2020 国家电网二批高频考点速记手册

欢迎各位小伙伴加入 2020 华图国家电网二批备考交流群

2020电网二批交流群

扫一扫二维码，加入群聊。

关注国企人事考试网（htguoqi），更新最新考试资讯

扫码关注上方二维码，回复关键词“电网”获取最新电网备考手册

2020年电网系统校园招聘考试一高频考点速记手册

电路

第一章 电路的基本概念和基本定律（KCL、KVL）

电阻电路的参考方向

1. 电流的参考方向是电路任意假定的方向。电压的参考方向是电路任意假定的方向。

2. 在参考方向下，如果电压或电流计算结果大于0，则电压或电流的实际方向与参考方向相同；如果电压或电流计算结果小于0，则电压或电流的实际方向与参考方向相反。

3. 关联方向是电压和电流的参考方向相同；非关联方向是电压和电流参考方向相反。

4. 电功率公式P=UI。

5. 电阻公式:R=U/I（关联方向）；R= -U/I（非关联方向）。

基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫电流定律(KCL)又称为基尔霍夫第一定律。根据节点列方程。KCL方程个数为n-1(电路n个节点，b条支路)。

2. 基尔霍夫电压定律(kVL)又称为基尔霍夫第二定律。根据回路电压列方程。kVL方程个数为b-（n-1）(电路n个节点，b条支路)

3. 基尔霍夫定律是根据电路结构建立关系，与电路元件无关。

第二章 电阻电路的等效变换

电阻的等效变换

1. 电路等效对外等效对内不等效。等效条件:端口电压和电流相同。

2. 串联条件是:元件流过电流相同；并联条件是:元件的电压相同。

电源的等效变换

1. 理想电压源和理想电流源之间不能效。只有实际电压源和实际电流源才能相互等效。

2. 二端网络分类:有源网络和无源网络;线性网络和非线性网络;时变网络和时不变网络。

3. 输入电阻必须在无源前提下求解。

第三章 线性电阻电路的一般分析方法

1. 支路电流法是以支路电流为变量列方程的方法。列方程个数为b。适用于支路少的电路。

2. 网孔电流法是一以网孔电流为变量列方程的方法。列方程个数为b-（n-1）。适用于网孔较少的电路。

3. 网孔一定是回路，回路不一定是网孔。

4. 回路电流法是以回路电流为变量列方程的方注。列方程个数为b-(n-1)。适用于回路少的电路。

5. 网孔电流法和回路电流法自动满足基尔霍夫电流定律(基尔霍夫第一定律)。

6. 节点电压法是以节点电压为变量列方程的方法。列方程个数为n-1。适用于节点少的电路。

7. 节点电压法自动满足基尔霍夫电压定律(基尔霍夫第二定律)。

8. 电路中只能存在一个参考节点。

第四章 叠加定理 戴维南定理和诺顿定理

叠加定理

1. 叠加定理只适用于线性电路，不适用于非线性电路。

2. 叠加定理适用于电压电流计算，不适用于功率针算。

3. 叠加定理中，独立电源置零的含义是：电压源用“短路”替代，电流源用“断路”替代。

4. 叠加定理中，受控源不可以单独作用，并始终保留。

戴维南定理和诺顿定理

1. 戴维南定理等效电路是独立电压源和电阻的全联电路。

2. 独立电压源电压为有源一端口开路电压;电阻为无源一端口输入电阻。

3. 诺顿定理等效电路是独立电流源和电阻的井联电路。

4. 独立电流源电流为有源一端口短路电流；电阻为无源一端口输入电阻。

5. 戴维南等效电路与诺顿等效电路之间存在相互等效。

第五章 一阶电路的时域分析

基本概念

1. 换路前后，电容的电压保持不变；电感的电流保持不变。

2. 用一阶微分方程描述的动态电路称为一阶电路。

3. 时间常数 τ 公反映过渡过程的时间长短，时间常数越大，过渡时间越长；时间常数越小，过渡时间越短；工程上当 3τ~5τ 认为电路进入新的稳态。

4. 零输入响应时，经过一个时间常数后，电感电流或电容电压衰减为原值的 36.8%。

一阶电路的三种状态

1. 动态电路中无外施激励电源，仅由动态元件初始储能所产生的响应，称为动态电路的零输入响应。

2. 动态电路在换路之前，电路中的储能元件没有储能能量，换路之后电路中的电源在电路中产生响应，称为零状态响应。

3. 在换路之前，电路中的储能元件储存有能量，在换路之后，电路中有独立电源，称为全响应。

4. 全响应=零输入响应十零状态响应；全响应=稳态响应十暂态(瞬态)响应。

5. 一阶电路三要素法的三要素包括:初始值、稳态值、时间常数。

第六章 二阶电路的零输入响应

1. 用二阶微分方程描述的动态电路称为二阶电路。

2. 二阶电路过渡过程的性质取决于电路元件的参数。当 R=0 时，电路出现等幅振荡。

3. 二阶电路的零输入响应特征根 P1 和 P2 与电路参数和结构有关，而与激励和初始储能无

关。

4. 等幅振荡过程中，能量在电容和电感中相互传递。

第七章 相量法

1. 正弦交流电的方向是实时变化的。

2. 正弦量三要素：幅值(振幅、最大值)、频率(角颇率)、初相位（相角）。

3. 向量法用于分析正弦稳态电路。

4. 同频率的正弦量相位差为零时，称为“同相”；同颇率的正弦量相位差 180° 时，称为“反相”。

5. 只有同频率的正弦量才能比较相位关系。

第八章 正弦稳态电路的分析

串联与并联谐振

1. 串联谐振的条件:总阻抗的虚部为 0；:串联谐振特点：总阻抗的模值最小，电流最大。电感与电容串联电路可以等效为短路，合电压为 0，但电感电压和电容电压不为 0，且大小相等，方向相反。

2. 并联谐振的条件：总导纳的虚部为 0；并联谐振特点:总导纳的模值最小，电流最小。电感与电容并联电路可以等效为“开路”，合电流为 0，但电感电流和电容电流不为 0，且大小相等，方向相反。

3. 低功率因素缺点:（1）不能充分利用电气设备的容量;（2）输电线路电能损耗增大，传输效率低。

4. 提高功率因素措施:（1）更换改良设备;（2）提高电压等级;（3）并联电容器。

第九章 含有藕合电感的电路

基本概念

1. 互感 M 兼有储能元件电感电容的特性，当 M 同向藕合作用时，它的储能特性与电感相同，互感是磁场增强，当 M 反向耦合作用时，它的储能特性与电容相同，互感是磁场减弱。

