ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
(решение задач)

Рассчитать простую электрическую цепь постоянного тока

- Используя формулы последовательного и параллельного соединения резисторов схема сворачивается (находится общее сопротивление цепи)
- Разворачивая в обратном порядке цепь находятся токи во всех ветвях, используя законы Ома

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{E}{R + R_0}$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Рассчитать сложную электрическую цепь постоянного тока методом наложения или методом законов Кирхгофа

- Метод наложения: схема разбивается на простые (по количеству источников ЭДС). Решается каждая из простых схем. Токи в ветвях находятся как геометрическая сумма токов простых схем
- Метод законов Кирхгофа. По первому закону составляется (n-1, n – количество узлов в схеме) уравнение, по второму закону – недостающие. Решается система уравнений
- Проверка решения – составление баланса мощностей

$$I = \frac{U}{R} \qquad I = \frac{E}{R + R_0}$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\Sigma I = 0$$

$$\Sigma E = \Sigma IR$$

$$P_{ист} = P_{потр} + P_0$$

$$P_{ист} = E\,I$$

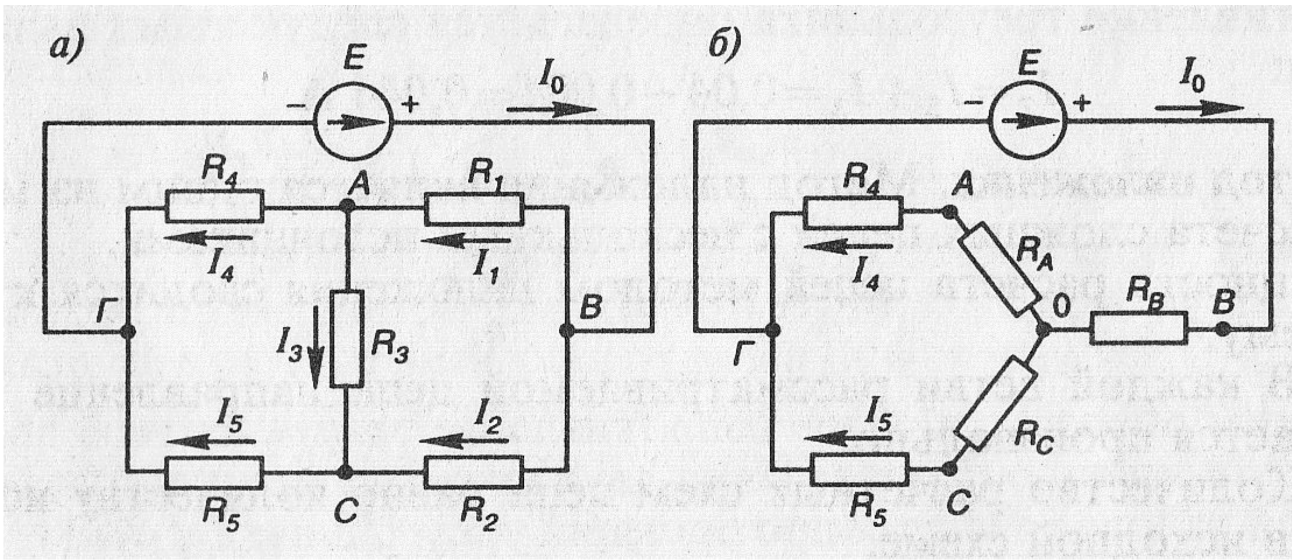
$$P_{потр} = U\,I = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

