[美] S. A. 纳塞尔 主编

大中专学生用
电工学
题解精选
3000例

（下 册）

科 学 出 版 社

大中专学生用电工学题解精选3000例

（下 册）

〔美〕S. A. 纳塞尔 主编

张华忠 李景威
蓝 佳 方 咏 译

科学出版社

1992

（京）新登字 092 号

内 容 简 介

本书系 1988 年美国出版的"Schaum's 3000 Solved Problems in Electric Circuits"一书的中译本的下册.

原书共 24 章. 内容包括：单位和基本概念；电阻和欧姆定律；串联和并联电阻电路；基尔霍夫定律；网络定律；电容器；电感器；交流电源、波形和电路的关系；复量和相量；稳态交流电路；磁耦合电路；谐振；频率响应和滤波器；三相电路；直流电路中的瞬态过程；阶跃函数、斜坡函数和冲击函数；对偶和模拟；交流电路中的瞬态过程；具有多频率输入的电路；具有非正弦电源的电路；拉普拉斯变换；状态变量法；二端口网络；综合习题. 书中的内容经精心编排，并对所列出的 3000 道习题做了简洁、明确的解答. 中译本分上、下两册. 上册包括第一——十四章的内容（共 1320 道题解），下册包括第十五—二十四章的内容（共 1680 道题解）.

本书可供高等院校和中等专业学校的学生学习电工学时使用，也可供从事电工和电子技术工作的工程技术人员参考.

Syed A. Naser
SCHAUM'S 3000 SOLVED PROBLEMS IN
ELECTRIC CIRCUITS
McGraw-Hill Book, Co. ,1988

大中专学生用电工学题解精选 3000 例

（下 册）

〔美〕S. A. 纳塞尔 主编
张华忠 李景威
蓝 佳 方 咏 译

责任编辑 张建荣 唐正必
科 学 出 版 社 出 版
北京东黄城根北街 16 号
邮政编码：100707

北京市华星计算机公司激光照排
中国科学院印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 3 月第 一 版 开本：787×1092 1/16
1992 年 3 月第一次印刷 印张：20 1/4
印数：1—6970 字数：702 000

ISBN 7-03-002883-X/TM・31

定价：10.00 元

目　录

第十五章　直流电路中的瞬变过程

15.1　已知某电路中电容器 C 在 $t=t_0$ 时刻的端电压为 $v(t_0)$，如果在某瞬时 t_k 流过该电容器的电流是 $i(t)$，试问此时的电压是多少？

▌电容器的 v-i 关系为

$$v_C = \frac{1}{C}\int i\,dt$$

在本题中，上式成为

$$v_C(t) = v(t_0) + \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t_k} i(t)dt \qquad (1)$$

15.2　如果在 $t=t_0$ 时刻流过一个电感器的电流为 $i(t_0)$，试求电感器的与 15.1 题式 (1) 相类似的关系.

▌对于电感器，我们有

$$i_L = \frac{1}{L}\int v dt$$

故

$$i_L(t) = i(t_0) + \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t_k} v(t)dt$$

15.3　将一个电容器 C 先充电到电压 V_0，然后立即跨接到电阻器 R 上，试求 $v_C(t)$.

▌电路示于图 15-1，电压 $v(t)=v_C$ 满足下式：

$$C\frac{dv_C}{dt} + \frac{v_C}{R} = 0$$

由此式可得

$$v_C = V_0 e^{-t/RC} \qquad (1)$$

式中用到 $t=0$ 时的关系式 $v_C=V_0$.

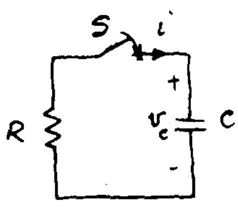


图 15-1

15.4　在 15.3 题的式 (1) 中，量值 RC 的量纲为秒 (s)，并称其为时间常数. 已知 $R=10\text{k}\Omega$ 和 $C=50\mu\text{F}$，试问其时间常数 τ 是多少？

▌

$$\tau = RC = (10\times10^3)(50\times10^{-6})$$
$$=500(\text{ms})(\text{或 } 0.5(\text{s}))$$

15.5　在一个如图 15-1 所示形式的 RC 电路中，已知 $R=2\text{M}\Omega$，如果我们要求时间常数为 10s，试求 C 之值.

▌

$$\tau = 10 = RC = (2\times10^6)C$$

或

$$C = 5\times10^{-6} = 5(\mu\text{F})$$

15.6　试问经过 1 个时间常数的周期，15.3 题中电容器的电压 V_0 将衰减到何值？

▌将 $t=\tau=RC$ 代入 15.3 题中的式 (1)，便得到

$$v_C(\tau) = V_0 e^{-1} = 0.368V_0(\text{V})$$

即下降到其初始值的 36.8%.

15.7　试确定图 15-2 (a) 所示电路的时间常数.

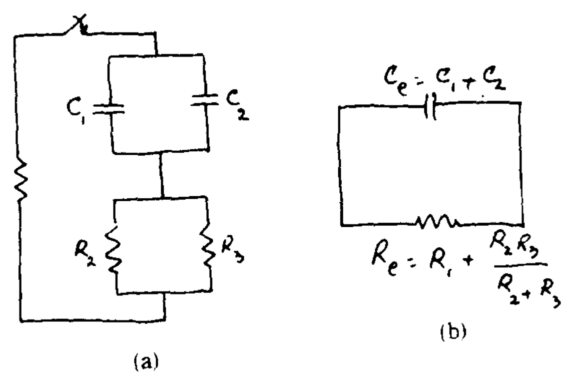


图 15-2

▌所给定的电路可化简为图 15-2 (b) 所示电路，由该图可知，

$$\tau = R_eC_e$$

式中

$$R_e = R_1 + \frac{R_2R_3}{R_2+R_3}$$

和

$$C_e = C_1 + C_2$$

15.8　试求 15.3 题中电容器的储能.

▌$w_C(t)=\frac{1}{2}C(v_c)^2$，由 15.3 题知，$v_c=V_0e^{-t/RC}$，故

$$w_C = \frac{1}{2}CV_0^2e^{-2t/RC} = W_0e^{-2t/RC} \quad (\text{J}) \qquad (1)$$

式中　$W_0=\frac{1}{2}CV_0^2$ 是初始储能.

15.9　试写出 15.3 题中电路由电容器传送给电阻器的能量传送表示式.

/

$$w_R(t) = W_0 - w_C = W_0 - W_0 e^{-2t/RC}$$

（根据 15.8 题）

$$= W_0(1 - e^{-2t/RC}) \quad (\mathrm{J})$$

15.10 已知一个 50μF 的电容器通过一个 100kΩ 的电阻器放电，若该电容器初始充电到 400V，试求其初始能量及 600ms 后的储能.

/

$$W_0 = \frac{1}{2}CV_0^2$$

$$= \frac{1}{2}(50 \times 10^{-6})(400)^2$$

$$= 4(\mathrm{J})$$

$$\tau = RC = (100 \times 10^3)(50 \times 10^{-6})$$

$$= 5(\mathrm{s})$$

$$W_C(600\mathrm{ms}) = W_0 e^{-2t/RC}$$

$$= 4e^{-2(600\times 10^{-3})/5} \quad (\mathrm{J})$$

$$= 3.14(\mathrm{J})$$

15.11 试问 15.11 题中电容器要经多长时间才使所储存的能量释放到 0.072J？

/ 将所给数据代入 15.8 题的式（1），可得

$$0.072 = 4e^{-2t/5}$$

或

$$\frac{-2t}{5} = \ln\frac{0.072}{4} = -4.017$$

故

$$t = 10\mathrm{s}$$

15.12 试画出充电电容器 C 通过电阻器 R 放电时其电压随时间衰减的关系曲线示意图.

/ 电容器的电压已由 15.3 题的式（1）给出，该式可写为 $v_C = V_0 e^{-t/\tau}$，关系曲线如图 15-3 所示.

