

# ④ 《电路分析基础》课程教学改革初探

19-22

张永瑞 冯宗哲<sup>✓</sup> 陶海红 张勇浩

(西安电子科技大学测控工程与仪器系 西安:710071)

TM13-41

**摘要** 本文主要介绍了对两个试点班实施《电路分析基础》课程教学改革的基础、背景、内容、效果。最后,对该课程进一步改革的设想也谈了一些看法。

**关键词** 改革 试点 内容 效果 课程教学改革, 电路分析基础,

面对 21 世纪高科技竞争的时代,培养人才的模式由知识型向能力型、素质型转变势在必行,修订教学计划,改革教学内容和教学手段,通过对在校学生的训练逐步实现培养人才模式上的这种转变是教育工作者义不容辞的责任。参照高等学校工科电工课程教学指导委员会 1997 年提出的“有关面向 21 世纪电工课程教学改革的几点意见”精神,吸取东南大学等兄弟院校教学改革的好经验,在我校电工电子基地建设领导小组的领导下,1997 年下半年我们选择了电子工程专业、电子仪器与测量专业两个班,对《电路分析基础》课程的教学内容和进行了一次改革的尝试,现就试点的一些情况作简要介绍。

## 1 改革的基础与背景

多年来,我校通信工程、电子工程、电子仪器与测量等 15 个专业,都作为教学计划中的主干课程开设有电路分析基础课。每年开课面宽,任务重,仅 1997 年学习该课的学生就达 2400 余人。我校电路分析基础课程的教学大纲、教材、考试试题库齐全且都已使用多年,实验内容、实验教材、基本实验设备仪器配套,实验场地比较宽敞,利用率高,原有的教学工作,在西北地区高校中有一定的影响,但与当前教学改革的要求比,还存在诸多问题。具体表现在:教学内容上起点不高,对于非线性电路、时变电路未有涉及,虽然我校吴大正教授主编的《电路基础》教材中,有非线性电路的内容,但多年来从未讲授过;课堂讲授偏重基础理论,缺乏工程背景;教学方法上大多数教学班依然是“讲台、黑板、粉笔”的模式进行教学。特别是每周工作日改为 5 天以来,学时压缩了,而讲授内容与要求不变,任课教师普遍感到学时紧张。教学手段上,电化教学、多媒体教学、CAI 课件教学还很少有应用,这使得每节课讲授的信息量少,教师很累,而学生感到抽象难于接受,教与学存在着较突出的矛盾。实验教学是验证性实验多,缺乏学生自己组织实验线路的开创性实验。

我们正是在这样的基础上、这样的背景下申请电路分析基础课程教学改革试点的。

来稿日期:1998 年 5 月 5 日

## 2 改革的内容与效果

我们基本赞成“国内各高校开设的电路、信号与系统课程基本内容比较稳定,大体适应科学技术发展的需要,其内容与体系属于“小改”的观点。但也本着大力拓宽基础、加强工程教育的基础性和综合性的精神,而在以下几方面进行了改革试点:(1)讲授内容上增加了 2b 法、用稀疏矩阵列写电路方程的方法、增加了非线性电阻电路部分内容;(2)教学手段上采用了 MATLAB 工具解大规模的电路问题,分析了电网络的频率特性;(3)精心组织讨论课,调动学生学习的主动性;(4)考试试题适当加入了非线性的题目,增加了测试能力型题目。

我们认为,2b 法虽然用手算电路不是简便的方法,但考虑到今后以计算机来计算、分析电路,解 2b 个联立方程并不是难事,而所解得的结果直观明了,就是各支路的电压电流。鉴于此,我们用两课时讲授了 2b 法及用稀疏矩阵列写方程的方法。在实际工程中的许多电路都属于非线性电路,所以在电路分析基础课中仅讲授线性电路是不完整的。我们试点的两个教学班用 4 学时讲授了非线性电阻电路的小信号工作点、流控、压控、非线性电阻及非线性电阻串并联等基本概念。

在教学方法上加强了两个试点教学班的讨论课,调动学生主动参与学习。本课程教学中共组织如下的三次讨论课。

第一次安排在讲完电阻电路分析之后,即在讲完电路基本概念、基本分析方法、基本电路定理之后,讨论的问题是:(1)在分析计算电路问题时,为什么要设电流电压参考方向?为什么对电流电压能够设参考方向?你在计算问题时是如何假设电流电压参考方向的?如何判别一段电路电压电流参考方向是否关联?判别出关联与否对计算电路有何作用?(2)什么是电路等效?两

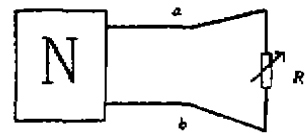


图1 单端口线性电路

电路等效应满足什么条件?等效的对象、目的是什么?试列举本课程已讲授过的电路等效方法,你应用这些等效变换方法分析问题时有那些体会?(3)本课程已学了哪些电路基本定律、定理?基本内容是什么?它们各自使用的条件范围是什么?使用中应注意那些问题?除了这些基本概念的讨论问题之外,我们还拟有运用基本概念模拟解决工程实际的小问题。如,(4)某二端线性电路间接有电阻  $R$  (可改变),如图 1,在未弄清  $N$  内部情况之前,  $ab$  端既不可随意开路,也不可随意短路(知道这是为什么吗?)你可选用任何的仪器仪表,试组成测试电路并测试计算出  $N$  的二端开路电压  $U_{OC}$  及短路电流  $I_{sc}$ 。

