Банк заданий для поступающих в магистратуру

Волжского филиала НИУ «МЭИ»

Форма обучения Очная

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

Задание 6

Задание 6.1. Задание специальной части (простое)

Определить потери активной мощности на корону для линии электропередачи при напряжении 154 кВ, если протяженность линии 100 км, провод радиусом 0,48 см, провода расположены треугольником с расстоянием между ними 500 см. С, давление 710 мм рт. ст., коэффициент°Температура воздуха 0 негладкости 0,85, погода ясная.

Решение:

Влияние атмосферных условий на корону учтем с помощью величины относительной плотности воздуха:

$\delta = \frac{0{,}386 \cdot p}{273 + t^{\circ}} = \frac{0{,}386 \cdot 710}{273} = 1{,}02.$

Определим критическое фазное напряжение:

$U_k = 21{,}1 \cdot 1{,}02 \cdot 0{,}85 \cdot 1 \cdot 0{,}48 \cdot 2{,}3 \cdot log\frac{500}{0{,}48} = 61$ кВ действ.

Ответ: $\boldsymbol{P_k = 1310}$ **кВт.**

Задание 6.2. Задание специальной части (простое)

Для измерения напряжения 110 кВ применена схема емкостного делителя, состоящая из двух последовательно соединенных конденсаторов C_1 и электростатического вольтметра на напряжение 10 кВ, с эквивалентной емкостью вольтметра и конденсатора $C_{2в}$ = 120 пФ. Определить емкость каждого из конденсаторов С1.

Решение:

Эквивалентная емкость двух конденсаторов С1, соединенных последовательно, равна:

$C_{11} = \frac{C_1}{2}.$

Найдем эквивалентную емкость всей схемы:

$C_{экв} = \frac{U_в \cdot C_{2в}}{U} = \frac{10 \cdot 120}{110} = 10{,}9$ пФ.

Кроме того, справедливо соотношение

$$C_{экв} = \frac{C_{2в} \cdot C_{11}}{C_{2в} + C_{11}}$$

откуда, после введения найденных величин, имеем

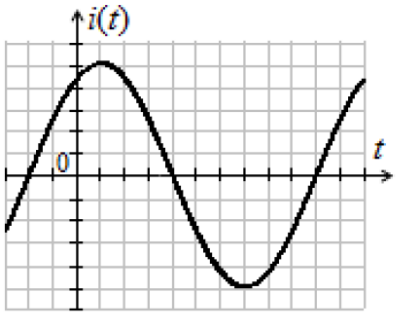
$C_1 = 2 \cdot C_{11} = 24$ пФ.

Ответ: $C_1 = 24$ пФ.

<u>Задание 6.3. Задание специальной части (простое)</u>

Дано: На рисунке приведена кривая мгновенного значения тока линейного пассивного двухполюсника с амплитудой $\underline{I}_m$=20$\sqrt{2}$А. Активная и реактивная мощности пассивного двухполюсника *P*=1 кВт,*Q*=1 кВАр.

Определить: мгновенное значение входного напряжения двухполюсника.



Решение:

По осциллограмме определяем начальную фазу тока 60°.

С учетом неё мгновенное значение тока равно: $i(t)=20\sqrt{2}\sin(314t+60°)$А.

Комплексный ток: $\underline{I}=\underline{I}_m/\sqrt{2}=20\,e^{j60°}$ А.

Из параметров мощности определим угол между током и напряжением:

tgΔφ=Q/P=1/1=1, откуда Δφ=45°, характер нагрузки: активно-индуктивный.

Начальная фаза напряжения: $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 45°$, откуда $\varphi_u = 45° + \varphi_i = 45° + 60° = 105°$.

Полная комплексная мощность: $\underline{S}=P+jQ= 1+j1=1\sqrt{2}e^{j45°}$ кВА.

Действующее значение напряжения: $U=S/I=1000\sqrt{2}/20=50\sqrt{2}=70{,}71$ В.

Амплитудное значение напряжения: $U_m=U\sqrt{2}=50\sqrt{2}\sqrt{2}=100$ В.

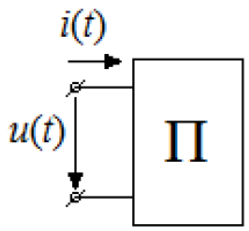
Ответ:$u(t)=100\sin(\omega t+105°)$В.

Задание 6.4. Задание специальной части (простое)

Дано: Известны мгновенные значения напряжения и тока:

***u*(*t*)=300 $\sqrt{2}$sin (314*t*+75°)В.**

***i*(*t*)=20$\sqrt{2}$sin (314*t*+30°)А.**

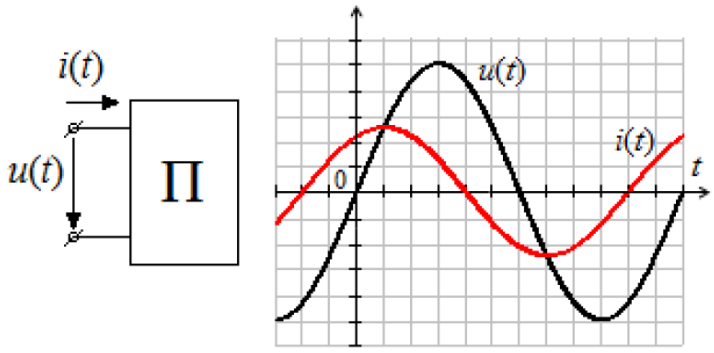


Определить: Комплексную мощность двухполюсника и параметры *R* и *L* последовательной схемы замещения двухполюсника.

Ответ: $\underline{S}$=6000 $e^{j45°}$ ВА, *R*=10,61 Ом; *L*=33,8 мГн.

