

www.hustpas.com

2008

主编 吉崇庆

全国注册电气工程师 执业资格考试

辅导教材 专业基础部分

特提供网站增值服务

 **edu24ol**
com
环球职业教育在线

《华中科技大学出版社

中国·武汉

全国注册电气工程师执业资格考试 辅导教材

——专业基础部分

主 编 吉崇庆
副主编 袁世挺 周跃庆
迟长春

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

全国注册电气工程师执业资格考试辅导教材. 专业基础部分/吉崇庆 主编.
—武汉:华中科技大学出版社,2008.6
ISBN 978-7-5609-4599-6

I. 全… II. 吉… III. 电气工程—工程技术人员—资格考核—自学参考资料
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 084597 号

全国注册电气工程师执业资格考试辅导教材
——专业基础部分

吉崇庆 主编

责任编辑:佟 凤

封面设计:张 璐
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)武昌喻家山 邮编:430074
销售电话:(022)60266190 (022)60266199(兼传真)
网 址:www.hustpas.com

录 排:天津市兴科彩印有限公司
印 刷:河北迁安万隆印刷有限公司

开本:787 mm×1092 mm 1/16

印张:30.75

字数:787 千字

版次:2008 年 6 月第 1 版.

印次:2008 年 6 月第 1 次印刷

定价:58.00 元

ISBN 978-7-5609-4599-6/TM·98

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是根据全国勘察设计注册工程师管理委员会公布的《注册电气工程师执业资格专业基础考试大纲》，结合考试方式和其特点，组织有关专家、教授编写的复习参考资料。全书包含相关专业基础四部分内容，即电路与电磁场、模拟电子技术、数字电子技术和电气工程基础。每部分内容之后附有适量的模拟练习题及参考答案，以便于考生练习和掌握相关内容。

全书遵照考试大纲编写，内容全面、难度适宜、联系实际、基本概念清晰，便于读者更深入地理解和掌握有关技术内容，有利于复习与应试。本书可供参加注册电气工程师执业资格考试的考生复习参考，也是本专业相关人员应备的参考书。

前 言

注册电气工程师是经全国考试合格,取得《中华人民共和国注册电气工程师执业资格证书》,并经注册登记取得《中华人民共和国注册电气工程师执业资格注册证书》,从事电气专业工程设计及相关业务的专业技术人员。

注册电气工程师执业资格考试实行全国统一大纲、统一命题的考试制度,为配合注册电气工程师执业资格考试,按照全国勘察设计注册工程师电气专业管理委员会于2004年3月公布的专业基础考试大纲,编写了这本复习教材,以利于相关技术人员进行专业基础部分的考前复习。

本书包含了上述考试大纲要求的四部分内容,即电路与电磁场、模拟电子技术、数字电子技术和电气工程基础。考虑到考生大都是在职人员,工作繁忙,复习时间短,但以前曾系统学习过这些内容,又有一些实践经验,因此在编写中力求做到遵照大纲、内容全面、难度适宜、联系实际、基本概念清晰,便于读者更深入地理解和掌握有关技术内容,有利于复习和应试。在选定模拟练习题时尽量采用实用的考题形式,并刊出参考答案,读者可以从中研习并进一步掌握相关内容,对提高考试成绩会有所帮助。

参与本书各部分的编写人员为:电路与电磁场由迟长春编写,模拟电子技术、数字电子技术由周跃庆、任英玉、李斌、王萍、范娟、吕伟杰编写,电气工程基础由吉崇庆、袁世挺、龙家聪编写。

