网络分析问题详解

上册

〔美〕M. E. 范 沃坎伯格 原著

曉園出版社
世界图书出版公司

网络（路）分析问题详解

〔美〕M.E.范 沃坎伯格 原著
程 元 文 译著

曉 園 出 版 社
世界图书出版公司
北京·广州·上海·西安
1992

内 容 简 介

M. E. Van Valkenluig 所著《网络分析》一书，内容比较丰富、全面，是一本很受推崇的教材。本书是该书第 3 版的习题详解（上册），可供电子电路、自动控制、计算机等专业的大学生和有关专业的科技人员参考。

网络（路）分析问题详解 上册

〔美〕M.E.范 溛坎伯格 原著

程 元 文 译著

*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行　　各地新华书店经售

*

1993 年 1 月第 一 版　　开本：850×1168 1/32

1993 年 1 月第一次印刷　　印张：8

印数：0001－1200　　字数：19.2 万字

ISBN：7－5062－1465－2/Z·53

（上、下册定价：15.50 元）WB9206 8

内 容 简 介

M. E. Van Valkenluig 所著《网络分析》一书，内容比较丰富、全面，是一本很受推崇的教材。本书是该书第 3 版的习题详解（下册），可供电子电路、自动控制、计算机等专业的大学生和有关专业的科技人员参考。

网络（路）分析问题详解 下册

〔美〕M.E.范 活坎伯格 原著

程 元 文 译著

*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1993 年 1 月第 一 版 开本：850×1168 1/32

1993 年 1 月第一次印刷 印张：7.5

印数：0001－1200 字数：18 万字

ISBN：7—5062—1466—0/Z・51

（上、下册定价：15.50元）WB9206/9

前言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉著習題的印證，才能對書中的原理原則徹底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與舖路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉著這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

上 册 目 錄

下 册 目 錄

第一章　電路觀念之產生

1-1. 一個直徑 10 厘米的固體銅球被一種充電方法減少了 10^{13} 個電子。(a)球上電荷是多少？以庫侖爲單位。電荷的符號又如何？(b)整個球的電子減少了百分之幾？

解：(*a*)由於電子（負電荷）是被從金屬銅球取走，此銅球所帶的爲正電荷，其電荷量爲：

$$Q = 1.6021 \times 10^{-19}\ coulombs \times 10^{13}$$
$$= 1.6021 \times 10^{-6}\ coulombs$$

(*b*)銅球內所含的電子總數：

$$N = \frac{V \times D \times Z}{M}$$

$$V = \text{此銅球的體積} = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi(5)^3 = 523.60\ cm^3$$

$$D = \text{銅的密度} = 8.96\ gm/cm^3$$

$$M = \text{銅的原子量} = 63.54\ gm/mole$$
$$= 63.54 \times 1.66 \times 10^{-24}\ gm/atom$$

$$Z = \text{銅的原子序} = 29\ electrons/atom$$

$$\text{故}，N = \frac{523.60 \times 8.96 \times 29}{63.54 \times 1.66 \times 10^{-24}} = 1.29 \times 10^{27}\ electrons$$

所減少的電子百分比

$$= \frac{10^{13}}{1.29 \times 10^{27}} \times 100\,\% = 7.75 \times 10^{-13}\,\%$$

1-2. 在某個銅導體中電流密度是 250 安/厘米，同時每立方厘米的銅內有 5×10^{22} 個自由電子。電子的平均漂移速是多少？以厘米/秒爲單位。

解：$J = nev$　（v 爲電子在導體內之漂移速度）

$$250\ amp/cm^2 = 5 \times 10^{22}\ electrons/cm^3$$

$\times 1.6021\times 10^{-19}$ *coulombs/electron* $\times v$

故，$v=\dfrac{250}{5\times 10^{22}\times 1.6021\times 10^{-19}}$

$=3.12\times 10^{-2}cm/\mathrm{sec}$

1-3. 一個電路中的電流在 t 小於零時是零；t 大於零時則依 $i=2e^{-t}$ 安培這關係變化。求出經過這電路的總電荷量，以庫侖爲單位。

解：*from* $eq(1\text{-}1)$

$$i=\frac{dq}{dt}$$

$$Q=\int_{-\infty}^{\infty}dq=\int_{-\infty}^{\infty}i\,dt=\int_{0}^{\infty}2e^{-t}\,dt=-2e^{-t}\Big|_{0}^{\infty}$$

