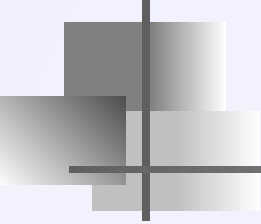
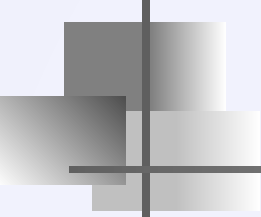


Метод переменных СОСТОЯНИЯ

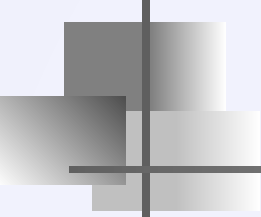


Уравнения состояния в матричной форме

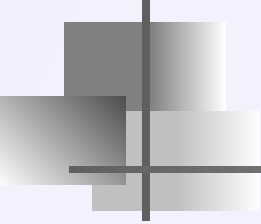
$$[X'(t)] = [A] \cdot [X(t)] + [B] \cdot [F(t)] \quad \textcircled{1}$$



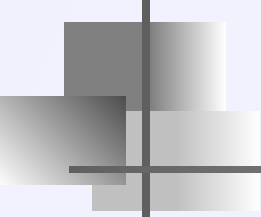
Где $[X'(t)]$ – матрица-столбец
производных от токов в
индуктивностях и напряжений в
емкостях (n - элементов)



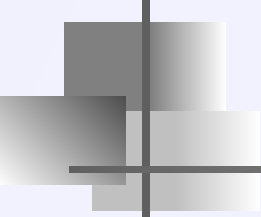
$[A]$ – квадратная матрица
коэффициентов при переменных
состояния (n – строк и
 n – столбцов)



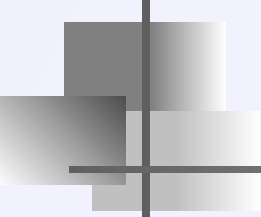
$[X(t)]$ – матрица-столбец
переменных состояния
(n – элементов)



$[F(t)]$ – матрица-столбец
(независимых) источников ЭДС
и тока (m – элементов)

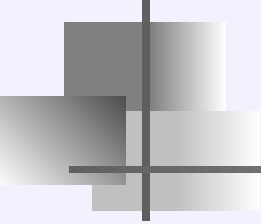


$[B]$ – прямоугольная матрица связи,
состоящая из коэффициентов
перед источниками ЭДС и тока
(n – строк, m – столбцов)

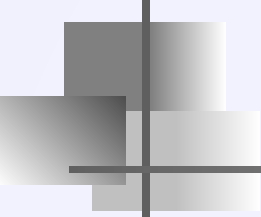


Алгебраические уравнения для выходных величин в матричной форме

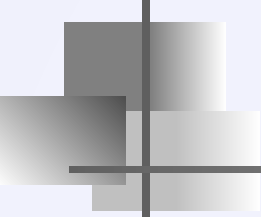
$$[Y(t)] = [C] \cdot [X(t)] + [D] \cdot [F(t)] \quad \textcircled{2}$$



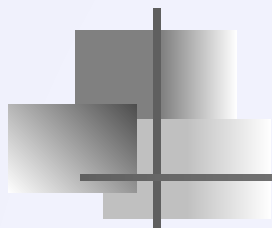
Где $[Y(t)]$ – матрица-столбец
выходных величин (k - элементов)



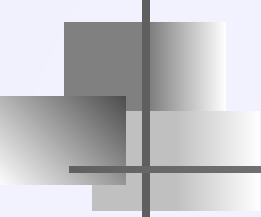
$[C]$ – прямоугольная матрица связи
выходных величин с переменными
состояния (k – строк, n – столбцов)



$[D]$ – прямоугольная матрица связи
выходных величин с источниками
(k – строк, m – столбцов)



