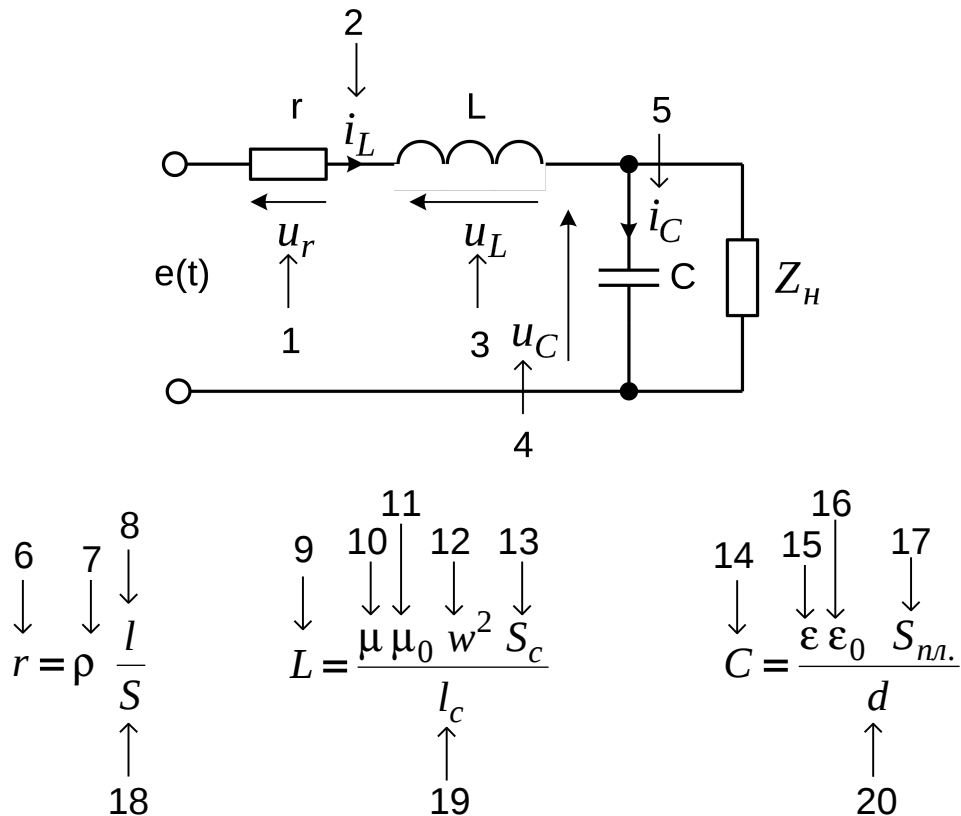


## ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ по дисциплине «МАРЭС»

### 1. Общие положения моделирования, анализа и расчета электронных схем

1.1. Для представленной электронной схемы укажите в порядке возрастания номеров физико-технические параметры



1.2. Создание описания еще не существующего технического объекта на основе требований к выходным параметрам при заданных внешних параметрах – это

- 1 – Синтез
- 2 – Структурный синтез
- 3 – Параметрический синтез
- 4 – Расчет
- 5 – Анализ
- 6 – Структурная оптимизация
- 7 – Параметрическая оптимизация

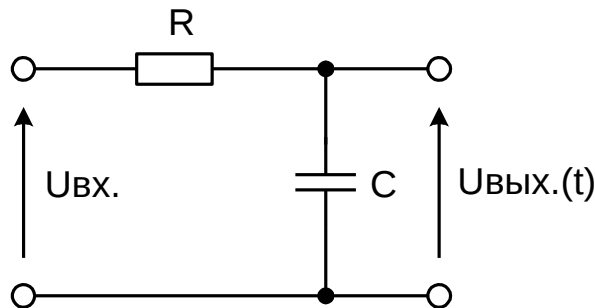
1.3. Определение состава элементов электронной схемы и порядка их связей между собой на основе требований к выходным параметрам при заданных внешних параметрах – это

- 1 – Синтез
- 2 – Структурный синтез
- 3 – Параметрический синтез
- 4 – Расчет
- 5 – Анализ
- 6 – Структурная оптимизация
- 7 – Параметрическая оптимизация

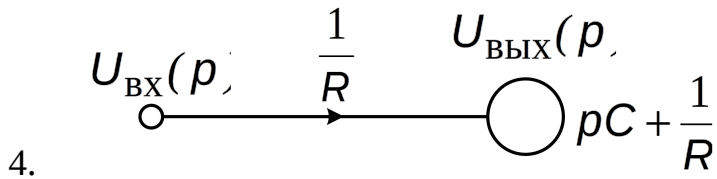
1.4. Определение значений внутренних параметров электронной схемы на основе требований к выходным параметрам при заданных внешних параметрах – это

- 1 – Синтез
- 2 – Структурный синтез
- 3 – Параметрический синтез
- 4 – Расчет
- 5 – Анализ
- 6 – Структурная оптимизация
- 7 – Параметрическая оптимизация

1.5. Для представленной электронной схемы укажите инвариантную математическую модель

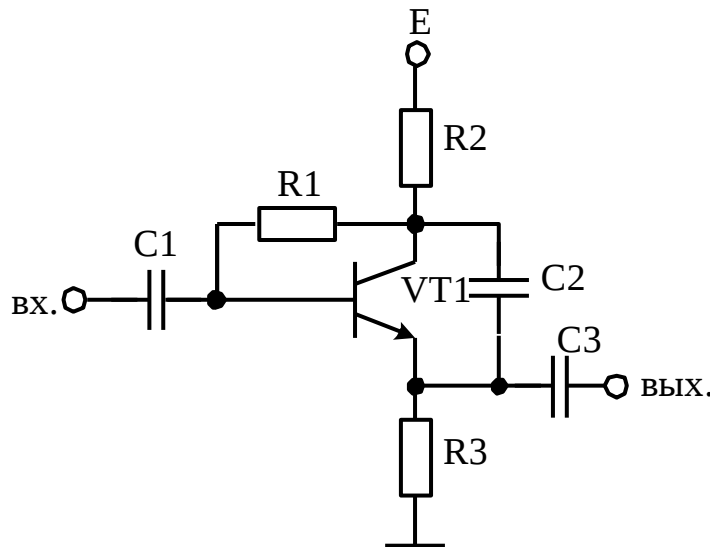


1.  $\frac{dU_{\text{вых}}(t)}{dt} + \frac{U_{\text{вых}}(t)}{RC} = \frac{U_{\text{вх.}}}{RC}$
2.  $U_{\text{вых},n+1} = \left(1 - \frac{h}{RC}\right) U_{\text{вых},n} + \frac{h}{RC} U_{\text{вх.}}$
3.  $U_{\text{вых}}(t) = U_{\text{вх.}} + (U_{\text{вых},0} - U_{\text{вх.}}) \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$



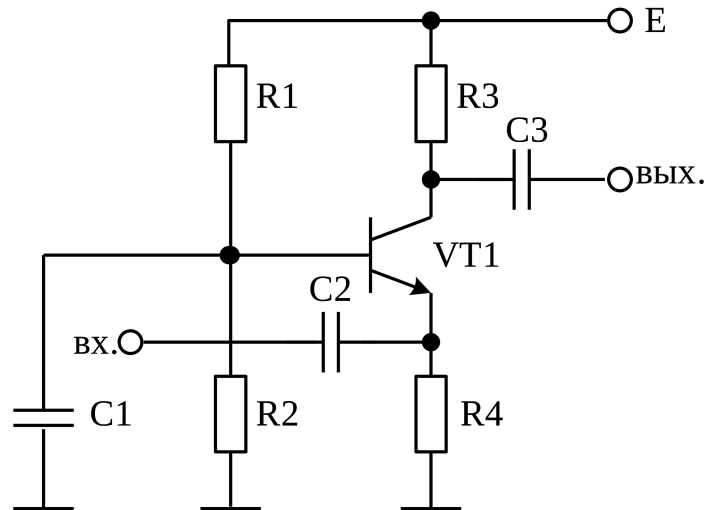
## 2. Математическое описание электронных схем

2.1. Укажите в порядке возрастания номеров действия, направленные на формирование схемы замещения эмиттерного повторителя по переменному току для рабочего диапазона частот



- 1 – Закоротить источник питания Е.
- 2 – Разомкнуть ветвь источника питания Е.
- 3 – Закоротить конденсатор С1.
- 4 – Разомкнуть ветвь с конденсатором С1.
- 5 – Закоротить конденсатор С2.
- 6 – Разомкнуть ветвь с конденсатором С2.
- 7 – Закоротить конденсатор С3.
- 8 – Разомкнуть ветвь с конденсатором С3.
- 9 – Представить ветви с резисторами R2 и R3 эквивалентным сопротивлением  $R_3 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$ .
- 10 – Представить ветви с резисторами R2 и R3 эквивалентным сопротивлением  $R_3 = R_2 + R_3$ .

2.2. Укажите в порядке возрастания номеров действия, направленные на формирование схемы замещения усилительного каскада по переменному току для рабочего диапазона частот

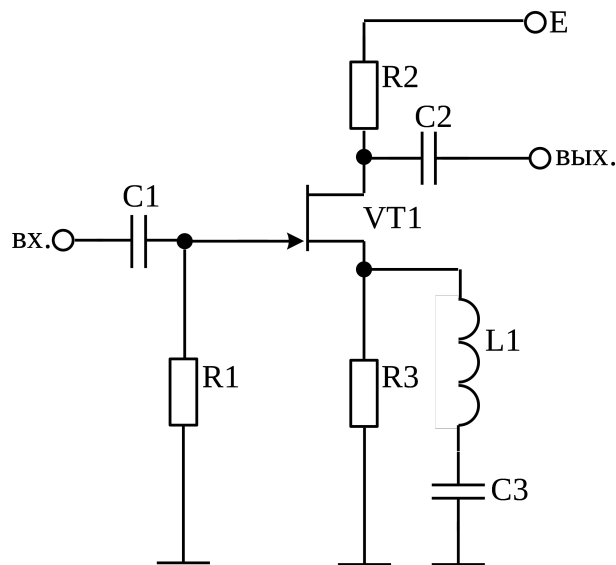


- 1 – Закоротить источник питания E.
- 2 – Разомкнуть ветвь источника питания E.
- 3 – Закоротить конденсатор C1.
- 4 – Разомкнуть ветвь с конденсатором C1.
- 5 – Закоротить конденсатор C2.
- 6 – Разомкнуть ветвь с конденсатором C2.
- 7 – Закоротить конденсатор C3.
- 8 – Разомкнуть ветвь с конденсатором C3.
- 9 – Представить ветви с резисторами R1 и R2 и конденсатором C1

эквивалентным сопротивлением  $Z_y = \left( pC_1 + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1}$ .

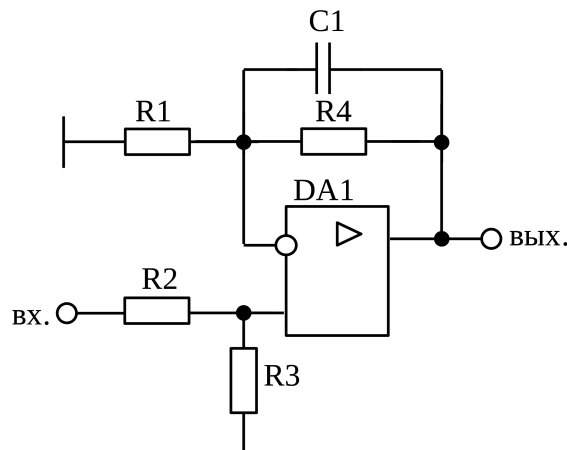
- 10 – Представить ветви с резисторами R1 и R3 эквивалентным сопротивлением  $R_y = R_1 + R_3$ .

2.3. Укажите в порядке возрастания номеров действия, направленные на формирование схемы замещения усилительного каскада по переменному току для рабочего диапазона частот



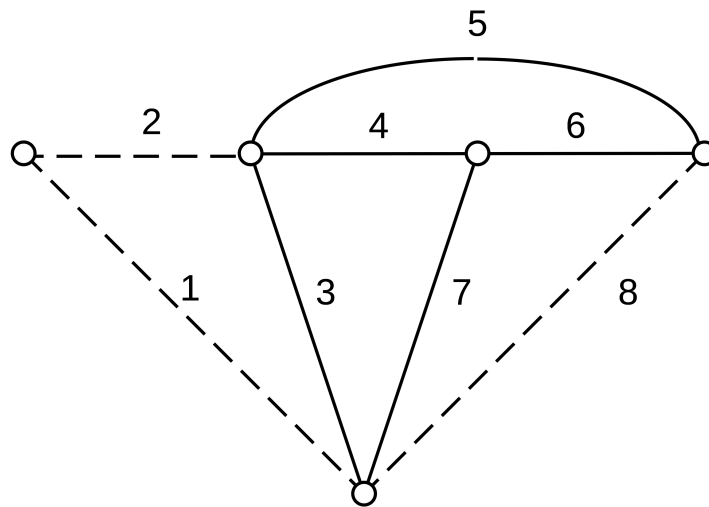
- 1 – Закоротить источник питания Е.
- 2 – Разомкнуть ветвь источника питания Е.
- 3 – Закоротить конденсатор С1.
- 4 – Представить конденсатор С1 операторной схемой замещения.
- 5 – Закоротить конденсатор С2.
- 6 – Разомкнуть ветвь с конденсатором С2.
- 7 – Закоротить конденсатор С3.
- 8 – Учесть конденсатор С3 в схеме замещения.
- 9 – Разомкнуть ветвь с индуктивностью L1
- 10 – Учесть индуктивность L1 в схеме замещения.
- 11 – Представить ветви с резисторами R2 и R3 эквивалентным сопротивлением  $R_{\dot{y}} = R_2 + R_3$ .

