

©国家骨干高等职业院校系列教材

电力系统基础 学习指导与习题集

DIAN LI XITONG JICHU
XUEXI ZHIDAO YU XITUJI

吴义纯 编

合肥工业大学出版社

◎国家骨干高等职业院校系列教材

电力系统基础

学习指导与习题集

DIAN LI XITONG JICHU
XUEXI ZHIDAO YU XITUJI

吴义纯 编

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力系统基础学习指导与习题集/吴义纯编. —合肥:合肥工业大学出版社,2011.4
ISBN 978-7-5650-0411-7

I. ①电… II. ①吴… III. ①电力系统—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM7
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 042280 号

电力系统基础学习指导与习题集

吴义纯 编

责任编辑

权怡 吴毅明

出版 合肥工业大学出版社
地址 合肥市屯溪路 193 号
邮编 230009
电话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网址 www.hfutpress.com.cn
E-mail press@hfutpress.com.cn

版次 2011 年 4 月第 1 版
印次 2011 年 4 月第 1 次印刷
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印张 12.75
字数 310 千字
印刷 安徽江淮印务有限责任公司
发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0411-7

定价:25.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

内 容 提 要

本书共九章,主要包括电力系统的基本概念、电力系统的等值电路、电力系统三相短路故障的实用计算、电力系统不对称故障的分析与计算、电力系统的潮流计算、电力系统有功功率平衡与频率调整、电力系统无功功率平衡与电压调整、电力系统的经济运行、电力系统稳定性概述等。本书系统总结了《电力系统基础》课程的重点内容,搜集和编撰了大量例题和练习题,内容由浅入深,循序渐进,有易有难,并注重加强基本训练。选题时还力求联系电力系统生产和科研的实际。

本参考书可作为高职高专学校电气工程专业的辅导教材,也可作为电力企业职工培训、函授、自考等相关专业的辅导教材,还也可供在现场从事电气专业的工程技术人员参考。

前 言

《电力系统基础》是高职高专学校电气工程及其自动化专业的一门核心专业基础课程,在该专业课程体系中具有承上启下和举足轻重的地位,课程内容与电力系统生产运行过程密切相关,理论性和工程性都很强,计算量比较大,不少高职学生学习过程中容易感到枯燥和困难,而目前针对高职类学生基础和教学特点的电力系统基础方面习题集很少,为了更好地满足教学需要,作者编写了本习题集。

全书共分为九章,主要内容包括电力系统的基本概念、电力系统的等值电路、电力系统三相短路故障的实用计算、电力系统不对称故障的分析与计算、电力系统的潮流计算、电力系统有功功率平衡与频率调整、电力系统无功功率平衡与电压调整、电力系统的经济运行、电力系统稳定性概述等。本书系统总结了《电力系统基础》课程各章节的知识要点,分析了常见计算题的解题步骤,罗列了常用计算公式,搜集和编写了大量的例题与复习题。每章内容由学习指导、例题分析、练习题三部分构成,题目难易适中,以基础题为主,题型丰富,除了计算题和简答题,还编写了大量的选择题。选题时力求以不同的内容、从不同的角度,介绍和分析《电力系统基础》课程中专业知识在实际电力系统中的应用以及在使用中应注意的问题,还力求联系电力系统生产实践,培养学生分析问题和解决问题的能力。

在本书的编写过程中得到张惠忠、吴跃华、曹小玲等老师的无私帮助,提供了大量的宝贵资料。合肥工业大学出版社的权怡、吴毅明为本书做了极为认真而仔细的编辑工作,提出了大量的宝贵意见,为保证本书质量做出了一定贡献,借此机会,一并表示衷心地感谢。

