

目 录

第 1 章绪论

- 1.1 直流输电的发展历史
 - 1.1.1 早期电力传输技术回顾
 - 1.1.2 高压直流输电技术的发展
 - 1.1.3 高压直流输电的基本概念
 - 1.1.4 国外高压直流输电工程代表性案例
 - 1.1.5 高压直流输电在中国的发展
 - 1.2 高压直流输电的基本接线方式
 - 1.2.1 单极线路方式
 - 1.2.2 双极线路方式
 - 1.2.3 背靠背换流方式
 - 1.2.4 多端方式
 - 1.3 直流输电的优缺点
 - 1.3.1 直流输电的优势
 - 1.3.2 直流输电的不足
 - 1.3.3 直流输电的应用场合
- 习题 1

第 2 章换流电路的工作原理

- 2.1 晶闸管与相控换流
 - 2.1.1 晶闸管的特性
 - 2.1.2 换流电路
 - 2.1.3 多桥换流器
- 2.2 整流器的工作原理
 - 2.2.1 理想情况下的工作原理
 - 2.2.2 考虑触发延迟角的情况
 - 2.2.3 同时考虑触发延迟角和换相电感的情况
 - 2.2.4 换流装置的功率因数
- 2.3 逆变器的工作原理
 - 2.3.1 触发延迟角与直流电压的关系
 - 2.3.2 逆变器的运行
 - 2.3.3 换相失败的概念
 - 2.3.4 换相失败的影响因素

- 2.3.5 换相失败的预防措施
- 2.4 直流输电的运行方式及其稳态特性
 - 2.4.1 直流输电工程的额定值
 - 2.4.2 直流输电的运行方式
 - 2.4.3 稳态工况的计算
 - 2.4.4 换流器的功率特性
 - 2.4.5 换流器的无功功率特性
- 习题 2

第 3 章换流站及其主设备

- 3.1 换流站概况
 - 3.1.1 主设备及其功能
 - 3.1.2 换流站的平面布置
- 3.2 晶闸管换流器
 - 3.2.1 性能要求
 - 3.2.2 晶闸管阀的结构
 - 3.2.3 晶闸管的触发方式
- 3.3 换流变压器
 - 3.3.1 换流变压器的特点
 - 3.3.2 换流变压器的选择
 - 3.3.3 换流变压器的选型方案
- 3.4 平波电抗器
 - 3.4.1 平波电抗器的结构和功能
 - 3.4.2 平波电抗器的选择
- 3.5 无功补偿装置
 - 3.5.1 静态无功补偿装置
 - 3.5.2 动态无功补偿装置
- 3.6 换流站的工程实例
- 习题 3

第 4 章高压直流输电线路

- 4.1 概况
 - 4.1.1 杆塔
 - 4.1.2 直流线路绝缘子

- 4.1.3 直流电缆线路
 - 4.2 架空线路的运行特性
 - 4.2.1 电晕效应
 - 4.2.2 电场效应
 - 4.2.3 电晕损耗
 - 4.2.4 屏蔽效应与派生效应
 - 4.2.5 无线电干扰
 - 4.2.6 可听噪声
 - 4.3 架空线路的参数选择
 - 4.3.1 额定电压
 - 4.3.2 导体截面
 - 4.3.3 分裂导线数
 - 4.3.4 直流输电线路工程实例
 - 4.4 大地回路
 - 4.4.1 电磁效应
 - 4.4.2 热力效应
 - 4.4.3 电化效应
 - 4.4.4 陆地接地电极
 - 4.4.5 海岸电极和海水电极
 - 4.4.6 接地极线路工程实例
- 习题 4

第 5 章 高压直流系统的谐波和滤波器

- 5.1 谐波的基本概念
 - 5.1.1 谐波源与谐波
 - 5.1.2 谐波的指标
 - 5.1.3 直流输电的谐波
- 5.2 换流装置交流侧的特征谐波
 - 5.2.1 换流变压器阀侧线电流
 - 5.2.2 换流变压器交流侧线电流
 - 5.2.3 双桥 12 脉动换流变压器交流侧线电流
- 5.3 换流装置直流侧的特征谐波
 - 5.3.1 换流器直流侧的谐波电压
 - 5.3.2 换流器直流侧的谐波电流

- 5.4 交流滤波器
 - 5.4.1 并联交流滤波器的阻抗特性
 - 5.4.2 交流滤波器的选择设计
 - 5.4.3 交流滤波器的配置
 - 5.4.4 交流滤波器的工程实例
 - 5.5 直流滤波器
 - 5.5.1 直流滤波器的配置
 - 5.5.2 直流滤波器的工程实例
 - 5.6 有源滤波器
 - 5.6.1 基本构成与原理
 - 5.6.2 接线方式的选择
 - 5.6.3 混合有源直流滤波系统
 - 5.6.4 直流有源滤波器的工程实例
- 习题 5

第 6 章 高压直流系统的控制

- 6.1 概述
 - 6.1.1 分层控制模式
 - 6.1.2 基本控制要求
- 6.2 基本控制方式
 - 6.2.1 定电流控制
 - 6.2.2 定电压控制
 - 6.2.3 定触发角控制
 - 6.2.4 定熄弧角控制
- 6.3 功率控制和频率控制
 - 6.3.1 定功率控制
 - 6.3.2 定频率控制与功率/频率控制
- 6.4 两侧换流器控制的配合特性
 - 6.4.1 理想控制特性
 - 6.4.2 控制特性不稳定的对策
 - 6.4.3 低压限流与触发角限制
 - 6.4.4 换流站的控制特性
 - 6.4.5 潮流翻转控制
 - 6.4.6 直流系统的启停控制