2.4. Укажите в порядке возрастания номеров действия, направленные на формирование схемы замещения электронной схемы по переменному току.

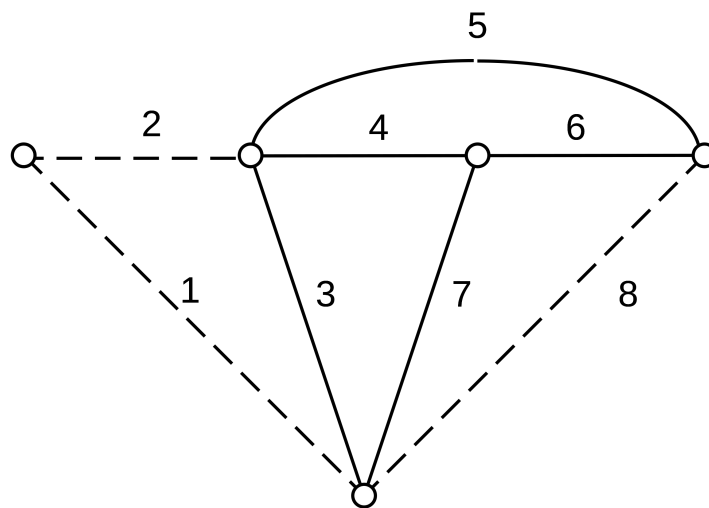


- 1 – Представить нагрузку закороченной ветвью.
- 2 – Представить нагрузку операторным сопротивлением  $Z_1$ .
- 3 – Закоротить конденсатор С1.
- 4 – Представить конденсатор С1 операторной схемой замещения.
- 5 – Разомкнуть ветвь с конденсатором С1.
- 6 – Представить ветви с резисторами R2 и R3 эквивалентным сопротивлением  $R_{\dot{y}} = R_2 + R_3$ .

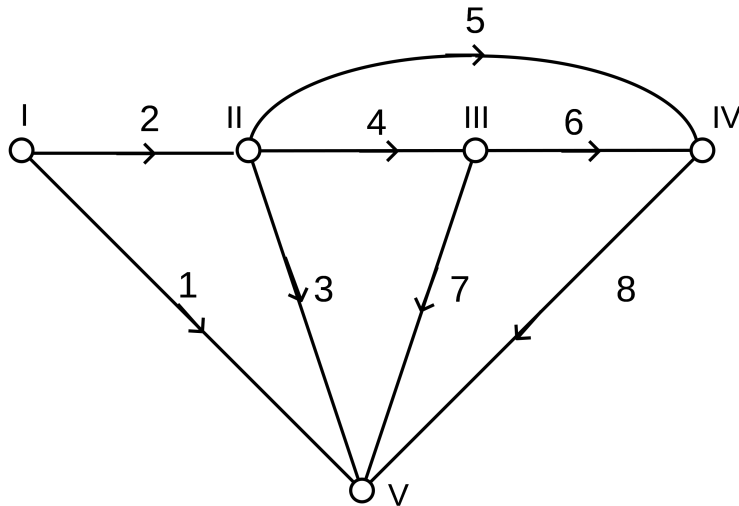
2.5. Определить число вырожденных циклов полюсного графа.



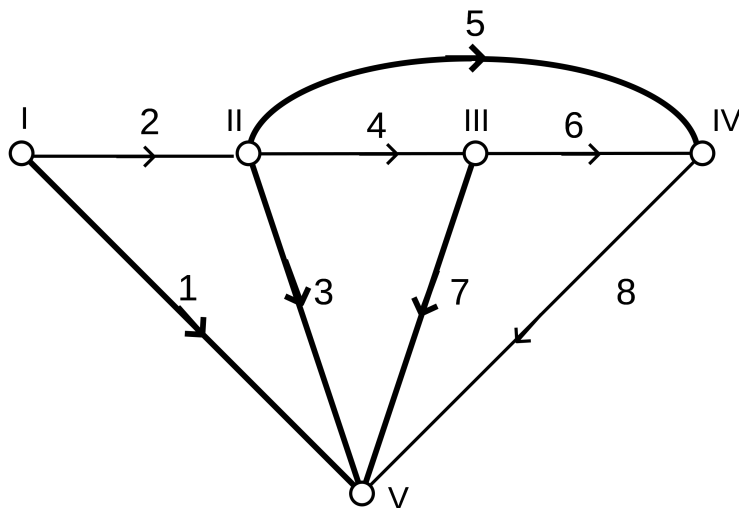
2.6. Определить число невырожденных сечений полюсного графа.



2.7. Для представленного полюсного графа укажите элемент  $a_{45}$  структурной матрицы  $A$ .

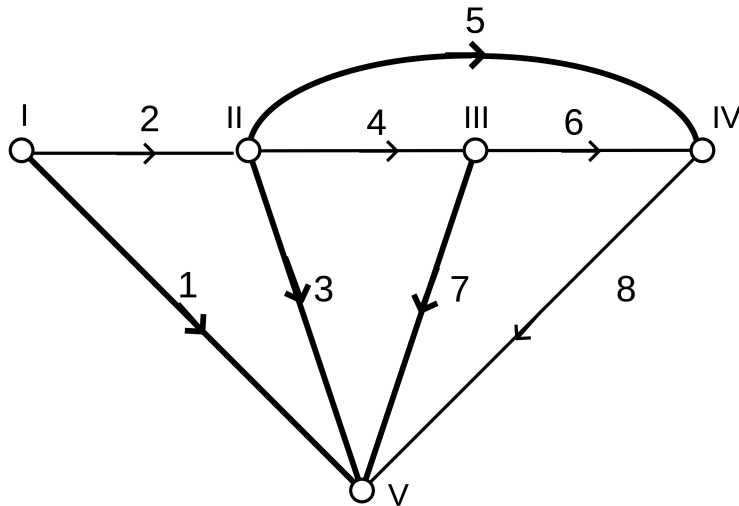


2.8. Для приведенного варианта выбора покрывающего дерева графа укажите значение элемента матрицы главных сечений, отмеченного символом «X».



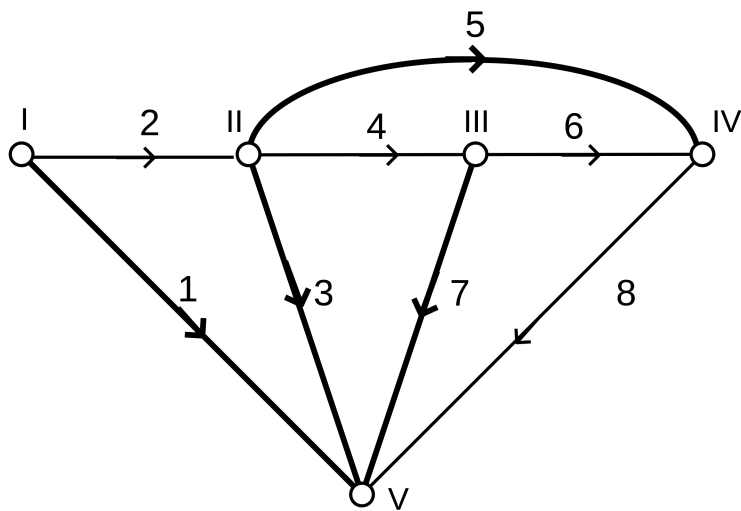
$$\Pi = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 3 \\ 5 \\ 7 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & x & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

2.9. Для приведенного варианта выбора покрывающего дерева графа укажите значение элемента матрицы главных циклов, отмеченного символом «X».



$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 2 \\ 4 \\ 6 \\ 8 \end{matrix} & \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

2.10. Для приведенного варианта выбора покрывающего дерева графа укажите значение элемента матрицы главных сечений для хорд, отмеченного символом «X».

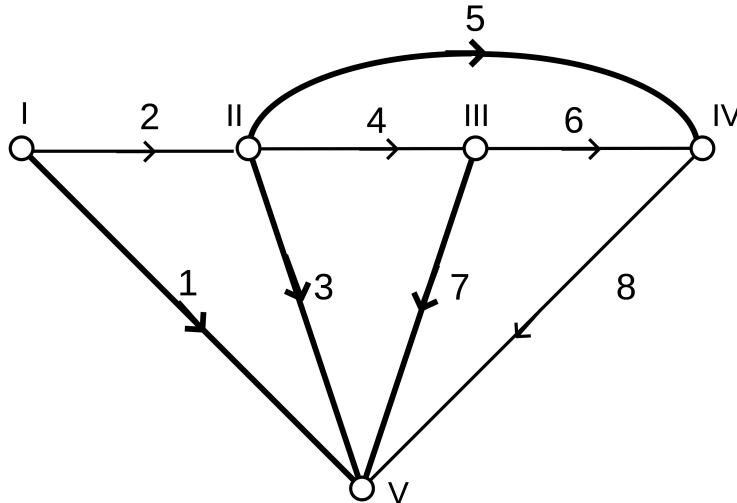


2 4 6 8



$$\pi = \begin{matrix} 1 \\ 3 \\ 5 \\ 7 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & x & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

2.11. Для приведенного варианта выбора покрывающего дерева графа укажите значение элемента матрицы главных циклов для ребер дерева, отмеченного символом «X».



$$\rho = \begin{matrix} 1 & 3 & 5 & 7 \\ 2 \\ 4 \\ 6 \\ 8 \end{matrix} \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & x \\ 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

2.12. Определите значение элемента  $\rho_{32}$  матрицы главных циклов для ребер дерева, соответствующей представленной матрице главных сечений для хорд.

$$\pi = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}.$$

2.13. Определите значение элемента  $\pi_{32}$  матрицы главных сечений для хорд, соответствующей представленной матрице главных циклов для ребер дерева.

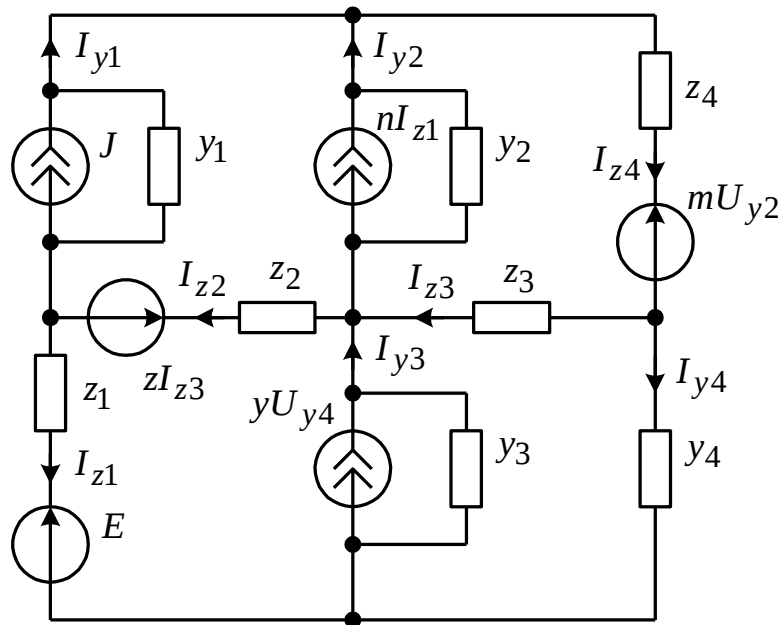
$$\rho = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

2.14. При каком количестве ребер графа число независимых сечений и контуров будут совпадать, если число вершин  $v=4$ , а число компонентов  $n=1$ .

2.15. При каком количестве вершин графа число независимых сечений и контуров будут совпадать, если число ребер  $\ell=8$ , а число компонентов  $n=1$ .

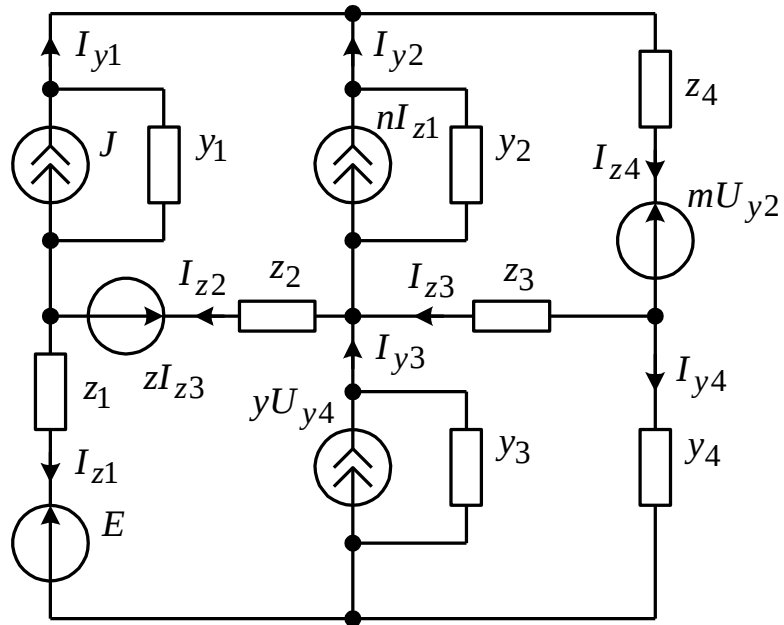
2.16. При каком количестве компонентов графа число независимых сечений и контуров будут совпадать, если число ребер  $\ell=12$ , а число вершин  $v=9$ .

