



Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

О. М. Кобяков

Методичні вказівки

до розрахунково графічної роботи
із дисципліни

«Теорія сигналів та розрахунку електричних кіл»
для студентів

спеціальності 172 *«Телекомунікації та радіотехніка»*
денної форми навчання

Суми
Сумський державний університет
2022

Методичні вказівки до розрахунково графічної роботи із дисципліни «Теорія сигналів та розрахунку електричних кіл»/ укладачі: О. М. Кобяков – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 29 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

1. Розрахунок простих електричних кіл постійного струму

Задача 1. Для схеми рис.1. визначити струми I_1 і I_2 , а також спад напруги U_{r_4} .
 $E = 60\text{В}$; $r_1 = 1\text{ Ом}$; $r_2 = 5\text{ Ом}$;
 $r_3 = 2\text{ Ом}$; $r_4 = 6\text{ Ом}$.

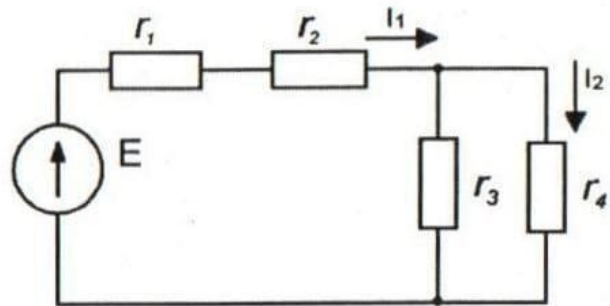


Рис. 1

а) визначимо опір з'єднання r_3 і r_4 :

$$r_E = \frac{r_3 * r_4}{r_3 + r_4} = \frac{2 * 6}{2 + 6} = \frac{12}{8} = 1,5\text{ Ом};$$

б) визначимо опір послідовного з'єднання r_1 і r_2 :

$$r_{Ec} = r_1 + r_2 = 1 + 5 = 6\text{ Ом};$$

в) визначимо струм I_1 :

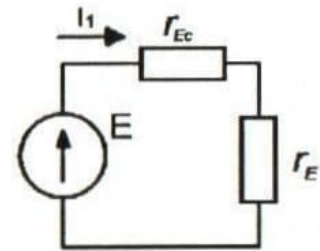
$$I_1 = \frac{E}{r_{Ec} + r_E} = \frac{60}{1,5 + 6} = \frac{60}{7,5} = 8\text{ А};$$

г) визначимо спад напруги на r_4 :

$$U_{r_4} = U_{r_E} = I_1 * r_E = 8 * 1,5 = 12\text{ В};$$

д) визначимо струм I_2 :

$$I_2 = \frac{U_{r_4}}{r_4} = \frac{12}{6} = 2\text{ А} \blacktriangleright$$



Задача 2. Для схеми рис.2 визначити струм I , спади напруги U_{r_1} і U_{r_4} .
 $E = 70\text{В}$; $r_1 = 5\text{ Ом}$; $r_2 = 4\text{ Ом}$;
 $r_3 = 2\text{ Ом}$; $r_4 = 2\text{ Ом}$.

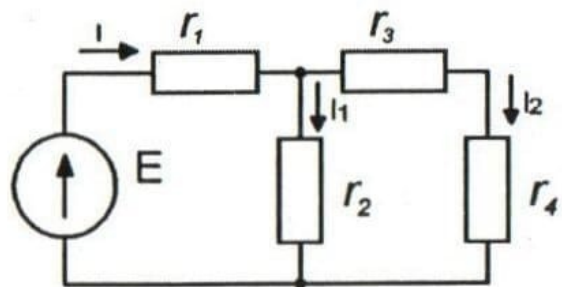
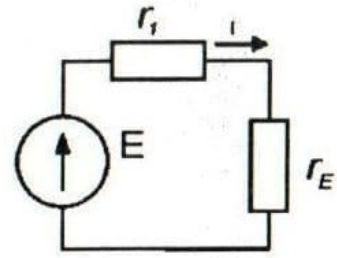


Рис. 2

◀ а) перетворимо схему до наступного виду:

б) визначимо опір r_E :

$$r_E = \frac{r_2(r_3 + r_4)}{r_2 + r_3 + r_4} = \frac{4(2 + 2)}{4 + 2 + 2} = \frac{16}{8} = 2 \text{ Ом};$$



в) визначимо струм I у колі:

$$I = \frac{E}{r_1 + r_2} = \frac{70}{5 + 2} = \frac{70}{7} = 10 \text{ А};$$

г) визначимо спад напруги U_{r_1} :

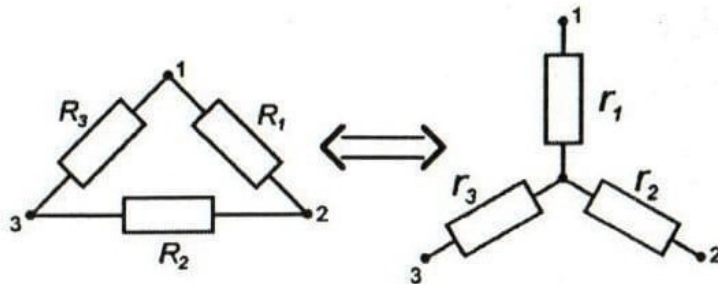
$$U_{r_1} = I * r_1 = 10 * 5 = 50 \text{ В};$$

д) знаходимо струми I_1 і I_2 . Оскільки опори у паралельних гілках однакові $r_2 = r_3 + r_4$, то

$$I_1 = I_2 = \frac{I}{2} = 5 \text{ А};$$

е) відтак, $U_{r_4} = I_2 * r_4 = 5 * 2 = 10 \text{ В}$ ▶

Примітки. Перетворення схем із з'єднанням опорів у виді трикутника і зірки.



Прямий перехід $\Delta \rightarrow Y$

$$r_1 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}; \quad r_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}; \quad r_3 = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3};$$

Зворотній перехід $Y \rightarrow \Delta$

$$R_1 = r_1 + r_2 + \frac{r_1 r_2}{r_3}; \quad R_2 = r_2 + r_3 + \frac{r_2 r_3}{r_1}; \quad R_3 = r_1 + r_3 + \frac{r_1 r_3}{r_2};$$

Задача 3. У схемі рис.3 визначити струм I , спади напруг U_{r_4} і U_{r_5} .

$E = 29\text{В}$; $r_1 = 2\ \text{Ом}$; $r_2 = 3\ \text{Ом}$;
 $r_3 = 1\ \text{Ом}$; $r_4 = 4\ \text{Ом}$; $r_5 = 5\ \text{Ом}$.

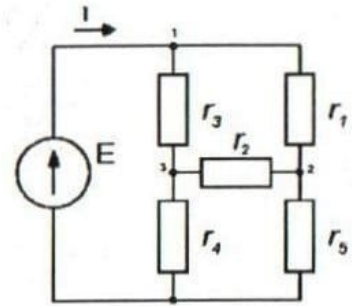


Рис. 3

а) перетворимо схему рис.3 до наступного виду (перетворимо «трикутник» опорів r_1, r_2, r_3 у «зірку») – рис.3а) визначимо параметри «зірки»:

$$r'_1 = \frac{r_1 r_3}{r_1 + r_2 + r_3} = \frac{2 * 1}{2 + 3 + 1} = 0,33\ \text{Ом}$$

$$r'_2 = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2 + r_3} = \frac{2 * 3}{6} = 1\ \text{Ом};$$

$$r'_3 = \frac{r_2 r_3}{r_1 + r_2 + r_3} = \frac{3 * 1}{6} = 0,5\ \text{Ом};$$

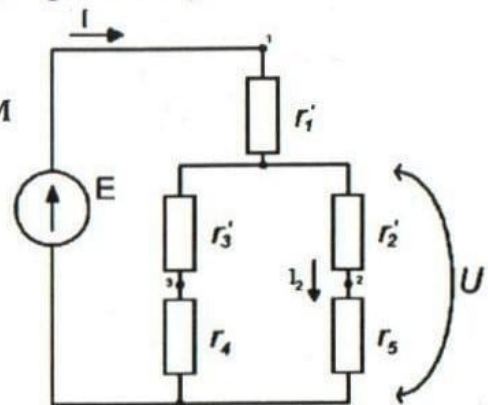
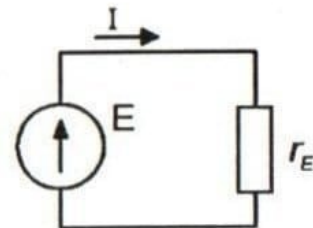


