

河南大学

物理与电子学院

教 案

课程编号： 02300700

课程性质： 专业选修课

开设时间： 2019 ~2020 学年 第二学期

课程名称： 电路原理

系 (室)： 电子信息科学与技术

班级专业人数： 2019 级 物理学 139 人

授课教师： 侯卫周

使用教材： 电路 邱关源 第五版(高教出版社)

2019 年 01 月 26 日

河南大学物理与电子学院制

章节名称	1.1 电路和电路模型 1.2 电流和电压的参考方向		
教学目的	掌握电路和电路模型、电流和电压的参考方向		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	电流和电压的参考方向	难点	电流和电压的参考方向

教 学 过 程

1.1 电路和电路模型

一、电：优越的能量形式（电能）和信息载体（电信号），易于转换、传输、控制。

二、电路：各种电器件相互联接构成的电流通路（也叫网络、系统）

电路的组成：电源，负载，传输、变换、控制等器件。

电路的功能： 电能转换、传输，电信号处理、传递。

三、电路理论：研究电路普遍规律的学科

1. 电路模型：根据实际电路抽象，近似反映实际电路本质特征，用电路图表示

2. 电路元件：组成电路模型的基本单元

理想化的元件：每种元件只表示一种电磁特性（ $u-i, u-q, i-\psi \dots$ ）。

实际电路 → 电路模型：

先将实际电路中各电器件用其模型表示（表示成相应电路元件或其组合），然后各元件之间用理想导线相联电路模型是实际电路的等效，近似反映实际电路本质特征但是，当工作条件不同，或者精度要求不同的时候，相同的实际电路可能会有不同的电路模型

3. 元件分类（电路分类）：

①元件参数与电磁量的变化关系：线性元件→ 线性电路（电源 + 线性元件）

非线性元件→ 非线性电路（含非线性元件）

②元件参数随时间的变化性：

非时变参数元件→ 非时变参数电路（电源 + 非时变参数元件）

时变参数元件（本书不涉及）→ 时变参数电路（含时变参数元件）

③元件参数随电磁量的空间分布性：集中参数元件，→ 集中参数电路

分布参数元件→ 分布参数电路

1.2 电流、电压及其参考方向

主要电路变量：电流 i 、电压 u 、电荷 q 、磁链 ψ 。

一、电流

1、定义：荷电质点的有序运动形成电流，电流的大小用电流强度表示

单位：A, mA, $\mu A \dots$

方向：正电荷运动的方向

$$i(t) \stackrel{\text{def}}{=} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

2、电流的参考方向：为方便，人为任意假定一个方向为电流的参考方向

二、电压

1. 定义：电场中某两点 A、B 间的电压 U_{AB} 等于将单位正电荷 q 从 A 点移至 B 点电场力

所做的功 w_{AB} ，即

$$U_{AB} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{dW_{AB}}{dq}$$

单位：V，mV， μV

2. 电压的参考方向

3. 电压参考方向的表示方式：

- (1) 用正负极性表示：由正极指向负极为电压降的方向
 - (2) 用箭头表示：箭头指向为电压降的参考方向
 - (3) 用双下标表示：如 U_{AB} 表示由 A 指向 B 的方向为电压降
- 小节：

板书 设计	左主板 右副板
复习巩固 作业要求	作业：1-2,1-4
教 后 记	

章节名称	1.3 电功率与电能 1.4 电路元件		
教学目的	掌握电功率的计算（判断功率的吸收和发出），了解电路元件		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	判断功率的吸收和发出	难点	判断功率的吸收和发出

教 学 过 程

1.3 电功率与电能

一、电功率

1、定义：电能的转换或传输速率

$$p = \frac{dw}{dt} = ui$$

2、如何判断功率的吸收和发出

(1) 根据 u 、 i 的实际方向

相同时吸收电能（功率）；相反则发出电能（功率）

(2) 根据计算结果：

关联：表示“吸收”的功率： $p > 0$ ，实际吸收

$p < 0$ ，实际发出

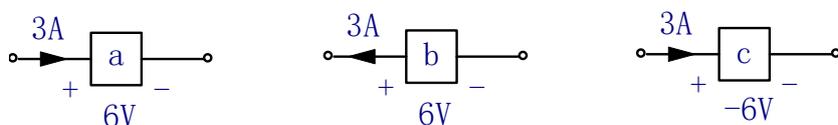
非关联：表示“发出”的功率： $p > 0$ ，实际发出

$p < 0$ ，实际吸收

二、电能

$$w(t) = \int_{t_0}^t p(\xi) d\xi = \int_{t_0}^t u(\xi) i(\xi) d\xi$$

例 1.1：求各元件发出或吸收的功率



1.4 电路元件

元件分类（电路分类）：

线性元件，特性方程为线性方程。 → 线性电路（电源 + 线性元件）

非线性元件，如：钨丝灯、二极管… → 非线性电路（含非线性元件）

两端元件

多端元件

有源元件
无源元件

非时变参数元件 → 非时变参数电路（电源 + 非时变参数元件）
时变参数元件（本书不涉及） → 时变参数电路（含时变参数元件）

集中参数元件，元件特性由端子上的电磁量确切表达，与空间位置无关
分布参数元件，元件特性与空间位置有关。 → 分布参数电路

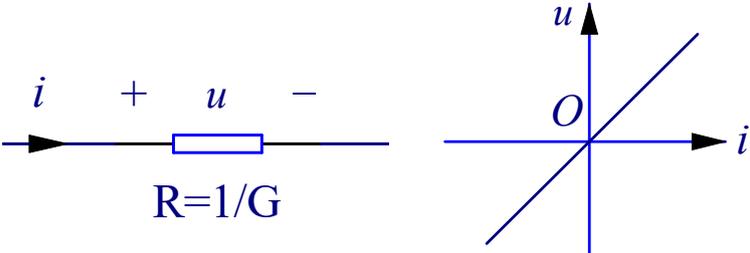
板书
设计

左主板
右副板

复习巩固
作业要求

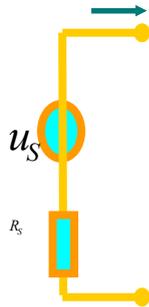
作业：1-5,1-7,1-8

教
后
记

章节名称	1.5 电阻元件 1.6 电压源和电流源		
教学目的	掌握线性二端电阻定义、电磁特性、功率与能量		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	电阻元件、电压源和电流源	难点	
教 学 过 程			
<p>1.5 电阻元件</p> <p>一、基本概念</p> <p>1、n 端元件：n 个端子的元件</p> <p>2、端口：进、出同一电流的两个端子称为一端口。二端元件也称为一端口元件</p> <p>3、电阻元件 ← 电阻器</p> <p>3、电阻元件： 元件电磁特性由电压、电流关系表征</p> <p>二、线性二端电阻：</p> <p>1、定义：端口电压与电流成正比的二端元件，即符合欧姆定律（VCR）。</p> <p>2、符号：</p> <p>3、电磁特性：端口 $u - i$ 关系特性</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>4、功率与能量：</p> <p> 关联，吸收功率：</p> <p> $R > 0$, 则 $p > 0$, 实际吸收，无源元件，耗能元件</p> <p> $R < 0$, 则 $p < 0$, 实际发出，有源元件</p> <p>1.6 电压源和电流源</p> <p>1. 理想电压源：元件两端电压总能保持定值或是一定的时间函数，其电压值与流出的电流无关，这样的元件叫做理想电压源。</p> <p>理想电压源的电压、电流关系</p> <p>①电源两端电压由电源本身决定，与外电路无关；与流经它的电流方向、大小无关。</p> <p>②通过电压源的电流由电源及外电路共同决定。</p> <p>电压源的功率： $P = u_s i$</p> <p>①电压、电流的参考方向非关联：电流（正电荷）由低电位向高电位移动，外力克服电场力做功，电源发出功率。</p>			