2.17. Для представленной схемы укажите компонентное уравнение для ветви с током  $I_{y_3}$



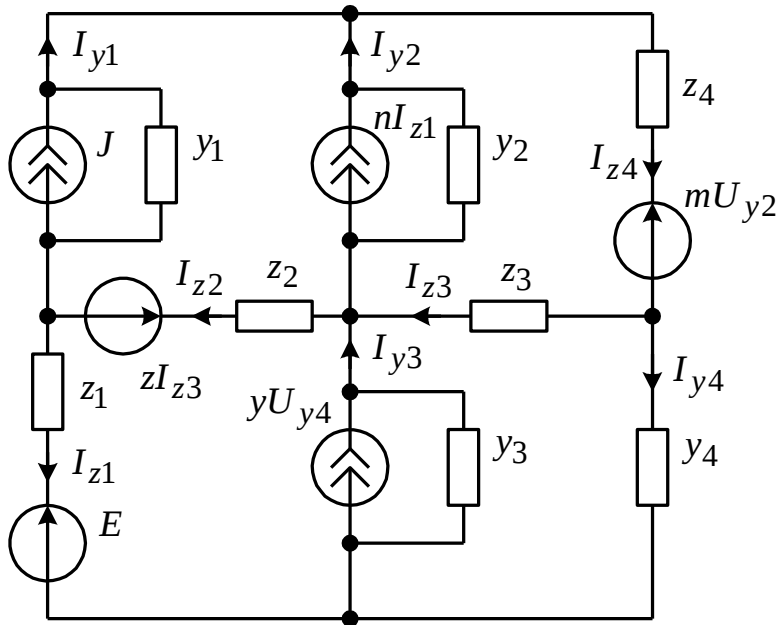
- 1 -  $I_{y_3} = y_3 U_{y_3}$ ;
- 2 -  $I_{y_3} = y_3 U_{y_3} + J$ ;
- 3 -  $I_{y_3} = y_3 U_{y_3} + y U_{y_4}$ ;
- 4 -  $I_{y_3} = y_3 U_{y_3} + n I_{z_1}$

2.18. Для представленной схемы укажите компонентное уравнение для ветви с током  $I_{z_4}$

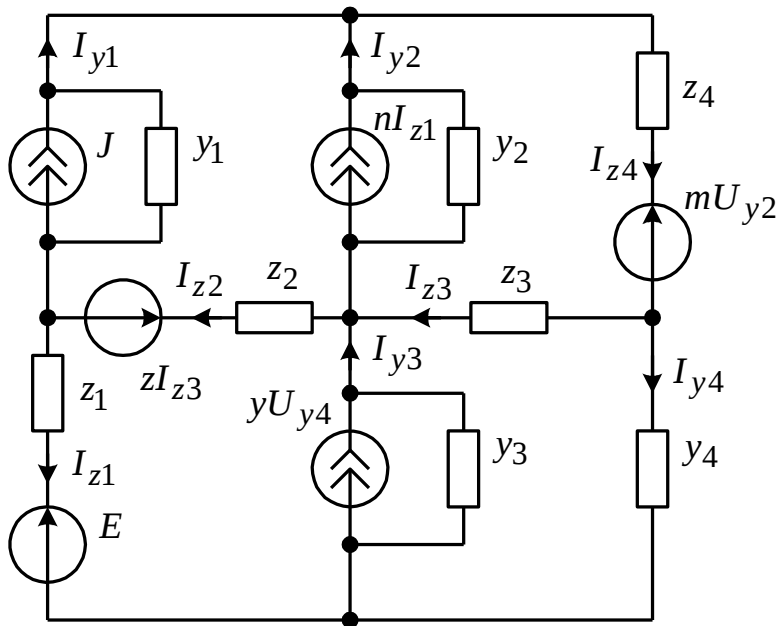


$$\begin{aligned}
 1 - U_{z_4} &= z_4 I_{z_4} + z I_{z_2}; \\
 2 - U_{z_4} &= z_4 I_{z_4} + m U_{y_2}; \\
 3 - I_{z_4} &= y_4 U_{y_4} + m U_{y_2}; \\
 4 - I_{z_4} &= y_4 U_{y_4}.
 \end{aligned}$$

2.19. Для представленной схемы определите местоположение управляющего параметра  $m$  в матрице  $M$  управляющих параметров источников напряжения, управляемых напряжением. Ответ представьте в виде двузначного числа, образованного номером строки и номером столбца.

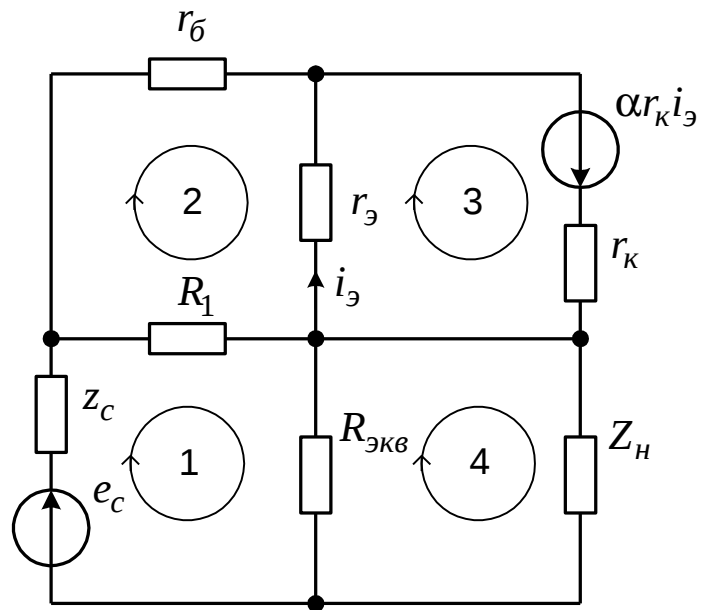


2.20. Для представленной схемы укажите вектор внешних воздействий в обобщенном компонентном уравнении  $X'' = VX' + F$ .



- 1 -  $F = [ J \ 0 \ 0 \ 0 \ E \ 0 \ 0 \ 0 ]^T$
- 2 -  $F = [ E \ 0 \ 0 \ 0 \ J \ 0 \ 0 \ 0 ]^T$
- 3 -  $F = [ -J \ 0 \ 0 \ 0 \ E \ 0 \ 0 \ 0 ]^T$
- 4 -  $F = [ J \ 0 \ 0 \ 0 \ -E \ 0 \ 0 \ 0 ]^T$

2.21. Для представленной схемы замещения укажите элемент  $Z_{33}^*$  укороченной матрицы сопротивлений



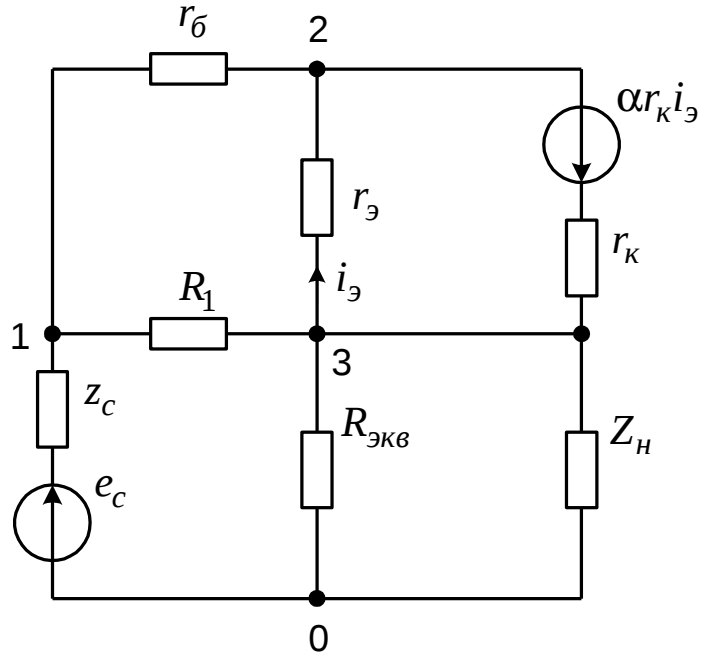
$$1 - Z_{33}^* = r_{\dot{y}} + (1 - \alpha)r_{\dot{e}}$$

$$2 - Z_{33}^* = r_{\dot{y}} + (1 + \alpha)r_{\dot{e}}$$

$$3 - Z_{33}^* = -r_{\dot{y}} + \alpha r_{\dot{e}}$$

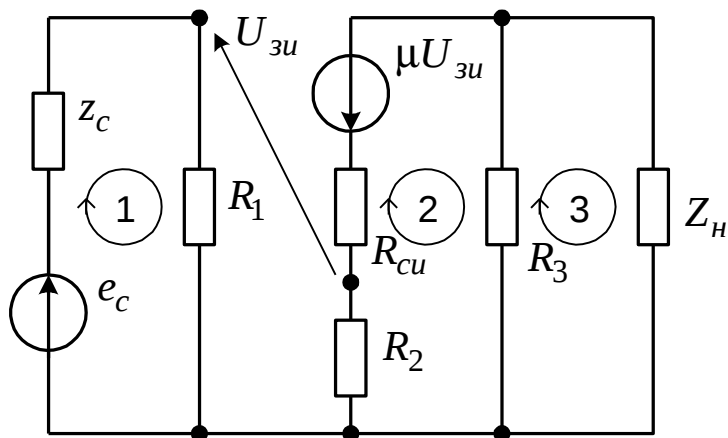
$$4 - Z_{33}^* = -r_{\dot{y}} - \alpha r_{\dot{e}}$$

2.22. Для представленной схемы замещения укажите элемент  $Y_{22}^*$  укороченной матрицы проводимостей



$$\begin{aligned}
 1 - y_{22}^* &= \frac{1}{r_{\hat{a}}} + \frac{1-\alpha}{r_{\hat{y}}} + \frac{1}{r_{\hat{e}}} \\
 2 - y_{22}^* &= \frac{1}{r_{\hat{a}}} + \frac{1+\alpha}{r_{\hat{y}}} + \frac{1}{r_{\hat{e}}} \\
 3 - y_{22}^* &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{\hat{y}\hat{e}\hat{a}}} + \frac{1-\alpha}{r_{\hat{y}}} + \frac{1}{r_{\hat{e}}} \\
 4 - y_{22}^* &= -\frac{1-\alpha}{r_{\hat{y}}}
 \end{aligned}$$

2.23. Для представленной схемы замещения укажите элемент  $z_{22}^*$  укороченной матрицы сопротивлений



$$\begin{aligned}
 1 - z_{22}^* &= (1+\mu)R_2 + R_3 + R_{\hat{n}\hat{e}} \\
 2 - z_{22}^* &= (1+\mu)R_2 + R_{\hat{n}\hat{e}}
 \end{aligned}$$

$$3 - z_{22}^* = (1 + \mu)R_2 + R_3$$

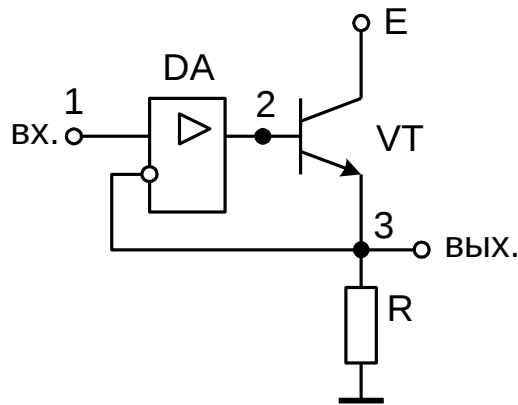
$$4 - z_{22}^* = (1 - \mu)R_2 + R_3 + R_{\text{н\acute{e}}}$$

2.24. В неопределенной матрице проводимостей многополюсного компонента определите значение элемента, обозначенного символом «X»

$$Y = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & x \end{bmatrix}.$$

2.25. Определить число независимых элементов неопределенной матрицы сопротивлений многополюсного компонента, имеющей четвертый порядок.

