

高等工业学校

电工原理函授教学大纲

(草案)

(电力、自动化类专业试用)

人民教育出版社

一九八二年一月

高等工业学校
电工原理函授教学大纲
(草案)
(电力、自动化类专业试用)

*

人民教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京第二新华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 0.75 字数 16,000
1982年2月第1版 1982年4月第1次印刷
印数 00,001—20,500
书号 7012·0535 定价 0.10 元

本函授教学大纲系教育部委托武汉水利电力学院、东北电力学院、重庆大学、阜新矿业学院、东北工学院提出初稿，由武汉水利电力学院负责汇总，经一九八一年十二月教育部在石家庄召开的高等工业学校函授教学工作会议审订。

一、电路原理部分

(一) 电路、电路元件的基本概念和电路基本定律

电路和电路模型,网络。电流和电压的参考方向。电路元件。电阻元件及其电压电流关系,电能。电容元件及其电荷电压关系和电压电流关系,电场能量。电感元件及其磁链电流关系和电压电流关系,磁场能量。非线性(R 、 L 、 C)元件的特性。

独立电压源和独立电流源及其伏安特性,电压源和电流源的模型。功率的吸收和发出。

受控源。

基尔霍夫定律:电流定律,电压定律。

(二) 电阻电路的分析

简单电阻电路的计算。电阻的串联、并联及混联。等效电阻的概念和计算。非线性电阻的串联和并联,非线性电阻电路的图解法和小信号分析法的概念。

电压源模型和电流源模型的等效互换。

支路电流法,回路电流法,节点电压法。

叠加定理,替代定理,戴维南定理和诺顿定理。电阻的星形联接和三角形联接的等效互换($Y-\Delta$ 互换)。

(三) 正弦稳态分析

1. 正弦量的基本概念:振幅,周期和(角)频率,相角和初相,同频率正弦量的相角差,有效值。

2. 正弦量的相量表示法,电压相量和电流相量,相量图。

电阻、电感、电容元件的电压电流关系的相量形式,参考相量,感抗,感纳,容抗,容纳。基尔霍夫定律的相量形式。

RLC 串联电路和 RLC 并联电路的电压电流关系的相量形式,复阻抗和复导纳。

正弦电路中的功率:瞬时功率,平均功率(有功功率)及功率因数,无功功率,视在功率,复功率。

正弦电路的计算,电阻电路的定理及计算方法的适用性,电阻、电抗串联的等效电路和电导、电纳并联的等效电路,两种等效电路的互换。系统内有有功功率平衡和无功功率平衡。*最大功率传输定理。

3. 电路中的谐振,串联谐振电路及其电流频率特性,并联谐振电路及其电压频率特性,谐振电路的品质因数。

*具有非线性电感电路的谐振,*铁磁谐振。

4. 互感,互感磁链,互感电压和电流的关系,耦合线圈的同名端,耦合系数,具有互感的正弦电路的计算(包括互感消去法)。理想变压器,变压器的电路模型。

5. 三相电路,相序,对称三相电压和电流。

三相制的星形联接和三角形联接,相电压、线电压、相电流和线电流,对称三相电路中相和线量之间的关系。相量图。

三相电路中的功率,对称三相电路中的有功功率、无功功率和功率因数。三相功率的测量。

对称三相电路的计算。简单的不对称三相电路的计算,用节点法计算中性点之间的电压,中性点的位移。

(四) 非正弦周期电流电路分析

非正弦周期电流和电压。傅里叶级数,谐波分析。

非正弦周期电流、电压的有效值和平均值以及平均功率。

非正弦周期电流电路的计算,三相电路中的高次谐波。

傅里叶级数的指数形式,周期信号的频谱。*傅里叶变换,*矩形脉冲的傅里叶变换。*连续频谱。

(五) 双口网络

1. 双口网络及其矩阵方程。双口网络的开路阻抗参数,短路导纳参数,混合参数和传输参数,各种参数间的关系。双口网络的等效电路,等效电路参数与传输参数间的关系。互易性和非互易性。