②电压、电流的参考方向关联：电场力做功，电源吸收功率。

实际电压源：



伏安特性： $u = u_S - R_S i$

一个好的电压源要求： $R_S \rightarrow 0$

实际电压源也不允许短路。因其内阻小，若短路，电流很大，可能烧毁电源。

2. 理想电流源：

①电流源的输出电流由电源本身决定，与外电路无关；与它两端电压方向、大小无关。

②电流源两端的电压由电流源及外电路共同决定。

电流源的功率

电压、电流的参考方向非关联： $P = u i_S$ 发出功率，起电源作用

电压、电流的参考方向关联：吸收功率，充当负载

实际电流源：伏安特性： $i = i_S - \frac{u}{R_S}$

一个好的电压源要求： $R_S \rightarrow \infty$

实际电流源也不允许开路。因其内阻大，若开路，电压很高，可能烧毁电源。

板书	左主板	右副板
设计		
复习巩固	作业：1-10	
作业要求		
教后记		

章节名称	1.7 受控电源 (非独立源) 1.8 基尔霍夫电定律		
教学目的	熟悉受控电源, 掌握基尔霍夫电流、电压定律 (KCL、KVL)。		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	基尔霍夫电流、电压定律物理意义, 熟练应用基尔霍夫定律分析电路	难点	广义节点、回路选取
教 学 过 程			
<p>1.7 受控电源 (非独立源): 电压或电流的大小和方向不是给定的时间函数, 是受电路中某条支路的电压(或电流)控制的电源, 称受控源。</p> <p>(1) 电流控制的电流源 (CCCS) (2) 电压控制的电流源 (VCCS) (3) 电压控制的电压源 (VCVS) (4) 电流控制的电压源 (CCVS)</p> <p>1.8 基尔霍夫电流定律 (KCL) 集中参数电路受 2 类约束: 结构约束: 由电路的联接性质决定--基尔霍夫定律 元件约束: 由元件性质决定</p> <p>一、电路结构</p> <p>1、支路: 每个二端元件为一条支路 (或流过同一电流的电路分支) 2、节点: 若干支路的联接点 3、路径: 依次由不同支路和节点构成的通路 4、回路: 闭合的路径 5、平面电路: 可画在同一个平面上, 且除节点外各支路都不相交 非平面电路: ... 6、网孔: 平面电路的单孔回路 (即内部或外部不含任何支路), 多指内网孔 7、短路: 支路电压恒等于零 (不管电流为任何有限值) 8、开路: 支路电流恒等于零 (不管电压为任何有限值), 也称断路</p> <p>二、基尔霍夫电流定律 KCL</p> <p>1、定律: 在集中参数电路中, 任一时刻流出 (或流入) 任一节点的电流代数和等于零。 公式: $\sum i_k = 0$ 通常规定: 若 参考方向流出节点, 前面取 “+” 号; 若流入节点则取 “-” 号</p> <p>2、表述形式 2: $\sum i_{\text{出}} = \sum i_{\text{入}}$</p> <p>3、表述形式 3: 推广, 节点 \rightarrow 广义节点... (假想的闭合边界...) 对于闭合边界 S: 4、说明: 1) KCL 定律适用于集中参数电路, 与元件性质无关 2) 对含 n 个节点电路, 任意 n-1 个节点 KCL 方程独立</p> <p>例题:</p>			

1.8 基尔霍夫电压定律(KVL)

1、定律内容：集中参数电路中，任一时刻、沿任一回路各支路电压的代数和为零。

公式：

2、表述形式 2: $\dots \sum u_k = 0 \dots$

3、表述形式 3: 推广：回路 \rightarrow 广义回路（跨越空间的假想回路）

4、说明：

(1) KVL 定律适用于集中参数电路，与元件性质无关

(2) 对于含 b 个支路、 n 个节点的平面电路，其全部网孔的 KVL 方程 $b-n+1$ 个是独立的。

(共有 $b-n+1$ 个独立回路)

独立回路的选取：

a) 每个回路至少有一条其它回路没有的支路 \rightarrow 充分非必要条件

b) 全部网孔 \rightarrow 充分非必要条件

例题：

小节：

板书设计	左主板	右副板
复习巩固	作业：1-12,1-18,1-20	
作业要求		
教后记		

章节名称	2.1 引言 2.2 电路的等效变换 2.3 电阻的串联与并联 2.4 电阻的星形和三角形联接		
教学目的	掌握电路的等效变换条件、意义，电阻的星形和三角形联接等效变换，熟悉电阻的串联与并联		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	电路的等效变换、电阻的星形和三角形联接等效变换	难点	星形和三角形联接等效变换

教 学 过 程

2.1 引言

线性电路：线性元件和电源组成

直流电路：激励为直流电源，响应（电压、电流）也都是直流量（即恒定量）

电路的基本计算方法：等效变换法、列方程法、电路定理法

2.2 电路的等效变换

等效电路：两个电路具有相同的端口特性（即端口电压、电流关系方程相同）

等效变换：两个端口特性相同的电路互换后，对外等效（即不影响外电路的响应）。

2.3 电阻的串联与并联

串联：各元件依次连接，流过同一电流

并联：各元件接于同一对节点之间，承受同一电压

一、电阻的串联

1、等效电阻：

2. 分压作用：

3. 功率分配：

一、电阻的并联

1、等效电阻：

2. 分流作用：

3. 功率的分配

例题

2.4 电阻的星形和三角形联接

1. 电阻的 Δ 、Y 连接：

2. Δ -Y 变换的等效条件：

3. 得 Y 型 Δ 型的变换条件：

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$$

$$G_{12} = \frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2 + G_3}$$

$$G_{23} = \frac{G_2 G_3}{G_1 + G_2 + G_3}$$

$$G_{31} = \frac{G_3 G_1}{G_1 + G_2 + G_3}$$

由 Δ 型 Y 型的变换条件:

$$G_1 = G_{12} + G_{31} + \frac{G_{12}G_{31}}{G_{23}}$$

$$R_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$G_2 = G_{23} + G_{12} + \frac{G_{23}G_{12}}{G_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{23}R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$G_3 = G_{31} + G_{23} + \frac{G_{31}G_{23}}{G_{12}}$$

$$R_3 = \frac{R_{31}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_Y = \frac{\Delta \text{相邻电阻乘积}}{\sum R_{\Delta}}$$

$$G_{\Delta} = \frac{Y \text{相邻电导乘积}}{\sum G_Y}$$

板 书 设计	左主板 <div style="text-align: right;">右副板</div>
复习巩固 作业要求	复习： 作业：2-2, 2-4, 2-6
教 后 记	

