

电力

全国高等教育自学考试

电力系统基础 同步练习册

全国高等教育自学考试指导委员会 组编
徐政 编

(2002年版)
浙江大学出版社

全国高等教育自学考试

电力系统基础 同步练习册

(2002 年版)

全国高等教育自学考试指导委员会组编

徐 政 编

浙 江 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

电力系统基础同步练习册:2001 年版/徐政编.
杭州:浙江大学出版社,2001.12
ISBN 7-308-02849-6

I. 电... II. 徐... III. 电力系统—高等教育—自学考试—习题 IV. TM7-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 082993 号

出版发行 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(E-mail:zupress@mail.hz.zj.cn)
(网址:http://www.zjupress.com)

责任编辑 王 轶 错
排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 浙江大学印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 7.75
字 数 194 千字
版 印 次 2001 年 12 月第 1 版 2001 年 12 月第 1 次印刷
印 数 0001—3070
书 号 ISBN 7-308-02849-6/TM·011
定 价 12.50 元

组 编 前 言

依靠自己的力量,在有限的的时间里学习一门新学科,从不懂到懂,从不会到会,从不理解到理解,从容易遗忘到记忆深刻,从不会应用到熟练应用,从模仿到创新,把书本知识内化为自己的知识,是一个艰难的过程。在这个过程中,自学者不仅需要认真钻研考试大纲,刻苦学习教材和辅导书,还应该做适量的练习,把学和练有机地结合起来,否则,就不能达到预定的学习目标。“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行。”这是每一位自学者都应遵循的信条。

编写练习,同样是件不容易的事。它对编写者提出了相当高的要求:

有较深的学术造诣;

有较丰富的教学经验;

对高等教育自学考试有深刻的理解并有一定的辅导自学者的经历;

对考试大纲、教材、辅导书有深入的了解,对文中的重点、难点、相互联系等有准确的理解;

对自学者学习需要和已有的知识基础有一定的了解。

只有把这些因素融会在一起,作者才能编写出高质量的,有利于举一反三、事半功倍的练习。

基于以上考虑,我们组织编写出版了同步练习册,使之与考试大纲、教材、自学辅导书相互补充,形成一个完整的学习媒体系统。

之所以把这些练习称为同步练习,是因为:

第一,它与考试大纲、教材的内容及顺序是一致的。按照考试大纲、教材的章、节、知识点的顺序编选习题,方便自学者循序渐进地学习与练习。

第二,它与自学者学习过程是一致的。自学过程大体包括初步接触、大体了解、理解、记忆、应用、创新、复习等阶段。在每一个阶段,自学者都容易找到相应的练习。

如此学与练同步的方式,有利于激发自学的兴趣与动机,有利于集中注意力于当前所学的内容,有利于理解、巩固、记忆、应用,尤其有利于自学者及时知道自己的学习状态与结果,以便随时调整学习计划,在难度较大处多投入精力。

基于对学习目标的考虑,我们把同步练习大致分为四类:

第一,单项练习:针对一个知识点而设计的练习。其目的在于帮助

自学者理解和记忆基本概念和理论。

第二,综合练习:针对几个知识点而设的练习。这又可分为在本章综合、跨章综合、跨学科综合三级水平。其目的在于帮助自学者把相关知识联系起来,形成特定的知识结构以便灵活地应用。

第三,创造性练习:提供一些案例、事实、材料,使考生应用所学到的理论、观点、方法创造性地解决问题。这类问题可能没有统一的答案,只有一些参考性的思路。其目的很明显,就是培养自学者的创新意识和能力。

第四,综合自测练习:在整个学科范围内设计练习,尽量参照考试大纲的题型,组成类似考卷的练习。其目的在于使自学者及时检测全部学习状况,帮助自学者作好迎接统一考试的知识及心理准备。

希望应考者在使用同步练习之前了解我们的构想,理解我们的意图,以便主动地选择适合自己学习的练习题目。

孔子说:“学而时习之,不亦乐乎。”一边学,一边练,有节奏、有规律地复习,不仅提高了学习效率,也会给艰难的学习过程带来不少的快乐。圣人能够体会到这一点,我们每一位自学者同样能体会到。如果通过这样的学习过程,实现了学习目标,实现了人生的理想,实现了对自我的不断超越,那么,我们说这种学习其乐无穷也毫不夸张。

全国高等教育自学考试指导委员会

2000年10月

目 录

第 1 章	电力系统概述	(1)
第 2 章	电力系统的等值电路	(4)
第 3 章	电力系统潮流分布的计算	(18)
第 4 章	电力系统的频率调整和电压调整	(44)
第 5 章	电力系统三相短路故障的分析计算	(56)
第 6 章	电力系统简单不对称故障的分析计算	(76)
第 7 章	简单电力系统运行稳定性概述	(101)

第1章 电力系统概述

习题 1-1 动力系统、电力系统和电力网络的基本组成形式如何?

答:由生产、变换、传送、分配和消耗电能的电气设备(发电机、变压器、电力线路以及各种用电设备等)联系在一起组成的统一整体就是电力系统。动力系统是电力系统和发电厂动力部分的总和。电网是电力系统中除去发电机和用电设备外的部分。

习题 1-2 根据发电厂使用一次能源的不同,发电厂主要有哪几种形式?