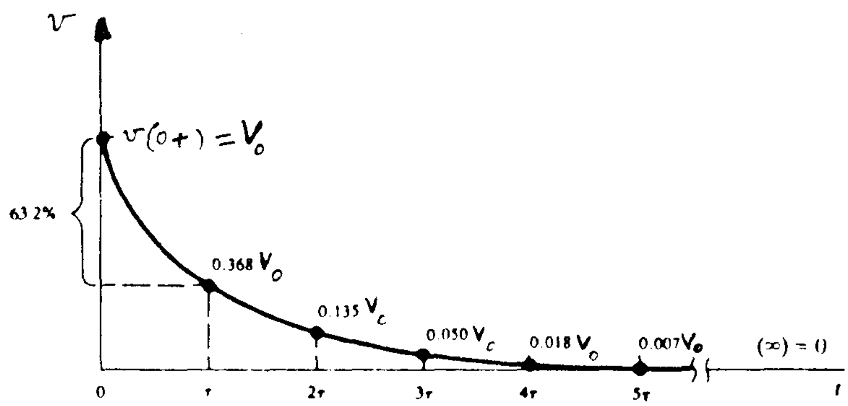


图 15-3

15.13 15.12 题中电容器的一段电压衰减曲线示于图 15-4，若由此图读得 $t=t_1$ 时，$v_C=v_1$，$t=t_2$ 时 $v_C=v_2$，试确定该电路的时间常数.

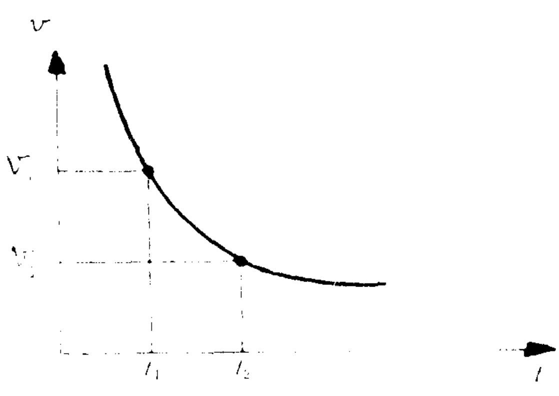


图 15-4

/

$$v_C = V_0 e^{-t/\tau}$$

或

$$v_1 = V_0 e^{-t_1/\tau}$$

$$v_2 = V_0 e^{-t_2/\tau}$$

因此

$$\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln v_1 - \ln v_2} \tag{1}$$

15.14 在图 15-1 的电路中，已知 $t_1 = 1\mathrm{s}$ 时，$v_1 = 600\mathrm{V}$，$t_2 = 4\mathrm{s}$ 时，$v_2 = 300\mathrm{V}$，试问该电路的时间常数是多少？

/ 由 15.13 题的式（1），得

$$\tau = \frac{4 - 1}{\ln 600 - \ln 300} = 4.328(\mathrm{s})$$

15.15 已知一个 20μF 电容器的端电压随时间变化的关系为 $v_C = 10.75 - 1.5e^{-1000t}$（V），试问流过

该电容器的电流是多少?

▌

$$i_C = C\frac{dv_C}{dt} = (20\times10^{-6})(-1.5)(-1000)e^{-1000t} = 0.03e^{-1000t} \quad (\mathrm{A})$$

15.16 在图 15-1 的电路中，已知 $C=40\mu F$ 和 $R=400\Omega$，若 $V_0=100V$，试求瞬变电流.

▌

$$RC=(40\times10^{-6})(400)=16\ (\mathrm{ms})$$

$$\frac{1}{RC}=\frac{1000}{16}=62.5(s^{-1})$$

$$V_0=100V$$

故

$$v_C=v_R=100e^{-62.5t}\quad (\mathrm{V})$$

$$i=\frac{v_R}{R}=0.25e^{-62.5t}\quad (\mathrm{A})$$

15.17 试问在 15.16 题的电路中电荷随时间的变化关系是什么?

▌

$$q=Cv_C=(40\times10^{-6})100e^{-62.5t} = 4000e^{-62.5t}\quad (\mu C)$$

15.18 在图 15-5 的电路中，开关在 $t=0$ 时闭合，这时 $6\mu F$ 的电容器具有电荷量 $Q_0=300\mu C$. 试求瞬时电压 v_R 的表示式.

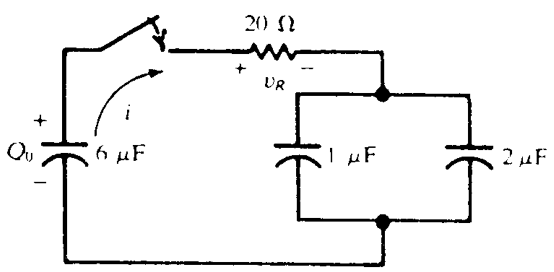


图 15-5

▌两并联电容器具有等效电容 $3\mu F$. 然后此电容量与 $6\mu F$ 串联，故在 $t=0^+$ 时，$\tau=RC_{等效}=40\mu s$. 又由 KVL 给出 $v_R=300/6=50$ (V)，且当 $t\to\infty$ 时，$v_R\to0$ (因为 $i\to0$). 因此，$v_R=50e^{-t/\tau}=50e^{-t/40}$ (V)，式中 t 的单位是 μs.

15.19 已知一个与 15.3 题相同的 RC 瞬变过程具有瞬变功率 $p_R=360e^{-t/0.00001}W$，若 $R=10\Omega$，试求其初始电荷量 Q_0.

▌

$$p_R=P_0e^{-2t/RC}$$

或

$$\frac{2}{RC}=10^5$$

或

$$C=2\mu F$$

$$w_R=\int_0^t P_R dt = 3.6(1-e^{-t/0.00001})\quad (\mathrm{mJ})$$

于是

$$w_R(\infty)=3.6\mathrm{mJ}=Q_0^2/2C$$

由此得 $Q_0=120\mu C$.

15.20 已知一个初始电荷量为 $500\mu C$ 的 $100\mu F$ 电容器通过一个 50Ω 的电阻器放电，试确定该电容器放电到 $184\mu C$ 电荷量时所需的时间.

▌由于 $q=Cv_C$ 或 $Q_0=CV_0$，我们可将 15.3 题的式 (1) 写成 $q=Q_0e^{-t/RC}$ 的形式. 因此，$184\times10^{-6}=500\times10^{-6}e^{-t/(50\times100\times10^{-6})}$，对 t 求解，得 $t=5.0$ms.

15.21 根据图 15-3 所示曲线，试求 15.20 题中电容器放电到 $25\mu C$ 时所需的时间.

▌$\tau=RC=(50)(100\times10^{-6})=5$ (ms). $25\mu C$ 对应于 $0.05Q_0$ (因为 $Q_0=500\mu C$). 由图 15-3 知，在 $0.05Q_0$ 处 $t=3\tau$，故所求的时间为 $t=3\times(5\times10^{-3})=15$ (ms).

15.22 在图 15-1 的电路中，已知 $C=1mF$，$R=2k\Omega$，而 $V_0=120V$. 试求在开关闭合 2s 后电路中的电流.

▌

$$i_C=C\frac{dv_C}{dt}=-\frac{C}{RC}V_0e^{-t/RC} = -\left(1\times\frac{10^{-3}}{2}\right)120e^{-2/2} = -0.0221(\mathrm{A})$$

15.23 将一个充电到 24V 的 $100\mu F$ 电容器与一个未充电的 $200\mu F$ 电容器、一个 $1k\Omega$ 的电阻器及一个开关相串联，如图 15-6 所示. 试求开关闭合 0.1s 后的电流.

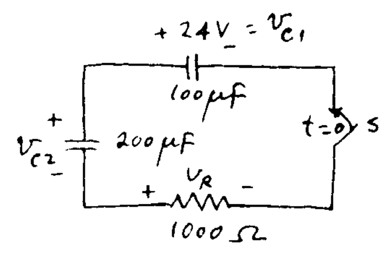


图 15-6

▌根据 KVL，有

$$\frac{10^6}{200}\int i dt+\frac{10^6}{100}\int i dt+1000i=0$$

对 t 求微分，上式变为 $15i+(di/dt)20$ 或

$$i=Ae^{-15t}\tag{1}$$

在 $t=0^+$ 时，

$$v_{C1}+v_{C2}+v_R=0$$

或

$$0 + 24 + 1000(i)_{t=0^+} = 0$$

因此

$$(i)_{t=0^+} = -0.024\text{A} \qquad (2)$$

由式（1）和（2），$A=-0.024$ 和

$$i = -0.024e^{-15t} \quad (\text{A})$$

最后，在 $t=0.1$s 时，$i=-0.024e^{-15(0.1)}$ $=-0.00536$（A）.