变压器的概念

1. 当变压器线圈的芯子为非铁磁材料时，称为空芯变压器。

2. 理想变压器：(1)无损耗;(2)全偶合;(3)电感参数趋于无穷大。

3. 互感电压大小正比于线圈中电流的变化率。

4. 符合无损坏、k=1 和自感量、互感量均为无穷大条件的变压器为理想变压器。

5. 符合无损坏、k=1 和自感量、互感量均为有限值条件的变压器为全耦合变压器。

6. 反射阻抗的性质与次级回路总阻抗性质相同的变压器为理想变压器；反射阻抗的性质与次级回路总阻抗性质相反的变压器为空芯变压器。

7. 理想变压器存在电压变比关系、电流变比关系、阻抗变比关系。

第十章 三相电路

三相电路的基本概念

1. 三相电路由三相电源、三相线路和三相负载组成。

2. 对称三相电源由三个幅值相等、同频率、相位差依次相差 120°的正弦电源组成。

3. 正相序：A 相超前 B 相 120°、B 相超前 C 相 120°、C 相超前 A 相 120°。

4. 负相序：A 相超前 C 相 120°、C 相超前 B 相 120°、B 相超前 A 相 120°。

5. 三相电源和三相负载的接法有:星型连接和三角形连接。

6. 三相电路中为了保证负载的相电压对称，中性线短接。

7. 只有三相电源、三相线路、三相负载同时对称时，才称为对称三相电路；任一个不对称，则为不对称电路。

三相电路的功率测量

1. 三瓦计法用于测量三相四线制电路的功率，每个功率表读数表示该相功率，三相功率的三个功率表读数之和。

2. 二瓦计夫不仅可以用于对称，也可以用于不对称三相四线制电路。

3. 二瓦计法用于测量三相三线制电路的功率，单个功率表读数表示没有意义，三相功率的两个功率表读数之和。

4. 二瓦计表不仅可以用于对称，也可以用于不对称三相三线制电路。

第十一章 二端口网络

二端口网络的基本概念

1. 端口条件:任何时刻,从一个端子流入的电流等于从另一个端子流出的电流。满足端口条件的一对端子称为一个端口,端口的电压、电流关系称为外特性。

2. 端口条件:在端口网络的任意端口上,由一端流入的电流必须等于由另端口电流。不能满足二端口的端口条件的含有四个端子的网络,称为四端网络。

3. 端口条件:在端口网络的任意端口上,由一端流入的电流必须等于由另端口电流。不能满足二端口的端口条件的含有四个端子的网络,称为四端网络。

4. 对称二端口:除了 Y12=Y21 外,还满足 Y11=Y22.对称二端口是指两个端口的电气特性对称。电路结构左右对称的一般为对称二端口。结构不对称的二端口,其电气特性可能是对称的,这样的二端口也是对称二端口。对称端口只有两个参数是独立的。

第十二章 均匀传输线

均匀传输想概念

1. 用以引导电磁波,最大效率地将电磁能或电磁信号从一点定向地传输到另一点的电磁器件称为传输线。

均匀传输线的原参数

1. R_0----两根导线每单位长度具有的电阻。其单位为Ω/m，Ω/km。

2. L_0----两根导线每单位长度具有的电感。其单位为H/m，H/km。

3. G_0----每单位长度导线之间的电导。其单位为S/m ， S/km 。

4. C_0----每单位长度导线之间的电容。其单位为F/m ， F/km 。

5. 在分布参数电路中，关于集总元件的假定不再成立，基尔霍夫定律也不再适用。

6. 传输线形式:两线架空线、同轴电缆、二芯电缆和一线一地传输线。

7. 均匀传输线:若传输线原参数处处相等，沿线均匀分布，则称为均匀传输线。

8. 均匀传输线的正弦稳态解:在正弦稳态情况下:沿线电压、电流均以电源角频率随时间作正弦规律变化，它们的幅值和相位随位置变化。

电路系统分析

第一章 电力系统的基本概念

电力系统的组成及其基本概念

1. 电力系统:发电机十变压器+线路十负荷

2. 电力网:变压器+线路(注意电力系统和电力网在组成上的区别)

3. 联合电力系统的优点:（1）可以更好的合理利用资源;(2)在满足负荷要求的情况下，联合电力系统的装机容量可以减小；（3）联合电力系统可以提高供电可靠性和电能质量。

4. 变压器的特点:（1）升高电压满足大容量远距离输电需要；（2）降低电压满足负荷用电需求。

5. 输电线路和配电线路区别:输电线路电压等级高，输送容量大，输电距离远；配电线路输送距离近，输送容量小，电压等级低。

电力系统的额定电压和频率

1. 我国常见电力系统电压等级:3kV, 6kV, 10kV, 35kV, 60kV,110kV,220kV,330kV,500kV,1000kV。

2. 发电机额定电压为线路额定电压的 105%。

3. 变压器额定电压:一次绕组二般为用电设备的额定电压，直接与发电机相连的变压器等于发电机的额定电压。二次绕组一般情况下为 1.1 倍额定电压，内阻抗小于 7.5%或者供电距离很短的变压器为 1.05 倍额定电压。

4. 我国电网的额定频率:50Hz。

电力系统运行的基本要求

1. 电力系统运行特点:(1)与国民经济各个部门关系密切,供电突然中断会带来严重后果;(2)电能不能大量存储，生产、输送、分配和消费是同时进行的；（3）电力系统变化迅速，从一种状态运行到另一种状态的过渡极为迅速。