答:发电厂主要有火力发电厂、水力发电厂、核动力发电厂和其他能源(太阳能、风力、潮汐等)发电厂。

习题 1-3 电力变压器的主要作用是什么? 主要类别有哪些?

答:电力变压器的主要作用是升高或降低电压,还能起到将不同电压等级的电网相联系的作用。按相数可分为单相式和三相式两类;按每相绕组数可分为双绕组和三绕组变压器;按耦合方式可分为普通变压器和自耦变压器;按分接开关是否可以带负荷操作可分为有载调压式和无载调压式变压器。

习题 1-4 架空线路与电缆线路各有什么特点?

答:架空线路是将裸导线架设在杆塔上,由导线、避雷线、杆塔、绝缘子和金具等主要元件组成。它的导线和避雷线受各种因素影响,运行条件恶劣,因而其材料都具有相当高的机械强度和抗化学腐蚀能力,还具有良好的导电性能。当线路电压超过 220kV 时,还采用扩径导线或分裂导线。电缆线路一般是将电缆敷设在地下,由导线、绝缘层和保护包皮组成。电缆线路价格较架空线路高,维修费时,但不需要在地面上架设杆塔,占地面积较少,供电可靠,不易受外力破坏,对人身较安全,不影响环境美观。

习题 1-5 直流输电与交流输电比较有什么特点?

答:直流输电主要优点有:(1)造价低;(2)运行费用低;(3)不需要串、并联补偿;(4)不存在稳定性问题;(5)采用直联联络线可限制互联系统的短路容量。其主要缺点有:(1)换流站造价高;(2)换流装置在运行中需要消耗无功功率,并产生谐波;(3)直流高压断路器制造比较困难。

习题 1-6 电力系统的结构有何特点? 比较有备用和无备用接线形式的主要区别。

答:电力系统接线复杂,分层结构是电力网的一大特点。无备用接线方式接线简单、经济、运行方便,但是供电可靠性差。有备用接线方式供电可靠性高,但投资大,操作较复杂。

习题 1-7 为什么要规定电力系统的电压等级? 主要的电压等级有哪些?

答:综合考虑导线载流部分截面大小和绝缘等要求,对应一定的输送功率和输送距离应有一最合理的线路电压。但从设备制造商的角度考虑,为保证产品的系列性,规定了电力系统的电压等级,主要有:3kV、6kV、10kV、35kV、110kV、220kV、330kV、500kV。

习题 1-8 电力系统各个元件(设备)的额定电压是如何确定的?

答:线路的额定电压是线路始端和末端的平均电压。各用电设备的额定电压取与线路额

定电压相等。发电机的额定电压为线路额定电压的 105%。变压器一次侧的额定电压按用电设备来考虑(直接与发电机相连的变压器一次侧的额定电压应等于发电机的额定电压);二次侧的额定电压高于线路额定电压。其中,升压变压器二次侧的额定电压比线路额定电压高 10%,降压变压器的二次侧较线路额定电压高 10% 或 5%。

习题 1-9 试确定图 1-1 所示的电力系统中发电机和各变压器的额定电压(图中示出的是电力系统的额定电压)。

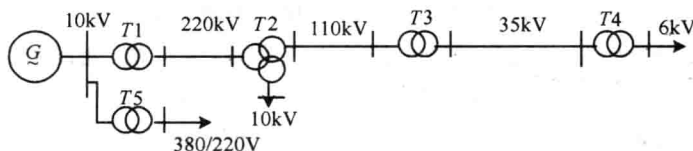


图 1-1

答: $T1: 10.5/242\text{kV}$

$T2: 220/121/10.5\text{kV}$

$T3: 110/38.5\text{kV}$

$T4: 35/6.3\text{kV}$

$T5: 10500/380\text{V}$

习题 1-10 什么是电力系统的负荷曲线? 最大负荷利用小时数指的是什么?

答: 负荷曲线是电力系统的负荷功率(有功或无功)随时间变化的关系曲线。若负荷功率始终保持最大值, 经过 $T_{\max}$ 小时后, 负荷所消耗的电能恰好等于全年负荷实际消耗的能量, 则称 $T_{\max}$ 为最大负荷利用小时数。

习题 1-11 何谓电力系统的负荷特性?

答: 电力系统的负荷特性是指反映电力系统负荷功率随系统运行参数(主要是电压和频率)变化而变化的曲线或数学表达式。

习题 1-12 我国电力系统的中性点运行方式主要有哪些? 各有什么特点?

答: 我国电力系统的运行方式主要有中性点不接地系统、中性点经消弧线圈接地系统和中性点直接接地系统。中性点不接地系统要求的绝缘水平最高, 虽对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。

习题 1-13 各种中性点运行方式的适用情况如何?

