



高等学校教材

电力系统课程设计及毕业设计参考资料

东南大学 曹绳敏 主编



ISBN 7-80125-421-X



9 787801 254214 >

ISBN 7-80125-421-X/TM·270

定价：9.00元

前 言

本书是根据原能源部教育司暨全国高等学校电力系统及其自动化专业教学委员会审定的出版计划而编写的辅助教材。

在前些年,我们曾编写了“电力系统课程设计参考资料”,使用效果良好。本书是在此基础上经补充、改编而成的。

本书的编写是以我国现行的各有关规范、规程等技术标准为依据,联系生产实际,同时注重教学特点,使之简明扼要、容易阅读、学而致用。

本书对电力系统课程设计作了较详细的叙述,以便参考使用;对于毕业设计,因课题多样,要求不一,况且各院校情况也不尽相同,难以归纳出一个共同的模式,为此尽量拓宽内容、提供较为广泛的参考资料,以适应各种类型毕业设计的需要。在体系上,既注意与课程教学的配合,又适当顾及自身的完整,以便于使用。

在此尚需说明的是,课程设计与毕业设计之间本无明显的界线,这里列出的课程设计内容、要求和时间安排等,仅供参考,各院校可按具体情况灵活掌握,或加以取舍增补作为毕业设计;电力系统设计及其专题研究所涉及范围相当广泛,由于篇幅所限,在此无法一一论及,凡未能叙述的内容,请参阅有关专著。

本书在编写过程中,得到本校电气系领导的关心和教研组教师们的支持,特别是得到了西北电力设计院、江苏省电力设计院、南京供电局、电力规划设计总院、华东电力设计院、沈阳变压器厂、东北电力设计院、水利电力经济研究所、上海电缆研究所、上海华通开关厂、西安电力机械制造公司、沈阳高压开关厂、常州变压器厂、哈尔滨电机厂等单位的大力帮助,在此一并表示感谢。

本书共有八章和附录,其中第四、五、六章及部分附录由陈俊琳编写,其余由曹绳敏编写并负责主编。

本书承蒙华北电力学院张文勤教授审阅,并提出了许多宝贵的建议和意见,特此致以深切的谢意。

借重印机会,订正了个别词句及疏漏之处。

鉴于时间仓促,资料不甚齐全,加之水平有限,缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1993年8月

1997年7月

目 录

前 言	
第一章 概述	1
第一节 电力系统规划设计的任务和基本要求	1
第二节 电力系统课程设计指导书	1
第三节 课程设计任务书形式	5
第二章 电力电量平衡	8
第一节 电力负荷分析	8
第二节 水电厂工作容量的确定	12
第三节 电力负荷曲线编制	14
第四节 电力电量平衡中各类电厂的运行方式	17
第五节 无功功率平衡及补偿	18
第三章 电力网的规划设计	23
第一节 电力网设计的一般内容和要求	23
第二节 电力网电压等级的选择	23
第三节 发电厂接入系统的设计	24
第四节 变电所主接线设计	26
第五节 送电线路导线截面选择	28
第四章 电力系统元件参数计算	33
第一节 送电线路参数计算	33
第二节 变压器参数计算	33
第三节 其他元件参数计算及表示	36
第四节 电力系统各元件参数的标么值计算	37
第五章 潮流计算及调压计算	39
第一节 潮流计算的目 的及要 求	39
第二节 简单电力网潮流计算	39
第三节 调压计算	41
第四节 多电压等级电力网等值电路精确计算	45
第五节 复杂电力系统潮流计算简述	52
第六章 短路电流计算和稳定性计算	54
第一节 短路电流计算的目 的及原 则	54
第二节 三相短路电流实用计算	54
第三节 简单不对称故障的分析计算	60
第四节 稳定性计算的目 的、内 容和条 件	63
第五节 稳定计算用网络及其简化	63
第六节 稳定性计算与分析	64