Рис. 3а

в) останню схему перетворимо до виду:



г) визначимо у даній схемі опір R_E :

$$R_E = r'_1 + \frac{(r'_3 + r_4)(r'_2 + r_5)}{r'_3 + r_4 + r'_2 + r_5} = 0,33 + \frac{(0,5 + 4)(1 + 5)}{0,5 + 4 + 1 + 5} =$$

$$= 0,33 + \frac{4,5 * 6}{10,5} = 0,33 + 2,57 = 2,9\ \text{Ом};$$

д) визначимо струм I :

$$I = \frac{E}{R_E} = \frac{29,0}{2,9} = 10\ \text{А}.$$

е) визначимо спад напруги $U_{r'_1}$:

$$U_{r'_1} = I * r'_1 = 10 * 0,33 = 3,33 \text{ В};$$

є) знайдемо спад напруги U за II законом Кірхгофа для схеми рис.3а:

$$U = E - U_{r_1} = 29 - 3,3 = 25,7 \text{ В};$$

ж) знайдемо струм I_1 та I_2 :

$$I_1 = \frac{U}{r'_3 + r_4} = \frac{25,7}{0,5 + 4} = \frac{25,7}{4,5} = 5,71 \approx 5,7 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{U}{r'_2 + r_5} = \frac{25,7}{1 + 5} = \frac{25,7}{6} = 4,28 \approx 4,3 \text{ А}$$

Перевіримо за I законом Кірхгофа:

$$I = I_1 + I_2 = 5,7 + 4,3 = 10 \text{ А};$$

з) знаходимо спади напруг $U_{r'_4}$ та $U_{r'_5}$:

$$U_{r'_4} = I_1 * r_4 = 5,7 * 4 = 22,8 \text{ В}$$

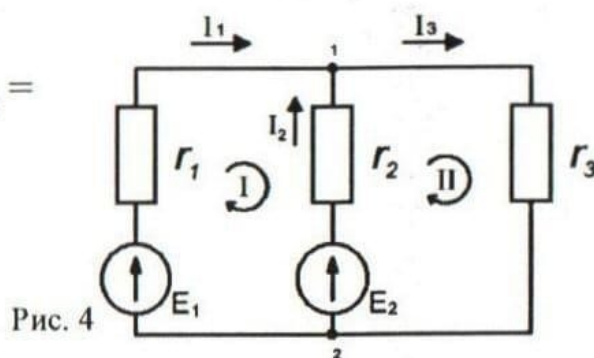
$$U_{r'_5} = I_2 * r_5 = 4,3 * 5 = 21,5 \text{ В} \blacktriangleright$$

2. Розрахунок розгалужених електричних кіл постійного струму.

Задача 3. Дано схему с рис.4.

$E_1 = 60 \text{ В}; E_2 = 40 \text{ В}; r_1 = 4 \text{ Ом}; r_2 = 5 \text{ Ом}; r_3 = 2 \text{ Ом}.$

Застосовуючи метод рівнянь Кірхгофа ($N_B \leq 3$), визначити струми I_1, I_2, I_3 .



- а) В схемі $N_B = 2; N_r = 3$. Тому за I законом Кірхгофа досить одного рівняння $N_B - 1 = 2 - 1 = 1$. Число рівнянь за II законом Кірхгофа $N_r - (N_B - 1) = 3 - (2 - 1) = 2$.
- б) Для 1-го вузла: $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ – I закон Кірхгофа.
- в) Для I і II контурів з урахуванням напрямку обходу контура, за II законом Кірхгофа

$$\begin{aligned} r_1 I_1 - r_2 I_2 &= E_1 - E_2 \\ r_2 I_2 + r_3 I_3 &= E_2 \end{aligned}$$

г) Одержимо систему:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 4I_1 - 5I_2 = 20 \\ 5I_2 + 2I_3 = 40 \end{cases}$$

Із першого рівняння системи виразимо: $I_1 = I_3 - I_2$

Підставимо останній вираз у друге рівняння системи:

$$4I_3 - 4I_2 - 5I_2 = 20;$$

$4I_3 - 9I_2 = 20$; разом із третім рівнянням системи:

$$\begin{cases} -9I_2 + 4I_3 = 20 \\ 10I_2 + 4I_3 = 40 \\ -19I_2 = -60 \end{cases}$$

$$I_2 = \frac{60}{19} = 3,15 \text{ А.}$$

$$4I_3 - 9 \cdot 3,15 = 20$$

$$I_3 = \frac{20 + 28,35}{4} = \frac{48,35}{4} \approx 12,1 \text{ А}$$

$$I_1 = I_3 - I_2 = 12,1 - 3,15 = 8,95 \text{ А.}$$

Відповідь: $I_1 = 8,95 \text{ А}; I_2 = 3,15 \text{ А}; I_3 = 12,1 \text{ А}$. ►

Задача 4. Дано схему рис.5.

$$E_1 = 6 \text{ В}; E_2 = 3 \text{ В};$$

$$r_1 = r_2 = r_3 = 1 \text{ Ом.}$$

Застосовуючи метод контурних струмів ($N_B \geq N_r$), визначити струм у гілках.

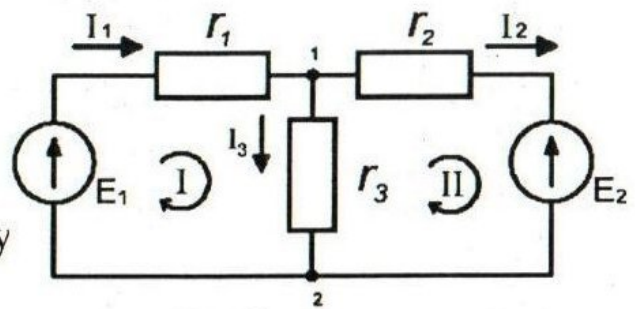


Рис. 5

- а) Вибираємо незалежні контури схеми рис.5 (I і II) і додатній напрямок контурних струмів I_I і I_{II} .
 б) Власні опори контурів

$$r_{11} = r_1 + r_3 = 1 + 1 = 2 \text{ Ом}$$

$$r_{22} = r_2 + r_3 = 1 + 1 = 2 \text{ Ом}$$

Взаємні опори $r_{12} = r_{21} = -r_3 = -1 \text{ Ом}$

Контурні ЕРС $E_I = E_1 = 6 \text{ В}; E_{II} = -E_2 = -3 \text{ В.}$

в) Складемо систему рівнянь для контурних струмів I_I і I_{II} за II законом Кірхгофа:

$$\begin{cases} 2I_I - I_{II} = 6 \\ -I_I + 2I_{II} = -3 \end{cases}$$

г) Розв'яжемо одержану систему:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 2 \end{vmatrix} = 4 - 1 = 3$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 6 & -1 \\ -3 & 2 \end{vmatrix} = 12 - 3 = 9$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 2 & 6 \\ -1 & -3 \end{vmatrix} = -6 + 6 = 0$$

$$I_I = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{9}{3} = 3 \text{ А}$$

$$I_{II} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{0}{3} = 0 \text{ А}$$

Контурні струми:

$$I_1 = I_I = 3 \text{ А}; I_2 = I_{II} = 0 \text{ А}; I_3 = I_I - I_2 = 3 - 0 = 3 \text{ А} \blacktriangleright$$

Задача 5. Дано схему рис.6.