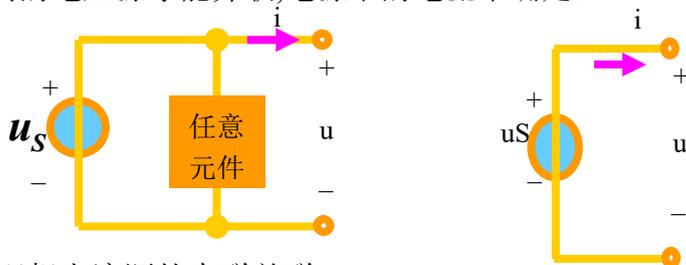
章节名称	2.5 电压源和电流源的串联和并联 2.6 实际电压源和实际电流源的等效变换 2.7 输入电阻		
教学目的	掌握电压源和电流源的串联和并联、实际电压源和实际电流源的等效变换、输入电阻的计算		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	电源的串、并联, 实际电压源和实际电流源的等效变换, 输入电阻的计算	难点	无

教 学 过 程

2.5 电压源和电流源的串联和并联

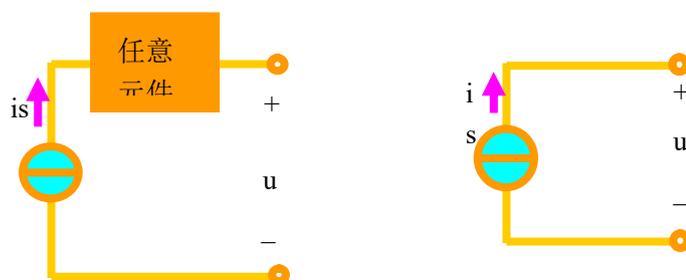
1. 理想电压源的串联和并联:

相同的电压源才能并联, 电源中的电流不确定。

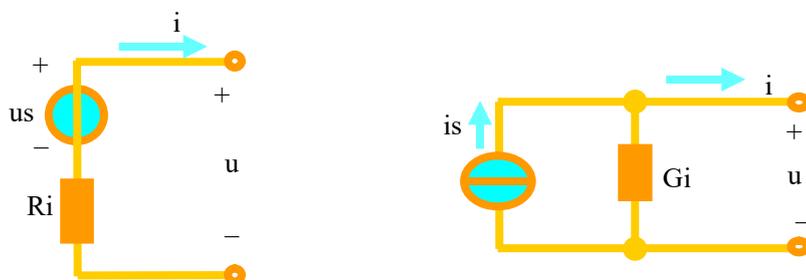


2. 理想电流源的串联并联

相同的理想电流源才能串联, 每个电流源的端电压不能确定。



2.6 实际电压源和实际电流源的等效变换



可得等效的条件:
$$i_s = \frac{u_s}{R_i}, G_i = \frac{1}{R_i}$$

(1) 变换关系：数值关系；

方向：电流源电流方向为电压源电压升方向。

(2) 等效是对外部电路等效，对内部电路是不等效的。

开路的电压源中无电流流过 R_i ；

开路的电流源可以有电流流过并联电导 G_i 。

电压源短路时，电阻中 R_i 有电流；

电流源短路时， 并联电导 G_i 中无电流。

(3) 理想电压源与理想电流源不能相互转换。

利用电源转换简化电路计算。

例题：

2.7 输入电阻

1. 定义

2. 计算方法

(1) 如果一端口内部仅含电阻，则应用电阻的串、并联和 Δ -Y 变换等方法求它的等效电阻；

(2) 对含有受控源和电阻的两端电路，用电压、电流法求输入电阻，即在端口加电压源，求得电流，或在端口加电流源，求得电压，得其比值。

板书	左主板	右副板
设计		
复习巩固	复习： 作业：2-10, 2-13, 2-16	
作业要求		
教 后 记		

章节名称	3.1 电路的图 3.2 KCL 和 KVL 的独立方程数 3.3 支路电流法 3.4 网孔电流法		
教学目的	熟悉电路的图基本概念，掌握 KCL 和 KVL 的独立方程数，网孔电流法，了解支路电流法		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	KCL 和 KVL 的独立方程数，基本回路选取，网孔电流法	难点	基本回路选取
教 学 过 程			
<p>3.1 电路的图</p> <p>(1) 图的定义(Graph)</p> <p>(2) 路径</p> <p>(3) 连通图</p> <p>(4) 子图</p> <p>树 (Tree):T 是连通图的一个子图满足下列条件：(1) 连通 (2) 包含所有结点 (3) 不含回路</p> <p>树枝：构成树的支路。连支：属于 G 而不属于 T 的支路。</p> <p>回路 (Loop): L 是连通图的一个子图，构成一条闭合路径，满足：(1)连通，(2)每个节点关联 2 条支路 基本回路(单连支回路)：</p> <p>3.2 KCL 和 KVL 的独立方程数</p> <p>n 个结点的电路，独立的 KCL 方程为 n-1 个。</p> <p>n 个结点、b 条支路的电路，独立的 KCL 和 KVL 方程数为：$b-(n-1)$</p> <p>3.3 支路电流法(Branch Current Method)</p> <p>1. 支路电流法：以各支路电流为未知量列写电路方程分析电路的方法。</p> <p>2. 独立方程的列写：</p> <p>(1) 从电路的 n 个结点中任意选择 n-1 个结点列写 KCL 方程</p> <p>(2) 选择基本回路列写 $b-(n-1)$ 个 KVL 方程</p> <p>支路电流法的一般步骤</p> <p>(1) 标定各支路电流的参考方向；</p> <p>(2) 选定(n-1)个节点，列写其 KCL 方程；</p> <p>(3) 选定 $b - (n - 1)$个独立回路，列写其 KVL 方程；</p> <p>(4) 求解上述方程，得到 b 个支路电流；</p> <p>(5) 进一步计算支路电压和进行其它分析。</p> <p>支路电流法的特点：</p> <p>支路法列写的是 KCL 和 KVL 方程，所以方程列写方便、直观，但方程数较多，宜于在支路数不多的情况下使用。</p> <p>有受控源的电路，方程列写分两步：</p> <p>(1) 先将受控源看作独立源列方程；</p> <p>(2) 将控制量用支路电流表示，并代入(1)中所列的方程，消去中间变量。</p>			

例题:

3.4 网孔电流法 (Mesh Current Method)