由于作者水平有限,个别题目的答案也难免有不当之处,甚至有错误,恳请广大读者提出宝贵意见,以便在今后有机会时予以改正。

编 者

2010 年 12 月



目 录

前 言

第一章 电力系统的基本概念	(1)
第一节 学习指导	(1)
第二节 例题解析	(3)
第三节 练习题	(5)
第二章 电力系统的等值电路	(9)
第一节 学习指导	(9)
第二节 例题解析	(13)
第三节 练习题	(19)
第三章 电力系统三相短路故障的实用计算	(22)
第一节 学习指导	(22)
第二节 例题解析	(28)
第三节 练习题	(37)
第四章 电力系统不对称故障的分析与计算	(40)
第一节 学习指导	(40)
第二节 例题解析	(45)
第三节 练习题	(52)
第五章 电力系统的潮流计算	(59)
第一节 学习指导	(59)
第二节 例题解析	(62)
第三节 练习题	(73)
第六章 电力系统有功功率平衡与频率调整	(78)
第一节 学习指导	(78)
第二节 例题解析	(82)
第三节 练习题	(84)



第七章 电力系统无功功率平衡与电压调整	(87)
第一节 学习指导	(87)
第二节 例题解析	(95)
第三节 练习题	(102)
第八章 电力系统的经济运行	(107)
第一节 学习指导	(107)
第二节 例题解析	(111)
第三节 练习题	(115)
第九章 电力系统稳定性概述	(118)
第一节 学习指导	(118)
第二节 例题解析	(122)
第三节 练习题	(127)
习题参考答案	(132)
第一章	(132)
第二章	(135)
第三章	(142)
第四章	(149)
第五章	(155)
第六章	(169)
第七章	(174)
第八章	(184)
第九章	(187)
参考文献	(195)



第一章 电力系统的基本概念

第一节 学习指导

本章概述电力系统的基本知识,主要介绍电力系统的构成、电力系统运行的特点和基本要求、电力网络的接线方式与额定电压、电力系统负荷、中性点运行方式及特点等。

本章重点是各元件额定电压的确定。

一、电力系统的构成

(1) 电力系统是指由发电机、变压器、电力线路以及各种用电设备等在电气上相互连接所组成的有机整体。电力网是指由各种电压等级的输、配电线路以及由它们所联系起来的各类变电所组成的网络。动力系统是指电力系统与动力部分的总和。

(2) 电能的生产。发电厂根据一次能源的不同,可分为火电厂、水电厂、核电厂、风电场、太阳能电站、地热能电站、生物质能电厂和潮汐电站等。

(3) 电能的变换与传输。电力变压器的主要作用是进行电压的变换和将不同电压等级的电网相联系。电能的传输形式有交流输电和直流输电两类。输电线路有架空输电线路和电缆输电线路。

二、电力系统运行的特点和基本要求

1. 电力系统的特点

主要有:电能不能大量储存;电力系统过渡过程非常快;与国民经济和人民生活关系密切。

2. 对电力系统运行的基本要求

(1) 保证安全可靠供电。

(2) 向用户提供满足质量要求的电能;衡量电能的质量指标主要有电压、频率、波形三项。电压偏差要求:35kV及以上为正负偏差绝对值之和不超过10%,10kV及以下三相供电为 $\pm 7\%$,220V单相供电为 $+7\%$, -10% 。频率要求:我国采用的额定频率为50Hz,正常运行时允许的偏移为 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5$ Hz。波形要求:110kV电网要求电压总谐波畸变率不超过2%,35kV电网不超过3%,10kV、6kV电网不超过4%,0.38kV电网不超过5%。

(3) 有良好的经济性;尽量降低电网损耗率、电厂的煤耗率和厂用电率。



三、电力网络的接线方式与额定电压

1. 电力网的接线形式

按供电可靠性可分为有备用接线和无备用接线;按职能可分为输电网络和配电网络。

2. 电力系统元件的额定电压

电力网络中发电机、变压器、输电线、用电设备等主要元件都应按一定要求规定有额定电压。

(1) 输电线路的额定电压

输电线路的额定电压和系统的额定电压相等,常称为网络的额定电压 U_N 。

(2) 用电设备的额定电压

输电线路的首端和末端均可接用电设备,而用电设备的端电压一般容许在额定电压的 $\pm 5\%$ 范围内波动,为了使所有用电设备能在接近它们额定电压下运行,取用电设备的额定电压与输电线路的额定电压相等,即取 U_N 。