Задание 6.5. Задание специальной части (простое)

Дано: На рисунке приведены кривые мгновенных значений напряжения и тока пассивного двухполюсника (П), амплитуды синусоидального напряжения и тока $U_m = 127\sqrt{2}$ В, $I_m = 10\sqrt{2}$ А.

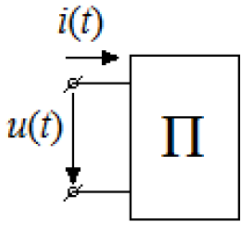


Определить комплексное сопротивление двухполюсника, комплексную, активную и реактивную мощности двухполюсника.

Ответ: $Z = 12,7\angle -60° = 6,35 - j11$ Ом, $S = 1270\angle -60°$ ВА, $P = 635$ Вт, $Q = -1100$ вар

Задание 6.6. Задание специальной части (простое)

Дано: Известны мгновенные значения напряжения и тока: $u(t) = 100\sqrt{2}\sin(\omega t + 60°)$ В, $i(t) = 10\sqrt{2}\sin(\omega t + 120°)$ А.



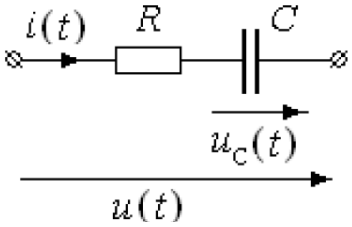
Определить активную, реактивную, полную и комплексную мощности двухполюсника.

Ответ: $P = 500$ Вт, $Q = -866$ вар, $S = 1000$ ВА, $\underline{S} = 1000\angle -60°$ ВА

<u>Задание 6.7. Задание специальной части (простое)</u>

Дано: В пассивном двухполюснике с последовательным соединением *R*=10 Ом и *C*=318 мкФ (см. рисунок) мгновенное значение напряжения на ёмкостном элементе $u_C(t)$=50 sin 314*t*В.

Определить: ток в цепи и активную, реактивную и полную мощности.



Ответ: $i(t)$=5 sin (314t+90°)А; $\underline{S}$=125$\sqrt{2}e^{-j45°}$ ВА, P=125 Вт; Q_C=125 ВАр.

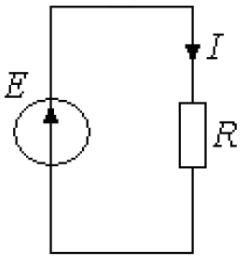
<u>Задание 6.8. Задание специальной части (простое)</u>

Дано: Неидеальная катушка подключается сначала к источнику постоянного нарпяжения 100 В, а затем к источнику синусоидального напряжения частотой 50 Гц с действующим значением 100 В. В первом случае ток равен 5 А, во втором 4 А.

Определить: индуктивное сопротивление и индуктивность катушки. Активное сопротивление катушки считать равным её сопротивлению постоянному току.

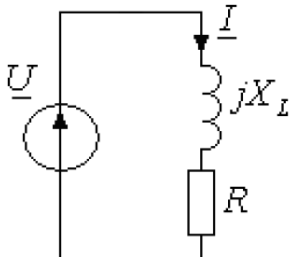
Решение:

Расчётная схема с источником постоянного напряжения имеет вид с учетом u_L=0:



Следовательно, активное сопротивление катушки $R = \frac{E}{I} = \frac{100}{5} = 20$ Ом.

Комплексная расчетная схема с источником синусоидального напряжения $u = 100\sqrt{2}\sin\omega t$ В ($\omega = 2\pi f = 314$ рад/с) имеет вид:



Комплексное напряжение, комплексный ток и комплексное сопротивление:

$$\underline{U} = 100\angle 0 \text{ В}, \quad \underline{I} = 4\angle\varphi_i \text{ А}, \quad \underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = R + jX_L = Z\angle(\varphi_u - \varphi_i).$$

Следовательно, $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \frac{U}{I} = \frac{100}{4} = 25$ Ом, индуктивное сопротивление $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{25^2 - 20^2} = 15$ Ом, индуктивность $L = \frac{X_L}{\omega} = 47{,}8$ мГн.

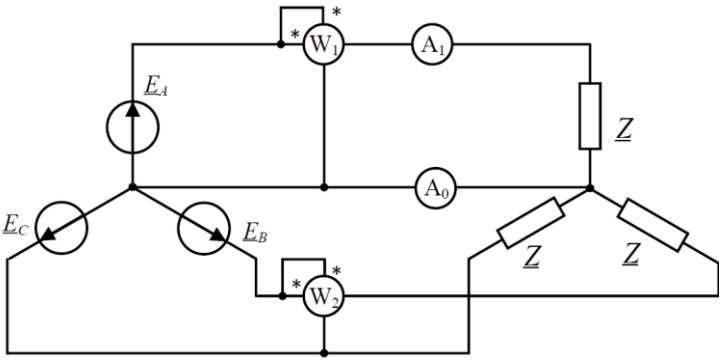
Ответ: $X_L = \omega L = 15$ Ом, $L = 47{,}8$ мГн.

Задание 7.

Задание 7.1 Задание специальной части (простое)

Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_л$ = 380 В, комплексное сопротивление симметричной нагрузки $\underline{Z}$ = 8+ *j*6 Ом.

