

从一个电路的多种解法谈电路的分析方法

刘显奎, 方志聪

(西昌学院, 四川 西昌 615013)

【摘要】通过对线性电阻电路基本分析方法的比较, 阐明不同分析方法之间的区别与联系, 其思路和方法对动态和稳态电路的分析依然适用。

【关键词】电路; 动态; 稳态; 基尔霍夫定律

【中图分类号】TN702 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2011)04-0037-02

对于线性电阻电路, 在给定电路结构、元件参数的情况下, 分析激励作用下产生的响应, 是电路分析的基本问题, 方法是多种多样的, 其理论基础是基尔霍夫定律。

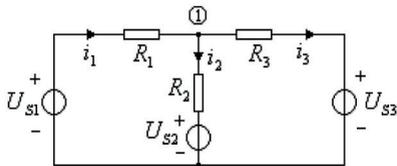


图1 电路原理图

如图1所示电路, 元件参数已知, 求流过电阻 R_3 的电流 i_3 。对于这样一个问题, 可以用2b法、支路电流法、网孔电流法、回路电流法、结点电压法等求解, 还可根据等效变换或有关电路定理求解^[1]。

本文所给电路结构比较简单, 但它却是一个复杂电路, 而非简单电路, 并不能用简单的串并联化简进行分析, 电路结构简单一些, 主要是为便于说明问题, 对于电路结构更加复杂的电路, 其分析方法是基本相同的。

1 电路的一般分析方法

就电路的一般分析方法而言, 首先是选取恰当的电路变量, 然后根据基尔霍夫电流定律和电压定律, 以及支路(或元件)的电压、电流关系, 建立独立的完备的方程组, 从而可求解出电路变量^[1,2]。

1.1 2b法

2b法选择元件电压和电流为电路变量来列方程^[1], 即 R_1 、 R_2 、 R_3 的电压 u_1 、 u_2 、 u_3 和电流 i_1 、 i_2 、 i_3 , 共有 $2b=6$ 个未知量。设支路电流的参考方向如图1所示, 并设电阻元件电压的参考方向与电流的参考方向相同。

首先, 根据基尔霍夫电流定律, 列出 $n-1$ 个独立的结点电流方程组, 本题只有1个。

$$-i_1 + i_2 + i_3 = 0 \quad (1)$$

其次, 根据基尔霍夫电压定律, 列出 $b-(n-1)$ 个独立的回路电压方程组, 本题有2个。

$$u_1 + u_2 + u_3 - u_{s1} = 0$$

$$u_1 + u_3 + u_{s3} - u_{s1} = 0 \quad (2)$$

然后, 根据元件的电压、电流关系列出 b 个方程, 本题有3个。

$$u_1 = i_1 R_1$$

$$u_2 = i_2 R_2$$

$$u_3 = i_3 R_3 \quad (3)$$

由上述6个线性代数方程, 即可求解出6个未知量, 当然包括流过电阻 R_3 的电流 i_3 (解略), 至于如何解线性代数方程组的问题, 则是数学问题。

对于电路结构更加复杂的电路, 其分析方法基本相同, 所不同者只是(1)、(2)、(3)式中所包含的方程个数更多。

2b法分析问题的关键在于独立结点和独立回路的个数及选取, 特别是独立回路的选取应讲清, 这样学生就不会错了。

1.2 支路电流法

支路电流法, 则是选择支路(或元件)电流为电路变量来列方程, 即电流 i_1 、 i_2 、 i_3 为电路变量^[3,4]。

它以2b法为基础, 故分析方法相同, (1)、(2)、(3)式完全一样, 只是由于明确了是以电流为求解变量, 则需将(2)式中的电压未知量用电流表示出来, 也就是指明了必须将(3)式代入(2)式, 得:

$$i_1 R_1 + i_2 R_2 + u_2 - u_{s1} = 0$$

$$i_1 R_1 + i_3 R_3 + u_{s3} - u_{s1} = 0 \quad (4)$$

(1)式、(4)式联立求解即可, 虽然仍需解线性代数方程组, 但方程个数减少了一半。

值得注意的是, (4)式可一步直接列出, 但为了体现电路结构对电流和电压的拓扑约束, 该约束与元件性质无关, 分别列出(1)、(2)、(3)、(4)式思路清晰, 物理意义明确, 分析过程一目了然, 有利于学生掌握知识, 当其掌握了所学知识并比较熟练时再采取一步直接列出(4)式的方式才不会出错, 从工程的角度讲可提高工作效率。

收稿日期: 2011-10-15

1.3 回路电流法、网孔电流法

回路电流法是以假想的回路电流为求解变量来列方程的方法^[5]。

回路电流法与网孔电流法的区别仅在于是选任意一组独立回路还是直接选网孔为独立回路,当然,非平面网络只能按照独立回路的选取方法选一组独立回路。

首先,根据基尔霍夫电压定律列出独立的回路电压方程组,与(2)式相同。

其次,根据支路(或元件)的电压、电流关系将支路(或元件)电压表示为回路电流的函数(方程略)。

这实际上是将2b法中(1)式和(3)式这两步分析合二为一,从形式上讲,是先将支路电流换成了回路电流,进而将支路(或元件)电压表示为回路电流的函数,其本质是同时应用基尔霍夫电流定律和支路(或元件)的电压、电流关系。