(3) 发电机的额定电压

发电机接在线路的首端,它的额定电压应比输电线路的额定电压高 5% ,所以发电机的额定电压为 $U_{GN} = U_N(1 + 5\%)$ 。

(4) 变压器的额定电压

变压器的一次侧是接受电能的,相当于用电设备,其额定电压等于用电设备的额定电压,即 $U_{T1N} = U_N$ 。但对于直接与发电机相连的变压器,其一次侧的额定电压等于发电机的额定电压,即 $U_{T1N} = U_{GN} = U_N(1 + 5\%)$ 。

变压器的二次侧是送出电能的,相当于发电机,其额定电压较线路的额定电压高 5% ,即 $U_{T2N} = U_N(1 + 5\%)$;若考虑变压器负载运行时变压器内部有 5% 的压降,则变压器二次侧的额定电压为 $U_{T2N} = U_N(1 + 10\%)$ 。但是,当变压器漏抗较小时(一般高压侧电压小于等于 35kV 且 $U_k\% \leq 7.5$),其压降较小,二次侧额定电压可比线路额定电压高 5% ,则变压器二次侧的额定电压为 $U_{T2N} = U_N(1 + 5\%)$ 。

四、电力系统负荷

1. 负荷曲线

电力系统的负荷就是指电力系统中的各种用电设备运行时消耗的电功率之和。电力系统负荷曲线主要描述了负荷功率随时间变化的规律,有日负荷曲线、年最大负荷曲线、年持续负荷曲线等。

(1) 日负荷曲线

日负荷曲线有三个具有代表特征的数值:峰荷、谷荷和平均负荷。为了说明负荷曲线的起伏程度,常引用负荷率和最小负荷系数。

考虑负荷的同时率,全系统的最大负荷总是小于各用户最大负荷之和,全系统的最小负



荷总是大于各用户最小负荷之和。

(2) 年最大负荷曲线

主要用来安排发电设备检修计划,同时为制订发电机组或发电厂的扩建或新建计划提供依据。

(3) 年持续负荷曲线

安排发电计划和进行可靠性估算时,常用到这种曲线。

根据年负荷曲线,很方便计算出最大负荷利用小时数 $T_{\max}$ 。

2. 负荷特性

负荷特性描述负荷功率随系统运行参数(电压、频率)变化的规律,有负荷的电压特性和负荷的频率特性。

五、电力系统中性点接地方式

电力系统中性点是指星形接线的变压器或发电机的中性点。电力系统中性点运行方式主要应从绝缘水平、继电保护、供电可靠性、系统稳定、通信干扰等方面加以考虑。

我国的中性点运行方式主要分为直接接地和非直接接地方式(包括不接地、经消弧线圈、电阻接地等)。电压等级在 $6 \sim 35\text{kV}$ 及以下者,中性点不接地或经消弧线圈接地;电压等级在 220kV 及以上者,中性点直接接地。中性点不接地的系统要求的绝缘水平最高,有选择性的接地保护比较困难,但能避免产生很大的单相接地电流,供电可靠性较高,对通信干扰不严重。中性点经消弧线圈接地系统比中性点不接地系统的单相接地电流小,要求的绝缘水平低。中性点直接接地系统降低了绝缘水平,也有利于继电保护工作的可靠性,但中性点直接接地电力网在单相接地时,将产生很大的单相接地电流,供电可靠性低,对通信干扰严重。

经消弧线圈补偿电容电流的方式有三种:全补偿、欠补偿和过补偿。对于完全补偿,线路中将会产生串联谐振;对于欠补偿方式,因为在欠补偿时, $I_L < I_C$,接地点的电流没有被消除,仍然是容性的。当线路运行方式改变或因某些线路检修切除后,电网对地电容电流减小,同样会出现串联谐振情况,从而造成过电压。在过补偿方式下, $I_L > I_C$,在接地点的电流是感性的,不会出现串联谐振情况,所以在实际应用中通常采用的是过补偿方式。

第二节 例题解析

【例 1-1】 电力系统的部分接线如图 1-1 所示,各电压级的额定电压及功率输送方向已标明在图中,变压器 T3 的 $U_k\% > 7.5$ 。试求:

(1) 发电机及各变压器高、低压绕组的额定电压;



(2) 各变压器的额定变比;

(3) 当变压器 T1 和 T3 工作于 +2.5% 抽头, T2 工作于主抽头时, 各变压器的实际变比是多少?