$E_1 = 20 \text{ В}; E_2 = 40 \text{ В};$
 $E_3 = 60 \text{ В}; r_1 = 10 \text{ Ом};$
 $r_2 = 20 \text{ Ом}; r_3 = 20 \text{ Ом};$
 $r_4 = 10 \text{ Ом}; r_5 = 10 \text{ Ом}.$

Застосовуючи метод вузлових потенціалів, визначити струм на гілках.

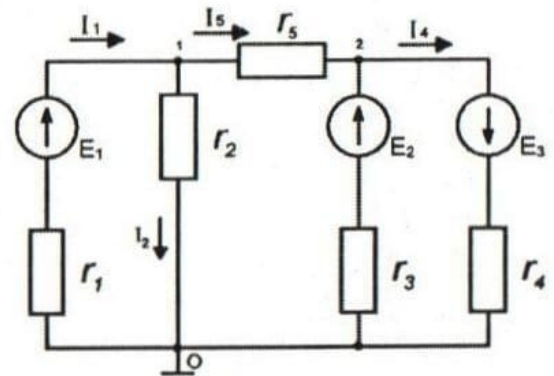


Рис. 6

- а) Крім базового вузла, у схемі маємо вузли 1 і 2.
 б) Розрахуємо вузлові струми (не рисуємо еквівалентну схему з джерелом струму $J_I = \frac{E_1}{r_1}; J_{II} = \frac{E_2}{r_3} - \frac{E_3}{r_4}$):

$$J_I = \frac{E_1}{r_1} = \frac{20}{10} = 2 \text{ А}; J_{II} = \frac{E_2}{r_3} - \frac{E_3}{r_4} = \frac{40}{20} - \frac{60}{10} = 2 - 6 = -4 \text{ А};$$

в) Власні провідності вузлів

$$g_{11} = g_1 + g_2 + g_5 = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_5} = 0,1 + 0,05 + 0,1 = 0,25 \text{ См}$$

$$g_{22} = g_5 + g_3 + g_4 = \frac{1}{r_5} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} = 0,1 + 0,05 + 0,1 = 0,25 \text{ См}$$

Взаємна провідність вузлів

$$g_{12} = g_{21} = -\frac{1}{r_5} = -0,1 \text{ См}$$

г) Складемо систему рівнянь відносно вузлових потенціалів:

$$\begin{cases} g_{11}\varphi_1 + g_{12}\varphi_2 = J_I \\ g_{21}\varphi_1 + g_{22}\varphi_2 = J_{II} \end{cases} \quad \begin{cases} 0,25\varphi_1 - 0,1\varphi_2 = 2 \\ -0,1\varphi_1 + 0,25\varphi_2 = -4 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0,25 & -0,1 \\ -0,1 & 0,25 \end{vmatrix} = 0,0625 - 0,01 = 0,0525$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 2 & -0,1 \\ -4 & 0,25 \end{vmatrix} = 0,5 - 0,4 = 0,1$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 0,25 & 2 \\ -0,1 & -4 \end{vmatrix} = -1 + 0,2 = -0,8$$

$$\varphi_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{0,1}{0,0525} = 1,9 \text{ В}; \quad \varphi_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-0,8}{0,0525} = -15,2 \text{ В}$$

д) Знаходимо струми у гілках за законом Ома.

$$I_1 = \frac{E_1 - \varphi_1}{r_1} = \frac{20 - 1,9}{10} = \frac{18,1}{10} = 1,81 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{\varphi_2}{r_2} = \frac{1,9}{20} = \frac{1,9}{20} = 0,095 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{E_2 - \varphi_2}{r_3} = \frac{40 + 15,2}{20} = \frac{55,2}{20} = 2,76 \text{ А}$$

$$I_4 = \frac{E_3 - \varphi_2}{r_4} = \frac{60 - 15,2}{10} = \frac{44,8}{10} = 4,48 \text{ А}$$

$$I_5 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{r_5} = \frac{1,9 + 15,2}{10} = \frac{17,1}{10} = 1,71 \text{ А}$$

Перевірка:

1-й вузол : $I_1 = 1,81 \text{ А}$

$I_2 = 0,095 \text{ А}$

$I_5 = 1,71 \text{ А}$

$$I_1 - I_2 - I_5 = 0$$

2-й вузол : $I_3 = 2,76 \text{ А}$

$I_5 = 1,71 \text{ А}$

$I_4 = 4,48 \text{ А}$

$$I_5 + I_3 - I_4 = 0 \quad \blacktriangleright$$

Задача 6. Дано коло рис. 7

$E = 30 \text{ В}; R_1 = 8 \text{ Ом}; R_2 = 12 \text{ Ом};$

$R_3 = 12 \text{ Ом}; r_4 = 5,5 \text{ Ом};$

$r_5 = 7 \text{ Ом}; r_6 = 2 \text{ Ом}.$

Визначити струм I у гілці з джерелом ЕРС E .

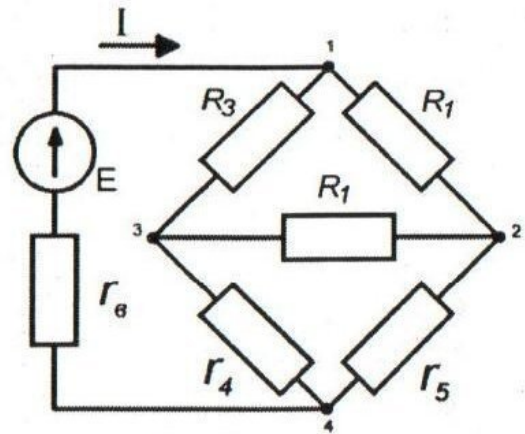


Рис. 7



$$r_1 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{8 * 12}{8 + 12 + 12} = \frac{96}{32} = 3 \text{ Ом}$$

$$r_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{8 * 12}{32} = \frac{96}{32} = 3 \text{ Ом}$$

$$r_3 = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{12 * 12}{32} = 4,5 \text{ Ом}$$

Опір між точками 1 і 4

$$\begin{aligned} r_{\text{екв}} &= r_1 + \frac{(r_3 + r_4)(r_2 + r_5)}{r_2 + r_3 + r_4 + r_5} = 3 + \frac{(4,5 + 5,5)(3 + 7)}{3 + 4,5 + 5,5 + 7} = \\ &= 3 + \frac{10 * 10}{20} = 3 + \frac{100}{20} = 3 + 5 = 8 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Знайдемо струм I :

$$I = \frac{E}{r_6 + r_{\text{екв}}} = \frac{30}{2 + 8} = \frac{30}{10} = 3 \text{ А} \quad \blacktriangleright$$

3. Визначення і побудова амплітудно-частотної характеристики і фазо-частотної характеристики простих електричних кіл.

Дано: коло рис.8, параметри r, C .
Знайти аналітичний вираз і побудувати графічно АЧХ і ФЧХ кола рис.8.