第七章	发电厂、变电所地址及送电线路径选择	67
第一节	火力发电厂厂址选择原则	67
第二节	厂址选择的主要技术数据	68
第三节	水电厂坝址选择	68
第四节	变电所所址选择	69
第五节	送电线路的路径选择	71
第八章	电力工程建设项目经济评价	74
第一节	简述	74
第二节	财务评价	74
第三节	国民经济评价	91
第四节	方案比较方法	91
第五节	项目经济评价的结论与分析	93
附录一	主要设备规格及参数	94
(一)	汽轮发电机 水轮发电机 同步调相机	94
(二)	电力变压器	94
(三)	电力线路	114
(四)	断路器	122
(五)	并联电抗器及中性点电抗器	132
(六)	线路杆塔	132
附录二	电力系统规划设计常用图形符号	141
附录三	常用法定计量单位	143
参考文献		145

第一章 概 述

第一节 电力系统规划设计任务和基本要求

电力工业是国民经济发展的基础工业。

电力系统规划、设计及运行的根本任务是，在国民经济发展计划的统筹安排下，合理开发、利用动力资源，用较少的投资和运行成本，来满足国民经济各部门及人民生活不断增长的需要，提供充足、可靠和质量合格的电能。

电力系统包括发电、送电、变电、配电、用电以及与之相适应的通信、安全自动装置、继电保护、调度自动化等设施。国内外大量事实表明，供电的可靠、经济以及电能的质量不仅取决于系统中各种设备的性能和质量，而且还取决于电力系统的规划、设计及运行管理水平。

电力系统规划是根据国民经济发展计划和现有电力系统实际情况，结合能源和交通条件，分析负荷及其增长速度，预计电力电量的发展，提出电源建设和系统网架的设想，拟定科研、勘测、设计以及新设备试制等任务。

电力系统设计是在审议后的电力系统规划的基础上，为电力系统的发展制定出具体的方案。在电力系统设计中，应贯彻国家各项方针政策，遵照有关的设计技术规定；从整体出发，深入论证电源布局的合理性，提出网络设计方案，论证其安全可靠性和经济性，并为此进行必要的计算；尚需注意近期与远期的关系，发电、输电、变电工程的协调，并为电力系统继电保护、安全自动装置以及下一级电压的系统设计创造条件。

电力系统设计包括电厂接入系统设计，电力系统专题设计，发电、输电、变电工程可行性研究及初步设计的系统部分。

电力系统的设计水平年，一般取今后 5 ~ 10 年的某一年，远景水平年取今后 10 ~ 15 年的某一年。设计水平年的选取最好与国民经济计划的年份相一致。电源和网络设计，一般以设计水平年为主，并对设计水平年以前的过渡年份进行研究，同时还要展望到远景水平年。

第二节 电力系统课程设计指导书

一、课程设计的目的和要求

电力系统课程设计的目的是学生在学习电力系统课程后的一次综合性训练，复习巩固本课程及其他课程的有关内容，增强工程观念，培养电力网规划设计的能力。

通过课程设计应达到下列要求：

- 1) 熟悉国家能源开发策略和有关的技术规程、规定、导则等，树立供电必须安全、可靠、经济的观点；

2) 掌握电力网初步设计的基本方法和主要内容;

3) 熟练电力网的基本计算;

4) 学习工程设计说明书的撰写。

二、课程设计的原始资料

1) 电源及负荷点的地理位置图;

2) 各发电厂装机情况: 型号、单机容量、台数;

3) 各负荷点及发电机直配负荷的最大值与最小值(或负荷曲线)、功率因数、额定电压、负荷的电压要求、供电可靠性要求等;

4) 其他条件及要求。

设计规模一般为1~2个电源(火电厂、水电厂或附近已有一个可供一定功率的电力系统), 4~6个负荷点, 要求构成一个良好的地区性电力系统。

三、课程设计及时间

课程设计的主要内容有:

1) 电力系统功率平衡;