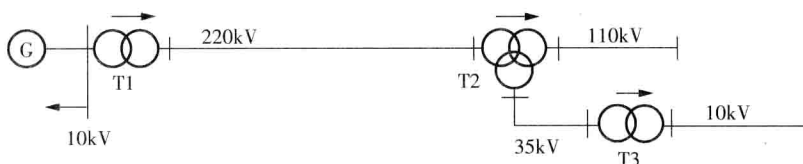


图 1-1 系统接线图

解: (1) 发电机: 比同电压级网络的额定电压高 5%, 取 $U_{GN} = 10.5\text{kV}$ 。

为了便于标记, 将变压器的各侧绕组按其电压级别从高到低依次标号 1、2 和 3。

变压器 T1 为升压变压器: 低压侧直接与发电机相联, 等于发电机额定电压, 取 $U_{2N} = 10.5\text{kV}$; 高压侧相当于电源, 比同电压级网络的额定电压高 10%, 取 $U_{1N} = 242\text{kV}$ 。

变压器 T2 为降压变压器: 高压侧相当于用电设备, 等于同电压级网络的额定电压, 取 $U_{1N} = 220\text{kV}$; 中、低压侧相当于电源, 分别比同电压级网络的额定电压高 10%, 取 $U_{2N} = 121\text{kV}$ 和 $U_{3N} = 38.5\text{kV}$ 。

同理, 变压器 T3: $U_{1N} = 35\text{kV}$ 和 $U_{2N} = 11\text{kV}$ 。

(2) 以较高的电压级作为分子。

$$\text{T1: } k_{T1N} = 242/10.5 = 23.048$$

$$\text{T2: } k_{T2N(1-2)} = 220/121 = 1.818$$

$$k_{T2N(1-3)} = 220/38.5 = 5.714$$

$$k_{T2N(2-3)} = 121/38.5 = 3.143$$

$$\text{T3: } k_{T3N} = 35/11 = 3.182$$

(3) 各变压器的实际变比为两侧运行时实际整定的抽头额定电压之比。

$$\text{T1: } k_{T1} = (1 + 0.025) \times 242/10.5 = 23.624$$

$$\text{T2: } k_{T2(1-2)} = 220/121 = 1.818$$

$$k_{T2(1-3)} = 220/38.5 = 5.714$$

$$k_{T2(2-3)} = 121/38.5 = 3.143$$

$$\text{T3: } k_{T3} = (1 + 0.025) \times 35/11 = 3.261$$

【例 1-2】 如图 1-2 所示电力系统, 线路额定电压已知, 试求发电机、变压器的额定电压。

解: (1) 发电机的额定电压为 10.5kV 。

为了便于标记, 将变压器的各侧绕组按其电压级别从高到低依次标号 1、2 和 3。

(2) 升压变压器 T1 低压侧直接与发电机相联, 取 $U_{3N} = 10.5\text{kV}$; 中、高压侧分别与 110kV 、 220kV 线路相连, 比同电压级网络的额定电压高 10%, 取 $U_{1N} = 242\text{kV}$, $U_{2N} = 121\text{kV}$ 。

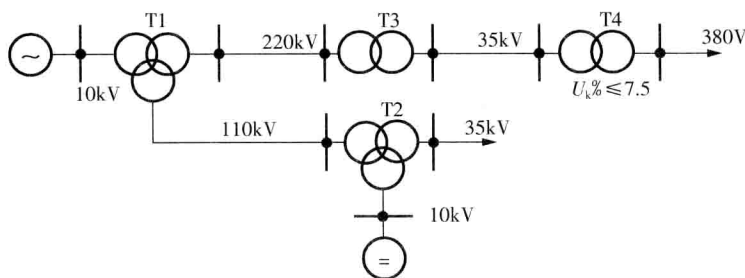
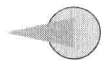