答: 220kV 及以上的电力网都采用中性点直接接地方式。在我国, 有的 154kV 电力网是经消弧线圈接地的, 而 110kV 电力网则大部分采用直接接地方式; 20~60kV 电力网通常采用经消弧线圈接地或不接地方式, 3~10kV 电力网一般采用中性点不接地方式, 1kV 以下电力网中性点可接地, 也可不接地, 380/220V 电力网中性点直接接地。

习题 1-14 电能质量的三个主要指标是什么? 各有怎样的要求?

答: 电能质量的三个主要指标是电压、频率和波形。我国目前规定: 35kV 及以上电压允许变化范围为 $\pm 5\%$, 10kV 及以下为 $\pm 7\%$, 低压照明及农业用户允许变化范围为 $+5\% \sim$

—10%。频率要求为：正常运行时，中小系统允许的频率偏差为 $\pm 0.5\text{Hz}$ ，大系统允许 $\pm 0.2\text{Hz}$ 偏差；事故运行时，30min 以内允许 $\pm 1\text{Hz}$ 的偏差，15min 以内允许 $\pm 1.5\text{Hz}$ 偏差，绝不允许低于 -4Hz 。波形要求为：110kV 电网，要求电压总谐波畸变率不超过 2.0%，66kV、35kV 电网不超过 3.0%，10kV、6kV 电网不超过 4.0%，0.38kV 电网不超过 5.0%。

习题 1-15 电力系统的主要特点是什么？

答：电力系统的主要特点是：(1)与国民经济各部门和人民生活关系密切；(2)电能不能储存；(3)暂态过程非常短暂。

第2章 电力系统的等值电路

电力系统

习题 2-1 架空输电线路的电阻、电抗、电纳和电导是怎样计算的？影响电抗参数的主要因素是什么？

答：线路参数计算公式为：每相导线单位长度的电阻 $r_1 = \frac{\rho}{S} (\Omega/\text{km})$ ；电抗 $x_1 = 0.1445 \lg \frac{D_m}{r_{eq}} + \frac{0.0157}{n} (\Omega/\text{km})$ ；电纳 $b_1 = \frac{7.58}{\lg \frac{D_m}{r}} \times 10^{-6} (\text{S}/\text{km})$ ；电导由沿绝缘子的泄漏

和电晕现象决定， $g_1 = \frac{\Delta P_g}{U_L^2} (\text{S}/\text{km})$ ，通常很小，可忽略不计。影响电抗参数的主要因素是 D_m （三相导线的几何均距）， r_{eq} （等效半径， $r_{eq} = \sqrt[n]{rd^{n-1}}$ ，其中 r 为每条导线的实际半径， d 为一相中分裂导线的几何均距）， n （分裂数）。

习题 2-2 架空线路采用分裂导线有什么好处？

答：采用分裂导线可以减小电晕放电和单位长度电抗（可参见电抗计算式）。

习题 2-3 电力线路一般以什么样的等值电路来表示？

答：电力线路一般以 π 型等值电路来表示。

习题 2-4 什么叫变压器的短路试验和空载试验？如何用这两个试验得到的数据计算变压器等值电路中的参数？

答：短路试验是将高压侧绕组接到电源，低压绕组直接短接。试验时调节外加电压，使电流达到额定值，即可读取数据， $R_T = \frac{\Delta P_k U_N^2}{1000 S_N^2} (\Omega)$ ， $X_T = \frac{U_k \% U_N^2}{100 S_N} (\Omega)$ 。空载试验是将高压侧开路，低压侧加上额定电压，测取三相有功空载损耗和空载电流， $G_T = \frac{\Delta P_0}{1000 U_N^2} (\text{S})$ ， $B_T = \frac{I_0 \% S_N}{100 U_N^2} (\text{S})$ 。（上述计算式中 ΔP_k 、 ΔP_0 单位为 kW， S_N 的单位为 MVA， U_N 单位为 kV。）

习题 2-5 变压器电抗参数的计算公式 $X_T = \frac{U_k \% U_N^2}{100 S_N} (\Omega)$ 中的 U_N 是变压器一次侧的额定电压还是二次侧的额定电压？结果有什么不同？

答： U_N 可以是一次侧的额定电压，也可以是二次侧的额定电压，用哪一级的额定电压，其参数便是归算到哪一级的数值。

习题 2-6 发电机电抗百分值 $X_G \%$ 的含义是什么？

答： $X_G \%$ 是以发电机额定容量为基准的电抗百分数，定义为 $X_G \% = \frac{\sqrt{3} I_N X_G}{U_N} \times 100 \%$ ，有名值为 $X_G = \frac{X_G \%}{100} \times \frac{U_N}{\sqrt{3} I_N} = \frac{X_G \%}{100} \times \frac{U_N^2}{S_N}$ 。

习题 2-7 电力系统负荷有几种表示方式？它们之间有什么关系？

答：电力系统负荷有三种表示方式：恒定复功率表示、阻抗表示和导纳表示。它们之间的

关系为: $\tilde{S}_L = P_L + jQ_L$, $Z_L = \frac{U_L^2}{S_L^2} P_L + j \frac{U_L^2}{S_L^2} Q_L$, $Y_L = \frac{1}{Z_L}$ 。

习题 2-8 对应于一个电压等级的电力系统等值电路与对应于多个电压等级的电力系统等值电路各有什么特征? 主要区别是什么?