2) 电力网接线方案的技术论证及经济比较;

3) 发电厂、变电所主接线选择;

4) 网络潮流计算和电压计算;

5) 编写设计说明书, 绘图;

6) 答辩。

若课程设计集中时间进行, 约需2~2.5周。

四、课程设计步骤与提示

1. 电力系统功率平衡

功率平衡包括有功功率平衡和无功功率平衡。

(1) 有功功率平衡。系统最大负荷时的有功功率平衡可按下列各式依次计算:

$$\text{用电负荷} \quad P_y = K_1 \sum_{i=1}^n P_{\max, i} \quad (1-1)$$

$$\text{供电负荷} \quad P_g = \frac{1}{1 - K_2} P_y \quad (1-2)$$

$$\text{发电负荷} \quad P_f = \frac{1}{1 - K_3} (P_g + P_z) \quad (1-3)$$

式中 $\sum_{i=1}^n P_{\max, i}$ —— n 个变电所最大负荷之和;

K_1 —— 同时率(或同时系数), 参见第二章, 下同;

K_2 —— 网损率;

K_3 —— 厂用电率;

P_z —— 发电机直配负荷。

系统内的总装机容量应大于发电负荷, 即系统内应有足够的备用容量。按规定, 系统的总备用容量不得低于系统最大发电负荷的20%, 亦即系统的总装机容量应大于或等于系

统最大发电负荷的1.2倍。

此外，还应分别进行最小负荷、计划检修时及严重事故后的系统有功功率平衡。

(2) 无功功率平衡。首先根据SD 325—89《电力系统电压和无功电力技术导则》规定，220kV及以下电压级变电所，在主变压器最大负荷时，其二次侧功率因数应满足以下值：220kV变电所为0.95~1.0；35~110kV变电所为0.90~1.0。对于不满足的变电所，需作无功补偿，使其功率因数满足要求。

然后计算系统的无功电源和补偿后的系统无功负荷，作出无功功率平衡分析。在计算中可作如下假设：各发电机按额定状态运行；变压器的工作损耗，按每经一次电压变换，无功功率损耗为负荷视在功率的12%估算；架空送电线路的无功功率损耗与充电功率暂作相等而相互抵消。

关于无功功率平衡计算，尚有另一方法，请见第二章。

2. 电力网接线方案的技术论证及经济比较

(1) 电压等级的选择。线路电压等级应根据已有网络现状、输送功率、输送距离及今后发展等因素选择确定。

(2) 电力网接线方案的初步选择。对于各种可能的接线方案，根据供电可靠性、灵活性、经济性等原则，将明显不合理的方案舍去，保留2~3个方案，再作较详细的技术经济比较。

(3) 电力网接线方案的确定。对于每个保留方案将作以下计算：

- 1) 选择导线截面积；
- 2) 计算电力网投资及年运行费用；
- 3) 进行各方案的技术经济分析，确定电力网接线方案。

假若两个方案在经济比较时相接近，应选择有利于将来发展的方案，也可将有色金属或“三材”（钢材、木材、水泥）消耗量作为方案选择的参考。

3. 发电厂、变电所主接线选择

对最后确定的电力网接线方案，继续做以下工作：

- 1) 确定发电厂、变电所的主变压器台数、容量、型式以及电气主接线；
- 2) 计算本次设计范围内的总投资。

4. 网络潮流计算与电压计算

- 1) 元件参数计算；
- 2) 最大、最小负荷时的运算负荷及电源运算功率计算；
- 3) 电力网潮流与电压计算（最大、最小负荷分别进行）；
- 4) 各变压器分接开关位置选择，并作电压验算。

在计算时，首先设定电力网中某一点电压值，这一点通常是系统中主力电厂的高压母线或枢纽变电所的高压母线，或已知的功率分点。然后进行潮流与电压计算，得出各支路功率、全网各点电压、各发电机的出力及电压等。若对计算结果不满意，则需重新设定电压值，或配以改变各无功补偿点的补偿容量，再作几次计算，从而获得合理的潮流分布和较好的电压水平。此时各变压器的分接开关可选择到适当的位置，各发电机运行在正常工