15.24 试问在 15.23 题的电路中，当 $t=0.1$s 时，200μF 电容器的端电压是多少？

/

$$v_{C2} = \frac{10^6}{200}\int_0^{0.1} idt$$
$$= 0.5 \times 10^4\int_0^{0.1}(-0.024e^{-15t})dt$$
$$= -6.215(\text{V})$$

15.25 在图 15-1 的电路中，已知 $R=1\text{k}\Omega$ 和 $C=100\mu\text{F}$，电容器初始充电到 24V，试问开关闭合时初始电流是多大？

/ 根据 KVL，$v_C+v_R=0$ 或 $24+1000i=0$，因此 i（0^+）$=-0.024$A.

15.26 试求上题在开关闭合 0.02s 后的电路电流.

/ 由于 $RC=(1000)(100\times10^{-6})=0.1$s，对下式求解：

$$Ri + \frac{1}{C}\int idt = 0 \quad \text{或} \quad R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}i = 0$$

便有 $i=Ae^{-t/RC}=Ae^{-10t}$，由 15.25 题知 i（0^+）$=-0.024$A，得 $A=-0.024$. 因此，$i=-0.024e^{-10t}$，在 $t=0.02$s 时得到

$$i = -0.024e^{-10(0.02)} = -0.0196(\text{A})$$

15.27 试问 15.25 题中当 $t=0.02$s 时，电容器的端电压是多少？

/ 根据 KVL，$v_R+v_C=0$ 或 $v_C=-1000i$，在 $t=0.02$s 时，$i=-0.0196$A（由 15.26 题知），因此，

$$v_C = (-1000)(-0.0196) = 19.6(\text{V})$$

15.28 试对 15.25 题中的电路画出 i_C 和 v_C 的示意图.

/ 见图 15-7.

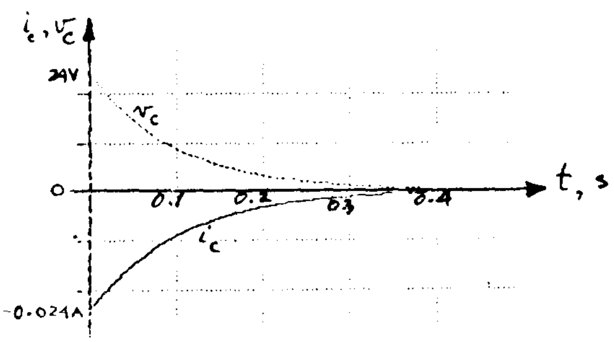


图 15-7

15.29 图 15-8 所示电路开关在断开前处于稳态，已知 $R_1=1.0\Omega$，$R_2=2.0\Omega$，$C=0.167$F，而电池电压为 24V，试求 v_C（0^-）和 v_C（0^+），再求出 i（0^+）.

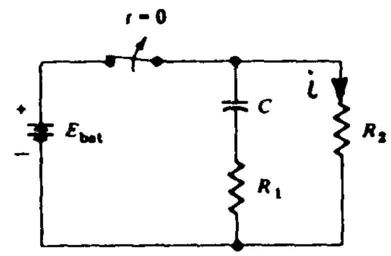


图 15-8

/ 因为电容器上的电压在瞬间不会改变，故有 v_C（0^+）$=v_C$（0^-）$=24$V. 当开关断开后，在 $t=0^+$时，$v_C+v_{R1}+v_{R2}=0$ 或 $24+i$（$1+2$）$=0$，因此，

$$i(0^+) = -8\text{A}$$

15.30 在 15.29 题的电路中，试求开关断开 1s 后的电流 i.

/ $RC=(1+2)(0.167)=0.5$（s），故电流具有 $i=Ae^{-t/RC}=Ae^{-2t}$的形式. 因为在 $t=0^+$时 $i=-8$A，因此得到 $i=-8e^{-2t}$. 在 $t=1$ 时，$i=-8e^{-2(1)}=-1.08$（A）.

15.31 已知图 15-9 中的电路参数为 $C=2.4$F 和 $R=5.0\Omega$，电池电压为 100V. 假定电路处于稳态，试求在开关断开 10s 后电阻器中的电流.

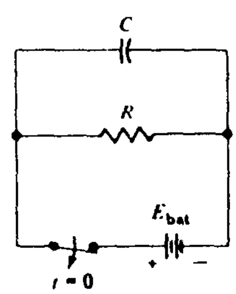


图 15-9

/

$$v_C(0^+) = v_C(0^-)$$
$$= 100\text{V}$$
$$v_R + v_C = 0$$

即在 $t=0^+$时有

$$5i + 100 = 0$$

和

$$i(0^+) = -\frac{100}{5}$$
$$= -20(\mathrm{A})$$
$$RC = 5(2.4)$$
$$= 12(\mathrm{s})$$

因此，在 $t=0^+$，$i=Ae^{-t/12}$，由 $i=-20\mathrm{A}$ 得 $A=-20$，$i=-20e^{-t/12}$. 故在 $t=10\mathrm{s}$ 时，$i=-20^{-10/12}=-8.69$ (A).

15.32 试问 15.31 题中电容器的储能是多少(开关断开 10s 后)?

/ 在 $t=10\mathrm{s}$，

$$v_C + (-8.69)5 = 0$$

或

$$v_C = 43.45\mathrm{V}$$

因此

$$W = \frac{1}{2}C(v_C)^2$$
$$= \frac{1}{2}(2.4)(43.45)^2$$
$$= 2265.5(\mathrm{J})$$

15.33 在图 15-10 的电路中，试求 $t=0^+$ 时的电流. 已知：$C=0.2\mathrm{F}$，$R_1=3\Omega$，$R_2=7\Omega$，且电容器已经初始充电到 100V.

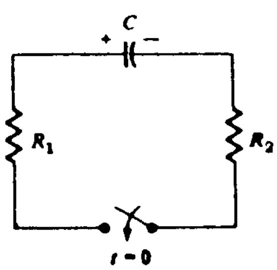


图 15-10

/

$$v_C(0^+) = v_C(0^-) = 100\mathrm{V}$$
$$v_C + v_{R1} + v_{R2} = 0$$

或

$$1 + (3+7)i = 0$$

或

$$i(0^+) = -10\mathrm{A}$$

15.34 在图 15-10 的电路中，试问 $t=6\mathrm{s}$ 时的电流是多少?

/ 因为 $RC=(3+7)(0.2)=2$，$i=Ae^{-t/2}$. 又因为 $i(0^+)=-10$，$A=-10$ 和 $i=-10e^{-0.5t}$，由此得在 $t=6\mathrm{s}$ 时，$i=-0.5\mathrm{A}$.

15.35 已知图 15-11 所示电路在开关 S 断开时电感器 L 中的电流为 I_0，试求 S 闭合后的电流.

/ 根据 KVL，有 $L(di/dt)+Ri=0$，由此式得

$$i_L = I_0 e^{-(R/L)t} \quad (\mathrm{A}) \qquad (1)$$

因为在 $t=0$ 时 $i=I_0$.

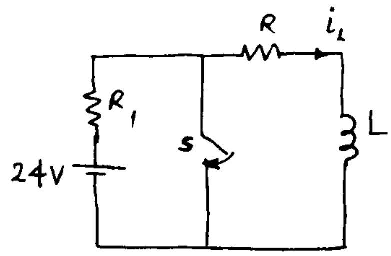


图 15-11

15.36 15.35 题的式 (1) 中量 L/R 的量纲是 s，且称之为时间常数. 试问一个 $R=10\Omega$ 和 $L=100\mathrm{mH}$ 的线圈的时间常数是多少?

/

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{100\times10^{-3}}{10} = 10(\mathrm{ms})$$

15.37 若希望用一个电阻器与 15.36 题中的线圈串联的方法将其时间常数降低到 2ms，试确定该电阻的阻值.

/

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{100\times10^{-3}}{10+R_x} = 2(\mathrm{ms})$$

因此，$R_x=40\Omega$.