Определить: показания всех приборов. Составить баланс активной мощности трехфазной цепи

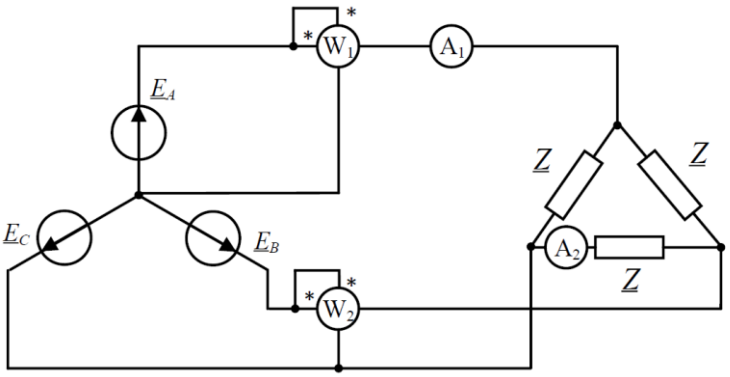


Ответ: $A_1 = I_A = 22$ А, $A_0 = I_N = 0$, $P_{W_1} = 3870{,}5$ Вт, $P_{W_2} = 3280$ Вт, $P_{ист} = 11611{,}4$ Вт, $P_н = 11616$ Вт, $P_{ист} \cong P_н$

Задание 7.2 Задание специальной части (простое)

Дано: Фазная ЭДС трехфазного источника $E_Ф$ = 100 В, комплексное сопротивление симметричной нагрузки $\underline{Z}$ = 15+ *j15* Ом.

Определить: показания всех приборов. Составить баланс активной мощности трехфазной цепи

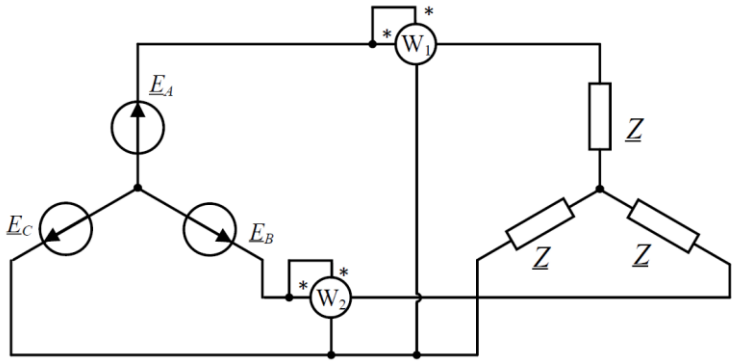


Ответ: $A_1 = I_A = 14{,}13$ А, $A_2 = I_{BC} = 8{,}16$ А, $P_{W_1} = 1000$ Вт, $P_{W_2} = 632{,}68$ Вт, $P_{ист} = 2997$ Вт, $P_н = 2996$ Вт, $P_{ист} \cong P_н$

Задание 7.3 Задание специальной части (простое)

Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_л$ = 380 В, показания ваттметров P_{W1} =1800 Вт и P_{W2} = 600 Вт.

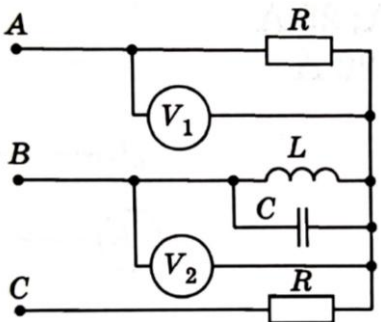
Определить: комплексное сопротивление симметричной нагрузки.



Ответ: $\underline{Z}$ = 34,46 + j29,96 =45,44$e^{j41°}$ Ом.

<u>Задание 7.4</u> Задание специальной части (простое)

Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_л$ = 380 В, сопротивление нагрузки R=X_L=X_C=76 Ом. Построить векторную диаграмму напряжений.



Определить: показания вольтметров.

Решение:

Фазное напряжение источника

$$U_ф = \frac{U_л}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220\ В.$$

Ток $\underline{I}_B = 0$ (резонанс токов), токи $\underline{I}_A = -\underline{I}_C$ можно определить через линейное напряжение

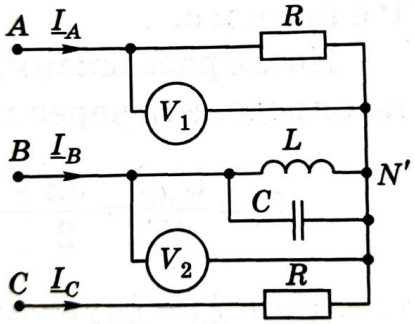
$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_{AC}}{2R} = \frac{380\angle -30°}{152} = 2{,}5\angle -30°.$$

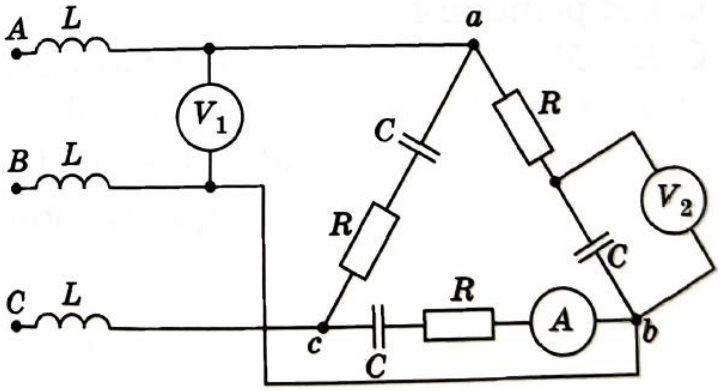
Напряжение на первом вольтметре $\underline{U}_{AN'} = \underline{I}_A R = 190\angle$ $\angle -30°$, напряжение на втором вольтметре $\underline{U}_{BN'} =$ $= \underline{U}_{AN'} - \underline{U}_{AB} = 190\angle -30° - 380\angle 30° = 330\angle -120°.$

Ответ: 190 В, 330 В.

<u>Задание 7.5</u> Задание специальной части (простое)

Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_л$=120 В, сопротивление нагрузки X_L=2 Ом, R=X_C=6 Ом.

