

### 1、 麦克斯韦方程

包括全电流定律、电磁感应定律、磁通连续定律、高斯定律。其中全电流定律表明传导电流和变化的电场都能产生磁场；电磁感应定律表明电荷和变化的磁场都能产生电场；磁通连续定律表明恒定磁场是一个无源无散场，磁场中任一闭合面均不发出也不终  $B$  线， $B$  线是连续的、无头无尾的闭合曲线；高斯定律表明电荷以发散的方式产生电场。

### 2、 霍尔效应是什么？什么是罗果夫斯基线圈？

霍尔效应是指在磁场中的载流导体上出现横向电势差的现象。

罗果夫斯基线圈是一种利用电磁感应原理和全电流定律，测量大冲击电流（几十 kA 到几百 kA）或冲击电流的时间变化率的装置。

### 3、 坡印亭矢量？

坡印亭矢量是电场强度和磁场强度的叉积，其方向表示能量流动的方向，大小表示单位时间内穿出单位垂直面积的能量。单位是瓦每平方米。

坡印亭定理是电磁场中的能量守恒定理，其表示能量向外的传输等于储能的减少、功率的消耗和电源的供能的代数和。

### 4、 自由电荷和束缚电荷的区别，电介质极化和导体静电感应的区别？

自由电荷是指导体中的自由电子（金属中）、离子（气体或液体中）等在受到电场力时可以自由运动的电荷。束缚电荷是指电介质中被原子内力、分子内力或分子间束缚着的带电粒子，它们在电场力的作用下可以有微小的移动，但不能离开分子的范围。

电介质的极化是指在外加电场中电介质的分子或原子形成电偶极子，在电介质的表面出现正和负束缚电荷的现象。极化后，束缚电荷在电介质中所建立的电场一般可以减弱外加电场。

导体的静电感应是指在外加电场中导体的自由电荷移动，积累在导体表面并建立电场，直至其表面电荷建立的电场与外加电场在导体中处处相抵为止的现象。由于有静电感应，静电场中的导体内部无电荷，电荷只能分布在导体表面；导体内处处电场强度为零；导体表面附近场强与表面垂直；导体为一等势体，导体表面为等势面。

### 5、 静电屏蔽 电磁屏蔽 静磁屏蔽的区别

静电屏蔽是利用静电平衡时导体内部的场强为零这一规律制成的可以屏蔽电场的屏蔽装置。

电磁屏蔽是利用良导体中涡流能阻止高频电磁波透入这一特性制成的可以同时屏蔽电场和磁场的屏蔽装置。它可以抑制辐射干扰和高频传导干扰。

静磁屏蔽是利用在外磁场中高磁导率的铁磁材料可以使绝大部分磁场集中在铁磁回路中这一特性制成的可以屏蔽磁场的屏蔽装置。

静磁屏蔽的作用与静电屏蔽类似，但是效果没有静电屏蔽好，这是因为金属导体的电导率要比空气的电导率大十几个数量级，而铁磁物质与空气的磁导率的差别只有几个数量级。

6、 **给出第二类边界条件，为什么电位值不确定？**

只知道偏导数没有基值

7、 **E 在两介质分界面处是否变化？**

切线方向 E 不变；法向方向 D 不变。

8、 **一个圆形线圈里垂直穿过一个通入电流的导线，问线圈里有没有感应电动势**

这取决于通入的电流有没有变化，因为产生感应电动势的原理是变化的磁场产生感应电场，若电流有变化则线圈中有感应电动势，若电流没有变化则没有。

9、 **一个气球,表面布满均匀电荷,随着气球的不断吹大,气球内部和外部的电场都如何变化？**

外部不变，内部场强为零

10、 **似稳电磁场的条件，物理意义**

（交变电流的频率较低时，在电流附近，与之相距比该频率的电磁波在真空中的波长少得多的区域内，可以忽略电磁场的推迟效应，这样的区域中的电磁场即为似稳场或准稳场）

11、 **什么样的电磁场叫静电场？工频电场算是静电场么？**

静电场是指相对于观察者静止且量值不随时间变化的电荷所激发的电场。

工频电场不算静电场。

12、 **从能量角度分析，一个接地系统靠近一个带正电的孤立带电球，请问带电球电位是升高还是降低？**

相当于把球移到无穷远处，电场力做功，能量降低，故带电球电位应该是降低。

13、 **电磁场中为什么要引入磁矢位、磁标位？有什么物理意义？**

磁矢位的旋度是磁感应强度，可以引入是因为恒定磁场是无源场。引入磁矢位后可以免叉积的运算，此外磁矢位的方向与电流密度方向相同，积分项简单，并且可以推导出磁矢位的边值问题，可以与静电场类比。

磁标位的梯度加负号是磁场强度，可以引入是因为磁场中没有自由电流的区域可以看作是无旋场。引入磁标位后可以简化磁场的计算，但是无自由电流区域为多联通域，使得磁压为多值磁压，故引入磁壁障使磁压成为单值函数。

14、 **位移电流的物理意义**

位移电流定义为电位移矢量时间变化率的面积分。在全电流定律中位移电流的部分反映了变化的电场能够产生磁场。

#### 15、邻近效应，集肤效应、涡流的解释

相互靠近的导体通有交变电流时，一个导体中电流激励的磁场不仅在自身而且在另一个导体中激励感应电场，且可能分布不均匀，进而影响各导体电流密度的分布的现象称为邻近效应。频率越高，导体靠得越近，邻近效应愈显著。

集肤效应分为磁集肤效应和电集肤效应。磁集肤效应是由于涡流的去磁作用，在铁心的薄钢片内部磁通密度小而表面附近大的现象。电集肤效应则是由于电磁感应使得电流密度分布不均匀，在导体内深处小而在表面附近大的现象。

涡流是当导体置于交变的磁场中时，与磁场正交的曲面上产生的闭合的感应电流。

#### 16、什么叫辐射？（电磁波脱离波源在空间中独自传播的现象）

#### 17、一个导体平板在恒定磁场中平行运动是否有涡流？为什么？

没有涡流。因为平行运动，不切割磁感线。

#### 18、线形介质中自感互感都跟什么有关

线性各向同性媒质中，自感仅与回路的几何尺寸、媒质参数有关，与回路的电流无关；互感不仅与两个回路的几何尺寸和周围媒质有关，还和两个回路之间的相对位置有关。

## 电机学

### 1、什么是直流电机

直流电机是实现机械能和直流电能之间相互转换的旋转电机。直流电机本质上是交流电机，需要通过整流或逆变装置与外部电路相连接。常见的是采用机械换向方式的直流电机，它通过与电枢绕组一同旋转的换向器和静止的电刷来实现电枢绕组中交变的感应电动势、电流与电枢外部电路中直流电动势、电流间的换向。（实质是一台有换向装置的交流电机）

### 2、同步机和异步机的区别

同步电机定子交流电动势和交流电流的频率，在极对数一定的条件下，与转子转速保持严格的同步关系。同步电机主要用做发电机，也可以用作电动机，还可以用作同步调相机（同步补偿机）。同步电机可以通过调节励磁电流来调节无功功率，从而改善电网的功率因数。

（同步电动机主要用于功率比较大而且不要求调速的场合。同步调相机实际上就是一台并联在电网上空转的同步电动机，向电网发出或者吸收无功功率，对电网无功功率进行调节。）

异步电机是一种转速与电源频率没有固定比例关系的交流电机，其转速不等于同步转速，但只要定转子极对数相等，无论转子转速如何，定、转子磁动势都以同步转速相对于定子同向旋转，即二者总是相对静止。异步电机主要用作电动机，缺点是需要从电网吸收滞后的无功功率，功率因数总小于 1。异步电机也可作为发电机，用于风力发电场和小型水电站。

### 3、什么是电枢反应？直流电机是否有电枢反应？

对于同步电机来说，电枢反应是指基波电枢磁动势对基波励磁磁动势的影响。直流电机也有电枢反应，是指电枢磁动势对励磁磁动势产生的气隙磁场的影响。

### 4、异步机的转子有那几种折合方式？

异步电机转子的折合算法主要包括频率折合和转子绕组折合，原则是保持转子基波磁动势不变，对定子侧等效。在进行这两种折合之前还有一个转子位置角的折合。

### 5、电动机为什么会转？

都是由于转子上的绕组受到了电磁力，产生拖动性电磁转矩而带动转子转动。

具体来说，同步电机是由于定子绕组通入三相对称电流，产生旋转磁场，相当于旋转磁极，使得同步电动机转子磁极吸引而同步旋转。异步电动机是由于转子转速小于同步转速，转子与定子电流产生的旋转磁动势有相对运动，转子绕组切割磁感线，产生感应电动势，进而产生感应电流使得转子绕组受到安培力，产生电磁转矩，带动转子旋转。

### 6、直流机和异步机分别有哪几种调速方式？

异步电动机的调速方法：

- (1) 改变转差率调速，包括调压调速、转子串接电阻调速（只用于绕线转子电动机）。
  - (2) 变极调速（只用于笼型异步电动机）。
  - (3) 变频调速（多用于笼型异步电动机）。
- （变频调速性能最好，但价格比较高）

他励直流电动机的调速方法：

- (1) 电枢串接电阻调速（只能从基速向下调）。
- (2) 改变端电压调速（只能从基速向下调）。
- (3) 改变磁通调速（从基速向上调，弱磁升速）。

7、简述 VVVF？V/F 恒定，保持磁通不变，E 恒定。电机的基本模型，比如定子的几个绕组，转子上的绕组以及相互间的磁通影响，大家请参看电力系统暂态分析派克变换的课件。

## 8、为什么我们要制定额定值，让系统和电机运行在额定状态下？

制定额定值是为了便于各种电气设备和电机的设计制造及其使用。系统和电机只有运行在额定状态下才能取得最佳的技术性能和经济效果。

## 9、有功的发出原理和计算方法以及无功的 V 形曲线。

对于同步发电机来说有功的发出是由于功角的存在，功角是空载电动势与相电压之间的夹角，也可以看成是励磁磁动势与相电压等效合成磁动势之间的夹角。由于同步电机工作在发电状态时，功角大零，故励磁磁动势的等效磁极会吸引相电压等效合成磁动势的等效磁极，通过磁场的耦合作用将转子的机械能转换成电能输出。

有功功率可以利用功角特性来进行计算。

同步发电机无功的 V 形曲线是负载时电枢电流和励磁电流的关系曲线，特点：有功功率越大，V 形曲线越高；每条 V 形曲线都有一个最低点；最低点是发电机运行工况的分界点，左边是欠励（超前），右边是过励（滞后）。

V 形曲线有助于工作人员了解发电机的运行工况，进而对发电机进行控制。

## 10、变压器和异步机参数的测试方法？分别在变压器的哪一侧做？

变压器的参数测试方法有短路试验和空载试验。短路试验通常在高压侧做，即在高压侧加压；空载通常在低压侧做，即在低压侧加额定电压。通过短路试验可以测得一次短路电流为额定值时的一次短路电流、电压和短路损耗，由这三个量可以算出变压器折合到一次侧的短路阻抗、短路电阻和短路电抗。通过空载试验可以测得对一次绕组施加额定电压时的一次电压、二次电压、一次电流和输入功率，即空载损耗，由这四个量可以算得变比、励磁阻抗、励磁电阻和励磁电抗。

异步电机的参数测试方法有堵转试验（短路试验）和空载试验，均在定子侧加压。通过堵转试验可以测得定子电流为额定值时的定子电压和短路损耗，进而由这三个量可以算出折合到定子侧的短路阻抗、短路电阻和短路电抗。通过空载试验数据可以作出空载特性曲线（空载电压和空载损耗的关系曲线），进而可以求出机械损耗和铁耗，再利用额定电压下的试验数据和短路试验所得的漏电抗求得励磁电阻、励磁电抗和励磁阻抗。

## 11、电机有几种运行方式？怎样判断电机是运行在哪种方式下？

电机运行的方式主要有发电机和电动机两种方式。

对于同步电机可以根据电磁功率或者功角的正负来判断其运行在哪种方式下。按发电机惯例，当电磁功率或者功角为正时同步电机为发电机，当电磁功率或者功角为负时同步电机为电动机。

对于直流电机可以根据电磁功率的正负或者电枢电动势和电枢端电压的大小比较来判断其运行在何种方式下。在发电机惯例下，当电磁功率为正时为发电机，当电磁功率为负时为电动机。当电枢电动势大于电枢端电压时为发电机，当电枢电动势小于电枢端电压时为电动机。

#### 12、电机中哪几种电机有阻尼绕组和补偿绕组，它们分别的作用。

凸极同步电机有阻尼绕组，直流电机有补偿绕组。

#### 13、同步机的短路特性为什么是一条直线？

因为短路的时候  $F_\delta \propto I_k, F_a \propto I_k$ ，又由于这时电枢磁动势是直轴去磁的，故有

$F_\delta = F_{f1} - F_a, F_{f1} \propto I_k$ ，又因为短路时气隙磁动磁很小，磁路不饱和，可以看作线性的，

故  $F_{f1} \propto I_f, I_k \propto I_f$ ，即短路特性是一条直线。如果励磁电流不加限制地增大，那么当磁路出现饱和时，短路特性将不再是直线。

#### 14、我们怎么测同步机的短路电抗？为什么引入普梯尔电抗？和实际电抗有什么区别？

通过测空载特性曲线和零功率因数负载特性曲线来求电枢绕组漏电抗。引入保梯电抗是为了与漏电抗区别开来。由于用时间相矢量图进行理论分析时并没有考虑到转子绕组的漏磁情况，所以实际测得的零功率因数负载特性曲线，在电压较高时，比理论上的零功率因数曲线要低，使得测得的电抗比实际值大。