有终端的双口网络,特性阻抗,传播常数、衰减常数和相位常数。网络函数:策动点函数和转移函数。双口网络的级联。

2. 运算放大器及其等效电路,具有运算放大器的电路的分析。回转器。

(六) 网络图论

1. 网络的图(线图),支路,节点,子图,路径,回路。连通图和非连通图。树,树枝和连支,树枝数和连支数,割集。

关联矩阵,(基本)回路矩阵,(基本)割集矩阵。

基尔霍夫定律的矩阵形式,支路电压电流关系的矩阵形式。

2. 节点分析,回路分析,割集分析。

3. 特勒根定理及其应用,互易定理。

(七) 电路的时域分析

电路的动态过程,动态电路方程的建立,一阶电路和二阶电路,动态电路一般解的形式。

一阶电路的零输入响应,初始状态和初始条件,时间常数。

一阶电路的零状态响应。单位阶跃函数,冲激函数。一阶电路对阶跃函数的响应,对冲激函数的响应,对正弦函数的响应。

一阶电路的全响应, 零输入分量和零状态分量, 自由分量和强制分量, 暂态和稳态。一阶电路对阶跃函数的全响应, 三要素法。

二阶(RLC)电路的零输入响应, 能量的转换关系, 振荡和非振荡过程, 固有振荡频率, 衰减系数。*二阶电路的冲激响应。

(八) 电路的复频域分析

拉普拉斯变换, 单位阶跃函数、单位冲激函数和指数函数的拉普拉斯变换。复频率。

拉普拉斯变换的基本性质: 线性性质, 微分性质, 积分性质, 延时性质。

拉普拉斯反变换, 进行拉普拉斯反变换的部分分式展开法。

基尔霍夫定律的复频域形式。电阻、电感、电容元件的电压电流关系的复频域形式。复频域(运算)阻抗和导纳, 电路的复频域模型, 初始值的处理。

用拉普拉斯变换分析线性电路。

*复频率平面, *网络函数的极点和零点, *自然频率。*冲激响应的性质与网络函数的极点间的关系。

卷积和卷积定理。

网络的状态和状态变量, 状态方程和输出方程, 状态方程的直观编写, 状态方程的复频域解法。

(九) 分布参数电路

电路参数的分布性和分布参数电路, 均匀传输线方程及其正弦稳态解。特性阻抗, 传播常数, 衰减常数, 相位常数, 自然功率。

行波, 入射波和反射波, 波长, 相速。

无损耗线, 驻波, 无损耗线的空载和短路状态。传输线的入端阻抗, 传输线的匹配。

无损耗均匀传输线方程的通解, 无损耗线始端输入阶跃电压

激励的波过程,波速,波的反射。

二、电磁场部分

(一) 静 电 场

电场强度。电位及电位梯度。给定电荷分布的条件下计算电位或电场强度。电场的图示。

电介质的极化。极化强度。静电场中的导体。

高斯通量定理。电位移。几种带电的特殊形状导体周围的电场分布。

静电场的基本方程(积分形式与微分形式)。静电场有源、无旋性。静电场的泊松方程和拉普拉斯方程。

分界面上的边界条件。解的唯一性。

电容及其计算。

电轴法:两线输电线的电场及其电容。

镜象法:电荷对导电平面的镜象。电荷对平面介质分界面的镜象。球形(或圆柱)导体面的镜象。

多导体系统中电位与电荷之间的关系。部分电容。*三相输电线的单相计算电容。

电场能量及其分布。电场力及其计算。

(二) 导电媒质中的恒定电场

电流密度。欧姆定律及焦耳定律的微分形式。恒定电流的连续性。局外场的作用。

导电媒质中恒定电场的基本方程。拉普拉斯方程。分界面上的边界条件。

导电媒质中的恒定电场与介质中静电场的相似性。

电导。接地电阻及其计算。

(三) 恒定磁场

磁感应强度。根据电流分布计算磁场。磁通及其连续性。

铁磁物质的磁化。磁化强度。磁场强度。安培环路定理，

*安培环路定理的证明。

恒定磁场的基本方程。恒定磁场的有源、无旋性。标量磁位。矢量磁位。泊松方程和拉普拉斯方程。分界面上的边界条件。