1.网孔电流法: 以平面电路中网孔电流为未知量来列写电路方程。

基本思想: 为减少未知量(方程)的个数, 假想在每个网孔中都有一个电流在流动。各支路电流可用网孔电流的线性组合表示, 列出关于网孔电流的方程组。

对于具有 m 个网孔的电路, 有: $R_{11}i_{m1} + R_{12}i_{m2} + \cdots + R_{1m}i_{mm} = u_{Sm1}$

$$R_{21}i_{m1} + R_{22}i_{m2} + \cdots + R_{2m}i_{mm} = u_{Sm2}$$

⋮

$$R_{m1}i_{m1} + R_{m2}i_{m2} + \cdots + R_{mm}i_{mm} = u_{Smm}$$

R_k : 自电阻(为正)

R_j : 互电阻

 + : 流过互阻的两个网孔电流方向相同

 - : 流过互阻的两个网孔电流方向相反

网孔电流法分析电路的一般步骤

- (1) 选定网孔作为独立回路, 并标出网孔电流方向;
- (2) 以网孔电流为未知量, 用观察法列写各回路的 KVL 方程;
- (3) 求解上述方程组, 得到各网孔电流;
- (4) 求各支路电流(用网孔电流线性表示);
- (5) 其它分析。

板书

设计

复习巩固

复习:

作业要求

作业: 3-1, 3-3, 3-6, 3-7, 3-8

教
后
记

章节名称	3.4 回路电流法 3.6 结点电压法
------	---------------------

教学目的	掌握回路电流法，结点电压法		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	回路电流法，结点电压法	难点	用回路法无伴电流源，节点电压法无伴电压源处理

教 学 过 程

3.4 回路电流法(loop current method): 以基本回路中的回路电流为未知量列写电路方程分析电路的方法。当取网孔电流为未知量时，称网孔法。

1. 回路电流法 $G_{11}u_{n1} + G_{12}u_{n2} + \dots + G_{1(n-1)}u_{n(n-1)} = i_{Sn1}$

基本思想: 为减少未知量(方程)的个数, 假想每个回路中有一个回路电流。各支路电流可用回路电流的线性组合表示。来求得电路的解。

2. 方程的列写:

对于具有 $l=b-(n-1)$ 个回路的电路, 有:

$$R_{11}i_{11} + R_{12}i_{12} + \dots + R_{1l}i_{1l} = u_{S11}$$

$$R_{21}i_{11} + R_{22}i_{12} + \dots + R_{2l}i_{1l} = u_{S12}$$

...

$$R_{l1}i_{11} + R_{l2}i_{12} + \dots + R_{ll}i_{1l} = u_{S1l}$$

R_{jk} : 互电阻: + : 流过互阻的两个回路电流方向相同
 - : 流过互阻的两个回路电流方向相反
 0 : 无关

u_{S11} 回路 1 中所有电压源电压的代数和。

u_{S12} 回路 2 中所有电压源电压的代数和。

当电压源电压方向与该回路方向一致时, 取负号; 反之取正号。

回路法的一般步骤:

- (1) 选定 $l=b-(n-1)$ 个独立回路, 并确定其绕行方向;
- (2) 对 1 个独立回路, 以回路电流为未知量, 列写其 KVL 方程;
- (3) 求解上述方程, 得到 1 个回路电流;
- (4) 求各支路电流(用回路电流表示);
- (5) 其它分析。

3. 无伴电流源支路的处理:

引入电流源电压, 增加回路电流和电流源电流的关系方程。

选取独立回路, 使理想电流源支路仅仅属于一个回路, 该回路电流即 I_s 。

4. 受控电源支路的处理

对含有受控电源支路的电路, 可先把受控源看作独立电源按上述方法列方程, 再将控制量用回路电流表示。

3.6 结点电压法 (Node Voltage Method)

1. 结点电压法

以结点电压为未知量列写电路方程分析电路的方法。结点电压法列写的是结点上的 KCL 方程, 适用于结点较少的电路。

(5) 其它分析。

章节名称	4.1 叠加定理 4.2 替代定理 4.3 戴维宁定理
3. 无伴电压源支路的处理 教学目的 电压源电流为变量，增补结点电压与电压源间的关系 (2) 选择合适的参考点	
4. 受控电源支路的处理 对含有受控电源支路的电路，可先把受控源看作独立电源按上述方法列方程，再将控制量用结点电压表示。 小节：	
版板 书设 计	左主板 右副板
复习巩固 作业要求	作业：3-12,3-13,3-16,3-18,3-24
教 后 记	

时间安排	时间：		地点：	
教学重点	叠加定理、戴维宁定理	难点	戴维宁等效电路求解	
<h3>教 学 过 程</h3> <p>4.1 叠加定理 (Superposition Theorem)</p> <p>1. 叠加定理 在线性电路中，任一支路的电流（或电压）可以看成是电路中每一个独立电源单独作用于电路时，在该支路产生的电流（或电压）的代数和。 结点电压和支路电流均为各电源的一次函数，均可看成各独立电源单独作用时，产生的响应之叠加。</p> <p>2. 几点说明</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 叠加定理只适用于线性电路。 2. 分电路中不作用的独立源要置零。电压源置零-短路、电流源置零-开路。 3. 计算功率时，不可以在各分电路中求出每个元件的功率，然后利用叠加定理进行叠加（功率为电压和电流的乘积，为电源的二次函数）。 4. u, i 叠加时要注意各分电路中电压、电流的参考方向。 5. 含受控源（线性）电路亦可用叠加定理，但只能画出独立源单独作用的分电路，受控源应保留在每个分电路中。 <p>3. 叠加定理的应用：</p> <p>4. 齐性原理 (Homogeneity Property) 线性电路中，所有激励(独立源)都增大(或减小)同样的倍数，则电路中响应(电压或电流)也增大(或减小)同样的倍数。 当激励只有一个时，则响应与激励成正比。</p> <p>4.2 替代定理 (Substitution Theorem) 对于给定的任意一个电路，若某一支路电压为 u_k、电流为 i_k，那么这条支路就可以用一个电压等于 u_k 的独立电压源，或者用一个电流等于 i_k 的独立电流源，或用一 $R=u_k/i_k$ 的电阻来替代，替代后电路中全部电压和电流均保持原有值(解答唯一)。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 替代定理既适用于线性电路，也适用于非线性电路。程，适用于结点较少的电路。 2. 替代后电路必须有唯一解：无纯电压源回路； 无纯电流源节点(含广义节点)。 3. 替代后其余支路及参数不能改变。 <p>4.3 戴维宁定理和诺顿定理 (Thevenin-Norton Theorem)</p> <p>1. 戴维宁定理 任何一个线性含源一端口网络，对外电路来说，总可以用一个电压源和电阻的串联组合来等效置换；此电压源的电压等于外电路断开时端口处的开路电压 u_{oc}，而电阻等于一端口的输入电阻（或等效电阻 R_{eq}）。</p> <p>2. 定理的应用</p> <p>(1) 开路电压 U_{oc} 的计算</p> <ol style="list-style-type: none"> a、利用 KCL、KVL 列方程； b、利用等效变换方法（分压、分流、电源等效变换法）； 				