#### 15、直流电机启动的电阻设置的原因？看看电机学试验的相关内容。

直流电机起启动时在电枢回路中串入电阻是为了限制启动电流。

#### 16、电机的功率流程，包括各种电机做发电和电动时功率的流向和损耗。

同步电动机的功率流程：从电源输入的电功率，减去定子绕组的铜耗得到电磁功率；电磁功率再减去空载损耗得到电机轴上输出的机械功率。

三相异步电动机的功率流程：交流电源输入的有功功率，减去定子铜耗，再减去定子铁耗，得到电磁功率；电磁功率减去转子铜耗得到机械功率；机械功率再减去机械损耗和附加损耗得到输出功率，即电动机转轴上能够输出给机械负载的机械功率。P238

并励直流发电机的功率流程：输入的机械功率，减去空载损耗得到电磁功率；电磁功率减去电枢回路铜耗，再减去励磁回路铜耗得到发电机输出的电功率。

并励直流电动机的功率流程：输入的电功率减去励磁回路铜耗，再减去电枢回路铜耗，得到电磁功率；电磁功率再减去空载损耗得到输出的机械功率。

### 17、串励直流电机能否空载启动？P313 还有并励和串励的区别？

不能。因为串励电动机在轻载时，电磁转矩较小，电枢电流很小，气隙磁通值很小，转速就已经很高，如果理想空载的话，转速就会趋于无穷大，所以不允许空载启动，以防发生危险的飞车现象。

并励和串励的区别主要是结构和机械特性的区别。并励的励磁绕组和电枢绕组并联，而串励的励磁绕组和电枢绕组串联。并励的机械特性是硬特性，转速随电磁转矩的增大变化很小；串励的机械特性是软特性，转速随电磁转矩的增加迅速下降。

（机械特性是指转速和电磁转矩之间的关系。他励的机械特性是硬特性，复励电动机的机械特性介于并励和串励电动机特性之间，因而具有串励电动机起动性能好的优点，而没有空载转速极高的缺点。）

### 18、同步电动机和异步电动机的选择原则

在不需要调速的大功率场合或者要求改善功率因数的场合选择同步电动机，在需要调速并且对功率因数要求不高的场合选用异步电动机。

### 19、双相异步电机如何运行？单相异步电机如何运行？

### 20、变压器能变换什么物理量。

可以变电压、变电流、变阻抗、变相位。

### 21、凸极同步发电机突然失去励磁后会有什么变化

还有凸极电磁功率，可以带小负载，但是重载时会失步。

### 22、变压器等效电路和实际的区别

磁耦合关系变到电路问题，原副边等效

### 23、异步机 $s=0$ 什么意思？什么是异步机同步转速？异步机与同步机构造上区别？同步机分类？P121 分别用于什么场合？永磁电机是同步还是异步？

在实际运行中，异步机  $s=0$  的情况不可能发生，因为如果  $s=0$  则转速与同步转速相等，转子与旋转磁动磁相对静止，转子绕组不再切割磁感线，不再产生感应电流，也就不会再受安培力的作用而转动。在实际运行中，异步电动机空载时，由于转速非常接近同步转速，故  $s$  约等于 0。

异步机的同步转速是指电源的频率。异步机与同步机的构造区别主要在于转子上。同步机按转子结构分类分为凸极和隐极，凸极电机用于转速不高的场合，如水轮发电机；隐极电机主要用于转速较高的场合，如汽轮发电机。永磁电机是同步机（异步机的励磁由定子电流提供）。

## 24、同步电动机与异步电动机相比较的优缺点

同步电动机主要应用在一些功率比较大而且不要求调速的场合。优点是可以通过调节励磁电流来改善电网的功率因数，缺点是不能调速。

异步电动机优点是可以调速，能够广泛应用于多种机械设备和家用电器。缺点是需要从电网吸收滞后的无功功率，难以经济地在较宽广的范围内平滑调速。

## 25、一个同步发电机,接对称负载,转速恒定,定子侧功率因数和什么有关?接无限大电网和什么有关?

跟电机的内阻抗和外加负载性质有关（内功率因数解，P134）；跟励磁电流与原动机转矩有关。

## 26、同步发电机怎么调有功无功。调无功时有功怎么变化?

同步发电机并联运行时，通过调节原动机的拖动转矩，进而改变发电机的输入功率来调节有功功率；通过调节励磁电流来调节无功功率。调节无功功率时，有功功率不会发生变化，但调节有功功率时无功功率也将发生变化。

## 27、变压器原理

变压器的工作原理是电磁感应定律。

## 28、异步电动机所带负载增大，转速、定子转子的相关参数怎么变化（感应电动势等）

转速低，定子流增大，转子电流增大，电动势增大( $\dot{U}_1 \approx \dot{E}_1 = \dot{E}_2'$ ,  $\dot{E}_{2s} = k_e s \dot{E}_2'$ , s 增大)

## 29、并联合闸四个基本条件

并联合闸时发电机与电网电压应满足以下四个条件：（1）幅值相等，波形一致；（2）频率相等；（3）相位相同；（4）相序一致。

## 30、直流电动机优点：

直流电动机的优点：具有优良的调速性能，调速范围宽，精度高，平滑性好，且调节方便，还具有较强的过载能力和优良的起动、制动性能。

（缺点：换向困难，维修量大，成本较高中。）

## 31、异步电机能否发电,怎样启动?

异步电机可以发电，用于风力发电场和小型水电站。

异步电机要用于发电机时，可以先按异步电动机来起动，然后再依次通过减负载，降电压来使转速增大，直到大于同步转速。

## 32、异步机的绕线分为哪几种方式?



笼型绕组和绕线型绕组。

### 33、什么条件下会产生旋转磁场？

由于每个脉振磁动势都可以分解为一个正转的旋转磁动势和一个反转的旋转磁动势，在大小和相差合适的情况下，两相及以上的脉振磁动势都可以合成得到旋转磁动势。

### 34、鼠笼电机，三线绕组去掉一相后是否还能转？家里的电风扇是几相？

可以，两相。

### 35、变压器的等值电路有哪四个参数？怎样通过试验获得？

短路电阻、短路电抗、励磁电阻、励磁电抗。短路电阻和短路电抗可以通过短路试验得到，励磁电阻和励磁电抗可以通过空载试验得到。（具体见 10）

### 36、同步电动机和负载相连，功率因数由什么决定？和无穷大电网连接，功率因数由什么决定？

见 25

### 37、理想变压器原边接一个 220V 有效值的交流电源，串接一个 10 欧姆的电阻，问副边短路和开路下，原边电流各是多少？

短路时是 22A，开路时是 0。

### 38、电机（同步电机、异步电机）的电枢磁动势是如何产生的？

电机带负载时，电枢绕组中流过的电流产生的。

### 39、异步电机什么情况下可以作为发电机，转速有什么要求？异步发电机的转子转速能不能无限增大，为什么？

异步电机作为发电机时主要用于风力发电场和小型水电站，转速要大于同步转速。

异步发电机的转子转速不能无限增大，因为异步电机的转速大于同步转速时是工作于发电机状态，如果转速无限增大，就有可能出现“飞车”现象，损坏设备，还可能影响人身安全。

### 40、异步电机的等效电路是怎样的？

异步电机堵转时的 T 型等效电路有六个参数，定子电阻、定子电抗、转子电阻、转子电抗（都是折合后）、励磁电阻、励磁电抗。而旋转时的 T 型等效电路与堵转时相比，在转子回路中多一个与转子旋转相关的附加电阻，代表机械功率。

### 41、通过什么手段将异步电机等效成电路表示？

在保持转子基波磁动势不变，对定子侧等效的情况下对异步电机的转子进行位置角折合、频率折合和绕组折合，把转子侧的参数都折合到定子侧就可以将异步电机等效成电路来表示了。

#### 42、电机的励磁有什么作用？

产生磁场以实现机电能量转换。

#### 43、一个有关电机保护的问题：电机在什么情况下需要切断运行？

电机在失步或出现飞车现象的时候需要切断运行。如发生短路故障后，故障线路切除较晚，使同步发电机与系统之间失去同步，这时候应该将电机切断运行。

## 电力电子

### 1. 普通晶闸管的导通条件及关断方法

导通条件：阳极承受正压，并且有门极触发信号。

关断方法：给晶闸管加反向电压；或者减小流过晶闸管的电流，使其电流小于维持电流。

### 2. 如何选用晶闸管（电流定额、电压定额）

电压定额选为正常工作峰值电压的 2~3 倍；电流定额（通态平均电流）选为正常使用电流平均值的 1.5~2.0 倍。

### 3. 门极关断晶闸管（GTO）与普通晶闸管相似，但结构上把阴极宽度减薄并采用台式结构，因而通过在门极加反压就能关断，但是 GTO 晶闸管也还存在一些问题：P19

- (1) 关断门极电流大
- (2)  $Du/dt$  能力差，需缓冲电路
- (3) 通态电压高（导致器件冷却困难）

### 4. 功率场效应管（MOSFET）的特点：P23

- (1) 压控器件，驱动简单
- (2) 多子导电器件，开关频率高
- (3) 电阻率具有正的温度系数，器件容易并联运行
- (4) 无二次击穿
- (5) 适合于低压、小功率、高频的应用场合
- (6) 高压器件的导通电阻大 25

### 5. 绝缘栅双极性晶体管（IGBT）的特点：P27

- (1) 具有 MOSFET（功率场效应管）和 BJT（功率晶体管）的优点
- (2) 开关频率高

- (3) 导通压降低
- (4) 驱动简单
- (5) 容易并联

(发展方向：开关时间缩短，通态压降减小，高压、大电流)

#### 6. 变压器漏抗对整流电路的影响

由于变压器漏感的存在，电流换向不可能在瞬间完成，输出电位不能马上跳到新导通的那相电位上，致使输出平均电压下降。换相过程对应的时间用电角度表示即换相重叠角，致使输出电压的下降称为换相压降。

#### 7. 产生有源逆变的条件

- (1) 直流侧一定要有一个直流电动势源；
- (2) 要求晶闸管的控制角大于  $\pi/2$

#### 8. 逆变失败的原因：P66

- (1) 触发脉冲丢失或延时
- (2) 晶闸管失去正向阻断的能力
- (3) 电源电压缺相或消失
- (4) 逆变角过小

#### 9. 晶闸管触发电路对触发信号的要求：P70

- (1) 触发信号应有足够的幅值，不能太大，也不能太小
- (2) 触发信号的宽度至少要大于晶闸管的开通时间
- (3) 为使器件迅速导通，并提高承受  $di/dt$  的能力，触发脉冲电流应有一定的上升率
- (4) 为减少门极损耗，晶闸管的触发信号都采用脉冲方式

#### 10. 晶闸管触发电路的基本组成部分：P71

- (1) 同步信号的产生部分
- (2) 移相触发脉冲产生的部分
- (3) 触发脉冲的功率放大与隔离输出部分

#### 11. GTO 晶闸管对门极驱动电路的要求：P82

- (1) 门极开通电路

要求门极开通信号有足够的幅值和上升沿，以实现强触发，减小开通时间和开通损耗。要求门极开通脉冲由高幅值短脉冲和低幅值长脉冲组成，以保证在导通期间连续提供门极电流。

- (2) 门极关断电路

门极关断电路的电压值要足够大，关断电流上升率有一定的要求，关断脉冲的宽度应大于关断时间与尾部时间之和。

### (3) 门极反偏电路

为了防止  $du/dt$  过大引起误触发，要设置反偏电路。

## 12. IGBT 和功率 MOSFET 对驱动电路的要求：P88

- (1) 门极电压最高绝对值小于 20V
- (2) 门极阈值电压为 2.5~5V
- (3) 用小内阻的驱动源，以保证  $U(GE)$  有足够陡的前沿
- (4) 驱动正电平的选择： $U(GE)$  越高，通态与开关损耗越小，但短路电流越大，一般取 12~15V
- (5) 关断过程中为了加快关断速度，一般取  $U(GE)$  为 -5~-10V
- (6) 门极电阻对开关速度影响很大，门极电阻越大，开关损耗越大，门极电阻越小，关断尖峰电压越高（应取合适值）
- (7) 控制电路与驱动电路应隔离
- (8) 简单实用，有保护，抗干扰强

## 13. 电力电子器件的缓冲电路用来减小器件在开关过程中产生的过压、过流、过热、 $du/dt$ 和 $di/dt$ ，确保器件安全可靠运行。说出几种典型的缓冲吸收电路及其用途：P91

关断缓冲吸收电路：

- (1) 电容吸收电路（开通损耗大）
- (2) RC 阻容吸收电路：广泛应用于大功率二极管、晶闸管和 MOSFET 的过压吸收。
- (3) 充放电式 RCD 缓冲电路：应用于 GTO 和功率晶体管 BJT
- (4) 箝位工 RCD 缓冲电路：适用于高频的 IGBT 器件
- (5) 无损缓冲吸收电路（既有充放电 RCD 的缓冲作用，又能实现能量回收）

开通缓冲吸收电路

## 14. 电压型逆变器（VSI）与电流型逆变器（CSI）的比较：P116

- (1) 电压型逆变器：恒压源（大电容相当于恒压源）；180 度导电制；器件只承受正向电压；需要反并联二极管。
- (2) 电流型逆变器：恒流源（大电感）；120 度导电制；器件要受正反向电压。
- (3) 每相电压、电流的波形都不同。

## 15. 什么是脉宽调制（PWM）技术

根据作用于惯性环节的相等原理，用幅值相同、宽度不等的脉冲来等效正弦波的技术。

#### 16. 为什么要 PWM?

因为方波逆变器存在谐波大、动态响应差、电源侧功率因数低、控制电路复杂、成本高等问题，而 PWM 逆变器具有谐波小、动态响应快、电源侧功率因数高、控制电路简单、成本低等优点。