由于水平有限,本书的编写过程中难免有所疏漏,请读者指正。

编者

2008年2月

10 电路与电磁场	(1)
【考试大纲】	(1)
【复习内容】	(2)
10.1 电路的基本概念和基本定律	(2)
10.1.1 理想电路元件	(2)
10.1.2 电流、电压的参考方向	(6)
10.1.3 基尔霍夫定律	(7)
10.2 电路的分析方法	(11)
10.2.1 常用的电路等效变换方法	(11)
10.2.2 节点方程的列写方法及其求解电路	(13)
10.2.3 回路方程的列写方法	(13)
10.2.4 叠加定理、戴维南定理和诺顿定理	(14)
10.3 正弦电流电路	(25)
10.3.1 正弦量的三要素和有效值	(25)
10.3.2 电感和电容元件电流、电压关系的相量形式及基尔霍夫定律的相量形式	(25)
10.3.3 阻抗、导纳、有功功率、无功功率、视在功率和功率因数	(27)
10.3.4 正弦电流电路分析的相量方法	(28)
10.3.5 频率特性概念	(29)
10.3.6 三相电路中电源和负载的连接方式及相电压、相电流、线电压、线电流、三相功率的概念和关系	(30)
10.3.7 对称三相电路分析的相量方法	(32)
10.3.8 不对称三相电路的概念	(33)
10.4 非正弦周期电流电路	(43)
10.4.1 非正弦周期量的傅立叶级数分解方法	(43)
10.4.2 非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率的定义和计算方法	(45)
10.4.3 非正弦周期电路的分析方法	(45)
10.5 简单动态电路的时域分析	(49)
10.5.1 换路定则和电压、电流初始值的确定	(50)
10.5.2 一阶动态电路分析的基本方法	(50)
10.5.3 二阶电路分析的基本方法	(55)
10.6 静电场	(63)
10.6.1 电场强度、电位	(63)
10.6.2 用高斯定律计算具有对称性分布的静电场问题	(69)
10.6.3 静电场边值问题的镜像法和电轴法	(71)
10.6.4 电场力及其计算	(76)
10.6.5 电容和部分电容简单形状电极结构电容的计算	(77)

10.7 恒定电场	(86)
10.7.1 恒定电流、恒定电场和电流密度	(86)
10.7.2 欧姆定律和焦耳定律的微分形式, 恒定电场的基本方程组和分界面上的衔接条件	(87)
10.7.3 电导和接地电阻	(89)
10.8 恒定磁场	(91)
10.8.1 磁感应强度、磁化强度、磁场强度	(91)
10.8.2 恒定磁场中的基本方程和分界面上的衔接条件	(93)
10.8.3 自感与互感	(94)
10.8.4 磁场能量和磁场力	(96)
10.9 均匀传输线	(101)
10.9.1 均匀传输线的基本方程和正弦稳态分析方法	(101)
10.9.2 均匀传输线的特性阻抗和阻抗匹配	(105)
11 模拟电子技术	(149)
【考试大纲】	(149)
【复习内容】	(150)
11.1 半导体及二极管	(150)
11.1.1 半导体	(150)
11.1.2 二极管和稳压管特性及参数	(151)
11.2 放大电路基础	(155)
11.2.1 基本放大电路	(155)
11.2.2 放大电路的分析方法	(157)
11.2.3 放大电路的频率特性	(168)
11.2.4 反馈的概念、极性; 四种反馈类型的电路分析和电压串联负反馈的计算	(171)
11.2.5 正、负反馈的特点, 不同反馈类型对性能的影响, 自激的原因及条件	(175)
11.2.6 消除自激的方法, 去耦电路	(176)
11.3 线性集成运算放大器和运算电路	(177)
11.3.1 差动放大电路的工作原理; 差模、共模、零漂的概念, 静态及动态的分析计算; 输入输出的相位关系; 零漂抑制原理	(177)
11.3.2 集成运放的特点及组成, 复合管的正确接法及等效参数的计算, 恒流源作有源负载和偏置电路, 集成运放的主要参数	(181)
11.3.3 多级放大电路的耦合方式及频率响应	(185)
11.3.4 理想运放的分析方法及基本运算电路	(187)
11.3.5 实际运放电路的分析; 对数和指数运算电路	(192)
11.3.6 模拟乘法器的工作原理及应用举例	(194)
11.4 信号处理电路	(196)
11.4.1 滤波器的概念和一阶 RC 有源滤波器	(196)
11.4.2 二阶 RC 有源滤波器	(199)
11.4.3 采样—保持电路	(200)