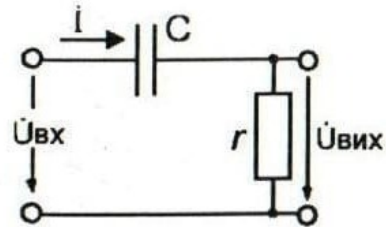


Рис. 8



$$\tau = rc$$

$$\begin{aligned} K_V(j\omega) &= \frac{\dot{U}_{\text{вих}}}{\dot{U}_{\text{вх}}} = \frac{r\dot{i}}{z\dot{i}} = \frac{r}{r + \frac{1}{j\omega c}} = \frac{j\omega rc}{j\omega rc + 1} = \frac{j\omega\tau}{1 + j\omega\tau} \\ &= \frac{j\omega\tau(1 - j\omega\tau)}{1 + (\omega\tau)^2} = \frac{\omega^2\tau^2 + j\omega\tau}{1 + (\omega\tau)^2} \\ &= \frac{(\omega\tau)^2}{1 + (\omega\tau)^2} + j \frac{\omega\tau}{1 + (\omega\tau)^2}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K(\omega) &= \sqrt{\frac{(\omega\tau)^4 + (\omega\tau)^2}{(1 + (\omega\tau)^2)^2}} = \sqrt{\frac{(\omega\tau)^2[1 + (\omega\tau)^2]}{[1 + (\omega\tau)^2]^2}} = \sqrt{\frac{(\omega\tau)^2}{1 + (\omega\tau)^2}} = \\ &= \frac{\omega\tau}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}}; \end{aligned}$$

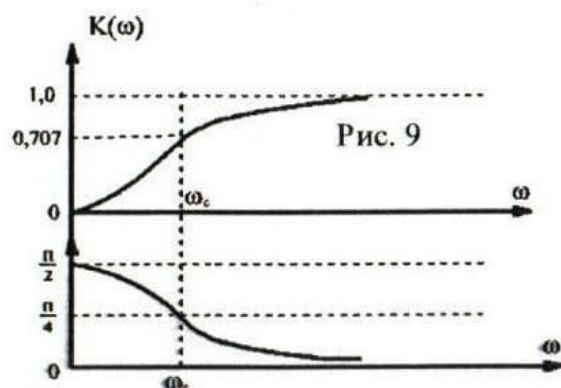
$$\begin{aligned} \varphi(\omega) &= \text{arctg} \frac{\omega\tau/(1 + (\omega\tau)^2)}{(\omega\tau)^2/(1 + (\omega\tau)^2)} = \text{arctg} \frac{1}{\omega\tau} = \text{arctg}(\omega\tau) = \\ &= \frac{\pi}{2} - \text{arcctg}(\omega\tau). \end{aligned}$$

Відтак,

$$K(\omega) = \frac{\omega\tau}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}} \quad - \text{ АЧХ}$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \text{arcctg}(\omega\tau) \quad - \text{ ФЧХ}$$

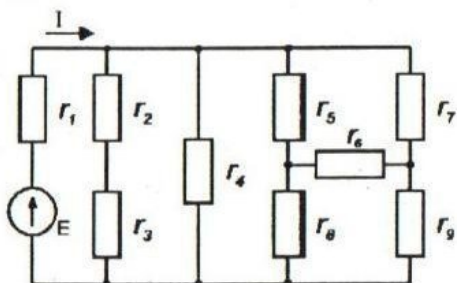
Характеристики кола рис.8 представлені на рис.9.



Варіанти розрахунково-графічних робіт

Варіант 1

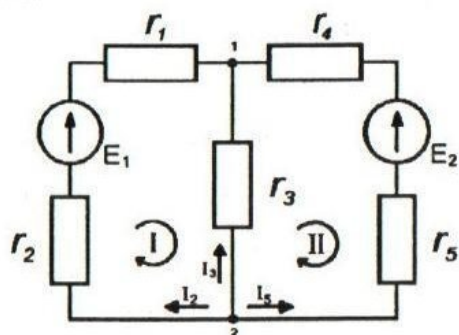
1.



$E = 40\text{В}; r_1 = 2\ \Omega;$
 $r_2 = r_3 = 1\ \Omega; r_4 = 1\ \Omega;$
 $r_5 = r_6 = r_7 = 3\ \Omega;$
 $r_8 = r_9 = 4\ \Omega.$

$I - ? \quad U_{r_9} - ?$

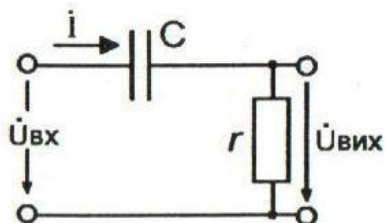
2.



МРК; $E_1 = 50\text{В}; E_2 = 10\text{В};$
 $r_1 = 3\ \Omega; r_2 = 0,4\ \Omega;$
 $r_3 = 2\ \Omega; r_4 = 2\ \Omega; r_5 = 1\ \Omega.$

$I_2 - ? \quad I_3 - ? \quad I_5 - ?$

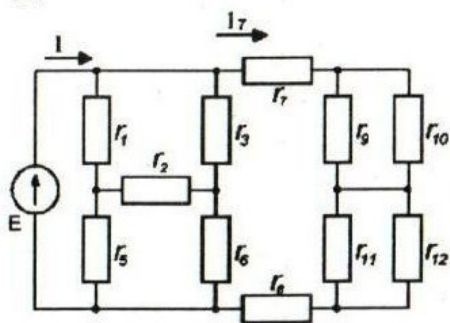
3.



$C = 0,5\ \mu\text{Ф}; r = 4\ \text{к}\Omega$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

Варіант 2

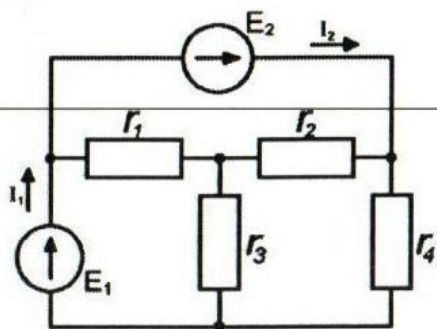
1.



$E = 25 \text{ В}; r_1 = r_2 = r_3 = 3 \text{ Ом};$
 $r_5 = r_6 = 5 \text{ Ом}; r_7 = r_8 = 1 \text{ Ом};$
 $r_9 = r_{10} = 4 \text{ Ом};$
 $r_{11} = r_{12} = 6 \text{ Ом}.$

$I - ? \quad I_7 - ? \quad U_{r_{12}} - ?$

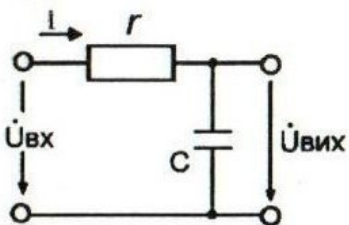
2.



МКС; $E_1 = 3 \text{ В}; E_2 = 5 \text{ В};$
 $r_1 = 6 \text{ кОм}; r_2 = r_3 = r_4 = 4 \text{ кОм}.$
 $I_1 - ? \quad I_2 - ?$

NB! $\Delta \rightarrow \text{Y}$

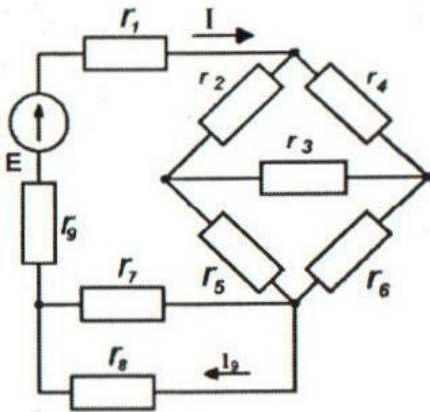
3.



$C = 2 \text{ мкФ}; r = 5 \text{ кОм}$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

Варіант 3

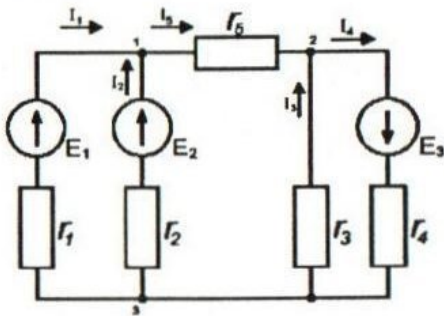
1.