$$=2\,coulombs$$

1-4. 圖 1-5(a) 所示系統的構造能使二極片間的電容值依圖 P1-4 的情形變化。畫出電路中電流隨時間變化的波形來。同時將電容變化的波形加在電流波形圖上以便顯示這二變數之間的關係。

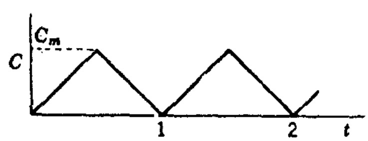


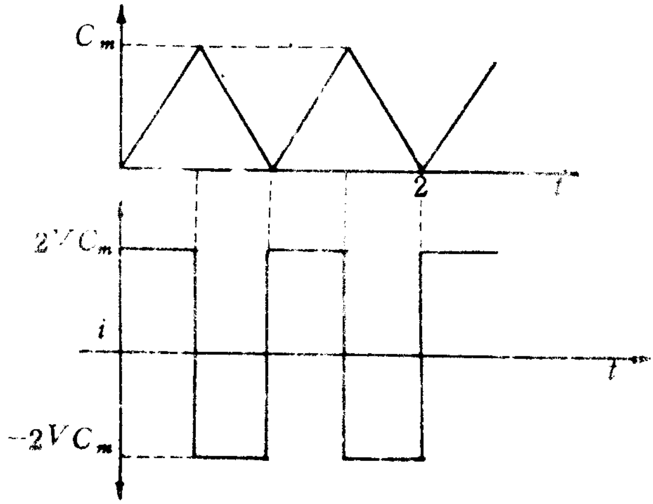
圖 P1-4.

解：*from* $eq(1\text{-}24)$

$$i=\frac{d}{dt}(CV)=V\frac{dC}{dt}$$

$$for\ 0\le t\le 0.5\quad C=2Cmt\quad i=V\frac{dC}{dt}=V\cdot 2Cm$$

$$0.5\le t\le 1\quad C=2Cm(1-t)\quad i=V\frac{dC}{dt}=-2Cm\cdot V$$



1-5. 如果習題 1-4 中所說系統（見圖 1-5(a)）的電壓與電容分別依下面二式在隨時間而變：$v=V_0\sin\omega t$，$C=C_0(1-\cos\omega t)$. 在這種情形下電路中電流的方程式當如何？畫出電流的時間函數來。

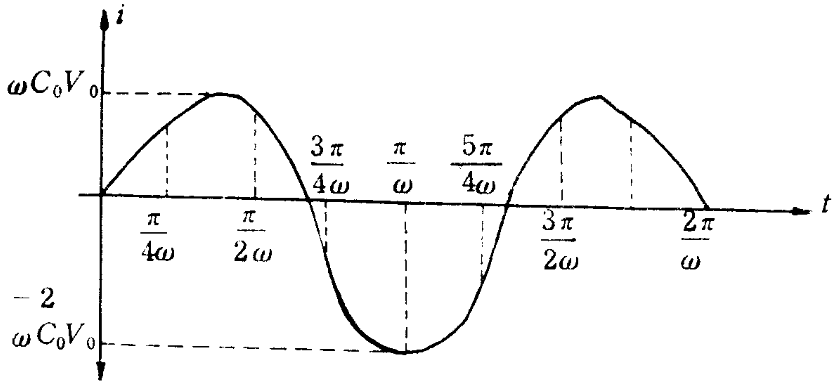
解：$from\ eq(1\text{-}21)$

$$i=\frac{d(CV)}{dt}=C\frac{dV}{dt}+V\frac{dC}{dt}$$

$$=C_0(1-\cos\omega t)\cdot(\omega V_0\cos\omega t)+(V_0\sin\omega t)\cdot(\omega C_0\sin\omega t)$$