2. 电力系统运行要求:（1）保证安全可靠的供电；（2）要有合乎要求的电能质量；（3）要有良好的经济性;(4)减小对生态环境的有害影响。

负荷分类

1. 第一级负荷中断供电后果极其严重，可能造成人员伤亡;第二级负荷中断供电后会造成经济严重损失，居民生活受到严重影响；第三级负荷停电影响不大的负荷。

2. 电能质量的三个指标:（1）电压偏移；（2）频率偏移；（3）波形畸变率。

电力系统接线方式和中性点运行方式

1. 电力系统接线方式：(1)无备用接线方式;(2)有备用接线方式。

2. 无备用接线成本低；供电可靠性差，适用于二级，三级负荷；有备用接线成本高，供电可靠性高，适用于一级负荷。

3. 110KV 及以上，中性点直接接地，可靠性低，绝缘按相电压绝缘；60KV 及以下，中性点不接地，可靠性高，绝缘按线电压绝缘。

4. 中性点经消弧线圈接地的特点:以感性电流抵偿容性电流，当电容电流超过 10A 时，采用消弧线圈接地，一般采用过补偿。

第二章 电力系统各元件的特性和数学模型

电力系统因数的相关问题

1. 负荷以滞后功率因数运行时所吸收的无功功率为正。

2. 负荷以超前功率因数运行时所吸收的无功功率为负。

3. 发电机以滞后功率因数运行时所发出的无功功率为正。

4. 发电机以超前功率因数运行时所发出的无功功率为负。

同步发电机的运行限制

1. 定子绕组电流不得超过额定值。

2. 转子励磁绕组电流不得超过额定值。

3. 发电机有功出力不超过原动机最大输出功率。

4. 发电机定子端部发热不超过允许值，并保证并列运行的稳定性。

5. 发电机的有功出力不低于其技术最小出力。

6. 发电机端电压不得超出其允许范围(±5%)。

变压器

1. 双绕组变压器等值电路:(I)减少节点数;(2)遵照电力系统分析惯例，对地支路用导纳支路表示。

2. 三绕组变压器升压和降压结构的绕组排列顺序:

升压结构一中压内，低压中，高压外；降压结构一低压内，中压中，高压外。

3. 自耦变压器特点:原副边之间有直接电的联系，容量大，损耗小，体积小，中性点直接接地。

电力线路

1. 电力线路的分类:架空线路和电缆线路。

2. 架空线路的结构:导线，避雷线，杆塔，绝缘子和金具构成。

3. 电缆的结构:导线，绝缘层和保护层构成。

4. 架空线路的换位:减少三相参数不平衡，对电抗，电导，电纳起作用(超过 100km 进行换位)。

5. 分裂导线的目的:增大导线半径，减少线路的电抗。

6. 线路及其等值电路:

短线路及其等值电路:100KM 以下，采用一字电阻电抗串联模型。

中等长度线路及其等值电电路:100-300KM，采用π型等值电路。(目的是减少节点数，便于计算。)

长线路及其等值电路:长度超过 300KM（要考虑分布参数特性。）

综合负荷，网损，厂用电，供电负荷，发电负荷的关系

1. 供电负荷二综合负荷+网损:发电负荷=供电负荷+厂用电。

2. 常见的负荷曲线的功能:（1）有功日负荷曲线安排发电计划；(2)年持续有功曲线计算电能及损耗；（3）年最大有功曲线检修和装机计划。

3. 峰谷差的概念(峰谷差越小越好)。同时系数总是小于 1。

4. 负荷特性分类:（1）电压特性和频率特性；（2）静态特性和动态特性；（3）有功功率特性和无功功率特性。

电力网络的数学模型

1. 标么值=有名值/基准值(标么值没有单位，计算方便)。

2. 线电压和相电压标幺值数值相等，三相功率和单相功率标幺值数值相等。

3. 基准值:对于相对值得相对基准。

4. 一般选取网络中最高的电压等级为基本级。

5. 实际变比二变压器高压侧电压/变压器低压侧电压。

6. 标准变比:有名制:归算参数时所取的变比；标么制:归算参数时所取各基准电压之比。

7. 精确计算，变压器变比取实际变比，基本级电压基准值取基本级额定电压。

8. 近似计算，变压器变比取平均额定变比，各级电压基准值为其平均额定电压。

第三章 简单电力系统的潮流计算和复杂系统潮流的计算机算法

潮流计算的内容

1. 正常稳态运行情况下潮流计算:（1）电力系统功率分布;（2）电压分布。

2. 用来实时监控各节点电压是否合理，各输电线路功率是否超出额定值。

3. 潮流计算几个重要的结论：（1）计算电压损耗时，略去电压降落横分量不会产生很大误差；（2）变压器上的无功损耗远大于有功损耗；（3）输电线路上的无功损耗远大于有功损耗。

