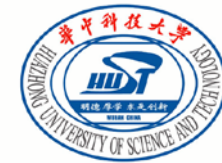




高电压工程

High Voltage Engineering



高电压与绝缘技术 课程

各章节知识点梳理

(按章节划分)

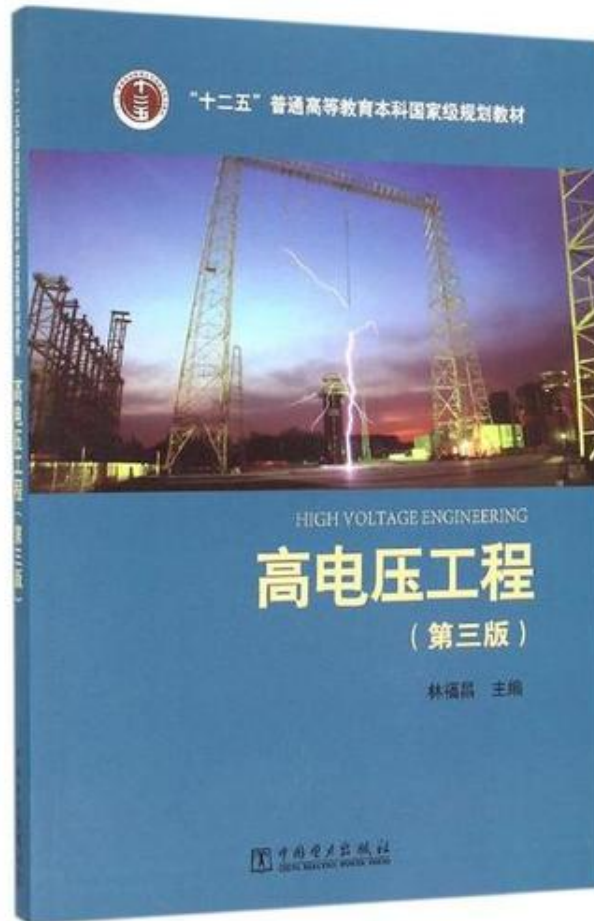
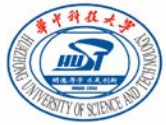
李黎 (leeli@hust.edu.cn)

电气与电子工程学院高电压工程系

电气学院新大楼1001室

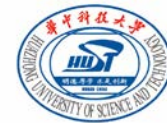
2020年4月

使用教材



- 高电压工程（第三版）-林福昌主编，中国电力出版社
- 以下知识点梳理中涉及的图、公式都以本书为准

第一篇 (第1/2/3章)



➡ 第一篇 电介质的电气特性

- 本篇主要包括：“气体电介质的绝缘特性”、“液体固体电介质的绝缘特性”、“常用电气设备的绝缘”三章，其中，前两章内容、尤其第一章内容是重中之重
- 本篇需要了解电气绝缘的基本概念，理解电气绝缘击穿的基本过程，掌握运用电气绝缘理论解释、分析和计算简单的电介质击穿现象的方法
- 本篇内容在今后从事有关电气设备绝缘安全方面的工作时非常有用

➡ 1.1 气体中带电粒子的产生和消失

- 什么是电介质?
- 从物理角度怎么解释气体中如何产生带电粒子?
- 几种典型电离方式：碰撞电离、光电离、热电离、表面电离的物理定义及其实例，
- 表面电离有多种方式，有哪些方式?
- 为什么存在带电粒子的气体能够呈现绝缘状态?
- 几种带电粒子的去电离过程：定向运动、扩散、复合、附着的物理定义是怎样的?
- 什么是气体分子电负性，附着效应与气体分子电负性的关系是怎样的?