答: 对应于一个电压等级的电力系统等值电路是确定基本电压级, 而后将其他电压等级的元件参数全部归算到这个电压等级。用对应于多个电压等级的等值电路表示时, 各元件参数就不必进行归算。前者主要用于简单电力系统的手工计算, 而后者用于复杂电力系统的计算机分析计算。对应于多个电压等级的电力系统等值电路, 引入变压器的 π 型等值电路。当改变变压器抽头时, 除了此变压器等值电路的三个参数需要修改以外, 其他参数的归算值都保持不变。

习题 2-9 电力系统采用标么值进行计算有什么好处? 基准值如何选取?

答: 有以下好处: (1) 三相电路的计算公式与单相电路的计算公式完全相同, 线电压的标么值与相电压的标么值相等; 三相功率的标么值和单相功率的标么值相等; (2) 只需确定各电压级的基准值, 然后直接在各自的基准值下计算标么值, 不需要进行参数和计算结果的归算; (3) 用标么值后, 电力系统的元件参数比较接近, 易于进行计算和对结果进行分析比较。基准值 S_N 和 U_N 原则上是可以任意确定的。功率的基准值一般可选定电力系统中某一发电厂总容量或系统总容量, 且较多选定为 100MVA 和 1000MVA 以便于计算。线电压的基准值 U_N 一般是取被选作为基本级的额定电压或该电压级的平均额定电压。其他的可由 S_N 和 U_N 确定, $Z_n = \frac{U_n^2}{S_n}$, $Y_n = \frac{1}{Z_n}$, $I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n}$ 。

习题 2-10 在电力系统等值电路的参数计算中, 何为精确计算? 何为近似计算? 它们分别用在怎样的场合?

答: 在电力系统等值电路的参数计算或参数的归算时, 若采用电力网或元件的额定电压进行计算, 称为精确计算; 若采用各电压等级的平均额定电压进行计算, 称为近似计算。在进行电力系统稳态的分析计算时, 常采用精确计算; 而在电力系统故障分析计算时, 常采用近似计算。

习题 2-11 某三相单回输电线路, 采用 LGJJ-300 型导线, 已知导线的相间距离为 $D=6\text{m}$; 查手册, 该型号导线的计算外径为 25.68mm。试求:

(1) 三相导线水平布置且完全换位时, 每公里线路的电抗值和电纳值。

(2) 三相导线按等边三角形布置时, 每公里线路的电抗值和电纳值。

解:

(1) 导线水平布置

$$D_m = \sqrt[3]{2 \times 6^3} = 7.56(\text{m}) = 7560(\text{mm}), \quad r = \frac{25.68}{2} = 12.84(\text{mm})$$

代入公式

$$x_1 = 0.1445 \lg \frac{D_m}{r} + 0.0157 = 0.1445 \lg \frac{7560}{12.84} + 0.0157 = 0.416(\Omega/\text{km})$$

$$b_1 = \frac{7.58}{\lg \frac{D_m}{r}} \times 10^{-6} = \frac{7.58}{\lg \frac{7560}{12.84}} \times 10^{-6} = 2.73 \times 10^{-6}(\text{S}/\text{km})$$

(2) 导线按等边三角形布置

$$D_m = \sqrt[3]{6^3} = 6(\text{m}) = 6000(\text{mm}), \quad r = \frac{25.68}{2} = 12.84(\text{mm})$$

代入公式

$$x_1 = 0.1445 \lg \frac{D_m}{r} + 0.0157 = 0.1445 \lg \frac{6000}{12.84} + 0.0157 = 0.401(\Omega/\text{km})$$

$$b_1 = \frac{7.58}{\lg \frac{D_m}{r}} \times 10^{-6} = \frac{7.58}{\lg \frac{6000}{12.84}} \times 10^{-6} = 2.84 \times 10^{-6}(\text{S}/\text{km})$$

习题 2-12 一回 500kV 架空输电线路, 每相三分裂, 由根距 40cm 的 LGJJ-400 导线组成。三相导线水平排列, 线间距离 12m。计算此线路每公里的线路参数。若线路长 500km, 求其等值电路。

解:

线路单位长度电阻为

$$r_1 = \frac{\rho}{S} = \frac{31.5}{3 \times 400} = 0.026(\Omega/\text{km})$$

由手册查得 LGJJ-400 导线计算直径为 27.2mm, 分裂导线三相几何均距为

$$D_m = \sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}} = \sqrt[3]{2 \times 12000^3} = 15119(\text{mm})$$

每相导线的等值半径为

$$r_e = \sqrt[n]{r \times d^{n-1}} = \sqrt[3]{\frac{27.2}{2} \times 400^2} = 129.58(\text{mm})$$

线路单位长度电抗为

$$x_1 = 0.1445 \lg \frac{D_m}{r_e} + \frac{0.0157}{n} = 0.1445 \lg \frac{15119}{129.58} + \frac{0.0157}{3} = 0.304(\Omega/\text{km})$$

$$b_1 = \frac{7.58}{\lg \frac{D_m}{r_e}} \times 10^{-6} = \frac{7.58}{\lg \frac{15119}{129.58}} \times 10^{-6} = 3.67 \times 10^{-6}(\text{S}/\text{km})$$