4. 调整潮流的目的:为了实现电网安全，优质和经济运行。

5. 调整潮流的手段:（1）串联电容；（2）串联电抗；（3）附加串联加压器(横向改变有功，纵向改变无功)。

电力线路和变压器运行状况的计算与分析

1. 电压质量的指标:（1）电压降落线路始末两端电压的相量差；(2)电压损耗首末两端电压的代数差；(3)电压偏移首末端电压相对于额定电压的偏移程度。

2. 电能经济的指标:（1）输电效率末端功率与首端功率的比值。（反映了功率在线路上的损耗实际情况。） (2)网损率线路上损耗的功率与首端功率的比值。

3. 输电线路空载时运行的特点:末端电压高于始端电压，产生电压过高的现象（其中电缆最为突出的反应了该运行特点。）

功率分点

1. 功率分点:网络中的某些节点的功率是由两侧向其流动的，这样的点称为功率分点。

2. 功率分点分为有功分点和无功分点。

3. 有功分点:有功功率由两侧向其流动的点称为有功分点。

4. 无功分点:无功功率由两侧向其流动的点称为无功分点。

5. 有功分点与无功分点往往不是一个点，一般在无功分点处裂解网络。

功率分布

1. 功率的自然分布:在没有采取任何调整控制措施的情况下，电力网络的潮流分布称为功率自然分布，功率的自然分布是按阻抗分布的。

2. 功率的经济分布:电力网络中有功功率损耗最小的分布称为功率经济分布，功率经济分布是按线路电阻分布的。其中，均一网络功率自然分布就是经济分布。

第四章 电力系统有功功率和频率调整以及无功功率和电压调整

电力系统中有功功率的平衡

1. 衡量电能质量的技术指标:（1）电压偏移；（2）频率偏移；（3）波形畸变率。

2. 衡量运行经济性的指标:比耗量+网损

3. 最优潮流的概念:在确保安全和系统中各节点功率平衡的前提下，以最小的能源消耗为目标。

4. 负荷变动的分类:（1）幅度小，偶然性大，无法预测；（2）幅度较大，周期较长，无法预测；（3）幅度最大，周期最长，可以预测。

频率波动

1. 频率波动最直接的原因:负荷的波动，导致有功功率的不平衡。

2. 频率波动对电气设备的影响:电气设备的制造都是按照额定频率的标准制造的，因此，频率发生偏移会导致电气设备工作状态不佳，甚至损坏设备。

3. 频率波动对电力系统的影响:发电机和变压器无法正常工作。

电力系统有功功率最优分配

1. 有功负荷最优分配负荷合理在各发电厂之间分配，使电力系统能源消耗最少。

2. 机组最优组合顺序。

3. 机组最优组合数量。

4. 机组最优开停时间。

5. 耗量微增率:耗量特性曲线上切线斜率。

6. 有功负荷最优分配原则:等耗量微增率原则(重要考点)。

电压与无功功率

1. 电压与无功劝率的关系:无功功率对节点电压大小起决定作用。

2. （1）无功不足，节点电压偏低;(2)无功过剩，节点电压偏高。

3. 无功电源的定义:可以发出或者吸收感性无功的都叫无功电源。

4. 无功电源的类型:同步发电机，调相机，并联电容器，并联电抗器，静止无功补偿器，静止调相机。

5. 无功因数的提高:功率因数提高有利于网络电压的稳定，减小设备从网络中获取无功功率。也有利于国家电网公司的经济效益。

第五章 电力系统故障分析的基本知识

1. 故障分类:(1)短路(横向故障);(2)断线(纵向故障)。

2. 短路类型:(1)单相接地短路;(2)两相接地短路;(3)两相短路;(4)三相短路。

3. 三相短路。（三相短路发生的概率最低，单相接地短路发生的概率最大）

4. 短路原因:导体的非正常接触，包括雷击、绝缘材料老化、鸟兽误碰、运行人员误操作等等。

5. 断线的原因:外力导致，重合闸故障。

6. 故障的对称性:三相短路是对称的，其余的故障均为不对称。

无限大功率电源

1. 无限大功率电源:容量无限大，内阻抗为0，电压和频率保持不变（实际并不存在）

2. 短路冲击电流:短路电流最大的可能的瞬时值，出现在0.01秒时。是为了校验设备的动稳定性。

3. 最大有效值电流:短路电流有效值的最大值称为最大有效值电流，出现在0.01秒时。校验设备的热稳定性。

第六章 电力系统三相短路电流的实用计算

计算内容

1. 短路电流周期分量起始有效值。

2. 任意时刻的短路电流周期分量有效值。

实用计算的几个原则

1. 计算时不考虑各元件对地导纳支路影响。

2. 各元件电压取平均额定电压。

3. 不计各元件电阻。

运算曲线法

1. 应用运算曲线时不用考虑负荷(编制是已考虑负荷)

2. 运算曲线的计算电抗只编制到 3.5

3. 大于 3S 的发电机按无限大电源处理

4. 个别计算法：（1）个别计算法求电抗时，每台发电机都作为一个独立电源保留。(2)个别计算法的特点计算精确度高，但是工作量很大。

第七章 对称分量法及电力系统元件的各序参数和等值电路

电力系统元件各序电抗的确定

1. 变压器正序电抗=负序电抗。

2. 输电线路的正序电抗=负序电抗。

3. 架空地线对输电线路的正序电抗无影响。

4. 架空地线对输电线路的负序电抗无影响。

5. 静止元件的正序电抗=负序电抗

第八章 不对称短路的分析计算

单相接地短路

1. 边界条件。

2. 经对称分量法分解后的序边界条件。

3. 三序网的连接方式

4. 正序网，负序网，零序网依次串联。

两相短路

1. 经对称分量法分解后的序边界条件。

2. 负序网并联，零序网开路(重要考点)。

两相接地短路

1. 经对称分量法分解后的序边界条件。

2. 正序网，负序网，零序网依次并联。(重要考点)

三、电力系统继电保护

第 1 章 电力系统继电保护的基本构成 作用 原理及基本要求

一、二次设备的概念

一次设备：直接生产和输送电能的设备。如：发电机、变压器、母线、输电线路、电动机、消弧线圈、断路器和隔离开关、电抗器、电容器（大多属于高压设备）。

二次设备：对一次设备的运行状态进行监视、测量、控制与保护的设备（从 TA > TV 获得成

正比的“小信号”)。如：操作电源、自动装置、控制电缆、仪表、继电器。

电力系统工作状态

正常工作状态：电压、电流、频率、设备功率在允许范围内，此时能承受负荷波动和操作类扰动。

不正常运行工作状态：正常运行条件受到破坏，但还未发生故障。如：负荷潮流越限致使电流升高（过负荷）；发电机突然甩负荷引起发电机频率升高；系统出现有功功率缺额引起的频率降低；单相接地引起的非接地相电压升高；电力系统发生振荡；

故障状态：短路（单相接地、两相短路、两相短路接地、三相短路）；断线（单相断线、两相断线）。

最大运行方式一一短路电流最大一一系统阻抗最小；最小运行方式一一短路电流最小一一系统阻抗最大。

电力系统继电保护的作用、继电保护装置的基本任务

自动、迅速一有选择地向断路器发出跳闸命令，将故障元件从电力系统中切除，保证其他无故障部分迅速地恢复正常运行。（即内部故障时发出跳闸命令）

反应电气元件的不正常运行状态，根据运行维护的具体条件（例如有无经常值班人员）和设备的承受能力，发出警报信号、减负荷或延时跳闸。（即不正常工作时发出报警信号）

继电保护装置的三部分构成

继电保护装置的三部分构成：测量比较部分、逻辑判断部分、执行输出部分。

每一电气元件一般都有装设：主保护、后备保护，必要时增加辅助保护。

主保护：反应整个被保护对象的故障并以最短的时延有选择地切除故障的保护。

后备保护：当主保护或断路器拒动时，用来切除故障的保护。

近后备：主保护或断路器拒动时，由本保护对象的另一套保护实现后备。

远后备：主保护或断路器拒动时，由相邻元件或线路的保护实现后备。

继电保护的基本要求

选择：让最靠近短路点的断路器跳闸；（使停电面积尽可能的小）；

速动：尽可能的快；

灵敏：有足够的故障反应能力；

可靠：不拒绝动作（体现可信赖性），不误动（体现安全性）。

第二章 线路三段式电流保护原理、构成及整定计算

返回系数的计算等于返回值除以动作值

过量保护返回系数小于 1；

欠量保护返回系数大于 1。

最大运行方式和最小运行方式

最大运行方式：短路时候流过保护安装处的电流最大的运行方式；（三相短路）

最小运行方式：短路时候流过保护安装处的电流最小的运行方式。（两相短路）

电流速断保护

特点：不带时限而瞬时动作的电流保护；只能保护本线路全长的一部分。

整定原则：按躲过本线路保护的末端的最大短路电流来整定。
动作时限：不带时限、瞬时动作的保护。
校验：最小的保护范围和最大的保护范围的比值大于 15%。
电流速断保护的可靠系数的考虑因素：1.系统和线路参数的误差；2.计算误差；3.互感器传变误差；4.继电器测量误差；5.电动势波动；6.裕度。
电流Ⅰ段保护的评价：优点：简单可靠，动作迅速。缺点：1.不能保护本线路全长；2.受系统运行方式的影响大；3，可能没有保护范围：运行方式变化较大、短线路。4‘当线路与变压器相连接时，可以保护线路的全长，并能够保护变压器的一部分。