➡ 1.2 均匀电场中气体的击穿

- 什么是非自持放电，什么是自持放电
- 能够绘制平行板电极实验装置图和U-I曲线图：图1-1，图1-2
- 通过U-I曲线解释从非自持放电到自持放电的发展过程：图1-2
- 怎么解释U-I曲线中出现的电流上升和饱和现象？
- 气体击穿后可能出现哪些放电形式？
- 汤逊放电理论的适用条件是什么？
- 电子崩的概念、电子崩的形成过程、起始电子的概念、碰撞电离
- 什么是 α 过程（系数）、 β 过程（系数）、 γ 过程（系数）
- 为何 β 过程可以忽略？

课程知识点

⚡ 1.2 均匀电场中气体的击穿

- 有关 α 过程（系数）、 γ 过程（系数）的数学表达式
- 形成自持放电的临界条件：式1-9和式1-13
- 结合物理意义，请推导式1-15
- 均匀电场击穿中的气压和距离与击穿电压之间是什么关系？
- 巴申定律的内容，为什么说它和汤逊理论互为印证
- 巴申曲线为何有最小值？要求能用物理原理解释，同时可用数学方法推知
- 巴申定律在高压绝缘实践中有哪些应用指导意义？（真空和高气压都可以实现良好绝缘）
- 汤逊理论的核心要点是什么？哪些放电现象无法解释？

⚡ 1.2 均匀电场中气体的击穿

- 流注理论适用范围是怎样的？
- 流注理论的核心要点是什么？（强调光电离和空间电场畸变）
- 空间电场畸变是怎么造成的？电子崩引起的平行板电极间的空点电场畸变是怎样的？（图1-6）
- 光电离在电子崩形成和发展过程中如何起作用，起到什么作用？
- 什么是正流注，什么是负流注？什么条件下容易产生负流注？负流注的发展速度比正流注更快，为什么？
- 形成流注的条件是什么？（式1-19）
- 流注理论和汤逊理论的互补关系：如何解释放电外形、时间、材料对放电特性的影响

⚡ 1.3 不均匀电场中气体的击穿

- 什么是稍不均匀电场和极不均匀电场？
- 不均匀电场对放电形式有什么影响？
- 以球间隙为例，说明电极几何尺寸和布局怎么影响电场的均匀性？
- 极不均匀电场中的放电特征是什么？
- 气体间隙中为什么会产生电晕？电晕放电的特点是什么？什么叫电晕起始电压？和间隙击穿电压概念之间有何联系和区别？
- 导线-板间隙结构的导线直径、极间距离对工频击穿电压有什么影响？
- 输电线路的电晕放电皮克公式是计算什么的？
- 输电线路的电晕起始场强和哪些因素相关，有何影响？
- 电晕有哪些危害和好处？

课程知识点

➡ 1.3 不均匀电场中气体的击穿

- 完整描述棒-板间隙的极不均匀场间隙放电过程：四阶段论
- 描述正棒-负板间隙中的极性效应
- 对比说明正棒-负板、负棒-正板中电场畸变的差异及其对放电过程的影响

➡ 1.4 气体间隙的稳态击穿电压

- 均匀电场空气击穿电压的经验公式
- 极不均匀场中直流、工频击穿电压的特点（按照棒-棒、棒-板及不同极性来区分极不均匀场）

⚡ 1.5 雷电冲击作用下气体间隙的击穿

- 标准雷电波的定义（标准雷电波形及其重要参数定义）
- 什么是放电时延，由哪几个分量组成？（图1-24）
- 为什么冲击电压作用下要强调放电时延？
- 如何缩小气体间隙的放电时延？
- 什么是雷电冲击50%击穿电压
- 雷电冲击50%击穿电压与极不均匀场的极性效应（图1-25）
- 什么是伏秒特性？为什么冲击电压作用下要分析伏秒特性？
- 伏秒特性曲线的绘制方法（图1-26）
- 保护设备与被保护设备伏秒特性的正确配合是怎样的？

课程知识点

➡ 1.6 操作冲击作用下气体间隙的击穿

- 标准操作冲击电压波的定义（两种标准波形及其重要参数定义）
- 什么是操作冲击50%击穿电压
- 相同条件下操作冲击电压与工频击穿电压的比较（某些波头时间内，操作冲击电压可以低于工频击穿电压）
- 工频击穿电压、操作冲击50%击穿电压与间隙距离的饱和关系
- 总结归纳四种电压、三种电场、一种效应的击穿特性：直流、交流工频、雷电、操作冲击电压；均匀场、稍不均匀场、极不均匀场；极性效应

