

30306

全国注册电气工程师考试培训教材

注册 电气工程师 执业资格考试 基础考试(下) 复习教程

张炳达 主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

全国注册电气工程师考试培训教材

注册电气工程师执业资格考试基础考试(下)

复习教程

张炳达 主编

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书是依据全国勘察设计注册工程师管理委员会颁布的《注册电气工程师执业资格专业基础考试大纲》编写的复习参考资料。内容涵盖了大纲所作的全部要求,即电路的基本概念、电路的分析方法、正弦电流电路、非正弦周期电流电路、动态电路的时域分析、静电场、恒定电场、均匀传输线、半导体的基本原理、放大电路、运算放大器、信号处理电路、信号发生电路、功率放大电路、直流稳压电源、数字电路基础知识、集成逻辑门电路、时序逻辑电路、数模和模数转换、电力系统基本知识、系统参数与等值电路、电网的潮流计算、无功功率平衡与电压调整、短路电流计算、变压器、感应电动机、同步电机、过电压及绝缘配合、断路器、互感器、直流电机、电气主接线、电气设备选择等。

本书适用于参加注册电气工程师执业资格考试基础考试的应试人员,同时也是本专业相关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

注册电气工程师执业资格考试基础考试(下)复习教程/张炳达主编. —天津:天津大学出版社, 2005. 8
ISBN 7-5618-2173-5

I. 注... II. 张... III. 电气工程—工程师—资格考试—自学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 079784 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨风和
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 33
字 数 826 千
版 次 2005 年 8 月第 1 版
印 次 2005 年 8 月第 1 次
印 数 1 - 3 000
定 价 59.00 元

前 言

注册电气工程师是指经全国考试合格,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,由电气专业委员会负责拟定电气专业考试大纲和命题。为使应试人员在较短时间内全面系统地掌握注册电气工程师执业资格专业基础考试大纲的内容,通过全国注册电气工程师执业资格专业基础考试,特编写此书。编写中,力求做到:内容紧扣考试大纲,既照顾知识的相关性与连续性,又保持各科目的相对独立性和针对性,使应试人员建立完整的知识体系,准确掌握重点内容。书中编有大量的仿真习题和三套模拟试题,期望通过试题的演练提高应试能力。

参加本书编写的主要人员有:姜常珍、钱巨玺、林金海、张耀升、刘绍信、李林川、房大中、张芳、刘怀东、严雪飞、宋文南、张炳达等。在编写过程中,得到很多同行的热情支持和具体帮助,提供了不少宝贵意见和资料,在此致以真诚的谢意。

由于时间仓促,难免挂一漏万,对书中谬误之处,恳请读者批评指正。

编者

2005年7月

目 录

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	(7)
10.1.3 基尔霍夫定律	(8)
10.2 电路的分析方法	(8)
10.2.1 常用的电路等效变换方法	(8)
10.2.2 节点方程的列写方法及其求解电路	(11)
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	(21)
10.3.1 正弦量的三要素和有效值	(21)
10.3.2 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	(22)
10.3.3 阻抗、导纳、有功功率、无功功率、视在功率和功率因数	(23)
10.3.4 正弦电流电路分析的相量方法	(27)
10.3.5 频率特性概念	(30)
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	(31)
10.3.7 对称三相电路分析的相量方法	(33)
10.3.8 不对称三相电路的概念	(37)
10.4 非正弦周期电流电路	(39)
10.4.1 非正弦周期量的傅里叶级数分解方法	(39)
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	(40)
10.4.3 非正弦周期电路的分析方法	(41)
10.5 简单动态电路的时域分析	(44)
10.5.1 换路定则和电压、电流初始值的确定	(44)
10.5.2 一阶动态电路分析的基本方法	(45)
10.5.3 二阶电路分析的基本方法	(53)
10.6 静电场	(55)
10.6.1 电场强度、电位	(55)
10.6.2 用高斯定律计算具有对称性分布的静电场问题	(62)
10.6.3 静电场边值问题的镜像法和电轴法	(67)