图 1-2 系统接线图

(3) 降压变压器 T2 高压侧相当于用电设备, 等于同电压级网络的额定电压, 取 $U_{1N} = 110\text{kV}$; 中压侧与 35kV 线路相连, 比同电压级网络的额定电压高 10% , 取 $U_{2N} = 38.5\text{kV}$; 低压侧直接与同步调相机相联, 取 $U_{3N} = 10.5\text{kV}$ 。

(4) 同理, 降压变压器 T3: $U_{1N} = 220\text{kV}$ 和 $U_{2N} = 38.5\text{kV}$ 。

(5) 降压变压器 T4 高压侧相当于用电设备, 等于同电压级网络的额定电压, 取 $U_{1N} = 35\text{kV}$; 低压侧相当于电源, 与 0.38kV 线路相连, 又因 T4 的 $U_k\% \leq 7.5$, 可以不计其变压器的电压损耗, 所以, 比同电压级网络的额定电压高 5% , 则 $U_{2N} = (1 + 5\%) \times 0.38 = 0.399\text{kV}$, 即取 $U_{2N} = 0.4\text{kV}$ (注意: 这里若直接取 $U_{2N} = 0.399\text{kV}$, 这不符合实际规定)。

【例 1-3】 某系统全年平均负荷曲线图 1-3 所示, 求出该系统年平均负荷及最大负荷利用小时数。

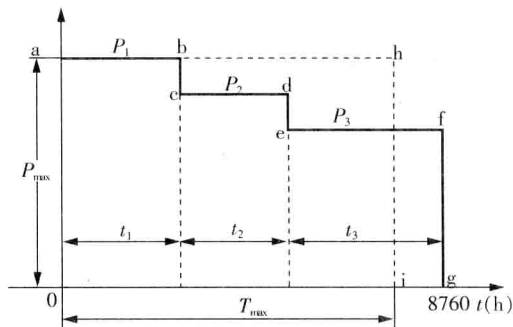


图 1-3 全年平均负荷曲线

解: 全年耗电量 $W = P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3$, 其中, $t_1 + t_2 + t_3 = 8760$

$$\text{年平均负荷 } P_{av} = \frac{W}{8760} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3}{8760}$$

$$\text{最大负荷利用小时数 } T_{max} = \frac{W}{P_{max}} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3}{P_{max}}$$

第三节 练习题

[1-1] 用电设备的额定电压一般比所接网络的额定电压()。

- A. 高 5% B. 相同 C. 低 5% D. 低 10%

[1-2] 以下四组额定电压比中, () 为降压变压器。

- A. $110/38.5/11\text{kV}$ B. $121/10.5\text{kV}$ C. $242/121/13.8\text{kV}$ D. $121/10\text{kV}$