2.26. Для представленной схемы определите элемент  $Y_{33}^*$  укороченной матрицы проводимостей



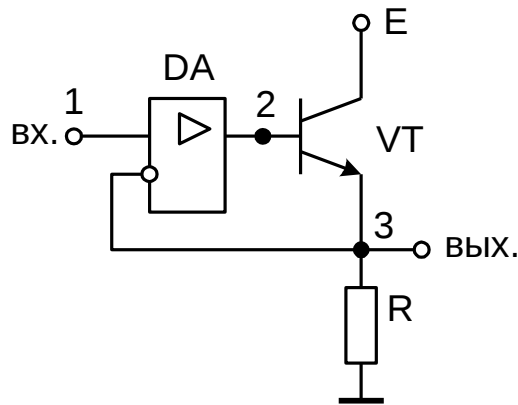
Неопределенные матрицы проводимостей активных многополюсников имеют вид.

$$Y_{DA} = \begin{matrix} & \text{и} & \text{н} & \text{ВЫХ.} & \perp \\ \begin{matrix} \grave{e} \\ \acute{i} \\ \grave{a} \\ \perp \end{matrix} & \begin{bmatrix} G_{\grave{a}} & -G_{\grave{a}} & 0 & 0 \\ -G_{\grave{a}} & G_{\grave{a}} & 0 & 0 \\ kG_{\grave{a}\grave{o}} & -kG_{\grave{a}\grave{o}} & G_{\grave{a}\grave{o}} & -G_{\grave{a}\grave{o}} \\ -kG_{\grave{a}\grave{o}} & kG_{\grave{a}\grave{o}} & -G_{\grave{a}\grave{o}} & G_{\grave{a}\grave{o}} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$Y_{VT} = \begin{matrix} & \text{б} & \text{э} & \text{к} \\ \begin{matrix} \acute{a} \\ \acute{y} \\ \grave{e} \end{matrix} & \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & -(Y_{11} + Y_{12}) \\ Y_{21} & Y_{22} & -(Y_{21} + Y_{22}) \\ -(Y_{11} + Y_{21}) & -(Y_{12} + Y_{22}) & Y_{11} + Y_{12} + Y_{21} + Y_{22} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$\begin{array}{ll}
 1 - y_{33}^* = G_{\bar{a}} & 5 - y_{33}^* = G_{\bar{a}0\bar{o}} + y_{11} \\
 2 - y_{33}^* = -kG_{\bar{a}0\bar{o}} & 6 - y_{33}^* = y_{21} \\
 3 - y_{33}^* = -G_{\bar{a}} & 7 - y_{33}^* = kG_{\bar{a}0\bar{o}} + y_{12} \\
 4 - y_{33}^* = 0 & 8 - y_{33}^* = \frac{1}{R} + G_{\bar{a}} + y_{22}
 \end{array}$$

2.27. Для представленной схемы определите элемент  $y_{21}^*$  укороченной матрицы проводимостей



Неопределенные матрицы проводимостей активных многополюсников имеют вид.

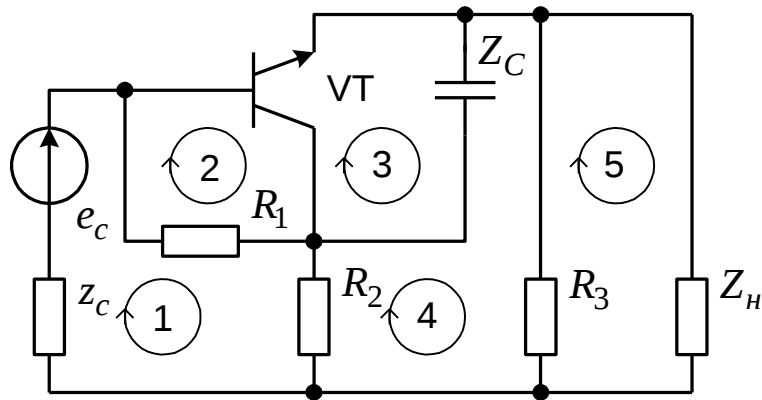
$$Y_{DA} = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \text{и} \\ \text{н} \\ \text{ВЫХ.} \\ \perp \end{array} \begin{bmatrix} G_{\bar{a}} & -G_{\bar{a}} & 0 & 0 \\ -G_{\bar{a}} & G_{\bar{a}} & 0 & 0 \\ kG_{\bar{a}0\bar{o}} & -kG_{\bar{a}0\bar{o}} & G_{\bar{a}0\bar{o}} & -G_{\bar{a}0\bar{o}} \\ -kG_{\bar{a}0\bar{o}} & kG_{\bar{a}0\bar{o}} & -G_{\bar{a}0\bar{o}} & G_{\bar{a}0\bar{o}} \end{bmatrix} \end{array} \perp$$

$$Y_{VT} = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \text{б} \\ \text{э} \\ \text{к} \end{array} \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & -(y_{11} + y_{12}) \\ y_{21} & y_{22} & -(y_{21} + y_{22}) \\ -(y_{11} + y_{21}) & -(y_{12} + y_{22}) & y_{11} + y_{12} + y_{21} + y_{22} \end{bmatrix} \end{array} \text{к}$$

$$\begin{array}{ll}
 1 - y_{33}^* = G_{\bar{a}} & 5 - y_{33}^* = G_{\bar{a}0\bar{o}} + y_{11} \\
 2 - y_{33}^* = -kG_{\bar{a}0\bar{o}} & 6 - y_{33}^* = y_{21} \\
 3 - y_{33}^* = -G_{\bar{a}} & 7 - y_{33}^* = kG_{\bar{a}0\bar{o}} + y_{12} \\
 4 - y_{33}^* = 0 & 8 - y_{33}^* = \frac{1}{R} + G_{\bar{a}} + y_{22}
 \end{array}$$



2.28. Для представленной схемы определите элемент  $z_{22}^*$  укороченной матрицы сопротивлений



Неопределенная матрица сопротивлений биполярного транзистора имеет вид:

$$Z_{\text{АО}} = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{бэ} & \text{бк} & \text{кэ} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \hat{a}_y \\ \hat{a}_e \\ \hat{e}_y \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_y + r_a & -r_a & -r_y \\ -r_a - \alpha r_e & r_e + r_a & -r_e(1 - \alpha) \\ \alpha r_e - r_y & -r_e & r_y + r_e(1 - \alpha) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

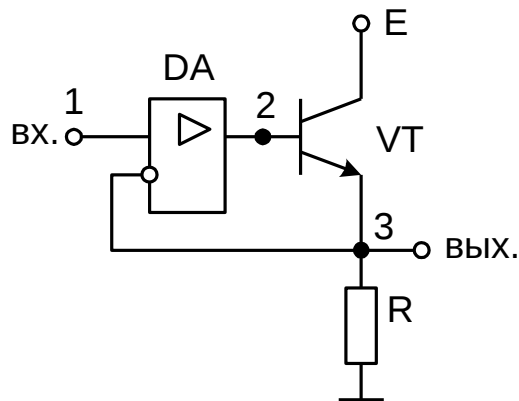
$$1 - z_{22}^* = R_1 + R_2$$

$$2 - z_{22}^* = R_1 + r_e + r_a$$

$$3 - z_{22}^* = Z_C + r_y + r_e(1 - \alpha)$$

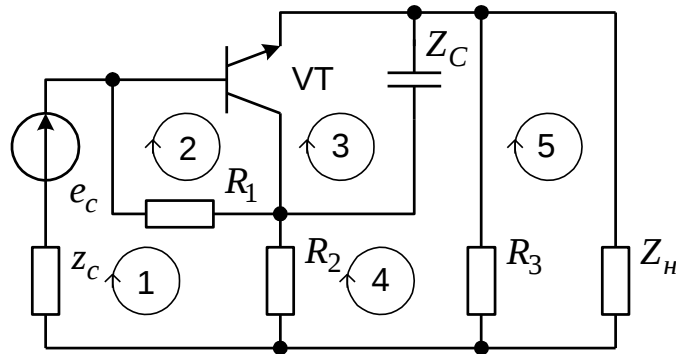
$$4 - z_{22}^* = Z_C + R_2 + R_3$$

2.29. Для представленной схемы укажите матрицу инцидентий полюсов операционного усилителя узлам схемы



$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{c} \text{И Н ВЫХ } \perp \\ 1 - \Pi_{\dot{I}\dot{O}} = \begin{array}{l} 1 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 2 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ 3 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \text{И Н ВЫХ } \perp \\ 3 - \Pi_{\dot{I}\dot{O}} = \begin{array}{l} 1 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 2 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ 3 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \text{И Н ВЫХ } \perp \\ 2 - \Pi_{\dot{I}\dot{O}} = \begin{array}{l} 1 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 2 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ 3 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \text{И Н ВЫХ } \perp \\ 4 - \Pi_{\dot{I}\dot{O}} = \begin{array}{l} 1 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ 2 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ 3 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \end{array}
 \end{array}$$

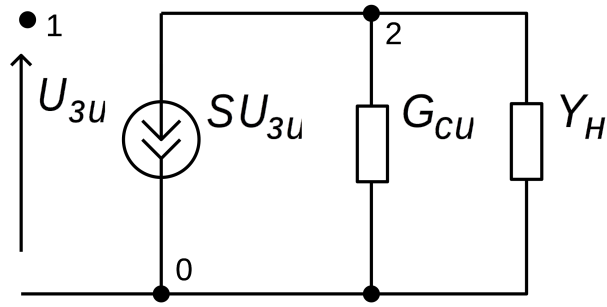
2.30. Для представленной схемы укажите матрицу инцидентий сторон биполярного транзистора независимым циклам схемы.



$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{c} \text{бэ бк кэ} \\ 1 - P_{\dot{A}\dot{O}} = \begin{array}{l} 1 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 2 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ 3 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ 4 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 5 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \text{бэ бк кэ} \\ 2 - P_{\dot{A}\dot{O}} = \begin{array}{l} 1 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 2 \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \\ 3 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ 4 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 5 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \end{array}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{c} \text{бэ бк кэ} \\ 3 - P_{\dot{A}\dot{O}} = \begin{array}{l} 1 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 2 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 3 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ 4 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 5 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \end{array} \\
 \begin{array}{c} \text{бэ бк кэ} \\ 4 - P_{\dot{A}\dot{O}} = \begin{array}{l} 1 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 2 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ 3 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ 4 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ 5 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \end{array}
 \end{array}$$

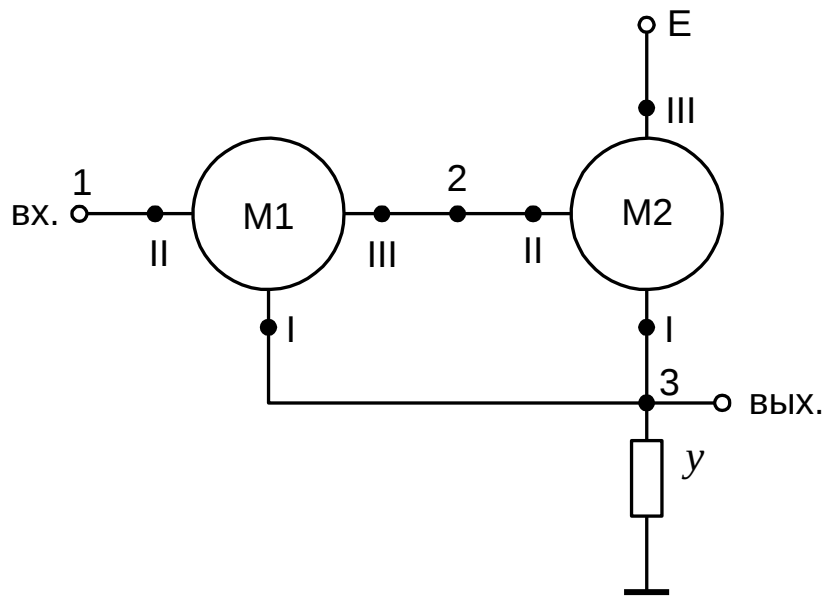
2.31. Сформировать укороченную матрицу проводимостей схемы



$$1 - Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -S & G_{\tilde{n}\tilde{e}} \end{bmatrix}, \quad 2 - Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ S & G_{\tilde{n}\tilde{e}} \end{bmatrix}$$

$$3 - Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ S & G_{\tilde{n}\tilde{e}} + S \end{bmatrix}, \quad 4 - Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ S & G_{\tilde{n}\tilde{e}} + Y_f \end{bmatrix}.$$

2.32. Для представленной схемы определите элемент  $y_{22}^*$  укороченной матрицы проводимостей.