11.4.4	电压比较器	(201)
11.5	信号发生电路	(205)
11.5.1	产生正弦波自激振荡的条件	(205)
11.5.2	RC 文氏电桥正弦波振荡电路	(205)
11.5.3	LC 正弦波振荡电路	(207)
11.5.4	石英晶体振荡电路	(208)
11.5.5	各种正弦波振荡器的使用场合	(210)
11.5.6	方波发生电路和锯齿波发生电路	(210)
11.5.7	压控振荡器	(211)
11.6	功率放大电路	(212)
11.6.1	功率放大电路特点及互补推挽功率放大电路	(212)
11.6.2	集成功率放大电路	(215)
11.6.3	自举电路及功率管选择	(216)
11.7	直流稳压电源	(217)
11.7.1	桥式整流及滤波电路	(217)
11.7.2	稳压电路	(218)
11.7.3	倍压整流电路	(221)
12	数字电子技术	(232)
	【考试大纲】	(232)
	【复习内容】	(233)
12.1	数字电路基础	(233)
12.1.1	基本概念	(233)
12.1.2	数制和码制	(233)
12.1.3	半导体器件的开关特性	(236)
12.1.4	三种基本逻辑关系及其表达方法	(238)
12.2	集成逻辑门电路	(240)
12.2.1	TTL 逻辑门电路	(240)
12.2.2	MOS 门电路	(244)
12.3	逻辑代数基础及逻辑函数化简	(248)
12.3.1	逻辑代数基本运算关系	(248)
12.3.2	逻辑代数的基本公式和定理	(250)
12.3.3	逻辑函数的建立和表达方法及其相互转换	(251)
12.3.4	逻辑函数的最小项和最大项及标准与或式	(252)
12.3.5	逻辑函数的代数化简法	(253)
12.3.6	逻辑函数的卡诺图及其化简法	(254)
12.4	集成组合逻辑电路	(257)
12.4.1	组合逻辑电路的特点	(257)
12.4.2	组合逻辑电路分析和设计	(257)
12.4.3	编码器	(259)
12.4.4	译码器	(260)
12.4.5	加法器	(263)

12.4.6	数值比较器	(264)
12.4.7	数据选择器与数据分配器	(266)
12.4.8	半导体存储器	(267)
12.4.9	可编程逻辑阵列(PLA)	(269)
12.5	触发器	(270)
12.5.1	触发器逻辑功能	(270)
12.5.2	触发器时钟脉冲的触发方式	(276)
12.5.3	触发器逻辑功能的转换	(276)
12.5.4	CMOS 触发器	(277)
12.6	时序逻辑电路	(278)
12.6.1	时序逻辑电路的特点、组成及功能的描述方法	(278)
12.6.2	时序电路的分析方法	(281)
12.6.3	计数器的基本概念和分类	(284)
12.6.4	二进制计数器(同步和异步)逻辑电路分析	(285)
12.6.5	寄存器	(289)
12.6.6	顺序脉冲发生器	(294)
12.7	脉冲信号的产生	(297)
12.7.1	矩形脉冲信号的基本特性和参数	(297)
12.7.2	由门电路组成的多谐振荡器、单稳态触发器和施密特触发器	(297)
12.8	数模(D/A)和模数(A/D)转换器	(304)
12.8.1	数模转换器(DAC)	(304)
12.8.2	模数转换器(ADC)	(307)
12.8.3	典型集成数模和模数转换器	(309)
12.8.4	采样和保持电路	(311)
13	电气工程基础	(324)
	【考试大纲】	(324)
	【复习内容】	(326)
13.1	电力系统基本知识	(326)
13.1.1	电力系统的组成	(326)
13.1.2	电力系统运行的特点及其应满足的基本要求	(326)
13.1.3	电力系统的接线方式和电压等级	(327)
13.1.4	电力网中性点接地方式	(328)
13.2	电力线路、变压器的参数及等值电路	(329)
13.2.1	输电线路的参数与等值电路	(329)
13.2.2	双绕组变压器的等值电路及其参数计算	(331)
13.2.3	三绕组变压器(包括自耦变压器)的等值电路及其参数计算	(332)
13.2.4	电网等值电路及其标么值参数计算	(335)
13.3	简单电网的潮流计算	(339)
13.3.1	电压降落、电压损耗和功率损耗	(339)
13.3.2	简单电网的潮流计算	(340)
13.3.3	输电线路中功率的流向与电压相角和幅值的关系	(347)