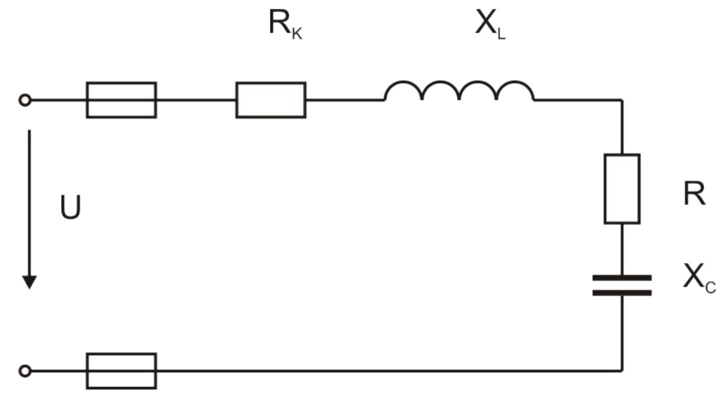
$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Расчет сложных цепей методом преобразования треугольника в звезду



- Определить токи во всех ветвях цепи при следующих данных: E = 2,2 В; R_1 = 10 Ом; R_2 = 30 Ом; R_3 = 60 Ом; R_4 = 4 Ом; R_5 = 22 Ом; $R_о$ = 0.
- Решение. Для расчета этой цепи заменим треугольник сопротивлений, подключенный к точкам *A, B и C,* эквивалентной звездой, подключенной к тем же точкам

Рассчитать неразветвленную цепь переменного тока



- Активное сопротивление катушки $R_к$ = 6 Ом, индуктивное X_L = 10 Ом. Последовательно с катушкой включено активное сопротивление R = 2 Ом и конденсатор сопротивлением X_c = 4 Ом. К цепи приложено напряжение U = 50 В (действующее значение). Определить: 1) полное сопротивление цепи: 2) ток; 3) коэффициент мощности; 4) активную, реактивную и полную мощности; 5) напряжения на каждом сопротивлении. Начертите в масштабе векторную диаграмму цепи.

1. Определяем полное сопротивление цепи
2. Определяем ток
3. Определяем коэффициент мощности цепи и угол: ϕ = 36°50´. Угол сдвига фаз ϕ находим по синусу во избежание потери знака угла
4. Определяем активную мощность цепи (любая из формул)
5. Определяем реактивную мощность цепи (любая из формул)
6. Определяем полную мощность цепи (любая из формул)

$$Z=\sqrt{(R_K+R)^2+(X_L-X_C)^2}=\sqrt{(6+2)^2+(10-4)^2}=10\ Ом$$

$$I=\frac{U}{Z}=\frac{50}{10}=5\ A$$

$$\cos\varphi=\frac{R_K+R}{Z}=\frac{6+2}{10}=0{,}8,$$

$$\sin\varphi=\frac{X_L-X_C}{Z}=\frac{10-4}{10}=0{,}6$$

$$P=I^2(R_K+R)=5^2\cdot(6+2)=200\ Вт$$

$$P=UI\cos\varphi=50\cdot5\cdot0{,}8=200\ Вт$$

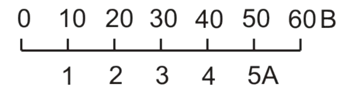
$$Q=I^2(X_L-X_C)=5^2\cdot(10-4)=150\ BAp$$

$$Q=UI\sin\varphi=50\cdot5\cdot0{,}6=150\ BAp$$

$$S=\sqrt{P^2+Q^2}=\sqrt{200^2+150^2}=250\ BA$$

$$S=UI=50\cdot5=250\ BA$$

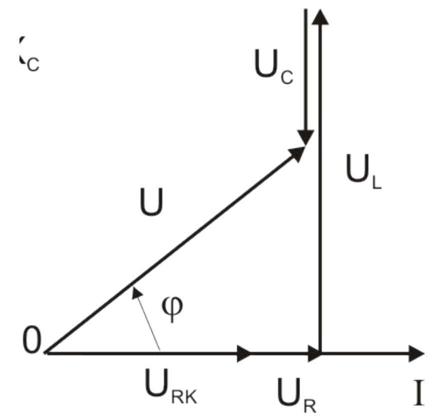
Рассчитать неразветвленную цепь переменного тока