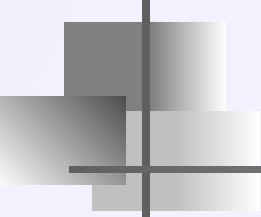
Порядок расчета



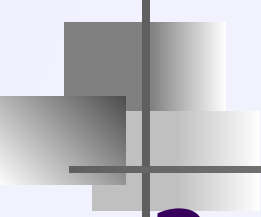
1. Из расчета схемы до
коммутации определяются ННУ

$$i_L(0_-) = i_L(0) = ?$$

$$u_C(0_-) = u_C(0) = ?$$

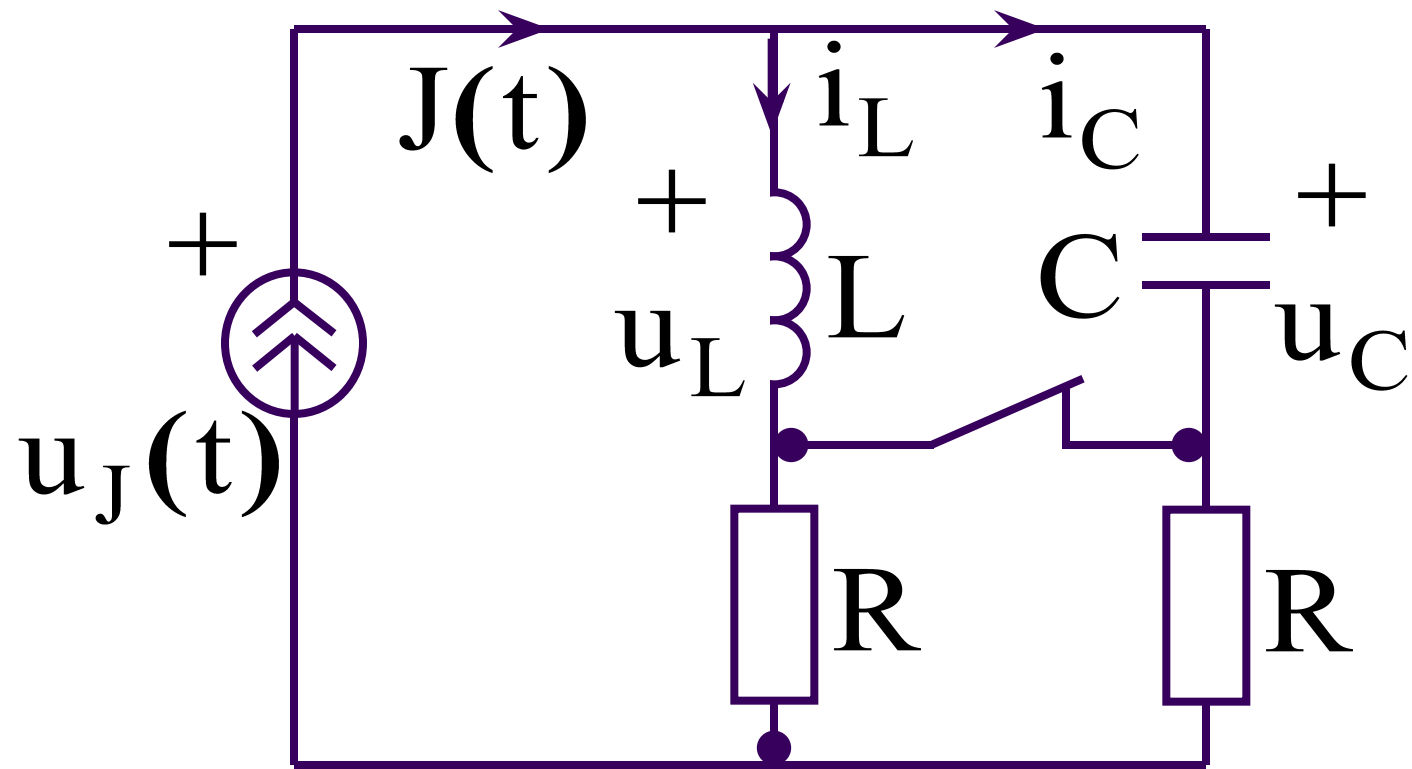


2. Для схемы после коммутации
по законам Кирхгофа составляем
уравнения ① и ②



3. По специальным программам
на ЭВМ решаем уравнения ① и
② и получаем численные
значения для $Y(t)$