第二次讨论课是在讲了动态元件与动态电路时域分析之后,我们拟的几个讨论问题是:(1)线性时不变电感上电压电流参考方向关联,有微分关系  $u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$ ,如果  $L$  为线性时变电感,其微分关系将有如何形式?(2)从概念上阐述:动态电路的自由响应、强迫响应、暂态响应、稳态响应、零输入响应、零状态响应的区别与联系?(3)三要素法用来分析动态电路有无条件限制?你使用三要素法分析动态电路时有何体会?若激励源为正弦函数,三要素法还可用

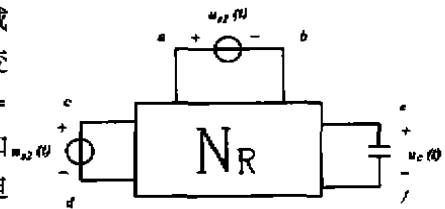


图2 三端口线性电路

否?若可以用,三要素公式形式上有何改变?(4)如图 2 所示六端子线性电阻电路,电容的初始状态不详,当  $u_{s1}(t)=\varepsilon(t)$ ,  $u_{s2}(t)=2\cos t \cdot \varepsilon(t)$  时其全响应  $u_c(t)=1-3e^{-t}+\sqrt{2}\cos(t-\pi/4)$  V (在  $t \geq 0$  时),求  $u_{s1}=2\varepsilon(t)$ ,  $u_{s2}(t)=6\cos t \cdot \varepsilon(t)$  时全响应  $u_c(t)$ 。

第三次讨论课,安排在讲完正弦稳态电路分析、互感理想变压器、谐振电路、网络频率特性、双口网络之后。所拟的讨论问题是:

(1)正弦稳态相量法分析基本思想是什么?与正弦函数激励时域分析比较,它有何优越性?又有什么局限性?(2)什么是电路的频率特

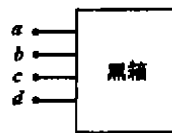


图 3 四端黑箱

性? RLC 串联电路、RLC 并联电路在谐振时有哪些特点,电路通频带、谐振频率、截止频率、频率失真、选择性的含义是什么?(3)研究双口网络的参数有何意义?在正弦稳态电路中负载上获最大功率的共轭匹配条件是  $Z_L=Z_0^*$ ,而在双口网络中输出端口匹配条件是  $Z_L=Z_{c2}$ , ( $Z_{c2}$  为双口网络输出端口特性阻抗)二者为何不一致,这是为什么?(4)现知黑箱内装一互感线圈,外露四个端子,如图 3 所示,现在手头只有一台交流信号源及一只万用表,试用实验方法判别该互感线圈的同名端。要求画出实验线路图,写出主要判别步骤。

我们提前一周将要讨论的题目布置下去,让学生课下准备、非正式的预讨论,在上讨论课时同学们已有所准备,各摆自己的观点,讨论热烈,最后由教师讲评,澄清一些糊涂概念,肯定同学中发表的有新意的思路、想法。同学们对这种形式的讨论课很感兴趣,认为这种讨论课使他们参与到教与学的过程中去了,效果是好的。

电路分析基础课程教学与国外先进的大学相比,落后在教学手段及教学方法上。我们试点班努力在这方面有所改变。在讲了 2b 法及稀疏矩阵排方程后,组织学生在我校电工电子基地 EDA 实验室应用 MATLAB 软件工具作了较大规模电路计算机辅助分析实验。实验内容有两个:(1)用 MATLAB 软件完成指定较大规模电阻电路的节点法分析;(2)用 MATLAB 软件完成学生自己选择的大规模电路的回路法分析。在实验以前,由任课教师用一次课(两个课时)的时间给学生介绍 MATLAB 语言的基本知识及与实验内容有关的软件,明确实验的内容、目的及要求,要求学生在上机实验前准备好实验电路及有关数据,用 MATLAB 语言编写好有关程序。学生进入实验室后,先由教师对 MATLAB 界面、操作命令作介绍并演示给学生看,然后由学生独立完成所布置的作业,教师加以辅导。学习较好、对计算机操作熟练的学生都能在两个小时内完成规定的实验内容,一般学生也能在教师辅导下完成全部实验内容。在课程讲完正弦稳态电路分析、网络频率特性分析内容之后,我们又组织学生在 EDA 实验室用 MATLAB 作了电路频率特性分析实验,实验内容是:(1)完成指定的二阶低通网络函数的频率特性分析;(2)完成学生自选的一个一阶低通函数或二阶高通函数的频率特性分析。上机两小时,同学们圆满地完成了实验内容。虽然这两个试点班仅到 EDA 实验室结合电路分析计算上机两次(共四个机时),但引发了学生极大的学习兴趣,他们说:“应用现代的软件工具和先进的学习手段,学习、分析、工程计算和设计的速度快、效率高,对我们的能力提高大有好处,在校学习期间,希望各门课程的教学都能这样作。”当然,由于当前实验设备条件的限制,不可能每门课程、每章节都在 EDA 实验室作实验,但各课程的教师应精心“设计”,把抽象、难于理解的问题做成 CAI 课件到 EDA 实验室上课,演示给学生看,这样做形象具体,便于学生深透理解概念,有利