作范围，整个系统处于良好的运行状态。此外，还应作严重事故后●的校验。

无励磁调压变压器，即普通变压器的分接开关调压范围，通常为 $\pm 2 \times 2.5\%$ ；有载调压变压器分接开关调压范围，因电压等级、生产厂家的不同而有所不同，通常有 $\pm 3 \times 2.5\%$ 、 $\pm 8 \times 1.25\%$ 、 $\pm 8 \times 1.5\%$ 等多种，详见附录一。

五、课程设计成品

本课程设计的成品是：设计说明书一册、附图（*3）若干张。

1. 课程设计说明书

课程设计说明书可参考下列提纲层次编写：

（1）前言。

（2）目录。

（3）第一章为设计任务介绍。

（4）第二章为电力系统功率平衡。

本章说明有功、无功功率平衡的原则、方法、结论，以及问题的分析。

（5）第三章为电力系统接线方案的选择，包括：

对各种可能的电力网接线方案，作简明论述，确定参加比较的方案；

网络电压等级的确定，各方案导线截面选择的依据、方法和结果，各方案的主要技术经济计算结果与分析，网络方案的最后确定；

发电厂、变电所主变压器选择原则和结果；

发电厂变电所主接线选择依据、方案比较以及方案确定的论述；

对确定的电力系统接线方案的评述。

（6）第四章为电力系统潮流与电压计算，包括：

本系统在最大、最小负荷时的运行方式确定；

潮流计算条件、方法，计算结果及其分析（计算过程列于附录，计算结果并注于附图）；

最大、最小负荷时系统各点电压情况综述；

变压器分接开关位置的选择方法和结果，电压调节情况评述；

严重事故后系统的运行方式、潮流和电压情况，存在问题及其解决措施。

（7）第五章为结论与建议。

本章全面综述本设计主要特点和结论，以及尚需进一步研究的问题及其解决方法的建议。

（8）附录。

1）各主要方案的技术经济计算：简化的潮流计算、导线截面选择计算、电压损失计算、投资与运行费用计算、有色金属或“三材”消耗量计算；

2）系统中各元件参数的计算；

3）最大运行方式潮流与电压计算；

4）最小运行方式潮流与电压计算；

5）变压器分接开关位置选择计算；

6）事故后校验计算。

● 严重事故后运行方式系指电力系统严重事故消除后，尚未恢复到正常运行方式所出现的临时运行方式。

(9) 参考资料。

2. 附图

- 1) 电力系统接线图(含地理位置图);
- 2) 最大及最小运行方式潮流分布图;
- 3) 电力系统阻抗图;
- 4) 严重事故后系统潮流分布图(此图也可绘于设计说明书内)。

六、答辩与评分

在课程设计之最后,每一学生都应进行答辩。答辩前,每位学生应作好准备,对于本设计涉及的基本理论、概念、方法应牢固掌握,对于设计步骤、方案论证、问题解决、资料运用、结果分析等作好归纳整理。

答辩时,每位同学首先简单介绍所作设计的概况、特点和结论,然后回答教师们就本设计所提出的问题。

教师将根据学生在设计中的表现、成品质量、答辩情况,综合评定成绩。成绩分优秀、良好、中等、及格、不及格共五个等级,其中“优秀”应满足下列条件:

- 1) 设计中积极认真,刻苦努力,独立完成任务;
- 2) 设计作风严谨,计算正确,分析透彻,结论恰当;
- 3) 说明书文句通顺、简练,用词准确,符号规范,字迹工整,图纸美观;
- 4) 答辩时,叙述清楚,问题回答正确流利,态度中肯。