限时电流速断保护
特点：保护范围保护本线路的全长和相邻下级线路的一部分
整定原则：按躲过下级线路保护的工段保护的整定值来整定
动作时限：带有一定的延时的保护；
校验：校验点选择本线路末端最小短路电流来进行校验；
电流Ⅱ段保护的评价：优点：灵敏度好，能保护线路全长。缺点：带 0. 3-}-1 秒延时，速动性差一些；不能做下一级线路的远后备。电流Ⅰ、Ⅱ段联合工作就可以保证全线范围内的故障在 0. 5 秒内予以切除，一般情况下能够满足快速切除故障的要求，作为“主保护”。（保证选择性和可靠性，牺牲一定的速动性，获得灵敏性）

定时限过流保护
特点：作为后备保护可以保护本线路的全长，也可以保护相邻下级线路的全长。
整定原则：按躲过最大负荷电流来整定。
动作时限：带有一定的延时的保护。
校验：作近后备时候的校验点选择本线路末端最小短路电流来进行校验；作远后备时候的校验点选择相邻下级线路末端最小短路电流来进行校验。
电流工Ⅲ段保护的评价：作本线路的近后备，作相邻下级线路的远后备。
反时限过电流保护：故障切除时间与短路电流的大小有关。短路电流越大，故障切除时间越短。

电流保护的两种接线形式
两相不完全星形接线：装置构成（两个电流互感器、两个电流继电器，默认安装在 A, C 两相）；反映的故障类型（大小电流系统的各种相间故障，但不能反应 B 相上的单相接地故障）。
两相不完全完全星形接线的评价及应用场合：由于两相星形接线较为简单、经济，因此在中性点直接接地和非直接接地电网中（辐射线路较普遍）被广泛作为相间短路的接线方式。
三相完全星形接线：装置构成（三个电流互感器、三个电流继电器，A, B, C 三相上均有安装）；反应的故障类型（大小电流系统的各种相间故障，以及 A, B, C 三相上的单相接地故障）。
三相完全星形接线的评价及应用场合：广泛应用于发电机、变压器等大型贵重电气设备的保护中，因为它能提高保护动作的可靠性和灵敏性。
原理图、安装图（厂家加工制造或现场施工所用图纸）、展开图（运行、检修和调试中使用的图纸，将直流回路和交流回路分开表示）。
电流保护的 0° 接线，引入的电气量为 U_A 、I_A 、U_B、I_B 、U_C、I_C
电流保护的 0“接线的评价：在其正方向出口附近发生短路接地，由于故障相电压很低，功率方向元件不能动作，称为“电压死区”。（实际中很少采用 0° 接线方式）
电流保护的 90° 接线： 引入的电气量为 U_{BC}、I_A、U_{CA}、I_B、U_{AB}、I_C

电流保护的 90°接线的评价：（1）因为引入了非故障相电压，所以其对各种两相短路都没有死区；（2）适当选择内角后（30°<∂<60°），对各种故障都能保证方向性。（3）出口三相短路时，会出现“死区”U_m=0 故采用短路前的“记忆电压”进行比较。

零序分量

零序分量的特点：（1）短路点的零序电压最高，接地点为 0；（2）零序电流由短路点经过所有的变压器接地点形成回路；t3）零序功率方向：线路一母线。

零序电流 I 段保护的整定原则（1）躲开线路末端的最大零序电流；（2）躲开断路器三相不同时合闸的 I_0，如果会误动，靠延时 100ms 躲开；

躲开；（3）躲开非全相运行的负荷电流；如果会误动，一般退出运行。

零序电流Ⅱ段保护的整定原则；躲过下一即保护工段的保护范围。

零序电流工Ⅲ段保护的整定原则：躲过下一级线路出口相间短路所产生的最大不平衡电流。

零序电路的评价

（1）零序过电流保护（零序Ⅲ段）整定值小，灵敏性高（几乎不受负荷电流的影响），动作时限较短；

（2）零序电流保护受系统运行方式变化影响较小

（3）零序电流保护不受系统非正常运行状态（如系统振荡，过负荷）影响；

（4）方向性零序电流保护没有电压死区问题；

（5）耐高阻接地的能力强；

（6）一般情况下，第三段的延时短。

工足：（1）对于运行方式变化很大或接地点变化很大的电网，不能满足系统运行的要求。

（2）单相重合闸过程中，系统同时发生振荡，可能出现较大零序电流的情况一一有影响。

（3）采用自耦合变压器联系两个不同电压等级的电网，任一侧发生接地短路都将在另一侧产生零序电流一一整定计算复杂化。

第 3 章 距离保护原理、构成及整定计算

距离保护的定义

利用保护安装处测量电压（U_m），和测量电流（I_m）的比值$\frac{U_m}{I_m}$。

所构成的继电保护方式称为阻抗保护（欠量保护）。

距离保护的优点及应用场合

优点：距离保护的保护范围和灵敏度受运行方式的影响较小，尤其是距离保护Ⅰ段的保护范围比较稳定，并且具备判别短路点方向的功能。

应用场合：用作 110kV 及以上电压等级的保护，其中在 110kV 做主保护。

距离保护的构成

启动（判断是否发生故障）、测量、振荡闭锁（振荡不是短路，继电保护不应该动作；振荡闭锁是让距离保护在振荡时候不动作，此处说明距离保护受振荡的影响）、电压回路断线闭锁（TV 断线闭锁）、配合逻辑、出口（跳闸出口、信号出口）等。