于启迪他们的空间思维,对于学生积累知识、运用知识、产生灵感、激励他们的创造才能都是有益的。两次上机中指定实验的电路、网络函数、MATLAB 程序及分析计算结果如下:

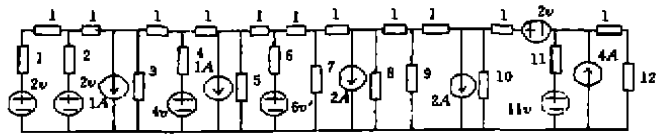


图4 节点分析法电路

(1)大规模电阻电路节点分析法电路(图4)、MATLAB 程序及分析计算结果

```
A=[1-110000000000000000,111000000000000000,
    0000-1-110000000000000,000000-11-100000000000,
    000000001-1-1000000000,00000000001-1-100000000,
    000000111000000,00000000000000-1-110000,
    0000000000000000-11-100,00000000000000001-11];
G=[1/2000000000000000000,01/200000000000000000,
    0010000000000000000, 0001/3000000000000000,
    00001000000000000000, 000001/4000000000000000,
    00000010000000000000, 00000001/50000000000000,
    00000000100000000000, 000000001/60000000000000,
    00000000001000000000, 00000000001/7000000000,
    00000000000100000000, 00000000001/900000,
    00000000000000001000, 00000000000000001/10000,
    000000000000000000100, 0000000000000000001/110,
    0000000000000000000001/13];
```

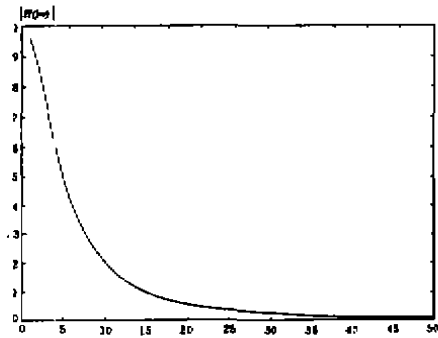


图5 H(jw)曲线

```
U_n=[-2 -2 000 -4000 -60000000 -2 -110]';
I_n=[000100010000002000200-4]';
G_n=A*G*A'; I_n=A*G*U_n-A*I_n; U_n=G_n\I_n; U_b=A'*U_n;
I_b=G*U_b+I_n-G*U_n;
U_n=[-0.3706 -0.7411 -0.3686 -1.0659 -0.9864 -0.9201 -0.9852 0.8265 2.7300 4.9065]';
U_b=[-0.3706 0.3706 0.3706 -0.7411 -0.3824 0.3587 0.7073 -1.0659 0.0796 0.9864 0.0663 0.9021 -0.0651
    -0.9852 -1.8117 -0.8265 -1.9035 2.7300 2.1765 -4.9065 4.9065]';
I_b=[0.8147 1.1853 0.3706 0.7530 -0.3824 1.0897 0.7073 0.7866 0.0796 0.0133 0.0663 0.1314 -0.0651 1.8768
    -1.8117 -0.0918 -1.9035 2.2730 4.1765 0.5540 -3.6226]';
```

(2)二阶低通网络函数、MATLAB 程序及分析计算结果:

$$H(s) = \frac{25}{s^2 + 10s + 25} \quad H(j\omega) = \frac{25}{(j\omega)^2 + j10\omega + 25} \quad w = 1 : 1 : 50;$$

$$h = \text{abs}(25 ./ (-w.^2 + 10.*w.*j + 25)); \quad \text{plot}(w, h)$$

### 参 考 文 献

- 1 陈怡. 电工电子系列课程改革课题工作汇报. 南京: 电气电子教学学报, 1998, 20(2): 2~3
- 2 吴锡龙. 《电路》(《电路分析基础》)多媒体 CAI 课件的设计. 南京: 电工教学, 1997, 第 19 卷专辑, 136~138
- 3 孙佩石. 电路理论课程的教学改革. 南京: 电工教学, 1997, 第 19 卷专辑, 24~27
- 4 薛定宇. 控制系统计算机辅助设计——MATLAB 语言及应用. 北京: 清华大学出版社, 1996
- 5 东南大学电工类课程改革课题组. 电工类基础学科教育方案. 合肥: 面向二十一世纪电子信息类专业教学改革研讨会, 1997. 5
- 6 夏恭格. 浅论电路分析基础及信号与系统课程的改革. 合肥: 面向二十一世纪电子信息类专业教学改革研讨会, 1997. 5

## 射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



### 射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

### ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



### HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

## CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



## HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

## 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



### 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

### 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>