姓名 学号 学院 专业： 任课教师

密 封 线

华南理工大学研究生课程考试

《电网络分析》试卷

考试时间： 2009 年 1 月 14 日

注意事项：1. 请考生考前将密封线内各项信息填写清楚；

2. 考试形式：闭卷（√） 开卷（ ）

3. 本试卷共七大题，满分 100 分，考试时间为 150 分钟。

题 号	一	二	三	四	五	六	七	总分
得 分								
评卷人								

一、简答题（本题共 40 分，每小题 4 分）

1、电网络的基本变量有哪些？这些基本变量各有什么样的重要性质？

2、什么叫动态相关的网络变量偶？什么叫动态无关的网络变量偶？在电网络的变量偶中，哪些是动态相关的网络变量偶？哪些是动态无关的网络变量偶？

3、电网络中有哪几类网络元件？这些网络元件是如何定义的？它们的特性方程分别是怎样的？

4、什么是端口型线性网络？端口型线性网络与传统的线性网络之间有什么样的关系？

5、什么是端口型时不变网络？传统的时不变网络和端口型时不变网络之间有什么样的关系？

6、什么是端口型无源网络和有源网络？端口型无源网络和有源网络与传统的无源网络和有源网络之间有什么样的关系？

7、什么是网络函数？

8、什么叫原始不定导纳矩阵？不定导纳矩阵具有什么样的特性？

9、信号流图有哪些变换规则？这些变换规则的具体内容是什么？

10、什么是网络的未归一化灵敏度？什么是网络的归一化灵敏度？

二、图 1 所示的一端口网络中，线性时变电容和线性时变电感的变化规律为

$$C(t) = L(t) = 0.05 + 0.01\cos(4t) \quad \text{（对于所有时间 } t\text{）}$$

请判断该网络是否为传统的时变网络？是否为端口型时变网络？并分别说明理由。（10 分）

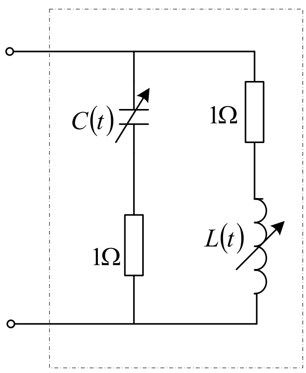


图 1

三、如图 2 所示的线性二端口网络中，已知 $R_1 = R_2 = R_3 = 1\Omega$，$L_1 = L_2 = 2\mathrm{H}$，$M = 1\mathrm{H}$，$C = 1\mathrm{F}$，写出其原始不定导纳矩阵，并根据原始不定导纳矩阵求出该二端口网络的短路导纳矩阵。（10 分）

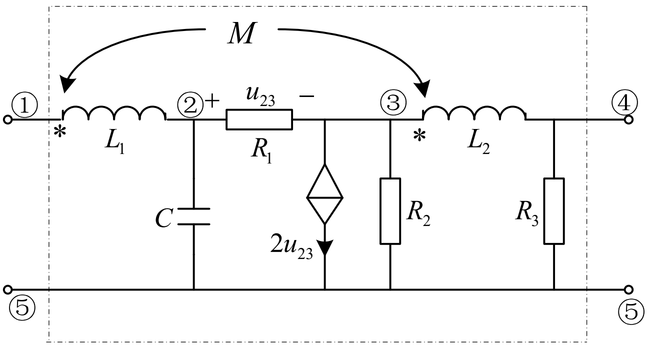


图 2

四、图 3 所示线性非常态网络中，已知 $R_1 = R_2 = 1\Omega$，$L_1 = L_2 = 1\mathrm{H}$，$C_1 = C_2 = 1\mathrm{F}$，$i_S(t) = 2\cos(5t)\mathrm{A}$，$u_S(t) = 10\cos(5t)\mathrm{V}$，试问该网络的复杂性阶数是多少？请选择一个规范树，列出该网络的状态方程（要求写成矩阵形式）。（10 分）

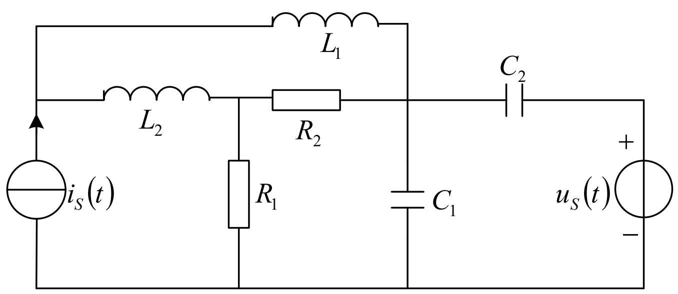


图 3

五、已知某线性网络的状态方程为：

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{d}u_1(t)}{\mathrm{d}t} = -4u_1(t) - u_2(t) + 2\varepsilon(t) \\ \dfrac{\mathrm{d}u_2(t)}{\mathrm{d}t} = 3u_1(t) \end{cases}$$