距离保护的圆特性

方向圆特性可以判断：短路范围和方向；反方向不会误动作；不足：出口短路时需要“记忆电路”来弥补正方向出口处的死区问题。（最常用特性之一）

偏移圆特性：偏移特性可以判断：短路范围，没有出口死区。

缺点.因第三象限有一段小的动作区，因此会导致反方向出口短路会误动。

全阻抗圆特性：全阻抗特性可以判断：短路范围。缺点：正向、反向故障情况下具有相同的保护区，即阻抗元件本身不具备方向性。（很少采用，并且没有最大灵敏角的概念）
圆特性耐受过渡电阻的能力与耐受振荡的能力的比较：全阻抗圆在上述三种圆特性中的耐受过渡电阻的能力最好，方向圆受振荡的影响在上述三种圆特性里面最小。
距离保护的两种接线形式
相间距离 0°解析方式的测量量：U_{AB} 、I_A-I_B、U_{BC} 、I_B-I_C 、U_{CA} 、I_C-I_A 。
带零序补偿的接地距离 0°接线方式的测量量：U_A 、I_A+K3I_0 ；U_C 、I_C+K3I_0

零序补偿系数：$K=\frac{z_0-z_1}{3z_1}$

距离保护的三段式
距离Ⅰ段
动作时限：0s，保护范围：为本线路全长的 80%-85%
整定的计算公式：
评价：保护范围稳定，几乎不受保护范围的影响。
距离保护的评价：距离工段不受系统运行方式变化的影响，距离Ⅱ段受系统运行方式变化的影响比较小；距离Ⅰ段的保护范围为线路全长的 80%一 85%，在双端供电系统中，大约有 30%-40%区域内故障时，两侧保护相继动作切除故障上；若不满足速动性的要求，必须配备能够实现全线速动的保护一一纵联保护；相对于电流保护，距离保护的接线、逻辑都比较复杂，可靠性相对降低。
振荡与短路的区别：
振荡时候，三相完全对称，没有负序和零序分量；短路时候，存在在负序或者零序分量；振荡时候，电气量呈周期变化，变化的速率相对较慢，短路时候，电气量会突变；振荡若造成误动作，则会造成继保装置在其一个周期内正反各动作一次；（区内）短路，保护装置则会一直动作，直至故障切除。

第 4 章纵联保护原理、构成
纵联保护应用于 20kV 及以上的线路做主保护。
纵联保护的特点：反应的是线路两侧的电气量；实现全线速动，（纵联电流差动保护不需与相邻元件的保护配合）；不受系统振荡、系统运行方式变化的影响。
保护范围是线路两侧电流互感器之间的范围。
按保护原理分类，可分为：
（1）方向比较式纵联保护：判断逻辑信号（方向纵联保护一一功率方向、距离纵联保护一一测量阻抗判断结果）。
（2）纵联电流差动保护：判断电流数据信号（电流相量、电流相位）。
第 6 章 变压器、母线故障异常及保护配置
油箱内部故障：变压器绕组相间短路；变压器绕组匝间短路；变压器绕组接地短路。
油箱外部故障：绝缘套管的相间短路与接地短路；引出线上发生的相间短路和接地短路。
变压器不正常的运行状态包括由于外部短路引起的过电流；负荷长时间超过额定容量引起的过负荷；油箱漏油造成的油面降低；由于外加电压过高或频率降低引起的过励磁。
变压器主保护包括瓦斯保护、纵差保护、电流速断保护。
外部相间短路的后备保护一一过电流保护、复合电压起动的过流保护、负序电流保护和单相式低压起动的过电流保护、阻抗保护。
外部接地短路的后备保护一一零序电流保护（若中性点接地）、零序过电压保护、零序电流

保护。

变压器两侧绕组接线方式不同；变压器、电流互感器的计算变比与实际变比不同:变压器带负荷调节分接头:电流互感器传变误差的影响；变压器励磁电流产生的不平衡电流；变压器励磁涌流。

变压器的励磁涌流

产生原因：当变压器空载合闸或外部故障切除后电压恢复过程中，由于变压器铁芯中的磁通急剧增大，使变压器铁芯瞬时饱和，出现数值很大的励磁涌流。

特点：励磁涌流可达变压器额定电流的 6~8 倍，会造成变压器纵差保护误动。

有很大的直流分量；有很大的谐波分量，尤以二次谐波为主（当二次谐波比基波大于 15%时候，判断为励磁涌流，闭锁保护动作）；波形间出现间断。

变压器的相间短路的后备保护

过载保护:整定值选取最大负荷电流来整定。

低电压启动的过电流保护:电流保护的整定值选择额定电流来整定，同时增加了低电压继电器，能够更加灵敏的反应三相短路故障。

复合电压启动的过电流保护:电流保护的整定值同样选择额定电流夹整定，电压的判别有低电压继电器和负序过电压继电器共同判别，增加了保护对不对称故障反应的灵敏性。

母线保护

应装设专门的母线保护的情况:在 110kV 及以上的双母线和分段单母线上，保证选择性；110kV 及以上的单母线，重要发电厂的 35kV 母线，保证快速性。

母线故障类型：各种类型的接地短路故障、相间短路故障。大部分故障是由绝缘子对地放电引起。

母线大差保护:用于判别故障在区内还是区外。

母线小差保护:用于选择故障母线（判断故障发生在Ⅰ母还是Ⅱ母）。

母线失灵保护动作的两个必备条件：①故障支路的保护出口动作后不返回；②故障支路保护范围内仍存在短路，即失灵保护元件启动。

华图教育 国企 HUATU.COM STATE ENTERPRISE SINCE 2001

四、高电压技术

第 1 章 高电压下气体、液体、固体放电原理

电介质的极化特性

电子式极化：时间最短；弹性极化没有能量损耗；温度影响小；电场频率影响小。
离子式极化：
时间第二短：弹性极化没有能量损耗；随温度升高而加强；电场频率影响小。
偶极子式极化：时间第三短：非弹性极化有
量损耗；极性气体随温度升高而下降，极性液体和固体随温度先上升后下降：随着电场的频率先保持不变后减小。

空间电荷极化（夹层极化）：时间最长：非弹性极化有能量损耗；随温度升高而加强：电场频率越高，极化越小，只有在直流和低频交流电压下才表现出来。夹层极化各层电压先按介电常数分布，后按电导率分布。

电介质的电导特性

电导、电导率、电阻、电阻率的区别：电阻与电阻率成正比，电导与电导率成正比，电阻与电导、电导率成反比，电导与电阻、电阻率成反比。
吸收现象：在一定电压下，电介质的泄露电流与绝缘电阻乘积等于电压。在一定电压下，电介质中流过的电流包括空容电流、吸收电流、传导电流（泄露电流）。电容电流由无损极化产生，吸收电流由有损极化产生，传导电流由电导产生。
多层介质在直流电压作用下的稳态电压分布与各层介质的电导成反比，与电阻成正比。