#### 17. 正弦电压脉冲宽度调制 SPWM 的优缺点：P119

优点：(1) 消除谐波效果好；(2) 既可以调频，又可以调压，因而动态响应快；(3) 调整装置的功率因数提高了。

缺点：(1) 由于元件开关次数增多，因此开关损耗大；(2) SPWM 直流电源电压利用率低。

18. 正弦电压 PWM 控制方式有模拟电路、数字电路、大规模集成电路。其中数字电路方式有三种方法：自然采样法、规则采样法、直接 PWM 法。

#### 19. 电流型逆变器 PWM 与电压型 PWM 的区别：P134

(1) 是把电流波形进行脉宽调制。

(2) 目的主要是为了减小低速运行时的脉动转矩，主要消除低次的高次谐波，而电压型逆变器除了尽量消除较多高次谐波外，还要调压和提高动态响应。

(3) 在 120 度宽的电流方波中间 60 度范围内不允许进行 PWM

(4) 半周期内脉冲宽度之和还保持 120 度。

#### 20. 为什么电流型逆变器 PWM 在 120 度宽的电流方波中间 60 度范围内不允许进行 PWM:

P135

如果电流型逆变器 PWM 在 120 度宽的电流方波中间 60 度范围内进行 PWM，就会产生逆变器一个支臂直通的现象，会造成直流电源短路，这是不允许的。

#### 21. 多重化技术解决什么问题?

由于 PWM 技术管子开关频率高，损耗大，大容量逆变器 PWM 无法使用，但电机要求消谐波，故采用多重化技术来改善大容量逆变器的输出波形，减少谐波分量，使波形尽量接近正弦波。

#### 22. 什么是 PWM，简述电压，电流 PWM 的异同，电压电流逆变的异同。

PWM 技术是根据作用于惯性环节的冲量相等原理，用幅值相同、宽度不等的脉冲来等效正弦波的技术。

电压、电流 PWM 的调制原理是一样的，并且都是为了消除滤波，它们的区别见 19。

电压、电流逆变器的异同见 14。

### 23. 什么是电力电子？

电力电子技术是应用于电力领域的电子技术，是使用电力电子器件对电能进行变换和控制的技术。电力电子技术主要用于电力变换。

### 24. 半控器件和全控器件的主要差别？

半控器件只可用门极信号控制开通而不能关断，全控器件既可以用门极信号控制开通，也能用门极信号控制关断。

### 25. 换相压降怎么产生的

见 6

### 26. 设计电流型逆变器带异步电机需要注意什么？（导通角 120 度，有续流回路）

电流型逆变器在换相时产生尖峰电压、对晶闸管和二极管的耐压要求较高，对电动机绝缘也有一定的影响，所以设计时要注意采取电压限幅的措施。此外，还要注意无功功率处理电路的设计，为无功电流提供路径。

### 27. 晶闸管整流电路带纯电阻负载的电源侧功率因数如何？为什么？

电源侧功率因数是感性的，这是由于晶闸管控制角的存在，使得电源的电流滞后于电压，故对外呈感性，并且由于交流电源带整流电路工作时，通常情况下输入电流不是正弦波，产生电流畸变因数，使得功率因数较低。

### 28. PWM 的目的？

减小谐波、改善动态响应、提高电源侧功率因数、简化控制电路、降低成本。

### 29. 整流电路中,用二极管比用晶闸管功率要大吗？

采用不控整流没有控制角的影响，与采用晶闸管相比可以改善功率因数，因此在视在功率相等的情况下采用二极管比用晶闸管功率应该要大。

### 30. 电流逆变的优点，缺点，关于四象限

优点：输出电压波形接近正弦波（由于高次谐波电流被电机转子磁动势基本平衡掉了）；直流环节串大电感，在维持电流方向不变情况下，逆变桥和整流桥可以改变极性，因而可以进行四象限运行；适于单机频繁加减速运行；进行电流控制时比电压型逆变器动态性能好。

缺点：输出的正弦波电压上有由于元件换相引起的毛刺；低频时有转矩脉动现象。

### 31. IGBT 比大功率晶体管有什么优点？

开关频率高、时间短，没有二次击穿现象，控制功率小，元件容易并联运行。（即 MOSFET 的优点）

### 32. SPWM 怎么产生，三角波和正弦波幅值哪个大？

通过正弦调制波和载波三角波的大小比较来产生幅值相同、宽度不等的脉冲来等效正弦波。为了输出波形不发生畸变，三角波的幅值应大于等于正弦波幅值。

### 33. 交交变频和交直交变频的区别？交直交变频频率怎么控制？

交交变频是从交流电源通过变频器直接变为另一频率可调的交流电，而交直交变频是把工频交流电先通过整流器整流成直流，然后再通过逆变器把直流逆变成为频率可调的交流电。

交直交变频电路中，如果使用的是方波逆变器，则通过改变逆变器中元件导通与关断频率的快慢，就能改变输出交流电频率的高低（改变直流环节电压的高低，就能调节交流输出电压幅值的大小）；如果使用的是 PWM 逆变器，可以通过改变正弦控制波的频率来改变输出电压的频率。

### 34. PWM 是什么物理意义？斩波器是否用到 PWM？为什么要等效成正弦波？

PWM 技术是根据作用于惯性环节的冲量相等原理，用幅值相同、宽度不等的脉冲来等效正弦波的技术。主要是为了消除谐波。

斩波器是直流高压器，没有用到 PWM。

等效成正弦波是因为方波的谐波强，用于驱动异步电动机时会产生 6K 次脉动转矩，当脉动频率和电机自然频率相近时，容易引起共振，很难得到稳定的低速运行。

### 35. 在电压型 PWM 中，是怎么实现同时调频和调压的？ P118

由于 PWM 是通过正弦调制波和载波三角波的大小比较来实现用幅值相同、宽度不等的脉冲来等效正弦波的，因此要想改变逆变器输出电压基波幅值大小以及频率高低，只要改变正弦调制波的幅值及频率就可以。

### 36. IGBT 的开关频率 P29

一般为 18 到 20kHz

### 37. 大功率晶体管正向安全工作范围受哪些条件限制？ P21

安全区大体分为四个区，第一区受集电极电流大小限制，第二区受管子耗散功率限制，第三区受二次击穿限制，第四区受管子一次击穿电压限制。

### 38. 第三道题李永东老师问的，PWM 都有哪些？不太理解问的是什么……接着李老师问我

知道什么是 PWM 吗？马上回答是根据伏秒积面积等效原理，用幅值相等、宽度不等的脉冲等效正弦波，主要目的是消谐波。最后在提示下说出了正弦电压 PWM（SPWM）、

正弦电流 PWM、直流 PWM。期间我还问李老师多重化技术算 PWM 吗？他说不算……

（PWM 有电压型逆变器 PWM，正弦电流 PWM，正弦磁链 PWM，优化 PWM，电流型逆变器 PWM。其中优化 PWM 着重消除低次谐波，更高次数谐波可通过滤波电路解决。）

### 39. DC/DC 变换电路温升过高怎么回事，怎么办

### 40. 整流和逆变都会引起电网谐波污染，请问为什么电网（电源侧）会被污染。（博）

因为交流电源带整流电路工作时，通常输入电流不是正弦波，而逆变时由于逆变角的影响，输出到电网侧的交流电也不是正弦波，都有谐波存在，故电网会被污染。

### 41. 整流过程中的换向会引起什么变化？

由于变压器漏感的存在，电流换向不可能在瞬间完成，输出电位不能马上跳到新导通的那相电位上，致使输出平均电压下降。

### 42. 吸收式 RCD 的原理，应用

原理：当器件关断时，电源经二极管向电容充电，由于二极管的正向导通压降很小，所以关断时的过压吸收效果与电容吸收电路相当。当器件开通时，电容通过电阻放电，限制了器件中的开通尖峰电流。

主要应用于开关频率不太高的 GTO 和大功率晶体管。

### 43. 晶闸管整流电路带纯电阻负载为什么电路对外表现感性

这是由于晶闸管控制角的存在，使得电源的电流滞后于电压，故对外呈感性。

## 电力系统

### 1、变压器和发电机的并网条件。

变压器并联运行运行的条件：（1）一、二次额定电压分别相等；（2）二次线电压对一次线电压的相位移相同；（3）短路阻抗标幺值相等。（1、2 为必要条件。

发电机并网的条件：（1）幅值相等，波形一致；（2）频率相等；（3）相位相同；（4）相序一致。

### 2、一次调频和二次调频

一次调频是利用发电机上的调速器调整原动机的输入功率的调整过程（一条直线）；二次调频是利用发电机上的调频器参与调整的调频过程（直线簇）。

原则一：带调速器的机组，只要有可调容量，都参加一次调频。

原则二：二次调频由部分电厂承担（主调频机组或厂，负荷增量主要由它们承担）。

主调频机组（厂）的要求：有足够的可调容量；有一定的调整速度；调整时能符合安全、经



济的要求。

### 3、简述等微增率准则和等面积法则

等微增率准则：如果存在发电成本的最优解，则在最优解中，所有机组的发电成本微增率 IC 相等。

成本微增率 IC：增加单位出力，单位时间内增加的发电成本。

等面积定则是用于判断单机无穷大系统暂态稳定性的一种定量方法，理论依据是能量守恒定理，可以计算故障时的极限切除角度。（当系统发生故障之后的功角特性曲线低于原动机输入机械功率，即输出电功率小于输入机械功率，转子开始加速，原动机输入机械功率与功角特性曲线所围面积称加速面积；切除故障后，功角曲线上升，输出电功率大于输入机械功率，转子开始减速，功角特性曲线与原动机输入机械功率所围面积称减速面积，）当发电机的减速面积等于加速面积，转子的角速度恢复到同步转速，转子角达到其极值并开始减小。

### 4、为什么我们要引入派克变换，引入的前提条件是什么？为什么又要在派克变换中引入标么值。

引入派克变换是因为电机基于 abc 坐标的数学模型为时变模型，难于分析，引入派克变换后相当于站在与转子同步旋转的坐标系上观察，可以将时变数学模型转化为非时变数学模型。引入前提是电机的时变数学模型是基于“理想电机”的假设得到的。

在派克变换中引入标么值是为了解决电感矩阵不对称即互感不可逆的问题，以及电感参数与电机传统电抗参数不一致的问题。

### 5、标么值的优缺点？

优点：

- 1.易于比较、分析元件特性与参数
- 2.各级电压标么值都近似等于 1
- 3.对于三相电路的计算与单相的计算是一致的
- 4.多电压级网络，基准电压选取正确可以消去变压器

缺点：无量纲、物理概念不如有名值清楚

### 6、三种解非线性方程的解法？引入 PQ 分解的条件和原因？

- (1) 雅可比迭代法（计算简单，但收敛性差，收敛速度慢）
- (2) 高斯---塞德尔迭代法（收敛速度比雅可比迭代法有所提高）
- (3) 牛顿---拉夫逊法（将求解非线性方程组的问题转化为反复求解一组线性化的修正方程，并对变量进行不断修正的迭代过程，又称切线法）

引入 PQ 分解的条件（牛顿---拉夫逊法极坐标形式为基础）：

- (1) 电力系统高压网络中，网络元件的电抗远大于电阻
- (2) 线路两端电压的相角差较小
- (3)  $U_i^2 B_{ii} \gg Q_i$

引入 PQ 分解的原因是为了进一步提高计算速度和降低存储量。

### 7、潮流方程的本质是什么？

潮流方程的本质是根据节点电流定律（用功率代替电流）列出的电压方程和功率方程，即节点的流入功率等于流出功率，节点功率首衡。

### 8、Y 矩阵和 Z 矩阵的得出方法？

Y 矩阵（节点导纳矩阵）可以直接按定义形成（自导纳  $Y_{ii}$  就是与节点 i 直接相连的支路导纳之和，互导纳  $Y_{ij}$  就是节点 i 与 j 之间支路导纳的负值）。Z 矩阵（节点阻抗矩阵）可以利用节点导纳矩阵求逆形成（间接法），也可以利用支路追加法由计算机自动形成（直接法）

### 9、无功补偿时串补和并补的比较？几种电力系统电压的调节方式？

并 补	串 补
减少 Q 流动，直接减少有功损耗	通过提高 U 而减少有功损耗，等容量下不如并补作用强
通过减少无功流动而减少电压损耗，不如串补明显（无功变化）	由 $X_C$ 上负电压损耗抵偿 $X_L$ 上的电压损耗，适用于电压波动频繁、功率因数低的场合（极端情况）
$\Delta P_s = \frac{P_s^2 + Q_s^2}{U_s^2} R$	$\Delta U_s \approx \frac{Q_s X}{U_s}$

#### (1) 逆调压（难）：

- ◆ 最大负荷，高电压（电网额定电压+5%）
- ◆ 最小负荷，低电压（电网额定电压）
- ◆ 适用：中枢纽点到各负荷点远、负荷变化较大。

#### (2) 顺调压（易）：

- ◆ 最大负荷时，低电压（不低于电网额定电压+2.5%）
- ◆ 最小负荷时，高电压（不高于电网额定电压+7.5%）
- ◆ 适用：中枢纽点到各负荷点近，负荷变动小。

#### (3) 恒调压（中）：

- ◆ 保持在电网额定电压+2~5%
- ◆ 适用：介于上述两者之间。

### 10、四种接地的短路电流计算方法，几种不对称接地方式的序电路

对称分量法：(1) 故障部分很小，整个系统的正常部分参数仍然是对称的；故障部分可以等效为不对称电源；(2) 任何一个三相电源都可以分解为正、负、零序分量的组合，加之各序分量对于对称电路是相互独立的，所以可以对各序分量求解后叠加即可。

单相对地：串联；两相直接接地：并联；两相间短路：正负序电路并联、零序电路开路；三相对地：是对称短路，可用单相代替三相进行分析。

### 11、变压器 Y, Y0, d 解法下的零序电路，注意几种开关的配合的意。

Y: 内外都不通（未接地，无零序通路）；Y0: 外通内不通；d: 内通外不通

### 12、电能质量、电压等级和机端线路电压的配合，比如变压器端，发电机端额定电压的制定原则。

电能质量是指电能的电压、频率和波形三个方面。

- **线路（电网）额定电压 = 用电设备额定电压**
- **发电机额定电压 = 1.05 线路额定电压**
- **升压变压器额定电压：**
  - ◆ **一次侧 = 发电机额定电压（与发电机相联：1.05）**  
= 线路额定电压（与线路相联）
  - ◆ **二次侧 = 1.10 线路额定电压**
- **降压变压器额定电压：**
  - ◆ **一次侧 = 线路额定电压**
  - ◆ **二次侧 = 1.05（或 1.10）线路额定电压**