13.3.4 输电线路的空载与负载运行特性	(348)
13.4 无功功率平衡和电压调整	(348)
13.4.1 无功功率平衡的概念及其基本要求	(348)
13.4.2 系统中各类无功电源调节特性	(349)
13.4.3 电力系统电压调整	(350)
13.5 短路电流计算	(356)
13.5.1 短路类型及其危害、短路计算的几点假设,网络的变换与化简	(356)
13.5.2 由无穷大电力系统供电的三相短路电流计算	(358)
13.5.3 由同步发电机供电的三相短路电流计算	(362)
13.5.4 系统各元件的序阻抗和等值电路	(365)
13.5.5 不对称短路的故障边界条件和相应的复合序网及不对称短路的计算	(369)
13.5.6 短路计算中应注意的几个问题的简介	(376)
13.6 变压器	(379)
13.6.1 三相组式变压器和三相芯式变压器	(379)
13.6.2 变压器的额定值	(379)
13.6.3 变压器的变比和参数测定方法	(380)
13.6.4 变压器的工作原理	(380)
13.6.5 变压器的电路平衡方程式及各量含义	(381)
13.6.6 变压器的电压调整率	(384)
13.6.7 变压器空载合闸电流	(385)
13.6.8 变压器的效率计算及变压器有最高效率的条件	(386)
13.6.9 三相变压器连接组别的判断方法	(387)
13.6.10 三相变压器连接组和铁心结构对谐波电流、谐波磁通的影响	(388)
13.6.11 变压器的绝缘系统、冷却方式及允许温升	(389)
13.7 感应电动机	(389)
13.7.1 感应电动机的种类及主要结构	(389)
13.7.2 三相感应电动机的额定值、转差率概念、基本方程式、等效电路及转矩	(390)
13.7.3 感应电动机的三种运行状态及其判断方法	(394)
13.7.4 感应电动机的工作特性	(394)
13.7.5 感应电动机的启动特性	(396)
13.7.6 感应电动机常用的启动方法	(396)
13.7.7 感应电动机常用的调速方法	(397)
13.7.8 转子电阻对电动机转动性能的影响	(398)
13.7.9 电机的发热过程、绝缘系统、允许温升及其确定和冷却方式	(399)
13.7.10 感应电动机拖动的形式及各自的特点	(400)
13.7.11 感应电动机的运行、维护工作要点	(401)
13.8 同步电机	(402)
13.8.1 同步电机的额定值	(402)
13.8.2 同步电机的电枢反应	(402)

13.8.3	同步电机的电枢反应电抗和同步电抗	(405)
13.8.4	同步发电机并入电网的条件和方法	(407)
13.8.5	同步发电机的有功功率及无功功率的调节方法	(408)
13.8.6	同步电动机的运行特性	(409)
13.8.7	同步发电机的绝缘系统、温升要求和冷却方式	(411)
13.8.8	同步发电机的励磁系统	(412)
13.8.9	同步发电机的运行和维护工作要点	(414)
13.9	过电压及防雷保护	(415)
13.9.1	电力系统过电压的种类及其水平	(415)
13.9.2	接地与接地装置	(417)
13.9.3	避雷针、避雷线的保护范围	(419)
13.9.4	避雷器	(421)
13.9.5	输电线路防雷保护	(422)
13.9.6	变电站的防雷保护	(423)
13.9.7	建筑物的防雷保护	(424)
13.10	断路器及其他开关电器	(425)
13.10.1	断路器的作用、功能、分类	(425)
13.10.2	断路器的主要性能与参数的含义	(428)
13.10.3	断路器常用的熄弧方法	(429)
13.10.4	其他开关电气简介	(431)
13.11	互感器	(432)
13.11.1	电流互感器的工作原理、接线形式及负载要求	(432)
13.11.2	电压互感器工作原理、接线形式及负载要求	(435)
13.11.3	各种形式互感器的构造及其性能	(438)
13.12	直流电机	(438)
13.12.1	直流电机的分类	(438)
13.12.2	直流电机的励磁方式	(439)
13.12.3	直流电动机及直流发电机的工作原理	(440)
13.12.4	并励直流发电机建立稳定电压的条件	(443)
13.12.5	直流电动机的机械特性	(443)
13.12.6	直流电动机稳定运行的条件	(445)
13.12.7	直流电动机的启动、调速及制动方法	(446)
13.13	电气主结线	(449)
13.13.1	电气主结线的主要形式及对电气主结线的基本要求	(449)
13.13.2	发电厂和变电所主接线设计一般原则和构成特点及电气主接线限制短路电流的方法	(454)
13.14	电气设备选择	(455)
13.14.1	电气设备选择和校验的基本原则和方法置装置中。	(455)