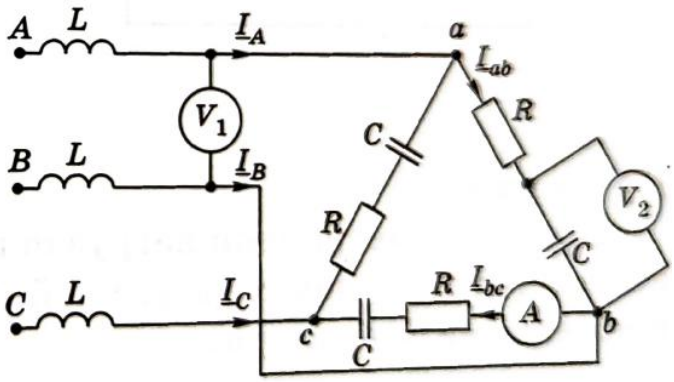




Определить: Составить эквивалентную схему на одну фазу и найти показания всех приборов.

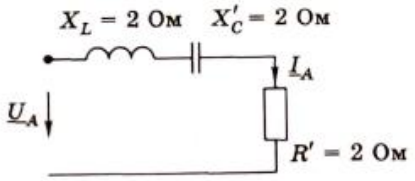
Решение:

Выберем направления фазных и линейных токов (рисунок). Преобразуем симметричный 2треугольник» нагрузки в симметричную «звезду».



$$X'_C = \frac{X_C}{3} = 2\,\text{Ом};\quad R' = \frac{R}{3} = 2\,\text{Ом}.$$

В силу симметрии расчет проводят на одну фазу, как правило, фазу A:



$$\underline{U}_A = \frac{120\angle 0^\circ}{\sqrt{3}} = 69{,}36\angle 0^\circ\,\text{В};$$

$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A}{R} = \frac{69{,}36\angle 0^\circ}{2} = 34{,}68\angle 0^\circ\,\text{А}.$$

(резонанс напряжений).

Модули фазных и линейных токов при симметричной нагрузке связаны соотношением:

$$I_{bc} = \frac{I_A}{\sqrt{3}} = \frac{34{,}68}{\sqrt{3}} = 20\,\text{А};$$

$$U_{V1} = I_{ab}Z = 20\cdot 6\sqrt{2} = 120\sqrt{2} = 169{,}2\,\text{В};$$

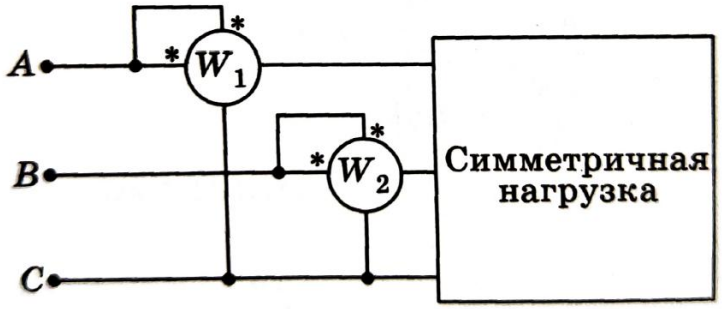
$$Z = \sqrt{6^2 + 6^2} = 6\sqrt{2};$$

$$U_{V2} = I_{ab}\frac{1}{\omega C} = 20\cdot 6 = 120\,\text{В}.$$

Действующие значения токов $I_{ab} = I_{bc} = I_{ca}$ в силу симметрии.
Правильным является ответ: 20 А; 169,2 В; 120 В.

<u>Задание 7.6</u> Задание специальной части (простое)

Дано: Трехфазный генератор работает на симметричную нагрузку, соединенную звездой. Полное сопротивление фазы Z=100 Ом при индуктивном cosφ=0,8. Линейное напряжение трехфазного источника $U_л$ = 380 В.



Определить: мощность цепи.

Решение:

Фазное напряжение

$$U_ф = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В}.$$

Режим симметричный, токи в фазах:

$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A}{\underline{Z}} = \frac{220\angle 0}{100\angle 36{,}86^\circ} = 2{,}2\angle -36{,}86^\circ \text{ А},$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}_A 1\angle -120^\circ = 2{,}2\angle -156{,}86^\circ \text{ А}.$$

Показания ваттметров:

$$P_{W1} = U_{AC} I_A \cos(\widehat{\underline{U}_{AC}\underline{I}_A}) = 380 \cdot 2{,}2 \cdot \cos[-30^\circ - (-36{,}86^\circ)] = 830 \text{ Вт};$$

$$P_{W2} = U_{BC} I_B \cos(\widehat{\underline{U}_{BC}\underline{I}_B}) = 380 \cdot 2{,}2 \cdot \cos[-90^\circ - (-156{,}86^\circ)] = 328{,}5 \text{ Вт}.$$

Мощность цепи

$$P = P_{W1} + P_{W2} = 830 + 328{,}5 = 1158{,}5 \text{ Вт}.$$

Правильным является ответ: 1158,5 Вт.

<u>Задание 7.7</u> Задание специальной части (простое)

Определить среднюю напряженность электрического поля на заданном участке. Между двумя точками в изолирующей среде, расположенными на расстоянии 2 мм, действует разность потенциалов 400 В.

Решение.:

Изменение потенциала линейно, имеем:

$E = \frac{\Delta\varphi}{\Delta\alpha} = \frac{0{,}4}{0{,}2} = 2$ кВ/см.

Ответ: $E = 2$ кВ/см.

<u>Задание 7.8</u> Задание специальной части (простое)

Задание 6.2. Задание специальной части (простое) 5 баллов

Определить диэлектрическую проницаемость кварцевого стекла, если относительная диэлектрическая проницаемость равна 4,0.

Решение.:

$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon'$.