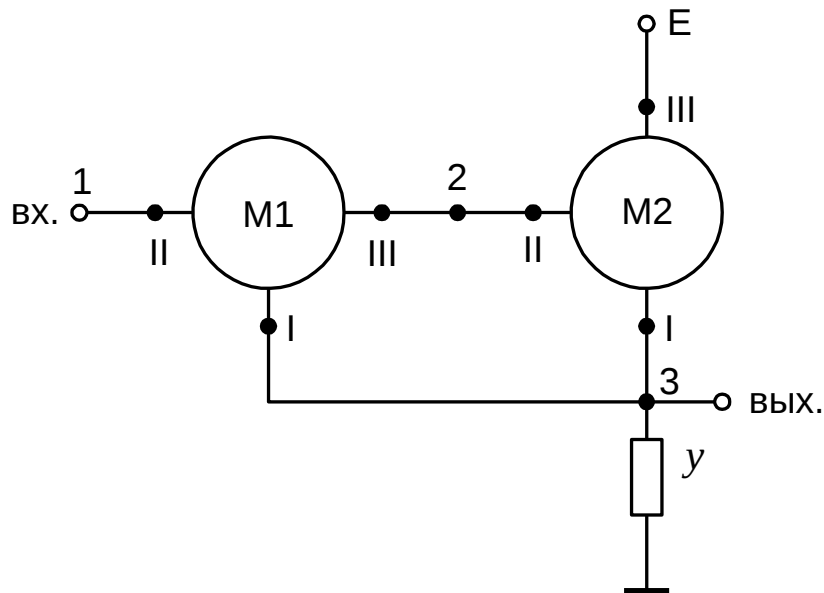


$$Y_{M1} = \begin{array}{c} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{array} \begin{array}{ccc} \text{I} & \text{II} & \text{III} \\ \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & -(y_{11} + y_{12}) \\ y_{21} & y_{22} & -(y_{21} + y_{22}) \\ -(y_{11} + y_{21}) & -(y_{12} + y_{22}) & y_{11} + y_{12} + y_{21} + y_{22} \end{bmatrix} \end{array}$$

$$Y_{M2} = \begin{array}{c} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{array} \begin{array}{ccc} \text{I} & \text{II} & \text{III} \\ \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & -(g_{11} + g_{12}) \\ g_{21} & g_{22} & -(g_{21} + g_{22}) \\ -(g_{11} + g_{21}) & -(g_{12} + g_{22}) & g_{11} + g_{12} + g_{21} + g_{22} \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 1 - [y_{11} + y_{12} + y_{21} + y_{22} + g_{22}], & 2 - [y_{22}], \\
 3 - [-(y_{11} + y_{21}) + g_{21}], & 4 - [y_{21}], \\
 5 - [-(y_{11} + y_{12}) + g_{12}], & 6 - [y_{12}], \\
 7 - [y_{11} + g_{11} + y], & 8 - [-(y_{12} + y_{22})].
 \end{array}$$

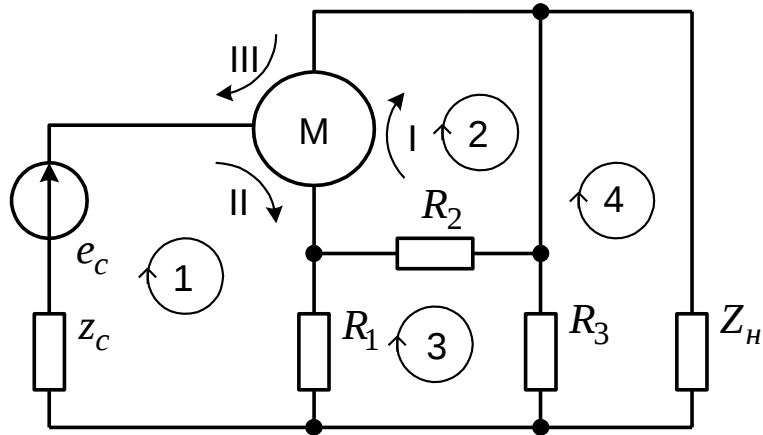
2.33. Для представленной схемы определите элемент  $y_{23}^*$  укороченной матрицы проводимостей.



$$Y_{M1} = \begin{array}{c} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{array} \begin{array}{ccc} \text{I} & \text{II} & \text{III} \\ \begin{bmatrix} y_{11} & 0 & -y_{11} \\ 0 & y_{22} & -y_{22} \\ -y_{11} & -y_{22} & y_{11} + y_{22} \end{bmatrix} \end{array}, \quad Y_{M2} = \begin{array}{c} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{array} \begin{array}{ccc} \text{I} & \text{II} & \text{III} \\ \begin{bmatrix} 0 & g_{12} & -g_{12} \\ g_{21} & 0 & -g_{21} \\ -g_{21} & -g_{12} & g_{12} + g_{21} \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 1 - [y_{11} + y_{22}], & 2 - [y_{22}], \\
 3 - [-y_{11} + g_{21}], & 4 - [g_{21}], \\
 5 - [-y_{11} + g_{12}], & 6 - [g_{12}], \\
 7 - [y_{11} + y], & 8 - [-y_{22}].
 \end{array}$$

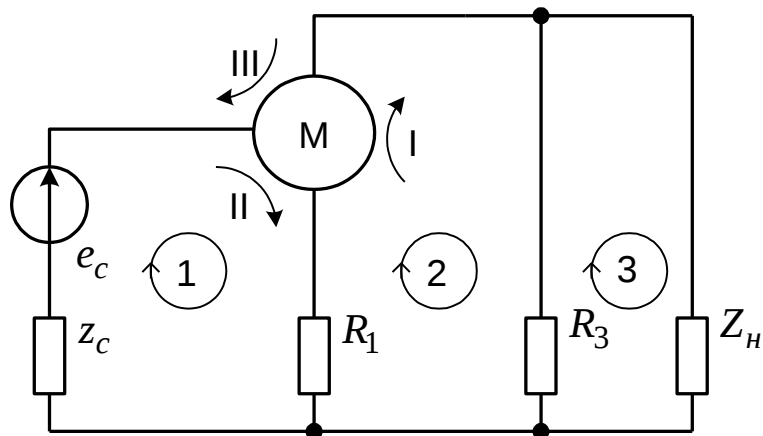
2.34. Для представленной схемы определите элемент  $z_{23}^*$  укороченной матрицы сопротивлений.



$$Z_M = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{I} & \text{II} & \text{III} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{matrix} & \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & -(z_{11} + z_{12}) \\ z_{21} & z_{22} & -(z_{21} + z_{22}) \\ -(z_{11} + z_{21}) & -(z_{12} + z_{22}) & z_{11} + z_{12} + z_{21} + z_{22} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} 1 - [R_1 + z_{22}], & & 2 - [z_{12}], \\ 3 - [R_2 + z_{11}], & & 4 - [z_{21}], \\ 5 - [R_3], & & 6 - [-R_2], \\ 7 - [R_1 + R_2 + R_3], & & 8 - [-R_3]. \end{aligned}$$

2.35. Для представленной схемы определите элемент  $z_{23}^*$  укороченной матрицы сопротивлений.

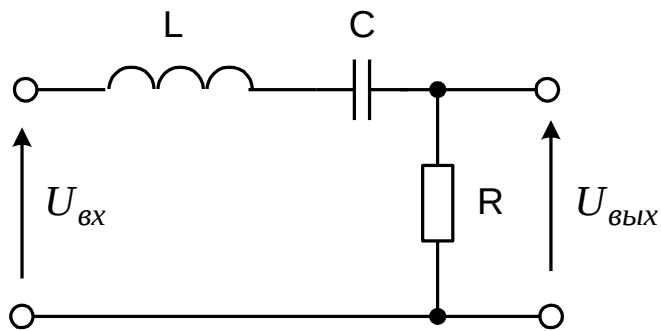


$$Z_M = \begin{matrix} & \text{I} & \text{II} & \text{III} \\ \text{I} & \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & -(z_{11}+z_{12}) \\ z_{21} & z_{22} & -(z_{21}+z_{22}) \\ -(z_{11}+z_{21}) & -(z_{12}+z_{22}) & z_{11}+z_{12}+z_{21}+z_{22} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$\begin{array}{ll} 1 - [R_1 + z_{22}], & 2 - [z_{12}], \\ 3 - [R_2 + z_{11}], & 4 - [z_{21}], \\ 5 - [R_3], & 6 - [-R_2], \\ 7 - [R_1 + R_2 + R_3], & 8 - [-R_3]. \end{array}$$

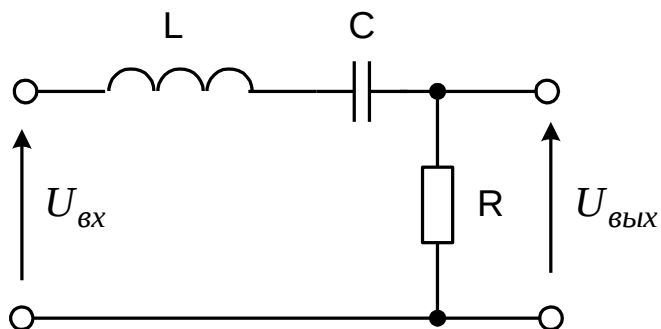
### 3. Схемные функции и их анализ

3.1.



Для заданной схемы представьте коэффициент передачи по напряжению в дробно-рациональной форме  $F(p) = N \frac{p^m + \dots + a_1 p^1 + \dots + a_0}{p^n + \dots + b_1 p^1 + \dots + b_0}$ . В ответ введите: N. L=100 [мГн], C=50 [мкФ], R=1 [кОм].

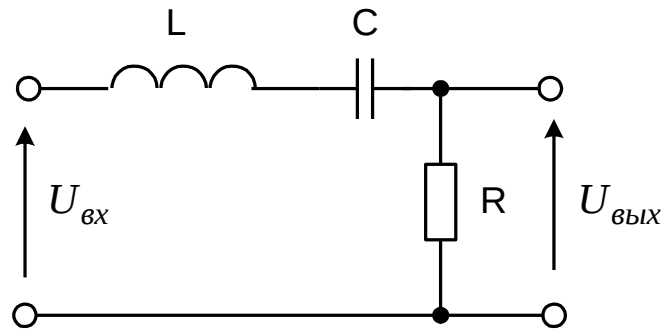
3.2.



Для заданной схемы представьте входное сопротивление в дробно-рациональной форме  $F(p) = N \frac{p^m + \dots + a_0}{p^n + \dots + b_0}$ .

В ответ введите: коэффициент  $a_0$ .  $L = 10$  [мГн],  $C = 50$  [мкФ],  $R = 1$  [кОм].

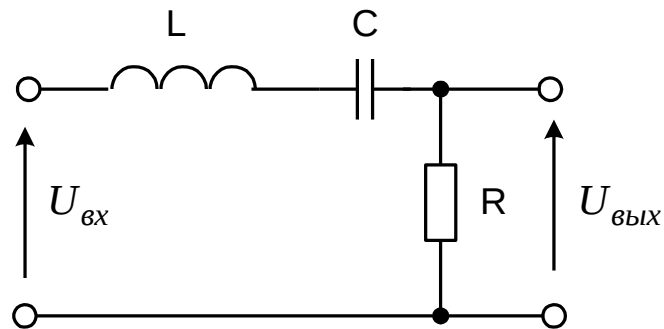
3.3.



Для заданной схемы представьте коэффициент передачи по напряжению в форме  $F(p) = N \frac{\prod_{i=1}^m (p - z_i)}{\prod_{i=1}^n (p - p_i)}$ . В ответ введите значение  $m$ .

$L = 10$  [мГн],  $C = 5$  [мкФ],  $R = 2$  [кОм].

3.4.



Для заданной схемы представьте входное сопротивление в форме  $F(p) = N \frac{\prod_{i=1}^m (p - z_i)}{\prod_{i=1}^n (p - p_i)}$ . В ответ введите значение  $n$ .

$L = 10$  [мГн],  $C = 5$  [мкФ],  $R = 2$  [кОм].

3.5. Определите значение параметра  $\alpha$ , при котором схемная функция  $F(p) = \frac{p+2}{2p^2 + \alpha p + 18}$  электронной схемы имеет кратные полюса.

3.6. Определите масштабный коэффициент схемной функции  $F(p) = \frac{2p+3}{2p^2 + 10p + 12}$ .

3.7. Определите коэффициент демпфирования для схемной функции  $k_U(p) = 10 \frac{p}{p^2 + 10^3 p + 10^6}$ .

3.8. Укажите выражение для амплитудно-частотной характеристики, соответствующей схемной функции  $F(p) = \frac{p+1}{p^2 + 2p + 6}$

$$1 - F(\omega) = \sqrt{\frac{1+\omega^2}{(6+\omega^2)^2 - 4\omega^2}}, \quad 2 - F(\omega) = \sqrt{\frac{1-\omega^2}{(6-\omega^2)^2 + 4\omega^2}},$$

$$3 - F(\omega) = \sqrt{\frac{1+\omega^2}{(6+\omega^2)^2 + 4\omega^2}}, \quad 4 - F(\omega) = \sqrt{\frac{1+\omega^2}{(6-\omega^2)^2 + 4\omega^2}}.$$

3.9. Выражение переходной характеристики имеет вид  $h(t) = 1 - \exp(-t) - \exp(-2t)$ . Определить значение импульсной переходной характеристики при  $t = 0$ .

3.10. Выражение импульсной переходной характеристики имеет вид  $g(t) = \exp(-2t)$ . Определить переходную характеристику.

$$1 - h(t) = \frac{1}{2}[1 + \exp(-2t)], \quad 2 - h(t) = \frac{1}{2}[1 - \exp(-2t)],$$

$$3 - h(t) = 2[1 - \exp(-2t)], \quad 4 - h(t) = 1 - \exp(-2t).$$

3.11. Представьте схемную функцию  $F(p) = \frac{p^2 + 4p + 4}{p^2 + 5p + 6}$  в виде суммы простых слагаемых.

$$1 - F(p) = 1 - \frac{1}{p+3}, \quad 2 - F(p) = 1 - \frac{1}{p+2} - \frac{1}{p+3},$$



$$3 - F(p) = 1 + \frac{1}{p+2} + \frac{1}{p+3}, \quad 4 - F(p) = 1 - \frac{1}{p+2} + \frac{1}{p+3}.$$

3.12. Получите выражение переходной характеристики, если схемная функция имеет вид

$$F(p) = \frac{p}{(p+1)(p+3)}.$$

$$\begin{aligned} 1 - h(t) &= \exp(-t) - \exp(-3t), & 2 - h(t) &= 0,5[\exp(-t) - \exp(-3t)] \\ 3 - h(t) &= \exp(-3t) - \exp(-t), & 4 - h(t) &= 0,5[\exp(-t) + \exp(-3t)] \end{aligned}$$

3.13. Реакция электронной схемы на единичное ступенчатое воздействие – это

- 1 – импульсная переходная характеристика,
- 2 – переходная характеристика,
- 3 – амплитудно-частотная характеристика,
- 4 – фазо-частотная характеристика.