式中 $\varepsilon(t)$ 表示单位阶跃函数。电压初始值 $u_1(0_-) = 2$，$u_2(0_-) = 3$。试画出其对应的状态转移图，并用 Mason 公式求出转移函数 $T_1 = \dfrac{U_1(s)}{E(s)}$、预解矩阵 $\boldsymbol{\Phi}(s)$ 和电压 $u_1(t)$。（10 分）

六、如图 4 所示的线性网络中，各元件参数的标称值分别为：$G_1 = 1\,\text{S}$，$G_2 = 3\,\text{S}$，$G_3 = 2\,\text{S}$，$G_4 = 8\,\text{S}$，$\beta = 2$，$U_S = 4\,\text{V}$。用增量网络法求出电压U_o对G_1、G_3及β的未归一化灵敏度$\hat{S}_{G_1}^{U_o}$、$\hat{S}_{G_3}^{U_o}$及$\hat{S}_{\beta}^{U_o}$；设转移函数为$T = \dfrac{U_o}{U_S}$，求出$\hat{S}_{\beta}^{T}$。（10 分）

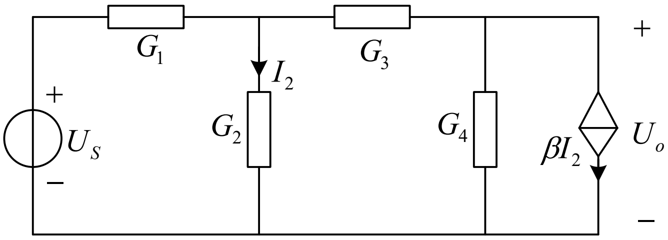


图 4

七、已知某二端口网络的短路导纳矩阵$\mathbf{Y_{SC}}$，用 SFG 分析法求该网络的传输参数矩阵$\mathbf{T}$。（10 分）

其中二端口网络短路导纳矩阵表示的方程为：

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \mathbf{Y_{SC}} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

二端口网络传输参数矩阵表示的方程为：

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ -I_2 \end{bmatrix} = \mathbf{T} \begin{bmatrix} U_2 \\ -I_2 \end{bmatrix}$$

2009年电网络

一、1.电网络的基本变量是电流 i、电压 u、电荷 q 和磁通 φ，其重要性质为：电流的连续性；在位场情况下电位的单值性；电荷的守恒性；磁通的连续性.

2. ①两变量之间存在着不依赖于元件性质的动态关系
②两变量之间不存在预先规定的不依赖于元件N的关系.
③动态相关网络变量偶 (u_k,ψ_k) 和 (i_k,q_k)
④动态无关的网络变量偶 (u,i)、(u,q) (i,φ) (φ,q)

3.①电阻元件 n端口电压 u 和端口电流 i 之间满足代数成分关系 $f_R(u(t),i(t),t)=0$，则称该元件为n端口电阻元件
②如果一个n端口元件的端口电压向量 u 和端口电荷向量 q 之间的代数成分关系为 $f_C(u(t),q(t),t)=0$，则称n端口电容元件.
③n端口电感元件：其端口电流向量 i 和端口磁链向量 ψ 之间满足 $f_L(i(t),\psi(t),t)=0$
④n端口忆阻元件：其端口磁链向量 ψ 和端口电荷向量 q 之间满足 $f_M(\psi(t),q(t),t)=0$

4.若一个n端口网络的输入－输出关系由积分微分算子D确定，当D既具有齐次性又具有可加性时，此网络称为端口型线性网络.
若在集总的线性网络中不含独立源，且所有电感，电容的初始储能为0，则该网络为端口型线性网络．端口型线性网络不一定为集总的非时变网络.
5.当输入与输出之间满足．当 $v(t)\to y(t)$，必有 $v(t-T)\to y(t-T)$（对所有 t 和 T），则网络为端口型

时不变网络.

传统的时不变网络,如果其中不含时变独立源,则它必定是端口型时不变网络. 然而端口型时不变网络却不一定是传统的时不变网络.

6. 设n端口网络于t_0时刻储存的能量为$W(t_0)$,在t_0至t时间内从电源传送到n端口的能量为$W(t_0,t)=\int_{t_0}^{t}u^T(\tau)i(\tau)d\tau$,如果对所有的初始时刻$t_0$,所有的$t>t_0$,以及所有容许信号向量偶,均有 $W(t_0)+W(t_0,t)\geq 0$成立,则称该网络为端口型无源网络.

端口型无源网络不一定是传统的无源网络. 传统的无源网络一定是端口型无源网络.

端口型有源网络却必定是传统的有源网络.