7. Определяем падения напряжения на сопротивлениях цепи

$$U_{R_K} = IR_K = 5 \cdot 6 = 30\ B, \quad U_R = IR = 5 \cdot 2 = 10\ B$$

$$U_L = IX_L = 5 \cdot 10 = 50\ B, \quad U_C = IX_C = 5 \cdot 4 = 20\ B$$



8. Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжения. Задаемся масштабом по току: в 1 см — 1,0 А и масштабом по напряжению: в 1 см — 10 В. Построение векторной диаграммы начинаем с вектора тока, который откладываем по горизонтали в масштабе.

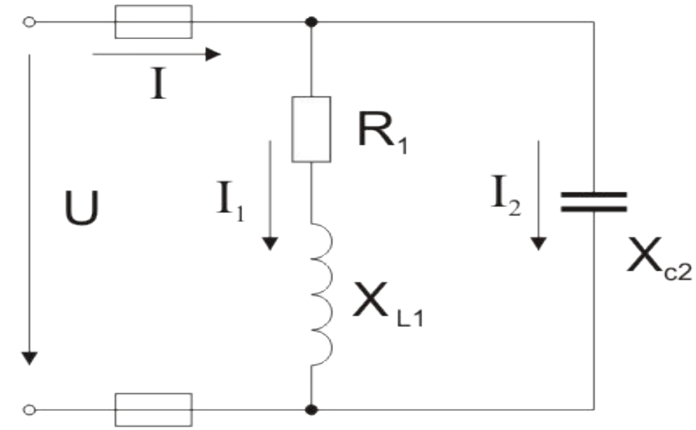
Вдоль вектора тока откладываем векторы падений напряжения на активных сопротивлениях

Из конца вектора U_R откладываем в сторону опережения вектора тока на 90º вектор падения напряжения U_L на индуктивном сопротивлении

Из конца вектора U_L откладываем в сторону отставания от вектора тока на 90° вектор падения напряжения на конденсаторе U_C

Геометрическая сумма векторов равна полному напряжению U, приложенному к цепи

Рассчитать разветвленную цепь переменного тока



- Катушка с активным сопротивлением R = 6 Ом и индуктивным X_{L1} = 8 Ом соединена параллельно с конденсатором, емкостное сопротивление которого X_C = 10 Ом. Определить: 1) токи в ветвях и в неразветвленной части цепи; 2) активные к реактивные мощности ветвей и всей цепи; 3) полную мощность цепи; 4) углы сдвига фаз между током и напряжением в каждой ветви и во всей цепи. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. К цепи приложено напряжение U = 100 В

1. Определяем токи в ветвях
2. Углы сдвига фаз в ветвях находим по синусам углов во избежание потери знака угла
3. Определяем косинусы угла
4. Определяем активные и реактивные составляющие токов в ветвях
5. Определяем ток в неразветвленной части цепи

$$I_1 = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2}} = \frac{100}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = 10\ A,$$

$$I_2 = \frac{U}{X_{C2}} = \frac{100}{10} = 10\ A$$

$$\sin\varphi_1 = \frac{X_{L1}}{Z_1} = \frac{8}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = 0{,}8, \quad \varphi = 53^\circ 10'$$

$$\sin\varphi_2 = \frac{-X_{C2}}{Z_2} = \frac{-10}{10} = -1, \quad \varphi = -90^\circ$$

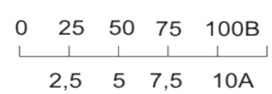
$$\cos\varphi_1 = \cos 53^\circ 10' = 0{,}6,$$
$$\cos\varphi_2 = 0$$

$$I_{a1} = I_1 \cos\varphi_1 = 10\cdot 0{,}6 = 6A, \quad I_{p1} = I_1 \sin\varphi_1 = 10\cdot 0{,}8 = 8A$$
$$I_{a2} = 0, \quad I_{p2} = I_2 \sin\varphi_2 = 10\cdot(-10) = -10A$$

$$I = \sqrt{(I_{a1} + I_{a2})^2 + (I_{p1} - I_{p2})^2} = \sqrt{(6+0)^2 + (8-10)^2} = 6{,}33A$$