3.14. Определить характер реакции на единичное ступенчатое воздействие, если схемная функция  $F(p) = \frac{1}{p^2 + 2p + 2}$

- 1 – монотонный (без перерегулирования),
- 2 – апериодический с перерегулированием,
- 3 – колебательный,
- 4 – расходящийся процесс.

3.15. Указать выражение переходной характеристики, соответствующее схемной функции  $F(p) = 2 \frac{p}{p^2 + 9}$ .

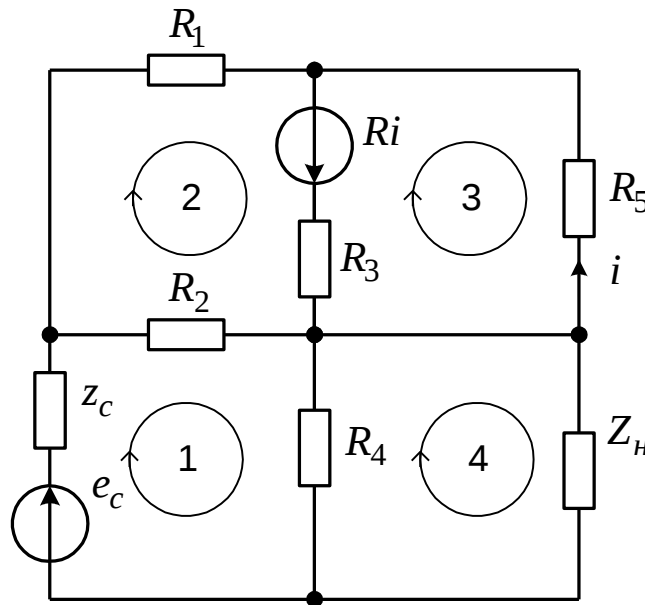
$$\begin{aligned} 1 - h(t) &= \frac{3}{2} \sin(3t), & 2 - h(t) &= \frac{2}{3} \sin(9t) \\ 3 - h(t) &= \frac{2}{9} \sin(3t), & 4 - h(t) &= \frac{2}{3} \sin(3t). \end{aligned}$$

#### 4. Анализ линейных электронных схем операторными методами

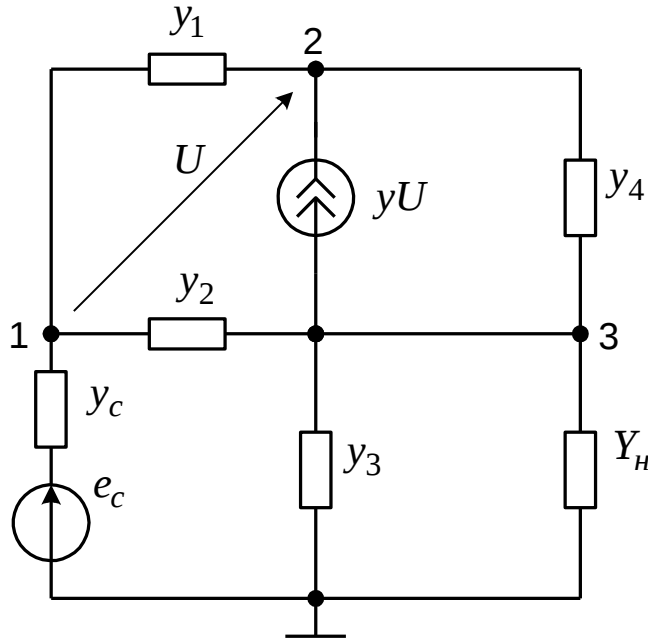
4.1. Определите алгебраическое дополнение  $\Delta_{\theta\lambda}$  матрицы эквивалентных

параметров  $W = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  относительно преобразующих векторов  $\theta = [1 \ -1 \ 1]^T$  и  $\lambda = [1 \ 0 \ 1]$ .

4.2. Определите численное значение индекса  $\alpha$  алгебраического дополнения в формуле  $\frac{\Delta_{(a+c)(b+d)}}{\Delta + Z_i \Delta_{(b+d)(b+d)}}$  применительно к схеме замещения вида



4.3. Определите численное значение индекса  $\alpha$  алгебраического дополнения в формуле  $\frac{\Delta_{(a+c)(b+d)}}{\Delta + Y_i \Delta_{(b+d)(b+d)}}$  применительно к схеме замещения вида



4.4. Определить алгебраическое дополнение  $\Delta_{11}$  укороченной матрицы проводимостей  $Y^* = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ .

4.5. Определить алгебраическое дополнение  $\Delta_{13}$  укороченной матрицы проводимостей  $Y^* = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ .

4.6. Определить алгебраическое дополнение  $\Delta_{11,33}$  укороченной матрицы проводимостей  $Y^* = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ .

4.7. Определить схемную функцию  $Y_{i\hat{a}\hat{o}}$  в [См], если  $Y_i = 10^{-3}$ (См), а  $k_U = 100$ .

4.8. Определить схемную функцию  $Z_{i\hat{a}\hat{o}}$  в [кОм], если  $Z_{\hat{a}\hat{o}} = 10^3$ (Ом), а  $k_U = 100$ .

4.9. Определить схемную функцию  $k_U$ , если  $Z_{\hat{a}\hat{o}} = 10^3$ (Ом),  $Z_i = 10^3$ (Ом), а  $k_I = 100$ .

4.10. Определить схемную функцию  $k_U$ , если  $Z_{\hat{a}\hat{o}} = 10^3$ (Ом),  $Y_i = 10^{-3}$ (См), а  $k_I = 100$ .

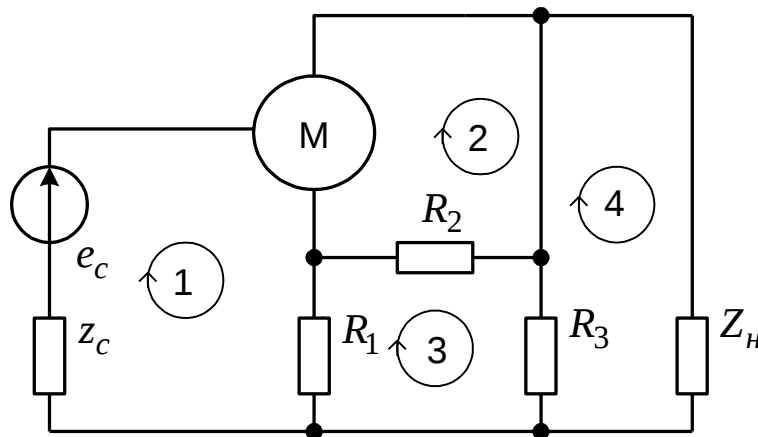
4.11. Определить коэффициент передачи напряжения по укороченной матрице проводимостей вида  $Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ S & G_{\tilde{n}\tilde{e}} \end{bmatrix}$ . Входное напряжение действует между узлом 1 и общей точкой схемы, ветвь нагрузки подключена к узлу 2 относительно общей точки схемы.

$$\begin{aligned} 1 - k_U &= \frac{S}{G_{\tilde{n}\tilde{e}} + Y_i}, & 2 - k_U &= \frac{S}{G_{\tilde{n}\tilde{e}}}, \\ 3 - k_U &= -\frac{S}{G_{\tilde{n}\tilde{e}} + Y_i}, & 4 - k_U &= -\frac{S}{G_{\tilde{n}\tilde{e}} - Y_i}. \end{aligned}$$

4.12. Определить передаточную проводимость по укороченной матрице проводимостей вида  $Y^* = \begin{bmatrix} G_{\tilde{n}\tilde{e}} & S \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ . Входное напряжение действует между узлом 2 и общей точкой схемы, ветвь нагрузки подключена к узлу 1 относительно общей точки схемы.

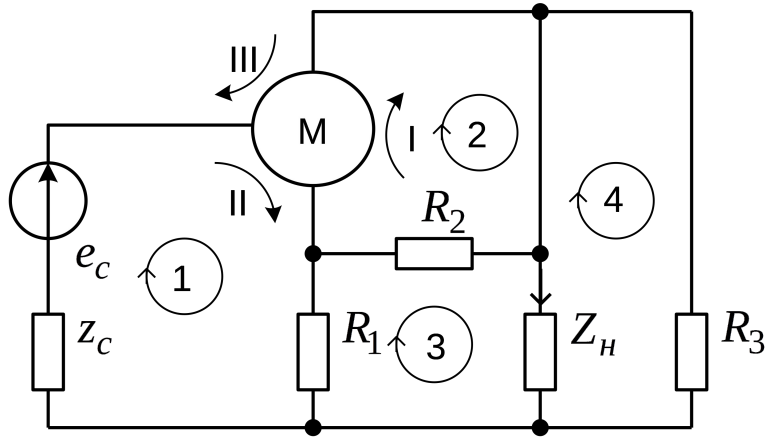
$$\begin{aligned} 1 - y_{i\tilde{a}\tilde{o}} &= -\frac{Y_i S}{G_{\tilde{n}\tilde{e}} + Y_i}, & 2 - y_{i\tilde{a}\tilde{o}} &= \frac{Y_i S}{G_{\tilde{n}\tilde{e}} + Y_i}, \\ 3 - y_{i\tilde{a}\tilde{o}} &= -\frac{Y_i S}{G_{\tilde{n}\tilde{e}} - Y_i}, & 4 - y_{i\tilde{a}\tilde{o}} &= -\frac{S}{G_{\tilde{n}\tilde{e}} + Y_i}. \end{aligned}$$

4.13. Запишите выражение коэффициента передачи напряжения для схемы



$$\begin{aligned} 1 - k_U &= \frac{Z_i \Delta_{41}}{\Delta + Z_i \Delta_{11}}, & 2 - k_U &= \frac{\Delta_{14}}{\Delta + Z_i \Delta_{44}}, \\ 3 - k_U &= \frac{Z_i \Delta_{14}}{\Delta + Z_i \Delta_{44}}, & 4 - k_U &= \frac{\Delta_{14}}{\Delta_{11} + Z_i \Delta_{11,44}}. \end{aligned}$$

4.14. Запишите выражение коэффициента передачи напряжения холостого хода для схемы



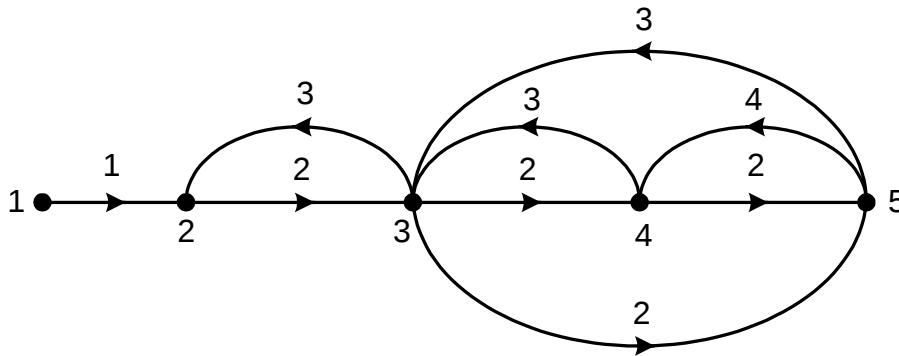
$$1 - k_U^{\delta\delta} = \frac{\Delta_{1(3+4)}}{\Delta_{(3+4)(3+4)}},$$

$$2 - k_U^{\delta\delta} = \frac{\Delta_{1(4+3)}}{\Delta_{(4+3)(4+3)}},$$

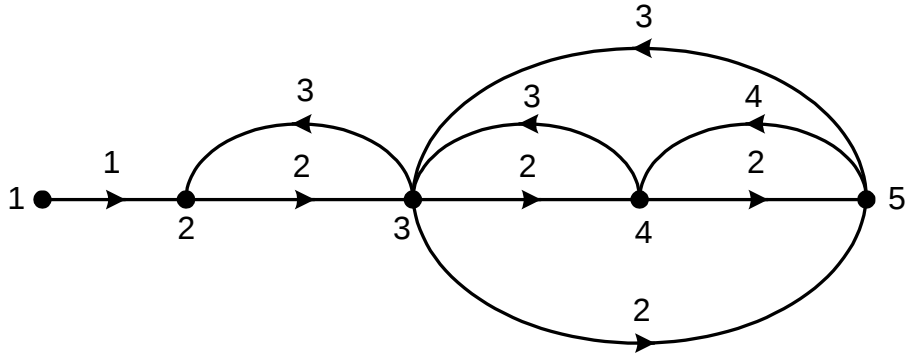
$$3 - k_U^{\delta\delta} = \frac{\Delta_{17}}{\Delta_{77}},$$

$$4 - k_U^{\delta\delta} = \frac{\Delta_{1(3+1)}}{\Delta_{(3+1)(3+1)}}.$$

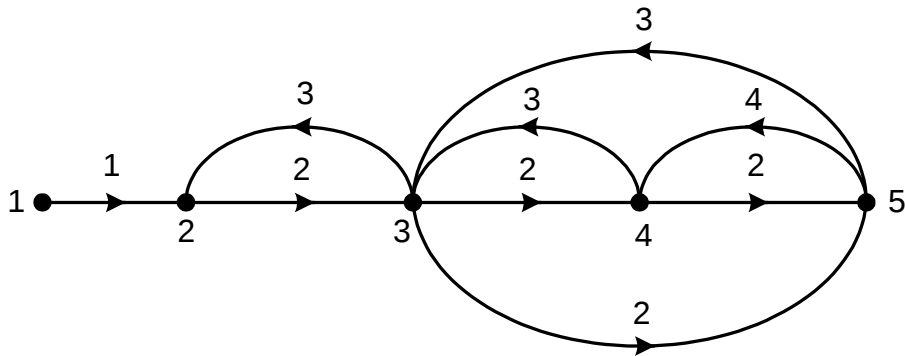
4.15. Определить передачу сигнального графа Мэсона  $F_{51} = \frac{x_5}{f_1}$ , округлив ответ до десятых.