- 6.4.7 换流变压器分接头切换控制
 - 6.5 基本的脉冲触发控制方式
 - 6.5.1 分相控制方式
 - 6.5.2 等距离脉冲相位控制方式
 - 6.6 极控系统
 - 6.6.1 极控系统设备配置及其主要功能
 - 6.6.2 换流器动作顺序
 - 6.6.3 非正常闭锁的控制
 - 6.7 直流站控系统
 - 6.7.1 直流站控系统的主要功能
 - 6.7.2 系统无功功率控制
 - 6.7.3 直流系统控制级别
 - 6.8 交流站控系统
 - 6.8.1 交流站控系统的主要功能
 - 6.8.2 交流场设备其他功能的实现方式
- 习题 6

第 7 章 高压直流输电的保护

- 7.1 高压直流输电系统保护的配置原则与动作策略
 - 7.1.1 高压直流输电系统故障种类
 - 7.1.2 直流输电系统保护配置原则
 - 7.1.3 直流系统保护动作策略
- 7.2 换流站保护的配置
 - 7.2.1 主要保护配置
 - 7.2.2 其他辅助保护
 - 7.2.3 极控保护
- 7.3 换流器的保护
 - 7.3.1 换流器的故障分析
 - 7.3.2 换流器的保护配置
- 7.4 高压直流输电线路的保护
 - 7.4.1 直流线路故障类型
 - 7.4.2 直流线路故障过程
 - 7.4.3 高压直流线路保护的要求与配置
 - 7.4.4 直流线路行波保护

- 7.4.5 直流线路的主要后备保护
 - 7.4.6 直流线路故障恢复顺序
 - 7.5 换流站的过电压与防护
 - 7.5.1 换流站交流侧过电压
 - 7.5.2 换流站直流侧过电压
 - 7.5.3 换流站过电压保护
 - 7.5.4 换流站过电压保护和绝缘配合
 - 7.5.5 换流站防雷保护
 - 7.6 直流输电线路的过电压与防雷保护
 - 7.6.1 直流线路过电压
 - 7.6.2 直流输电线路的耐雷性能
 - 7.6.3 高压直流线路的防雷保护措施
 - 7.7 直流输电系统过电压保护和绝缘配合
 - 7.7.1 过电压保护和绝缘配合
 - 7.7.2 过电压保护和绝缘配合的工程实例
- 习题 7

第 8 章 直流输电系统的损耗计算

- 8.1 概述
 - 8.1.1 直流输电线路的损耗
 - 8.1.2 接地极系统的损耗
 - 8.1.3 直流换流站的损耗
- 8.2 晶闸管阀的损耗
 - 8.2.1 阀损耗分量
 - 8.2.2 阀的总损耗
- 8.3 其他设备的损耗
 - 8.3.1 换流变压器的损耗
 - 8.3.2 并联电容器组的损耗
 - 8.3.3 交流滤波器的损耗
 - 8.3.4 直流滤波器的损耗
 - 8.3.5 平波电抗器的损耗
 - 8.3.6 辅助设备和站用电的损耗
 - 8.3.7 PLC 滤波器的损耗
- 8.4 功率损耗计算的工程实例

8.4.1 贵广一回/二回直流系统的损耗计算

8.4.2 计算结果分析

习题 8

第 9 章 高压直流输电的可靠性评估

9.1 基本概念

9.1.1 目标、任务和评估手段

9.1.2 可靠性准则

9.1.3 高压直流输电系统的可靠性指标

9.1.4 提高高压直流输电系统的可靠性措施

9.2 可靠性评估的数学基础

9.2.1 马尔可夫方程

9.2.2 频率 持续时间法

9.3 等值模型法

9.3.1 子系统及等值模型

9.3.2 子系统状态空间图的建立及等效模型

9.3.3 组合模型和整个高压直流输电系统的状态空间图

9.4 交直流并联输电系统的可靠性评估

9.4.1 运算条件

9.4.2 交直流并联输电系统的可靠性指标

9.4.3 交直流并联输电系统可靠性的蒙特卡洛模拟

9.4.4 计算实例

习题 9

第 10 章 特高压直流输电

10.1 概况

10.1.1 特高压输电的定义

10.1.2 推动特高压输电发展的因素

10.1.3 特高压直流输电在中国的发展

10.1.4 特高压直流输电的技术难点

10.2 特高压直流系统的工程实例

10.2.1 主回路接线方式

10.2.2 换流阀

10.2.3 换流变压器

- 10.2.4 滤波器
 - 10.2.5 接地极
 - 10.2.6 控制系统与保护
 - 10.3 特高压直流对受端系统电压稳定的影响
 - 10.3.1 电压稳定的概念
 - 10.3.2 电压稳定与无功补偿
 - 10.3.3 大型受端电网的电压稳定问题
 - 10.3.4 特高压直流对受端系统电压稳定性的影响
 - 10.4 特高压直流输电的过电压与绝缘配合
 - 10.4.1 直流输电系统过电压保护
 - 10.4.2 换流站电气设备的绝缘配合
- 习题 10

第 11 章现代高压直流输电新技术

- 11.1 电压源换流器的换流原理与柔性直流输电
 - 11.1.1 电压源换流器与 IGBT
 - 11.1.2 柔性直流输电与传统直流输电的差异
 - 11.1.3 柔性直流输电的应用
 - 11.2 多端直流输电
 - 11.2.1 多端直流输电的发展现状
 - 11.2.2 多端直流输电的关键技术
 - 11.2.3 新型多端直流输电技术的发展趋势
 - 11.3 电容换相换流器
 - 11.3.1 工作机理
 - 11.3.2 运行特性
 - 11.3.3 无功功率特性
 - 11.3.4 串、并联电容器组的基波无功功率
 - 11.3.5 CCC 的经济补偿度
- 习题 11

附录部分专业词汇对照表