7. 线性时不变网络在单一激励源作用下,某一零状态响应的象函数与激励象函数之比称为网络函数.

8. 设网络N的每一节点均为可及节点,并连接有一引出端. 这样的多端网络的不定导纳矩阵称为网络N的原始不定导纳矩阵.

不定导纳矩阵的每行之和为0,每列之和为0. 行列式为0.

9. ①同方向并联支路简化规则:n条支路并联可等价为一条支路,其传输值等于原支路传输值之和.

② 同方向级联支路简化规则:n条同方向级联支路可用一条支路代替,其传输值为原各支路传输值之积.

③节点消去规则:节点消去后,每条新支路的传输值为被移动

支路与另其移动的第二条支路传输值之和。

④自环消去规则：消去节点 x_0 上传输值为 a 的自环支路，将与节点 x_0 相联的每条入支路传输值分别除以 $(1-a)$，同时消去自环。

⑤倒向规则：支路倒向后传输值变为原倒数，原终结在被倒向支路末端节点的支路倒向新末端，传输值乘以倒向支路传输值的负导数。

10. 网络函数 $T(s,x)$ 相对于参数 x 的未归一化灵敏度定义为

$$\hat{S}_x^T=\frac{\partial T}{\partial x}$$

规一化灵敏度为 $S_x^T=\frac{\partial T}{\partial x}\cdot\frac{x}{T}=\frac{\partial\ln T}{\partial\ln x}$

二. 同 2010(二)

三. 对耦合电感元件有

$$\begin{bmatrix}U_{12}(s)\\U_{34}(s)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}sL_1 & sM\\sM & sL_2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}I_1(s)\\I_3(s)\end{bmatrix}$$

故

$$\begin{bmatrix}I_1(s)\\I_3(s)\end{bmatrix}=\frac{1}{s(L_1L_2-M^2)}\begin{bmatrix}L_2 & -M\\-M & L_1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}U_{12}(s)\\U_{34}(s)\end{bmatrix}$$

对 CCVCCS，有 ~~2U_{23}~~ $I_{3}(s)=2U_{23}(s)=2U_2(s)-2U_3(s)$

~~[illegible]~~ 结合其它元件对原始不定导纳矩阵的贡献得到

$$Y_i(s)=\begin{array}{c|ccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5\\ \hline 1 & \frac{L_2}{s(L_1L_2-M^2)} & \frac{-L_2}{s(L_1L_2-M^2)} & \frac{M}{s(L_1L_2-M^2)} & \frac{-M}{s(L_1L_2-M^2)} & 0\\ 2 & \frac{-L_2}{s(L_1L_2-M^2)} & s+1+\frac{L_2}{s(L_1L_2-M^2)} & -1+\frac{-M}{s(L_1L_2-M^2)} & \frac{M}{s(L_1L_2-M^2)} & -s\\ 3 & \frac{-M}{s(L_1L_2-M^2)} & -1+2+\frac{M}{s(L_1L_2-M^2)} & 1-2+\frac{L_1}{s(L_1L_2-M^2)} & \frac{-L_1}{s(L_1L_2-M^2)} & -1\\ 4 & \frac{M}{s(L_1L_2-M^2)} & \frac{-M}{s(L_1L_2-M^2)} & \frac{-L_1}{s(L_1L_2-M^2)} & 1+\frac{L_1}{s(L_1L_2-M^2)} & -1\\ 5 & 0 & -2-s & 2-1 & -1 & s+1+1\end{array}$$

化简后得到原始不定导纳矩阵为

$$\cancel{\frac{L_2}{s(L_1L_2-M^2)} \quad \frac{-L_2}{s(L_1L_2-M^2)} \quad \frac{M}{s(L_1L_2-M^2)} \quad \frac{-M}{s(L_1L_2-M^2)}} \quad 0$$

$$\cancel{\frac{-L_2}{s(L_1L_2-M^2)} \quad s+1+\frac{L_2}{s(L_1L_2-M^2)} \quad -1-\frac{M}{s(L_1L_2-M^2)} \quad \frac{M}{s(L_1L_2-M^2)}} \quad -s$$

$$\begin{bmatrix} \frac{2}{3s} & -\frac{2}{3s} & \frac{1}{3s} & -\frac{1}{3s} & 0 \\ -\frac{2}{3s} & s+1+\frac{2}{3s} & -1-\frac{1}{3s} & \frac{1}{3s} & -s \\ -\frac{1}{3s} & \frac{1}{3s}+1 & \frac{2}{3s} & -\frac{2}{3s} & -1 \\ \frac{1}{3s} & -\frac{1}{3s} & -\frac{2}{3s} & 1+\frac{2}{3s} & -1 \\ 0 & -2-s & 1 & -1 & s+2 \end{bmatrix}$$

