

高等学校教材

发电厂电气部分课程 设计参考资料

天津大学 黄纯华 编

64

水利电力出版社

内 容 摘 要

本书主要介绍发电厂(变电所)电气部分设计的基本知识,包括设计原则、步骤和计算方法等,并介绍了设计中常用电气设备的技术数据和经济资料。

全书共分五章,即设计的基本知识,电气主接线设计,厂用电设计,短路电流计算以及导体和电器的选择。

本书为高等学校“电力系统及其自动化”专业和“发电厂及电力系统”专业的“发电厂电气部分”课程设计参考资料,也可供有关的中等专业学校和其他工作人员参考。

高等学校教材

发电厂电气部分课程设计

参 考 资 料

天津大学 黄纯华 编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6.625印张 144千字

1987年6月第一版 1987年6月北京第一次印刷

印数 00001—21560册 定价1.15元

书号 15143·6360



前 言

本书是根据“1983~1987年高等学校水利电力类专业教材编审出版规划”,为高等院、校“电力系统及其自动化”专业和“发电厂及电力系统”专业而编写的发电厂电气部分课程设计参考资料。

本书内容,主要阐述大、中型发电厂(变电所)电气部分设计的基本原则、要求、步骤和计算方法,并介绍了设计中常用图表、常用电气设备的技术数据及经济资料。同时,还结合书中各章节介绍了有关的设计技术规程、规定。对于小型发电厂(变电所)的电气部分设计,本书只作了扼要介绍,其设计应根据小型发电厂的具体要求,参照大、中型发电厂设计原则进行,部分内容可适当予以简化。

书中带“*”的标题,限于篇幅未予详细介绍,读者可参阅有关专业书籍及手册。

全书共分五章,由天津大学黄纯华编写,华北电力学院研究生部毛晋审阅。在编写过程中,天津大学李树鸿、王荣藩、刘维仲副教授和“高等学校电力工程类发电厂教材编审组”的同志提出了不少宝贵意见和建议,其他高校、设计院、制造厂等有关单位,也给予了大力支持和热情帮助,提供了大量资料,在此一并表示感谢。

由于水平所限,书中出现的错误和不妥之处,希读者指正。

编 者

1986. 1

目 录

前 言

| | |
|---|----|
| 第一章 设计的基本知识 | 1 |
| 1-1 发电厂设计的组成和设计阶段 | 1 |
| 一、发电厂设计的组成部分；二、发电厂设计的阶段 | |
| 1-2 课程设计的目的、内容和要求 | 5 |
| 一、课程设计的目的；二、课程设计的内容和要求；三、设计答辩 | |
| 1-3 课程设计任务书的一般形式 | 8 |
| 一、原始资料；二、设计任务；三、设计成果；四、设计时间及其分配 | |
| 第二章 电气主接线设计 | 11 |
| 2-1 主接线的设计原则和要求 | 11 |
| 一、设计原则；二、设计主接线的基本要求 | |
| 2-2 主接线的设计方法和步骤 | 20 |
| 一、设计步骤；二、经济计算方法 | |
| 2-3 技术、经济指标 | 28 |
| 一、变压器的技术数据及综合投资；二、配电装置的综合投资；三、折旧、维护费及电费 | |
| 第三章 厂用电设计 | 47 |
| 3-1 厂用电设计的原则和要求 | 47 |
| 一、厂用负荷分类；二、基本要求；三、设计的一般原则 | |
| 3-2 厂用电设计的方法及步骤 | 50 |

| | |
|--------------------------------|------------|
| 一、设计步骤；二、设计计算 | |
| 3-3 技术数据 | 56 |
| 一、6~10kV 变压器；二、电抗器 | |
| 第四章 短路电流计算 | 67 |
| 4-1 短路计算的目的、规定和步骤 | 67 |
| 一、短路电流计算的目的；二、短路电流计算的一般规定； | |
| 三、计算步骤 | |
| 4-2 短路电流计算方法 | 69 |
| 一、标么值换算；二、网络的等值变换与简化；三、三相短 | |
| 路电流周期分量的计算；四、短路电流非周期分量的近似 | |
| 计算；五、短路电流冲击值及全电流最大有效值计算；六、电 | |
| 动机对短路电流的影响；七、1000 V 以下网络短路电流计算 | |
| 4-3 有关技术数据 | 99 |
| 第五章 导体和电器的选择设计 | 104 |
| 5-1 选择设计的一般规定 | 104 |
| 一、一般原则；二、有关的几项规定；三、导体和电器选择 | |
| 和校验项目 | |
| 5-2 导体和电器选择的技术条件和设计计算 | 110 |
| 一、断路器；二、负荷开关和隔离开关；三、高压熔断器；四、 | |
| 限流电抗器；五、电压互感器；六、电流互感器；七、支柱 | |
| 绝缘子及穿墙套管；八、消弧线圈；九、避雷器；十、裸导 | |
| 体；十一、电缆 | |
| 5-3 电器设备的技术数据 | 155 |
| 一、断路器；二、隔离开关；三、负荷开关、熔断器、接地 | |
| 开关及低压开关；四、高压开关柜和低压配电屏；五、互感 | |
| 器；六、绝缘子；七、消弧线圈；八、避雷器 | |