10.6.4	电场力及其计算	(75)
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	(81)
10.7.1	恒定电流、恒定电场和电流密度	(81)
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和分界面上的 的衔接条件	(82)
10.7.3	电导和接地电阻	(86)
10.8	恒定磁场	(92)
10.8.1	磁感应强度、磁场强度及磁化强度	(92)
10.8.2	恒定磁场的基本方程和分界面上的衔接条件	(95)
10.8.3	自感与互感	(101)
10.8.4	磁场能量和磁场力	(106)
10.9	均匀传输线	(109)
10.9.1	均匀传输线的基本方程和正弦稳态分析方法	(109)
10.9.2	均匀传输线的特性阻抗和阻抗匹配	(115)
	[仿真习题]	(117)
	[习题答案]	(132)
	[参考书目]	(132)
11	模拟电子技术	(133)
	[考试大纲]	(133)
	[复习内容]	(134)
11.1	半导体及二极管	(134)
11.1.1	PN 结的形成及单向导电性	(134)
11.1.2	二极管和稳压管特性、参数	(135)
11.2	放大电路基础	(137)
11.2.1	基本放大电路	(137)
11.2.2	放大电路的基本分析方法	(139)
11.2.3	放大电路的频率特性	(147)
11.2.4	反馈的概念、类型及极性;电压串联负反馈的分析计算	(148)
11.2.5	正负反馈的特点,不同反馈类型对性能的影响	(151)
11.2.6	自激的原因及条件,消除自激的方法,去耦电路	(152)
11.3	线性集成运算放大器和运算电路	(153)
11.3.1	差动放大电路	(153)
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	(156)
11.3.3	多级放大电路的耦合方式及频率响应	(159)
11.3.4	基本运算电路	(160)
11.3.5	实际运算放大器运算电路的分析	(165)
11.3.6	对数和指数运算电路工作原理,输入输出关系	(166)

11.3.7 乘法器的应用(平方、均方根、除法)	(167)
11.4 信号处理电路	(168)
11.4.1 滤波器	(168)
11.4.2 比较器	(172)
11.4.3 检波器和采样保持电路的工作原理	(173)
11.5 信号发生电路	(174)
11.5.1 产生正弦波自激振荡的条件	(174)
11.5.2 RC 文氏电桥正弦波振荡电路	(174)
11.5.3 LC 正弦波振荡器	(175)
11.5.4 石英晶体振荡电路	(176)
11.5.5 各种正弦波振荡器的使用场合	(177)
11.5.6 方波、三角波、锯齿波发生电路	(177)
11.5.7 压控振荡器	(179)
11.6 功率放大电路	(180)
11.6.1 功率放大电路的特点及互补推挽功率放大电路	(180)
11.6.2 集成功率放大电路的内部组成	(182)
11.6.3 自举电路及功率放大管	(183)
11.7 直流稳压电源	(185)
11.7.1 桥式整流及滤波电路	(185)
11.7.2 串联型稳压电路	(186)
11.7.3 三端集成稳压器	(188)
11.7.4 硅稳压管稳压电路中限流电阻的计算及倍压整流电路工作原理	(190)
[仿真习题]	(191)
[习题答案]	(198)
[参考书目]	(199)
12 数字电子技术	(200)
[考试大纲]	(200)
[复习内容]	(201)
12.1 数字电路基础知识	(201)
12.1.1 数字电路的基本概念	(201)
12.1.2 数制和码制	(201)
12.1.3 半导体器件的开关特性	(205)
12.1.4 三种基本逻辑关系及其表达方式	(208)
12.2 集成逻辑门电路	(209)
12.2.1 TTL 集成逻辑门电路	(209)
12.2.2 MOS 集成逻辑门电路	(213)
12.3 逻辑代数及逻辑函数化简	(219)
12.3.1 逻辑代数的基本运算	(219)
12.3.2 逻辑代数的基本定律和基本定理	(220)