不计电导, 全线路集中参数为

$$R = r_1 l = 0.026 \times 500 = 13(\Omega)$$

$$X = x_1 l = 0.304 \times 500 = 152(\Omega)$$

$$B = b_1 l = 3.67 \times 10^{-6} \times 500 = 18.4 \times 10^{-4}(\text{S})$$

该线路的等值电路的修正系数应取为

$$K_r = 1 - \frac{l^2}{3} x_1 b_1 = 0.908$$

$$K_x = 1 - \frac{l^2}{6} \left(x_1 b_1 - \frac{r_1^2 b_1}{x_1} \right) = 0.957$$

$$K_b = 1 + \frac{l^2}{12} x_1 b_1 = 1.0229$$

$$\text{则 } K_r R + j K_x X = 0.908 \times 13 + j 0.957 \times 152 = 11.80 + j 145.46(\Omega)$$

$$j \frac{1}{2} K_b B = j 9.39 \times 10^{-4}(\text{S})$$

等值电路如图 2-1 所示。

习题 2-13 三相双绕组升压变压器的型号为 SFPSL-40500/220, 额定容量为 40500kVA, 额定电压为 121/10.5kV, $\Delta P_k = 234.4\text{kW}$, $U_k\% = 11$, $\Delta P_0 = 93.6\text{kW}$, $I_0\% =$

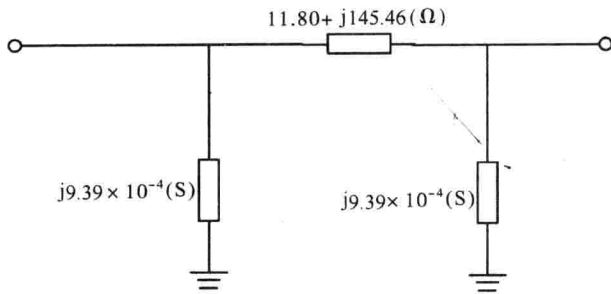


图 2-1

2.315, 求该变压器的参数, 并作其等值电路。

解:

归算到高压边 (S_N 的单位用 MVA)

1. 电阻 R_T $R_T = \frac{\Delta P_k U_N^2}{1000 S_N^2} = \frac{234.4 \times 121^2}{1000 \times 40.5^2} = 2.09 (\Omega)$
2. 电抗 X_T $X_T = \frac{U_k \% U_N^2}{100 S_N} = \frac{11 \times 121^2}{100 \times 40.5} = 39.67 (\Omega)$
3. 电导 G_T $G_T = \frac{\Delta P_0}{1000 U_N^2} = \frac{93.6}{1000 \times 121^2} = 6.40 \times 10^{-6} (S)$
4. 电纳 B_T $B_T = \frac{I_0 \% S_N}{100 U_N^2} = \frac{2.315 \times 40.5}{100 \times 121^2} = 6.40 \times 10^{-5} (S)$

作等值电路如图 2-2 所示。

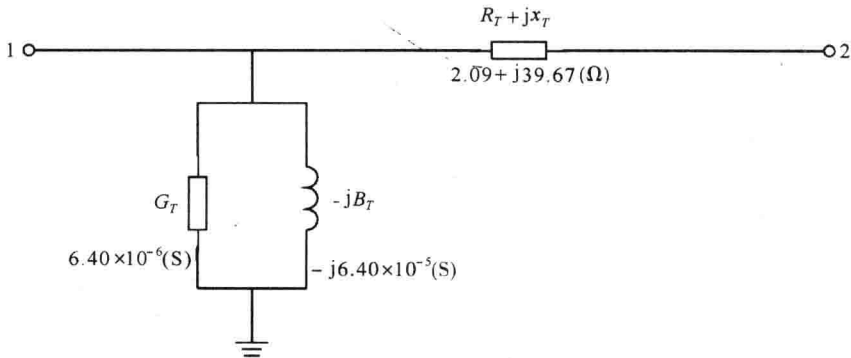


图 2-2

习题 2-14 三相三绕组降压变压器的型号为 SFPSL-1200.00/220, 额定容量为 120000/120000/60000kVA, 额定电压为 220/121/11kV, $\Delta P_{k(1-2)} = 601\text{kW}$, $\Delta P'_{k(1-3)} = 182.5\text{kW}$, $\Delta P'_{k(2-3)} = 132.5\text{kW}$, $U_{k(1-2)} \% = 14.85$, $U_{k(1-3)} \% = 28.25$, $U_{k(2-3)} \% = 7.96$, $\Delta P_0 = 135\text{kW}$, $I_0 \% = 0.663$, 求该变压器的参数, 并作出其等值电路。

解:

将变压器归算到 220kV 侧。导纳参数为

$$G_T = \frac{\Delta P_0}{1000 U_N^2} = \frac{135}{1000 \times 220^2} = 2.79 \times 10^{-6} (S)$$

$$B_T = \frac{I_0 \% S_N}{100 U_N^2} = \frac{0.663 \times 120}{100 \times 220^2} = 16.4 \times 10^{-6} (S)$$

$$Y_T = G_T - jB_T = (2.79 - j16.4) \times 10^{-6} (\text{S})$$

短路损耗为

$$\begin{aligned} \Delta P_{k1} &= \frac{1}{2} \left[\Delta P_{k(1-2)} + \Delta P'_{k(1-3)} \left(\frac{S_{1N}}{S_{3N}} \right)^2 - \Delta P'_{k(2-3)} \left(\frac{S_{1N}}{S_{3N}} \right)^2 \right] \\ &= 0.5 \times \left[601 + 182.5 \times \left(\frac{120}{60} \right)^2 - 132.5 \times \left(\frac{120}{60} \right)^2 \right] = 400.5 (\text{kW}) \end{aligned}$$

同理可得

$$\Delta P_{k2} = 200.5 (\text{kW})$$

$$\Delta P_{k3} = 329.5 (\text{kW})$$

所以电阻参数为

$$R_{T1} = \frac{\Delta P_{k1} U_N^2}{1000 S_N^2} = \frac{400.5 \times 220^2}{1000 \times 120^2} = 1.346 (\Omega)$$

同理 $R_{T2} = 0.674 (\Omega)$, $R_{T3} = 1.107 (\Omega)$

短路电压为

$$U_{k1} \% = \frac{1}{2} (U_{k(1-2)} \% + U_{k(1-3)} \% - U_{k(2-3)} \%) = 17.57$$

同理可得

$$U_{k2} \% = -2.72$$

$$U_{k3} \% = 10.68$$

所以电抗参数为

$$X_{T1} = \frac{U_{k1} \% U_N^2}{100 S_N} = \frac{17.57 \times 220^2}{100 \times 120} = 70.86 (\Omega)$$

同理 $X_{T2} = -10.97 (\Omega)$, $X_{T3} = 43.08 (\Omega)$

$$Z_{T1} = R_{T1} + jX_{T1} = 1.346 + j70.86 (\Omega)$$

$$Z_{T2} = R_{T2} + jX_{T2} = 0.674 - j10.97 (\Omega)$$

$$Z_{T3} = R_{T3} + jX_{T3} = 1.107 + j43.08 (\Omega)$$

作等值电路如图 2-3 所示。

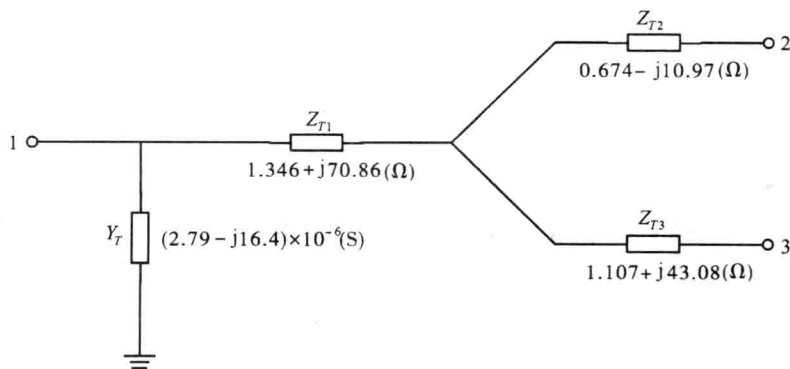


图 2-3

习题 2-15 变电所使用的 OSFPSL2-900.00/220 型三相三绕组变压器, 额定电压为 220/121/38.5kV, 容量比为 100/100/50, 实测的空载及短路试验数据如下: $\Delta P_{k(1-2)} = 330 \text{kW}$, $\Delta P'_{k(1-3)} = 265 \text{kW}$, $\Delta P'_{k(2-3)} = 277 \text{kW}$, $U_{k(1-2)} \% = 9.09$, $U'_{k(1-3)} \% = 16.45$, $U'_{k(2-3)} \%$

$=10.75, \Delta P_0=59\text{kW}, I_0\%=0.332$, 求该变压器的参数, 并作出其等值电路。

解:

将变压器参数归算到一次侧(即 220kV), 导纳参数为

$$G_T = \frac{\Delta P_0}{1000U_N^2} = \frac{59}{1000 \times 220^2} = 1.22 \times 10^{-6} (\text{S})$$

$$B_T = \frac{I_0\% S_N}{100U_N^2} = \frac{0.332 \times 90}{100 \times 220^2} = 6.20 \times 10^{-6} (\text{S})$$

$$Y_T = G_T - jB_T = (1.22 - j6.20) \times 10^{-6} (\text{S})$$

短路损耗为

$$\Delta P_{k1} = \frac{1}{2} \left[\Delta P_{k(1-2)} + \Delta P'_{k(1-3)} \left(\frac{S_{1N}}{S_{3N}} \right)^2 - \Delta P'_{k(2-3)} \left(\frac{S_{1N}}{S_{3N}} \right)^2 \right] = 141 (\text{kW})$$