[1-3] 电力工业生产不具有下列特点()。

- A. 同时性 B. 整体性 C. 间断性 D. 暂态过程短

[1-4] 除()之外,下列都是电力系统运行的基本要求。

- A. 保证供电的可靠性 B. 合乎要求的电能质量
C. 良好的经济性 D. 电力生产的连续

[1-5] 衡量电能质量的指标是()。

- A. 有功功率、无功功率 B. 功率因数
C. 电压、频率和波形 D. 有功电度和无功电度

[1-6] ()反映了电力系统有功功率供需平衡的基本状态。

- A. 电压 B. 频率 C. 波形 D. 相位角

[1-7] ()反映了电力系统无功功率供需平衡的具体表现。

- A. 电压 B. 频率 C. 波形 D. 有功

[1-8] 我国目前所规定的 10kV 及以下用户的供电电压允许变化范围是()。

- A. $\pm 5\%$ B. $\pm 7\%$ C. $+5\% \sim -10\%$ D. $\pm 10\%$

[1-9] 电力网按其在电力系统中的作用不同可以分为()。

- A. 输电网和配电网 B. 输电网、变电网和配电网
C. 高压电网、中压电网和低压电网 D. 中心点直接接地电网和中心点非直接接地电网

[1-10] 电力系统的中性点是指()。

- A. 变压器的中性点 B. 星形接线变压器的中性点
C. 发电机的中性点 D. 发电机的中性点和星形接线变压器的中性点

[1-11] 在我国中性点直接接地方式一般用在()及以上的系统。

- A. 35kV B. 60kV C. 110kV D. 220kV

[1-12] 在中性点装设消弧线圈,其目的是利用消弧线圈的()电流补偿接地故障时的()电流,使其自动熄弧。

- A. 感性 容性 B. 容性 感性 C. 容性 接地 D. 感性 接地

[1-13] 变压器中性点装设消弧线圈的目的是()。

- A. 提高电网电压水平 B. 限制变压器故障电流
C. 补偿电网接地的电容电流 D. 灭弧

[1-14] 中性点以消弧线圈接地的电力系统,通常采用的补偿方式是()。

- A. 全补偿; B. 欠补偿 C. 过补偿 D. 有时全补偿,有时欠补偿

[1-15] 中性点经消弧线圈接地的系统,全补偿中消弧线圈的电感电流()接地故障时的电容电流。

- A. 小于 B. 大于 C. 等于 D. 不等于

[1-16] 中性点经消弧线圈接地的系统,欠补偿中消弧线圈的电感电流()接地故



障时的电容电流。

- A. 小于 B. 大于 C. 等于 D. 大于等于

[1-17] 中性点不接地系统发生单相接地故障时,接地故障电流比负荷电流相比往往()。

- A. 大得多 B. 小得多
C. 看故障点接地电阻大小 D. 无法确定

[1-18] 在中性点不接地系统中发生单相接地故障时,流过故障线路始端的零序电流()。

- A. 超前零序电压 90° B. 滞后零序电压 90°
C. 和零序电压同相位 D. 滞后零序电压 45°

[1-19] 中性点不接地的电力系统,发生单相接地故障时,非故障相电压()。

- A. 不变 B. 升高 $\sqrt{2}$ 倍 C. 升高 $\sqrt{3}$ 倍 D. 升高 2 倍

[1-20] 什么叫电力系统、电力网及动力系统?

[1-21] 联合电力系统的优越性有哪些?

[1-22] 电力系统运行的主要特点是什么?

[1-23] 对电力系统运行的基本要求是什么?

[1-24] 为什么要规定电气设备的额定电压? 我国电网的主要电压等级有哪些?

[1-25] 电能质量的三个主要指标是什么? 各有怎样的要求?

[1-26] 什么是电力系统的负荷曲线? 什么是最大负荷利用小时数?

[1-27] 什么是电力系统的负荷特性?

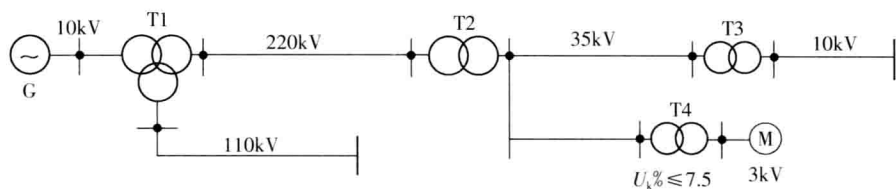
[1-28] 什么是电力系统的中性点? 中性点主要有哪些? 它们各有什么特点?

[1-29] 中性点不接地的电力系统发生单相接地故障时,单相接地电流的性质如何?

各相对地电压有什么变化? 试绘制电压相量图。

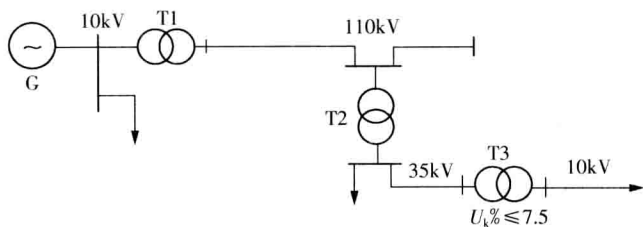
[1-30] 中性点经消弧线圈接地系统的补偿方式有几种? 电力系统一般采用哪种补偿方式? 为什么?