Пример

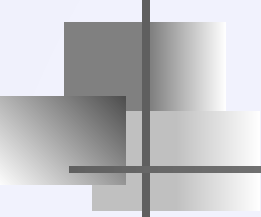




Дано: $J(t) = 1 \text{ A}$ $R = 100 \text{ Ом}$

$L = 1 \text{ Гн}$ $C = 10 \text{ мкФ}$

Определить: $u_J(t) = ?$



1. Определяем независимые
начальные условия:

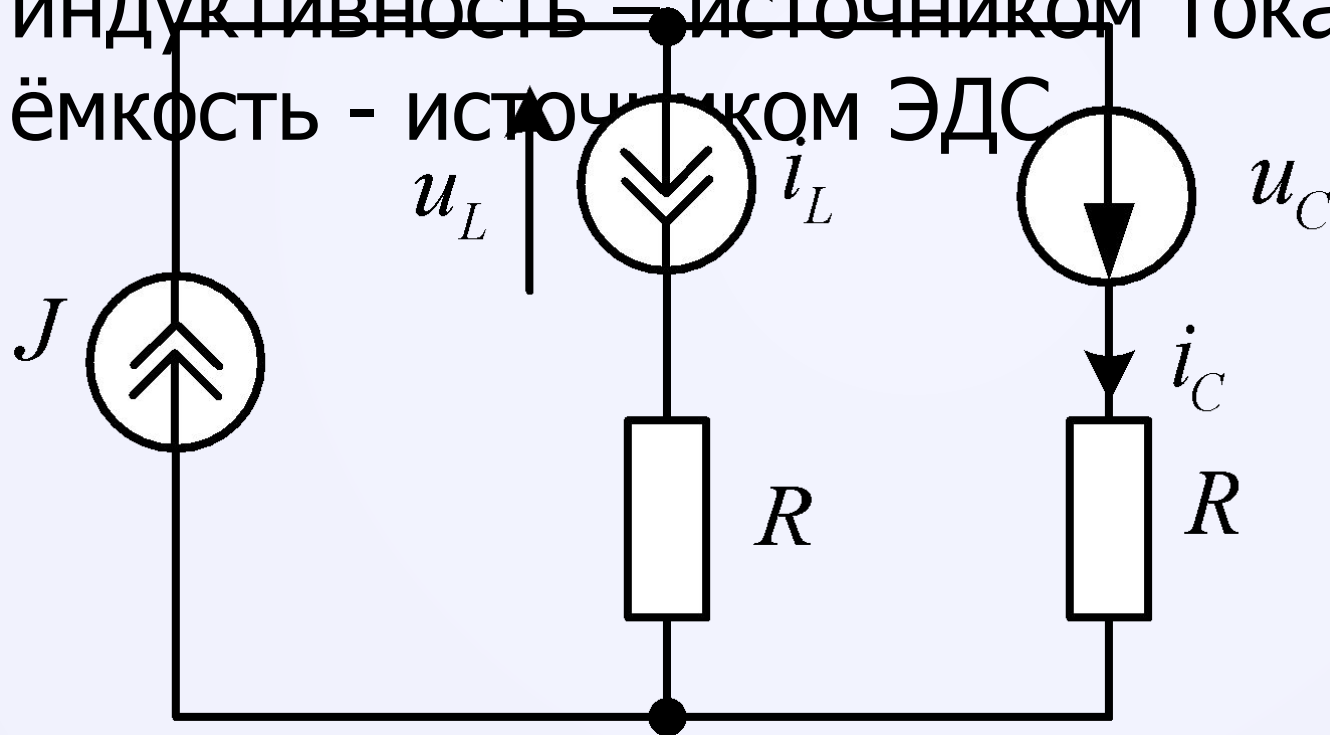
$$i_L(0) = i_L(0_-) = J(0) = 1 \text{ A}$$

