半导体，如果把三极管的发射极与集电极互换使用，会出现什么现象？

三极管的集电区与发射区虽然是同类型的半导体 但在制造上是不同的 集电区载流子的浓度比发射区的小 而集电极的面积却比发射极大 2~3 倍 显然如将发射极与集电极互换使用 将降低三极管的放大倍数。

#### 1-1-44 晶体三极管为什么能起开关作用？

放大虽然是晶体三极管的基本特性 但只有当晶体三极管发射结一直加正向电压 集电结一直加反向电压时 它才能始终工作在放大区。如果使两个 PN 结都加正向电压 三极管就从放大状态转化为饱和状态。如果两个 PN 结都加上反向电压 则三极管转化为截止状态。因此 晶体三极管能起开关作用。

#### 1-1-45 什么叫脉冲？

在脉冲技术中 把电压或电流的突跳 或波形不连续的电

流或电压叫脉冲。

#### 1-1-46 什么叫周期、频率和角频率？

线圈在磁场 N 极和 S 极 中旋转一周 感应电动势完成一次正负变化 叫做一周。完成一周所需的时间叫做周期 用符号“ $T$ ”来表示 单位是秒 (s) 交流电每秒完成的周数叫频率 用符号“ $f$ ”来表示 单位是赫兹 (Hz) 赫兹简称赫。交流电每秒变化的角度叫角频率，用符号“ $\omega$ ”来表示 单位是弧度 / 秒 (rad/s)。可用以下公式表示

$$T = \frac{1}{f}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

**1-1-47** 什么是交流电的最大值？

交流电是按正弦曲线变化的。在变化过程中所能达到的最大值也叫幅值。每一周期出现 2 次最大值。

**1-1-48** 正弦交流电的基本表示方法是什么？

三角函数表示法是正弦交流电的基本表示方法 可用以下公式表示

$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \psi)$$

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi)$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

**1-1-49** 什么是阻抗三角形和功率三角形？

在具有电阻  $R$ 、电感  $L$ 、电容  $C$  的串联电路中 采用矢量方法构成了电压三角形。由于串联电路通过的电流是不变的 如果把电压三角形各边都除以电流值  $I$ ，就成为一个阻抗三角形。

同理 如果把电压三角形各边都乘以电流值  $I$ ，就得到了功率三角形。

**1-1-50** 什么叫功率因数？

功率因数是衡量电气设备效率高低的一个系数。它是交流电路中有功功率与视在功率的比值，即功率因数 =  $\frac{\text{有功功率}}{\text{视在功率}}$  其大小与电路的负荷性质有关。有功功率  $P =$

$UI\cos\phi$ ,  $\cos\phi$  即为功率因数。

#### 1-1-51 如何提高功率因数？

常用的方法就是在电感性负荷两端并联静电电容器 (可以设置在用户或变电所中) 将电感性负荷所需的无功功率大部分转交由电容器供给 把交变磁场与电源的吞吐转为磁场与电容电场之间吞吐 从而使发电机电源能量得到充分利用 所以说提高功率因数具有很大的经济意义。

#### 1-1-52 什么是串联谐振？

在电阻、电感和电容串联电路中，从电压三角形可看出，一旦电感上电压  $U_L$  与电容电压  $U_C$  相等而互相抵消时，在电路中电源全被电阻所消耗 成为电阻电路 这种现象称为串联谐振。

#### 1-1-53 什么是并联谐振？

当电感和电容并联时 如果出现电源电能全部为电阻消耗而成为电阻电路的情况 称为并联谐振。这时支路电流往往会大大超过电路总电流 也会造成电路熔断器熔断和烧毁电气设备的事故 但在无线工程中往往用来选择信号和消除干扰。

#### 1-1-54 什么是三相交流电路？

在磁场中放置三个匝数相同、彼此在空间相距  $120^\circ$  的绕组 当转子由原动机带动、并以匀速按顺时针方向转动时，则每相绕组依次被磁力线切割 就会在三个绕组中分别产生