$$=\omega C_0V_0(\cos\omega t+\sin^2\omega t-\cos^2\omega t)$$

$$=\omega C_0V_0(\cos\omega t-\cos 2\omega t)\ \ amp$$



1-6 二塊平行的金屬片由一種介質材料隔開而形成一個簡單的電容器。假定極片的邊緣處沒有電場散出去，證明這電容器的電容是

解：*from eq*(1-9) *to eq*(1-13)

$$q=\int_s D'\cos\theta\, ds = DA = \epsilon E\cdot A$$

$$E=\frac{q}{\epsilon A}$$

$$V=E\cdot d=\frac{dq}{\epsilon A}$$

$$C=\frac{q}{V}=\frac{q}{\frac{dq}{\epsilon A}}=\frac{\epsilon A}{d}\quad farad$$

1-7. 設想一個電容器，如習題 1-6 所形容的。我們測得每平方英吋的電容值爲 5×10^{-12} 法拉。由一塊面積爲 10平方英呎的這種介質隔開的二極片間的電容將是多少？

解：$C=\frac{\epsilon A}{d}$，對於相同的介電常數 ϵ 及距離 d 而言：

$$\frac{C_1}{C_2}=\frac{A_1}{A_2}$$

$$C_1 = C_2 \cdot \frac{A_1}{A_2} = 5\times10^{-12}\times\frac{(12\times12)\times10}{1}$$

$$=7.2\times10^{-9}\ farads$$

1-8. 二條錫箔由一條雲母片隔開（雲母的$K=5$，K見習題1-6）了0.01毫米。錫箔上面再放了第二塊雲母片，然後將四層一起捲起來，於是錫箔與雲母片就各層交替。如果它們寬10厘米，全長要多少才能形成1微法的電容？

解：$C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{k\cdot\epsilon_0\cdot A}{d} = \frac{\epsilon_0\cdot k\cdot(\omega\times l)}{d}$

$$\text{for}\quad C = 1\times10^{-6}F$$

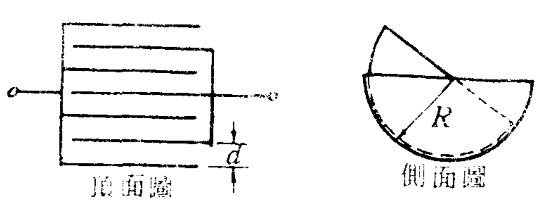
$$d = 10^{-5}\ m$$

$$\omega = 0.1\,m$$

$$k = 5$$

$$l = \frac{10^{-5}\times10^{-6}}{8.854\times10^{-12}\times5\times0.1} = 2.259\,m$$

1-9. 圖p1-9所示是收音機中的一個調頻電容器，極片之間由空氣隔開，距離是d。可動的極片各自相聯，固定的各極片又另成一組，如圖中所示。不計邊緣作用，試求這調頻電容器的最大電容值。

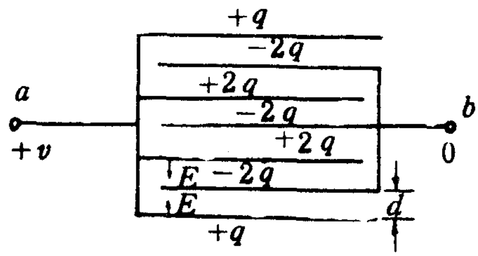


圖P1-9

解：假設a，b兩端的電壓$v_{ab}=v$則a，b兩電板上的電荷分佈方式

爲如右圖所示，且 v 和 q 之間有如下關係：

$$v=E\cdot d=\frac{Dd}{\epsilon_0}=\frac{qd}{\epsilon_0 A}$$



正負電板上的電荷總數＝

$2q+2q+2q=6q$

最大的電板面積$=\dfrac{\pi R^2}{2}$

故，所可能獲得最大的電容量：

$$C_{max}=\frac{Q}{v}=\frac{6q}{\dfrac{2qd}{\epsilon_0\pi R^2}}=\frac{3\pi R^2\epsilon_0}{d}$$