$$u_C(0) = u_C(0_-) = 0$$

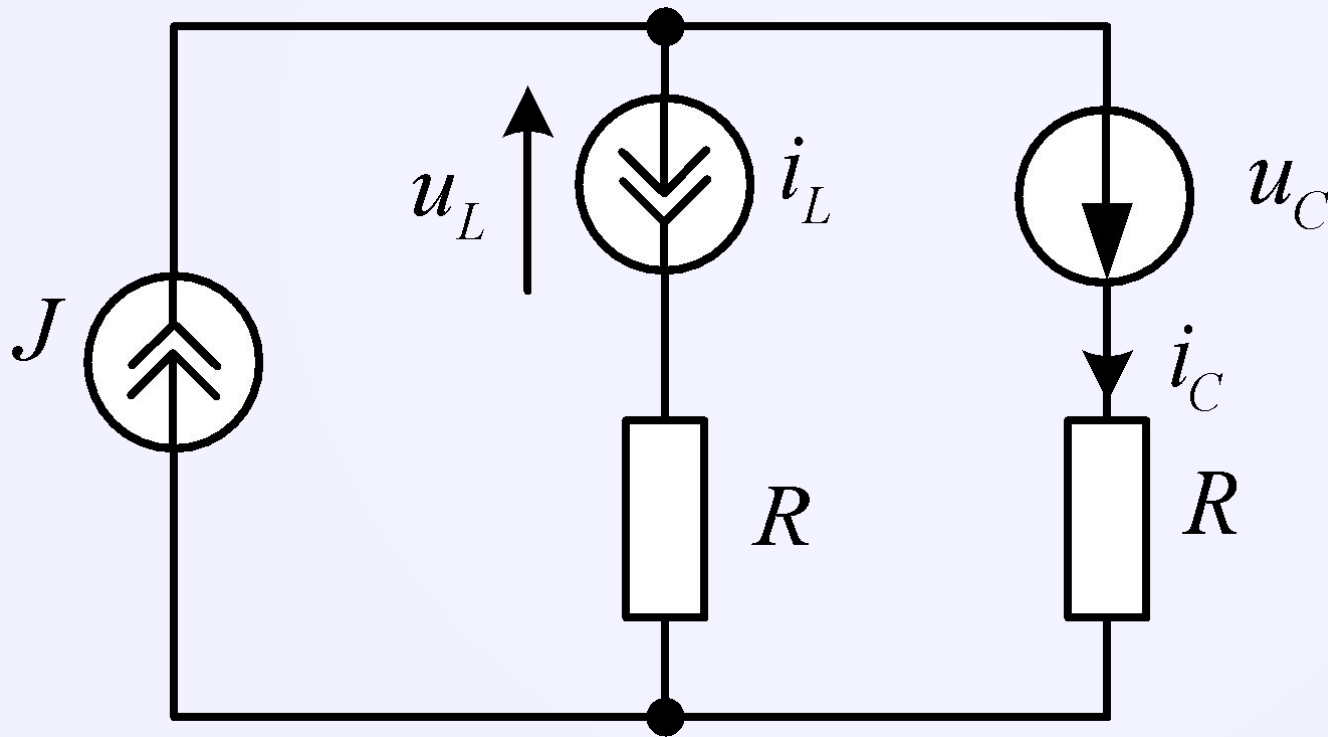
2. По теореме компенсации заменим реактивные элементы источниками:

индуктивность – источником тока

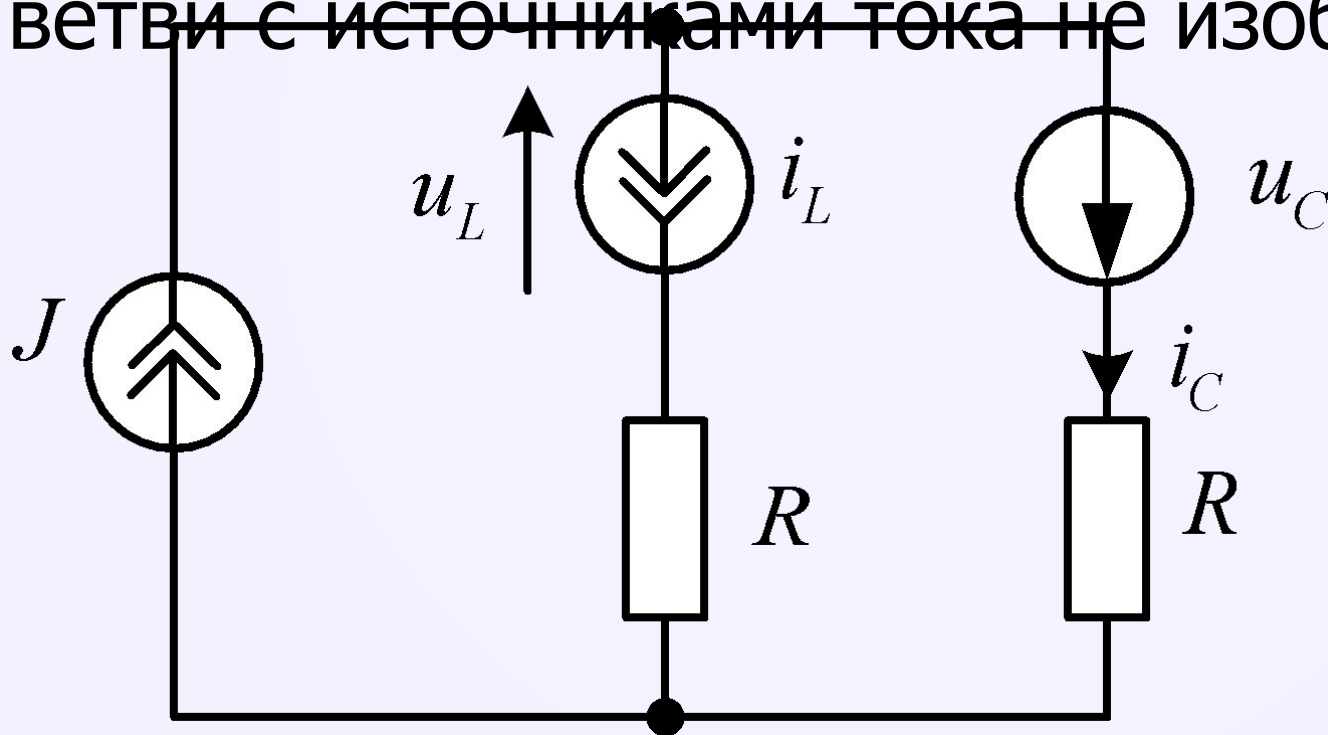
ёмкость – источником ЭДС



В полученной схеме определим методом наложения две величины: i_C и u_L

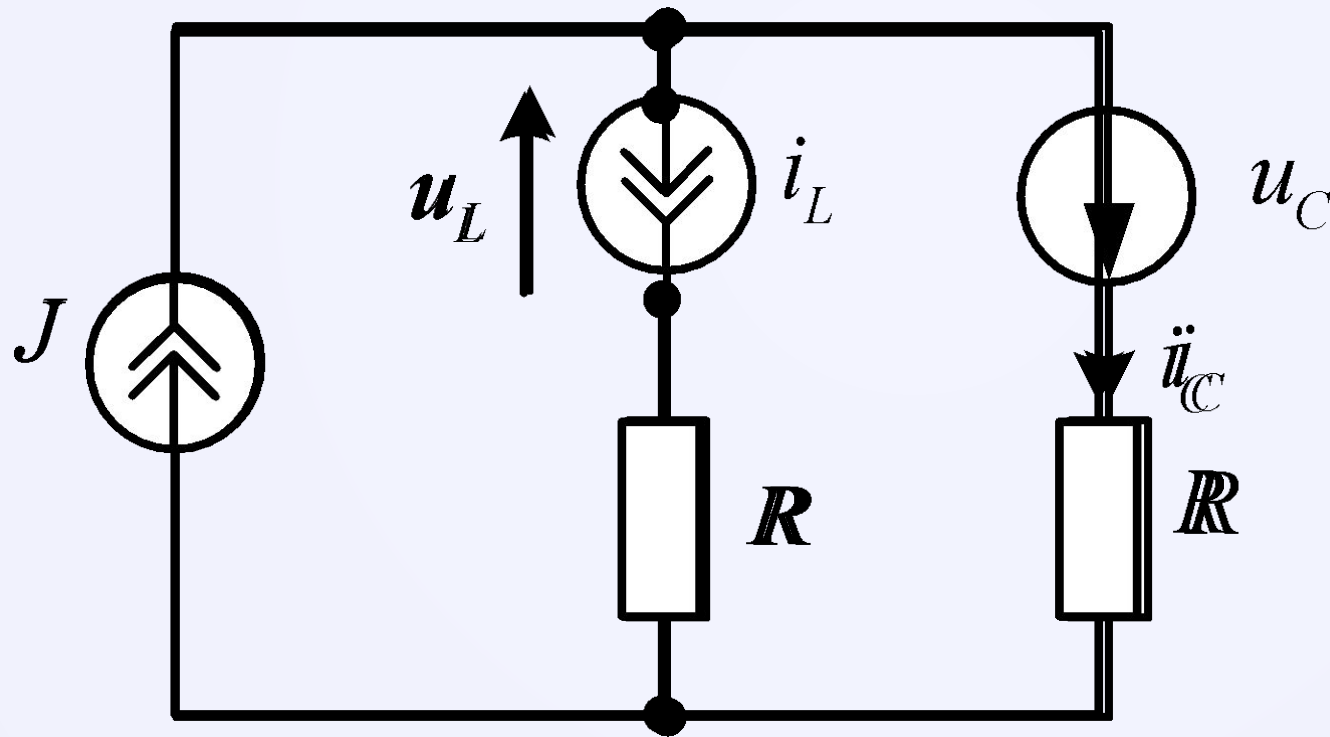


В соответствии с методом наложения:
Оставляем только **один** источник,
остальные источники ЭДС закорачиваем,
ветви с источниками тока не изображаем.



Первая подсхема:

Определяем токи и напряжения от действия источника тока J .