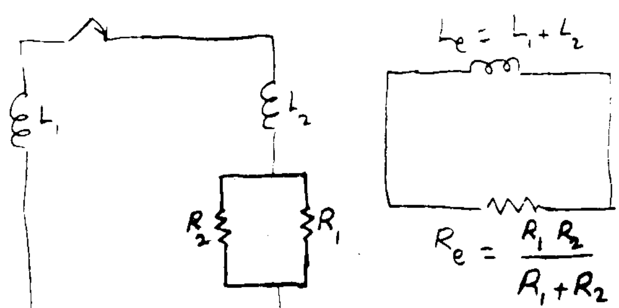
15.38 试问 15.35 题中的电感器中的电流 I_0 经过一个时间常数的周期将衰减到何值?

/ 将 $t=\tau=L/R$ 代入 15.35 题中的式 (1)，得到 $i_L(\tau)=I_0e^{-1}=0.368I_0$(A)，或其初始值的 36.8%.

15.39 试画出 15.35 题中流过电感器的电流的衰减情况示意图.

/ 此示意图与图 15-3 相同，但图中的 V_0 要换成 I_0.

15.40 试问图 15-12 (a) 所示电路的时间常数有多大?



(a) (b)

图 15-12

/ 所给出的电路可简化成图 15-12 (b) 所示的

电路，对于该电路，有

$$R_e = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$$

和

$$L_e = L_1 + L_2$$

因此，$\tau = L_e/R_e$ (s).

15.41 对某线圈中电流的衰减情况作了记录，发现在 $t=2\text{ms}$ 时 $i_L=10\text{mA}$；在 $t=6\text{ms}$ 时 $i_L=3.68\text{mA}$，试求此线圈的时间常数.

/ 由 15.35 题的式(1)，对于给定的数据可得：

$t=2\text{ms}$ 时 $I_0e^{-t/\tau}=I_0e^{-2\times10^{-3}/\tau}$ (mA)

$t=6\text{ms}$ 时 $3.68=I_0e^{-6\times10^{-3}/\tau}$ (mA)

或

$$\tau = \frac{(6-2)\times10^{-3}}{\ln10-\ln3.68} = 2(\text{ms})$$

15.42 已知流过某 50mH 电感器的电流为 $i_L=5-2e^{-10t}$ A，试问该电感器的端电压是多少？

/

$$v_L = L\frac{di_L}{dt} = (50\times10^{-3})(-2\times-10)e^{-10t} = e^{-10t}\quad(\text{V})$$

15.43 在图 15-11 的电路中，已知 $R_1=R_2=2\Omega$ 和 $L=0.4\text{H}$，试求瞬变电流.

/

$$I_0 = \frac{24}{2+2} = 6(\text{A})$$

$$\frac{L}{R} = \frac{0.4}{2} = 0.2(\text{s})$$

因此

$$i = 6e^{-t/0.2} = 6e^{-5t}\quad(\text{A})$$

15.44 试确定图 15-11 所示电路中电感器的储能.

/ $i_L=I_0e^{-(R/L)t}$，而

$$w_L(t) = \frac{1}{2}L(i_L)^2 = \left(\frac{1}{2}LI_0\right)^2e^{-(2R/L)t} = W_0e^{-(2R/L)t}\quad(\text{J})$$

式中 $W_0=\frac{1}{2}LI_0^2$ 是初始储能.

15.45 试写出图 15-11 所示电路中能量从电感器传送到电阻器的表示式.

/

$$w_R(t) = W_0 - W_L = W_0 - W_0e^{-(2R/L)t}$$

(根据 15.44 题)

$$= W_0(1-e^{-(2R/L)t})\quad(\text{J})$$

15.46 在图 15-11 的电路中，已知 $L=2\text{H}$ 和 $R=4\Omega$. 若流过电感器的初始电流为 4A，试问在 $t=0.25\text{s}$ 时该电感器的储能是多少？

/

$$\tau = L/R = 2/4 = 0.5(\text{s})$$

$$W_0 = \frac{1}{2}LI_0^2 = \frac{1}{2}(2)(4)^2 = 16(\text{J})$$

$$W_L(0.25\text{s}) = W_0e^{-(2R/L)t} = 16e^{-[(2\times4)/2]0.25} = 5.89(\text{J})$$

15.47 试问欲使 15.46 题中电感器的储能释放到 0.8J 要用多长时间？

/ 根据 15.46 题，有 $0.8=16e^{-4t}$，故 $t=0.75\text{s}$.

15.48 试问 15.43 题中线圈电感的磁通链是如何随时间变化的？

/ 磁通链 $\lambda\equiv Li$，或

$$\lambda = LI_0e^{-t/\tau} = (0.4)6e^{-5t} = 2.4e^{-5t}\quad(\text{A})$$

15.49 在图 15-13 的电路中，开关在 $t=0$ 时闭合，此时 2H 电感器内有电流 $I_0=10\text{A}$，试求电阻器的端电压.

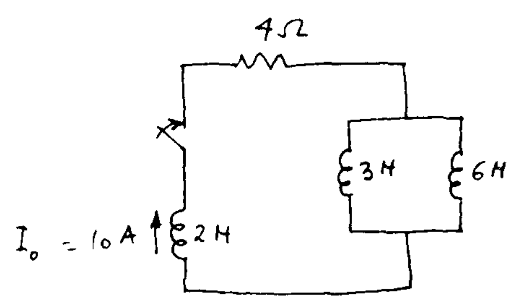


图 15-13

/

$$L_e = 2 + \frac{(3)(6)}{3+6} = 4(\text{H})$$

$$\tau = \frac{L_e}{R} = \frac{4}{4} = 1(\text{s})$$

$$i = I_0e^{-t/\tau} = 10e^{-t}$$

$$v_R(t) = Ri = (4)10e^{-t} = 40e^{-t}\quad(\text{V})$$

15.50 在如图 15-11 所示形式的 RL 电路中，已知瞬变功率为 $p_R=72e^{-10t}$ (W)，若 $R=2\Omega$，试求其初始电流.

解 因为 $p_R = P_0 e^{-(2R/L)t}$，$\tau = \frac{L}{R} = \frac{2}{10} = \frac{L}{2}$ 或 $L = 0.4$H，

$$w_R = \int_0^t p_R dt = 72 \int_0^t e^{-10t} dt$$
$$= 7.2(1 - e^{-10t}) \quad (\text{J})$$

最大储能为 $7.2 = \frac{1}{2} L I_0^2 = \frac{1}{2}(0.4) I_0^2$，因此，$I_0 = 6$A.

15.51 在图 15-11 所示电路中，已知 $R = 1\Omega$ 和 $L = 1$H，若流过电感器的初始电流为 10A，试求 3s 后的电流.

解

$$i = I_0 e^{-(R/L)t} = 10e^{-t}$$

或

$$i(3) = 10e^{-3} = 0.4978(\text{A})$$

15.52 在图 15-14 所示电路中的 3H 电感器载有 10A 的初始电流，当 $t=0$ 时开关闭合，试求 i.

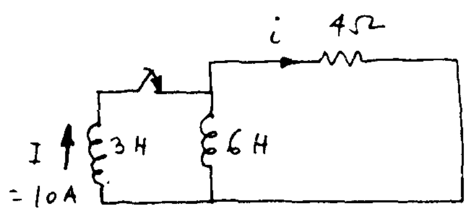


图 15-14

解 $t = 0^+$ 时，根据 KVL，有

$$L_e \frac{di}{dt} + Ri = 0$$

式中

$$L_e = \frac{(3)(6)}{3+6} = 2(\text{H})$$

和

$$R = 4\Omega$$

因此

$$i = Ae^{-(4/2)t}$$
$$= Ae^{-2t} = 10e^{-2t} \quad (\text{A})$$

(因为 $t=0$ 时 $i=10$A.)

15.53 一台 240V 的直流发电机向一并联电路供给电流，该并联电路由一个电阻器和一个线圈组成，如图 15-15 (a) 所示. 此系统处于稳态. 试求线路开关断开 1s 后的电流.