变压器二次侧直接与用电设备相联时才较线路额定电压高+5%。

变压器二次侧接 380 伏低配电网时，其二次侧额定电压为 400 伏。

### 13、电力系统的特点和要求。（见概论部分）

特点：

- (1) 密切性：与国民经济、人民生活水平联系紧密；
- (2) 短促性：各种暂态过程时间非常短促；
- (3) 同时性：电能的生产、输送分配及消费是同时进行的，电能不能大量储存。

要求：可靠性高、电能质量高、经济性好。

### 14、我国电网分几级？分那几个电网？有那些发电公司？（看调度自动化概论课件）

我国的电网分 5 级：国调、网调、省调、地调、县调。

电网：西北、东北、华东、华中、华北、南方。

发电公司：华能、华电、大唐、龙源、中国电力投资公司（中电投）。

### 15、继保三段的定义和整定原则？快速/灵敏/选择/可靠

一段整定：又称电流速断，即在下一线路出口处短路时不动作，保护不了线路全长；

二段整定：又称限时电流速断，即在下一线路一段保护范围末端短路时不动作【注：其实现方法是“限时”，即二段保护在一段保护后（ $dt=0.5s$  或  $1s$ ）动作】二段保护延长保护范围至下一线路一段保护范围。

三段整定：又称定时限过电流，动作电流大于线路最大负载电流。三段不仅能保护本段全长而且也能保护相邻下一线路全长。

### 16、电压水平取决于什么？频率水平取决于什么？

电压水平取决于无功平衡水平，频率水平取决于有功平衡水平。

### 17、电力系统的组成和划分。（参看电力系统的概论）

电力系统由一次系统和二次系统组成。

一次系统电力系统由发电机、电力网络（输电线路、变压器、开关设备和母线）、负荷组成。

二次系统是为了保证一次系统的安全、可靠和经济地运行所需的各种信息系统及其操作机构。

### 18、火电，水电的发电作用。什么时候用什么电，看电力系统分析功率平衡部分。

丰水期的时候，水电全力发电，避免无谓的弃水，而由于效率不高的中温中压凝汽式火电厂承担主要调频任务；在枯水季节，水电厂主要用于主调频厂，可抽水蓄能，主要是火电发电。

### 19、常用的变压器连接组标号。

我国国家标准规定三相双绕组电力变压器的联结组为 YNd11、Yyn0、Dyn11、Yd11。YNd11 联结组主要用于高压输电线路中，使电力系统的高压侧中性点可以接地；Yyn0 和 Dyn11 联结组主要用于配电变压器，其二次侧中性点可以引出而成为三相四线制；Yd11 用于二次电压超过 400V、额定容量不超过 6300kV\*A 的电力变压器。

### 20、架空输电线的三种阻抗，正负零序

$$X_1 = X_2 = X - X_m$$

$$X_0 = X + 2X_m$$

$$X_1 = X_2 < X_0$$

### 21、什么是正序等效定则

不对称短路时，短路点正序电流的大小与在短路点串联一附加电抗  $X_\Delta$  并在其后发生三相短路时的电流大小相等。这一关系称为正序等效定则。

## 22、什么是无限大系统？

系统的容量无穷大，电压、频率不随负载的变化而变化。

## 23、什么是短路容量？

短路容量的定义是：某一点的短路容量等于该点**三相**短路时的短路电流乘以该点短路前的电压（一般取为额定电压）。

## 24、稳定的两个要素？

平衡状态和干扰。

## 25、我国电力系统安全稳定现状

## 26、电力系统稳定的分类

- (1) 按干扰大小分：静态稳定性（小干扰稳定）和暂态稳定性（大干扰稳定）。
- (2) 按时间长短分类：短期稳定性（1秒）、中期稳定性（1秒到1分钟）、长期稳定性（1分钟以上）
- (3) 按引起稳定问题的主要原因分类：功角稳定性（频率稳定性）、电压稳定性

## 27、三相短路情况下一相的短路电流波形

三个阶段：1、超暂态：电流急剧衰减，时间很短（只有阻尼绕组衰减，励磁绕组和定子绕组可视为短路）；2、暂态：电流缓慢衰减，时间较长（阻尼绕组衰减完毕，可忽略、励磁绕组衰减、定子绕组可视为短路）；3、稳态：电流波形趋于稳定的正弦波（阻尼和励磁绕组都忽略）。

## 28、为什么用三相进行输电

三相是复功率为常数的最小相数

## 29、直流输电优缺点，见电力系统分析概论

优点：（1）适用于大系统互联（无需同频、同步，不存在稳定问题）；（2）直流线路造价低（线路费用低，节省线路走廊）；（3）能量损耗小；（4）控制快速灵活。

缺点：（1）换流站造价高；（2）换流产生谐波，恶化电能质量，干扰通信系统，需要滤波；

（3）电流没有过零点，熄弧困难，使得直流断路器研制困难。

## 30、为什么要用分裂导线输电

主要是为了避免或减少电晕损耗，同时也可以在一定程度上减小线路电抗，提高系统的静态稳定性。

## 31、几种负荷曲线和分别的作用

(1) 日负荷曲线：描述系统负荷一天 24 小时内所需功率的变化情况，可供调度部门制定日调度计划使用。

(2) 年最大负荷曲线：描述一年内逐月（或逐日）电力系统最大综合用电负荷的变化情况，供调度、计算部门有计划地安排全年机组检修、扩建或新建发电厂。

(3) 年持续负荷曲线：将电力系统全年负荷按其大小及累积持续运行时间（小时数）的顺序排列而制作的曲线，它可供编制电力系统发电计划和进行可靠性计算用。

### 32、试举三种提高电力系统静态稳定的方法，并解释之。

(1) 采用先进的自动励磁调节系统。

(2) 减少系统元件的电抗：提高电压等级（从标么看等效于减小了线路电抗）；使用分裂线；采用串联电容补偿。

(3) 改善系统网络结构。

（系统失去稳定性主要表现在发电机之间或发电机与系统之间的相对角增大，联系紧密的系统容易保持静态稳定。上面的措施从根本上讲都是直接或间接地减小系统的联系电抗的措施。）

### 33、列举电力系统中三个无功电源和三种调压方式

无功电源：同步发电机、同步调相机、静电电容器、静止无功补偿器。

调压方式：顺调压、逆调压、恒调压。

### 34、电力系统构成和运行 3 个条件

电力系统由一次系统和二次系统组成。

一次系统电力系统由发电机、电力网络（输电线路、变压器、开关设备和母线）、负荷组成。

二次系统是为了保证一次系统的安全、可靠和经济地运行所需的各种信息系统及其操作机构。

运行的三个基本要求：可靠性高、电能质量高、经济性好。

### 35、从各个方面比较牛顿拉夫逊法与 PQ 法

与牛顿----拉夫逊法相比，PQ 分解法的特点：

(1) 以二个线性方程组代替一个线性方程组

(2) 线性方程组的系数矩阵在迭代过程中保持不变

(3) 系数矩阵由节点导纳矩阵的虚部组成，是对称的

（三个特点带来的好处：节省存储量、减少运算量、提高计算速度等。PO 法的迭代次数一般多于牛拉法，但是总的计算时间少于牛拉法。）

**36、影响系统稳定的因素，将一个不稳定系统变为稳定系统有那些办法**

**37、电能输送有哪几种方式？（交流和直流）**

（1）交流架空输电；（2）直流架空输电；（3）电缆输电（考虑电容效应一般用直流）；（4）管道输电；（5）超导输电。

**38、发电厂里常说“机炉电”各是什么意思？**

汽轮机，锅炉和发电机

**39、调节无功对静态稳定的影响？**

**40、大型电力系统主要的发电机是什么类型，说说该类电机的结构！**

主要是同步发电机，它由定子绕组、转子绕组、定子铁心、转子铁心和定转子之间的气隙等构成。

**41、高压交流线路末端开路的话首末端电压哪个高？**

末端高。线路空载时电容效应大于电感效应，无功功率为容性的，故会引起末端电压升高，应采取措施，抑制容性的无功功率，如并联电抗器等。

**42、电感性负载串联电容后功率因数一定提高吗？为什么啊？**

不一定，如果过补偿的话还可能会降低。

**43、网络有 1 个 PQ 节点，1 个 PV 节点，1 个 Vdelta 节点，分别用直角坐标和极坐标形式使用牛顿-拉夫逊方法求解时，潮流方程分别有几个？ 4/3**

假设系统总共有  $n$  个节点，其中  $m$  个是 PO 节点，则用牛拉法求解时，用直角坐标形式有  $2(n-1)$  个功率方程，用极坐标形式有  $m+n-1$  个。

**44、竟然是一道让我画图的题目,晕....一个电力系统的单线图,让画某点故障后的等面积定则的图形**

**45、闭式网络潮流计算**

总体思路：如何变成开式网。

- （1）计算基本功率分布
- （2）计算循环功率
- （3）找功率分点
- （4）将闭式网分解为两个开式网

**46、PQ 解耦特性和潮流流向**

(1) 线路两端电压幅值差，主要是由输送的无功功率产生的（电压幅值差是传送无功功率的条件），无功从电压幅值高的节点流向电压幅值低的节点（V-Q 强耦合）。

(2) 线路两端电压相角差，主要是由输送的有功功率产生的（电压相角差是传送有功功率的条件），有功从电压相角超前的节点流向电压相角滞后的节点（P-δ 强耦合）。

#### 47、为什么在电力系统分析中要研究潮流方程？

因为实际系统中的电源、负荷的功率通常作为已知调节给出，而电流是未知量，故通过潮流方程的分析和计算来分析和评价电力系统运行的安全、经济和质量，服务于电力系统的规划和运行。

#### 48、电力系统为什么会出现电压偏移？

因为在电力系统正常运行中，负荷经常发生变化，电力系统的运行方式也常有变化，使得电网的结构经常变化，而且大规模的电网节点很多，变化随机性大，因此网络中的电压损耗也经常变化，进而会出现电压偏移。

#### 49、电力系统正常运行的基本条件是

有功功率的瞬时平衡和无功功率的瞬时平衡。

#### 50、电力系统低频振荡的原因

大型发电机组突然解列或失磁，引起系统频率降低，破坏了系统静态平衡。

#### 51、发电机节点为什么能做 PV 节点，PV 节点什么时候会转化为 PQ 节点

因为同步发电机可以通过调节励磁电流来调节无功功率的输出，用以维持电压值的恒定，并且调节无功时有功不变，故发电机节点可以做 PV 节点。当无功功率到达发电机发出无功功率的上下限时，PV 节点会转化为 PQ 节点。

#### 52、两个三相系统，一个中线接地，一个不接地，发生单相短路时有什么区别

##### 零序电流

中线接地的无故障两相正常运行，中线不接地两相原先承受相电压，后来承受线电压

#### 53、三相接地短路、两相相间短路、两相接地短路、单相接地短路，按短路电流大小排序。

三相短路>两相接地短路>两相短路>单相接地短路。（短路时的附加阻抗依次为 0、

$$\frac{X_2 X_0}{X_2 + X_0}、X_2、X_2 + X_0)$$

#### 61、电力系统中什么设备能带电操作，什么不能？隔离开关能带电操作吗？

断路器可以/快速接地；GIS 隔离开关不能，敞开式可以

#### 54、电力线自然功率是什么？



$$P = \frac{U^2}{Z}$$

### 55、节点导纳矩阵和阻抗矩阵的物理意义？

节点导纳矩阵中，自导纳  $Y_{ii}$  的物理意义是，除节点  $i$  外其余节点都接地，在节点  $i$  上加一单位电压时，从节点  $i$  流向网络的注入电流；互导纳的物理意义是  $Y_{ij}$ ，除节点  $j$  外其余节点都接地，在节点  $j$  上加一单位电压时，从节点  $i$  流向网络的注入电流。

节点阻抗矩阵中，自阻抗  $Z_{ii}$  的物理意义是，除节点  $i$  外，其余节点均无注入电流，在节点  $i$  注入一单位电流时，节点  $i$  上的电压；互阻抗  $Z_{ji}$  的物理意义是，除节点  $i$  外其余节点均无注入电流，在节点  $i$  注入一单位电流时，节点  $j$  的电压。

### 56、大停电列举

2005 年 9 月 12 日洛杉矶大面积停电；2003 年 8 月 14 日美加大停电；1996 年 7 月 2 日美国西部大停电；1996 年 1 月 19 日北京电网停电事故。

### 57、 $X_d$ 、 $X_d'$ 、 $X_d''$ 的物理意义？

$X_d''$  是在短路瞬间，从定子侧看到的  $d$  轴方向的三个绕组构成的系统的电抗，称为  $d$  轴的超暂态电抗。 $X_d'$  是在短路瞬间，从定子侧看到的  $d$  轴方向的两个绕组构成的系统的电抗，称为  $d$  轴暂态电抗。 $X_d$  是在稳态时，从定子侧看到的  $d$  轴电抗。

### 58、电力系统互联的优点

- (1) 减少系统总装机容量（错峰）
- (2) 减少备用容量
- (3) 提高供电可靠性及电能质量
- (4) 合理利用动力资源，便于实现经济运行
- (5) 全球安装大机组，提高劳动生产率

### 59、怎么描述一个电力系统？

主要是通过功率方程来分析潮流。（由各个组成部分去描述吧，可用单线图表示）

### 60、如果一个网络的 PQ, PV, Vdelta 节点互换的话，怎么计算潮流结果

### 61、反证法证明等微增率（电力系统经济运行）

### 62、电力系统潮流计算的几种方法，计算机计算的方法

手工算法：迭代（根据已知条件的不同而分为两种情况：交替递推迭代法；两步法）

计算机法：归根结底是解非线性微积分方程组。方法有雅各比（太慢、电力系统基本不用）、高斯赛德尔、牛拉（对牛拉的简化即 PQ 分解法）

### 63、中国火电水电核电各自的比例

火电 80%，水电 17%~18%

64、给定一个电力系统，发生故障最后故障切除，叙述运行情况（等面积原则，讲清楚就可以，千万记得是发电机 --# 我搞混了。。。)