电介质损耗特性

损耗形式：电导损耗和极化损耗。直流电中，极化损耗较小，电导损耗较大；在交流电中，极化损耗一直存在，故极化损耗和电导损耗都比较大。气体的极化损耗和电导损耗都比较小。在液体、固体中，中性和弱极性的介质极化损耗小；电导损耗大；极性的介质中，极化和电导损耗都比较大。
影响因素与参数：tan δ 占表示阻性电流与容性电流之比，介质损耗角占与功率因素角 φ 互为余角。
损耗特性的工程应用：损耗越大，发热越严重，越容易热击穿。

电介质的击穿特性

电介质的击穿特性与电介质的电气强度相对应，一个电介质的击穿电压就是电介质的电气强度，接下来的第二、三、四节分别讲了气、液、固的击穿特性。

带电质点的产生与消失

游离：碰撞游离，光游离，热游离产生的自由电子来源于气体分子，而表面游离夹源于金属电极。波长越短，光游离能力越强，波长从长到短的排名：赤橙黄绿青蓝紫。金属表面游离的逸出功比气体分子的游离能小得多，故在汤逊理论当中，金属表面游离是维持放电发展的根本原因。
去游离：去游离的形式有：漂逸、扩散、复合、附着，其中复合现象会发出光子，成为下次游离的能量来源，故在流柱理论当中，光流离维持放电发展的根本原因。

气体放电理论

汤逊理论考虑了金属表面游离、碰撞游离，没有考虑光游离、电荷电场对原电场的畸变作用。适用于均匀电场、低气压、小间隙的场合。

流柱理论考虑了光游离、碰撞游离、电荷电场对原电场的畸变作用，没有考虑金属表面游离。当施加在间隙上的电压小于起始放电电压时，不形成流柱；当施加的电压稍大与起始放电电压时，形成的是正流柱。当施加的电压远大于起始放电电压时，形成的是负流柱。负流柱是阶段式的正流柱的叠加。

巴申定律的应用：两个长短不一样的间隙，只要保持气压与间距的乘积相同，它们的击穿电压相同。在间距一定时，增大气压或减小气压到接近真空时，击穿电压升高。

电场均匀度对击穿的影响

均匀电场当中：无极性效应、击穿时间短、（直流、交流、雷电冲击、操作冲击作用时）冲击系数=1；起始放电电压等于击穿电压，分散性小，击穿场强约为 30kV/cm。

巴申定律的应用:两个长短不一样的间隙，只要保持气压与间距的乘积相同，它们的击穿电压相同。在间距一定时，增大气压或减小气压到接近真空时，击穿电压升高。

电场均匀度对击穿的影响

均匀电场当中:无极性效应、击穿时间短、（直流、交流、雷电冲击、操作冲击作用时）冲击系数=1，起始放电电压=击穿电压、分散性小，击穿场强约为 30kV/cm。

极不均匀电场中:有极性效应、击穿时间长、（直流、交流、雷电冲击作用时）冲击系数>1、（操作冲击时）冲击系数可大于 1 也可能小于 1，起始放电电压（起晕电压）<击穿电压、分散性大，击穿场强为 20kV/cm，（负棒正板）、10kV/cm，7.5kV/cm（正棒负板）。

电晕放电:极不均匀电场当中，放电起始阶段的自持性的放电，但是还没有发展到击穿的程度，故起晕电压小于击穿电压。电极半径越小，起晕电压越低。电场的不均匀度是电场强度的最大值除以电场强度的平均值。减小电晕的方法是采用分裂导线。

极性效应:两个电极形状不一样时，极性取决于曲率半径小的那个，当两个电极几何形状相同时，极性取决于不接地的那个电极。

正极性起晕电压高，击穿电压低，负极性起晕电压低，击穿电压高。对同一个间隙而言，施加的电场越不均匀，就越容易击穿，即击穿电压越低。

在长间隙中，正极性的放电过程:先导放电、主放电，负极性的放电过程:先导放电、迎面先导放电、主放电；在短间隙中，正极性的放电过程:正流柱，负极性的放电过程:负流柱。

气隙击穿条件:大电场、有效电子、一定时间。放电时延由统计时延和放电形成时延组成；在均匀电场当中，放电时延主要由统计时延构成:在极不均匀电场当中，放电时延主要由放电形成的时延构成。标准雷电压波的参数 1.2μs/50μs、标准雷电截波:1.2μs/2~5μs、标准雷电流波的参数:2.6μs/40μs、标准冲击波的参数:250μs/2500μs。

提高击穿电压的措施

改善电场分布:改变电极形状，利用空间电荷电场对原电场产生畸变，采用屏障。采用高气压气体，高电气强度气体，真空。

SF_4 是电负性强，无毒，无腐蚀，化学性质稳定，灭弧性能好的绝缘气体。

干闪与沿面放电:

1.沿面放电通常是指固体介质表面干净时的放电情况，当放电从一极发展到另一极，即为干

闪。内绝缘一般为非自恢复绝缘，外绝缘一般为自恢复绝缘。闪络电压比纯气体和纯固体的击穿电压要低得多:电场的形式对干闪或沿面放电电压影响较大，其大小通常分为:均匀电场的干闪电压>极不均匀电场弱、垂直分量的干闪电压>极不均匀电场、强垂直分量的干闪电压；在所有闪络形式中，又有干闪电压互湿闪电压>污闪电压；
2..较强垂直分量的干闪电压（典型代表是穿墙套管）比较弱垂直分量的干闪电压（典型代表支柱绝缘子）低的原因是:发生了滑闪放电;滑闪放电发生的条件是:电场交变，电场极不均匀，较强垂直分量;滑闪放电的气体分子的热电离作为特征;较强垂直分量电场的干闪过程:电晕放电，辉光放电，滑闪放电，击穿;为了防止出现滑闪放电，通常采用加大法兰处瓷套的外直径和壁厚，电场较强出涂半导体漆，采用能调节经向和轴向电场分布的电容式套管，采用绝缘性能更好的充油式套管。
3.绝缘子串的正常时的电压分布是:两头大，中面小,为了使电压分布更均匀，通常采用均压环。

湿闪:为了保证较高的湿闪电压，应该仔细考虑绝缘子的伞裙数、伞的倾角，伞裙直接、伞裙伸出长度、伞裙间气隙长度之比。干闪电压主要考虑雷电冲击和操作冲击，湿闪电压主要考虑操作冲击和运行电压，污闪主要考虑运行电压。
污闪的发展过程积污、受潮、干区形成、局部电弧。积污是污闪发生的根本原因:污闪发生的不利条件是雾、露、毛毛雨，大雨和干旱不易发生。污闪往往多点同时发生，故其后果往往比干闪和湿闪严重。污区等级按照污源、气象条件、等值盐密三个方面划分为四个等级，0 级为清洁区，4 级为特别严重污秽区。