$E = 10 \text{ В}; r_1 = 5 \text{ Ом};$
 $r_2 = r_3 = r_4 = 3 \text{ Ом};$
 $r_5 = r_6 = 5 \text{ Ом};$
 $r_7 = r_8 = 6 \text{ Ом};$
 $r_9 = 5 \text{ Ом}.$

$I - ? \quad I_9 - ? \quad U_{r_6} - ?$

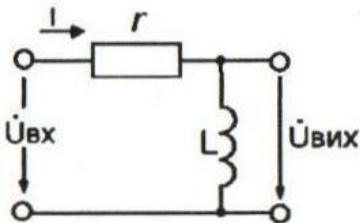
2.



МВП; $E_1 = 20 \text{ В}; E_2 = 40 \text{ В};$
 $E_3 = 60 \text{ В}; r_1 = 1 \text{ кОм};$
 $r_2 = 2 \text{ кОм}; r_3 = 2 \text{ кОм};$
 $r_4 = 1 \text{ кОм}; r_5 = 1 \text{ кОм}.$

$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ? \quad I_4 - ? \quad I_5 - ?$

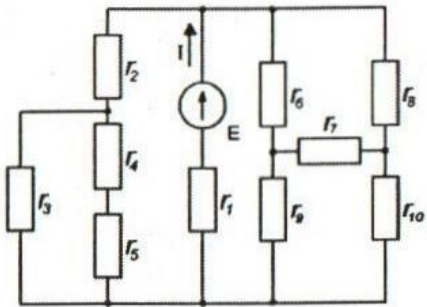
3.



$L = 5 \text{ мГ}; r = 10 \text{ Ом}$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

Варіант 4

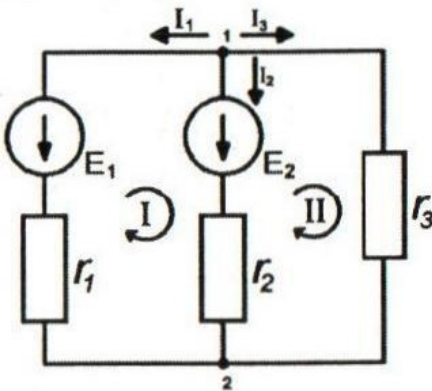
1.



$E = 50\text{В}; r_1 = 10\ \Omega;$
 $r_2 = 5\ \Omega; r_3 = 10\ \Omega;$
 $r_4 = 4\ \Omega; r_5 = 6\ \Omega;$
 $r_6 = r_7 = r_8 = 6\ \Omega;$
 $r_9 = r_{10} = 3\ \Omega.$

$I - ? \quad U_{r_{10}} - ?$

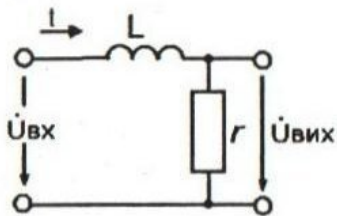
2.



МРК; $E_1 = 20\text{В}; E_2 = 30\text{В};$
 $r_1 = 2\ \Omega; r_2 = 2\ \Omega; r_3 = 1\ \Omega.$

$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ?$

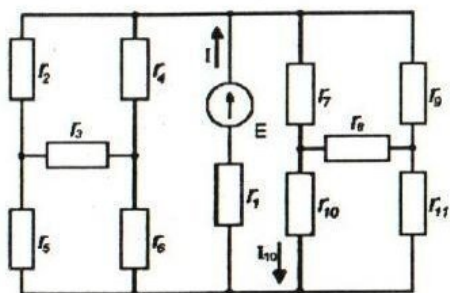
3.



$L = 3\ \text{мГ}; r = 60\ \Omega$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

Варіант 5

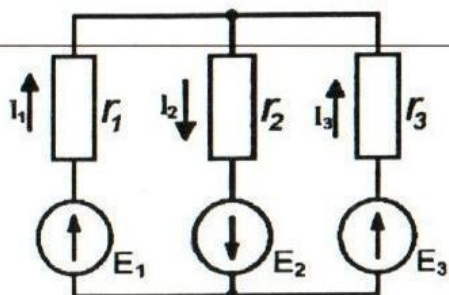
1.



$E = 30\text{В}; r_1 = 5\ \Omega;$
 $r_2 = r_3 = r_4 = 9\ \Omega;$
 $r_5 = r_6 = 10\ \Omega;$
 $r_7 = r_8 = r_9 = 6\ \Omega;$
 $r_{10} = r_{11} = 5\ \Omega.$

$I - ? \quad I_{10} - ? \quad U_{r_{11}} - ?$

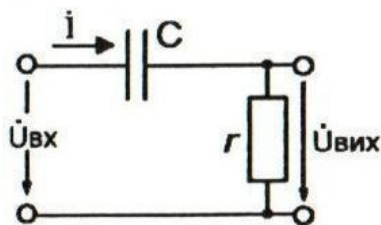
2.



МКС; $E_1 = 50\ \text{В}; E_2 = 20\ \text{В};$
 $E_3 = 30\ \text{В}; r_1 = r_2 = r_3 = 2\ \text{к}\Omega;$

$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad U_{r_3} - ?$

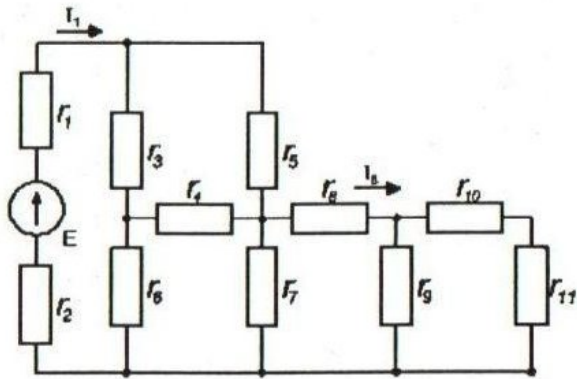
3.



$C = 0,3\ \mu\text{Ф}; r = 15\ \text{к}\Omega$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

Варіант 6

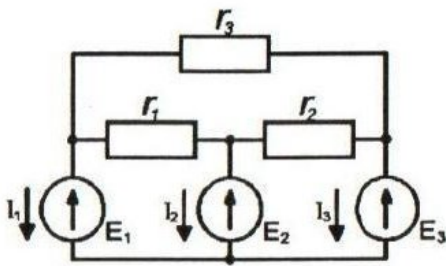
1.



$E = 40 \text{ В}; r_1 = r_2 = 2 \text{ Ом};$
 $r_3 = r_4 = r_5 = 12 \text{ Ом};$
 $r_6 = r_7 = 8 \text{ Ом};$
 $r_8 = 5 \text{ Ом}; r_9 = 10 \text{ Ом};$
 $r_{10} = 4 \text{ Ом}; r_{11} = 6 \text{ Ом}.$

$I - ? \quad I_8 - ? \quad U_{r_{11}} - ?$

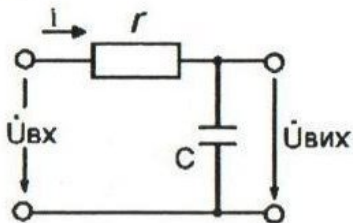
2.