时间安排 章节名称	时间： 5 含运算放大器的电阻电路	地点：	
教学重点	诺顿定理	难点	诺顿等效电路求解
教 学 过 程			
<p>4. 诺顿定理</p> <p>任何一个含源线性一端口电路，对外电路来说，可以用一个电流源和电导(电阻)的并联组合来等效置换；电流源的电流等于该一端口的短路电流，而电导(电阻)等于把该一端口的全部独立电源置零后的输入电导(电阻)。</p> <p>诺顿等效电路可由戴维宁等效电路经电源等效变换得到。诺顿等效电路可采用与戴维宁定理类似的方法证明。</p> <p>(1) 开路电压 I_{sc} 的计算</p> <p>(2) (2) 等效电阻的计算</p> <p>4.4 最大功率传输定理</p> <p>一个含源线性一端口电路，当所接负载不同时，一端口电路传输给负载的功率就不同，讨论负载为何值时能从电路获取最大功率，及最大功率的值是多少。</p> <p>最大功率匹配条件：$R_L = R_{eq}$</p> <p>最大功率：$P_{max} = \frac{u_{oc}^2}{4R_{eq}}$</p>			
板书	左主板	右副板	
设计			
复习巩固	作业：4-13,4-17		
作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	含有运算放大器电阻电路结点电压方程的列写 6 储能元件		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	理想运算放大器的外部特性、含理想运算放大器的电阻电路分析	难点	含有运算放大器电阻电路结点电压方程的列写
教 学 过 程			
<p>5.1 运算放大器的电路模型</p> <p>1. 简介</p> <p>2. 运算放大器的静特性①线性工作区: $u_o = A_{ud} u_i$ ②正向饱和区: $u_o = U_{sat}$ ③反向饱和区: $u_o = -U_{sat}$</p> <p>3. 电路模型</p> <p>4. 理想运算放大器: u_o 为有限值, 则 $u_d = 0$, 即 $u_+ = u_-$, 两个输入端之间相当于短路(虚短路); $i_+ = 0$, $i_- = 0$。即从输入端看进去, 元件相当于开路(虚断路)。</p> <p>5.2 含运算放大器的电路分析</p> <p>1. 反相比例器</p> <p>2. 加法器</p> <p>2. 正相比例器</p> <p>3. 电压跟随器</p> <p>4. 减法运算</p>			
版板 书设 计	左主板	右副板	
复习巩固 作业要求	作业: 5-4,5-7		
教 后 记			

教学目的	掌握电容电感定义、电压、电流关系、储能，了解串并联		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	电容电感定义、电压、电流关系、储能	难点	

教 学 过 程

6.1 电容元件 (Capacitor)

1. 线性电容定义：储存电能的元件。其特性可用 $u \sim q$ 平面上的一条曲线来描述。

2. 线性电容的电压、电流关系：
$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt}$$

- (1) i 的大小取决于 u 的变化率，与 u 的大小无关，电容是动态元件；
- (2) 当 u 为常数(直流)时， $i = 0$ 。电容相当于开路，电容有隔断直流作用；
- (3) 实际电路中通过电容的电流 i 为有限值，则电容电压 u 必定是时间的连续函数。

3. 电容的功率和储能

功率：
$$p = ui = u \cdot C \frac{du}{dt}$$

- (1) 电容的储能只与当时的电压值有关，电容电压不能跃变，反映了储能不能跃变；
- (2) 电容储存的能量一定大于或等于零。

6.2 电感元件 (Inductor)

1. 线性电感定义：任何时刻，通过电感元件的电流 i 与其磁链 Ψ 成正比。 $\Psi \sim i$ 特性是过原点的直线。

2. 线性电感的电压、电流关系：
$$u(t) = \frac{d\psi}{dt} = L \frac{di(t)}{dt}$$

- (1) 电感电压 u 的大小取决于 i 的变化率，与 i 的大小无关，电感是动态元件；
- (2) 当 i 为常数(直流)时， $u = 0$ 。电感相当于短路；
- (3) 实际电路中电感的电压 u 为有限值，则电感电流 i 不能跃变，必定是时间的连续函数。

3. 电感的功率和储能：
$$p = ui = L \frac{di}{dt} \cdot i$$

- (1) 电感的储能只与当时的电流值有关，电感电流不能跃变，反映了储能不能跃变；
- (2) 电感储存的能量一定大于或等于零。

电感能在一段时间内吸收外部供给的能量转化为磁场能量储存起来，在另一段时间内又把能量释放回电路，因此电感元件是无源元件、是储能元件，它本身不消耗能量。

6.3 电容、电感元件的串联与并联

电容的串联

电容的并联 章节名称	7.1 动态电路的方程及其初始条件	
电感的串联 电感的并联	$C_{eq} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$ $L_{eq} = L_1 + L_2 + \cdots + L_n$ $\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \cdots + \frac{1}{L_n}$	
版板 书设 计	左主板	右副板
复习巩固 作业要求		
教 后 记		