电感。自感与互感的计算。两线输电线的磁场及电感。*三相输电线的单相计算电感。

磁场的镜象法：长直导线对平面媒质分界面的镜象。

磁场能量及其分布。磁场力及其计算。

(四) 位场的计算与模拟

位场的边值问题。

分离变量法。

*复变函数。*保角变换。

位场的模拟：导电纸模拟，*电解槽法，*阻容网络模拟。

(五) 时变电磁场

电磁场的相对性与统一性。传导电流、运流电流和位移电流。电流的连续性。全电流定律及麦克斯韦第一方程。

电磁感应定律及麦克斯韦第二方程。

电磁场的方程组。解的唯一性。分界面上的边界条件。

电磁场能量。坡印亭矢量及能量流。

动态位及其方程。*电磁能的辐射。*迅变场、缓变场、似稳条件。

(六) 平面电磁波

理想介质中的平面电磁波。行波、波速和波阻抗。

导电及半导电媒质中的平面电磁波。波的衰减与透入深度。电流和磁通的趋肤效应。涡流。电磁屏蔽。*邻近效应。

附：电工原理函授教学大纲说明书

一、课程的性质和任务

电工原理是电气工程的理论基础。通过本课程的学习，应使学生掌握电路和电磁场的基本理论与分析计算的基本方法以及初步的实验技能，为解决工程实际问题和进一步研究电工问题准备必要的理论基础，为学习电力类及自动化类的专业课程打下基础。

二、课程的基本要求

电路原理部分

1. 牢固掌握电阻、电感、电容、独立源和受控源等电路元件的电压电流关系，以及电压、电流等物理量的参考正方向的概念。熟练掌握和运用基尔霍夫电流定律和电压定律。

2. 充分理解并掌握线性电路的基本分析方法：节点法、回路法、叠加定理、替代定理、戴维南定理、诺顿定理及 $Y-\Delta$ 互换。对一般的网络和较简单的含有受控源网络，能正确地分析和熟练地计算。能用等效的概念分析单口无源或有源网络和双口无源网络。

3. 熟练掌握正弦量的有效值、频率、相角、初相和相角差的概念，相量的概念，正弦电流电路各种功率的概念。熟悉相量图的作法，复阻抗、复导纳及其相互变换，学会运用相量法（包括用相量图）分析计算正弦电流电路。对较简单正弦电流电路（包括对称三相电路）要求能熟练地计算。了解非正弦周期电流电路的分析方法。

4. 初步掌握网络图论的一些基本概念和节点分析法。

5. 充分理解产生电路暂态过程的物理本质。充分理解时间常数、零状态响应、零输入响应、全响应、自由分量和强制分量等概

念。熟练掌握一阶电路的时域分析方法。掌握二阶电路的时域分析方法。学会分析电路对阶跃函数和冲激函数的响应。学会运用拉普拉斯变换分析计算电路的动态过程。理解状态的概念，并能列出电路的状态方程（不包括系统列写法）。

6. 理解传输线参数的分布性，基本方程的建立。了解分布参数电路正弦稳态分析方法。初步理解无损耗均匀线上行波和驻波、入射波和反射波的概念。

电磁场部分

1. 理解表征电磁场的各物理量：电场强度、电位移、电位、电流密度、磁感应强度、磁场强度、矢量磁位、动态位的意义，以及有关量之间的相互关系。深入理解电磁场的重要性质与规律——积分形式和微分形式的电磁场方程组。

2. 能运用高斯定理、安培环路定理的积分形式计算一些简单的对称场。

3. 深刻理解并掌握边界条件，在理解解的唯一性的基础上，以静电场的计算为主初步掌握镜像法、电轴法。

4. 了解电容、电导、电感等参数的计算原则。

5. 理解电磁场能量的分布及传输，和通过能量关系计算电场力、磁场力的方法。

6. 初步掌握平面电磁波在理想介质及导电媒质中传播的基本规律。

三、课程内容的深度和广度

本大纲所列内容，一般都是要求函授生通过自学或面授过程掌握的。为了抓住重点，要求学生学深学透和牢固掌握的内容，都在文字下用波纹线标出。对于少量选学内容，用星号（*）标出，其中有的是属于加宽加深的，有的是随专业不同而选学的（见下列具体说明）。