МКС; $E_1 = 50 \text{ В};$
 $E_2 = 40 \text{ В}; E_3 = 30 \text{ В};$
 $r_1 = r_2 = r_3 = 3 \text{ кОм};$
 $I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ?$

NB! $\Delta \rightarrow \Lambda$

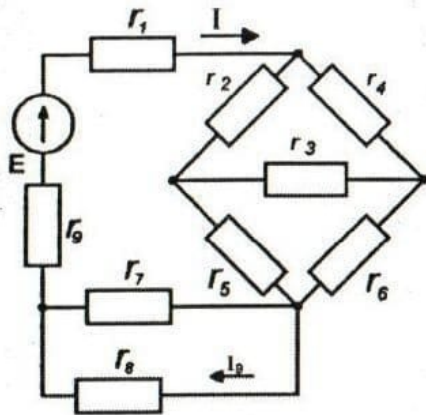
3.



$C = 20 \text{ мкФ}; r = 400 \text{ Ом}$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

Варіант 7

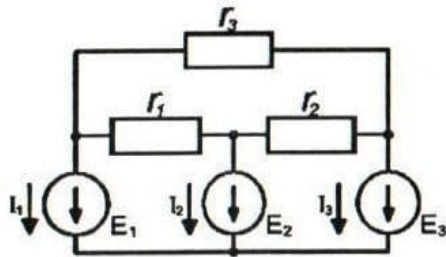
1.



$E = 20\text{В}; r_1 = 10\ \Omega;$
 $r_2 = r_3 = r_4 = 6\ \Omega;$
 $r_5 = r_6 = 10\ \Omega;$
 $r_7 = r_8 = 20\ \Omega;$
 $r_9 = 10\ \Omega.$

$I - ? \quad I_9 - ? \quad U_{r_6} - ?$

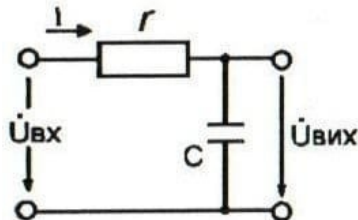
2.



МКС; $E_1 = 25\text{В};$
 $E_2 = 20\text{В}; E_3 = 15\text{В};$
 $r_1 = r_2 = r_3 = 6\ \text{к}\Omega;$
 $I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ?$

NB! $\Delta \rightarrow \Delta$

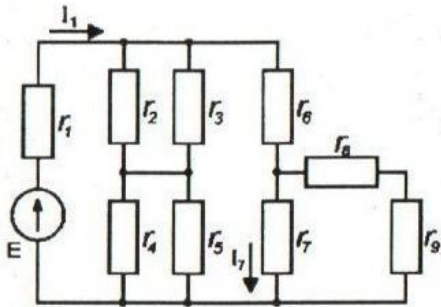
3.



$C = 25\ \mu\text{Ф}; r = 200\ \Omega$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

Варіант 8

1.



$$E = 30 \text{ В}; r_1 = 5 \text{ Ом};$$

$$r_2 = r_3 = 8 \text{ Ом};$$

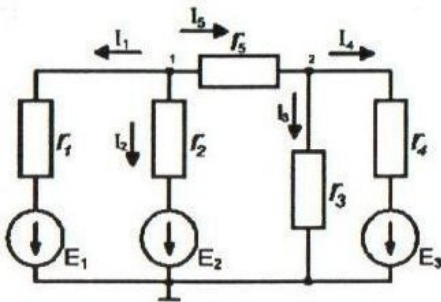
$$r_4 = r_5 = 10 \text{ Ом};$$

$$r_6 = 5 \text{ Ом}; r_7 = 10 \text{ Ом};$$

$$r_8 = r_9 = 5 \text{ Ом}.$$

$$I_1 - ? \quad I_7 - ? \quad U_{r_9} - ?$$

2.



$$\text{МВП}; E_1 = 30 \text{ В}; E_2 = 20 \text{ В};$$

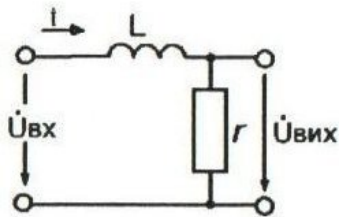
$$E_3 = 50 \text{ В}; r_1 = 1 \text{ кОм};$$

$$r_2 = 2 \text{ кОм}; r_3 = 2 \text{ кОм};$$

$$r_4 = 1 \text{ кОм}; r_5 = 3 \text{ кОм}.$$

$$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ? \quad I_4 - ? \quad I_5 - ?$$

3.

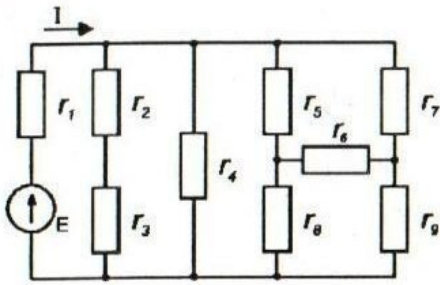


$$L = 2 \text{ мГ}; r = 50 \text{ Ом}$$

Розрахувати і побудувати
АЧХ і ФЧХ

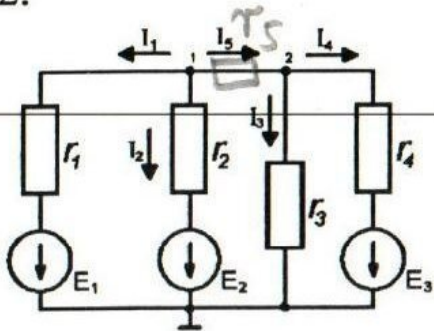
Варіант 9

1.



$E = 80 \text{ В}; r_1 = 4 \text{ Ом};$
 $r_2 = r_3 = 2 \text{ Ом};$
 $r_4 = 2 \text{ Ом};$
 $r_5 = r_6 = r_7 = 6 \text{ Ом};$
 $r_8 = r_9 = 8 \text{ Ом}.$
 $I - ? \quad U_{r_9} - ?$

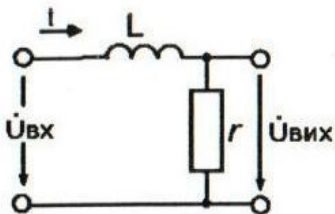
2.



МВП; $E_1 = 60 \text{ В}; E_2 = 40 \text{ В};$
 $E_3 = 100 \text{ В}; r_1 = 2 \text{ кОм};$
 $r_2 = 4 \text{ кОм}; r_3 = 4 \text{ кОм};$
 $r_4 = 2 \text{ кОм}; r_5 = 6 \text{ кОм}.$

$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ? \quad I_4 - ? \quad I_5 - ?$

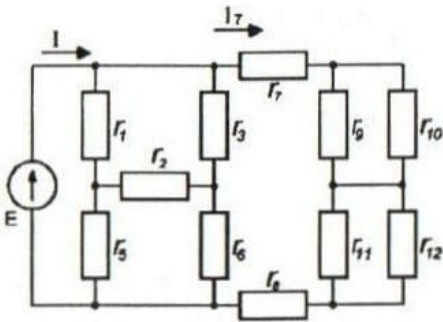
3.



$L = 15 \text{ мГ}; r = 300 \text{ Ом}$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

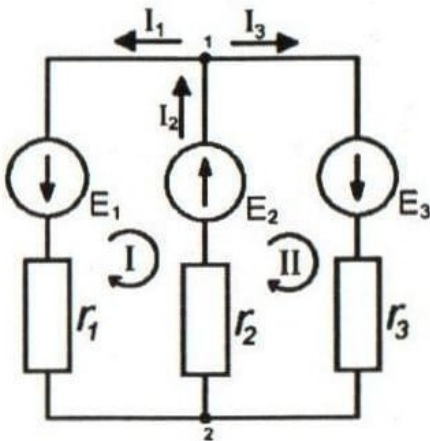
Варіант 10

1.