⚡ 1.7 大气条件对间隙击穿电压的影响

- 什么是标准参考大气条件
- 空气相对密度如何影响间隙击穿电压？
- 湿度如何影响间隙击穿电压？
- 海拔高度如何影响间隙击穿电压？
- 几个简单的换算经验公式

⚡ 1.8 提高气体间隙击穿电压的措施

- 提高气体击穿电压的基本途径是什么？具体措施有哪些，每种措施依据的原理是什么？
- 描述高真空间隙击穿的两种理论

⚡ 1.9 沿面放电

- 什么叫沿面放电？
- 为什么说一个绝缘装置的实际耐压能力取决于沿面闪络电压？
- 沿面放电的三种典型电力线分布形式及其代表性绝缘装备是什么？
- 为什么表面电场会出现畸变
- 绝缘表面污闪发展过程是怎样的？
- 俗称的“爬电”是指什么、“湿闪”电压是指什么？
- 提高沿面放电电压的方法有哪几种，分别是基于什么原理？

🚀 2.1 电介质的极化、电导和损耗

- 液体和固体电介质相比于气体电介质有什么特点？
- 极化的概念
- 极化的基本形式，各种极化形式的特点（与频率、温度、耗能等等外界因素的关系）
- 什么叫介电常数、相对介电常数，介电常数和电容器储能有什么关系？
- 液体和固体电导有什么特点？（U-I关系）
- 什么是固体表面电导，它受哪些因素影响？
- 电介质损耗正切角的定义，串、并联等值电路分析、相量关系是怎样的？

课程知识点

⚡ 2.1 电介质的极化、电导和损耗

- 液体、固体电介质的损耗与温度、外施电压频率、电压大小有什么关系？
- $\tan\delta$ 在绝缘材料选用、绝缘性能评价方面有什么意义
- 为什么要讨论电介质的极化、电导和损耗，为什么工程上很少提到气体的极化、电导和损耗？

⚡ 2.2 液体电介质的击穿

- 纯净液体电介质的电击穿理论描述
- 气泡击穿理论（小桥理论）对纯净液体、含杂质液体的击穿过程描述
- 什么是标准油杯？

➡ 2.2 液体电介质的击穿

- 影响液体电介质击穿的因素有哪些？基本规律是怎样的？（液体品质、温度、电压作用时间、电场均匀度、液压）
- 提高液体击穿电压的方法有哪些？（清除杂质、组合绝缘）
- 能举例说明常见的绝缘液体有哪些、固体绝缘材料有哪些，分别用于哪些电气设备的什么部分？
- 清楚绝缘油液体杂质有哪些方法？
- 屏障在气体和固体绝缘增强中都可以使用，原理有什么相同和不同？

➡ 2.3 固体电介质的击穿

- 电击穿、热击穿、电化学击穿分别是什么定义和特点？
- 电化学击穿和局部放电之间是什么关系？
- 击穿场强、电压作用时间和三种击穿之间的关系（图2-18）
- 影响固体电介质击穿电压的因素有哪些？（电压作用时间、温度、电场均匀度、电压种类、累积效应、受潮、机械负荷），说明各种因素如何具体的影响固体电介质击穿电压。
- 提高固体电介质的击穿电压有哪些方法？

➡ 2.4 组合绝缘的电气强度

- 什么是组合绝缘？
- 以平行层状组合绝缘为例，推导组合绝缘的总体介电常数、介质损耗正切角
- 以平行层状组合绝缘为例，分析交流、直流电场作用下各层的电场、电压分布规律
- 以同心圆组合绝缘为例，分析交流、直流电场作用下各层的电场、电压分布规律
- 结合实例，说明交流、直流两种情况下，如何合理进行绝缘材料的组合配置

➡ 2.5 电介质的老化

- 什么是电介质的老化？气体存不存在老化问题？
- 电老化的概念，电老化和局放的关系，和电化学击穿的联系
- 热老化是什么？
- 环境老化有哪些类型？造成绝缘老化的大致原因是什么？
- 能够举例说明典型绝缘材料的老化过程，分析其老化类型