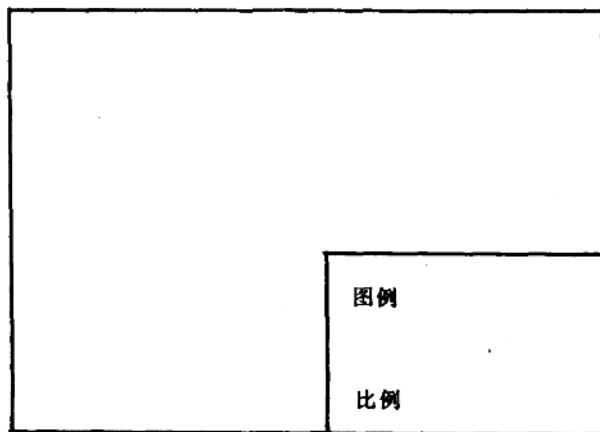
第三节 课程设计任务书形式

课程设计任务书另行印刷,由指导教师填写,在课程设计开始时发给每位同学。

课程设计任务书的形式及其内容,应根据各院校情况而定,这里列出的任务书形式(封面略),仅供参考。

一、原始资料

1. 电源及负荷点地理位置图



2. 负荷情况

负 荷 点	变 电 所					发电厂直配	
	1	2	3	4	5	A	B
最大负荷 (MW)							
最小负荷 (MW)							
$T_{\max}$ (h)							
负荷电压 (kV)							
$\cos \varphi$							
调压要求							
供电可靠性要求							

注 最大、最小负荷和 $T_{\max}$ 也可用负荷曲线方式给出；调压要求可为逆、常、顺调压方式，也可给出电压波动允许范围；供电可靠性要求可用高、较高、一般表示，也可用Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类负荷所占百分数表示。

3. 电源情况

(1) 发电厂装机。

发 电 厂	发电机型号	额定电压 (kV)	额定功率 (MW)	额定功率因数	台 数	备 注

(2) 原有电力系统情况。

4. 其他情况或要求

二、课程设计内容

- 1) 电力系统功率平衡；
- 2) 电力网接线方案的技术论证与经济比较；
- 3) 发电厂、变电所主接线选择；
- 4) 电力系统潮流计算；
- 5) 调压计算与变压器分接开关位置选择。

三、设计成品

(1) 课程设计说明书。

(2) 附图。

这里需要说明的是，以上所述均是对于110kV及以下电力网的规划设计，如若作220kV及以上电力网的规划设计，尚需进行短路电流及系统稳定性等方面的计算分析，在设计说明书中应加入相应内容。

第二章 电力电量平衡

电力系统设计时，应编制从当前到设计水平年的逐年电力电量平衡，以及远景水平年系统和地区的电力电量平衡，必要时还应作地区最小负荷时的电力平衡。

通过电力电量平衡，明确系统所需的装机容量、调峰容量以及电能输送方向，为拟定电源方案、装机计划、调峰措施、网络方案、燃料需要量等提供依据。

含有水电厂的系统，一般按枯水年进行电力平衡，按平水年进行电量平衡。在必要时还应作丰水年及特枯水年的电力电量平衡。水电比例较大的系统，根据需要还应对代表年按月编制丰、平、枯水文年的电力电量平衡。

电力平衡的步骤：

- 1) 分析系统原始资料，计算系统发电负荷；
- 2) 确定系统备用容量，以及在水、火电厂之间的分配；
- 3) 确定系统总装机容量和逐年装机计划；
- 4) 拟定各厂逐年装机容量及进度。

电力平衡的内容，可参照表2-1所列的各项进行。

电量平衡将根据需要进行。在电量平衡时，一般可选择几个代表年逐月进行平衡，这实际上是月平均负荷与月平均出力的平衡。

表 2-1 系统电力平衡表 (MW)