解 化简后的新电路示于图 15-15 (b)，由该电路有 $i_L(0^+) = i_L(0^-) = \frac{240}{300} = 0.8(\text{A})$. 根据 KVL，$(600+300)i + 200di/dt = 0$. 因此，$i = Ae^{-4.5t}$. 由于 $i(0^+) = 0.8$A，$A = 0.8$ 及 $i = 0.8e^{-4.5t}$ (A). 故在 $t = 1$s 时，$i = 0.8e^{-4.5(1)} = 0.0089$ (A).

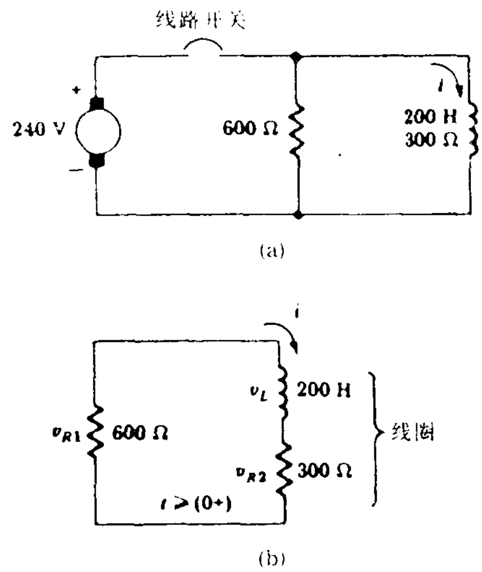


图 15-15

15.54 在图 15-15 (a) 所示电路中，试问当线路开关断开 1s 后，线圈中感应的电压及线圈的端电压是多少?

解 根据 KVL，由图 15-15 (b) 可得

$$v_{R1} + v_{R2} + v_L = 0$$

或

$$(R_1 + R_2)i + v_L = 0$$

在 $t = 1$s 时，由 15.53 题知 $i = 0.0089$A，因此，

$$v_L(1\text{s}) = -0.0089(600 + 300)$$
$$= -8.01(\text{V})$$
$$v_{线圈} + v_{R1} = 0$$

或

$$v_{线圈} = -v_{R1} = -0.0089(600)$$
$$= -5.34(\text{V})$$

15.55 已知图 15-16 中的电路处于稳态，在 $t=0$ 时将开关断开，试求 $i(0^+)$ 和 $i(0^-)$.

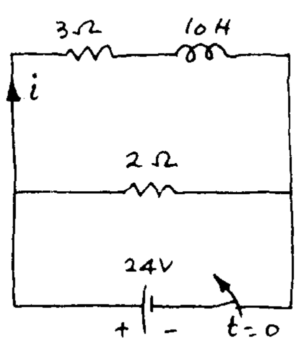


图 15-16

/

$$i(0^+) = i(0^-) = \frac{24}{3} = 8(\text{A})$$

15.56 试求图 15-16 所示电路在 $t=0^-$ 和 $t=0^+$ 时流过 2Ω 电阻器的电流.

/ $$i_{2\Omega}(0^-) = \frac{24}{2} = 12(\text{A})$$

$$i_{2\Omega}(0^+) = i(0^+) = 8(\text{A})$$

15.57 试问图 15-16 所示电路在 $t=1.5$s 时流过电感器的电流是多少?

/ 根据 KVL，有

$$10\frac{di}{dt} + (3+2)i = 0$$

或

$$i = Ae^{-0.5t}$$

因为 $t=0$ 时 $i=8$A，故 $A=8$，$i=8e^{-0.5t}$.
在 $t=1.5$s 时，$i=8e^{-0.5(1.5)}=3.78$ (A).

15.58 针对图 15-16 所示电路，试画出开关断开后 $i\ (t)$的示意图.

/ 见图 15-17.

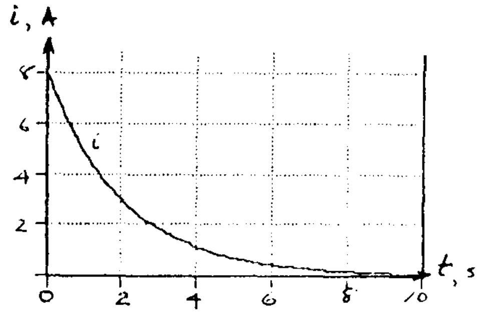


图 15-17

15.59 在图 15-18 (a) 中，已知 $V=100$V，$R_1=50\Omega$，线圈的参数是 100H 和 2Ω. 在 $t=0$ 时开关断开. 试问 $t=1.5$s 时线圈的电流是多少?

/ $i\ (0^-)\ =i\ (0^+)\ =\frac{100}{200}=0.5$ (A). 当开关断开时，根据 KVL，有

$$100\frac{di}{dt} + (200+50)i = 0$$

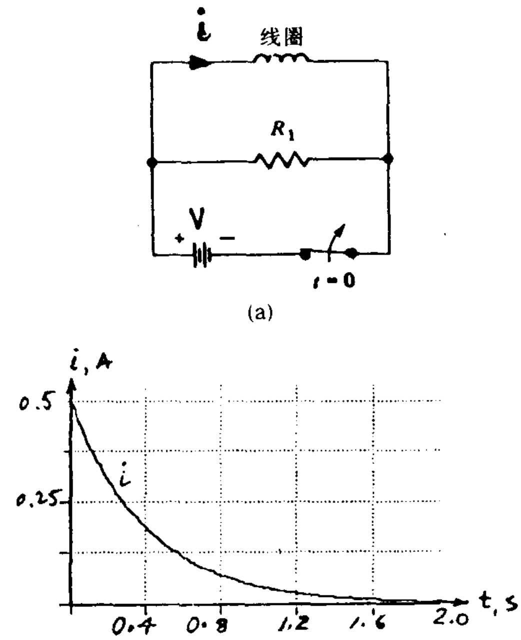
或

$$i = Ae^{-2.5t} \quad (\text{A})$$

因为 $t=0$ 时 $i=0.5$(A)，$A=0.5$. 因此，$i=0.5e^{-2.5t}$ (A). 在 $t=1.5$s 时，$i=0.5e^{-(2.5)(1.5)}=0.012$ (A).

15.60 试求图 15-18 (a) 所示电路的时间常数，并画出 $i\ (t)$ 的示意图.

/ $\tau=L/R=100/\ (200+50)\ =0.4$ (s). $i\ (t)$ 的示意图见图 15-18 (b).



(a)

(b)

图 15-18

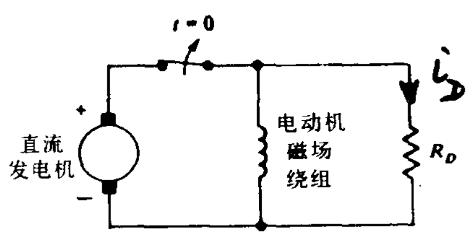
15.61 在图 15-19 (a) 中，为了在开关断开时释放磁场中的能量，将一个磁场释放电阻 R_D 与电动机的磁场绕组并联. 这样即可在开关断开时逐渐释放能量，从而避免损坏开关和线圈，磁场中所储存的能量化为热能消耗在 R_D 上和磁场绕组的电阻上. 假定 R_D 为 1000Ω，发电机工作在 120V，磁场绕组的参数是 100H 和 94Ω，且电路电流处于稳态，试求：(a) 在 $t=(0^-)$ 时释放电阻中的电流；(b) 在 $t=(0^+)$ 时释放电阻中的电流.

/ 在 $t=(0^+)$ 时的电路示于图 15-19 (b).

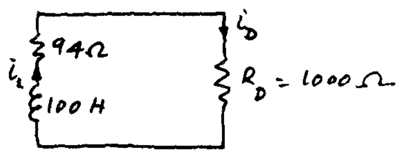
(a) $i_D\ (0^-)\ =\frac{120}{1000}=0.12$ (A)

(b) $i_D\ (0^+)\ =i_L\ (0^+)\ =i_L\ (0^-)$

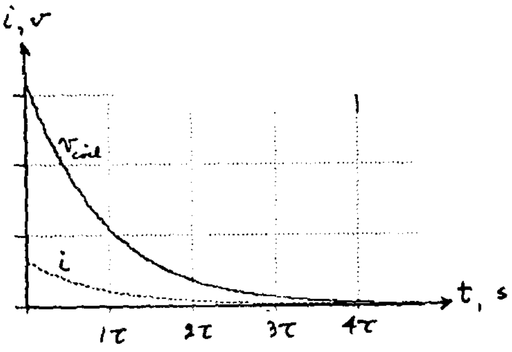
$=\frac{120}{94}=1.28$ (A)



(a)



(b)



(c)

图 15-19

15.62 在 15.61 题的电路中，试求开关断开 0.5s 后的磁场电流.