第一章 设计的基本知识

现代电力工业在国际上已迅速发展，其发展的特点是：采用大容量的发电机组（单机容量200~1300MW），超高压输电线路（最高已达1000kV）和巨大的水、火、核电联合电力系统的形成。

我国目前的电力工业情况是：单机容量已达300MW，600MW机组开始制造；500kV高压输电线路已投入运行；全国电力系统已有13个，其中跨省的有6个（即东北、华东、华北、西南、西北和华中系统），并将逐步建立和加强它们之间的联系，以形成联合电力系统。

电力工业的迅速发展，对发电厂（变电所）的设计提出了更高的要求，需要我们认真的研究对待。

1-1 发电厂设计的组成和设计阶段

一、发电厂设计的组成部分

现代化发电厂的设计是一门综合性的科学，它是在多种专业有机配合、密切协作下完成的一个统一整体。火力发电厂和水力发电厂按其各部分职能的不同，可分为以下几个主要组成部分：

1. 火力发电厂

1) 厂址选择和厂区规划；

2) 热机系统：包括燃料供应、锅炉燃烧、除灰、汽机及其热力系统、热工检测和控制、化学水处理系统等内容；

3) 电气系统：包括电气一次回路部分(如电气主接线、厂用电、屋内外配电装置、防雷保护、接地和照明)及二次回路部分(如控制、测量、继电保护、自动装置和通讯)等内容；

4) 给水和排水系统；

5) 建筑和结构；

6) 采暖和通风；

7) 总概(预)算。

2. 水力发电厂

1) 水文气象；

2) 工程地质；

3) 水利、动能及水库；

4) 工程总体布置及建筑物；

5) 水力机械及金属结构；

6) 电气系统(内容同前)；

7) 施工组织设计；

8) 总概(预)算。

电气系统设计是其中的一个重要环节。它的主要任务是：完成发电、变电、配电系统设计，保证电能安全、可靠地送入电力系统，并力争节约投资、降低能耗。

二、发电厂设计的阶段

按照基本建设程序，对于新建的大型发电厂设计一般分为四个阶段：即可行性研究报告阶段、初步设计阶段、技术设计阶段和施工设计阶段。在各个阶段中，电气一次系统设计的任务和主要内容如下：

1. 可行性研究报告阶段

其任务是配合各专业,从宏观的角度论证建厂的必要性、可能性和经济性,阐明工程效益写出书面报告,报上级主管部门审批。

2. 初步设计阶段

(1) 设计任务:通过技术、经济论证,确定发电厂电气主接线的最优方案,提出主要电器设备的清单,并编制概算。

(2) 设计文件:由文字说明书及所附设计图纸和概算表组成。其中设计图纸有简化的电气主接线(包括厂用电及近区供电)方案比较图、电气主接线图、屋内外配电装置布置图和电站综合自动控制系统方框图等。

(3) 设计内容:

- 1) 设计依据及原始资料的收集和分析;
- 2) 电气主接线设计;
- 3) 厂区和泵房(或坝区)供电系统设计;
- 4) 短路电流计算及主要电气设备选择;
- 5) 屋内、外配电装置布置;
- 6) 根据本电厂在技术参数及布置上的要求,提出改进产品的意见及新产品试制项目;
- 7) 电气部分概算表及其说明。

3. 技术设计阶段(在初步设计经有关主管部门审批后进行)

(1) 设计任务:要确定电工一次部分有关的技术问题,对主要设备提出技术规范,根据选出的设备修改配电装置的布置,并提出设备、构架、各层地面荷载等。

(2) 设计文件:由说明书、计算书、图纸及预算组成。

(3) 设计计算内容:

- 1) 短路电流计算;
- 2) 全厂电气设备选择;
- 3) 厂用电负荷统计及厂用设备选择;
- 4) 全厂照明计算;
- 5) 全厂防雷保护及接地计算;
- 6) 拉力弛度计算;
- 7) 高压配电装置电气绝缘校验及配合;
- 8) 大电流母线(各种结构)计算。

(4) 设计图纸:

- 1) 电气主接线图;
- 2) 厂用电接线图(包括柜、盘、箱订货图);
- 3) 发电机电压配电装置平、剖面图;
- 4) 变压器布置平、剖面图;
- 5) 高压配电装置平、剖面图;
- 6) 全厂电缆层、井、道敷设规划图;
- 7) 直击雷保护范围图;
- 8) 全厂接地透视图;
- 9) 全厂照明系统接线图;
- 10) 泵站(或坝区)供电系统接线图;
- 11) 全厂电气设备清单。

4. 施工设计阶段

(1) 设计任务: 在技术设计的基础上, 完成各单项的细部安装设计。它包括单项的布置、埋件、结构安装三个部分。

(2) 设计内容:

- 1) 发电机配电装置(即从发电机机墩出线到主变压器

低压侧的配电装置)的布置和安装设计。包括对母线出线及其伸缩节、穿墙套管,中性点引出线,出口电流、电压互感器,励磁用变压器等设备,作出布置图、安装图以及构架预埋、结构材料统计。

2) 主变压器本体及其附属设备安装设计。包括确定搬运方式和轨道安装,强油水冷设备及控制柜的安装,二次电缆管道埋设,中性点引出设备安装以及消防、事故报警、事故排油等设施的设计。

3) 高压配电装置布置和安装设计。包括设备本体及其附属设备、金具安装图,以及构架、设备支架的结构材料计算。

4) 厂用电设备的布置、安装及电缆敷设。包括厂用电系统全厂的盘、柜、箱安装图,一次动力电缆统计簿,电缆层、井、沟的电缆架安装详图,及电缆管埋设件、电缆敷设图。

5) 防雷、接地安装图。

6) 照明系统安装图。

7) 泵房(或坝区)供电系统及电缆敷设。

对于中、小型发电厂和变电所,其设计阶段和内容可根据工程实际情况,进行适当的调整或简化。

1-2 课程设计的目的、内容和要求

一、课程设计的目的

通过课程设计的实践达到:

1) 巩固“发电厂电气部分”课程的理论知识;

2) 学习和掌握发电厂(变电所)电气部分设计的基本方法;

3) 培养学生独立分析和解决问题的能力及实际工程设计的基本技能。

二、课程设计的內容和要求

1. 对课程设计的要 求

课程设计应根据设计任务书以及国家的有关政策和各专业的设计技术规程、规定进行。

2. 课程设计的內容

课程设计大体相当于实际工程设计电气一次部分初步设计的内容,其中一部分可达技术设计的要求深度。具体内容如下:

(1) 对原始资料的分析:

1) 本工程情况:发电厂类型及设计规划容量(近期、远景),单机容量及台数,运行方式,最大负荷利用小时数等。

2) 电力系统情况:电力系统近期及远景发展规划(本期工程建成后5~10年),发电厂在电力系统中的位置和作用,本期和远景与系统连接方式,各级电压中性点接地方式等。

3) 负荷情况:负荷的性质及其地理位置,输电电压等级、出线回数及输送容量等。

4) 环境条件:当地的气温、湿度、覆冰、污秽、地质、水文、海拔高度及地震等。

5) 设备制造情况:各种电器的性能、制造能力和供应情况。

(2) 电气主接线的方案比案与确定:包括主变压器选择、各级电压接线方式(本期及远景)以及分期过渡接线等设计。

(3) 厂用电及近区供电方式选择设计。

(4) 短路电流计算：包括确定主接线的运行方式，绘制等值网络图，计算各短路计算点的三相短路电流。

(5) 选择主要电器设备：包括主变压器、厂用变压器、断路器、隔离开关、电抗器、互感器、消弧线圈、避雷器、绝缘子、导线和电缆等，并汇总电器设备表。

*(6) 屋内、外配电装置的布置：根据发电厂类型和地理位置，初步拟定变压器、开关站及厂内电器设备的布置方案。

(7) 绘制工程设计图纸：包括电气主接线单线图、厂用电接线图和配电装置布置图。

(8) 编制电气一次设备概算表。

(9) 编写设计说明书：设计说明书包括设计任务书、所采用的基本资料和原始数据、方案选择论证、主要计算方法和成果。其计算过程，可作为附件，列在说明书后面。

3. 课程设计文件

由说明书、设计图纸及概算表组成。要求文字说明简明扼要，有分析论证，并能正确地反映情况，说明问题。设计图纸应做到内容完整、清晰整齐。

三、设计答辩

设计答辩是教师对学生设计的考核方式之一。考核内容包括全部设计，同时还要求学生具有下列知识：

1) 对所设计的发电厂（变电所）的特点、以及它在电力系统中的地位、作用和运行方式等应有清晰的概念。

2) 熟悉所采用的电气主接线图，掌握各种运行方式的倒闸操作程序。

3) 熟悉所选用电器设备的工作原理和性能，及其运行

使用中应注意的事项。

1-3 课程设计任务书的一般形式

由于实际情况的不同，任务书的形式也有所差异，现给出的是一般形式的任务书，仅供参考。

“发电厂电气部分”课程设计任务书

题目 _____ 学生姓名 _____
设计时间 _____
指导教师 _____

一、原始资料

1. 发电厂（变电所）的建设规模

（1）类型 _____。

（2）最终容量、机组的型式和台数 _____，利用小时数 _____ 小时/年。

（3）第一期工程装机容量和台数 _____。

2. 电力系统与本厂连接情况

（1）发电厂（变电所）在电力系统中的地位和作用 _____。

（2）发电厂（变电所）联入系统的电压等级 _____ kV 及出线回路数 _____。

（3）电力系统总装机容量 _____、短路容量或归算后的标么电抗 _____。

(4) 发电厂(变电所)在系统中所处地理位置、供电范围示意图(附图)。

3. 电力负荷水平(或各级电压逐年负荷增长表)

(1) 发电机电压负荷: 最大____MW, 最小____MW, $\cos\varphi$ ____, T_{\max} ____h, ____级负荷, 馈电回数____。

(2) 厂用负荷(厂用电率)____h(或厂用负荷统计表)。

(3) 高压负荷:

1) ____kV电压级, ____回, 为____级负荷, 最大输送____MW, $\cos\varphi$ ____, T_{\max} ____h。

2) ____kV电压级, ____回, 为____级负荷, 最大输送____MW, $\cos\varphi$ ____, T_{\max} ____h。

3) 备用____kV, ____回。

(4) 穿越本厂功率____MW, 由____kV送入____kV电网。

4. 环境条件

(1) 当地年最高温度____ $^{\circ}\text{C}$, 年最低温度____ $^{\circ}\text{C}$, 最热月平均最高温度____ $^{\circ}\text{C}$, 最热月平均地下温度____ $^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 当地海拔高度____。

(3) 当地雷暴日数____日/年。

(4) 其他_____。

二、设计任务

1) 电气主接线的设计。

2) 厂用电及近区用电设计。

3) 短路电流计算。

4) 主要电器设备选择。

*5) 屋内、外配电装置布置。

6) 编制概算。

三、设计成果

1) 设计说明书、计算书、概算表。

2) 图纸 (1 ~ 2) 张。

四、设计时间及其分配 (由各学校视具体情况安排)

第二章 电气主接线设计

2-1 主接线的设计原则和要求

发电厂（变电所）电气主接线是电力系统接线的主要组成部分。它表明了发电机、变压器、线路和断路器等电气设备的数量和连接方式及可能的运行方式，从而完成发电、变电、输配电的任务。它的设计，直接关系到全厂电气设备的选择、配电装置的布置、继电保护和自动装置的确定，关系着电力系统的安全、稳定、灵活和经济运行。由于电能生产的特点是：发电、变电、输电和用电是在同一时刻完成的，所以主接线设计的好坏，也影响到工农业生产和人民生活。因此，主接线的设计是一个综合性的问题。必须在满足国家有关技术经济政策的前提下，力争使其技术先进、经济合理、安全可靠。现将发电厂（变电所）电气主接线设计的有关原则和要求，简述如下：

一、设计原则

1. 合理地确定发电机的运行方式

确定运行方式总的原则是安全、经济地发、供电。

承担基荷的发电机，要求设备利用率高，年利用小时数在5000 h 以上；承担腰荷的发电机、设备利用小时数为3000 ~ 5000 h；承担峰荷的发电机，设备利用小时数在3000 h 以下。

对具体发电厂来说，则视其工作特性而有所不同。由于核电厂运行费用低，200 MW及以上的大型汽轮发电机热效率