同理可得

$$\Delta P_{k2} = 189 (\text{kW})$$

$$\Delta P_{k3} = 919 (\text{kW})$$

故电阻

$$R_{T1} = \frac{\Delta P_{k1} U_N^2}{1000 S_N^2} = 0.843 (\Omega)$$

同理 $R_{T2} = 1.130 (\Omega)$, $R_{T3} = 5.495 (\Omega)$

因为短路电压未归算

$$\text{所以 } U_{k1}\% = \frac{1}{2} (U_{k(1-2)}\% + 2 \times U'_{k(1-3)}\% - 2 \times U'_{k(2-3)}\%) = 10.245$$

同理可得

$$U_{k2}\% = -1.155$$

$$U_{k3}\% = 22.655$$

故电抗

$$X_{T1} = \frac{U_{k1}\% U_N^2}{100 S_N} = \frac{10.245 \times 220^2}{100 \times 90} = 55.10 (\Omega)$$

同理 $X_{T2} = -6.21 (\Omega)$, $X_{T3} = 121.83 (\Omega)$

$$Z_{T1} = R_{T1} + jX_{T1} = 0.843 + j55.10 (\Omega)$$

$$Z_{T2} = R_{T2} + jX_{T2} = 1.13 - j6.21 (\Omega)$$

$$Z_{T3} = R_{T3} + jX_{T3} = 5.495 + j121.83 (\Omega)$$

作等值电路如图 2-4 所示。

习题 2-16 如图 2-5 所示的简单电力系统, 元件参数在图 2-28 中标出。试作有名值表示该电力系统等值电路(基本电压等级取 220kV)。

(1) 精确计算;

(2) 近似计算。

解:

(1) 精确计算

选择 220kV 电压等级为基本电压级。

线路 L1:

$$Z_{L1} = L_1 \times (r_1 + jx_1) = 26.4 + j86.4 (\Omega)$$

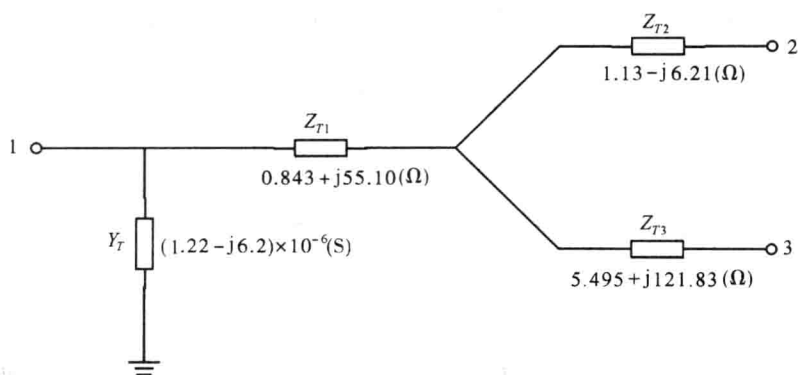


图 2-4

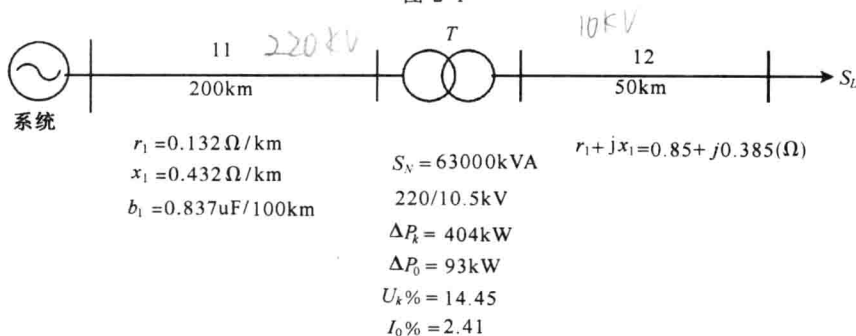


图 2-5

$$Y_{t1} = l_1 \times j b_1 = 200 \times 100 \pi \times 0.837 \times 10^{-6} / 100 = j5.26 \times 10^{-4} (\text{S})$$

$$\text{线路 } L2: Z_{l2} = l_2 \times (r_2 + jx_2) \times \left(\frac{220}{10.5} \right)^2 = 373.1 + j169.0 (\Omega)$$

$$\text{变压器 } T: R_T = \frac{\Delta P_k U_N^2}{1000 S_N^2} = \frac{404 \times 220^2}{1000 \times 63^2} = 4.93 (\Omega)$$

$$X_T = \frac{U_k\% U_N^2}{100 S_N} = \frac{14.45 \times 220^2}{100 \times 63} = 111.0 (\Omega)$$

$$Z_T = R_T + jX_T = 4.93 + j111.0 (\Omega)$$

$$G_T = \frac{\Delta P_0}{1000 U_N^2} = \frac{93}{1000 \times 220^2} = 1.92 \times 10^{-6} (\text{S})$$

$$B_T = \frac{I_0\% S_N}{100 U_N^2} = \frac{2.41 \times 63}{100 \times 220^2} = 31.4 \times 10^{-6} (\text{S})$$

$$Y_T = G_T - jB_T = (1.92 - j31.4) \times 10^{-6} (\text{S})$$

作等值电路如图 2-6 所示。

(2) 近似计算

取基本电压级为 230kV, 计算方法基本同上。

$$\text{线路 } L1: Z_{l1} = l_1 \times (r_1 + jx_1) = 26.4 + j86.4 (\Omega)$$

$$Y_{t1} = l_1 \times j b_1 = j5.26 \times 10^{-4} (\text{S})$$

$$\text{线路 } L2: Z_{l2} = l_2 \times (r_2 + jx_2) \times \left(\frac{230}{10.5} \right)^2 = 407.8 + j182.32 (\Omega)$$