[1-31] 如题图 1-1 所示电力系统,线路额定电压已知,试求发电机、变压器的额定电压。



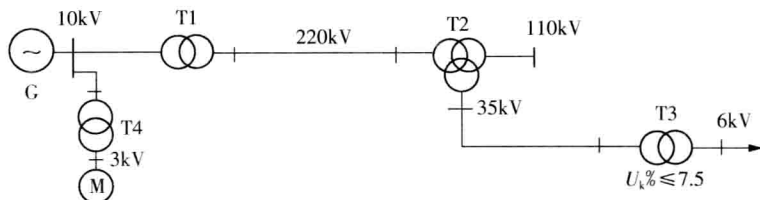
题图 1-1 系统接线图

[1-32] 电力系统接线如题图 1-2 所示,电网各级电压示于图中。试求:(1) 发电机 G 和变压器 T1、T2、T3 的额定电压;(2) 设变压器 T1 工作于 $+2.5\%$ 抽头,T2 工作于主抽头,T3 工作于 -5% 抽头,求各变压器的实际变比。



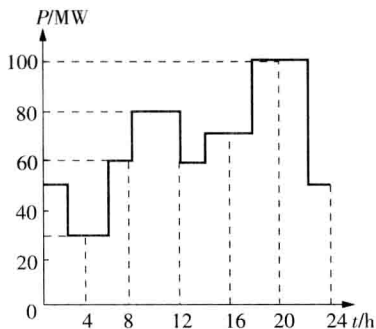
题图 1-2 系统接线图

[1-33] 试确定题图 1-3 所示电力系统中各元件的额定电压。



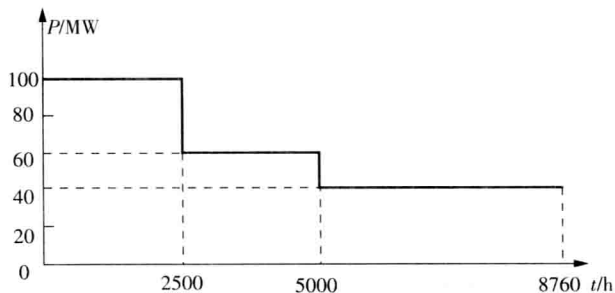
题图 1-3 系统接线图

[1-34] 某系统典型日负荷曲线如题图 1-4 所示,试计算日平均负荷、负荷率、最小负荷系数以及峰谷差。



题图 1-4 典型日负荷曲线

[1-35] 某工厂用电的年持续负荷曲线如题图 1-5 所示,求出工厂年平均负荷、全年耗电量及最大负荷利用小时数。



题图 1-5 工厂用电的年持续负荷曲线



第二章 电力系统的等值电路

第一节 学习指导

本章内容是电力系统分析与研究的基础,主要讲述电力系统中主要元件的参数计算与等值电路,以及标幺值的应用和电力系统等值电路中参数的计算。同时,还需说明,三相交流电力系统对称运行时,可以用一相等值电路来进行分析计算,本章讲的是一相等值电路的参数。

本章的重点是线路和变压器参数计算和等值电路、标幺制、电网等值电路图。

一、输电线路参数计算与等值电路

输电线路的参数包括电阻、电抗、电导和电纳,其中,电阻反映线路通过电流时产生有功功率损失效应,电感反映载流导体产生磁场效应,电导反映线路带电时绝缘介质中产生泄露电流及导线附近空气游离而产生有功功率损失,电容反映带电导体周围电场效应。