教学目的 章节名称	了解动态电路的方程，掌握初始条件的确定 7.2 一阶电路的零输入响应		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	初始条件的确定	难点	初始条件的确定
教 学 过 程			
<p>7.1 动态电路的方程及其初始条件</p> <p>1. 动态电路：含有动态元件电容或电感的电路称动态电路。 当动态电路状态发生改变时（换路）需要经历一个变化过程才能达到新的稳定状态。这个变化过程称为电路的过渡过程。 换路：电路结构、状态发生变化—支路接入或断开、电路参数变化 过渡过程产生的原因：电路内部含有储能元件 L、C，电路在换路时能量发生变化，而能量的储存和释放都需要一定的时间来完成。</p> <p>2. 动态电路的方程：（1）描述动态电路的电路方程为微分方程；（2）动态电路方程的阶数</p> <p>3. 换路定律：n 等于电路中动态元件的个数； 换路瞬间，若电容电流保持为有限值，则电容电压（电荷）换路前后保持不变。 $u_C(0_+) = u_C(0_-) \quad q(0_+) = q(0_-)$ 换路瞬间，若电感电压保持为有限值，则电感电流（磁链）换路前后保持不变。 $i_L(0_+) = i_L(0_-) \quad \psi_L(0_+) = \psi_L(0_-)$ 注意：（1）电容电流和电感电压为有限值是换路定律成立的条件。 （2）换路定律反映了能量不能跃变。</p> <p>4. 电路初始值的确定 （1）由换路前电路（一般为稳定状态）求 $u_C(0_-)$ 或 $i_L(0_-)$（2）由换路定律得 $u_C(0_+)$ 或 $i_L(0_+)$ （3）画 0_+ 等效电路。a. 换路后的电路 b. 电容（电感）用电压源（电流源）替代。 （4）由 0_+ 电路求所需各变量的 0_+ 值。</p>			
复习巩固			
作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	掌握一阶电路的零输入响应 7.3 一阶电路的零状态响应		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	一阶电路的零输入响应	难点	
教 学 过 程			
<p>7.2 一阶电路的零输入响应</p> <p>零输入响应：换路后外加激励为零，仅由动态元件初始储能所产生的电压和电流。</p> <p>1. RC 电路的零输入响应</p> <p>(1) 电压、电流是随时间按同一指数规律衰减的函数；</p> <p>(2) 响应与初始状态成线性关系，其衰减快慢与 RC 有关； $\tau = RC$ 的大小反映了电路过渡过程时间的长短</p> <p>(3) 能量关系：电容不断释放能量被电阻吸收，直到全部消耗完毕。</p> <p>2. RL 电路的零输入响应</p> <p>(1) 电压、电流是随时间按同一指数规律衰减的函数；</p> <p>(2) 响应与初始状态成线性关系，其衰减快慢与 L/R 有关；</p> <p>$\tau = L/R$，称为一阶 RL 电路时间常数，反映了电路过渡过程时间的长短。</p> <p>(3) 能量关系：电感不断释放能量被电阻吸收，直到全部消耗完毕。</p>			
板书 设计	左主板	右副板	
复习巩固 作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	掌握一阶电路的零输入响应，熟悉电路在正弦电压激励下的零状态响应 7.4 一阶电路的全响应		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	一阶电路的零输入响应	难点	电路在正弦电压激励下的零状态响应
教 学 过 程			
<p>7.3 一阶电路的零状态响应</p> <p>动态元件初始能量为零，由 $t > 0$ 电路中外加输入激励作用所产生的响应。</p> <p>1. RC 电路的零状态响应</p> <p>(1) 电压、电流是随时间按同一指数规律变化的函数；</p> <p> 电容电压由两部分构成：</p> <p> 稳态分量（强制分量）+ 暂态分量（自由分量）</p> <p>(2) 响应变化的快慢，由时间常数 $\tau = RC$ 决定；</p> <p>(3) 响应与外加激励成线性关系；</p> <p>(4) 能量关系：电源提供的能量一半消耗在电阻上，一半转换成电场能量储存在电容中。</p> <p>2. RL 电路的零状态响应</p> <p>3. RL 电路在正弦电压激励下的零状态响应</p>			
板书 设计	左主板	右副板	
复习巩固 作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	掌握一阶电路的全响应 7.5 二阶电路的零输入响应		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	一阶电路的全响应 (三要素法)	难点	换路后等效电路求解
教 学 过 程			
<p>7.4 一阶电路的全响应 电路的初始状态不为零, 同时又有外加激励源作用时电路中产生的响应。</p> <p>1. 全响应 $u_c = U_s + Ae^{-\frac{t}{\tau}} = U_s + (U_0 - U_s)e^{-\frac{t}{\tau}} \quad t \geq 0$</p> <p>2. 全响应的两种分解方式 (1) 着眼于电路的两种工作状态: 全响应 = 强制分量 (稳态解) + 自由分量 (暂态解) (2) 着眼于因果关系 $u_c = U_s(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (t \geq 0)$</p> <p>全响应 = 零状态响应 + 零输入响应</p> <p>3. 三要素法分析一阶电路 $f(t) = f(\infty) + [f(0^+) - f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$</p> <p>三要素 $\begin{cases} f(\infty) & \text{稳态解} & \text{用 } t \rightarrow \infty \text{ 的稳态电路求解} \\ f(0^+) & \text{初始值} & u_c(0^+), i_L(0^+) \text{ 用 } 0^- \text{ 等效电路求解,} \\ & & \text{其它用 } 0^+ \text{ 等效电路求解} \\ \tau & \text{时间常数} & \text{换路后的等效电路求解} \end{cases}$</p> <p>分析一阶电路问题转为求解电路的三个要素的问题</p>			
板书	左主板	右副板	
设计			
复习巩固			
作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	了解二阶电路的零输入响应 7.6 二阶电路的零状态响应和全响应		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	二阶电路的零输入响应	难点	
教 学 过 程			
7.5 二阶电路的零输入响应			
1. 二阶电路的零输入响应			
2. 零状态响应的三种情况			
$R > 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad \text{二个不等负实根} \quad u_c = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t}$ $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad \text{二个相等负实根} \quad u_c = A e^{-\delta t} \sin(\omega t + \beta)$ $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad \text{二个共轭复根} \quad u_c = A_1 e^{-\delta t} + A_2 t e^{-\delta t}$			
由初始条件 $\begin{cases} u_c(0^+) \\ \frac{du_c}{dt}(0^+) \end{cases}$ 定常数			
板书 设计	左主板	右副板	
复习巩固 作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	了解二阶电路的零状态响应和全响应 7.7 一阶电路和二阶电路的阶跃响应		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点		难点	二阶电路的零状态响应和全响应
教 学 过 程			
7.6 二阶电路的零状态响应和全响应			
1. 零状态响应			
$u_c = E + A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t} \quad (p_1 \neq p_2)$ $u_c = E + A_1 e^{-\delta t} + A_2 t e^{-\delta t} \quad (P_1 = P_2 = -\delta)$ $u_c = E + A e^{-\delta t} \sin(\omega t + \beta) \quad (P_{1,2} = -\delta \pm j\omega)$			
由初值 $\begin{cases} u_c(0^+) \\ \frac{du_c}{dt}(0^+) \end{cases}$ 确定二个常数			
2 二阶电路的全响应			
(1) 列微分方程			
(2) 求特解			
(3) 求通解			
(4) 定常数			
板书	左主板	右副板	
设计			
复习巩固			
作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	熟悉一阶电路和二阶电路的阶跃响应 7.8 一阶电路和二阶电路的冲激响应		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	一阶电路和二阶电路的阶跃响应	难点	一阶电路和二阶电路的阶跃响应
教 学 过 程			
<p>7.7 一阶电路和二阶电路的阶跃响应</p> <p>阶跃响应: 单位阶跃函数输入的零状态响应</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 单位阶跃函数 $\varepsilon(t)$, 延时单位阶跃函数 $\varepsilon(t-t_0)$ 2. 阶跃函数表示电源作用 3. 阶跃函数可用来“起始”任意一个 $f(t)$ 4. 阶跃函数和延时阶跃函数可表示分段常量信号、脉冲串等 <p>阶跃响应</p> <p>零状态网络的阶跃响应为 $y(t) \varepsilon(t)$ 时, 则延时 t_0 的阶跃响应为 $y(t-t_0) \varepsilon(t-t_0)$.</p>			
板书 设计	左主板	右副板	
复习巩固 作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	了解一阶电路和二阶电路的冲激响应 8 相量法		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	一阶电路的冲激响应	难点	二阶电路的冲激响应
教 学 过 程			
<p>7.8 一阶电路和二阶电路的冲激响应</p> <p>一. 冲激函数</p> <p>1. 单位冲激函数 $\delta(t)$ 是一种奇异函数, 又称为狄拉克 (Dirac) 函数</p> <p>二. 冲激函数的性质</p> <p>1. 冲激函数是阶跃函数的导数</p> <p>2. 筛分性</p> <p>3 单位阶跃函数与单位冲激函数关系</p> <p>三、RC 电路冲激响应</p> <p>1. 为零状态响应</p> <p>2. $t \geq 0+$ 后 $\delta(t) = 0$, 所以可视为 $u_C(0+) = 1/C$ 的零输入响应</p> <p>四、RL 电路冲激响应</p> <p>五、二阶电路的冲激响应</p>			
板书 设计	左主板	右副板	
复习巩固 作业要求			
教 后 记			