10 电路与电磁场

【考试大纲】

1 电路的基本概念和基本定律

- 1.1 掌握电阻、独立电压源、独立电流源、受控电压源、受控电流源、电容、电感、耦合电感、理想变压器诸元件的定义、性质
- 1.2 掌握电流、电压参考方向的概念
- 1.3 熟练掌握基尔霍夫定律

2 电路的分析方法

- 2.1 掌握常用的电路等效变换方法
- 2.2 熟练掌握节点电压方程的列写方法,并会求解电路方程
- 2.3 了解回路电流方程的列写方法
- 2.4 熟练掌握叠加定理、戴维南定理和诺顿定理

3 正弦电流电路

- 3.1 掌握正弦量的三要素和有效值
- 3.2 掌握电感、电容元件电流电压关系的相量形式及基尔霍夫定律的相量形式
- 3.3 掌握阻抗、导纳、有功功率、无功功率、视在功率和功率因数的概念
- 3.4 熟练掌握正弦电流电路分析的相量方法
- 3.5 了解频率特性的概念
- 3.6 熟练掌握三相电路中电源和负载的连接方式及相电压、相电流、线电压、线电流、三相功率的概念和关系
- 3.7 熟练掌握对称三相电路分析的相量方法
- 3.8 掌握不对称三相电路的概念

4 非正弦周期电流电路

- 4.1 了解非正弦周期量的傅立叶级数分解方法
- 4.2 掌握非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率的定义和计算方法
- 4.3 掌握非正弦周期电路的分析方法

5 简单动态电路的时域分析

- 5.1 掌握换路定则并能确定电压、电流的初始值
- 5.2 熟练掌握一阶电路分析的基本方法
- 5.3 了解二阶电路分析的基本方法

6 静电场

- 6.1 掌握电场强度、电位的概念
- 6.2 了解应用高斯定律计算具有对称性分布的静电场问题

- 6.3 了解静电场边值问题的镜像法和电轴法,并能掌握几种典型情形的电场计算
- 6.4 了解电场力及其计算
- 6.5 掌握电容和部分电容的概念,了解简单形状电极结构电容的计算
- 7 恒定电场
 - 7.1 掌握恒定电流、恒定电场、电流密度的概念
 - 7.2 掌握微分形式的欧姆定律、焦耳定律、恒定电场的基本方程和分界面上的衔接条件,能正确地分析和计算恒定电场问题
 - 7.3 掌握电导和接地电阻的概念,并能计算几种典型接地电极系统的接地电阻
- 8 恒定磁场
 - 8.1 掌握磁感应强度、磁场强度及磁化强度的概念
 - 8.2 了解恒定磁场的基本方程和分界面上的衔接条件,并能应用安培环路定律正确分析和求解具有对称性分布的恒定磁场问题
 - 8.3 了解自感、互感的概念,了解几种简单结构的自感和互感的计算
 - 8.4 了解磁场能量和磁场力的计算方法
- 9 均匀传输线
 - 9.1 了解均匀传输线的基本方程和正弦稳态分析方法
 - 9.2 了解均匀传输线特性阻抗和阻抗匹配的概念