频率相同、幅值相等的正弦交流电动势  $e_A$ 、 $e_B$ 、 $e_C$  三者  
在相位上彼此相差  $120^\circ$ 。此即为三相交流电路。

**1-1-55** 什么是三相三线制？什么是三相四线制？

三相三线制是三相交流电源的一种连接方式。从三个绕组的端头引出三根导线，另将三个绕组尾端连在一起，又叫星形接线。这种用引出三根导线供电的方式叫三相三线制。在星形接线的三相三线制中，除从三个绕组端头引出三根导线外，还从三个绕组尾端的连接点上再引出一根导线。这种引出四根导线供电的方式叫三相四线制。

**1-1-56** 什么叫相电压、线电压？什么叫相电流、线电流？

每相绕组两端的电压叫相电压。通常用  $U_A$ 、 $U_B$ 、 $U_C$  分别表示三相相电压。端线与端线之间的电压称为线电压，一般用  $U_{AB}$ 、 $U_{BC}$ 、 $U_{CA}$  表示。凡流过每一相绕组的电流叫相电流，流过端线的电流叫线电流。

**1-1-57** 三相负载星形连接的线电压、相电压、线电流和相电流如何计算？

根据矢量方法，星形连接中两根相线之间的线电压是两个相电压的矢量差。由数学关系可以求得线电压与相电压的关系为： $U_l = \sqrt{3} U_p$ 。星形连接时，每相绕组与电源端线串接，所以线电流等于相电流，即  $I_l = I_p$ 。可用以下公式表示

$$I_l = I_p = \frac{U_l}{\sqrt{3}R} = \frac{U_p}{R}$$

式中  $R$ ——负载电阻值。

**1-1-58** 三相负载三角形连接法的线电压、相电压、线电流和相电流如何计算？

将三相绕组按头尾的次序依次连接组成闭合三角形叫做三角形连接法。由于每相绕组直接并接在电源的两相之间，所以线电压就等于相电压，即  $U_l = U_p$ 。同时根据矢量方法，三角形连接时线电流不等于相电流，其关系为： $I_l = \sqrt{3}I_p$ 。在实际生产中，三角形连接的三相负载都是对称相等的。

**1-1-59** 为什么在低压电网中普遍采用三相四线制？

因为用星形连接的三相四线制可以同时提供两种电压值，即线电压和相电压。既可提供三相动力负载使用，又可提供单相照明使用。例如常用的低压电压 380/220V，既可提供 380V 的三相交流电动机使用的动力电源，又可同时提供单相 220V 的照明电源。

**1-1-60** 怎样计算三相负载的功率？

在三相交流电路中，不管负载是星形接法还是三角形接法，总的有功功率等于各相有功功率之和。因此，当三相负载对称相等时，三相有功功率等于三倍单相有功功率之和。用公式表示为： $P = 3U_p I_p \cos\phi$ 。 $\cos\phi$  为一相的功率因数，要根据每一相负载性质而定。有时为了方便测量和计算，利用星形和三角形不同接法的线电压和相电压、线电流和相电

流之间的关系变换为

$$P = \sqrt{3} U_l I_l \cos \phi$$

注意式中的电压为线电压，电流为线电流，功率因数  $\cos \phi$  仍由每一相自身的负载性质定出。如果遇到三相负载不对称时，则分别计算各相功率，三相总功率等于各项功率之和，可用以下公式表示

$$P = P_A + P_B + P_C$$

#### 1-1-61 什么叫相序？

相序是指三相交流电相位的顺序。从三相交流的波形图可以看出，三相交流电电压或电流到达最大值或零值的时间有先有后。我们称 A 相超前 B 相，B 相超前 C 相，C 相超前 A 相。这种三相电压由 A 到 B 再到 C 的顺序叫作三相电压的相序。

#### 1-1-62 什么叫电源？

能将其他形式的能量转换成电能的设备叫电源。发电机、蓄电池和光电池等都是电源。它们分别把机械能、化学能和光能转换成电能。

#### 1-1-63 什么是短路、断路？

短路是指电路两端被电阻近似于零的导体连接。

断路是指在闭合回路中发生断线，使电流不能导通的现象。

#### 1-1-64 什么叫电阻？