➡ 3.1 绝缘子的绝缘

- 什么是绝缘子，它大致分为哪三大类，使用在哪些设备上，在网络上找出其典型样品图片
- 绝缘子由哪些材料构成？说明电瓷、玻璃和复合硅橡胶绝缘子各自的优点和缺点
- 绝缘子的基本要求包括哪些？（从电气性能、机械性能两方面说明）
- 什么是干闪电压、湿闪电压、污闪电压？
- 说明支柱绝缘子的结构，长尺寸支柱绝缘子为什么要有均压环？均压环布置在哪些位置？
- 线路绝缘子有哪些类型，在网络上找出其典型样品图片
- 复合绝缘子的结构是怎样的？

➡ 3.2 高压套管的绝缘

- 什么是高压套管？在网络上找出变压器、电容器、断路器和穿墙套管的典型图片
- 高压套管的绝缘包括哪两个方面？其容易发生绝缘击穿和闪络的主要路径在哪里？
- 什么是瓷套管？什么是充油套管？什么是电容式套管？
- 电力变压器一般使用哪些类型的套管，出于什么考虑？

课程知识点

➡ 3.3 电容器及电缆的绝缘

- 电容器的基本结构是怎样的？储能密度概念是指什么？
- 常用的电容器固体电介质和液体电介质有哪些，特性如何？
- 电缆的结构是怎样的？高压电缆为什么有一层半导体层？
- 电缆的常用绝缘介质有哪些？

➡ 3.4 变压器的绝缘

- 什么是变压器的内绝缘和外绝缘？
- 什么是变压器的主绝缘，涉及哪些重点部位？
- 什么是变压器的纵绝缘？

➡ 3.6 GIS设备的绝缘

- 什么是GIS设备，中英文全称是什么？
- GIS设备有什么优点和特点？
- 影响SF₆气体间隙的绝缘强度的主要因素有哪几个，分别是怎样影响的？（电场不均匀度、局部放电、电极表面状态）
- GIS绝缘设计中特别要注意哪些？

➡ 第二篇 电气设备绝缘试验

- 本篇主要包括：“绝缘性能试验”、“绝缘耐压试验”、“高电压和大电流的测量”三章，可相应的理解为“非破坏性绝缘试验”、“破坏性绝缘试验”、“检测设备”三大内容
- 本篇需要了解电气绝缘试验的项目内容，测量原理，主要测试设备、方法和注意事项，尤其要理解高电压、高频率电场下的信号测量原理、测量安全以及信号测量系统的概念
- 本篇内容在今后从事有关电气设备运行检修以及研究性工作时非常有用

➤ 4.1 绝缘电阻和泄漏电流测量

- 什么是破坏性试验，什么是非破坏性试验？分别包括哪些试验项目
- 解释说明什么是双层电介质的吸收现象，包括其等效原理电路、吸收曲线绘制，电流分量分析
- 绝缘电阻和吸收比是怎样定义的？
- 如何根据吸收比和绝缘电阻评价试品绝缘状况
- 手摇式绝缘电阻表的基本原理、接线方法？
- 什么绝缘缺陷不适合用手摇式电阻表测试？
- 泄漏电流测量的典型接线图（图4-5）
- 为什么要对泄漏电流的微安表进行保护，保护电路是怎样的？

➡ 4.2 介质损耗正切角的测量

- $\tan \delta$ 适合检测怎样的绝缘缺陷？
- 绘制西林电桥原理电路图（图4-7），并说明其工作原理，以及如何测得被测试品的 $\tan \delta$
- 什么是西林电桥的反接法？怎么反接？
- $\tan \delta$ 测量中的干扰是怎么来的？有哪些抗干扰的措施？
- 倒相法是怎么回事？其工作原理是怎样的？（图4-10，式4-18）
- 角差法的工作原理是怎样的？

➡ 4.3 局部放电测量

- 局部放电有哪些危害？
- 局部放电的三电容模型，绘制其示意图及原理等值电路（图4-11）
- 描述三电容模型下的交流局部放电过程，简要绘制图4-12
- 什么是视在放电量？和真实放电量之间是什么关系，孰大孰小？
- 局部放电的检测方法主要有哪些？