Откуда, подставив известные величины, получим

$\varepsilon = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 4 = 0{,}35 \cdot 10^{-10}$ Ф/м.

Ответ: $\varepsilon = 0{,}35 \cdot 10^{-10}$ Ф/м.

Задание 7.9 Задание специальной части (простое)

Определить емкость конденсатора в мкФ, если при частоте 50 Гц ток в цепи с конденсатором равен 5 мА, а напряжение, приложенное к электродам – 400 В.

Решение:

$C = \frac{I \cdot 10^6}{U 2\pi f} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6}{400 \cdot 314} = 0{,}04$ мкФ.

Ответ: $\boldsymbol{C = 0{,}04}$ **мкФ.**

Задание 7.10 Задание специальной части (простое)

Конденсатор емкостью 3 мкФ заряжен до напряжения 4 кВ. Определить величину заряда, накопленного на его электродах.

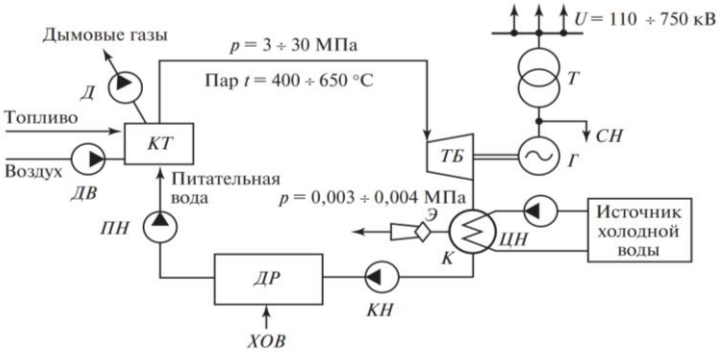
Решение.:

$Q = C \cdot U = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^3 = 12 \cdot 10^{-3}$ Кл.

Ответ: $\boldsymbol{Q = 12 \cdot 10^{-3}}$ **Кл.**

Задание 8.

Задание 8.1. Задание специальной части (простое)
Дано: Перечислить особенности КЭС, начертить принципиальную схему конденсационной тепловой электростанции.
Ответ:
Особенности КЭС:
Строятся по возможности ближе к месторождениям топлива;
подавляющую часть выработанной электроэнергии отдают в электрические сети повышенных напряжений (110—750 кВ);
работают по свободному (т.е. не ограниченному тепловыми потребителями) графику выработки электроэнергии. Мощность может изменяться от расчетного максимума до так называемого технологического минимума;
низкоманевренны (разворот турбин и набор нагрузки из холодного состояния требуют примерно 3—10 ч);
имеют низкий КПД (η = 30÷40 %).



Задание 8.2. Задание специальной части (простое)
Дано: Перечислить особенности ТЭЦ, начертить принципиальную схему теплофикационной электростанции.
Ответ:
Особенности ТЭЦ:
Строят вблизи потребителей тепловой энергии;
обычно работают на привозном топливе;
большую часть вырабатываемой электроэнергии выдают потребителям близлежащего района (на генераторном или повышенном напряжении);
работают по частично вынужденному графику выработки электроэнергии (т.е. график зависит от теплового потребления);
низкоманевренны (так же, как и КЭС);
имеют высокий суммарный КПД (при значительных отборах пара на производство и коммунально-бытовые нужды η = 60÷70 %).

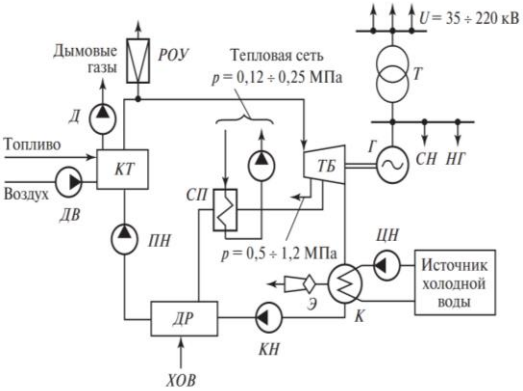


Рис. 1.3. Принципиальная схема теплофиционной электростанции

<u>Задание 8.3.</u> Задание специальной части (простое)

Дано: Перечислить особенности ГЭС, начертить принципиальную схему гидроэлектростанции.
Ответ:
Особенности ГЭС:
строят там, где есть гидроресурсы и условия для строительства, что обычно не совпадает с месторасположением электрической нагрузки;
большую часть вырабатываемой электроэнергии отдают в электрические сети повышенных напряжений;
работают по свободному графику (при наличии водохранилищ);
высокоманевренны (разворот и набор нагрузки занимает примерно
от 3 до 5 мин);
имеют высокий КПД (ηΣ = 85 %).

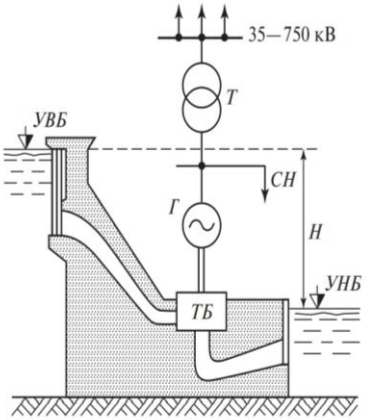


Рис. 1.4. Принципиальная схема гидроэлектростанции:

<u>Задание 8.4.</u> Задание специальной части (простое)

Дано: Перечислить особенности АЭС, начертить принципиальную схему двухконтурной атомной электростанции.
Ответ:
Особенности АЭС:
могут сооружаться в любом географическом месте, в том числе и в труднодоступном;
по своему режиму работы не зависят от ряда внешних факторов;
требуют малого количества топлива;
могут работать по свободному графику нагрузки (за исключением атомных ТЭЦ);
чувствительны к переменному режиму, особенно АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. По этой причине, а также с учетом требования экономичности работы для АЭС выделяется базовая часть графика нагрузки энергосистемы;
слабо загрязняют атмосферу; выбросы радиоактивных газов и аэрозолей незначительны и не превышают значений, допустимых санитарными нормами. В этом отношении АЭС оказываются более чистыми, чем ТЭС.