Рассчитать разветвленную цепь переменного тока

6. Определяем коэффициент мощности всей цепи
7. Определяем активные и реактивные мощности ветвей и всей цепи
8. Определяем полную мощность цепи
9. Для построения векторной диаграммы задаемся масштабом со току: в 1 см — 2,5 А и масштабом по напряжению: в 1 см — 25 В. Построение начинаем с вектора напряжения U. Под углом ϕ_1 к нему (в сторону отставания) откладываем в масштабе вектор тока I_1, под углом ϕ_2 (в сторону опережения) — вектор тока I_2. Геометрическая сумма этих токов равна току в неразветвленной части цепи. На диаграмме показаны также проекции векторов токов на вектор напряжения (активная составляющая I_{a1}) и вектор, перпендикулярный ему (реактивные составляющие I_{p1} и I_{p2}).



$$\cos\varphi = \frac{I_{a1} + I_{a2}}{I} = \frac{6+0}{6,33} = 0,95$$

$$P_1 = UI_1 \cos\varphi_1 = 100 \cdot 10 \cdot 0,6 = 600 \ Bm,$$

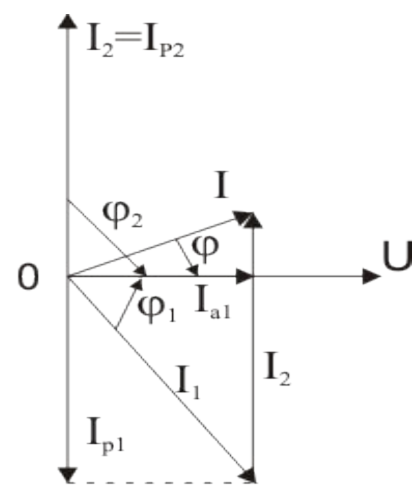
$$P_2 = 0, \quad P = P_1 + P_2 = 600 \ Bm$$

$$Q_1 = UI_1 \sin\varphi_1 = 100 \cdot 10 \cdot 0,8 = 800 \ BAp,$$

$$Q_2 = UI_2 \sin\varphi_2 = 100 \cdot 10 \cdot (-10) = -1000 \ BAp,$$

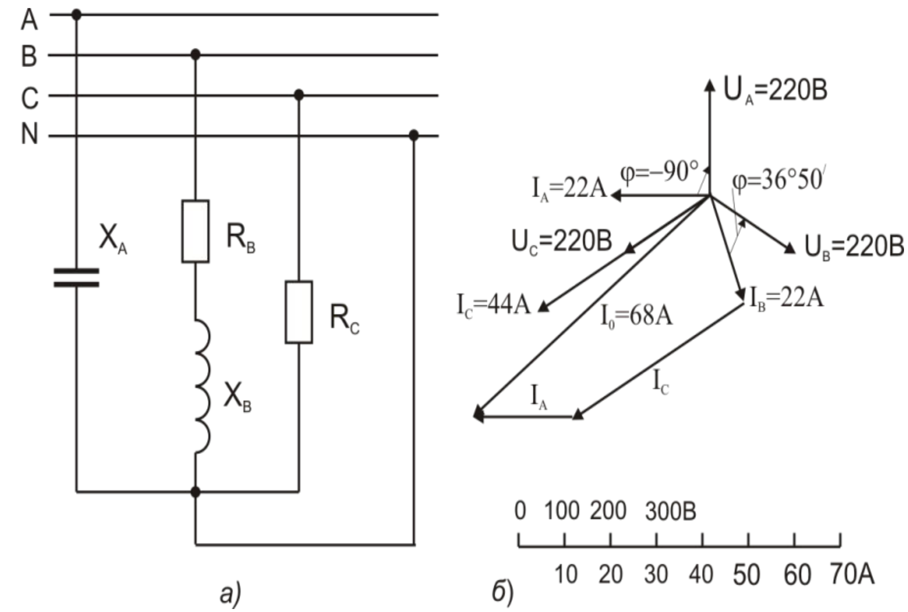
$$Q = Q_1 + Q_2 = 800 - 1000 = -200 BAp$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{600^2 + 200^2} = 633 \ BA$$