/ 由图 15-19 (b),

$$100\frac{di}{dt}+(94+1000)i=0$$

或

$$i=Ae^{-10.94t}\quad(\mathrm{A})$$

在 $t=0$ 时，$i=1.28\mathrm{A}$. 故 $A=1.28$ 和 $i=1.28e^{-10.94t}$ (A). 在 $t=0.5\mathrm{s}$ 时，$i=1.28e^{(-10.94)(0.5)}=5.39$ (mA).

15.63 试问在 $t=0^+$ 时 15.61 题的电路中磁场绕组的端电压是多少?

/

$$V_{磁场}(0^+)=V_{R_D}(0^+)=iR_D(0^+)$$
$$=1.28(1000)=1280(\mathrm{V})$$

15.64 在 15.61 题的电路中，试求磁场绕组的端电压下降到 40V 所经历的时间.

/ 在磁场绕组端电压达到 40V 的瞬间，R_D 的端电压为 40V，因而

$$i_D=\frac{V}{R}=\frac{40}{1000}=0.04(\mathrm{A})$$

但 $i_D=1.28e^{-10.94t}$，故 $0.04=1.28e^{-10.94t}$，因此 $t=0.317\mathrm{s}$.

15.65 针对图 15-19 的电路，试画出 $i(t)$ 与 $v_{磁场}(t)$ 的示意图.

/ 见图 15-19 (c).

15.66 在图 15-20 所示电路中，当 $t=0$ 时开关断开，使已充电的线圈通过一个负阻二极管放电. 试求开关断开 0.2s 后的线圈电流.

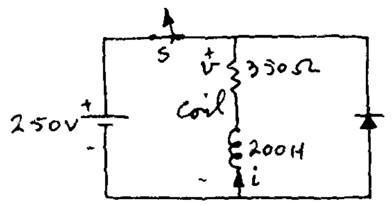


图 15-20

/ $i(0^+)=i(0^-)=\dfrac{250}{350}=0.714$ (A). 根据 KVL,

$$200\frac{di}{dt}+350i=0$$

或

$$i=Ae^{-1.75t}\quad(\mathrm{A})$$

因为 $t=0$ 时，$i=0.714\mathrm{A}$，$A=0.714$. 故

$$i=0.714e^{-1.75t}\quad(\mathrm{A})$$

在 $t=0.2\mathrm{s}$ 时,

$$i=0.714e^{(-1.75)(0.2)}=0.503(\mathrm{A})$$

15.67 在图 15-20 所示电路中，试问在 (a) $t=(0^-)$ 和 (b) $t=(0^+)$ 时线圈的端电压各是多少?

/ (a) $v(0^-)=250\mathrm{V}=v_{电池}$

(b) $v(0^+)=v_{二极管}=0.714(0)=0(\mathrm{V})$

15.68 试问在 15-66 题的电路中瞬时功率是多少?

/

$$p=i^2R=(350)(0.714)^2(e^{2(-1.75)t})$$
$$=178.43e^{-3.5t}\quad(\mathrm{W})$$

15.69 试问图 15-20 所示电路中，电阻器在 0.2s 期间消耗的能量有多大?

/

$$W=\int_0^{0.2}(i^2R)dt$$
$$=178.43\int_0^{0.2}e^{-3.5t}dt$$

由 15.68 题,

$$W=25.66\ (\mathrm{J})$$

15.70 在图 15-21 中，两个磁场绕组由一个公用的释放电阻保护. 已知绕组 1 的参数是 300H 和 200Ω，绕组 2 的参数是 100H 和 200Ω，R_D 为 600Ω，而发电机电压为 240V. 试求: (a) 在开关断开之前每个绕组中和电阻器中的稳态电流; (b) $t=(0^-)$ 时每个绕组的端电压.

/

$$(\mathrm{a})\ i_{W1}(0^-)=\frac{240}{200}=1.2(\mathrm{A})$$

$$i_{W2}(0^-)=\frac{240}{200}=1.2(\mathrm{A})$$

$$i_{R_D}(0^-) = \frac{240}{600} = 0.4(\mathrm{A})$$

(b) $V_{W1}(0^-) = V_{W2}(0^-) = V_{R_D}(0^-)$
$= 240(\mathrm{V})$

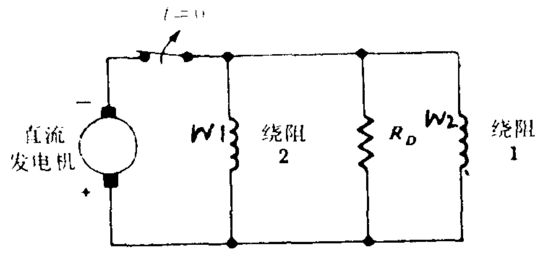


图 15-21

15.71 在图 15-21 的电路中，试问在 $t=0^+$ 时各电路元件的端电压是多少？

▌由于瞬间感应电流不变，故

$$i_{R_D}(0^+) = 1.2 + 1.2 = 2.4(\mathrm{A})$$

$$V_{R_D}(0^+) = (2.4)(600) = 1440(\mathrm{V})$$

$$= V_{W1}(0^+) = V_{W2}(0^+)$$

（各绕组并联）

15.72 在 15.70 题的电路中，试求当开关断开时使各绕组端电压不超过 240V 的 R_D 之值.

▌

$$V_{R_D} = iR_D'$$

或

$$240 = 2.4R_D'$$

因此

$$R_D' = 240/2.4 = 100(\Omega)$$

15.73 在图 15-22 的电路中，当开关闭合时，由于电容器的初始电荷而有电流流动. 试写出决定电流 i 的方程及该方程的解的形式.

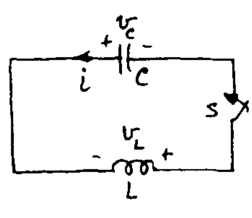


图 15-22

▌根据 KVL，

$$L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int idt = 0$$

或

$$L\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{C}i = 0$$

上式的特征根为

$$p_1, p_2 = \pm\frac{j}{\sqrt{LC}} \equiv \pm j\omega$$

式中 $\omega \equiv 1/\sqrt{LC}$，因此解具有下列形式：

$$i = A_1e^{j\omega t} + A_2e^{-j\omega t} \quad (\mathrm{A}) \qquad (1)$$

15.74 试利用欧拉恒等式将 15.73 题的式（1）表示为正弦函数与余弦函数之和.

▌因为 $e^{j\omega t} = \cos\omega t + j\sin\omega t$ 和 $e^{-j\omega t} = \cos\omega t - j\sin\omega t$，15.73 题的式（1）可以写为

$$i = A_1(\cos\omega t + j\sin\omega t)$$
$$+ A_2(\cos\omega t - j\sin\omega t)$$
$$= (A_1 + A_2)\cos\omega t + j(A_1 - A_2)\sin\omega t$$
$$= B_1\cos\omega t + B_2\sin\omega t \qquad (1)$$

15.75 试说明 15.74 题式（1）中的 B_1 与 B_2 是实数，而 A_1 与 A_2 为共轭复数.

▌由于 i 是实数，故式中右方的量必为实数，于是 $B_1 = A_1 + A_2$ 和 $B_2 = j(A_1 - A_2)$ 必须是实数，因此，$A_1 = a + jb$ 和 $A_2 = a - jb$ 必定是共轭复数.

15.76 若图 15-22 的电路中电容器的初始电压为 V_0，试求 15.74 题式（1）中的常数 B_1 与 B_2.