### 65、线性系统应该满足什么特性？

均匀性和叠加性。

### 66、谐波对电机有什么影响？对电网有什么影响？

5、7次谐波产生脉动转矩，谐波的存在会造成异步电动机效率下降，噪声增大；

1、高次谐波能使电网的电压与电流波形发生畸变，另外相同频率的谐波电压和谐波电流要产生同次谐波的有功功率和无功功率，从而降低电网电压，增加线路损耗，浪费电网容量，  
2、影响供电系统的无功补偿设备，谐波注入电网时容易造成变电站高压电容过电流和过负荷，在谐波场合下，电容柜无法正常投切，更严重的情况下，电容柜会将电网谐波进一步放大。

### 67、为什么晚上电压会偏高？

因为晚上负载少，而负载是并联的，负载少了阻抗会变大，分到的电压变大晚上电压会偏高。

### 68、变压器调无功和电容器调无功有什么区别？（变比和网络参数）

变压器调无功是通过改变变压器变比来改变节点电压，同时改变无功功率的分布。变压器本身不是无功电源，故只有在无功电源充足的条件下才可以通过改变变压器变比来调节无功和电压，在无功电源不足时是达不到调节的要求的。

电容器是通过改变线路等值参数来调节无功的，它本身可以发出感性无功功率。

### 69、电力系统的电压如何控制？什么设备、方式？（调无功，一堆，送无功，局部平衡）

电力系统的电压控制主要是通过调节无功功率对中枢点电压进行控制，方式有顺调压、逆调压和恒调压。具体的措施有：（1）利用发电机控制电压；（2）改变变压器变比控制电压；（3）利用并联无功补偿控制电压；（4）利用串联无功补偿控制电压。

### 70、发电机转子惯性时间常数的物理意义？

发电机在单位转矩的作用下，转子从静止状态加速到额定状态所需要的时间，单位为秒。

### 71、解释中性点直接接地和间接接地的物理差别

### 72、海底电缆输电是用直流还是用交流？

（用直流，考虑电容效应）

73、电力系统中性点在哪接地？为什么？

74、直流输电和交流输电的优缺点？评述现在直流输电和 1000kV 交流输电，大家去了解一下类似的前沿问题。

## 电路原理

### 1、特勒根定理，戴维南定理

特勒根定理：拓扑结构相同的两个电路网络，一个电路中所有支路电压与另一个电路中对应支路电流的乘积之和为零。

戴维南定理：任一线性电阻二端网络对外部的作用与一电压源和电阻串联而成的电路等效，电压源的值是该网络两端断开时的电压，电阻是网络中独立源不作用时，由二端网络的两端点视入的等效电阻。

### 2、零状态响应，零输入响应，自由分量，强制分量的关系

一个线性时不变电路或系统的响应可以分解为零状态响应和零输入响应的叠加，也可以分解为自由分量和强制分量的叠加。其中零状态响应中既包含自由分量，又包含强制分量。零输入响应只包含自由分量，由系统的内部结构性能决定，故可以反应系统的特性。

### 3、带内阻恒压源外接电阻负载，电阻越大，电流越小，输出功率越小。试判断其正确性。

不正确。电阻越大输出功率不一定越小，当电阻负载和内阻相等的时候，输出功率最大。

### 4、三相对称负载，接到三相对称电源上，当负载为 D 连接和 Y 连接时吸收的功率之比。

两种接法的线电压是一样的，但是 D 连接的线电流是 Y 连接的 3 倍，故吸收的功率之比是 3: 1。

### 5、如何计算二端口网络的功率？并用其解析两表法的正确性

### 6、一个有内阻的电压源接电阻负载，问在电阻负载上串联一个电阻和并联一个电阻，电阻上消耗的功率如何变化

取决于原来的电阻负载与电压源内阻的大小关系：当电阻负载小于内阻时，串联电阻功率变大，并联电阻功率变小；当电阻负载大于内阻时，串联电阻功率变小，并联电阻功率变大。

### 7、 $i=5\cos(t)$ , $i=3\cos(t)+4\cos(2t)$ , $i=3\cos(t)+4\cos(t+60)$ , 问哪两个信号的有效值一样。

都一样。

### 8、理想运放理想化的假设

假设放大倍数为无穷大，输入端的输入电阻为无穷大，输出阻抗为零。

### 10、两个电源,其中一个变为原来的 K 倍,负载上的电流变为原来的 K 倍.判断正确性.

错误

### 11、用 3 种方法测量 RL 线圈的 R、L.

(1) 直流测 R，交流测 Z 模

(2) 直流测 R，交流用功率表测功率因数

(3) 串联已知电容值的电容后加可调频的电源，调节电源频率到电流最小，记下此时的电压大小、频率、电流大小，利用串联谐振频率计算公式可以算出 L.

### 12、举三个电路等效的例子

戴维南等效，诺顿等效，pi 型等效电路。

### 13、两表法测三相电路功率有什么条件？解释理由

条件是没有中线，因为使用的理论前提是三相的线电流之和为零。

### 14、一个 R、L、C 串联电路，外接电源有效值 100V，角频率为 10，串联一个 2H 的电感之后测得电流最大值 5A，求该串联电路的阻抗值

串联谐振

### 15、关于有效值的定义。

一个周期性电压或电流的有效值等于它的瞬时值的平方在一个周期的平均值的平方根，故有效值又称均方根值。

### 16、 $i_1 = 8 + 4\sin 314t, i_2 = 5 + 4\sin(314t + 60)$ ，求 $i = i_1 - i_2$ 的有效值；

$i = i_1 - i_2 = 3 - 4\cos(314t + 30)$ ，故 i 的有效值为 5.

### 17、直流电源和电阻组成的端口网络，给你一只电压表和一个电阻可以读出的可调电阻，请测量电路的戴维南等效参数。

先测量开路电压，测得电压值即为戴维南等效电压源的值；接上可调电阻后边调节电阻边观察电压变化，等到电压变为开路电压的一半时，可调电阻的值即为戴维南等效电阻的值。

### 18、二端口网络，外加 100 伏交流电压角频率 10，接 2H 电感，得到最大电流为 20A，求二端口的阻抗。

## 19、输入激励和单位冲击响应进行卷积，在零状态条件下，结果就是输出响应。解释一下原理

将激励看成一系列宽度很小的矩形脉冲，然后利用卷积的线性特性。

### 高压

#### 1. 什么是 GIS？为什么充入 SF6 比较稳定？

GIS 是全封闭气体绝缘变电站，它是将除变压器以外的整个变电站的高压电力设备及母线封闭在一个接地的金属壳内，壳内充以 3~4 个大气压的 SF6 气体作为相间和对地的绝缘。

充入 SF6 比较稳定是因为它具有较高的耐电强度和很强的灭弧能力。

#### 2. 简述油式变压器和 SF6 变压器的优缺点

油式变压器的优点：靠绝缘油在变压器内部的循环将线圈产生的热带到变压器的散热器(片)上进行散热，冷却效果好，可以用于大容量的场合；过载能力较好。

缺点：需要加油、换油，维护工作量大；容易因油喷出或泄漏而引火灾，因而不适用于室内。

干式变压器的优点：不易引起火灾，体积小，适用于室内，维护工作少。

缺点：受散热限制，容量不能做得很大；同等容量的情况下比油式变压器价格贵；过载能力较差。

#### 3. 几种电压等级的划分，如高压，特高压，超高压…，常用的直流和交流输电的电压等级。

在高压输电行业中，习惯上称 100kV 以下为高压，100kV~1000kV 为超高压，1000kV 及以上为特高压。

我国常用交流输电的电压等级 500kV、330kV、220kV、110kV、35kV、10kV。直流：±500kV

#### 4. 马克思回路？

马克思回路是用于产生较高冲击电压的冲击电压发生器多级回路。冲击电压发生器的工作原理是由一组储能高压电容器自直流高压源充电几十秒后，通过铜球突然经电阻放电，在试品上形成陡峭上升前沿的冲击电压波形。总的来说就是“电容器并联充电，而后串联放电”。

#### 5. 实验高压变压器和电力变压器的区别

试验变压器在原理上与电力变压器没有区别，区别在于：

(1) 试验变压器的电压较高，变比较大，因而试验变压器的绝缘较厚、间隙距离较大，漏磁通和短路电抗值也较大。

(2) 试验变压器的运行条件与电力变压器不同（比电力变压器有利），如（6个）：试验变压器大多工作在容性负荷下，而电力变压器一般工作在感性负荷下；试验变压器由于所需试验功率不大，故容量也不大，而电力变压器的容量都很大；试验变压器工作时经常放电，而电力变压器正常运行时是不放电的，即使发生短路放电，继电保护装置也会使其立即断开电源的；电力变压器在运行中可能受到大气过电压及操作过电压的侵袭，而试验变压器不受到大气过电压的作用；试验变压器的工作时间短；工作温度低。

(3) 试验变压器在重要性方面不如电力变压器，故采用较小的安全系数。

## 6. 波阻抗和一般电阻的区别？如何减小波阻抗？为什么要减小波阻抗？（提高传送功率/线路的输电容量）

波阻抗与集中参数电阻有本质的不同，区别在于：

(1) 波阻抗表示同一方向的电压波和电流波的比值，电磁波通过波阻抗为  $Z$  的导线时，能量以电能、磁能的方式储存在周围介质中，而不是被消耗掉。

(2) 若导线上前行波和反行波同时存在时，则导线上总电压与总电流的比值不再等于波阻抗。

(3) 波阻抗  $Z$  的数值只取决于导线单位长度的电感和电容，与线路长度无关。

(4) 为了区别不同方向的流动波，波阻抗前有正负号。

可以通过增大电容或是减小电感。

## 7. GIS? PLC? 名词解释

GIS 是全封闭气体绝缘变电站，它是将除变压器以外的整个变电站的高压电力设备及母线封闭在一个接地的金属壳内，壳内充以 3~4 个大气压的 SF<sub>6</sub> 气体作为相间和对地的绝缘。

PLC 英文全称 Programmable Logic Controller，中文全称为可编程逻辑控制器，定义是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境应用而设计的。

## 8. 工作、保护、防雷接地？

工作接地（如中性点接地）的作用是稳定电网的对地电位，降低电气设备的绝缘水平。

保护接地（如设备外壳接地）的作用是保护人身安全。

防雷接地（如输电铁塔、避雷针下的接地装置）的作用在于通过降低电阻降低雷电流流过时避雷针或避雷器顶部的电压。

## 9. 汤逊, 巴申定律, 流注

汤逊理论和巴申定律都是描述低气压下均匀电场自持放电的, 而流注理论是描述高气压下均匀电场自持放电的。

汤逊放电的过程主要有  $\alpha$  过程和  $\gamma$  过程。其中  $\alpha$  过程是指电子崩的发展过程, 以电极空间的碰撞电离为主, 而  $\gamma$  过程是阴极表面电离的发展过程。汤逊自持放电的条件为一个电子在自己进入阳极后可以由  $\alpha$  过程和  $\gamma$  过程在阴极上又产生一个替身, 使放电过程继续。

巴申定律是击穿电压与气压和间隙距离乘积的关系曲线, 该关系曲线是 U 形曲线, 它表明击穿电压有最小值, 高气压和高真空都可以提高击穿电压。

正流注: 初始电子崩——空间光电离——二次电子崩——流注不断推进, 到达阴极, 间隙击穿。

负流注 (发生在外施电压比击穿电压还高时): 电子崩不需经过整个间隙, 流注直接从阴极向阳极发展。

一旦形成流注, 放电本身就可以由自身产生的空间光电离自行维持, 即转入自持放电阶段, 因为均匀电场中流注形成的条件就是自持放电条件, 也就是间隙击穿条件。而流注的形成直接取决于起始电子崩头部的电荷数量。

## 10. 西林电桥的作用, 介质损耗角, 正接, 反接?

介质损耗角正切是一个介质的特性指标, 用于表征在交流电压作用下介质的能量损耗 (包括漏导损失和极化损失), 用它还可以反映材料或电气设备的优劣。

西林电桥是一种交流电桥, 配以合适的标准电容, 可以在高电压下测量材料和电气设备的介质损耗角正切和电容值。

正接法中, 电桥本体内有一点接地, 和电源的接地点连在一起, 桥体和指示仪表都处于低电位, 这样对操作者比较安全, 故一般都用正接法。

而对于一端接地的试品则用反接法。反接法的原理与正接法基本相同, 只是两者的接地点不同。电压较高时, 反接法会给操作者带来一定的困难 (电压不高时可用绝缘材料做电桥的操作把手, 电压高时只能使用法拉第笼)。

## 11. 小桥理论

小桥理论认为, 液体中的杂质在电场力的作用下, 在电场方向定向, 并逐渐沿电力线方向排列成杂质的“小桥”, 由于水和纤维的相对介电常数比油的相对介电常数大得多, 所以这些杂质容易极化而在电场方向定向排列成小桥。由于组成小桥的纤维和水分电导较大, 从而使泄漏电流增加, 并进而使“小桥”强烈发热, 使油和水局部沸腾汽化, 最后沿些“气桥”发

生击穿。此种形式的击穿和热过程紧密相连。

（如果油间隙较长，难以形成贯通的小桥，则不连续的小桥也会显著畸变电场，降低间隙的击穿电压。由于杂质小桥的形成带有统计性，因而工程液体电介质的击穿电压有较大的分散性。

小桥的形成和电极形状及电压种类有明显关系。当电场极不均匀时，由于尖电极附近会有局部放电现象，造成油的扰动，妨碍小桥的形成。在冲击电压作用下，由于作用时间极短，“小桥”来不及形成。）

## 12. 正负流注的路径，速度

正流注的路径：初始电子崩从阴极向阳极发展，走了完整个间隙之后再通过空间光电离形成二次电子崩，二次电子崩从阳极向阴极发展，形成正流注，正流注向不断向阴极推进，直到击空。