$E = 50 \text{ В};$
 $r_1 = r_2 = r_3 = 6 \text{ Ом};$
 $r_5 = r_6 = 10 \text{ Ом};$
 $r_7 = r_8 = 2 \text{ Ом};$
 $r_9 = r_{10} = 8 \text{ Ом};$
 $r_{11} = r_{12} = 12 \text{ Ом}.$
 $I - ? \quad I_7 - ? \quad U_{r_{12}} - ?$

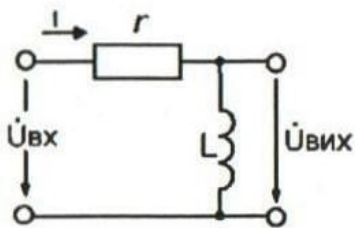
2.



МРК; $E_1 = 50 \text{ В}; E_2 = 20 \text{ В};$
 $E_3 = 10 \text{ В}; r_1 = 2 \text{ Ом};$
 $r_2 = 4 \text{ Ом}; r_3 = 4 \text{ Ом}.$

$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ?$

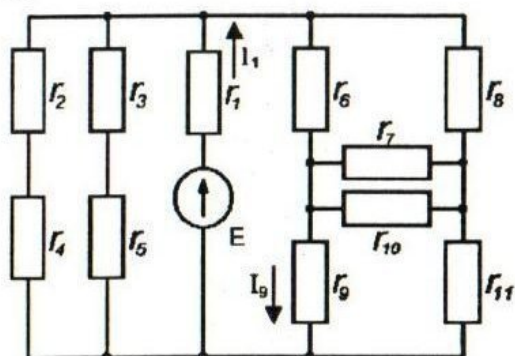
3.



$L = 25 \text{ мГ}; r = 50 \text{ Ом}$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

Варіант 11

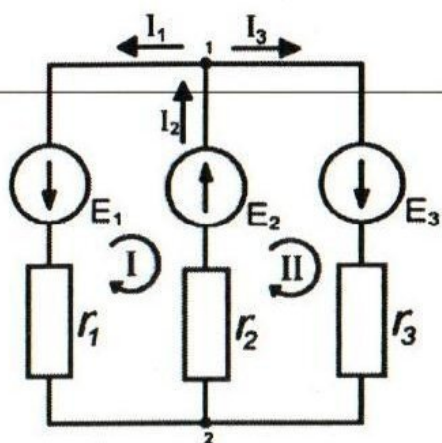
1.



$$\begin{aligned}
 E &= 30 \text{ В}; r_1 = 2 \text{ Ом}; \\
 r_2 &= r_3 = 10 \text{ Ом}; \\
 r_4 &= r_5 = 8 \text{ Ом}; \\
 r_6 &= 3 \text{ Ом}; r_7 = 6 \text{ Ом}; \\
 r_8 &= 3 \text{ Ом}; r_9 = 5 \text{ Ом}; \\
 r_{10} &= 6 \text{ Ом}; r_{11} = 5 \text{ Ом}.
 \end{aligned}$$

$$I - ? \quad I_9 - ? \quad U_{r_{11}} - ?$$

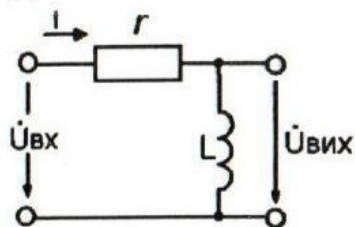
2.



$$\begin{aligned}
 \text{МРК}; E_1 &= 25 \text{ В}; E_2 = 10 \text{ В}; \\
 E_3 &= 5 \text{ В}; r_1 = 1 \text{ Ом}; \\
 r_2 &= 2 \text{ Ом}; r_3 = 2 \text{ Ом}.
 \end{aligned}$$

$$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ?$$

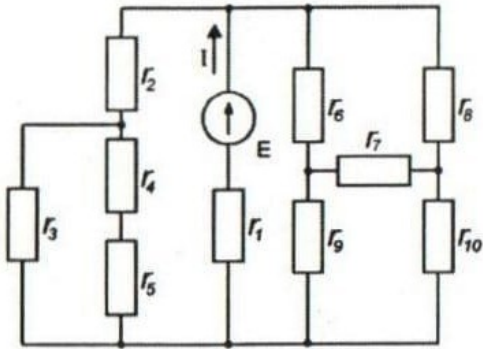
3.



$$\begin{aligned}
 L &= 15 \text{ мГ}; r = 30 \text{ Ом} \\
 \text{Розрахувати і побудувати} \\
 \text{АЧХ і ФЧХ}
 \end{aligned}$$

Варіант 12

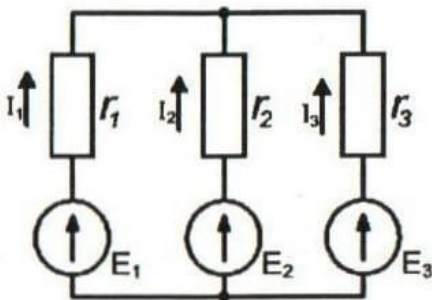
1.



$E = 25 \text{ В}; r_1 = 5 \text{ Ом};$
 $r_2 = 5 \text{ Ом}; r_3 = 5 \text{ Ом};$
 $r_4 = 2 \text{ Ом}; r_5 = 3 \text{ Ом};$
 $r_6 = r_7 = r_8 = 6 \text{ Ом};$
 $r_9 = r_{10} = 6 \text{ Ом}.$

$I - ? \quad U_{r_{10}} - ?$

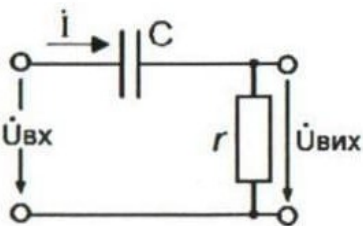
2.



МКС; $E_1 = 100 \text{ В};$
 $E_2 = 40 \text{ В}; E_3 = 60 \text{ В};$
 $r_1 = r_2 = r_3 = 4 \text{ кОм};$

$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad U_{r_3} - ?$

3.



$C = 0,5 \text{ мкФ}; r = 25 \text{ кОм}$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

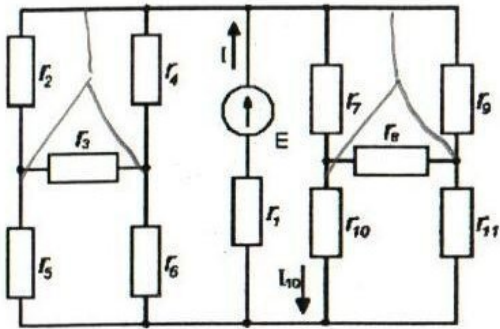
Варіант 13

$$r_2' = \frac{r_2 r_4}{r_2 + r_3 + r_4} = \frac{81}{27} = 3$$

$$r_3' = 3$$

$$r_7' = \frac{r_7 r_9}{r_7 + r_8 + r_9} = 2$$

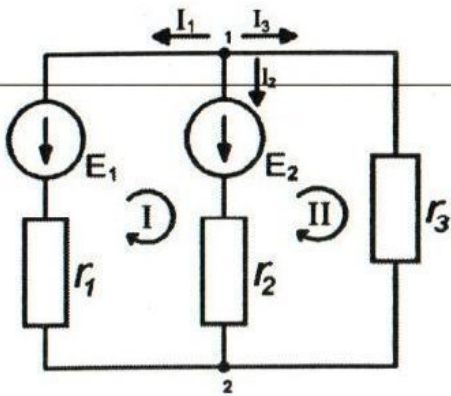
1.



$E = 60\text{В}; r_1 = 10\ \Omega;$
 $r_2 = r_3 = r_4 = 9\ \Omega;$
 $r_5 = r_6 = 5\ \Omega;$
 $r_7 = r_8 = r_9 = 6\ \Omega;$
 $r_{10} = r_{11} = 10\ \Omega.$

$I - ? \quad I_{10} - ? \quad U_{r_{11}} - ?$

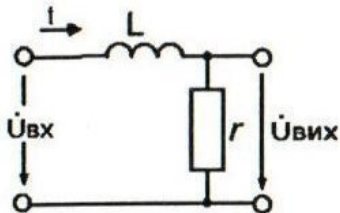
2.