▌在 $t=0$ 时 $i=0$，故 $0 = B_1 + B_2(0)$ 或 $B_1 = 0$. 在 $t=0^+$，

$$L\frac{di}{dt} + V_0 = 0$$

或

$$\frac{di}{dt}(0^+) = -\frac{V_0}{L}$$

由于 $B_1 = 0$，$di/dt = B_2\omega\cos\omega t$. 故 $t=0^+$ 时有 $-(V_0/L) = B_2\omega$. 因此，$B_1 = 0$ 而 $B_2 = -(V_0/\omega L)$.

15.77 试画出 15.76 题的电路中电流的示意图.

▌由 15.76 题知，$i = (V_0/\omega L)\cos\omega t$. 因此该示意图如图 15-23 所示.

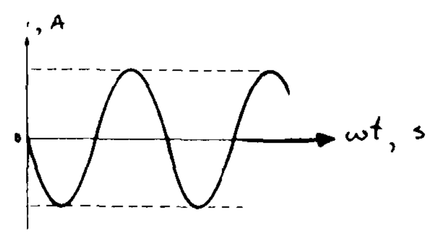


图 15-23

15.78 在图 15-24 的电路中，已知 $L = 1.0\mathrm{H}$，$R = 6.0\Omega$ 及 $C = 0.2\mathrm{F}$，电容器初始充电到 24V，且在 $t = 0$ 时开关闭合，试求开关闭合 1s 后的电流 i.

▌根据 KVL（且经微分后），有

$$\frac{d^2i}{dt^2} + 6\frac{di}{dt} + \frac{1}{0.2}i = 0$$

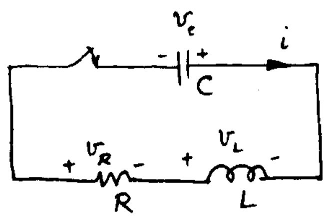


图 15-24

此方程的特征根为-5和-1，故方程的解具有$i=A_1e^{-5t}+A_2e^{-t}$的形式. 由$i(0^+)=0$得到$A_1+A_2=0$，又由$di/dt+0+24=0$得到$di/dt=-24=-5A_1-A_2$. 因此，$A_1=6$而$A_2=-6$，$i=6(e^{-5t}-e^{-t})$. 在$t=1$s时，$i=6(e^{-5}-e^{-1})=-2.17$ (A).

15.79 试画出图 15-24 的电路中的电流的示意图.

/ 见图 15-25.

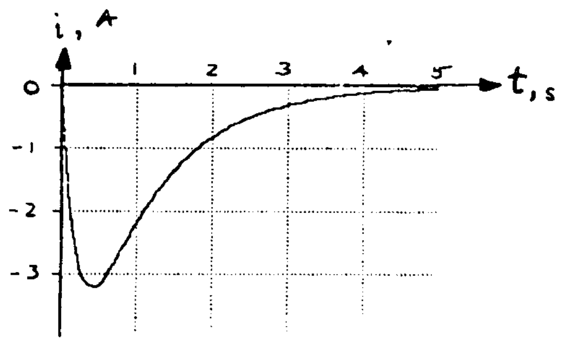


图 15-25

15.80 在图 15-22 的电路中，已知$C=2.55\mu$F和$L=200$mH，电容器被充电到 60V，在$t=0$时开关闭合. 试计算$t=0.4$s时的电流i.

/ 由 15.74 题，$i=B_1\cos\omega t+B_2\sin\omega t$

$$\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}=\frac{1}{\sqrt{(200\times10^{-3})(2.55\times10^{-6})}}=1400(\text{rad/s})$$

因为$i(0^+)=i(0^-)=0$，得$B_1=0$.

$$\frac{di}{dt}(0^+)=-\frac{V_0}{L}=\frac{-60}{0.2}=-300=wB_2\cos wt=wB_2=1400B_2$$

故

$$B_2=-0.214$$
$$i=-0.214\sin1400t(\text{A})$$

$t=0.4$s 时

$$i=-0.214\sin(1400\times0.4)=-0.513(\text{A})$$

15.81 试根据 15.80 题的数据求$v_C(t)$.

/

$$v_C+0.2\frac{d}{dt}(-0.214\sin1400t)=0$$

或

$$v_C=-(0.2)(0.214)(1400)\cos1400t=-59.92\cos1400t(\text{A})$$

15.82 试根据 15.81 题的数据求出电感器端电压的第一个过零点.

/ 当$\cos1400t=0$时，$v_L=0$，或$1400t=\pi/2$. 因此$t=1.122$ms.

15.83 在图 15-22 的电路中，已知$C=100\mu$F. 试求使电容器端电压的第一个过零点发生在$t=10$ms时刻的L值.

/ 当$\cos\omega t=0$时$v_C=0$，或$\omega t=\pi/2$. 对于$t=10$ms，$\omega=(\pi/2)\times10^3=1/\sqrt{LC}$，由此可得$L=40$mH.

15.84 试针对图 15-24 所示电路，写出决定电流i的方程，并求该方程的通解.

/ 根据 KVL，有

$$L\frac{di}{dt}+Ri+\frac{1}{C}\int idt=0$$

或

$$L\frac{d^2i}{dt^2}+R\frac{di}{dt}+\frac{1}{C}i=0 \qquad (1)$$

其特征根为

$$p_1,p_2=-\frac{R}{2L}\pm\sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2-\frac{1}{LC}}$$

因此通解的形式为

$$i=A_1e^{p_1t}+A_2e^{p_2t}(\text{A})$$

15.85 当 15.84 题的式 (1) 具有两个不同的实根时，试写出该式解的形式，并确定此种情况下R、L和C之间的关系.

/ 对于不同实根的情况，必须有$(R/2L)^2>1/LC$. 设$-a$和$-b$为两个实根，则解的形式为

$$i=A_1e^{-at}+A_2e^{-bt}(\text{A})$$

15.86 当 15.84 题的式 (1) 具有两个相同的实根时，试问其解的形式如何? 对于这种特定情况，R、L和C之间的关系是什么?

/ 对于两个根相同的情况，必须有$(R/2L)^2=1/LC$. 这两个根为$p_1=p_2=-(R/2L)=-a$. 若将方程的解写为如下形式：

$$i=A_1e^{-at}+A_2e^{-at}=(A_1+A_2)e^{-at}=Ae^{-at}$$

则只有一个未知的常数. 对于二阶微分方程

来说，必须有两个任意常数，因此其解的正确形式应是：

$$i = A_1e^{-\alpha t} + A_2te^{-\alpha t}$$

15.87 当 15.84 题的式（1）具有一对复共轭的根时，试确定其解的形式，并求这种情况下 R，L 和 C 之间的关系.

▌对于一对复共轭根的情况，必须有 $(R/2L)^2 < 1/LC$. 设两个根为 $-\alpha \pm j\omega$，这里 $\alpha = R/2L$，而 $\omega = \sqrt{(R/2L)^2 - 1/LC}$，则式（1）的解变为下列形式：

$$i = A_1e^{-(\alpha t + j\omega t)} + A_2e^{-(\alpha t - j\omega t)} \qquad (1)$$

15.88 试化简 15.87 题的式(1)，从而得到用 $\sin\omega t$ 和 $\cos\omega t$ 表示的解.

▌仿照 15.74 题的作法，利用欧拉恒等式，可将 15.87 题的式（1）写为

$$i = e^{-\alpha t}(B_1\cos\omega t + B_2\sin\omega t) \qquad (1)$$

15.89 试针对 $B_1=2$，$B_2=3$，$\omega=1$ 和 $\alpha=0.0796$ 的情况，画出 15.88 题式（1）的示意图.

▌见图 15-26.

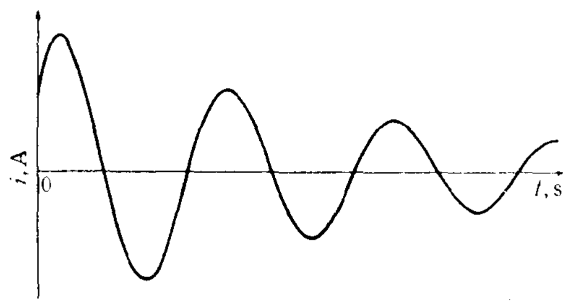


图 15-26

在 15.88 题的式（1）中，α 称为阻尼系数，而 ω 称为振荡的阻尼频率.