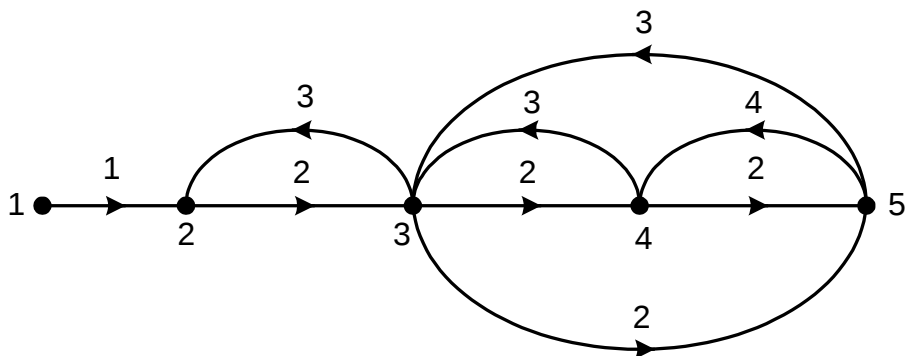
4.16. Определить передачу сигнального графа Мэсона  $F_{41} = \frac{x_4}{f_1}$ , округлив ответ до десятых.



4.17. Определить передачу сигнального графа Мэсона  $F'_{43} = \frac{x_4}{x_3}$ , округлив ответ до десятых.



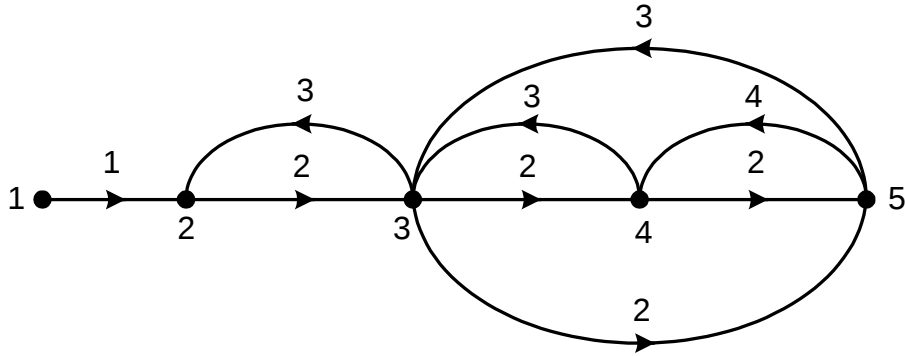
4.18. Найти определитель сигнального графа Мэсона



4.19. Определить значение параметра  $Q$  в формуле

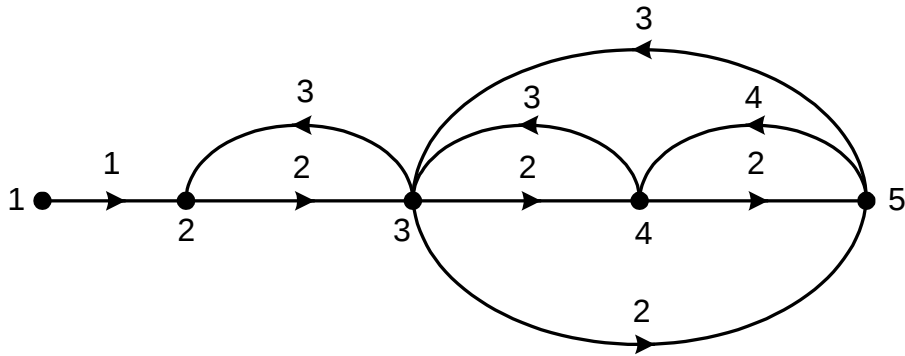
$$D^M = 1 + \sum_{q=1}^Q \left[ (-1)^q \sum_{i=1}^{N_q} \left( \prod_{r=1}^q L_r^{(i)} \right) \right]$$
 определителя сигнального графа Мэсона

применительно к графу



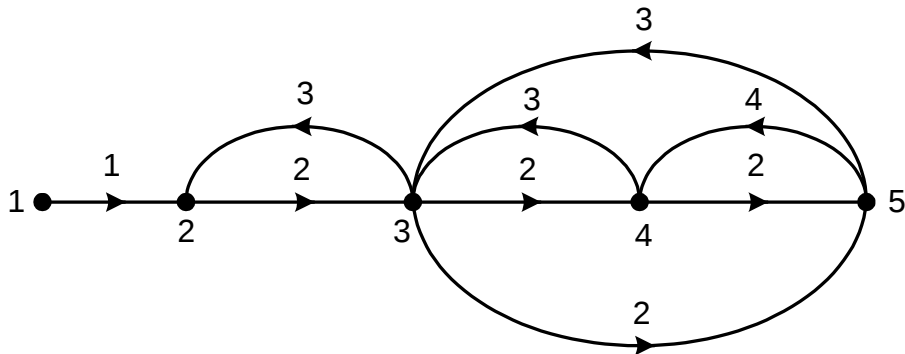
4.20. Определить значение параметра  $N_1$  в формуле

$$D^M = 1 + \sum_{q=1}^Q \left[ (-1)^q \sum_{i=1}^{N_q} \left( \prod_{r=1}^q L_r^{(i)} \right) \right]$$
 определителя сигнального графа Мэсона применительно к графу

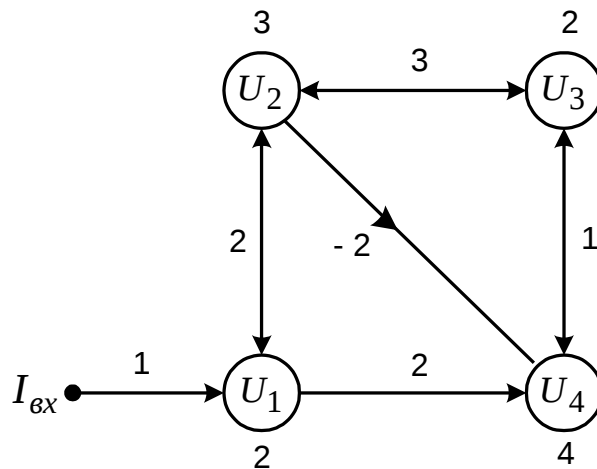


4.21. Определить значение параметра  $N_2$  в формуле

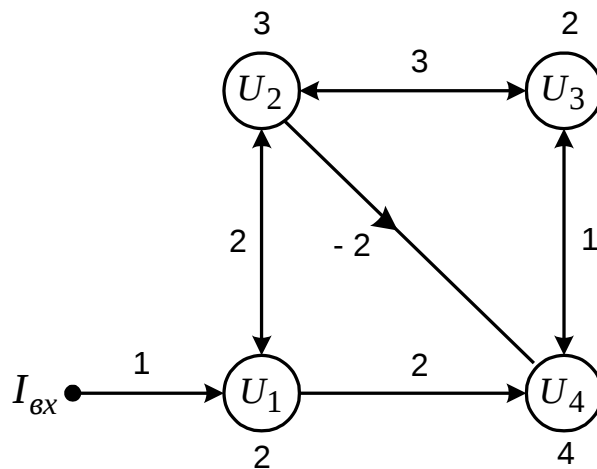
$$D^M = 1 + \sum_{q=1}^Q \left[ (-1)^q \sum_{i=1}^{N_q} \left( \prod_{r=1}^q L_r^{(i)} \right) \right]$$
 определителя сигнального графа Мэсона применительно к графу



4.22. Определить передаточное сопротивление электронной схемы по ее обобщенному сигнальному U-графу, если  $U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} = U_4$ . Ответ округлить до сотых.

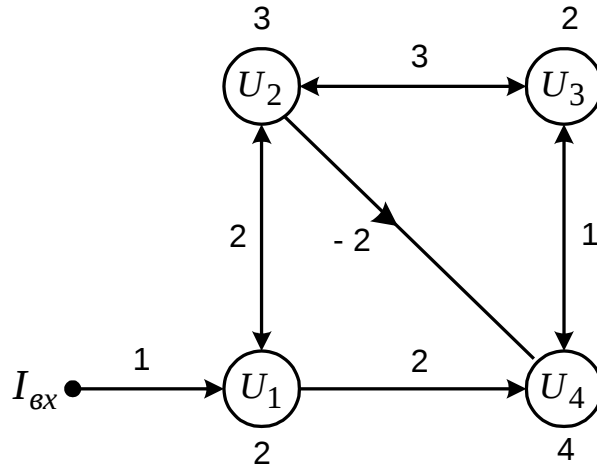


4.23. Определить коэффициент передачи по напряжению электронной схемы по ее обобщенному сигнальному U-графу, если  $U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} = U_3$ . Ответ округлить до сотых.

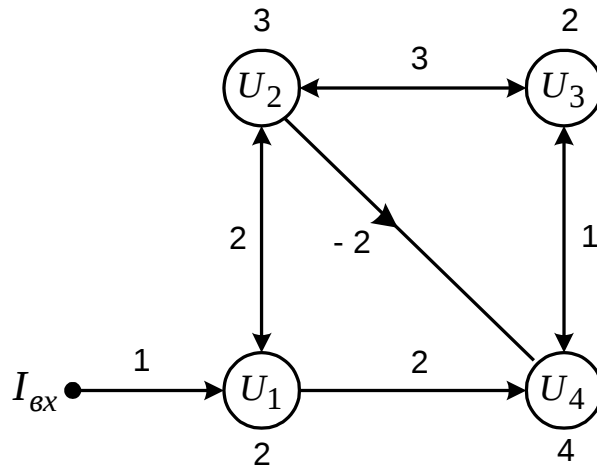


4.24. Определить входное сопротивление электронной схемы по ее обобщенному сигнальному U-графу. Ответ округлить до сотых.





4.25. Определить величину дополнения простого пути  $\rho(I_{\text{вх}}, U_1, U_4)$  для графа



## 5. Анализ электронных схем во временной области

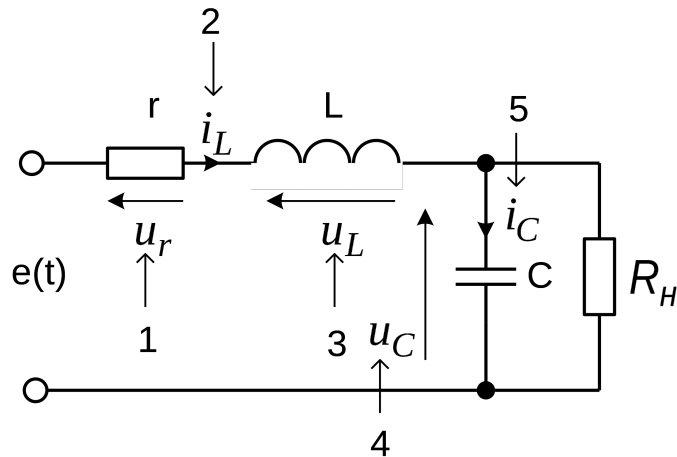
5.1. Переменные математической модели в базисе переменных состояния, характеризующие внешние воздействия на электронную схему относятся к

- 1 – входным переменным,
- 2 – выходным переменным,
- 3 – переменным состояния.

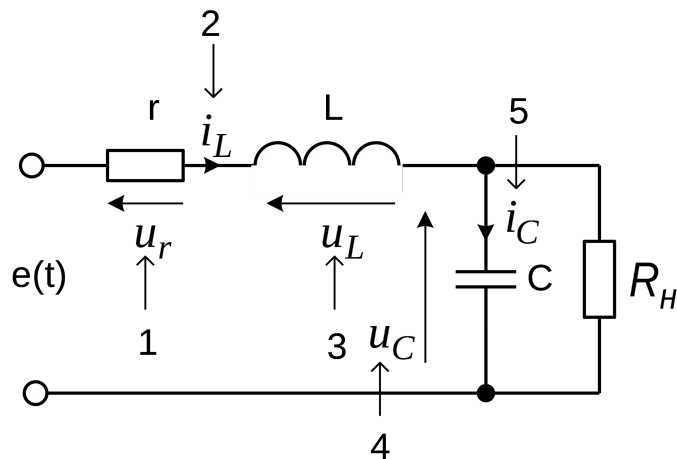
5.2. Математическая модель в базисе переменных состояния представляет собой

- 1 – систему линейных алгебраических уравнений,
- 2 – систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка в форме Коши,
- 3 – систему разностных уравнений,
- 4 – систему уравнений в частных производных.