МРК; $E_1 = 40\text{В}; E_2 = 60\text{В};$
 $r_1 = 4\ \Omega; r_2 = 4\ \Omega; r_3 = 2\ \Omega.$

$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ?$

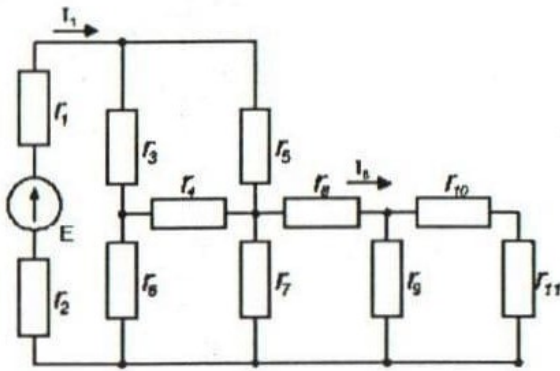
3.



$L = 25\ \text{мГ}; r = 100\ \Omega$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

Варіант 14

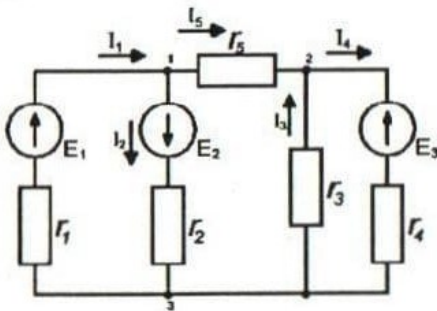
1.



$E = 80\text{В}; r_1 = r_2 = 4\ \Omega;$
 $r_3 = r_4 = r_5 = 9\ \Omega;$
 $r_6 = r_7 = 16\ \Omega;$
 $r_8 = 10\ \Omega; r_9 = 20\ \Omega;$
 $r_{10} = 80\ \Omega; r_{11} = 12\ \Omega.$

$I - ? \quad I_8 - ? \quad U_{r_{11}} - ?$

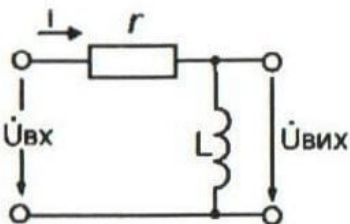
2.



$\text{МВП}; E_1 = 20\ \text{В}; E_2 = 30\ \text{В};$
 $E_3 = 60\ \text{В}; r_1 = 2\ \text{к}\Omega;$
 $r_2 = 4\ \text{к}\Omega; r_3 = 4\ \text{к}\Omega;$
 $r_4 = 2\ \text{к}\Omega; r_5 = 2\ \text{к}\Omega.$

$I_1 - ? \quad I_2 - ? \quad I_3 - ? \quad I_4 - ? \quad I_5 - ?$

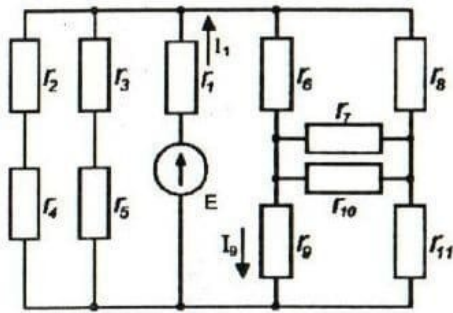
3.



$L = 0,5\ \text{мГ}; r = 20\ \Omega$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

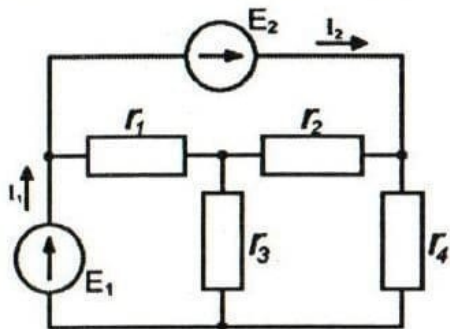
Варіант 15

1.



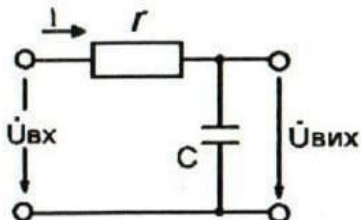
$E = 60\text{В}; r_1 = 4\ \Omega;$
 $r_2 = r_3 = 20\ \Omega;$
 $r_4 = r_5 = 8\ \Omega;$
 $r_6 = 6\ \Omega; r_7 = 12\ \Omega;$
 $r_8 = 6\ \Omega; r_9 = 10\ \Omega;$
 $r_{10} = 12\ \Omega; r_{11} = 10\ \Omega;$
 $I - ? \quad I_9 - ? \quad U_{r_{11}} - ?$

2.



МКС; $E_1 = 6\text{В}; E_2 = 10\text{В};$
 $r_1 = 12\ \text{к}\Omega; r_2 = r_3 = r_4 = 9\ \text{к}\Omega;$
 $I_1 - ? \quad I_2 - ?$
 NB! $\Delta \rightarrow \text{Y}$

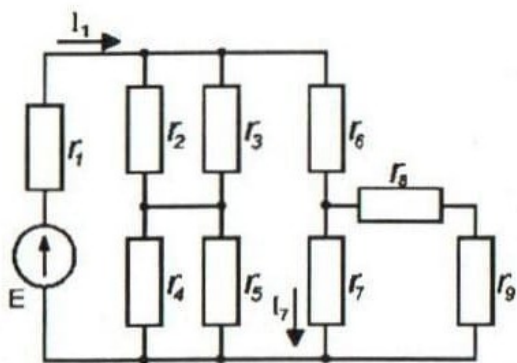
3.



$C = 0,25\ \mu\text{Ф}; r = 30\ \text{к}\Omega$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ

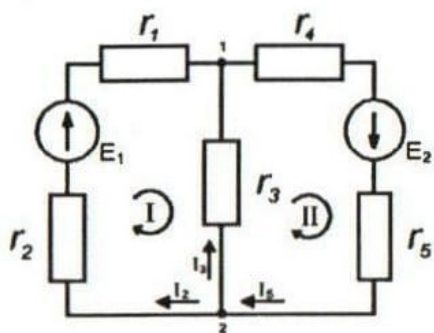
Варіант 16

1.



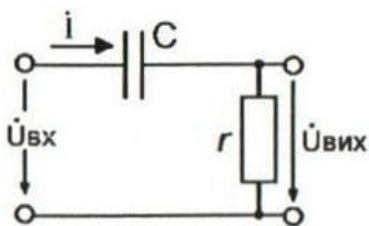
$E = 50\text{В}; r_1 = 10\ \Omega;$
 $r_2 = r_3 = 16\ \Omega;$
 $r_4 = r_5 = 20\ \Omega;$
 $r_6 = 8\ \Omega; r_7 = 16\ \Omega;$
 $r_8 = r_9 = 8\ \Omega.$
 $I_1 - ? \quad I_7 - ? \quad U_{r_9} - ?$

2.



МРК; $E_1 = 100\text{В}; E_2 = 20\text{В};$
 $r_1 = 6\ \Omega; r_2 = 0,8\ \Omega;$
 $r_3 = 4\ \Omega; r_4 = 4\ \Omega; r_5 = 2\ \Omega.$
 $I_2 - ? \quad I_3 - ? \quad I_5 - ?$

3.



$C = 1,5\ \mu\text{Ф}; r = 6\ \text{к}\Omega$
 Розрахувати і побудувати
 АЧХ і ФЧХ