本大纲只规定课程内容,至于按照什么次序来安排教学内容,可根据所选用的教材、指导教师的教学经验,学生的实际情况及与有关课程的配合等因素,由各校自行决定。

本大纲所列内容,大多数是可由文字本身说明其深度和广度的,但是少数内容,单从文字上不能明确,为此,特作如下说明:

1. “电压电流参考方向”中,除说明参考方向的意义外,还要求在电感、电容元件的电压电流关系中,功率的正、负(吸收和发出)的判断中,给以具体意义的说明。

2. “非线性电感、电容元件”中,只要求电荷-电压特性,磁链-电流特性,不要求电压-电流特性。

3. 在基尔霍夫电压、电流定律中,要求提出广义回路和广义节点。

4. 在“混联电路”中,应提出用齐性原理分析梯形电路和等电位点间开路、短路简化等技巧的计算方法。

5. “等效电阻”中,应提出由单口网络电压和电流求入端电阻的计算法,以适应含有受控源电路的等效电阻的计算。

6. “非线性电阻电路”只要求仅含一个非线性电阻的电路。

7. “节点电压法”中,要求在多节点电压方程中,提出两节点的电压公式(米尔曼公式),并要求学生能够熟练运用,对具有电流源,受控源的电路,都会正确处理。

8. 在串、并联谐振中,应结合品质因数的不同指出选择性的意义。

9. “变压器的电路模型”是指理想变压器外附电阻和漏感的电路模型。

10. “非正弦周期电流电路”中,傅里叶级数只做承上启下的复习引用,不要再作重复。

11. “双口网络”中,以 Y 、 Z 、 A 、 H 参数方程为主,除推导方程外,尤其需要明确各种参数的物理意义,并能依此计算一般网络和

较简单的含受控源电路的各种参数,要求提出传播常数特性阻抗、相位常数、衰减常数和奈培、分贝等基本知识。

12. 图论的基本概念,只要按电路分析的要求来阐述。

13. 在“电路的时域分析”中,对“零输入”、“零状态”和“自由分量”“强制分量”应同等重视,并应说明它们之间的关系。

14. 在“电路的复频域分析”中,拉普拉斯变换和反变换只做承上启下的复习引用,但在反变换中,象函数的分母有重根因式和复根因式时,应让学生着重练习掌握。卷积和卷积定理可以只着重数学运算,而且只限于简易函数。复频域的电路计算中,应有强迫跃变的例子,以体现复频域分析在这方面的优越性。

15. “分布参数电路”应将重点放在稳态。

16. “静电场”、“恒定电场”、“恒定磁场”中,各种场量和有关量的关系、高斯通量定理、安培环路定理、电阻、电容、电感的计算、麦克斯韦两个方程,都在物理中学过,在这里的要求是:在物理的基础上加深理解,进一步熟练运用。

17. 梯度、散度、旋度和拉普拉斯方程的直角坐标形式、柱面坐标形式和球面坐标形式,都要求会用。但对直角坐标要求熟练,对后两者只要求会查表运用。在用拉普拉斯方程和泊松方程计算位场时,可以只用一维场举例说明。