【复习内容】

10.1 电路的基本概念和基本定律

10.1.1 理想电路元件

1. 线性电阻

定义:线性电阻是一个理想电路元件,在元件上电压 u 与电流 i 符合图 10.1.1 所示方向(又称关联关系)时,将 u 与 i 的比值称为电阻,即 $R = u / i$,且 R 为一正实常数,单位为 Ω (欧姆)。电阻的倒数为电导 G ,单位为 S (西门子)。

性质:①伏安关系符合欧姆定律 $u = Ri$ (或 $U = RI$)。特性曲线见图 10.1.2。

②线性电阻是无源性耗能元件。消耗的功率为

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

单位为 W (瓦)。在 t 时间内消耗的电能为

$$W = UIt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t$$

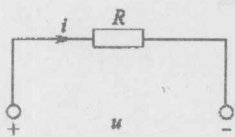


图 10.1.1

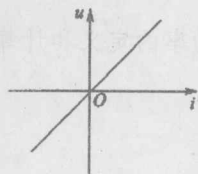


图 10.1.2

单位为 J (焦耳)。

③无记忆性。

④双向性。

2. 独立电压源

定义:独立电压源是一个理想电路元件,见图 10.1.3,元件两端的电压与通过它的电流无关。

性质:①伏安约束关系为

$$\begin{cases} u = u_s \\ i = \text{任意值} \end{cases}$$

其特性曲线见图 10.1.4。

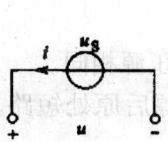


图 10.1.3

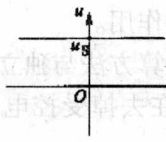


图 10.1.4

②端电压为常数的电压源是直流电压源,用 U_s 表示;
随时间周期变化的电压源为交流电压源,用 u_s 表示。

③耦合电感是电路中的激励源,其电流 I_{u_s} 决定于与它相连接的外电路。

④电压源的功率计算式为 $P_{u_s} = U_s I_{u_s}$,当 U_s 与 I_{u_s} 符合图 10.1.3 所示方向(又称非关联方向)时,两者乘积为正值,则电压源供出功率,为负值时电压源吸收功率。

3. 独立电流源

定义:独立电流源是一个理想电路元件,见图 10.1.5,元件中的电流与它两端的电压无关。

性质:①伏安约束关系为

$$\begin{cases} i = i_s \\ u = \text{任意值} \end{cases}$$

其特性曲线见图 10.1.6。

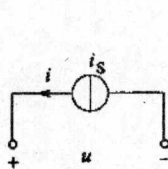


图 10.1.5

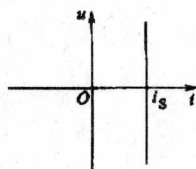


图 10.1.6

②电流为常数的电流源是直流电流源,用 I_s 表示;
随时间周期变化的电流源为交流电流源,用 i_s 表示。

③独立电流源是电路中的激励源,其端电压 U_{i_s} 决定于与它相连接的外电路。

④电流源的功率计算式为 $P_{i_s} = I_s U_{i_s}$ 。当 I_s 与 U_{i_s} 符合图 10.1.5 所示方向(又称非关联方向)时,两者乘积为正值时电流源供出功率,为负值时电流源吸收功率。

4. 受控电压源

定义:受电路中某处电压或电流控制的电压源称为受控电压源。其中,受电压控制的电压源称为电压控制的电压源(VCVS),见图 10.1.7;受电流控制的电压源称为电流控制的电压源(CCVS),见图 10.1.8。受控电压源两端的电压与通过它的电流无关。

性质:①VCVS 的端口约束关系为

$$\begin{cases} u_2 = u_{cs} = \mu u_1 \\ i_2 = \text{任意值} \end{cases}$$

CCVS 的端口约束关系为

$$\begin{cases} u_2 = u_{cs} = r i_1 \\ i_2 = \text{任意值} \end{cases}$$

受控电压源中的电流决定于与其相连接的外电路。两约束关系式中的 μ 和 r 称为控制系数。在 VCVS 中, $\mu = u_2 / u_1$ 称为电压比,为无量纲的常数。在 CCVS 中, $r = u_2 / i_1$ 称为转移电阻,单位为 Ω 。