12.3.3	逻辑函数的建立和表达方法	(221)
12.3.4	逻辑函数的标准表达形式	(222)
12.3.5	逻辑函数的化简	(223)
12.4	集成组合逻辑电路	(226)
12.4.1	组合逻辑电路概述	(226)
12.4.2	组合逻辑电路的分析和设计	(226)
12.4.3	编码器	(227)
12.4.4	译码器和显示器	(229)
12.4.5	加法器	(232)
12.4.6	数码比较器	(233)
12.4.7	数据选择器	(235)
12.4.8	数据分配器	(236)
12.4.9	半导体存储器	(236)
12.4.10	可编程逻辑阵列	(238)
12.5	触发器	(240)
12.5.1	RS 触发器	(240)
12.5.2	D 触发器	(243)
12.5.3	主从 JK 触发器	(245)
12.5.4	T 触发器	(247)
12.5.5	触发器时钟脉冲的触发方式	(247)
12.5.6	触发器逻辑功能的转换	(248)
12.5.7	CMOS 触发器	(249)
12.6	时序逻辑电路	(250)
12.6.1	时序逻辑电路的特点及组成	(250)
12.6.2	时序逻辑电路的分析方法	(251)
12.6.3	计数器	(253)
12.6.4	寄存器	(256)
12.6.5	序列信号发生器	(258)
12.7	脉冲波形的产生	(260)
12.7.1	多谐振荡器	(260)
12.7.2	单稳态触发器	(262)
12.7.3	施密特触发器	(264)
12.8	数模(D/A)和模数(A/D)转换	(266)
12.8.1	数模转换器(D/A 转换器)	(266)
12.8.2	模数转换器(A/D 转换器)	(267)
12.8.3	典型集成数模和模数转换器	(270)
12.8.4	采样保持电路	(271)
[仿真习题]		(272)
[习题答案]		(279)

[参考书目]	(280)
13 电气工程基础	(281)
[考试大纲]	(281)
[复习内容]	(283)
13.1 电力系统基本知识	(283)
13.1.1 电力系统运行特点和基本要求	(283)
13.1.2 电能质量各项指标	(284)
13.1.3 电力系统中各种接线方式及特点	(284)
13.1.4 我国电力系统的额定电压	(284)
13.1.5 电力网络中性点运行方式及对应的电压等级	(286)
13.2 电力线路、变压器的参数与等值电路	(287)
13.2.1 输电线路的参数计算及其等值电路	(287)
13.2.2 双绕组变压器的等值电路及其参数计算	(291)
13.2.3 三绕组变压器的等值电路及其参数计算	(292)
13.2.4 电网等值电路及其标幺值参数计算	(294)
13.3 简单电网的潮流计算	(297)
13.3.1 电压降落、电压损耗和功率损耗	(297)
13.3.2 简单电网的潮流计算	(297)
13.3.3 输电线路中功率的流向与电压相角和幅值的关系	(303)
13.3.4 输电线路的空载与负荷运行特性	(304)
13.4 无功功率平衡和电压调整	(304)
13.4.1 无功功率平衡的概念及无功功率平衡的基本要求	(304)
13.4.2 系统中各类无功电源的调节特性	(305)
13.4.3 利用电容器进行补偿调压的原理与方法	(307)
13.4.4 改变变压器变比调压	(311)
13.5 短路电流计算	(314)
13.5.1 实用短路电流计算的近似条件	(314)
13.5.2 简单系统三相短路电流的实用计算方法	(315)
13.5.3 短路容量的概念	(322)
13.5.4 冲击电流、最大有效值电流的定义和关系	(323)
13.5.5 同步发电机、变压器、输电线的正、负、零序等值电路	(324)
13.5.6 简单电网的正、负、零序网络的制定方法	(329)
13.5.7 不对称短路的故障边界条件和相应的复合序网	(333)
13.5.8 不对称短路的电流、电压计算	(337)
13.5.9 电流、电压对称分量经过 Y/Δ-11 变压器后的相位变换	(338)
13.6 变压器	(339)
13.6.1 三相组式变压器及三相芯式变压器结构特点	(339)
13.6.2 变压器的额定值	(339)
13.6.3 变压器的变比和参数的测定方法	(340)
13.6.4 变压器的工作原理	(344)