负流注的路径：初始电子崩从阴极向阳极发展，没有到达阳极就形成二次电子崩，进而形成负流注，向阳极发展。

正流注的发展速度为  $1 \times 10^8$  至  $2 \times 10^8 \text{ cm/s}$ ，负流注的发展速度为  $0.7 \times 10^8$  至  $0.8 \times 10^8 \text{ cm/s}$

## 13. 电晕放电的条件

极不均匀电场，外加电压高于电晕起始电压。

## 14. 污闪

污闪的过程：

- (1) 污秽的沉积（可溶于水的导电物质和不溶于水的惰性物质）
- (2) 污秽的受潮
- (3) 干区的形成及局部电弧的产生
- (4) 局部电弧的发展及闪络的完成

## 15. 长间隙击穿过程，先导，主放电。。。

长间隙放电的过程大致分为先导放电和主放电两个阶段，在先导放电阶段中包括电子崩和流注的形成及发展过程。

## 16. 雷击过电压

雷电冲击电压是雷云对地放电时，巨大的冲击电流在接地阻抗上产生的巨大的电压降，或极大的电流变化陡度在电感性被击物上产生的高电压。另外，当输电线路附近落雷时，由雷电



冲击电流引起的电场、磁场的剧烈变化，也会在线路上感应出很高的电压。

### **17. 如何提高气体间隙的击穿电压？屏蔽，高气压，高真空、SF<sub>6</sub> 填充，电极形状，细线效应等**

提高气体击穿电压有两个途径：一方面是改善电场分布，使之尽量均匀；另一方面是利用其他方法来削弱气体中的电离过程。

改善电场分布：

(1) 电极形状的改进（为了使电场分布更均匀）：如增大电极曲率半径，改善电极边缘，使电极具有最佳外形。

(2) 极不均匀场中空间电荷的利用：即“细线”效应的利用（一定间隙距离范围内有效，雷电冲击电压下没有“细线”效应，只有持续作用电压下才有）

(3) 极不均匀场中屏障的采用

(4) 稍不均匀场中固体绝缘覆盖层的采用

削弱气体中的电离过程：

(1) 高气压的采用

(2) 高真空的采用

(3) 高电气强度气体如 SF<sub>6</sub> 的采用

### **18. 伏秒效应**

伏秒特性主要是对于冲击电压而言，它是用间隙上出现的电压最大值和间隙击穿时间的关系曲线来表示间隙的绝缘特性。同一个气隙，对不同的电压波形，其伏秒特性不一样，如无说明都是指标准冲击波下的伏秒特性。

在极不均匀场中，伏秒特性随放电时间的减少而明显上翘；均匀场中，伏秒特性较平坦。

### **19. 沿面放电的种类**

根据绝缘结构和固气交界面处电场形式分为三种

(1) 均匀电场中气体沿固体介质表面的放电（工程实际中少遇到）

(2) 极不均匀电场具有弱垂直分量时的沿面放电（如支柱绝缘子）

(3) 极不均匀电场具有强垂直分量时的沿面放电（如套管绝缘子，滑闪放电是具有强垂直分量绝缘结构的特有放电形式）

### **20. 组合绝缘的电气特性**

外加电压在组合绝缘中各介质上的电压分布，将决定组合绝缘整体的击穿电压。电压分布情况和电压的性质及持续时间等因素有关。

## 21. 绝缘检测，原理，吸收比

绝缘监测和诊断技术是通过对绝缘的试验和各种特性测量，可了解并评估绝缘在运行过程中的状态，从而能早期发现故障的技术。

吸收比为  $K$  为加压 60s 时的绝缘电阻与加压 15s 时电阻的比值。

（极化指数  $P$  为加压 10min 时的绝缘电阻与加压 1min 时绝缘电阻的比值。）

## 22. 球隙、分压器的测量范围

球隙的测量范围：测直流、交流、冲击电压的峰值，可测电压峰值为几千伏到 2000kV。

电阻分压器的测量范围：适合于测量直流和频率不过高和幅值不太高的交流电压（可测几万伏以下的工频电压），还可测量雷电冲击电压（最高测量 2000kV）

电容分压器的测量范围：测交流、冲击电压（几千到 3000kV）。

## 23. 集总，分布参数的区分与应用

当传输信号的波长远大于传输线的长度时，有限长的传输线上各点的电流（或电压）的大小和相位与传输线长度可近似认为相同，就不显现分布参数效应，可作为集中参数电路处理。但当传输信号的波长与传输线长度可比拟时，传输线上各点的电流（或电压）的大小和相位均不相同，显现出电路参数的分布效应，此时传输就必须作为分布参数电路处理。

## 24. 避雷的方法

防雷保护的基本措施有：避雷针，避雷线（即架空地线，主要用于输电线路的保护，也可用来保护发电厂和变电所），避雷器（专门用以限制线路传来的雷电过电压或操作过电压），接地装置（埋入地中的金属接地体，用于降低接地电阻）。

## 25. 操作过电压有哪几种

在中性点直接接地系统中，常见的操作过电压有：合闸空载线路过电压（正常空载线路合闸过电压和重合闸过电压）、切除空载线路过电压、切除空载变压器过电压以及解列过电压等。在中性点非直接接地系统中，操作过电压主要是弧光接地过电压。

## 26. 雷电冲击和工频下，哪个滑闪电压低，为什么？如何增大滑闪电压？

雷电冲击电压下滑闪电压更低，因为雷电电压的等效频率比工频高得多，电场的强垂直分量更明显。

增大滑闪电压的措施有：增大固体介质的厚度、采用相对常数较小的固体介质、减小表面电阻率。

## 27. 流柱放电的外形为什么呈细丝状，还有分叉，为什么阴极材料无关。

电子崩形成流注后，当某个流注由于偶然原因发展更快时，它就将抑制其他流注的形成和发

展，并且随着流注的向前推进，这种作用越来越强烈，最终导致流注的放电外形呈细丝状，还有分叉。

根据流注理论，维持放电自持的是空间光电离，而不是阴极表面的电离过程，因为击穿电压和阴极材料基本无关。

**28. 汤逊放电为啥与阴极材料有关。（低气压需碰撞电极，自持放电，有伽玛过程）**

因为低气压时，电子崩发出的光子容易到达阴极，而不易被气体分子吸收，从而引起阴极表面电离，所以汤逊放电包含了阴极表面的电离过程即 $\gamma$ 过程，故汤逊放电与阴极材料有关。

**29. 测固体电介质体积电导率的三电极法，后边的一个问题好像是什么画出电流变化的三个阶段。**

位移/吸收/泄漏

**30. 雷电电压波形，操作电压波形（1.2/50us；250/2500us）**

快速上升，缓慢下降，视在波前时间，视在半峰值时间。

**31. 固态电介质的击穿分成有哪些过程？(我当时忘了,555)有人认为只要增厚绝缘层就可以提高绝缘水平,对吗?为什么？（电/热/电化。不行，热击穿）**

电击穿、热击穿、电化击穿（电离性老化、电导性老化、电解性老化、表面漏电起痕及电蚀损）

发生热击穿时，简单采取加厚绝缘材料的办法不一定有效。

**32. 直流 800KV 与交流 1000KV 绝缘水平哪个高，为什么？**

直流 800KV 的绝缘水平高，因为确定绝缘子串片数时看的是相对地的电压。

**33. 间隙击穿的影响因素（大气条件/均匀/电压形式）**

**34. 大气里气压高击穿电压高还是低？**

高吧？对于低气压时均匀场的汤逊放电应该是的，其它的不太清楚

**35. 湿度高击穿电压高还是低？**

均匀电场中空气的放电电压随湿度的加大而增加，但程度极微。在极不均匀场中，空气中的水分对提高间隙击穿电压的效应就明显得多，可能是由于水分子容易吸引电子形成负离子抑制了电离，阻碍放电的缘故。

湿度对沿面闪络电压的影响和湿度的大小以及固体介质本身的特性有很大关系。当气体中的相对湿度小于 40%时，湿度对于各种固体介质的沿面闪络电压均无影响。当气体中的相对湿度大于 40%时，亲水性介质随着湿度的增加闪络电压将明显降低，憎水性介质的闪络电压随湿度的增加下降不多。

总的来说，对于空气间隙放电，湿度高击穿电压高；对于沿面的放电，湿度高闪络电压低（吸附了水气，形成水膜导电）。

**36. 尖板放电到底哪边放电？尖接地哪边放电？板接地哪边放电？**

都是尖（尖的曲率半径大，电极附近电场更不均匀）

**37. 冲击电压怎么测量？波形怎么测量？电阻分压器和电容分压器的应用范围有什么不同啊？测量冲击电压波形的时候，波形畸变有哪些标准？**

冲击高电压的测量有如下几种方法：球隙法（测量高电压峰值）、分压器—峰值电压表（只测峰值）、分压器—示波器（或数字记录仪，可同时测出峰值和电压）、光电测量法。

**38. 接地电阻是怎么形成的？**

所谓接地电阻是指接地点的电位与接地电流的比值，更确切地说是接地阻抗，它是大地阻抗效应的总和。

**39. 波阻抗定义？与什么有关？是否有损耗？电压波与电流波比值，电感和对地电容见 9**

**40. 操作冲击电压和雷电冲击电压的击穿电压与间隙距离的关系。**

前者是饱和效应，后者线性。

**41. 平板电容器间隙填不同介质的击穿电压问题。**

所填的介质相对介电常数越大，击穿电压越高。

**42. 穿墙引线的滑闪放电和绝缘子污闪放电 请说出什么是能显著提高污闪放电电压而不能提高滑闪放电电压，什么能提高滑闪放电电压但难提高污闪放电电压的。。。**

增加爬电距离能显著提高污闪放电电压而不能提高滑闪放电电压；增大固体介质的厚度能提高滑闪放电电压但难提高污闪放电电压

**43. 均匀电场，非均匀电场击穿的分散性**

气体：在均匀电场和稍不均匀电场中，各种形式电压的击穿电压分散性不大；在极不均匀电场中，直流电压的击穿电压的极性效应较明显，工频电压的击穿电压分散性不大，冲击电压的击穿电压分散性较大。

液体：根据小桥理论，电场不均匀程度增加，液体电介质的击穿电压分散性减小。

**44. 线路末端接地，直角波传到末端，电位如何？**

线路末端电压为零。（开路时是  $2E$ ）

### 1、什么是竞争冒险？危害，解决方法

冒险（也称险象）是在组合逻辑电路的信号传输过程中，由于门电路都存在传输时间，同时门的输出状态在发生跳变的过程中，由于上升时间和下降时间等参数的影响，可能在电路输出端出现的尖峰脉冲现象。竞争是一个门电路的输入端出现两路或两路以上信号向相反的方向发生跳变的现象。竞争的存在有可能导致电路的输出端出现冒险现象。

当后接的电路有敏感性器件（如触发器或计数器等）时尖峰脉冲将导致电路出现逻辑错误。消除竞争—冒险的方法：引入冗余项；加滤波电容。

### 2、ttl 引脚悬空，电位是高还是低？

高

### 3、说出 TTL 门与 CMOS 门入端悬空有什么影响（TTL 门可以悬空，不推荐；CMOS 门不能悬空）

TTL 门的输入端可以直接悬空，但是容易引入干扰，一般不宜采用。

CMOS 门的输入端不允许悬空，因为 CMOS 电路输入阻抗极高，若输入端悬空，可能会造成输入端电位不稳而出现逻辑错误，也易受外界噪声干扰，使电路产生误动作，此外悬空易使栅极感应静电，引起栅极击穿。

### 4、TTL 门，怎么处理多余的引脚？

直接接地（或非门）

直接接电源（与非门）

和其他端并联

接电阻（与非门接大于开门电阻的电阻，或非门接小于关门电阻的电阻）

保持悬空状态（与非门，容易引入干扰，一般不宜采用）

### 5、什么是扇出系数？有什么意义？

扇出系数是一个门带同类门的数量，用来表征带负载能力的强弱。扇出系数越大，电路的带负载能力相对越强。

## 模电

### 1、功率放大是不是放大功率？

不是，功率放大电路是将直流电源提供的直流电能转换成交流电能供负载使用。

### 2、负反馈电路有哪几种组态？

交流负反馈电路有如下四种组态：

- (1) 电压反馈：反馈量取自输出电压的反馈。
- (2) 电流反馈：反馈量取自输出电流的反馈。
- (3) 串联反馈：输入量与反馈量以电压形式叠加。
- (4) 并联反馈：输入量与反馈量以电流形式叠加。

### 3、场效应管和晶体管的区别

- (1) 场效应管用栅—源电压  $u_{GS}$  控制漏极电流  $i_D$ ，栅极基本上不取电流。而晶体管工作时基极总要索取一定的电流。（场效应管输入电阻高）
- (2) 场效应管只有多子参与导电，晶体管内既有多子又有少子参与导电，而少子数目受温度、辐射等因素影响较大，因而场效应管比晶体管的温度稳定性好、抗辐射能力强。
- (3) 场效应管的噪声系数很小。
- (4) 场效应管的漏极与源极可以互换后特性变化不大，而晶体管的发射极与集电极互换后特性差异很大。
- (5) 场效应管比晶体管种类多，组成电路时更灵活。
- (6) 场效应管集成工艺更简单，具有耗电省、工作电源电压范围宽等优点，适用于大规模集成电路。

### 4、什么是静态工作点？什么是温漂？零点漂移？

静态即输入信号为零时，晶体管各电极的直流电流和直流电压称为静态工作点（简称为 Q 点）

（只有设置合适的 Q 点，使晶体管在信号整个周期内全部处于放大状态，输出波形才不会失真。若 Q 点不合适，波形有可能会出现饱和失真或者截止失真。）

输入电压为零而输出电压的变化不为零的现象称为零点漂移现象。而由温度变化所引起的半导体器件参数的变化是产生零点漂移现象的主要原因，因此零点漂移也称温度漂移，简称温漂。