15.90 在图 15-24 的电路中，已知 $C=14.28\text{mF}$，$R=45\Omega$ 及 $L=5\text{H}$，电容器被充电到 50V，在 $t=0$ 时开关闭合. 试列出在 $t=0^-$ 及 $t=0^+$ 时刻电压和电流的所有状态.

▌由于电感，

$$i(0^+) = i(0^-) = 0 \qquad (1)$$

又由于电容，$v_C(0^+) = v_C(0^-) = 50\text{V}$. 在 $t=0^+$ 时 KVL 表明 $v_L(0^+) + v_C(0^+) + v_R(0^+) = 0$，而

$$v_L = L\frac{di}{dt} \quad \text{和} \quad v_R = Ri$$

故有

$$v_L(0^+) = L\frac{di}{dt}(0^+)$$

$$v_R(0^+) = 0$$

（因为 $i(0^+)=0$.）因此，

$$\frac{di}{dt}(0^+) = -\frac{v_C(0^+)}{L}$$

$$= -\frac{50}{5} = -10 \qquad (2)$$

15.91 试针对 15.90 题的电路，求出电流 i 的通解.

▌因为其特征根为 -7，-2，故

$$i = A_1e^{-7t} + A_2e^{-2t} \qquad (1)$$

15.92 试将由 15.90 题得到的初始条件用于 15.91 题的式（1），求出 A_1 和 A_2.

▌由 15.90 题的式（1），有

$$0 = A_1 + A_2$$

或

$$A_1 = -A_2$$

又由 15.90 题的式（2）和 15.91 题的式（1）得

$$\frac{di}{dt}(0^+) = -10 = -7A_1 - 2A_2$$

对 A_1 与 A_2 求解，得到 $A_1=2$ 及 $A_2=-2$.

15.93 在 15.90 题的电路中，试问在 $t=0.5\text{s}$ 时的电流是多少？

▌由 15.91 和 15.92 题，有 $i=2(e^{-7t}-e^{-2t})$ (A).

$t=0.5\text{s}$ 时，$i=2\left(e^{(-7)(0.5)} - e^{(-2)(0.5)}\right) = -0.675$ (A).

15.94 试问 15.90 题的电路中 $t=0.5\text{s}$ 时电感器的端电压是多少？

▌

$$v_L = L\frac{di}{dt} = (5)(2)(-7e^{-7t} + 2e^{-2t}) \text{ (V)}$$

在 $t=0.5\text{s}$ 时，$v_L(0.5) = 10(-7e^{-3.5} + 2e^{-1}) = 5.24(\text{V})$.

15.95 在图 15-24 的电路中，已知 $C=0.04\text{F}$，$R=10\Omega$ 及 $L=1\text{H}$，电容器被充电到 20V 且开关在 $t=0$ 时闭合，试求 $i(t)$.

▌由 15.84 题知两个特征根为 $p_1=p_2=p=-5$，故其解具有 $i=A_1e^{-5t}+A_2te^{-5t}$ 的形式. 而 $i(0^+)=0$ 要求 $A_1=0$，故

$$i = A_2te^{-5t}$$

$$\frac{di}{dt} = A_2(e^{-5t} - 5te^{-5t})$$

和

$$\frac{di}{dt}(0^+) = -20 = A_2$$

$$i = -20te^{-5t} \quad \text{(A)}$$

15.96 试求 15.95 题的电路中 $t=1\text{s}$ 时电感器的端电压.

▌

$$v_L = L\frac{di}{dt} = -20(e^{-5t} - 5te^{-5t})$$

$t=1$s 时

$$v_L = -20(e^{-5} - 5e^{-5}) = 0.54(\mathrm{V})$$

15.97 在图 15-24 的电路中，已知 $C=76.92$mF，$R=4\Omega$ 及 $L=1$H，电容器被充电到 100V，且 $t=0$ 时开关闭合．试求开关闭合 0.1s 后的电流 i.

/ 在这种情况下，特征根为 $-2\pm j3$，解具有 $i=e^{-2t}$ （$B_1\cos3t + B_2\sin3t$）的形式．由于 i（0^+）$=0$，$B_1=0$ 和 $i=B_2e^{-2t}\sin3t$. （di/dt）（0^+）$=-100$，要求 $-100=B_2$（3）或 $B_2=-33.33$.

因此，$i=-33.33e^{-2t}\sin3t$（A）．在 $t=0.1$s 时，

$$i = (-33.33)e^{-2(0.1)}\sin[3(0.1)]$$
$$= -8.06(\mathrm{A})$$

15.98 在 15.97 题的电路中，试求阻尼比和电流振荡的阻尼频率.

/ 因为阻尼比 $\alpha=-2$，$\omega=2\pi f=3$ (rad/s)，因此，

$$f = 3/2\pi = 0.48(\mathrm{Hz}).$$

15.99 试根据 15.97 题得到的结果画出 $i(t)$ 示意图.

/ 见图 15-27.

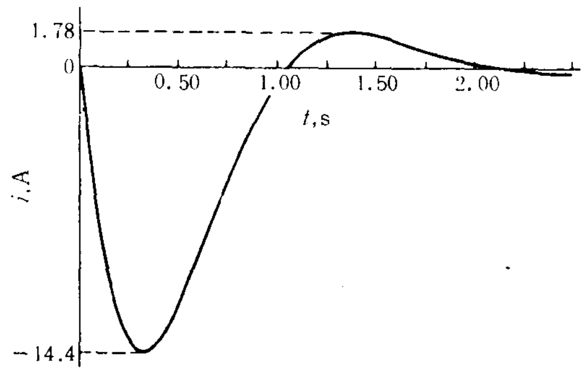
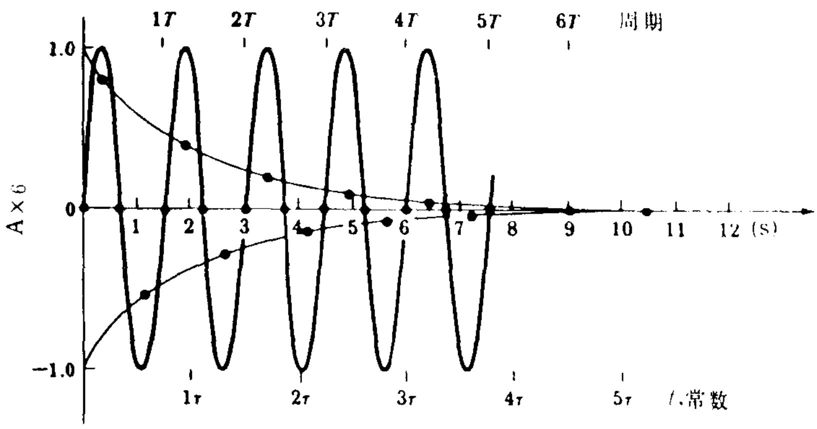


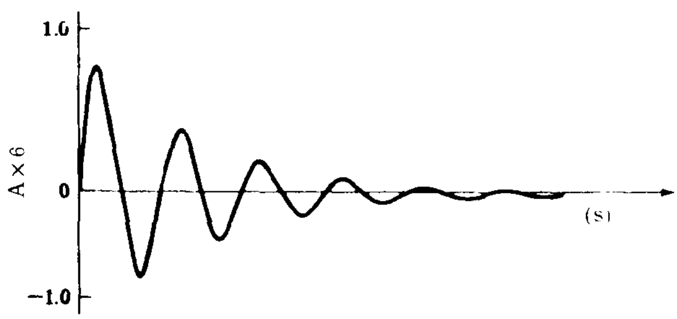
图 15-27

15.100 本题介绍对图 15-24 所示电路的电流 $i(t)$ 的作图方法，其步骤如下：(a) 求出解的正弦函数的周期（或区段），在时间刻度的下面离开一段距离标出相应的时常数，然后画出正弦波；(b) 画出指数函数及其镜像；(c) 在 (b) 的曲线上分别对应正弦波的正、负峰值画出所有的圆点标记；(d) 连接所有的圆点画出平滑的曲线．试按步骤 (a) 至 (d) 画出 $i=6e^{-0.5t}\sin4.186t$（A）的曲线.

/ 上述步骤示于图 15-28 (a)，据此可得图 15-28 (b).



(a)



(b)

图 15-28