13.6.5	变压器的电势平衡方程式及各量含义	(345)
13.6.6	变压器的电压调整率	(348)
13.6.7	变压器的空载合闸电流	(348)
13.6.8	变压器的效率	(350)
13.6.9	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	(351)
13.6.10	三相变压器连接组别的判断方法	(352)
13.6.11	变压器的绝缘系统、冷却方式及允许温升	(354)
13.7	感应电动机	(355)
13.7.1	感应电动机的种类及主要结构	(355)
13.7.2	三相感应电动机的额定值、转差率概念、基本方程式、等值电路及转矩	(356)
13.7.3	感应电动机的三种运行状态及其判断方法	(364)
13.7.4	感应电动机的工作特性	(365)
13.7.5	感应电动机的启动特性	(366)
13.7.6	感应电动机常用的启动方法	(367)
13.7.7	感应电动机常用的调速方法	(368)
13.7.8	转子电阻对感应电动机转动性能的影响	(369)
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	(376)
13.7.10	感应电动机拖动的形式及各自的特点	(378)
13.7.11	感应电动机的运行及维护工作要点	(379)
13.8	同步电机	(380)
13.8.1	同步电机的额定值	(380)
13.8.2	同步电机的电枢反应	(381)
13.8.3	同步电机的电枢反应电抗和同步电抗	(383)
13.8.4	同步发电机并入电网的条件和方法	(387)
13.8.5	同步发电机的有功功率及无功功率的调节方法	(388)
13.8.6	同步发电机的运行特性	(390)
13.8.7	同步发电机的绝缘系统、温升要求和冷却方式	(394)
13.8.8	同步发电机的励磁系统	(395)
13.8.9	同步发电机的运行和维护工作要点	(397)
13.9	过电压及绝缘配合	(398)
13.9.1	电力系统过电压的种类	(398)
13.9.2	雷电过电压特性	(398)
13.9.3	接地和接地电阻、接触电压和跨步电压的基本概念	(400)
13.9.4	氧化锌避雷器的基本特性	(401)
13.9.5	避雷针、避雷线的保护范围	(402)
13.10	断路器	(405)
13.10.1	断路器的作用、功能、分类	(405)
13.10.2	断路器的主要性能与参数的含义	(408)
13.10.3	断路器常用的熄弧方法	(409)

13.10.4 断路器的运行和维护工作要点	(411)
13.11 互感器	(416)
13.11.1 电流、电压互感器的工作原理、接线形式及负载要求	(416)
13.11.2 电流、电压互感器在电网中的配置原则与接线形式	(418)
13.11.3 各种形式互感器的构造及性能特点	(420)
13.12 直流电机	(422)
13.12.1 直流电机的分类	(422)
13.12.2 直流电机的励磁方式	(423)
13.12.3 直流电动机及直流发电机的工作原理	(424)
13.12.4 并励直流发电机建立稳定电压的条件	(430)
13.12.5 直流电动机的机械特性	(430)
13.12.6 直流电动机稳定运行的条件	(433)
13.12.7 直流电动机的启动、调速及制动方法	(434)
13.13 电气主接线	(441)
13.13.1 电气主接线的主要形式及对电气主接线的基本要求	(441)
13.13.2 各种主接线中主要电气设备的作用和配置原则	(444)
13.13.3 各电压等级电气主接线限制短路电流的方法	(444)
13.14 电气设备选择	(445)
13.14.1 电气设备选择和校验的基本原则和方法	(445)
13.14.2 硬母线的选择和校验	(446)
[仿真习题]	(448)
[习题答案]	(472)
[参考书目]	(473)
模拟试题及参考答案	(475)
模拟试题(一)	(475)
模拟试题(二)	(484)
模拟试题(三)	(493)
模拟试题(一)参考答案	(501)
模拟试题(二)参考答案	(505)
模拟试题(三)参考答案	(510)