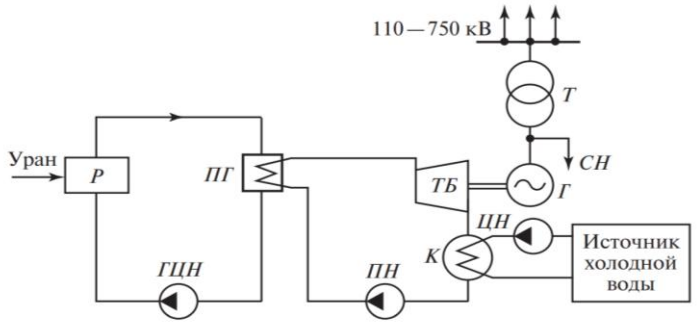
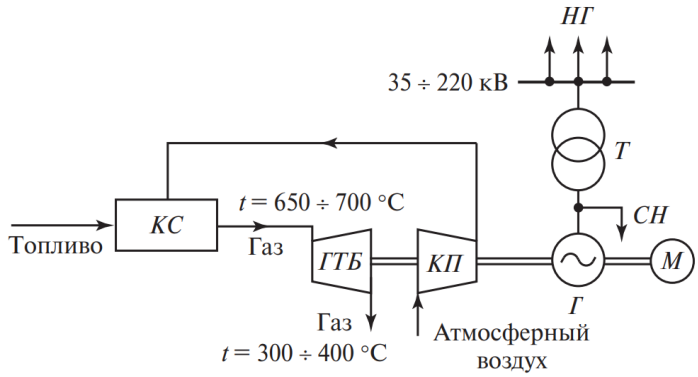


Рис. 1.5. Принципиальная схема двухконтурной атомной электростанции

<u>Задание 8.5.</u> Задание специальной части (простое)

Дано: Перечислить особенности ГТУ, начертить принципиальную схему газотурбинной установки.
Ответ:
Особенности ГТУ:
имеют низкий КПД (ηΣ = 29-34 %) при установленной мощности 25—100 МВт.
Данное оборудование может быть выполнено с разными циклами работы – по замкнутому циклу или разомкнутому циклу.
Данные установки являются высокоманевренными агрегатами
используются в энергосистемах в качестве резервных автономных источников энергии,
в
озможность использования в качестве источников для покрытия пиковой части графиков нагрузки.



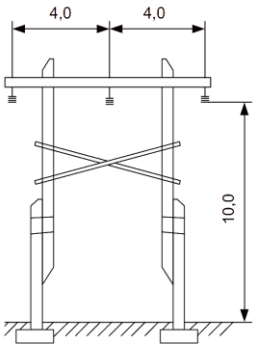
а)

<u>Задание 8.6.</u> Задание специальной части (простое)
Дано: Перечислить особенности ПГУ, начертить принципиальную схему парогазовой установки.
Ответ:
Особенности ПГУ:
имеют высокий КПД (ηΣ = 53-60 %)
Данные установки являются высокоманевренными агрегатами
используются в энергосистемах в качестве резервных автономных источников энергии,
возможность использования в качестве источников для покрытия пиковой части графиков нагрузки.

Задание 9.

Задание 9.1. Задание специальной части (простое)

Дано: Требуется определить погонные параметры и эквивалентные параметры схемы замещения воздушной линии 110 кВ, выполненной проводами АС 120/19, расположенных на П-образных опорах (см. рис.). Изобразить схему замещения. Длина линии 100 км. Удельное сопротивление алюминия принять равным 28,5 Ом·мм^2/км.

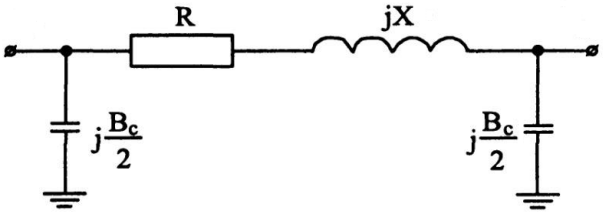


Определить: погонные параметры и эквивалентные параметры схем замещения.

Ответ: r_0 = 0,24 Ом/км; x_0 = 0,429 Ом/км; $b_0 = 2{,}67\cdot10^{-6}$ См/км; R = 24 Ом; X = 42,9 Ом; $B_c = 267\cdot10^{-6}$ См.

Задание 9.2. Задание специальной части (простое)

Дано: Требуется определить погонные параметры и эквивалентные параметры схемы замещения воздушной линии 110 кВ, выполненной проводами АС 120/19, смонтированных на ж/б опорах с расположением проводов по вершинам треугольника со сторонами 5,5; 3,2; 5,5 м. Изобразить схему замещения. Длина линии 100 км. Удельное сопротивление алюминия принять равным 28,5



Ом·мм^2/км.

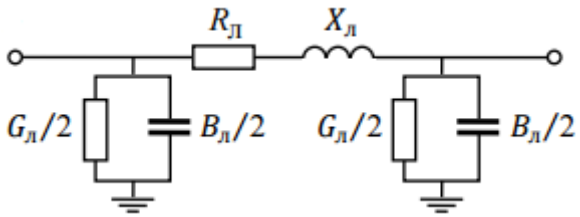
Определить: погонные параметры и эквивалентные параметры схемы замещения воздушной линии 110 кВ.