➡ 4.4 绝缘油的电气试验和气相色谱分析

- 为什么要对绝缘油进行定期检测和监测？
- 绝缘油的电气试验包括哪些项目？
- 气相色谱分析的技术理论依据是什么？主要测量过程包括哪些？
- 什么是三比值法？

➡ 5.1 工频耐压试验

- 电气设备一般需要做哪几种耐压试验？
- 工频耐压试验的目的是什么？
- 为什么工频耐压试验要使用专门的试验装置，而不是直接从电网电压取电？
- 工频高压试验变压器不同于普通电力变压器有什么特点？
- 单套管-双套管高压试验变压器分别适用于什么电压等级范围？
- 串级试验变压器的基本结构是怎样的？
- 串级试验变压器容量利用率是什么意思？
- 调压装置有哪些类型？各有什么特点？

➡ 5.1 工频耐压试验

- 绘制工频耐压试验装置的原理接线图（图5-4），并说明每种装置的作用，使用时的注意事项。
- 什么是工频耐压试验中的“容升”效应
- 谐振耐压试验在什么条件下适合使用，用什么方法实现调谐？

⚡ 5.2 直流耐压试验

- 直流耐压试验基本接线是怎样的？各设备器件完成什么功能？
- 表征直流高压试验设备的基本技术参数有哪几个？
- 纹波系数是怎么定义的？其大小和哪些回路参数有关？
- 绘制串级直流高压发生器电路（图5-12~图5-14）

⚡ 5.2 直流耐压试验

- 多级直流高压发生器工作原理
- 多级直流高压发生器的主要技术参数有哪几个？和级数有什么关系？
- 如何减小多级直流高压发生器纹波？

⚡ 5.3 冲击耐压试验

- 为什么要进行冲击耐压试验？
- 双指数波是指什么？表达式怎样？什么是波前时间常数，什么是波尾时间常数，电路上怎么实现？
- 描述单级冲击电压发生器的实现原理

➤ 5.3 冲击耐压试验

- 什么是高效回路、低效回路、一般效率回路？什么是电压利用系数？
- 绘制单级冲击电压发生器的原理电路、实际电路（图5-21/5-22/5-23），实际电路中各器件起什么作用？
- 为什么冲击电压发生器都使用球隙开关而不是机械开关？
- 绘制多级冲击电压发生器的原理电路
- 触发球隙开关的工作原理
- 描述多级冲击电压发生器的工作过程
- 操作冲击电压用变压器怎么产生？

➤ 5.4 冲击电流试验

- 标准冲击电流波形如何定义的?
- 绘制冲击电流发生器的基本原理电路，并说明其各个器件的功能作用，以及发生器工作过程
- 利用二阶电路分析冲击电流发生器的原理电路得到什么结论?
- 说明冲击方波发生器的人工传输线电路工作原理

⚡ 6.1 交流高压的测量

- 高电压大电流测量有哪些特点
- 电力电网中测量交流电压通常是什么设备，为什么不能直接使用在高压实验室中？
- 球间隙测量高压的依据是什么？对球间隙有什么要求？
- 球间隙测量交流高压的不确定度是怎么规定的，要确保不确定度在正常范围，对球间隙的几何尺寸布置有什么要求？
- 球间隙用于测量交流高压时，使用方法和步骤是怎样的？
- 使用球隙进行电压校正时，有哪些需要注意的问题？具体是如何处理的？
- 影响球隙放电电压稳定性的因素有哪些？怎么避免？

⚡ 6.1 交流高压的测量

- 静电电压表的工作原理是怎样的？
- 静电电压表可以测量哪些类型的电压，测量范围如何？
- 相比于球隙测量，静电电压表有哪些优点？
- 球隙、静电电压表测得的是交流高压的什么值？
- 电容分压器的结构和工作原理是怎样的？
- 交流高压是不是只能用电容分压器测量，能不能用高阻分压器测量？
- 电容分压器为什么要有很大的稳定交流阻抗？
- 什么是标准电容器？
- 磁电式电流表配合高压电容器怎么测得交流峰值？