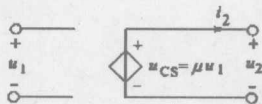


图 10.1.7

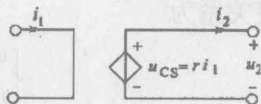


图 10.1.8

②独立电压源不是电路中的激励源,在电路中起参数耦合作用。

③受控电压源可以吸收功率,也可以供出功率。功率的计算方法与独立电压源相同。

④当控制变量 u_1 或 i_1 消失时,受控电压源随之消失,即在去掉受控电压源后原处短路。当控制变量存在时,受控电压源不允许短路。

5. 受控电流源

定义:受控电路中某处电压或电流控制的电流源称为受控电流源。其中,受电压控制的电流源称为电压控制的电流源(VCCS),见图 10.1.9;受电流控制的电流源称为电流控制的电流源(CCCS),见图 10.1.10。受控电流源中的电流与它两端的电压无关。

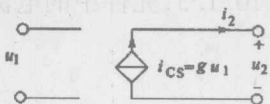


图 10.1.9

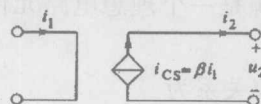


图 10.1.10

性质:①VCCS 的端口约束关系为

$$\begin{cases} i_2 = i_{CS} = g u_1 \\ u_2 = \text{任意值} \end{cases}$$

CCCS 的端口约束关系为

$$\begin{cases} i_2 = i_{CS} = \beta i_1 \\ u_2 = \text{任意值} \end{cases}$$

受控电流源两端的电压决定于与其相连接的外电路。两约束关系式中的 g 和 β 称为控制系数。在 VCCS 中, $g = i_2 / u_1$ 称为转移电导,单位为 S。在 CCCS 中, $\beta = i_2 / i_1$ 称为电流比,为无量纲的常数。

②受控电流源不是电路中的激励源,在电路中起参数耦合作用。

③受控电流源可以吸收功率,也可以供出功率。功率的计算方法与独立电流源相同。

④当控制变量 u_1 或 i_1 消失时,受控电流源随之消失,即在去掉受控电流源后原处开路。当控制变量存在时,受控电流源不允许开路。

6. 线性电容

定义:线性电容是一个理想电路元件,见图 10.1.11,在图中给出的电荷 q 和电压 u_c 的方向下,将 q 与 u_c 之比定义为电容 C ,即 $C = q / u_c$,单位为 F(法拉)。

性质:①线性电容的特性曲线为在 $q - u_c$ 坐标系下过原点的斜直线,见图 10.1.12。

②当两端电压 u_c 和电流 i_c 的参考方向符合图 10.1.11 中的关联方向时,两变量的约束关系为

$$i_c = C \frac{du_c}{dt}$$

③记忆元件。在任何时刻 t ,电容两端的电压 $u_c(t)$ 与初始电压 $u_c(0)$ 和从 0 时刻到 t 所

有电流值有关,即

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i_C d\tau = u_C(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i_C d\tau$$

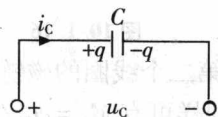


图 10.1.11

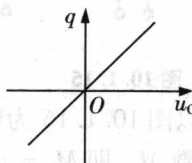


图 10.1.12

④储能元件。在任何时刻 t 电容储存的电场能量为

$$W_C(t) = \frac{1}{2} C u_C^2(t)$$

⑤隔直作用。电容在直流电压 U_C 作用下无电流,相当于开路。

7. 线性电感

定义:线性电感是一个理想电路元件,见图 10.1.13,当磁链 ψ 和电流 i_L 的方向符合右手定则时,将 ψ 与 i_L 之比定义为电感 L ,即 $L = \psi / i_L$,单位为 H(亨利)。