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里叶级数分解方法
 - 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 方向为关联关系时(见图 10.1-1),将 u 与 i 的比值称为电阻,即 $R = u/i$ 。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。

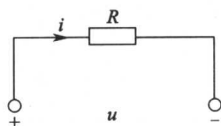


图 10.1-1

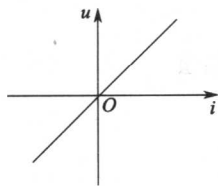


图 10.1-2

②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

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

单位为 J (焦耳)。

③无记忆性。

④双向性。

【例 10.1-1】 某电阻上的电压 $U = 10 \text{ V}$ 、 $I = 5 \text{ A}$ 。求该电阻值、电导值、消耗的电功率和在 1 分钟内消耗的电能。

$$\text{解: } R = \frac{U}{I} = \frac{10}{5} = 2 \, \Omega, \quad G = \frac{I}{U} = \frac{5}{10} = 0.5 \text{ S}$$

$$P = UI = 10 \times 5 = 50 \text{ W}, \quad W = UIt = 10 \times 5 \times 60 = 3000 \text{ J}$$

2. 独立电压源

定义: 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。

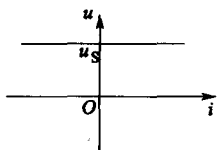


图 10.1-4

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是电路中的激励源, 其电流 I_{US} 决定于与它相连接的外电路。

④电压源的功率计算式为 $P = U_s I_{US}$, 当 U_s 与 I_{US} 符合非关联方向时, 两者乘积为正值, 电压源供出功率, 为负值时电压源吸收功率。

【例 10.1-2】 在图 10.1-5 电路中, $U_s = 10 \text{ V}$, 求该独立电压源供

出的功率。

解: 依非关联方向设定电压源中的电流 I_{US} , 得

$$I_{US} = \frac{U_s}{2 + \frac{4}{2}} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ A}$$

最后得独立电压源供出的功率为

$$P_{US} = U_s I_{US} = 10 \times 2.5 = 25 \text{ W}$$

3. 独立电流源

定义: 是一个理想电路元件, 见图 10.1-6, 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 10.1-7。

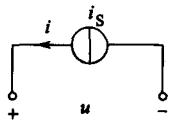


图 10.1-6

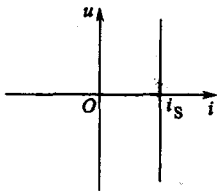


图 10.1-7

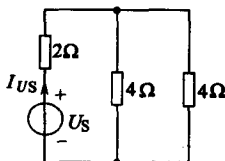


图 10.1-5

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是电路中的激励源, 其端电压 U_s 决定于与它相连接的外电路。

④电流源的功率计算式为 $P_s = I_s U_s$ 。当 I_s 与 U_s 符合非关联方向时, 两者乘积为正值, 电流源供出功率, 为负值时电流源吸收功率。

【例 10.1-3】 在图 10.1-8 电路中, $I_s = 2 \text{ A}$, 求该独立电流源供出的功率。

解: 依非关联方向设定电流源两端电压 U_s , 得

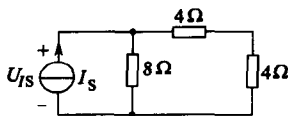


图 10.1-8

$$U_{RS} = I_S \frac{8(4+4)}{8+(4+4)} = 2 \times 4 = 8 \text{ V}$$

最后得独立电流源供出的功率为

$$P_{RS} = I_S U_{RS} = 2 \times 8 = 16 \text{ W}$$

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 10.1-9;受电流控制的电压源称为电流控制的电压源(CCVS),见图 10.1-10。受控电压源两端的电压与通过它的电流无关。