➤ 6.2 直流高压的测量

- 国家标准对直流纹波测量误差是怎样规定的？
- 为什么用棒间隙而不是球间隙测量直流高压？
- 静电电压表测得是直流高压的什么值？
- 直流高压为什么要用高阻分压器，而不用低电阻分压器和电容分压器？
- 阻容分压器既能够测量直流高压也能够测量交流高压，这是有什么特殊要求做到的？
- 为什么各种分压器都要使用屏蔽和均压措施？
- 直流纹波如何测量？

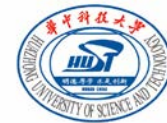
⚡ 6.3 冲击高压的测量

- 国家标准对冲击高电压测量的不确定度是怎样要求的？
- 球间隙测量冲击高压的使用方法和步骤是怎样的？
- 冲击分压器测量系统的构成是怎样的？
- 为什么冲击分压器测量系统要使用信号处理分析方法评价其高频响应特性？
- 冲击分压器测量系统的方波响应校准以及测量误差是怎样规定的？
- 用各种分压器测量冲击高压时，如何减小高频响应带来的误差？从误差来源和消除手段两方面分析
- 什么是匹配阻抗？

➤ 6.4 冲击电流的测量

- 分流器测量系统的构成，其基本原理
- 为什么要尽量减小分流器的固有电感，一般采取什么措施？
- 什么是罗果夫斯基线圈？它是怎么测得冲击电流的？
- 自积分法的原理电路，测量原理
- 外积分法的原理电路，测量原理
- 罗果夫斯基线圈通常是和什么仪器设备配合使用构成电流互感器测量系统，从而测量冲击电流的？

第三篇 (第7/8/9/10/11章)



第三篇 电力系统过电压与绝缘配合

- 本篇主要包括：“线路与绕组中的波过程”、“雷电及防雷保护装置”、“电力系统防雷保护”、“电力系统内部过电压”四章，“电力系统绝缘配合”主要介绍一些基本概念，第12章不做教学要求
- 本篇需要掌握综合运用基本电路和电磁场理论分析高压高频电磁现象的能力，理解过电压实质是一种电磁暂态信号，从“雷电过电压”和“电力系统内部过电压”两方面了解各种过电压波的特点、抑制措施、设备保护方法和原理，能够对电力系统中的简单波过程进行计算分析
- 本篇内容在今后从事有关电气设备保护、过电压分析、绝缘安全工作时非常有用

7.1 波沿均匀无损单导线的传播

- 什么是过电压？主要分为哪两大类？
- 什么是均匀无损单导线，绘制其单元等值电路图
- 什么情况或条件下，输电线路或变压器绕组要用分布式参数，而不是集中式参数来进行分析？
- 波速、波阻抗、波传播过程的概念
- 波动方程的基本形式
- 电压波和电流波的形式及其“正负号”关系

7.2 波的折射和反射

- 波在节点处发生折反射的条件是什么？
- 折射系数、反射系数的概念
- 三种特殊条件下的折反射（末端开路、末端短路、末端匹配电阻）
- 什么是彼得森法则，其使用条件是什么？
- 多条母线对降低雷电过电压有什么好处，为什么？
- 各种条件下的波过程计算
- 根据波过程的时域分析，绘制各种节点电压-电流波形

➤ 7.3 波通过串联电感和并联电容

- 传输线上串联电感和并联电容的等值电路分析
- 串联电感传输线的求解
- 并联电容传输线的求解
- 波经过串联电感传输线、并联电容传输线后，波形变化的规律和形式是怎样的？
- 串联电感或并联电容为什么能用于过电压保护？
- 串联电感或并联电容在高频电子电路中有什么类似应用？

⚡ 7.4 波的多次折反射、网格法

- 三段线相连的典型情况，为什么会发生多次折反射？
- 多次折反射的行波网格图作图规则
- 多次折反射的时间线（时间先后、时刻点）
- 多次折反射的标记
- 多次折反射的计算步骤
- 计算例题的详细解题过程细节
- 7.5节贝格龙法不作要求