### 5、多级放大电路的四种耦合方式？优缺点？

- (1) 直接耦合：前一级的输出端与后一级的输入端直接连接。

优点：低频特性好，便于集成。

缺点：Q 点互相影响，不便于设计和调试；容易产生零点漂移。（采用 EDA 仿真软件设计电路，简化设计过程；采用差分放大电路来消除零点漂移）

(2) 阻容耦合：前一级的输出端与后一级的输入端通过电阻电容连接。

优点：各级 Q 点相互独立。

缺点：低频特性差，不便于集成。

(3) 变压器耦合：前一级的输出端与后一级的输入端或者负载通过变压器连接。

优点：Q 点相互独立，可以实现阻抗匹配。

缺点：不适合集成，低频特性差。

(4) 光电耦合：前一级的输出端与后一级的输入端通过光电耦合器连接。

#### 6、稳压管利用了 PN 结的什么特性？

稳压管利用了 PN 结反向击穿时，在一定的电流范围在，端电压几乎不变的特性。

#### 7、放大器频率响应的物理意义

放大电路的放大倍数是信号频率的函数，放大倍数会随着信号频率的变化而发生相应的幅值和相位变化。

#### 8、 $u=i^3$ ，问是压控还是流控，求电流一定时的静态和动态电阻

流控。静态电阻等于电压瞬时值除以电流瞬时值，动态电阻等于相应点的电压对电流的导数值

#### 9、什么是正反馈，什么是负反馈，180 度对应的是正反馈还是负反馈？（净输入量增大减小区别）

使放大电路净输入量增大的反馈称为正反馈，使放大电路净输入量减小的反馈称为负反馈。

180 度相当于反相，对应的应该是负反馈吧

#### 10、模拟电路和数字电路的区别

模拟电路是用于产生或者处理模拟信号电子电路，其最基本的处理为放大。

数字电路是用于产生或者处理数字信号电子电路。

（模拟信号是在时间和数值上均连续的信号，数字信号是在时间和数值上均离散的信号。）

#### 11、举出一个压控电压源电路（利用运放）

#### 12、举出一个电压源的电路。

#### 13、举一个电流源的例子

集成运放中的基本电流源电路：镜像电流源、比例电流源、微电流源。（偏置电路、有源负载）

#### 14、运算放大器的一些性质

集成运算放大电路是一种高放大倍数、高输入电阻、低输出电阻的直接耦合多级放大电路。

#### 15、理想运放的工作特性

理想运放在线性工作区（引入了负反馈）有“虚短”、“虚断”的特性，在非线性工作区（开环或者只引入了正反馈）有“虚断”的特性。

#### 一些补充：

- 1、晶体管的四种工作状态：饱和、放大、截止、倒置。
- 2、输入电阻和输出电阻的物理意义
- 3、放大电路的组成原则（三个：静态时晶体管工作在放大区，有合适的 Q 点，保证交流信号的有效传输）
- 4、晶体管单管放大电路的三种基本接法的特点为：
  - （1） 共射电路既能放大电压又能放大电流，频带较窄，常作为低频电压放大电路的单元电路。
  - （2） 共集电路只能放大电流不能放大电压，输入电阻大，输出电阻小，带负载能力强，具有电压跟随的特点，常用于电压放大电路的输入级和输出级。
  - （3） 共基电路只能放大电压不能放大电流，高频特性好，常作为宽频带放大电路。
- 5、场效应管是利用输入回路的电压来控制输出电流的半导体器件，而晶体管是利用输入回路电流来控制输出电流的。（可变电阻区、恒流区、夹断区；饱和区、放大区、截止区）
- 6、反馈是把输出量的一部分或全部通过一定的方式引回到输入回路，来影响输入量的连接方式。
- 7、引入负反馈的原则：为了稳定 Q 点，抑制温漂，应引入直流负反馈；为了改善动态性能，应引交流负反馈（可以使放大倍数下降，提高放大倍数的稳定性，展宽频带，减小非线性失真及抑制内部噪声，改变输入、输出电阻）。
- 8、自激振荡：放大电路引入负反馈后，在输入信号为零时，输出产生了具有一定幅值和一定频率的信号。产生的原因是低频时耦合电容和旁路电容产生超前相移，高频时极间电容产生滞后相移所致。可以通过在电路中适当的位置加补偿电容、电阻来消除。
- 9、在信号的运算和处理电路中运放工作在线性工作区，在电压比较器中，运放工作在线性工作区。
- 10、电压比较器主要有单限、滞回、窗口三种。
- 11、正弦波振荡电路的组成：放大电路、正反馈网络、选频网络、稳幅环节。



分类：RC 正弦波振荡电路、LC 正弦波振荡电路、石英晶体正弦波振荡电路。

12、直流电源的组成：电源变压器（降压）、整流电路（将交流电压转换为直流电压）、滤波电路（减小电压脉动，使输出电压平滑）、稳压电路（使输出直流电压基本不受电网电压波动和负载电阻变化的影响）。

## 微机原理

### 1、寻址方式的种类

(1) 立即数寻址；(2) 寄存器寻址；(3) 直接寻址；(4) 寄存器间接寻址；(5) 寄存器相对寻址；(6) 基址加变址寄存器；(7) 相对基址加变址寻址。

(前四种为常用。I/O 端口操作数的寻址方式是直接寻址和寄存器间接寻址两种。)

直接寻址和寄存器间接寻址都是内存操作数寻址，内存操作数寻址慢，因为读取内存。立即数寻址和寄存器寻址快。

只有 BX、BP、SI、DI 四个寄存器可以用于寄存器间接寻址。)

### 2、CPU 与外设的数据传输方式

- (1) 无条件传送（实际应用中较少使用）
- (2) 查询方式（可靠性较高，但 CPU 效率低）
- (3) 中断方式（可提高 CPU 效率，但是可靠性不如查询方式高）
- (4) DMA 方式

### 3、冯诺依曼结构和哈佛结构的区别（前者共用总线，后者数据总线和程序总线分开）

冯诺依曼结构是程序空间和数据空间不独立的结构，而哈佛结构是指程序和数据空间独立的体系结构。通用计算机采用冯诺伊曼结构，统一程序和数据空间，共享程序总线与数据总线，取指和取操作数串行执行，哈佛总线结构指程序总线与数据总线分离，可以同时取指和取操作数。

### 4、中断服务程序的执行过程

开始——保护现场——完成中断源申请的任务——发中断结束命令 EOI——恢复现场——IRET 中断返回。

### 5、数据采集系统的组成

传感器，放大器，滤波器，多路开关，采样保持电路，A/D 转换器。

### 6、采样保持电路应具有什么样的特性？

采样保持电路由输入输出缓冲放大器，保持电容和控制开关组成。输入输出缓冲放大器接成电压跟随状态，具有高输入阻抗、低输出阻抗的性能。

（采样保持电路的作用：A/D 转换器完成一次转换过程需要一定的时间，在这段时间内，输入端模拟信号的大小应保持不变，否则将影响转换的精度。

如果 A/D 转换速度比模拟信号变化速度快很多，可将模拟信号直接加到 A/D 转换器上，而不需要采样保持电路。）

#### 7、什么是堆栈？用在什么地方？堆栈指针有什么用？

堆栈是一片以“先进后出，后进先出”方式进行操作的重要的内存区域。主要用于保存和恢复子程、中断的返回地址，一些需要保护的重要数据等等。堆栈的指针用于指向堆栈的顶部。

#### 8、请简述冯诺依曼结构的特点

冯诺依曼体系结构的要点是：数字计算机的数制采用二进制；计算机应该按照程序顺序执行。根据冯诺依曼体系结构构成的计算机必须具备五大基本组成部件，包括：输入数据和程序的输入设备；记忆程序和数据的存储器；完成数据加工处理的运算器；控制程序执行的控制器；输出处理结果的输出设备。

9、一个 MCU 的地址线有 16 根，最大寻址 64K，可以扩充到 128K 嘛？如可以，给出方法左移（一个地址控制 2K？）

#### 10、如果做外部中断实验时候中断没有响应 分析可能原因

硬件优先级（中断的优先级不如 CPU 如正在执行的中断优先级高，被屏蔽了）

#### 11、现代计算机存储器的层次结构？高级缓存与虚拟缓存的区别？

现代微型计算机的存储系统结构：高速缓存——主存（内存）——外存（硬盘）。（三级存储系统层次结构）

高速缓存位于 CPU 与主存之间，是用最快速的 SRAM 构成。在配备有高速缓存的微机中，每次存储器时，都先访问高速缓存，如果访问的内容在高速缓存中，则访问到此为止；否则，再访问主存储器，并把有关内容及相关数据块取入高速缓存。这样可以提高微机的运行速度。虚拟内存是用硬盘空间做内存来弥补计算机内存空间的缺乏，但它并不是物理上真正的内存。

#### 12、cpu 怎么控制 AD 采集，两种方式？

查询和中断

13、怎么判断一个 cpu 是否正常工作，若没有正常，可能是什么原因？

[Windows 任务管理器](#)

#### 14、动态 ram 和静态 ram 在存储方法和操作上有哪些区别？

动态 RAM 的基本存储电路为带驱动晶体管的电容。电容上有无电荷状态被视为逻辑 1 和 0。随着时间的推移，电容上的电荷会逐渐减少，为保持其内容必须周期性地对其进行刷新(对电容充电)，以维持其中所存的数据，所以在硬件系统中也得设置相应的刷新电路来完成动态 RAM 的刷新，硬件系统比较复杂，但功耗低，成本低。一般 PC 机上标准存储器都采用 DRAM。

静态 RAM 用触发器存放 1 和 0，每个触发器存放一位二进制信息，由若干个触发器组成一个存储单元，再由若干存储单元组成存储器矩阵，加上地址译码器和读 / 写控制电路就组成静态 RAM。它存取速度快，只要不掉电即可持续保持内容不变。与动态 RAM 相比，静态 RAM 无须考虑保持数据而设置的刷新电路，故扩展电路较简单。但由于静态 RAM 是通过有源电路来保持存储器中的数据，因此，要消耗较多功率，价格也较高。一般用作高速缓存。

#### 15、计算机小系统的 cpu 能否正常工作？如何检测？如果出了问题，怎么查出来？

#### 16、A/D 转换器的参数特性

分辨率、转换精度和转换时间/转换率。

(D/A 转换器是分辨率和建立时间)

#### 补充：

##### 1、微机的基本结构

总线（数据总线、地址总线、控制总线），中央处理器（运算器+控制器），存储器（内存、内存条），I/O 接口（使输入输出设备与 CPU 的信号类型、运行速度匹配），输入输出设备。

2、微机的工作过程就是不断地取指令、执行指令的过程。（复位本能、自动本能）

3、微处理器主要有两种工作方式：实地址方式和保护方式。DOS 操作系统中微处理器工作在实地址方式下，Windows 2000 中微处理器工作在保护方式下。

##### 4、内存的构成

ROM（只读存储器）：只能读，不能写。具掉电保护功能。

RAM（随机存取存储器）：既可读，又可写。无掉电保护功能，掉电后原有信息将不复存在。

5、内存的分段机制将程序分为数据段、代码段和堆栈段。

6、物理地址由段地址和偏移地址组成。其中段地址定义了一个段的起始地址，偏移地址则是存储单元所在位置相对段起始地址的偏移距离。同一物理地址可以用不同的段地址和偏移地址来表示（二元一元方程的解不唯一）。

7、指令由操作码和操作数构成。其中操作码用于指明 CPU 要执行什么样的操作，操作数指明参与操作的数据或数据所在的地方。

8、双操作数指令，两个操作数的类型应相同。

9、指令性语句是用指令系统中的指令构成的语句，是命令 CPU 执行的语句。指示性语句（伪操作）是指示汇编连接程序进行预处理的语句。

10、汇编语言上机的过程：编辑源程序，汇编源程序（有汇编错误则返回编辑），形成目标程序，连接目标程序（有连接错误则返回编辑），形成可执行程序，将可执行程序装入内存并执行，若运行结果不正确则用 DEBUG 调试。

11、变量的定义（在程序的数据段）包括变量四个属性的定义：地址属性、类型、数值、变量名。（可初始化，也可不初始化）

12、利用三态门可以解决多个信号输出到公共信号线引起的冲突问题。

任何输出电路都应通过三态门与公共信号线（如总线）相连。（硬件的互斥设计原则）此处三态门起到隔离缓冲的作用，因此三态门又称缓冲器。

13、CPU 通过总线完成与存储器、I/O 端口之间的读写操作称为总线操作。执行一个总线操作所需的时间称为总线周期。一个基本的总线周期通常包括 4 个 T 状态（定址、定操作、等待、实现操作）

14、CPU 总线的时序图反映了 CPU 总线对外操作的详细过程和严格的时间规定，时序中包含了存储器、I/O 接口等外部电路的速度要求，是 CPU 总线的重要外部特性。

15、计算机的三大知识模块：计算机的工作原理、计算机的接口技术，计算机的应用设计。

16、译码电路是将由多个数字信号构成的“编码”翻译为一个与之相对应的控制信号的电路。（定址原则。全译码方式（16 根地址信号全部参与译码），部分译码方式）

17、接口的分析与设计应遵循的四大原则：同步原则、互斥原则、定址原则、驱动原则。

18、可编程并行输入输出接口 8255A 的程序流程：开始，设置控制字，从输入口读入开关数据，数据处理，从输出口输出数据，返回 DOS。（8255A 的工作方式分为有与外设的联络信号与没有与外设联络信号两类）