性质:①线性电感的特性曲线为在 $\psi-i_L$ 坐标系下过原点的斜直线,见图 10.1.14。

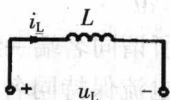


图 10.1.13

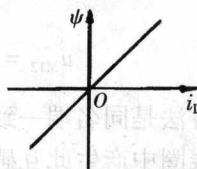


图 10.1.14

②当两端电压 u_L 和电流 i_L 的参考方向符合图 10.1.13 中的关联方向时,两变量的约束关系为

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

③记忆元件。在任何时刻 t ,电感中的电流 $i_L(t)$ 与初始电流 $i_L(0)$ 和从 0 时刻到 t 所有电压值有关,即

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u_L d\tau = i_L(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u_L d\tau$$

④储能元件。在任何时刻 t ,电感储存的磁场能量为

$$W_L(t) = \frac{1}{2} L i_L^2(t)$$

8. 耦合电感

定义:一对具有磁耦合关系电感的整体称为耦合电感,其图形和符号见图 10.1.15。

所谓磁耦合关系,是指由一个电感线圈中电流 i_{L1} 所产生的自感磁通 Φ_{11} 的一部分或全部穿过另一个线圈的现象(见图 10.1.16)。穿过另一个线圈的磁通 Φ_{12} 称为互感磁通。

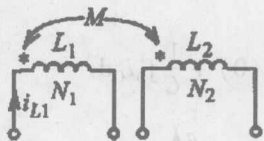


图 10.1.15

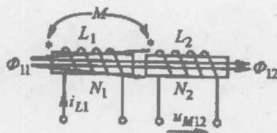


图 10.1.16

性质:①互感系数 M :以图 10.1.16 为例,穿过第二个线圈的磁链 $\psi_{12} = N_2 \Phi_{12}$ 与产生此磁链的电流 i_{L1} 的比为互感系数 M_2 ,即 $M_2 = \psi_{12}/i_{L1}$;同样可有 $M_1 = \psi_{21}/i_{L2}$ 。

可以证明 $M_1 = M_2 = M$ 。

②耦合系数 k :用来表示两线圈磁耦合关系紧密程度的参数。 $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \leq 1$,当 $k=1$ 时称为全耦合。

③互感的标记端:由于分析互感现象时直接与线圈的绕向有关,所以用“*”或“·”表示两线圈的绕向关系;两标记端或两非标记端之间称为同名端,两线圈标记端与非标记端之间称为异名端;标记的原则是,若两线圈都由同名端流进电流,则此两电流产生的磁通是相互增强的。

④互感电压:由交变的互感磁通所产生的电压称为互感电压,在图 10.1.16 中的,由 Φ_{12} 产生的互感电压为

$$u_{M12} = \frac{d\psi_{12}}{dt} = M \frac{di_{L1}}{dt}$$

互感电压方向的判断方法是同名端一致原则。所谓同名端一致原则是,一个线圈上的互感电压的方向与在另一个线圈中产生此互感电压的电流保持同名端一致。也就是说,若产生互感电压的电流由标记端流向非标记端,则在另一个线圈中产生的互感电压也必然由标记端指向非标记端。或电流由非标记端流入,互感电压也必然由非标记端指向标记端。

9. 理想变压器

定义:理想变压器是由实际变压器经过理想化后的二端口器件,见图 10.1.17,即满足无损耗、全耦合且自感和互感均无限大的理想耦合电感。

性质:①理想变压器两线圈的匝数比 $n = N_1/N_2$ 称为变比;

②耦合系数 $k=1$;

$$\textcircled{3} \frac{u_1}{u_2} = \frac{N_1}{N_2} = n;$$

$$\textcircled{4} \frac{i_1}{i_2} = \frac{-1}{n}.$$

重点与难点:

各元件的定义和它们的电压、电流关系是极重要的,应能非常熟练地写出它们的 VAR。

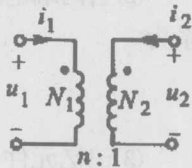


图 10.1.17

10.1.2 电流、电压的参考方向

1. 参考方向

电流的实际方向为正电荷移动的方向。电压的实际方向为电位降的方向。在分析和计算电路之前往往不知它们的实际方向,但电路的定律都是依据电流、电压的实际方向而确定的,