1. 单位长度的电阻

$$r = \frac{\rho}{S} (\Omega/\text{km}) \quad (2-1)$$

式中, ρ 为导线电阻率, $(\Omega \cdot \text{mm}^2)/\text{km}$; S 为导线载流部分截面积, mm^2 。

2. 单位长度的电抗

$$x = 0.1445 \lg \frac{D_m}{r} + 0.0157 (\Omega/\text{km}) \quad (2-2)$$

对于分裂导线

$$x = 0.1445 \lg \frac{D_m}{r_{\text{eq}}} + \frac{0.0157}{n} (\Omega/\text{km}) \quad (2-3)$$

式中, D_m 为三相导线重心几何均距,当三相导线间的距离分别为 D_{AB} 、 D_{BC} 、 D_{CA} 时, D_m 计算式为 D_m

$= \sqrt[3]{D_{AB} D_{BC} D_{CA}}$; n 为分裂根数; r 为导线半径; r_{eq} 为等效半径, $r_{\text{eq}} = \sqrt[n]{r \prod_{i=2}^n d_{1i}}$, d_{1i} 为每相分裂导线中第 1 根与第 i 根次导线之间的距离。

对上式分析可知:(1) 导线半径 r 越大,则 x 越小,所以采用分裂导线、扩径导线能够减小线路电抗。(2) 几何均距 D_m 越大,则 x 越大,所以一般高压线路的电抗大,低压线路的电抗



小;架空线路的电抗大,电缆线路的电抗小。(3) 由于 D_m 、 r 是在对数的关系式中,其变化对电抗大小的影响不大。所以工程上近似计算时,对高压架空线路(35kV 及以上)通常可取 $x = 0.4\Omega/\text{km}$;同时,还可以用于检测计算题计算结果是否在合理的范围内。

3. 单位长度的电纳

$$b = \frac{7.58}{\lg(D_m/r)} \times 10^{-6} (\text{S/km}) \quad (2-4)$$

对于分裂导线

$$b = \frac{7.58}{\lg(D_m/r_{eq})} \times 10^{-6} (\text{S/km}) \quad (2-5)$$

采用分裂导线相当于扩大了导线的等效半径,因而能增大电容。

在电压等级较低(35kV 及以下)或短线路时,对电纳也可忽略。

4. 单位长度的电导

$$g = \frac{\Delta P_g}{U_L^2} (\text{S/km}) \quad (2-6)$$

式中, ΔP_g 为三相线路单位长度电晕损耗; U_L 为线路运行电压。

线路电导主要是由电晕损耗和泄漏损耗引起。一般绝缘良好,泄漏电流很小,可以忽略。在设计、施工和运行等工作中都采取措施,如采用分裂导线减小了电场强度,提高电晕临界电压,尽量避免线路发生电晕,一般可忽略电晕损耗不计,认为 $g = 0$ 。

输电线路的 π 型等值电路如图 2-1 所示。

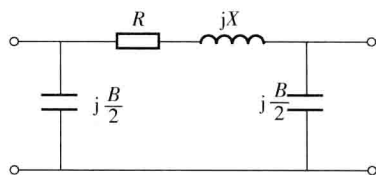


图 2-1 输电线路的等值电路

二、变压器参数计算与等值电路

变压器的电阻、电抗、电导和电纳四个基本参数,分别可由变压器铭牌的短路损耗、短路电压百分数、空载损耗和空载电流百分数四个特性试验数据相应计算得到。变压器参数计算公式中的 U_N 用哪一侧的额定电压,参数便是归算到哪一侧电压级的数值。变压器的等值电路用 Γ 形等值电路表示时,励磁导纳支路通常接在电源侧。

1. 双绕组变压器

双绕组变压器的 Γ 形等值电路如图 2-2 所示,需要说明等值电路中电纳“ $-j$ ”表示感性。

$$R_T = \frac{\Delta P_k U_N^2}{S_N^2} \times 10^3 (\Omega) \quad (2-7)$$

$$X_T = \frac{U_k \%}{100} \frac{U_N^2}{S_N} \times 10^3 (\Omega) \quad (2-8)$$

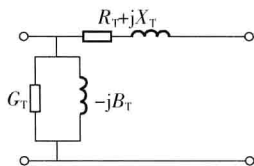


图 2-2 双绕组变压器等值电路