5.3. Укажите переменные состояния электронной цепи



5.4. Реализация математической модели представленной электронной цепи направлена на расчет тока емкости. Укажите выходную переменную математической модели в базисе переменных состояния



5.5. В представленной модели линейной электронной схемы в базисе переменных состояния укажите матрицу состояния.

$$\frac{dX(t)}{dt} = A(t)X(t) + B(t)F(t) + \sum_{i=1}^s B_i(t) \frac{d^i F(t)}{dt^i},$$

$$Y(t) = K(t)X(t) + K_f(t)F(t) + \sum_{i=1}^p K_{f,i}(t) \frac{d^i F(t)}{dt^i},$$

$$\begin{array}{llll} 1 - A(t), & 2 - B(t), & 3 - K(t), & 4 - K_f(t), \\ 5 - X(t), & 6 - F(t), & 7 - Y(t). & \end{array}$$

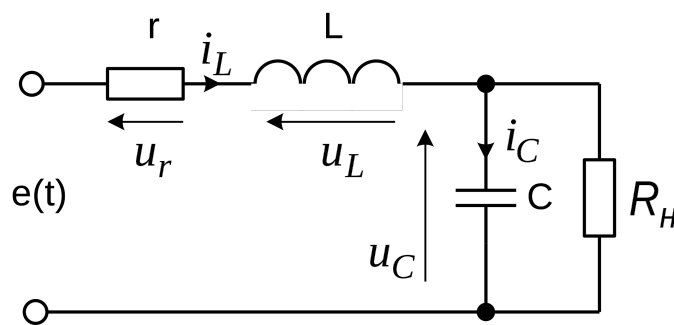
5.6. В представленной модели линейной электронной схемы в базисе переменных состояния укажите вектор переменных состояния.

$$\frac{dX(t)}{dt} = A(t)X(t) + B(t)F(t) + \sum_{i=1}^s B_i(t) \frac{d^i F(t)}{dt^i},$$

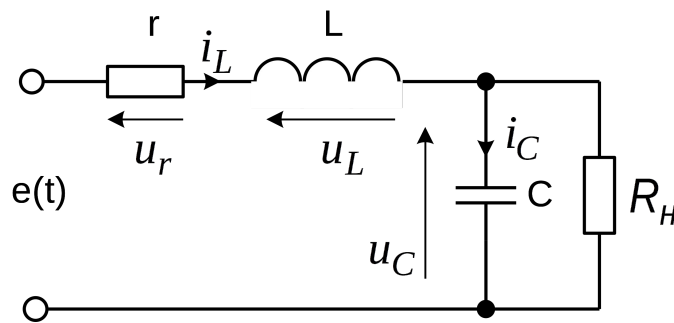
$$Y(t) = K(t)X(t) + K_f(t)F(t) + \sum_{i=1}^p K_{f,i}(t) \frac{d^i F(t)}{dt^i},$$

$$\begin{array}{llll} 1 - A(t), & 2 - B(t), & 3 - K(t), & 4 - K_f(t), \\ 5 - X(t), & 6 - F(t), & 7 - Y(t). \end{array}$$

5.7. Определите порядок матрицы состояния математической модели представленной электронной схеме

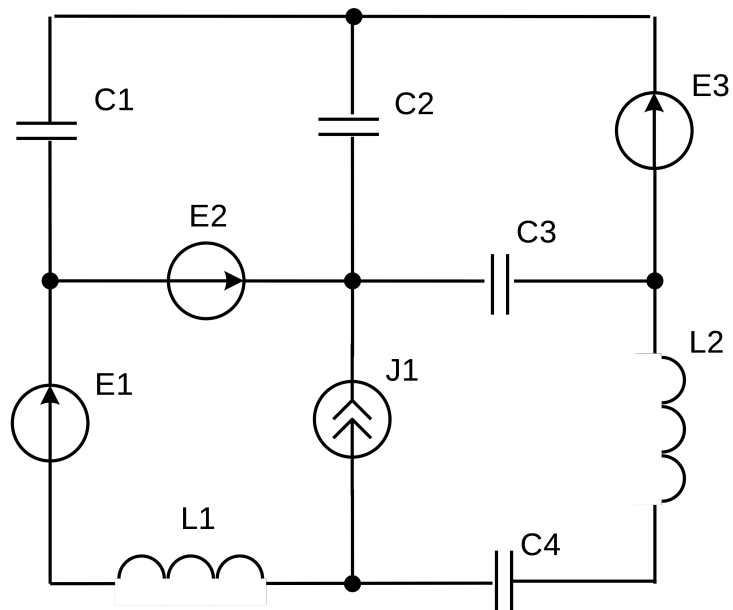


5.8. Укажите размерность матрицы управления математической модели представленной электронной схеме

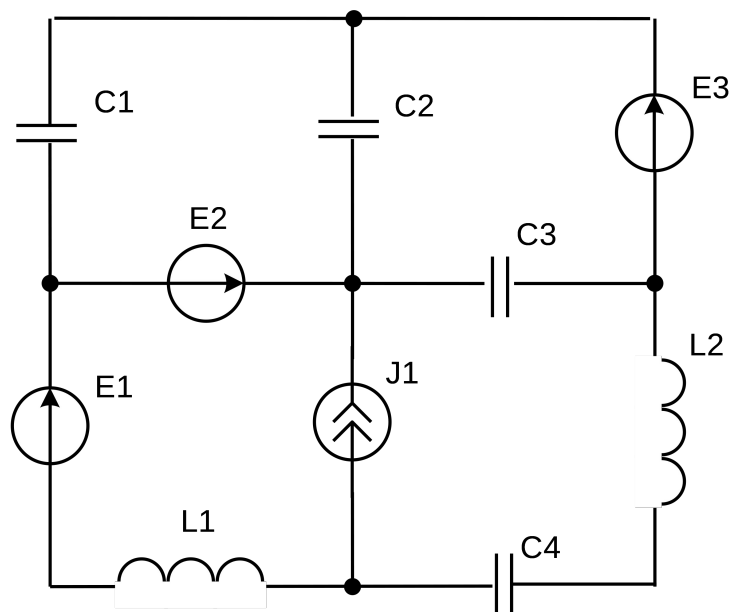


$$\begin{array}{ll} 1 - m \times n = 2 \times 2, & 2 - m \times n = 2 \times 1, \\ 3 - m \times n = 1 \times 2, & 4 - m \times n = 3 \times 2. \end{array}$$

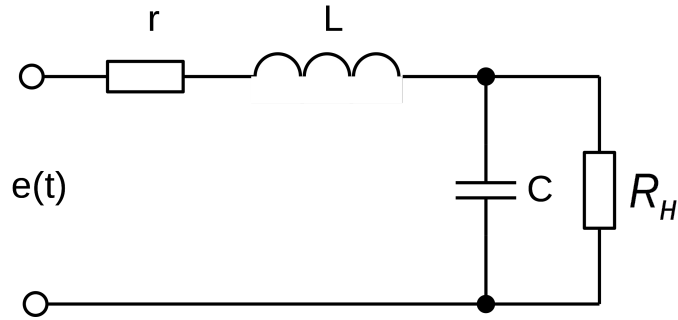
5.9. Определить число топологически зависимых емкостей в представленной схеме



5.10. Определить число топологически независимых индуктивностей в представленной схеме



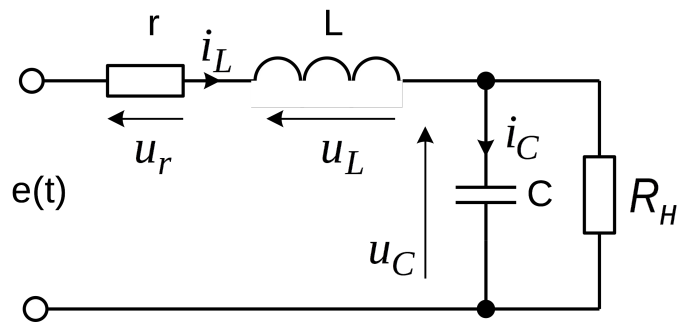
5.11. Укажите матрицу состояний электронной схемы, если вектор переменных состояний имеет вид  $x = [i_L \ u_C]^T$



$$1 - A = \begin{bmatrix} -\frac{r}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & \frac{1}{CR_f} \end{bmatrix}, \quad 2 - A = \begin{bmatrix} -\frac{r}{L} & \frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{CR_f} \end{bmatrix},$$

$$3 - A = \begin{bmatrix} -\frac{r}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{CR_f} \end{bmatrix}, \quad 4 - A = \begin{bmatrix} -\frac{r}{L} & -\frac{1}{L} \\ -\frac{1}{C} & -\frac{1}{CR_f} \end{bmatrix}.$$

5.12. Укажите матрицу выхода электронной схемы, если вектор переменных состояний имеет вид  $X = [i_L \ u_C]^T$ , вектор выходных переменных —  $Y = [u_r \ u_L \ i_C]^T$ .



$$1 - K = \begin{bmatrix} r & 0 \\ -r & -1 \\ 1 & -\frac{1}{R_f} \end{bmatrix}, \quad 2 - K = \begin{bmatrix} -r & 0 \\ r & -1 \\ 1 & \frac{1}{R_f} \end{bmatrix},$$

$$3 - K = \begin{bmatrix} r & 1 \\ -r & -1 \\ 0 & -\frac{1}{R_f} \end{bmatrix}, \quad 4 - K = \begin{bmatrix} -r & 0 \\ r & 1 \\ 1 & \frac{1}{R_f} \end{bmatrix}.$$

5.13. Укажите выражение для экспоненциальной матрицы  $\exp(At)$ , если  $A = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 2 & -1 \end{bmatrix}$ .

$$1 - \exp\left(\begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} t\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -2 & 0 \end{bmatrix} \exp(-2t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \exp(-t),$$

$$2 - \exp\left(\begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} t\right) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \exp(-2t) + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -2 & 0 \end{bmatrix} \exp(-t),$$

$$3 - \exp\left(\begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} t\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} \exp(-2t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -2 & 1 \end{bmatrix} \exp(-t),$$

$$4 - \exp\left(\begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} t\right) = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} \exp(-2t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \exp(-t),$$

5.14. При каком значении параметра  $\alpha$  матрица  $A = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ 0 & -\alpha \end{bmatrix}$  имеет сложный спектр.

5.15. Укажите аналитическое решение линейного обыкновенного дифференциального уравнения  $\frac{dx(t)}{dt} = -2x(t) + 2$ , если  $x(0) = 0$ .

$$1 - x(t) = 1 - \exp(-2t), \quad 2 - x(t) = \exp(-2t) - 1,$$

$$3 - x(t) = 2[1 - \exp(-2t)], \quad 3 - x(t) = 2[\exp(-2t) - 1].$$

5.16. Укажите аналитическое решение линейного обыкновенного дифференциального уравнения  $\frac{dx(t)}{dt} = -2x(t) + 2f(t) + 2\frac{df(t)}{dt}$ , если  $x(0) = 0$ ,  $f(t) = \eta(t)$ .

$$1 - x(t) = 1 - \exp(-2t), \quad 2 - x(t) = -1 + \exp(-2t),$$

$$3 - x(t) = 1 + \exp(-2t), \quad 3 - x(t) = 2[-1 + \exp(-2t)].$$

5.17. Укажите аналитическое решение линейного обыкновенного дифференциального уравнения  $\frac{dx(t)}{dt} = -2x(t) + 2\frac{df(t)}{dt}$ , если  $x(0) = 0$ ,  $f(t) = \eta(t)$ .

$$1 - x(t) = -2\exp(-2t), \quad 2 - x(t) = -1 + \exp(-2t),$$

$$3 - x(t) = 2\exp(-2t), \quad 3 - x(t) = 2[-1 + \exp(-2t)].$$

5.18. Укажите комплексную частотную функцию, если математическая модель в базисе переменных состояний имеет вид  $\frac{dx(t)}{dt} = -2x(t) + 2f(t) + 2\frac{df(t)}{dt}$ ,  $y(t) = 2x(t)$ .

$$\begin{aligned} 1 - T(j\omega) &= 4 \frac{j\omega + 1}{j\omega + 2}, & 2 - T(j\omega) &= 2 \frac{j\omega + 1}{j\omega + 2}, \\ 3 - T(j\omega) &= 4 \frac{j\omega + 1}{j\omega - 2}, & 4 - T(j\omega) &= 2 \frac{j\omega + 1}{j\omega - 2}. \end{aligned}$$

5.19. Используя явный метод Эйлера для интегрирования дифференциального уравнения  $\frac{dx(t)}{dt} = -2x(t) + 1$ , определить значение  $x_2$ , если  $x_0 = 0$ , а шаг дискретизации  $h = 0.1$ . Ответ округлить до десятых.

5.20. Определить максимально допустимое значение шага интегрирования дифференциального уравнения  $\frac{dx(t)}{dt} = -2x(t) + 1$  явным методом Эйлера, при котором численная схема остается устойчивой.