序 号	项 目	年	年	年	年
1	系统发电负荷				
2	系统备用容量				
	其中：负荷备用				
	事故备用				
	检修备用				
3	系统应有容量 (1 + 2)				
4	水电利用容量				
	其中：工作容量				
	备用容量				
5	系统应有火电容量 (3 - 4)				
6	水电年底装机容量				
	其中：新增容量				
7	火电年底装机容量				
	其中：新增容量				
8	系统总装机容量 (6 + 7)				
9	系统现备用容量 (8 - 1)				
10	备用率 (9/1)				

第一节 电力负荷分析

电力负荷分析是根据国民经济发展规划，计算相应的电力、电量的需求量，以便进行

电力平衡和电量平衡, 确定发电厂、变电所建设的布局、规模、进度, 以及电网联接的规划等。

一、用电量和用电负荷计算

在电力系统设计时, 必须具备确定的电力负荷水平。电力负荷的发展水平, 一般以今后 5~10 年中某一年的负荷作为设计水平年, 而以今后 10~15 年中某一年的负荷作为远景水平年。设计水平年和远景水平年的选择, 最好与国民经济发展计划相一致。

电力负荷的确定, 来自规划区域内的各经济部门的发展计划, 以及上级部门对该区域经济发展的有关指示文件。假若这些资料尚不完整或缺乏, 将采用负荷预计的方法来确定。关于负荷预计的方法有多种, 在目前应用较为广泛的仍是产品单耗法。所谓产品单耗法, 就是每生产一计算单位的产品所消耗的综合电量。该方法简单、方便, 但影响因素多, 偏差可能较大。很显然, 产品的单耗与工厂规模、生产设备、质量要求、工艺流程、原材料、技术水平、经营管理等方面有关, 故在使用此方法时应根据区域内的实际情况进行估算。现将我国某地区 1991 年部分工业产品单位耗电量列于表 2-2, 仅供参考。

表 2-2 部分工业产品单位耗电量 (kWh)

序 号	工 业 产 品	单 位	耗 电 量	序 号	工 业 产 品	单 位	耗 电 量
1	原煤: 地下开采	t	43.58	26	电石	t	3391.60
2	焦炭	t	32.22	27	烧碱	t	2413.72
3	铁矿石: 露天开采	t	1.10	28	黄磷	t	14746.87
	坑下开采	t	16.89	29	硫酸	t	102.01
4	精选铁矿石	t	27.20	30	硝酸	t	166.35
5	烧结铁矿石	t	32.80	31	乙醇	t	2400.00*
6	生铁	t	85.86	32	乙醇	t	233.24
7	电炉钢: 冶金业	t	605.23	33	柠檬酸	t	3094.32
	机械业	t	728.77	34	苯酐	t	495.93
8	转炉钢: 侧吹	t	29.11	35	塑料	t	475.30
	顶吹	t	27.90	36	乙烯	t	2810.00*
9	轧钢	t	130.93	37	普通水泥 *425	t	100.48
10	75%硅钢	t	8627.88	38	白水泥	t	173.25
11	开坯	t	44.25	39	平板玻璃	箱	5.87
12	铸钢件 (型钢)	t	76.88	40	机制纸	t	800.69
13	铸管 (薄板)	t	173.45	41	人造纤维	t	4027.90
14	无缝钢管	t	170.19	42	化学纤维 (长丝)	t	4508.77
15	铜矿采选	t	69.28	43	弹力丝	t	2987.47
16	电解铜	t	575.12	44	涤纶 (长丝)	t	1546.35
17	铜加工 (铜材)	t	1440.65	45	涤纶 (短丝)	t	1069.82
18	电解铝: 直流	t	15988.44	46	棉纱 (折 21 支)	t	1273.06
	交流	t	18200.00*	47	棉布	m	0.1671
19	原油加工	t	25.43	48	色织布	m	0.2916
20	制氧	t	1112.73	49	自行车	辆	17.57
21	碳板	t	4550.56	50	电视机	台	2.11
22	电极	t	6012.84	51	缝纫机	台	11.17
23	合成氨: 大型	t	505.13	52	卷烟	箱	20.00
	中型	t	1426.52	53	面粉	t	48.97
24	尿素	t	59.21	54	自来水	t	0.2747
25	化肥	t	49.87	55	公交车营运	km	0.7442