教学目的	熟悉正弦量的基本概念，正弦量的相量表示，掌握电路定理的相量形式		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	正弦量的表示法、相位差，正弦量的相量表示，电路定理的相量形式	难点	
教 学 过 程			
8.1 正弦量的基本概念			
1. 正弦量	$\dot{U} = -j \frac{1}{\omega C} \dot{I} = -jX_C \dot{I}$		
2. 正弦量的三要素			
3. 同频率正弦量的相位差 (phase difference)			
4. 周期性电流、电压的有效值			
8.2 正弦量的相量表示	$I \stackrel{\text{def}}{=} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}$		
1. 问题的提出：因同频的正弦量相加仍得到同频的正弦量，所以，只要确定初相位和有效值(或最大值)就行了。一个复数的极坐标形式包含了模和辐角，因此：正弦量 \longleftrightarrow 复数			
2. 复数及运算			
(1) 加减运算——采用代数形式			
(2) 乘除运算——采用极坐标形式			
(3) 旋转因子			
3. 正弦量的相量表示	$u(t) = \sqrt{2}U \cos(\omega t + \theta) \Leftrightarrow \dot{U} = U \angle \theta$		
4. 相量法的应用			
(1) 同频率正弦量的加减：故同频正弦量相加减运算变成对应相量的相加减运算。			
(2) 正弦量的微分，积分运算			
相量法的优点			
(1) 把时域问题变为复数问题；			
(2) 把微积分方程的运算变为复数方程运算；			
(3) 可以把直流电路的分析方法直接用于交流电路。			
8.3 电路定理的相量形式			
1. 电阻元件 VCR 的相量形式	$\dot{I} = I \angle \phi_i$ $\dot{U}_R = RI \angle \phi_i$		
2. 电感元件 VCR 的相量形式	$\dot{I} = I \angle \phi_i \quad \dot{U}_L = \omega LI \angle (\phi_i + \pi/2)$ $\dot{U}_L = j\omega L \dot{I} = jX_L \dot{I}$		
3. 电容元件 VCR 的相量形式			

$$\dot{U} = U \angle \phi_u \quad \dot{I}_C = \omega C U \angle (\phi_u + \pi/2)$$

章节名称

9.1 阻抗和导纳 9.2 阻抗（导纳）的串联和并联 9.3 正弦稳态电路的分析

4. 基尔霍夫定律的相量形式

板书
设计

左主板

右副板

复习巩固

作业要求

教
后
记

教学目的	掌握阻抗和导纳、正弦稳态电路的分析，了解阻抗（导纳）的串联和并联		
时间安排	时间：	地点：	
教学重点	阻抗和导纳、正弦稳态电路的分析	难点	正弦稳态电路的分析

教 学 过 程

9.1 阻抗和导纳 $Y = \sum_{k=1}^n Y_k = \sum_{k=1}^n (G_k + jB_k)$

1. 阻抗 定义阻抗 $Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U \angle \phi_u}{I \angle \phi_i} = |Z| \angle \phi_z$

2. RLC 串联电路

$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C} = R + jX = |Z| \angle \phi_z$$

Z—复阻抗；R—电阻(阻抗的实部)；X—电抗(阻抗的虚部)；
|Z|—复阻抗的模； ϕ_z —阻抗角。

分析 R、L、C 串联电路得出：

(1) $Z = R + j(\omega L - 1/\omega C) = |Z| \angle \phi_z$ 为复数，故称复阻抗
(2) $\omega L > 1/\omega C$ ， $X > 0$ ， $\phi_z > 0$ ，电路为感性，电压领先电流
(3) $\omega L < 1/\omega C$ ， $X < 0$ ， $\phi_z < 0$ ，电路为容性，电压落后电流
(4) $\omega L = 1/\omega C$ ， $X = 0$ ， $\phi_z = 0$ ，电路为电阻性，电压与电流同相

3. 导纳 正弦稳态情况下 定义导纳 $Y = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = |Y| \angle \phi_y$

4. RLC 并联电路

$$Y = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = G + j\omega C - j\frac{1}{\omega L} = G + jB = |Y| \angle \phi_y$$

(1) $Y = G + j(\omega C - 1/\omega L) = |Y| \angle \phi_y$ 为复数，故称复导纳；
(2) $\omega C > 1/\omega L$ ， $B > 0$ ， $\phi_y > 0$ ，电路为容性，电流超前电压
(3) $\omega C < 1/\omega L$ ， $B < 0$ ， $\phi_y < 0$ ，电路为感性，电流落后电压；
(4) $\omega C = 1/\omega L$ ， $B = 0$ ， $\phi_y = 0$ ，电路为阻性，电流与电压同相

Y — 复导纳；G — 电导分量；B — 电纳分量；
|Y| — 导纳模； ϕ_y — 导纳角。

5. 复阻抗和复导纳的等效互换
一般情况 $G \neq 1/R, B \neq 1/X$ 。若 Z 为感性， $X > 0$ ，则 $B < 0$ ，即仍为感性。

9.2 阻抗（导纳）的串联和并联

1. 阻抗的串联 $Z = \sum_{k=1}^n Z_k = \sum_{k=1}^n (R_k + jX_k)$

2. 导纳的并联

9.3 正弦稳态电路的分析

章节名称	9.4 正弦稳态电路的功率
------	---------------

<p>电阻电路：</p> $\left\{ \begin{array}{l} \text{KCL: } \sum i = 0 \\ \text{KVL: } \sum u = 0 \\ \text{元件约束关系: } u = Ri \end{array} \right.$	<p>正弦电路相量分析：</p> $\left\{ \begin{array}{l} \text{KCL: } \sum \dot{i} = 0 \\ \text{KVL: } \sum \dot{U} = 0 \\ \text{元件约束关系: } \dot{U} = Z\dot{I} \end{array} \right.$ <p style="text-align: center;">或 $\dot{I} = Y\dot{U}$</p>	<p>二者依据的电路定律是相似的。只要作出正弦稳态电路的相量模型，便可将电阻电路的分析方法推广应用于正弦稳态电路的相量分析中。</p>
--	---	---

板书设计	左主板	右副板
------	-----	-----

复习巩固	
作业要求	

教后记	
-----	--

教学目的	了解瞬时功率掌握平均功率无功功率视在功率熟悉功率因数提高		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	正弦稳态电路的功率分析	难点	功率因数提高

教 学 过 程

9.4 正弦稳态电路的功率

1. 瞬时功率 (instantaneous power)

第一种分解方法: $p(t) = UI[\cos \varphi + \cos(2\omega t - \varphi)]$

第二种分解方法: $p(t) = UI \cos \varphi(1 - \cos 2\omega t) + UI \sin \varphi \sin 2\omega t$