7.6 平行多导线系统中的波过程

- 波阻抗矩阵如何得到的?
- 自电位系数、互电位系数、自波阻抗、互波阻抗的概念
- 平行多导线的波过程方程组 (矩阵方程)
- 在电磁耦合场的背景下理解等值波阻抗概念
- 通过耦合系数理解雷击避雷线为什么在导线上产生电压波

⚡ 7.7 波的衰减与变形

- 从电路的角度看，波的衰减由什么导致？变形由什么导致？
- 波的无畸变传输条件是什么，无畸变是不是也无衰减？
- 冲击电晕对波过程的影响教材是从几个方面讨论的？
- 冲击电晕为什么会对波在传输过程中的若干方面造成影响，怎么从电学角度进行解释的？

7.8 变压器绕组中的波过程

- 学会绘制变压器绕组的分布式参数等值简化电路
- 比较变压器绕组和架空线波过程的分布式参数等值电路有何不同
- 单相绕组波过程的几种典型情况（末端开路、接地）绕组电位分布分析
- 绕组振荡过程的特征
- 波形怎么影响绕组电位分布？
- 改善绕组振荡过程的方法——有哪两种主要思路？为什么能改善振荡过电压？

⚡ 7.8 变压器绕组中的波过程

- 了解不同接线方式变压器的振荡过电压叠加原理
- 高低压变压器绕组间的电压传递是怎么形成的？怎么用避雷器进行防护

⚡ 7.9 旋转电机绕组的波过程

- 了解旋转电机绕组波过程分析和变压器有何不同即可

⚡ 8.1 雷云放电及雷电过电压

- 云闪和地闪
- 雷击大地的先导放电和主放电阶段的描述

⚡ 8.1 雷云放电及雷电过电压

- 雷电流的定义
- 雷电流的等值电路（彼得森电路）

⚡ 8.2 雷电活动参数

- 根据教材学习各种雷电活动的参数定义及特点即可

8.3 避雷针和避雷线

- 避雷针有什么作用？
- 避雷线有什么作用？
- 什么是折线法？什么是滚球法？
- 什么是击距？什么是保护角？防雷对保护角有什么要求？

8.4 避雷器

- 避雷器的基本工作原理是什么？
- 避雷器有哪几种主要类型，工作过程是怎样的？
- 避雷器性能主要由哪几个参数反映？

8.5 接地技术及接地装置

- 接地和接地电阻的概念；接地的目的是什么？
- 实际大地的阻抗有什么特点，为什么说其不是理想导体？
- 接地阻抗可以怎样等效，其阻抗值和频率有关吗？
- 接地体是指什么，接地引线是什么？
- 接地可分为哪几类，各有什么特点？
- 冲击系数是什么？为什么要提出这个概念？
- 线路杆塔是如何解决接地问题的？
- 变电站和发电站是如何解决接地问题的？
- 接地电阻过大可能导致什么危害？

9.1 输电线路的防雷保护

- 雷击是如何形成线路过电压的？要经历哪些阶段？
- 什么是线路的耐雷水平？
- 线路感应雷过电压是怎么形成的？
- 感应雷过电压的大小和哪些因素有关？避雷器的存在对感应雷过电压有什么影响？
- 输电线路直击雷分哪三种情况？其形成的过电压分别有什么特点？哪一种情形通常最严重？
- 什么叫反击？什么叫绕击？
- 什么叫雷击跳闸率？形成跳闸有哪些过程？
- 图9-12反映的输电线路的防雷措施有哪些？至少说出5种。

9.2 发电厂和变电站的防雷保护

- 直击雷和侵入波作为两种典型变电站雷害，是如何形成的？
- 防止直击雷的措施主要是什么？
- 避雷针、避雷线如何在变电站内装设？
- 为什么要在直击雷防护中强调空气间距和地中间距？
- 侵入波的防护主要依靠什么设备，工作原理怎样？
- 避雷器的图解法，图9-15
- 什么叫避雷器的残压？
- 什么是距离效应，式9-33反映的最大电气距离是什么目的？
- 什么叫进线段的保护？进线段保护是基于什么原理？

9.3 旋转电机的防雷保护

- 旋转电机防雷保护有什么特点?
- 直配电机的防雷保护有哪些措施?