1-10. 根據能量的定義式 $w=\int_{-\infty}^{t} vi\,dt,$ 來證明電感的能量是

$$w_L=\tfrac{1}{2}Li^2$$

及

$$w_L=\tfrac{1}{2}\psi^2/L.$$

解：$w=\displaystyle\int_{-\infty}^{t} vi\,dt$

from eq (1-40) $\quad v=L\dfrac{di}{dt}$

$$w_L=\int_{-\infty}^{t}\left(L\frac{di}{dt}\right)i\,dt=\int_{-\infty}^{t}Li\,di$$

$$=L\int_{-\infty}^{t}i\,di=\frac{1}{2}Li^2$$

from eq(1-37) $\psi=Li\Rightarrow i=\dfrac{\psi}{L}$

$$w_L=\frac{1}{2}Li^2=\frac{1}{2}L\left(\frac{\psi}{L}\right)^2=\frac{\psi^2}{2L}$$

1-11. 根據上述能量方程式爲電容證明

$$w_C = \tfrac{1}{2}Cv^2 \qquad \text{以及} \quad w_C = \tfrac{1}{2}Dq^2.$$

解：$w = \int_{-\infty}^{t} v\,i\,dt$

$$\text{from eq (1-20)} \quad i = C\frac{dv}{dt}$$

$$w_C = \int_{-\infty}^{t} v\cdot\left(c\frac{dv}{dt}\right)dt = \int_{-\infty}^{t} Cv\cdot dv$$

$$= C\int_{-\infty}^{t} v\,dv = \frac{1}{2}Cv^2$$

$$\text{from eq (1-12)} \quad q = Cv \Rightarrow v = \frac{q}{C} = Dq$$

$$w_C = \frac{1}{2}Cv^2 = \frac{1}{2}C(Dq)^2 = \frac{1}{2}Dq^2$$

1-12. 假定電感參數的定義是根據 $w_L = \dfrac{1}{2}Li^2$ 這公式來的，表示儲存的能量與電流的平方間一項關係的一個定值。利用 $p = vi$ 證明當電感爲定值時電感器二端間的電壓爲 $v_L = L(di/dt)$。

解：$w_L = \dfrac{1}{2}Li^2$

$$p = vi = \frac{dw_L}{dt}$$

$$p = \frac{dw_L}{dt} = \frac{1}{2}L\frac{d(i)^2}{dt} = \frac{2}{2}L\cdot i\frac{di}{dt} = \left(L\frac{di}{dt}\right)i = v_L\,i$$

$$v_L = L\frac{di}{dt}$$

1-13. 從容式系統的能量公式$w_C=\frac{1}{2}Dq^2$開始，仿照上題的建議，證明當D一定時

$$v_C = Dq = D\int_{-\infty}^{t} i\,dt$$

解：$w_C=\frac{1}{2}Dq^2$

$$p=v_c i=\frac{dw_C}{dt}=\frac{D}{2}\frac{d(q^2)}{dt}=\frac{D}{2}\frac{d(q^2)}{dq}\frac{dq}{dt}=D\cdot q\cdot i$$

$$v_C=D\cdot q=D\int_{-\infty}^{t} i\,dt$$

1-14. 許多器材和系統均以電容器爲儲電所，例如功率輸送系統，核子加速器，以及照相中用的電子閃光燈。設計這類器材的電容器時選用的介質必須能避免在操作電壓下被"打穿"(break-down)。就指定的一種介質而言，證明儲存的能量是直接與電容器的體積成正比的。由此再證明當介質一定時電容器儲存每焦耳的價格差不多就是定值而與各電容器的電壓"額定量"(rating)或電容值無關。