Ответ: r_0 = 0,24 Ом/км; x_0 = 0,419 Ом/км; $b_0 = 2{,}71\cdot10^{-6}$ См/км; R = 24 Ом; X = 41,9 Ом; $B_c = 271\cdot10^{-6}$ См

<u>Задание 9.3</u>. Задание специальной части (простое)

Дано: Требуется изобразить схему замещения и определить погонные активное сопротивление, индуктивное сопротивление и емкостную проводимость воздушной линии 500 кВ, выполненной расщепленными проводами 3хАС - 500, расположенными на П-образных опорах. Провода расположены в горизонтальной плоскости с расстоянием между фазами 12 м. Расстояние между проводами в фазе составляет 40 см. Удельное сопротивление алюминия принять равным 27,5 Ом·мм^2/км.

Определить: погонные активное сопротивление, индуктивное сопротивление и емкостную проводимость воздушной линии 500 кВ



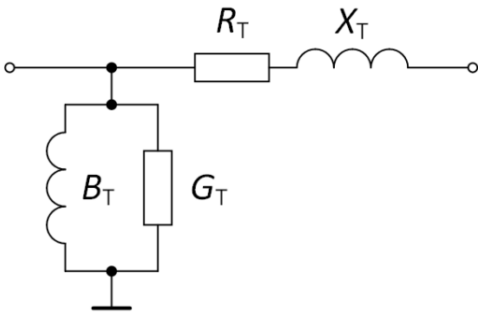
Ответ: r_0 = 0,22 Ом/км; x_0 = 0,30 Ом/км; $b_0 = 3{,}68 \cdot 10^{-6}$ См/км.

<u>Задание 9.4</u>. Задание специальной части (простое)

Дано: Требуется найти приведенные к номинальному напряжению обмотки ВН параметры схемы замещения трансформатора ТМН - 10 000/110. Изобразить схему замещения

$S_{НОМ}$, кВА	$U_{Вном}$, кВ	$U_{Нном}$, кВ	$\Delta P_К$, кВт	ΔP_X, кВт	$u_К$ %	I_X %
10 000	**115**	**11**	**60**	**14**	**10,5**	**0,7**

Определить: приведенные к номинальному напряжению обмотки ВН параметры схемы замещения трансформатора.

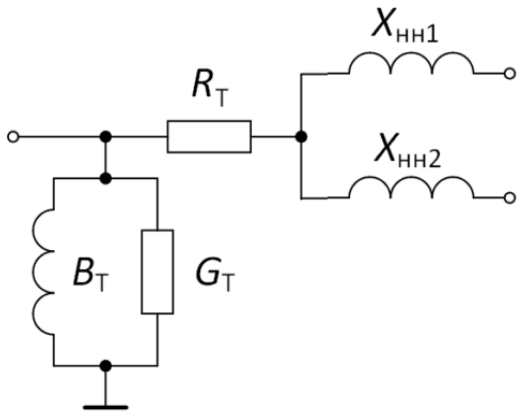


Ответ: $R_т$ = 7,94 Ом; $X_т$ = 139 Ом; $B_т = 5{,}29 \cdot 10^{-6}$ См; $G_т = 1{,}06 \cdot 10^{-8}$ См;

<u>Задание 9.5</u>. Задание специальной части (простое)

Дано: Определить параметры схемы замещения трансформатора типа ТРДЦН-63000/110 с расщепленной обмоткой низкого напряжения, приведённые к стороне ВН (обмотка ВН расположена между обмотками НН). Изобразить схему замещения. Каталожные данные трансформатора:

Sном= 63000 кВА; U_1ном = 110 кВ; U_2ном = 10,5/10,5 кВ; ΔРк = 260 кВт; $u_к$=11 %; ΔРх = 120 кВт; Iх = 0,7 %.



Определить: параметры схемы замещения трансформатора.

Ответ: $R_Т$ = 0,79 Ом; $X_В$ = 0 Ом; $X_{НН1}$ = 42,26 Ом; $X_{НН2}$ = 42,26 Ом; $B_т$ =3,64 $\cdot 10^{-5}$ См; $G_т$ = 9,92$\cdot 10^{-6}$ См;

<u>Задание 9.6</u>. Задание специальной части (простое)

Дано: Каталожные данные автотрансформатора: Sном= 125000 кВА; U_1 ном = 230 кВ; U_2 ном = 121 кВ; U_3 ном = 11 кВ; ΔРк = 305 кВт; $uк_{В-С}$ = 11 %; $uк_{В-Н}$ = 45 %; $uк_{С-Н}$ = 28 %; ΔРх = 65 кВт; Iх = 0,5 %.

Определить: параметры схемы замещения автотрансформатора АТДЦТН-125000/220/110. Изобразить схему замещения.

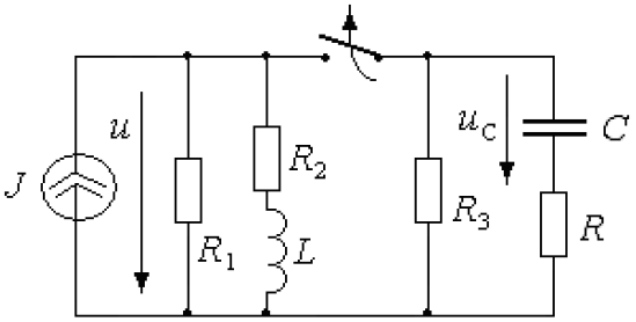
Ответ: $R_В$ = 0,52 Ом; $R_С$ = 0,52 Ом; $R_Н$ = 1,11 Ом; $X_В$ = 0,47 Ом; $X_С$ = 0 Ом; $X_Н$ = 1,05 Ом; $B_т$ =1,19 $\cdot 10^{-5}$ См; $G_т$ = 1,23$\cdot 10^{-6}$ См;

Задание 10.