19、中断是暂停 CPU 正在运行的程序，转去执行相应的中断服务程序，完毕后返回被中断的程序继续运行的现象和技术。

中断首先需要由中断源发出中断请求，并征得系统允许（屏蔽、优先权）后才会发生。转去执行中断服务程序前需保护中断现场，执行完中断服务程序后应恢复中断现场。

断点：是指 CPU 执行的现行程序被中断时的下一条指令的地址，又称断点地址。

中断现场：是指 CPU 转去执行中断服务前的运行状态，包括 CPU 内部各寄存器的值、断点地址等。

20、可编程中断控制器 8259A 的编程：设置中断屏蔽字，发中断结束命令 EOI。

21、串行通信是指数据一位接一位在一根线路上传输，在传输过程中，每一位数据都占据一个固定的时间长度。（并行，8 位同时输入输出；串行，8 位依次输入输出。）

波特率是串行通信中衡量数据传输速率的单位，即每秒传送的二进制的位数。

22、通信协议就是通信双方为了保证通信正确，事先对数据传送控制规定的必须共同遵守的一种约定。（数据格式、波特率、校验方式等等）

23、串行数据传送方式：单工方式、全双工方式、半双工方式。

24、半导体存储器的主要性能指标：容量、存取速度。

## 信号与系统

### 1、频域、时域的对应关系

时域离散，频域周期；时域周期，频域离散；时域非周期，频域连续。

时域周期延拓，频域抽样；时域抽样，频域周期延拓。

### 2、DTFT, DFS, DFT 等六大变换的关系

FS：连续周期函数傅立叶级数。

FT：连续非周期函数傅立叶变换。（引入奇异函数）

DFS：离散周期函数傅立叶级数。

DTFT：离散时间傅立叶变换。

DFT：离散傅立叶变换。（用于计算机计算）

FFT：快速傅立叶变换

（1）如果一个连续周期函数是对一个连续非周期函数的无混叠周期延拓，则相应的 FS 是对 FT 的抽样，只是相差一个系数。

（2）如果一个离散周期函数是对一个离散非周期函数的无混叠周期延拓，则相应的 DFS 是对 DTFT 的抽样。

（3）如果一个离散非周期函数是对一个连续非周期函数的抽样，则相应的 DTFT 是对 FT 的周期延拓。抽样过程满足抽样定理时延拓无混叠。

（4）如果一个离散周期函数是对一个连续周期函数的抽样，且为完整周期抽样，则相应的

DFS 是对 FS 的周期延拓。

(5) DFT 由 DFS 的算法应用到周期和非周期离散信号的傅立叶分析得到,它能满足计算机表示信号的基本要求:时域和频域均为离散、有限。

(6) FFT 是 DFT 的快速算法,FFT 消除了 DFT 的重复计算,可提高计算速度,减少内存的占用。

### 3、抽样定理? 物理意义?

时域抽样定理:如果信号频率有限,则频谱只占据有限频率区间,则它可以用等间隔的时域抽样信号唯一地表示,只要时域抽样间隔足够小,满足抽样角频率大于等于频率区间宽度。

时域抽样定理的物理意义:一个随时间变化的信号,其最大变化速度决定了信号所包含的最高频率分量,要使得抽样信号能够不失真地反映原信号的变化,必须保证对其最高频率分量的有效抽样,满足在最高频率分量的一个周期内至少抽样两点。

### 4、连续系统离散化的方法有哪些?

### 5、冲激函数的频谱曲线,经过低通滤波器后的波形如何?

冲激函数的频谱密度幅值在频率从 0 到无穷大都是 1,经过低通滤波器后得到的是频域窗函数,对应回时域为抽样函数。

### 6、根据网络函数的极点定性描述其时域单位冲击响应

极点在负实轴上是无振荡衰减响应,在原点是等幅无振荡响应,在正实轴是无振荡发散响应。除去实轴外,在左半平面是振荡衰减响应,在虚轴上是等幅振荡响应,在右半平面是振荡发散响应。

### 7、某个非周期连续信号的 $fft$ 变换,描述其频域信号

### 8、时域连续周期信号,连续非周期信号,离散周期信号,离散非周期信号的频域信号特点,就是连续性、周期性

时域连续周期信号的频域信号应是离散的非周期信号;时域连续非周期信号的频域信号应该是连续非周期信号;时域离散周期信号的频域信号应该是离散周期信号;时域离散非周期信号应该是连续周期信号。(见 1)

## 9、请说出三种动态电路的分析方法

(时域/频域/复频域)

## 10、非周期连续信号傅立叶变换中为什么引入频谱密度概念

对于一个绝对可积的非周期连续信号，进行频率分析时，幅值谱为频率连续分布的幅值为无穷小的频率分量的叠加，不再能有效描述信号的频谱分布，故为了描述其频谱分布，引入了频谱密度概念。

## 11、一个偶函数的傅立叶变换的物理意义!

一个偶函数的傅立叶变换是一偶函数，一个实偶函数，因为其所有分量必须为偶函数，即余弦函数。

## 12、连续非周期信号在时间趋于无穷时趋于零，问该信号是否能量有限

不一定，反例。

## 13、网络函数在左半平面有两个极点，时域是什么形式？极点距离虚轴的远近对时域有什么影响？

左半平面对应的是振荡衰减响应，极点离虚轴远近对时域响应的快慢有影响，离虚轴越远，响应越快

## 14、拉普拉斯变换能否用于分析非线性系统？为什么？

不能。因为拉普拉斯变换是由傅立叶变换的集合构成的，而傅立叶变换属于信号的正交分解，一种线性分解。

## 15、一个信号经过线性系统,如果要保证信号不失真,系统的传递函数应该满足什么条件?

系统无失真传输的条件：(1) 系统的幅频特性是一常数，对所有频率分量做相同程度的衰减或放大；(2) 相频特性为一过原点的直线，各频率分量的相移和其频率成线性，即线性相位特性。

## 16、泄漏，混叠误差

周期信号抽样时不满足完整周期抽样，或者非周期信号抽样时信号截断，都会导致泄漏误差。抽样时不满足抽样定理会导致混叠误差。

## 17、一个函数可以傅立叶分析的条件？

- (1) 若有间断点，只有有限个间断点；
- (2) 只有有限个极大极小值；
- (3) 在无限区间内绝对可积。

(周期函数可用傅立叶级数分析的条件加三个条件都是指在一个周期内)

## 18、信号采样中作 DFT、FFT 变换，频率分辨率跟什么有关

频率分辨率与抽样长度有关，抽样长度越大，频率分辨率越高。

（抽样率决定信号频谱分析的频率范围，提高抽样率可以增加信号频谱分析的范围。）

## 19、设计滤波器考虑的参数？

通带截止频率，通带衰减；阻带截止频率，阻带衰减。

## 自控原理

### 1、一般的自动控制装置的组成部分。（参看自控的概论部分）

开环控制系统一般由控制器和被控对象（控制系统的执行机构）组成。闭环控制系统除了有控制器和被控对象之外，还有测量元件。

### 2、自控系统的几种稳定方式？各自的内容和包容关系

自控系统的稳定方式主要包括渐近稳定和 BIBO 稳定。（针对线性定常系统）

其中渐近稳定主要是指在有限初始状态下线性定常系统状态最终会回到平衡点位置的稳定性，其充要条件是它的特征方程的全部根均具有负实部，或全部位于 S 平面的左半开平面。

BIBO 稳定是指线性定常系统对任何一个有界输入必然产生一个有界输出的稳定性。其充要条件是系统传递函数（有可能包含零极点相消）的极点都在 S 平面的左半开平面。

一个渐近稳定的线性定常系统，必然是一个 BIBO 稳定的系统；但是一个 BIBO 稳定的线性定常系统，不一定是一个比较近稳定的系统。

李雅普诺夫稳定是小范围稳定，适合线性、非线性、时变等系统。

李雅普诺夫稳定包括 BIBO 稳定

### 3、什么是根轨迹？绘制的几条主要原则

根轨迹就是当系统中某一参数发生变化时，系统闭环特征根在 S 平面上描绘的曲线。（一般以开环增益为变化参数）

绘制的几条主要原则：（1）当根轨迹增益  $K'$  从 0 到无穷变化时，根轨迹起点为开环传递函数的极点，终点为开环传递函数的零点。（2）根轨迹的条数等于开环传递函数的极点个数。

（3）根轨迹渐近线的条数等于开环传递函数的极点个数减去零点个数。（4）根轨迹关于实轴对称。（5）实轴上凡右边具有奇数个零一极点的部分是根轨迹。

### 4、解释 PID 调节。PD 调节和 PI 调节的区别

PID 调节也称比例积分微分调节，由放大器、微分器和积分器组成。其传递函数有一个位于



原点的极点和两个位于 S 左半平面的零点，是一个对低频段和高频段都进行提升的带阻滤波器。

PI（比例积分）调节器是低通滤波器，PD（比例微分）调节器是高通滤波器。PI 调节提升低频段增益的作用是为了减小稳态误差，PD 调节提升高频段增益的目的是增加穿越频率附近频段的相角裕量（稳定裕量）和提高系统的穿越频率值，提升系统的快速性。

### 5、能控性和能观性。

线性定常系统的能控性是指存在一个无约束的系统输入信号，能在有限时间内，将系统从任意初始状态转移到另一个预期状态的特性。线性定常系统完全能控的充要条件是其能控性矩阵满秩。

线性定常系统的能观性是指对于任意初始时刻，能在有限时间内，根据输出量的量测量惟一确定系统状态的特性。线性定常系统的完全能观的充要条件是其能观性矩阵满秩。

### 6、判断稳定性：

$$G(s) = -10 / (s^2 + 2s + 2)$$

$$G(s) = 10 / (s^2 + 2s - 2)$$

$$G(s) = 10 / (s^3 + 3s + 2)$$

由 Routh 稳定判据可知第一第三个是稳定的，第二个是不稳定的。

### 7、一个系统框图，问是否稳定，还有输出是不是一定是稳定的。

$$\begin{array}{c} s-1 \qquad \qquad \qquad 1 \\ \hline \text{-----} * \text{-----} \\ s+1 \qquad \qquad \qquad s(s-1)(s+4) \end{array}$$

BIBO 稳定，但不是渐近稳定。输入为有界时输出稳定。

### 8、一个不稳定的系统，其输出量有什么特点（发散，没有一个稳定域）

### 9、状态变量是否和电路中储能元件数量相同，状态变量一定是确定的么（相同，不确定）

### 10、自动控制系统中控制器,被控量,测量环节的作用?

控制器是将输入信号按一定的规律转换成控制量的装置。

被控量是被控对象运行中的一个参数，是控制系统需要调节的对象。如压力、速度、温度、电压、电流等物理量。

测量环节的作用是对输出量进行测量并将测量所得信号引到系统输入端，与输入信号进行比较，然后用它们的差值进行控制。

### 11、渐进稳定和 BIBO 稳定的区别（特征根全为负/传递函数极点在左半开平面）

## 12、什么叫最小相位系统？

系统的传递函数的全部零一极点都位于 S 平面的左半平面或虚轴上的系统。

## 13、耐奎司特图判定系统稳定性

- (1) 若系统开环稳定，则闭环系统稳定的充要条件是耐奎司特图不包围  $(-1, j0)$  点。
- (2) 闭环系统稳定的充要条件是耐奎司特图包围  $(-1, j0)$  点的周数为  $-n$  周， $n$  为开环传递函数在右半开平面的极点数。

推论：若耐奎司特图顺时针包围  $(-1, j0)$  点，则系统一定不稳定。

## 14、电路只有一个极点位于负实轴，问这是什么响应？极点距虚轴远近的影响

电路只有一个极点位于负实轴是 1 阶惯性系统，响应是无振荡衰减响应。极点离虚轴越远，则时间常数越小，响应的过渡过程越快。

## 15、超前调节的概念

超前校正也称微分型校正，但是没有微分环节的存在，而是通过加一对零极点来实现，因而比 PD 校正容易实现。超前校正网络实质是一个高通滤波器，它的零点比极点更靠近虚轴。

微分，加零点

## 16、反馈系统前向通道是比例环节，输入 100V 电压，输出还能是 100V 吗？

## 17、Routh 判据是怎么回事？

Routh 判据是根据系统的特征方程系数来确定系统的稳定性，特征方程是变量  $s$  的代数方程。

Routh 稳定判据：系统稳定的充要条件是 Routh 表中第一列各项元素均为正。特征方程具有正实部根的个数等于 Routh 表第一列中系数改变符号的次数。

## 18、自控系统中各个变量的作用？

输入信号的作用是将对系统的控制规律传递到系统中去。控制量的作用是将输入信号所包含的控制规律作用于被控对象。输出信号（被控量）是控制系统需要调节的对象。反馈信号的作用是将输出信号反馈到输入信号处，以实现输出信号对输入信号的制约。

## 19、给了一个 bode 图，问系统是否稳定，增大还是减小开环增益 $K$ 会使系统不稳定？

- (1) 若幅频特性曲线穿越 0dB 线时，相频特性对应的取值大于  $-180$  度，则闭环系统稳定，否则不稳定。
- (2) 若相频特性曲线穿越  $-180$  度线时，幅频特性对应的取值小于零，则闭环系统稳定，否则不稳定。

增大开环增益  $K$  会使系统不稳定。

(实际中避免振荡引起的系统不稳定, 常用减小开环放大倍数  $K$  值, 或减小系统的相位角变化的方法)

#### 其它

1、矩阵可逆条件、行列式的值的求法等等

2、c++中 struct 和 class 有什么区别?

public 和 private

struct 是全局量, 不具有权限控制, 是面向结构的东西; class 是面向对象的东西, 在内存分配和访问上可以控制权限

3、C++中, 什么情况用指针, 什么情况用引用?

4、可微是否连续, 连续是否可微, 举例?

5、线性稳压电源和开关稳压电源各有什么特点?

根据调整管的工作状态, 常把稳压电源分为两类: 线性稳压电源和开关稳压电源。此外, 还有一种使用稳压管的小电源。

线性稳压电源是调整管工作在线性状态下的直流稳压源, 特点是输出电压比输入电压低, 反应速度快, 输出纹波较小, 工作产生的噪声低, 效率较低, 发热量大, 间接地给系统增加热噪声。

开关电源的调整管(又称开关管)工作在开关状态, 是一种比较新型的电源, 效率高, 重量轻, 可升降压, 输出功率大, 但由于电路工作在开关状态, 噪声比较大。

6、要求系统的采样率 100kHz, 设计一个系统(说明系统的参数), 并说明 AD 的转换起始信号、转换结束信号、转换结果接受信号如何处理。

7、求微分方程  $5\frac{du}{dt}+2u=0$  的时间常数; ( $C=5$ ,  $R=1/2$ , 时间常数  $t=RC=2.5$ )