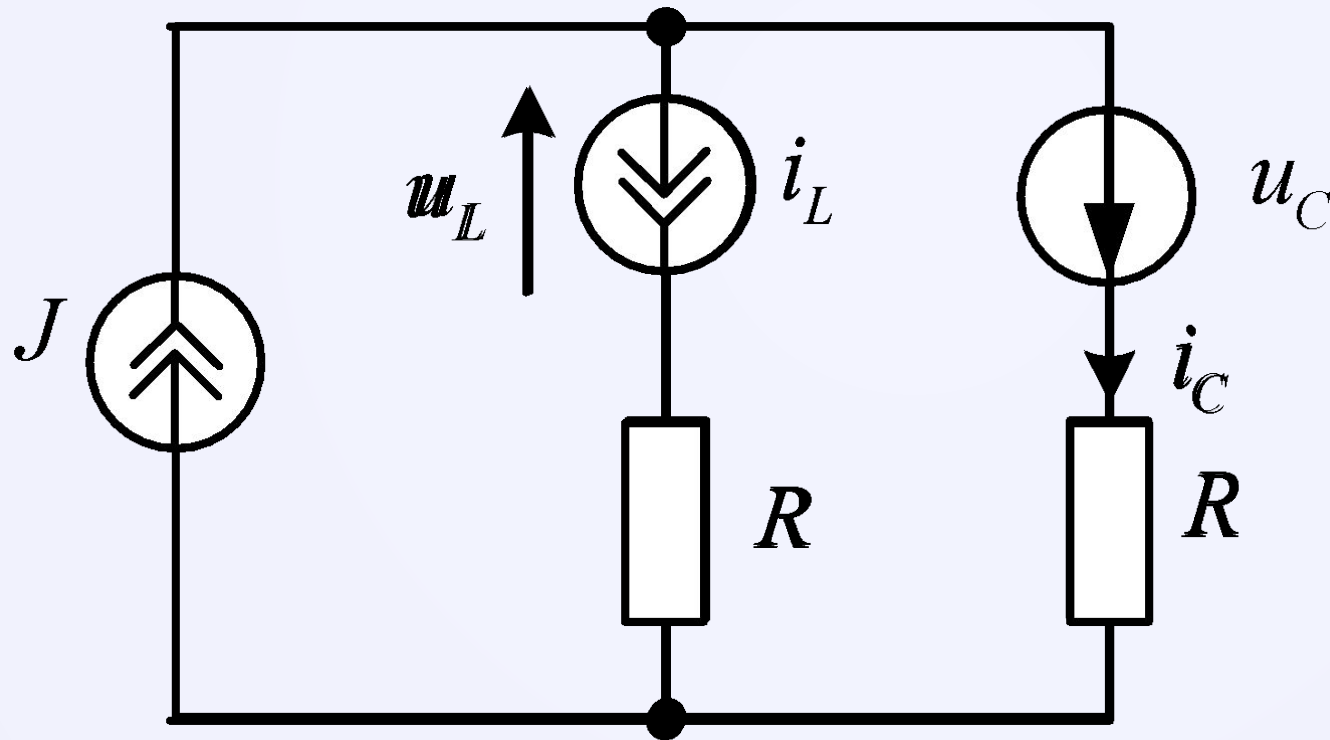


$$i_C' = J$$

$$u_L' = JR$$

Вторая подсхема:

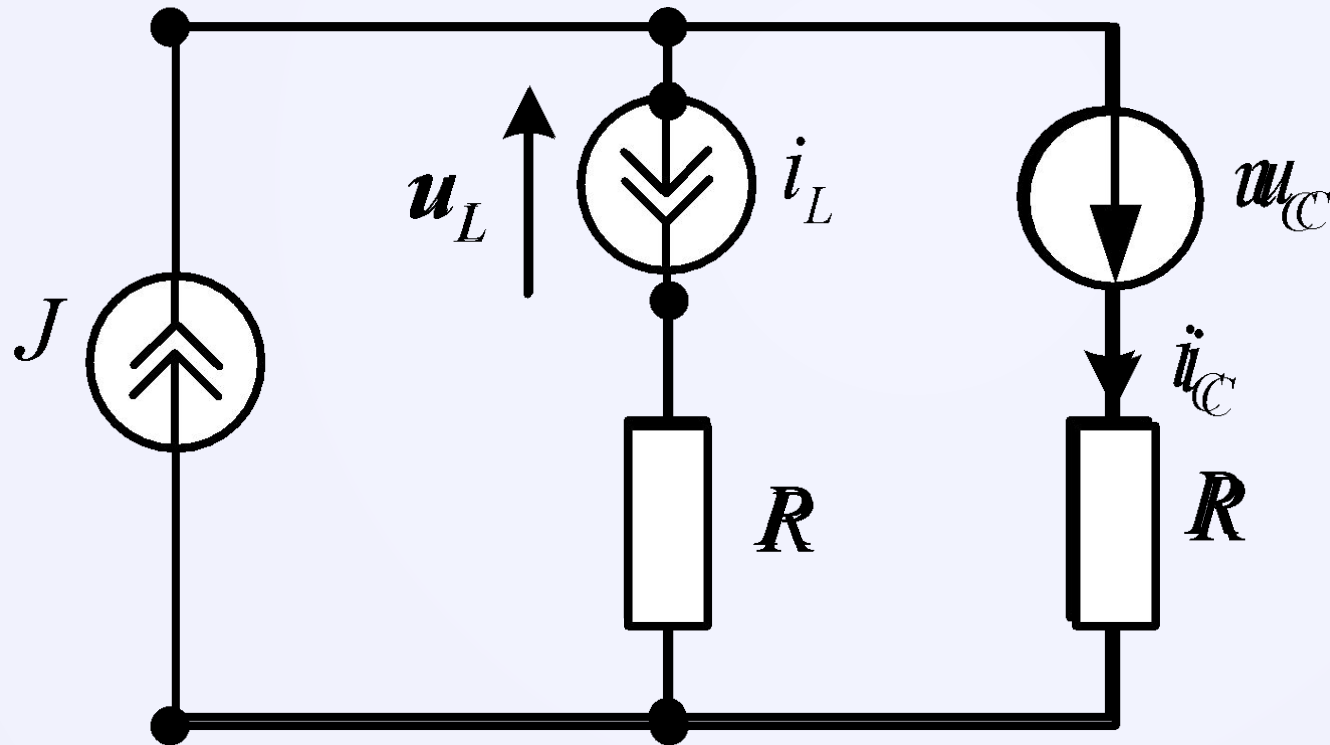
Определяем токи и напряжения от действия источника тока i_L .



$$i_C'' = -i_L$$
$$u_L'' = i_L 2R$$

Первая подсхема:

Определяем токи и напряжения от действия источника ЭДС u_L .



$$i_C''' = 0$$

$$u_L''' = -u_C$$

$$u_L = u_L' + u_L'' + u_L''' = JR + i_L 2R - u_C$$

$$i_C = i_C' + i_C'' + i_C''' = J + -i_L + 0$$

$$\frac{di_C}{dt} = \frac{u_L}{L} = \frac{2R}{L}i_L - \frac{1}{L}u_C + \frac{R}{L}J$$

$$\frac{du_C}{dt} = \frac{i_C}{C} = -\frac{1}{C}i_L + 0 \cdot u_C + \frac{1}{C}J$$

$$[A] = \begin{bmatrix} -2R/L & -1/L \\ -1/C & 0 \end{bmatrix} \quad [B] = \begin{bmatrix} R/L \\ 1/C \end{bmatrix}$$



Примечание: для MATHCAD

$$T = 0,05 \quad h = T/1000 \quad R = 100$$

$$K = 0 \div 1000 \quad C = 10 \cdot 10^{-6}$$

$$J = 1$$

$$L = 1$$

$$iL_0 = 1$$

$$uC_0 = 0$$

$$uJ_0 = 0$$

$$\begin{bmatrix} t_{(k+1)} \\ iL_{(k+1)} \\ uC_{(k+1)} \\ uJ_{(k+1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_k + h \\ iL_k + \left(-\frac{2R}{L} \cdot iL_k + \frac{-1}{L} \cdot uC_k + \frac{R}{L} \cdot J \right) \cdot h \\ uC_k + \left(-\frac{1}{C} \cdot iL_k + \frac{1}{C} \cdot J \right) \cdot h \\ -R \cdot iL_k + uC_k + R \cdot J \end{bmatrix}$$