解：
$$w_C=\frac{1}{2}Cv^2=\frac{1}{2}\left(\frac{\epsilon A}{d}\right)(E\cdot d)^2=\frac{1}{2}\epsilon E^2(A\cdot d)$$

$$=\frac{1}{2}\epsilon E^2 V=KV\Rightarrow w_C\propto V$$

由於增高額定電壓值同時也必須增加兩電板間之距離d，以防止電容器被打穿，如此勢必會使得電容量減少，而吾人將必須使用更多的電容器，但從另一方面來講，增加兩電板間之距離d，也會使得電容器的體積V增加，故也增大了電容器所能貯存的能量，也就是說吾人雖花了代價增加電容器的數量，但也同時增加了能量的貯存，所以說每多花一分代價也就能多有一分能量的貯存，而這所花的代價並不因電容器的額定電壓值或其他容器之增加而改變多少的。

1-15. 某一非線型電容器中電壓和電荷間的關係爲 $q = Kv^{1/3}$ 。爲這電容器算出儲存的能量，以電荷的函數來表示。

解：由能量的定義公式

$$w_C = \int_{-\infty}^{t} vi\ dt = \int_{-\infty}^{t} v\left(\frac{dq}{dt}\right) dt = \int_{0}^{q} v\, dq$$

$$\frac{dq}{dv} = \frac{d(kv^{\frac{1}{3}})}{dv} = \frac{k}{3} v^{-\frac{2}{3}}$$

故 $dq = \left(\frac{k}{3} v^{-\frac{2}{3}}\right) dv$

$$w_C = \int_0^q v\ dq = \int v\left(\frac{k}{3} v^{-\frac{2}{3}}\right) dv = \frac{k}{3}\int v^{\frac{1}{3}} dv$$

$$= \left(\frac{k}{3}\right)\left(\frac{3}{4}\right) v^{\frac{4}{3}} = \frac{1}{4k^3}\left(k^4 v^{\frac{4}{3}}\right) = \frac{1}{4k^3}\left(kv^{\frac{1}{3}}\right)^4$$

$$= \frac{q^4}{4k^3}$$

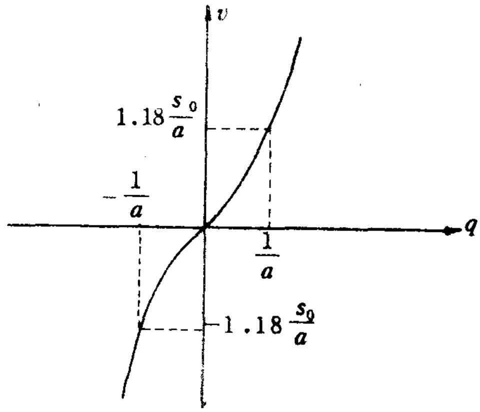
1-16. 一個非線型電容器中電壓與電荷間的關係爲

$$v(q) = \frac{S_0}{a}\sinh(aq)$$

其中 S_0 和 a 都是常數。(a)將 v 畫成 q 的函數，(b)算出儲存的能量，當作 q 的函數來表示。

解：$v(q) = \frac{s_0}{a}\ \sinh(aq)$ a , s_0 : *constants*

(a)



$$(b)\, w_C=\int v\, i\, dt=\int v\left(\frac{dq}{dt}\right) dt=\int_0^q v\, dq$$

$$=\int_0^q \frac{s_0}{a}\sinh(aq)\, dq=\frac{s_0}{a^2}\cosh(aq)\Big|_0^q$$

$$=\frac{2s_0}{a^2}\sinh^2\left(\frac{aq}{2}\right)$$

1-17. 一個12伏特的汽車電池被接到1微法的電容器上。算出電容器中將儲存的能量。

解：*from prob.* [1-11]

$$w_C=\frac{1}{2}cv^2=\frac{1}{2}(10^{-6})(144)=72\times10^{-6}\ joule$$

1-18. 一個1微法的電容器被充電到200伏特，如果所儲能量被用來以100%的效率舉起一個100磅重的小孩，他可以被舉多高？

解：$1\ lb=0.4536\ kg$

$$w_C=\frac{1}{2}Cv^2=\frac{1}{2}(10^{-6})(200)^2=2\times10^{-2}\ joule$$

$$w=F\cdot d=w_C$$

$$d=\frac{w_C}{F}=\frac{w_C}{m\cdot g}=\frac{2\times10^{-2}}{0.4536\times100\times9.8}=4.5\times10^{-5}m$$