* 为单位产品耗电量定额或限额。

根据各经济部门的计划指标, 计算出各行业用电量, 再根据各行业的最大负荷利用小时数, 计算出各行业的最大用电负荷 $P_{\max, i}$, 即:

$$P_{\max, i} = \frac{A_i}{T_{\max, i}} \quad (2-1)$$

式中 A_i ——某行业年用电量;

$T_{\max, i}$ ——某行业的最大负荷利用小时数。

对于没有经济发展规划的区域, 应根据现在的电力负荷, 计入年负荷自然增长因素。通常, 用电负荷的年自然增长率可取 4% ~ 6%, 如有特殊情况, 应作相应调整。

有了各行业最大用电负荷以及区域内其他最大用电负荷, 将其相加, 再乘上同时率, 即得系统最大用电负荷 P_y , 其表达式为:

$$P_y = K_1 \sum_{i=1}^n P_{\max, i} \quad (2-2)$$

式中 $\sum_{i=1}^n P_{\max, i}$ ——区域内各类最大用电负荷之和;

K_1 ——同时率。

同时率 K_1 与电力用户的多少、各用户的用电特点等因素有关, 一般应根据实际统计资料确定。当无实际资料时, 可参考表 2-3 所提供的数值。

表 2-3 同时率 K_1 参考值

用户及系统情况	用 户 较 少	用 户 很 多	地区与系统之间
同时率 K_1	0.95 ~ 1.00	0.70 ~ 0.85	0.90 ~ 0.95

此外, 系统最大用电负荷 P_y 也可由系统的总用电量 $\sum_{i=1}^n A_i$, 除以系统的最大负荷利用小时数 $T_{\max}$ 而得。

系统最大负荷利用小时数 $T_{\max}$, 与系统内用户的组成情况有关, 可采用加权平均的方法求得。在规划设计中, 也可根据过去的 $T_{\max}$, 参照系统内各行业用电比例的变化情况, 作些适当调整而得出近似的 $T_{\max}$ 值。

二、系统供电负荷和发电负荷计算

系统的供电负荷, 就是用电负荷加上为输送该负荷而产生的功率损耗, 这种损耗通常称为网络损耗, 简称网损。网损包括线路损耗和升、降压变压器损耗。或者说, 供电负荷就是发电机(厂)为满足用电负荷的要求, 而必须送入升压变压器低压侧的有功功率。

在规划设计时, 网损是用网损率计算的, 而网损率是以供电负荷的百分数所表示, 一般为 5% ~ 10%。这样, 系统的供电负荷 P_s 为:

$$P_s = \frac{1}{1 - K_2} P_y \quad (2-3)$$

式中 K_2 ——网损率;

P_y ——系统的用电负荷。

系统的发电负荷是指满足系统供电负荷,以及发电机电压直配负荷的需要,发电机(厂)所必须发出的功率,它等于系统供电负荷、直配负荷、发电厂厂用电(简称厂用电)负荷之和,即系统的发电负荷 P_f 为:

$$P_f = \frac{1}{1 - K_3} (P_g + P_z) \quad (2-4)$$

式中 P_g ——系统的供电负荷;

P_z ——发电机电压直配负荷;

K_3 ——厂用电率,即厂用电负荷占发电负荷的百分数。通常,发电厂厂用电率如表2-4所示。

表 2-4

发电厂厂用电率 K_3 , (%)

电 厂 类 型	热 电 厂	凝 汽 式 电 厂	小 型 凝 汽 电 厂	大、中 型 水 电 厂	小 型 水 电 厂	核 电 厂
厂 用 电 率	10~15	8~10	5~6	0.3~0.5	1.0	4~5