220KV 以上设备必须做冲击耐压试验，冲击发生器的基本原理:并联充电，串联放电。

电气设备内内绝缘的雷电冲击耐压试验采用:3 次冲击法。电力系统外绝缘的雷电冲击耐压试验采用 15 次冲击法。

集总参数与时间、位置有关，分布参数只与时间有关。
波的折反射满足叠加定理，使用的是网格法，最后达到的稳态值与中间线路无关。
当中间线路的波阻抗比两端都大或者都小时，形成的是锯齿波;当中间线路的波阻抗介于两端中间时，形成的是震荡波。

在损导线中，引起能量损耗的因素:导线电阻、大地电阻、绝缘的泄露电导、介质损耗、辐射损耗、冲击电晕。导致的结果是:陡度下降、幅值下降、电压波和电流波不再相似。

变压器的主绝缘:导线对地，相间的绝缘。纵绝缘:匝间绝缘，层间绝缘，绕饼间绝缘。振荡过电压影响主绝缘;初始电压分布最大电位梯度影响纵绝缘。

变压器单根绕组的最大过电压 U_{max} 和最大电位梯度 $\triangle U_{max}$ ：

变压器过电压的保护:补偿对地电容，增大纵向电容。

内部过电压包括暂时过电压和操作过电压。暂时过电压分为工频电压升（空载长线容升效应、不对称短路、甩负荷）、谐振过电压（线性谐振、非线性谐振、参数谐振），操作过电压分为;切小电感负荷、切小电容负荷、合空载线路、间歇性弧光接地。

内部过电压产生的根本原因是电磁能量振荡。
空载长线的容性效应:现象末端电压大于首端电压。措施:并联电抗器、静止补偿器、降低线路零序阻抗。
不对称短路:现象是时健全相的相电压升到线电压。
一般在超高压电网中，才采取并联电抗器或静止补偿装置限制。
谐振的电感元件有:变压器、互感器、发电机、消耗线圈、电抗器、各种杂散电感。
电容元件:导线对地电容、相间电容、串并联补偿电容器组、过电压保护用电容器、各种杂散电容。
常用限制措施脱离偏振状查〔改善电磁互感器励磁特性或改用电容式互感器,装设对地电容，架空线改电缆线改变中性点接地方式或投入消耗线圈)，增加回来损耗（电压互感器开口三角绕组中接入阻尼电阻，电压互感器一次绕组的中性点对地接入电阻)。

第 5 章 防雷和接地技术

雷电前电本质是超长间障火花放电，对电力系统有危害的雷电放电是下行、线状、负极性。

雷电保护装置

防雷装置有:避雷针和避雷线（防直击雷)、避雷器（包括保护间隙，限制入侵波)，电抗器（减小电流波陡度)、电容器（减小电压波陡度)，消耗线圈和自动重合闸（配电网防雷)，接地装置（所有防雷装置都有接地装置)。
避雷针一保护范围内绕击率低于 0.1%，两针之间的距离 D≤5h（针高)。
避雷线一保护角越小越好；35kv 一般不夹用避雷线:110kv 一般采用单根避雷线，少雷区不架避雷线，强雷区采用双根避雷器;220kv 及以上采用双根避雷线，电压等级越高，保护角越小。
（1）保护间隙和管式避雷器:灭弧能力差、伏秒特性陡、动作后产生很大的截波，用于低压配电网和中性点非有效接地电网。（2）普通阀式和磁吹式避雷器:灭弧能力好、伏秒特性平滑、截波小:普通阀式分为 FS（配电所）和 FZ（变电站型)，其串联的非线性电阻的特点是大电流时电阻小、小电流时电阻大，其只能用于雷电过电压。（3）金属氧化物式避雷器一无明显缺点。既可以用于雷电过电压，也可以用于内部过电压。
变电站防雷措施主要有;进线段保护、线路避雷器、母线保护和变压器保护。
避雷器的保护条件:与被保护设备良好配合，残压低于被保护设备维修的冲击电气强度，被保护设备处于避雷器的保护范围之内。

旋转电机防雷保护的特点:同一电压等级的电气设备中，旋转电机的冲击电气强度最低；电机绝缘的冲击耐压水平与保护它的避雷器保护水平相差不多、裕度很小；发电机绕组匝间电容很小和不绝缘，必须严格限制进波陡度。
架空线防直击雷主要有四种情况:雷击杆塔塔顶（耐雷水平:雷击杆塔塔顶时，绝缘尚不至于发生闪络的最大雷电流:分流系数为流过杆塔的电流/总的雷电过电流，一般取 0.86-0.92)，雷击档距中央（由于冲击电晕一般不发生闪络)，雷绕过避雷线击中输电线（绕击概率小 0.1%，山区绕击率大于平原)，雷击杆塔附近的感应过电压（感应雷击过电压的大小:与雷电流成正比，与导线高度成正比，与雷击点到线路之间的距离成反比)。
旋转电机防雷要全面考虑绕组的主绝缘、纵绝缘、中性点绝缘。

第 6 章 电力系统绝缘配合

绝缘配电的根本任务是:正确处理过电压和绝缘这一对矛盾，以达到优质、安全、经济供电的目的。

绝缘配合的发展过程:多级配合法（避雷器性能差，所以变电所内绝缘>变电所外绝缘）线路的维缘，导致绝缘越重要，绝缘水平越高，经济性差），惯用法（所有绝缘只于避雷器配合，避雷器的保护特性是绝缘配合的基础），统计法（过电压和绝缘电气强度当作随机变量，存在一定故障率，故仅适用于高压且自恢复绝缘当中）。

BIL 是指额定雷电冲击耐压水平，其保护水平通常取配合电流下的残压。

线路绝缘子串的洗择应满足的要大:工作电压下不发生污闪，操作过电压不发生湿闪，具有足够的雷电冲击绝缘水平，能保证线路的耐雷水平与雷击跳闸率满足规定要求。零值绝缘子是指串中已丧失绝缘性能的绝缘子。

输电线路上的空气间隙比绝缘子片数更影响建设费用，其包括:呈线对地面、导线对地线、导线对杆塔、导线对导线。

华图教育 HUATU.COM 国企 STATE ENTERPRISE SINCE 2001