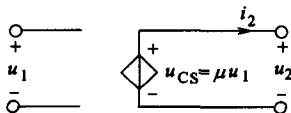


图 10.1-9

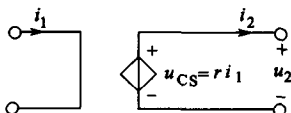


图 10.1-10

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 。

②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 10.1-11;受电流控制的电流源称为电流控制的电流源(CCCS),见图 10.1-12。受控电流源中的电流与它两端的电压无关。

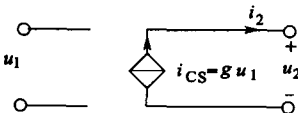


图 10.1-11



图 10.1-12

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。

【例 10.1-4】 在图 10.1-13 电路中, 已知 $U_S = 8\text{ V}$, VCVS 的控制系数 $\mu = 0.5$ 。求受控电压源的电压 U_{CS} 和供出的功率 P_{UCS} 。

解: $U_{CS} = \mu U_1 = \mu U_S = 0.5 \times 8 = 4\text{ V}$ 。

在图中设支路电流 I , 并依非关联方向设定受控电压源中的电流 I_{UCS} , 得

$$I = \frac{U_S}{4} = \frac{8}{4} = 2\text{ A}$$

$$I_{UCS} = \frac{U_{CS} - U_S}{2} = \frac{4 - 8}{2} = -2\text{ A}$$

$$P_{UCS} = U_{CS} I_{UCS} = 8 \times (-2) = -16\text{ W}$$

结果中的负号说明该受控电压源吸收功率。

【例 10.1-5】 在图 10.1-14 电路中, 已知 $R_1 = R_2 = 2\ \Omega$, $I_S = 2\text{ A}$, $I_{CS} = gU_1 = 4\text{ A}$ 。求转移电导 g 和受控电流源供出的功率 P_{ICS} 。

解: $U_1 = R_1 I_S = 2 \times 2 = 4\text{ V}$, $g = \frac{I_{CS}}{U_1} = \frac{4}{4} = 1\text{ S}$

在电路中依非关联方向设受控电流源两端电压 U_{ICS} , 得

$$U_{ICS} = R_2 (I_S + I_{CS}) = 2 \times (2 + 4) = 12\text{ V}$$

$$P_{ICS} = I_{CS} U_{ICS} = 4 \times 12 = 48\text{ W}$$

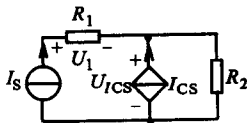


图 10.1-14

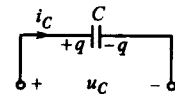


图 10.1-15

6. 线性电容

定义: 是一个理想电路元件, 见图 10.1-15, 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 10.1-16。

②当两端电压 u_C 和电流 i_C 的参考方向符合图 10.1-15 中的关联方向时, 两变量的约束关系为

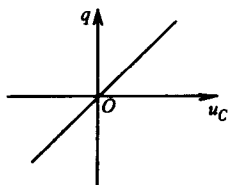


图 10.1-16

$$i_C = C \frac{du_C}{dt}$$

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

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

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: 是一个理想电路元件, 见图 10.1-17, 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)。

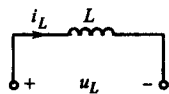


图 10.1-17

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 10.1-18。

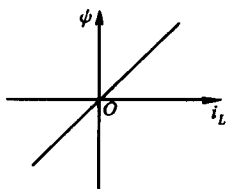


图 10.1-18

②当两端电压 u_L 和电流 i_L 的参考方向符合图 10.1-17 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

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

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 10.1-19。

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 10.1-20)。穿过另一个线圈的磁通 Φ_{12} 称为互感磁通。

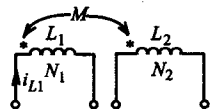


图 10.1-19

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

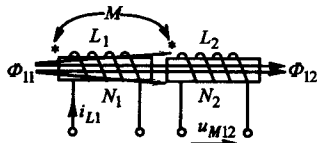


图 10.1-20

②互感系数 M : 以图 10.1-20 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 $M_1 = M_2 = M$ 。

③互感的标记端: 由于分析互感现象时直接与线圈的绕