Рассчитать трехфазную цепь, соединенную звездой

- В трехфазную четырехпроводную сеть включили звездой несимметричную нагрузку: в фазу А — конденсатор с емкостным сопротивлением X_A = 10 Ом; в фазу В — активное сопротивление R_B = 0 Ом и индуктивное X_B = 6 Ом, в фазу С — активное сопротивление R_C = 5 Ом. Линейное напряжение сети U_H = 380 В. Определить фазные токи, начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и найти графически ток в нулевом проводе



1. Определяем фазные напряжения установки

$$U_A = U_B = U_C = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\ B$$

2. Находим фазные токи

$$I_A = \frac{U_A}{X_A} = \frac{220}{10} = 22\ A,$$

$$I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{U_B}{\sqrt{R_B^2 + X_B^2}} = \frac{220}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 22\ A,$$

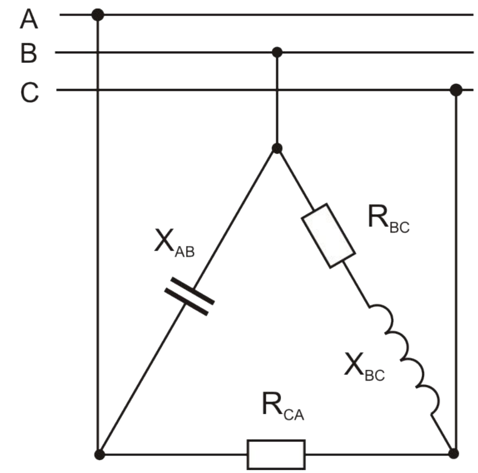
$$I_C = \frac{U_C}{R_C} = \frac{220}{5} = 44\ A$$

3. Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току: 1 см — 10 А и по напряжению: 1 см — 100 В. Построение диаграммы начинаем с векторов фазных напряжений U_A, U_B, U_C, располагая их под углом 120º друг относительно друга. Ток I_A опережает напряжение U_A на угол 90 º; ток I_B отстает от напряжения U_B на угол ϕ_B, который определяется из выражения: . Ток I_C совпадает с напряжением U_C. Ток в нулевом проводе равен геометрической сумме трех фазных токов. Измеряя длину вектора тока I_0, которая сказалась равной 6,8 см. находим ток I_0 = 68 А.

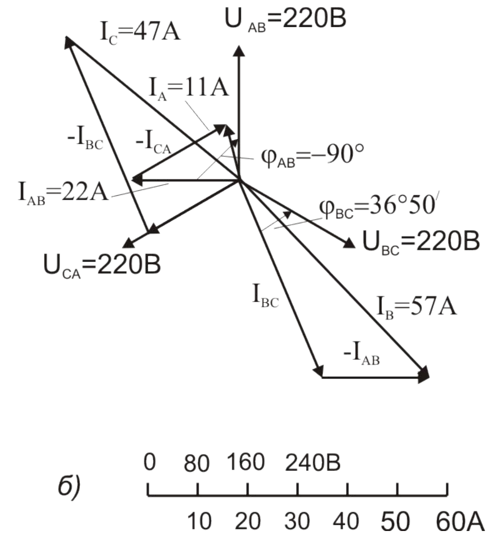
Рассчитать трехфазную цепь, соединенную треугольником

- В трехфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку : в фазу АВ — конденсатор с емкостным сопротивлением X_{AB} = 10 Ом; в фазу ВС— катушку с активным сопро тивлением R_{BC} = 4 Ом и индуктивным X_{BC} = 3 Ом; в фазу СА — активное сопротивление R_{CA} = 10 Ом. Линейное напряжение сети U_H = 220 В. Определить фазные токи, углы сдвига фаз и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить числовые значения линейных токов.