最后,将上述结果代入回路电压方程中得到关于回路电流的方程(方程略),解方程组即得回路电流,进而可得支路电流。

1.4 结点电压法

结点电压法是以结点电压为求解变量来列方程的方法^[5,6]。

首先,根据基尔霍夫电流定律列出独立的结点电流方程组,与(1)式相同。

其次,根据支路的电压、电流关系将支路电流表示为结点电压的函数(方程略)。

这实为将2b法中(2)式和(3)式这两步分析合二为一,本质是同时应用基尔霍夫电压定律和支路的电压、电流关系。

最后,将上述结果代入结点电流方程中,得到关于结点电压的方程(方程略),解方程组即得结点电压,进而亦可得支路电流。

以上几种分析方法,由于选取的电路变量有所不同,求解过程看似不同,但本质都必须应用基尔

霍夫电流定律和电压定律,以及支路(或元件)的电压、电流关系,把握住不同分析方法之间的区别与联系,学生就容易理解了。

2 简化分析

针对不同的电路结构,恰当地应用等效变换的方法或应用有关电路定理,可以将复杂电路简化为简单电路,从而达到简化电路分析的目的。

图1电路的三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 是星形连接,可以等效变换为三角形连接(图略),变换后,每个电阻两端的电压为其所连接的两个电源电压的代数和,三角形连接的电阻的电流很容易求出,虽然 R_3 已被变换,但 u_{33} 没有被变换,由于流过电阻 R_3 的电流 i_3 也是流过 u_{33} 的电流,故 i_3 很容易求出。当然,待求支路在作等效变换时一般来讲应保留不变。

应用叠加原理、戴维宁定理等也能把电路化简,从而达到简化分析的目的(详细分析从略)。

总之,电路分析方法灵活多样,抓住核心问题才能举一反三。

3 动态和稳态电路的分析

对于动态电路的时域分析,由于有动态元件存在,所列出的方程为线性微分方程,分析方法和过程与线性电阻电路基本相同,这里不再赘述,但求解线性微分方程虽为数学问题,却不能忽视。

对于同频率正弦信号激励下的响应,可按动态电路的时域分析求解,其解包含暂态和稳态两部分,又因求解线性微分方程是比较繁琐的,而我们很多时候又只需求稳态解,因而用相量法对正弦稳态电路进行分析,而其分析方法和过程同样与线性电阻电路基本相同。

因此,动态电路的时域分析,正弦稳态分析,都是以线性电阻电路的分析方法为基础的,它的分析思路及方法依然适用。

让学生明白这些道理,才能使更加牢固地掌握电路理论的基本知识。

注释及参考文献:

- [1]邱关源.电路[M]第五版.北京:高等教育出版社,2006.5.
- [2]李瀚荪.电路分析基础[M]第三版.北京:高等教育出版社,1993.6.
- [3]赵凯华.陈熙谋等.电磁学[M]第二版.北京:高等教育出版社,1985.6:288-304.
- [4]梁灿彬.秦光戎等.电磁学[M]第二版.北京:高等教育出版社,2004.5:139-150.
- [5]郭木森.黄元梅等.电工学[M]第三版.北京:高等教育出版社,2001.1.
- [6]秦曾煌.电工学[M]第六版.北京:高等教育出版社,2003.12.

划、建设、管理和服务的全过程。基于全域成都的战略高度,统一规划建设对外交通走廊,保证对外道路与中心城区道路在基础设施配套、建设标准、建筑景观等的连续性,缩短了区(市、县)与中心城区的时间距离,提升了区(市)县的城市形象和交通服务品质。其中连接中心城区和温江的光华大道不仅是重要的对外辐射轴线,也是综合车流、人流、公共运输、开放空间、生态栖息地的绿色走廊。为

了做好城乡交通一体化建设,全市共建成 10 个主城区枢纽车站、15 个县级客运中心、19 个重点镇等级客运站、53 个乡镇等级站、57 个简易站和 430 个公交港湾站^[2]。早在 2004 年年底开通到农科村的两条旅游公交专线在成都市创下了两个第一——实现第一个镇级客运站与成都公交客运站对接。城乡公交车、旅游公交专线建设必将为真正实现城乡旅游统筹发展打开康庄之道。

注释及参考文献:

- [1]杜受祜.城乡一体化:统筹是关键、协调发展是目标[J].农村经济,2005(12):3-6.
- [2]成都城乡公交一体化领跑成都新交通[N].中国交通报,2007 03 16.
- [3]杜宁,丛海勃.统筹城乡旅游产业发展的必要性及战略走向[J].经济研究导刊,2008(18):194-195.
- [4]张付芝.成都市城乡旅游互动发展研究[J].小城镇建设,2009(3):97-101.
- [5]http://travel1.szonline.net/city/View.aspx.
- [6]秦远清.成都生态城市建设的战略思考[J].四川环境,2004(2):42-44.

Exploring Urban and Rural Development in Chengdu

LUO Xue-li

(Sichuan Education College, Chengdu, Sichuan 610041)

Abstract: Chengdu, as Chinese first historical and cultural city, has rich and colorful history, heritage, and cultural tourism resources, at the same time as the birthplace of the Chinese peasant tourism, is also unique in rural tourism. However, how to combine the two together for co-promotion and co-development is still need to make in-depth study and exploration. This article seeks to co-ordinate the construction of urban and rural areas through the national policy role of the Chengdu urban and rural tourism development issues and raises some countermeasure.

Key words: Chengdu; Plan urban and rural tourism as a whole; Exploration

(上接 38 页)

A Study on Analytical Methods of Circuits from Multiple Solutions to a Circuit

LIU Xian-kui, FANG Zhi-cong

(Xichang College, Xichang, Sichuan 615013)

Abstract: By comparing the basic analytical methods of linear resistance circuits, the paper expounds the differences and connections among those methods. The train of thought and method also holds true for the analysis of dynamic circuit and steady-state circuit.

Key words: Electric circuit; Dynamic; steady state; Kirchoff's Law