三、系统备用容量

电力系统在运行时,负荷时刻在变化,电力设备随时都有故障的可能,此外,运行的设备总要定期检修,为维持系统的正常运行,在规划设计时必须考虑足够的备用容量。

(1) 负荷备用容量。通常为最大发电负荷的2%~5%,低值适用于大系统,高值适用于小系统。所谓负荷备用容量是指接于母线上能立即带负荷的旋转备用容量,以备平衡负荷瞬间波动与发电负荷曲线的差值。

负荷备用在一段时期内可由不同电厂担任。在含有水电厂的系统中,一般多由有调节能力的水电厂承担负荷备用,其原因是水电机组相对于火电机组应变能力较强,即调节简便、迅速,在调节过程中能量损耗小,况且水轮机的设计效率大多在70%~90%额定容量时最高。在纯火电机组的系统中,应选择调节性能较好、经济指标适宜的机组担当负荷备用。

(2) 事故备用容量。通常为最大发电负荷的10%左右,但不小于系统中最大一台机组的容量。所谓事故备用容量是指系统中电源发生偶然事故时,为了系统正常供电,在短时间内可调用的备用容量,其中有一部分备用容量可在系统频率下降时自动投入。

系统事故备用容量的配置,一般可按系统内水、火电工作容量的比例进行分配,调节性能好又相对靠近负荷的水电厂可担负较大的事故备用容量。担负事故备用的水电厂必须具有可连续带基荷工作10天以上的事故备用库容。

在事故备用容量中,应有相当大的一部分设置在运行机组上,作为“热备用”。火电机组的经济出力,通常在额定容量的80%~100%,这样有利于事故时系统频率的稳定,也有利于供电的可靠性及运行的经济性。

(3) 检修备用容量。通常为最大发电负荷的8%~15%,具体数值由系统情况而定。

检修备用容量应考虑系统负荷特点、水火电比例、设备质量、检修水平等因素,应能满足对运行机组进行周期性计划检修的需要,故一般按系统中最大一台机组容量来参照确定检修备用容量。

计划检修一般安排在负荷的季节性低落时期进行,以便空出较大的备用容量。

通常,火电机组检修周期为1~1.5年,检修时间为30天左右;水电机组检修周期为2~3年,检修时间为20天左右。

第二节 水电厂工作容量的确定^①

一、电力电量平衡中代表水文年的选择

在水、火电联合系统中,一般需要考虑四种具有代表性水文年的电力电量平衡,以概括系统全部运行状态。

(1) 设计枯水年。设计枯水年是水电厂在设计保证率条件下能够正常运转的水文年,此时的水电厂在系统电力电量平衡中的地位将得到保证,在无其他事故时水电厂应满足用户的供电要求。

所谓设计保证率,为水电厂正常运行时间与总运行时间之比。例如,设计保证率为90%,若以月为计算单位,即指10年中的120个月,有108个月保证正常运行,其余12个月不能保证是否正常运行,即此时出力可能小于保证出力,需动用事故备用容量或限制负荷,以求电力平衡。水电厂设计保证率的确定,应作技术经济论证。在系统规划设计而论证条件尚不具备时,可参考表2-5提供的数据。

表 2-5 水电厂设计保证率

水电厂装机容量占系统容量比例 (%)	<25	25~50	>50
设计保证率 (%)	80~90	90~95	95~98

所谓保证出力,是相应于设计保证率时段内的平均出力。通常,保证出力由水电设计单位提供。

(2) 平水年。平水年是保证率为50%时的水文年。平水年是最常见的年份,因此这时系统运行状态是最通常的。

平水年的电力电量平衡将用于确定水电厂的发电量,为系统的燃料平衡、水电厂的电气主接线、送电线路导线截面积选择等提供依据。

(3) 丰水年。丰水年是保证率不大于10%的水文年。此时水电厂将有最大发电出力

① 本节及下节部分内容的主要参考资料为西北电力设计院编“电力系统规划设计手册”和东北电力设计院编“电力系统设计手册”,也是本书主要参考资料。