1. Определяем фазные токи и углы сдвига фаз
2. Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току: 1 см — 10 А и по напряжению: 1 см — 80 В. Затем в принятом масштабе откладываем векторы фазных (они же линейные) напряжений U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} под углом 120º друг относительно друга. Под углом ϕ_{AB} = —90° к вектору напряжения U_{AB} откладываем вектор тока I_{AB}; в фазе ВС вектор тока I_{BC} должен отставать от вектора напряжения U_{BC} на угол ϕ_{BC} = 36°50´, а в фазе СА вектор тока I_{CA} совладает с вектором напряжения U_{CA}. Затем строим векторы линейных токов на основании известных уравнений
3. Измеряя длины векторов линейных токов и пользуясь принятым масштабом, находим значения линейных токов: I_A = 11А, I_B = 57А, I_C = 47А



а)



б)

$$I_{AB} = \frac{U_H}{X_{AB}} = \frac{220}{10} = 22\ A, \quad \varphi_{AB} = -90^\circ$$

$$I_{BC} = \frac{U_H}{Z_{BC}} = \frac{U_H}{\sqrt{R_{BC}^2 + X_{BC}^2}} = \frac{220}{\sqrt{4^2+3^2}} = 44\ A,$$

$$\cos\varphi_{BC} = \frac{R_{BC}}{Z_{BC}} = \frac{R_{BC}}{\sqrt{R_{BC}^2 + X_{BC}^2}} = \frac{4}{\sqrt{4^2+3^2}} = 0{,}8, \quad \varphi_{BC} = 36^\circ 50'$$

$$I_{CA} = \frac{U_H}{R_{CA}} = \frac{220}{10} = 22\ A, \quad \varphi_{CA} = 0$$

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA},$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB},$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$$

Рассчитать добавочные сопротивления к многопредельному вольтметру

- Предел измерения вольтметра электромагнитной системы составляет 7,5 В при внутреннем сопротивлении $R_в$ = 200 Ом. Определить добавочное сопротивление, которое необходимо включить для расширения предела измерения до 600 В.

- *Решение*:

$$R_Д = R_V(m-1) = R_V\left(\frac{U}{U_V}-1\right) = 200\left(\frac{600}{7{,}5}-1\right) = 15800\ Ом$$

Рассчитать емкость или индуктивность с помощью авометра и источников постоянного и переменного токов

- Для расчета емкости необходим источник питания переменного тока с известной частотой (измеряются напряжение, ток)
- Для расчета индуктивности необходимы оба источника (измеряются напряжение, ток). Если источник постоянного тока – определяем активное сопротивление катушки, если источник переменного тока – полное сопротивление катушки

$$I = \frac{U}{X_C}; X_C = \frac{U}{I}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}; C = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

$$I = \frac{U}{R}; R = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{U}{Z}; Z = \frac{U}{I}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(X_L\right)^2}; X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$X_L = 2\pi f L; L = X_L / 2\pi f$$

Рассчитать шунт и проверить амперметр

- Предел измерения микроамперметра на 150 мкА должен быть расширен до 15 А. Определить сопротивление шунта, если внутреннее его сопротивление R_A = 400 А.

- *Решение*:

$$n = \frac{I}{I_A} = \frac{15}{150 \cdot 10^{-6}} = 100000$$

$$R_Ш = \frac{R_A}{n-1} = \frac{400}{100000-1} = 0{,}004\ Ом;$$