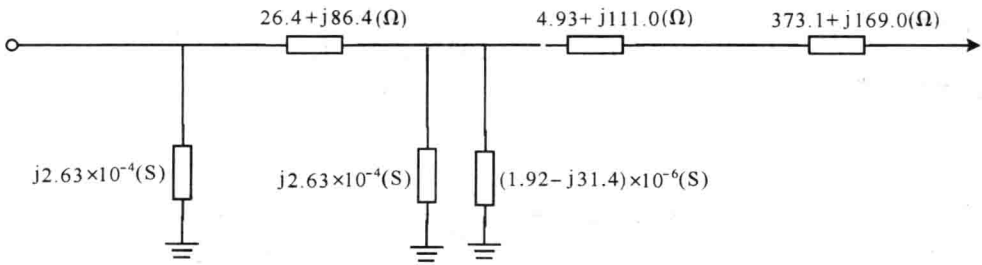


图 2-6

$$\text{变压器 } T: R_T = \frac{\Delta P_k U_N^2}{1000 S_N^2} = \frac{404 \times 230^2}{1000 \times 63^2} = 5.38 (\Omega)$$

$$X_T = \frac{U_k \% U_N^2}{100 S_N} = \frac{14.45 \times 230^2}{100 \times 63} = 121.33 (\Omega)$$

$$Z_T = R_T + jX_T = 5.38 + j121.33 (\Omega)$$

$$G_T = \frac{\Delta P_0}{1000 U_N^2} = \frac{93}{1000 \times 230^2} = 1.76 \times 10^{-6} (\text{S})$$

$$B_T = \frac{I_0 \% S_N}{100 U_N^2} = \frac{2.41 \times 63}{100 \times 230^2} = 28.7 \times 10^{-6} (\text{S})$$

$$Y_T = G_T - jB_T = (1.76 - j28.7) \times 10^{-6} (\text{S})$$

等值电路同图 2-6(数值改变一下)。

习题 2-17 系统接线图见图 2-7, 参数用标么值表示, 且不计线路电阻和导纳, 也不计变压器的电阻和导纳。

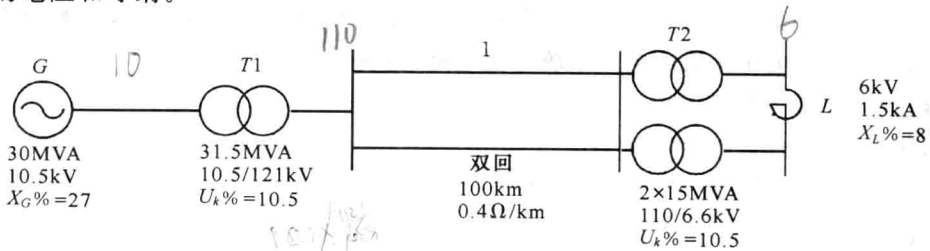


图 2-7

(1) 取 $S_n = 100 \text{ MVA}$, $U_n = 110 \text{ kV}$ 为基准(精确计算), 作等值电路;

(2) 取 $S_n = 100 \text{ MVA}$, $U_n = U_{av}$ (近似计算), 作等值电路。

解:

(1) 标么值表示的电力系统等值电路, 取 $S_n = 100 \text{ MVA}$, $U_{n(110)} = 110 \text{ kV}$ 。

$$U_{n(10.5)} = 110 \times 10.5 / 121 = 9.55 (\text{kV})$$

$$U_{n(6)} = 110 \times 6.6 / 110 = 6.6 (\text{kV})$$

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{U^2}{S}$$

$$\text{发电机 } G \quad X_{G*} = X_G / Z_n = 0.27 \times \frac{10.5^2}{30} \times \frac{100}{9.55^2} = 1.088$$

$$\text{变压器 } T1 \quad X_{T1*} = \frac{U_k \% U_N^2}{100 S_N} \times \frac{S_n}{U_n^2} = \frac{10.5 \times 121^2}{100 \times 31.5} \times \frac{100}{110^2} = 0.403$$

$$\text{线路 } l \quad X_{l*} = X_l / Z_n = \frac{1}{2} \times 0.4 \times 100 \times \frac{100}{110^2} = 0.165$$

$$\text{变压器 } T2 \quad X_{T2*} = \frac{U_k \% U_N^2}{100 S_N} \times \frac{S_n}{U_n^2} = \frac{10.5 \times 110^2}{100 \times 15} \times \frac{100}{110^2} = 0.7$$