⚡ 10.1 工频过电压（工频电压升高）

- 什么是内部过电压，什么是暂时过电压，什么是操作过电压？各有什么特点？
- 内部过电压怎么分类的？
- 什么是标么值？为什么雷电过电压没有标么值的说法？
- 不同电压等级线路对标么值的容忍度是否一样？为什么？
- 空载长线电容效应的等效电路及其相量图分析
- 图10-1、10-2、10-3分别有什么涵义，哪些细节需要注意？
- 空载长线电容效应的数学特点分析
- 工频电压升高的抑制措施和原理
- 不对称短路为什么会引起过电压，有何特点？

10.2 谐振过电压

- 为什么35kV及以下线路中，谐振过电压会发生频繁？
- 谐振过电压有哪些类型
- 铁磁谐振过电压的产生条件
- 以串联铁磁谐振电路为例，分析铁磁谐振产生的物理过程（图10-7）
- 什么是平衡点，什么是稳定工作点？
- 铁磁谐振的特点有哪些？
- 如何抑制铁磁谐振的发生及其危害，具体可以有哪些措施？

⚡ 10.3 间歇性电弧接地过电压

- 什么是中性点不接地运行方式？为什么它一般在66kV及以下的配电网中使用。
- 间歇性电弧产生的条件是什么？
- 中性点不接地系统中，描述间歇性电弧接地过电压产生的物理过程。
(按电弧熄灭-重燃的过程描述)
- 发生间歇性电弧接地时，健全相和故障相的最大过电压幅值是多少？
- 影响间歇性电弧接地过电压的因素有哪些？
- 消弧线圈是什么？主要起到什么作用？适用范围如何？
- 中性点接地/不接地运行方式还有哪些？
- 什么是补偿度？什么是过补偿运行方式？

10.4 切除空载线路过电压

- 产生切除空载线路过电压的原因是什么？为什么是空载线路产生这种过电压？
- 描述切除空载线路过电压产生的物理过程
- 切除空载线路过电压的幅值实际一般到多大？
- 影响切除空载线路过电压的因素有哪些？具体如何影响的？
- 什么是中性点非有效接地系统？
- 限制切除空载线路过电压的措施有哪些？

⚡ 10.5 空载线路合闸过电压

- 为什么是空载线路产生这种过电压？
- 为什么超高压特高压系统强调要限制这种过电压？
- 正常合闸过电压是怎么产生的？产生的过电压幅值最大是多少？
- 自动重合闸过电压是怎么产生的？
- 影响空载线路合闸过电压的因素有哪些，具体怎么影响的？
- 抑制空载线路合闸过电压的措施有哪些？
- 并联电阻断路器是怎么工作的？
- 什么是选相合闸，有什么好处？

⚡ 10.6 切除空载变压器过电压

- 分析切除空载变压器过电压的等值电路（图10-24）
- 什么是强制熄弧，什么是截流现象
- 截流现象导致切除空载变压器过电压的原因
- 切除空载变压器过电压倍数和哪些参数有关？
- 影响空载变压器过电压的因素有哪些？
- 避雷器如何限制空载变压器过电压？

11 电力系统绝缘配合

- 什么叫绝缘配合?
- 为什么要进行绝缘配合研究?
- 电力系统绝缘配合经历了哪三个阶段?
- 中性点接地有哪些方式?
- 中性点接地方式对绝缘、接地等问题有哪些影响?
- 什么是绝缘配合的惯用法, 其主要技术思路是怎样的?
- 什么是绝缘配合的统计法, 其主要技术思路又是怎样的?
- 变电站通常采用什么绝缘配合设计方法?
- 架空输电线路的绝缘水平通常怎么设计?

关于考试



- 本课程考试通常为闭卷考试
- 三篇内容在考试分值中大致各占三分之一
- 涉及计算分析的考试考察重点在第三篇，但第一章气体电介质的绝缘特性和第二篇绝缘试验也会有
- 复习时切忌死记硬背，理解基本物理现象和电磁场、电路理论基本过程后，知识点就容易掌握了
- 预祝各位同学都考出好成绩！