令⑤接地，删去第五行第五列，得到

$$\begin{bmatrix} \frac{2}{3s} & -\frac{2}{3s} & \frac{1}{3s} & -\frac{1}{3s} \\ -\frac{2}{3s} & s+1+\frac{2}{3s} & -1-\frac{1}{3s} & \frac{1}{3s} \\ -\frac{1}{3s} & \frac{1}{3s}+1 & \frac{2}{3s} & -\frac{2}{3s} \\ \frac{1}{3s} & -\frac{1}{3s} & -\frac{2}{3s} & 1+\frac{2}{3s} \end{bmatrix}$$

~~消除端子③④后，得到矩~~

矩阵重新组合，得到

$$\frac{1}{3s}\begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & -1 \\ \cancel{2} & \cancel{3s+3s+2} & \cancel{3s+1} & \\ 1 & -1 & -2 & 2+3s \\ -2 & 3s^2+3s+2 & -3s-1 & 1 \\ -1 & 1+3s & 2 & -2 \end{bmatrix}$$

消除③④后得到短路导纳矩阵

$$Y_{sc} = \frac{1}{3s}\begin{bmatrix} 2 & -2 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} - \frac{1}{3s}\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -2 & 2+3s \end{bmatrix} 3s \begin{bmatrix} -3s-1 & 1 \\ 2 & -2 \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\frac{1}{3s}\begin{bmatrix} -2 & 3s^2+3s+2 \\ -1 & 3s+1 \end{bmatrix} = \frac{1}{3s}\begin{bmatrix} 2 & -2 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} - \frac{1}{3s}\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -2 & 2+3s \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{6s}\begin{bmatrix} -2 & -1 \\ -2 & -3s-1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} -2 & 3s^2+3s+2 \\ -1 & 3s+1 \end{bmatrix} = \frac{1}{6s}\begin{bmatrix} -3 & 6s^2+3s+3 \\ -3s-9 & 15s^2+6s+3 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{2s}\begin{bmatrix} -1 & 2s^2+s+1 \\ -s-3 & 5s^2+2s+1 \end{bmatrix}$$

四. 同 2010(四)

五. 解：由条件知（为方便，省去(s)）

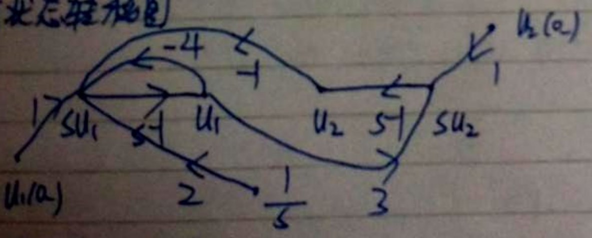
$$sU_1 = -4U_1 - U_2 + \frac{2}{s} + 2$$

$$sU_2 = 3U_1 + 3$$

另外，$U_1 = s^{-1}[sU_1]$

$U_2 = s^{-1}(sU_2)$

故有状态转移图



由上述信号流图有

$$\Delta = 1 - (-4s^{-1}) - (-12s^{-2}) = 1 + 4s^{-1} + 12s^{-2}$$

从 E(s) 到 $U_1(s)$ 仅有1条前向通道，$P_1 = 2s^{-1}$，$\Delta_1 = 1$

则 $T = \frac{U_1(s)}{E(s)} = \frac{1}{1+4s^{-1}+12s^{-2}} = \frac{s^2}{s^2+4s+12}$

[illegible] $P_1(11) = s^{-1}$，$\Delta_1(11) = 1$

$P_1(21) = 3s^{-2}$，$\Delta_1(21) = 1$，$P_1(12) = -s^{-2}$，$\Delta_1(12) = 1$

故预解矩阵

$$\phi(s) = \begin{bmatrix} \frac{s^{-1}}{1+4s^{-1}+12s^{-2}} & \frac{-s^{-2}}{1+4s^{-1}+12s^{-2}} \\ \frac{3s^{-2}}{1+4s^{-1}+12s^{-2}} & \frac{s^{-1}+4s^{-2}}{1+4s^{-1}+12s^{-2}} \end{bmatrix} =$$

$$\frac{1}{s^2+4s+12}\begin{bmatrix} s & -1 \\ 3 & 4+s \end{bmatrix}$$

由 $X(s) = \phi(s)\,[x(0_-) + BE(s)]$ 知

$$u_1(s) = \frac{s}{s^2+4s+12}\left(2+\frac{2}{s}\right) + \frac{-1}{s^2+4s+12} \times 3 = \frac{2s-1}{s^2+4s+12}$$

$$\frac{2(s+2)}{(s+2)^2+8} - \frac{5}{(s+2)^2+8}$$

故 $u_1(t) = 2e^{-2t}\cos(2\sqrt{2}t) - \frac{\sqrt{10}}{4}e^{-2t}\sin(2\sqrt{2}t)$