2. 平均功率 P (average power)

$$P = UI \cos \varphi$$

功率因数角 $\varphi = \phi_u - \phi_i$

功率因数 $\cos \varphi$

平均功率实际上是网络内电阻消耗的功率, 亦称为有功功率。表示电路实际消耗的功率, 它不仅与电压电流有效值乘积有关, 而且与 \cos 有关, 这是交流和直流的主要区别, 主要由于电压、电流存在相位差。

3. 无功功率 Q (reactive power)

$$\overset{\text{def}}{Q} = UI \sin \varphi$$

$Q > 0$, 表示网络吸收无功功率;

$Q < 0$, 表示网络发出无功功率。

Q 的大小反映网络与外电路交换功率的大小。是由储能元件 L、C 的性质决定的。

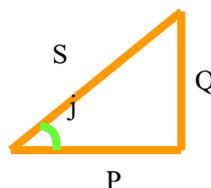
4. 视在功率 S

反映电气设备的容量。

$$\overset{\text{def}}{S} = UI \quad \text{单位: VA (伏安)}$$

有功, 无功, 视在功率的关系:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$



功率三角

5. R、L、C 元件的有功功率和无功功率

6. 功率因数提高

功率因数低带来的问题

(1) 设备不能充分利用

(2) 线路压降损耗大	
当输出相同的有功功率时，线路上电流大。	
解决名称 9.15 最大功率传输	最大功率传输 (2) 改进自身设备 (3) 并联电容，提高功率因数。
板书 设计	左主板 右副板
复习巩固 作业要求	
教 后 记	

教学目的 章节名称	掌握复功率最大功率传输 含有耦合电感的电路		
时间安排	时间：		地点：
教学重点	复功率	难点	复功率
教 学 过 程			
<p>9.5 复功率 $\bar{S} = \dot{U}\dot{I}^*$ 单位 VA</p> <p>1. 复功率</p> <p>(1) 是复数，而不是相量，它不对应任意正弦量；</p> <p>(2) 把 P、Q、S 联系在一起它的实部是平均功率，虚部是无功功率，模是视在功率；</p> <p>(3) 复功率满足守恒定理：在正弦稳态下，任一电路的所有支路吸收的复功率之和为零。</p> <p>即 $\sum_{k=1}^b (P_k + jQ_k) = \sum_{k=1}^b \bar{S}_k = 0$</p> <p>9.6 最大功率传输</p> <p>负载上获得最大功率的条件 $Z = Z_{eq}^*$</p> <p>最大功率 $P_{max} = \frac{U_{oc}^2}{4R_{eq}}$</p>			
板书 设计	左主板	右副板	
复习巩固 作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	掌握耦合电感、理想变压器两元件的定义、性质和电压电流关系 11.1 串联电路的谐振 10.2 并联电路的谐振		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	互感和互感电压有互感电路的计算空心变压器和理想变压器	难点	互感电压及其方向
教 学 过 程			
<p>10.1 互感</p> <p>1. 互感</p> <p>2、互感线圈的伏安特性</p> <p>3. 耦合系数 (coupling coefficient) k:</p> <p>10.2 含有耦合电感电路的计算</p> <p>1. 耦合电感的串联: (1) 顺接串联 (2) 反接串联</p> <p>2. 耦合电感的并联: (1) 同侧并联 (2) 异侧并联</p> <p>3. 耦合电感的 T 型等效: (1) 同名端为共端的 T 型去耦等效 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (2) 异名端为共端的 T 型去耦等效</p> <p>4. 有互感电路的计算</p> <p>10.3 变压器原理 (空心变压器电路)</p> <p>10.4 理想变压器</p> <p>1. 理想变压器的三个理想化条件: (1) 无损耗 (2) 全耦合 (3) 参数无限大</p> <p>2. 理想变压器的主要性能: (1) 变压关系 (2) 变流关系 (3) 变阻抗关系 (4) 功率性质</p>			
板书	左主板	右副板	
设计			
复习巩固			
作业要求			
教 后 记			

教学目的 章节名称	掌握串联、并联电路的谐振概念了解串、并联电路的频率响应 12 三相电路		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	串联、并联电路的谐振概念	难点	串、并联电路的频率响应
教 学 过 程			
<p>11.1 串联电路的谐振</p> <p>一. 概念</p> <p>谐振现象是电路的一种特殊工作状态</p> <p>当 $\omega = \omega_0$ 时, $X(\omega_0) = 0$, \dot{U} 和 \dot{I} 同相, Z 最小。</p> <p>串联谐振频率: 串联谐振频率由电路参数 L、C 决定, 与电阻无关。 要想改变谐振频率, 只需改变 L 或 C 即可。</p> <p>二. 串联谐振的特征</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 谐振阻抗 2. 谐振电流: 在输入电压有效值 U 不变的情况下, 电流 I 和 UR 为最大。 3. 电压谐振: 4. 品质因数 5. 谐振时的功率 6. 谐振时能量 <p>三. 频率特性</p> <p>10.2 并联电路的谐振</p>			
(2) 线电压大小	左主板 等于相电压的 $\sqrt{3}$ 倍, 即 $U_l = \sqrt{3}U_p$ 。右副板		
复习巩固			
作业要求			
教 后 记			

$$P = 3 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} U_l I_l \cos\varphi = \sqrt{3} U_l I_l \cos\varphi$$

教学目的	掌握三相电路的基本概念、对称三相电路的分析、三相电路的功率了解不对称三相电路的概念		
时间安排	时间:	地点:	
教学重点	三相电路的基本概念、对称三相电路的分析、三相电路的功率	难点	三相电路的功率

教 学 过 程

12.1 三相电路 $Q = 3U_p I_p \sin\varphi = \sqrt{3}U_l I_l \sin\varphi$

1. 对称三相电路

- (1) 瞬时值表达式
- (2) 波形图
- (3) 相量表示
- (4) 对称三相电源的特点

2. 三相电源的联接

- (1) 星形联接 (Y 型联接)
- (2) 三角形联接 (Δ 联接)

3. 三相负载及其联接

4. 三相电路

12.2 对称三相电路电压与电流的关系

1. Y 联接

- (1) 相电压对称, 则线电压也对称。

- (3) 线电压相位领先对应相电压 30° 。

2. Δ 联接

3. 相电流和线电流的关系

12.3 对称三相电路的计算

1. Y-Y 联接 (三相三线制)

2. Y-Δ 联接

12.3 不对称三相电路的概念

12.4 三相电路的功率

1. 对称三相电路功率的计算

- (1) 平均功率

- (2) 无功功率

(3) 视在功率

(4) 对称三相负载的瞬时功率

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3U_p I_p = \sqrt{3}U_l I_l$$

2. 三相功率的测量

(1) 三表法

(2) 二表法

$$p = p_A + p_B + p_C = 3UI \cos \varphi$$

板书 设计	左主板	右副板
复习巩固 作业要求		
教 后 记		