18. 静电场、恒定电场和恒定磁场,应以静电场为主,其余两种场的相似部分都可在静电场的基础上,依对比法体会掌握。

19. 拉普拉斯方程和泊松方程解的唯一性,只要求了解,不要求证明。

20. 电感计算的诺曼公式,只要求了解其来历和会用,但在遇到椭圆积分时,可以只用查表法计算。

21. 趋肤效应、电磁屏蔽和涡流、只要求在导电媒质内电磁场的计算中和提出透入深度后,联系计算的实际情况而体会其物理意义。

22. 铁磁谐振是作为电力类专业选学的内容, 对自动化类可以不学。

23. 傅里叶变换连续频谱分析是自动化类专业必学内容, 电力类可以不学。

四、对实验技能的要求

1. 学会正确使用电流表、电压表、万用电表和功率表以及其它常用电工仪表、仪器和实验设备, 初步会使用示波器、信号发生器等电子仪器。

2. 正确按图连接实验线路和合理布线。能初步分析并排除简单的故障, 培养良好的实验习惯和实事求是的科学作风。

3. 认真地观察实验现象, 正确地读取数据并加以检查和判断, 正确地书写实验报告、处理数据和分析实验结果。

4. 正确地运用实验手段来验证一些定理和结论。

根据以上要求, 下列实验内容可供参考。各校可根据实验室条件和函授生来源的特点, 在满足本大纲对实验技能的要求的前提下增减实验内容。

实验内容:

1. 电路元件电压电流关系的测定。
2. 戴维南定理和诺顿定理。
3. 交流电路参数的测定。
4. 交流电桥。
5. 功率因数的提高。
6. 电压谐振及频率特性的测定。
7. 互感的测定; 有互感耦合的两线圈的正向和反向串联。
8. 三相电路的相、线电压和电流。
9. 三相功率的测量。
10. 周期信号的频谱分析。

11. 用示波器观察一阶和二阶电路对方波激励的响应。
12. 特勒根定理。
13. 双口网络参数的测定。
14. 含有受控源器件的电路。
15. 均匀传输线沿线电压的分布。
16. 位场造型(如平行板电容器模拟、输电线的电场模拟、电机磁场模拟等)。
17. 部分电容的测定。
18. 接地电阻的模拟。
19. 螺管线圈磁场的测定。
20. 磁场力的研究。
21. 电磁屏蔽研究。

五、本课程与有关课程的配合和联系

1. 数学:学习本课程前,学生应具备微积分与线性常系数常微分方程的基础。至于线性代数,傅里叶级数和积分变换等内容可与本课程同时进行,但须注意与电路原理有关内容在时间上的配合。本课程电磁场部分要用到的数学工具(场论、矢量分析、数理方程及复变函数)应在工程数学课中解决,并注意时间配合。在学习电磁场部分以前,应在数学课中打好的基础有:场论中矢量的微分和积分,梯度、散度、旋度的意义及有关计算公式,柱面及球面坐标系的应用以及拉普拉斯方程的分离变量法等。

2. 物理学:本课程是在物理课电磁学的基础上进行学习的。在学习本课程前要求学生已初步掌握电磁现象和电磁运动的一般规律及计算,其中包括:电磁学的各物理量,高斯通量定理,电磁感应定律和楞次定律,比奥—沙伐定律和安培环路定律,欧姆定律,电阻的串并联,电容的串并联等。能正确地使用国际单位制。

3. 电机学:本课程未涉及磁路,电机学所需的磁路知识由该

课程自行解决。

六、对学习本课程的各个教学环节的建议

1. 自学

函授教学应以自学为主，因此学生必须通过自学学习和掌握本大纲所规定的全部内容。即使进行面授的内容，学生也应在该次面授前通过自学进行初步学习。

2. 作业

作业分平时作业和测验作业。

平时作业是学习本课程的必要环节。为了帮助和促进学生的自学，启发学生深入思考，巩固自学的内容，锻炼学生的计算技能，要求学生及时地完成指导教师所指定的平时作业。学生在完成作业时应注意计算数字的有效位数，保证计算应有的准确度，注意解题的方法和技巧，培养自己检验和判断结果是否正确的能力。

测验作业则是在一定阶段对学过的内容作概括性的检查，以了解学生对基本内容学到手的程度。学生必须独立地完成测验作业。

平时作业完成情况和测验作业成绩将作为平时考核成绩的依据。

3. 面授(讲课和习题课)

面授讲课是在学生自学的基础上进行的，因此应是指导性和总结性的，为自学提出途径，明确重点和要求，着重讲授本课程的难点和必须讲解的重点内容。

习题课是帮助学生消化和巩固所学知识，培养学生运用理论解决实际问题的思考方法，应配合基本内容，举典型例题，说明解题的方法和技巧，并解答学生提出的和作业中出现的一些普遍性的问题。

面授讲课和习题课内容参见附表1，其中学时数包括平时面