Задание 10.1 Задание специальной части (сложное)

Дано: J =18А, R_1=R_2=R_3=R=10 Ом, C=0,5мкФ,L=1 мГн.

Определить: напряжение на источнике и напряжение на конденсаторе во время переходного процесса.

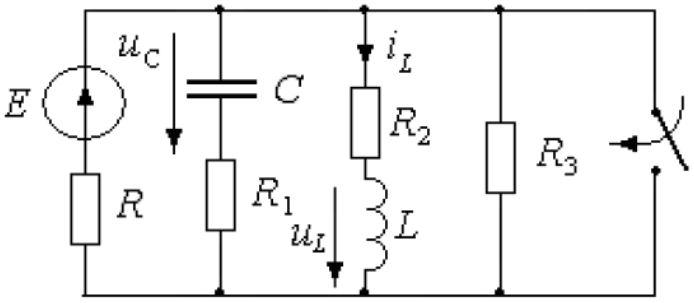


Ответ: $u(t)$=90-30 $e^{-20\,000\cdot t}$В, $u_C(t)$=60 $e^{-200\,000\cdot t}$В.

Задание 10.2 Задание специальной части (сложное)

Дано: R_1=R=10 Ом, R_2=R_3=10 Ом, E =200В, C=0,5мкФ,L=20 мГн.

Определить: напряжение на конденсаторе, ток и напряжение на катушке во время переходного процесса.

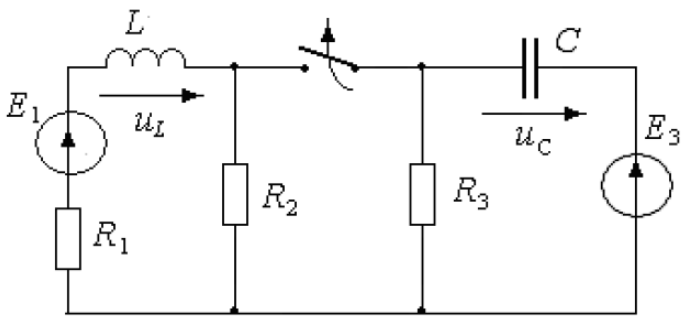


Ответ: $u_C(t)$=100 $e^{-200\,000\cdot t}$В, $i_L(t)$=5 $e^{-1000\cdot t}$А, $u_L(t)$=-100 $e^{-1\,000\cdot t}$В.

Задание 10.3 Задание специальной части (сложное)

Дано: E_1 = 200В,E_3 = 50В, R_1=R_2=R_3=20 Ом, C=5мкФ,L=4 мГн.

Определить: напряжение на конденсаторе, напряжение на катушке после коммутации.

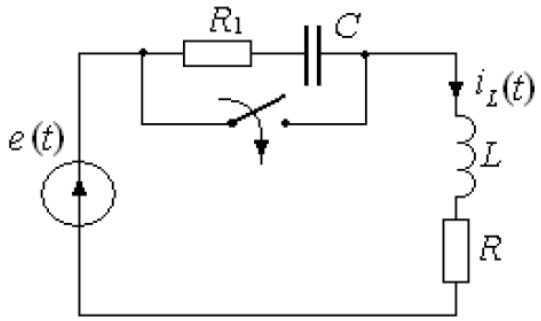


Ответ: $u_C(t)$= -50+66,67$e^{-10\,000\cdot t}$В, $u_L(t)$= 140 $e^{-7500\cdot t}$В.

<u>Задание 10.4</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: $e(t)$=100 sin (2500t+30°) В, R_1=30 Ом,R=20 Ом, C=4мкФ,L=40 мГн.

Определить: ток в катушке после коммутации.

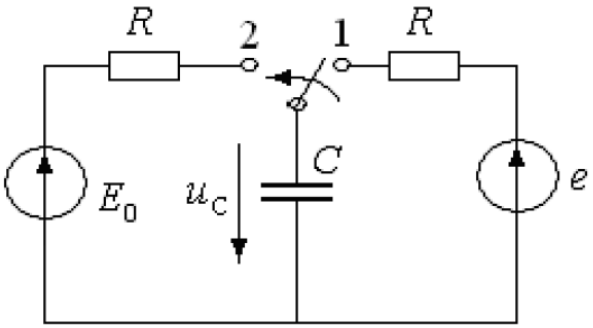


Ответ: $i_L(t)$=0,98 sin (2500t-48,7°) +1,74 $e^{-500\cdot t}$ А.

<u>Задание 10.5</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: $e(t)$=100 sin (2500t+30°) В, R_1=30 Ом,R=20 Ом, C=4мкФ,L=40 мГн.

Определить: ток в катушке после коммутации.

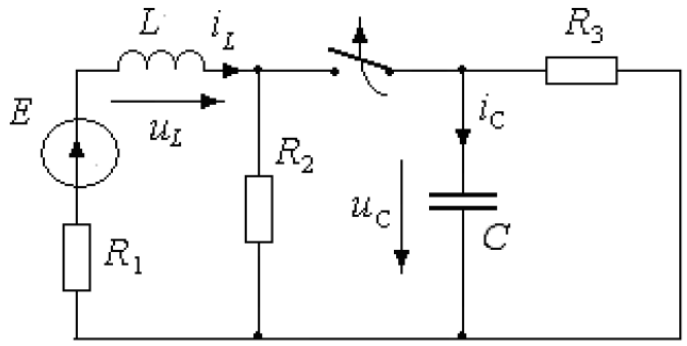


Ответ: $u_C(t)$=300-318,3$e^{-1000\cdot t}$В.

<u>Задание 10.6</u> Задание специальной части (сложное)

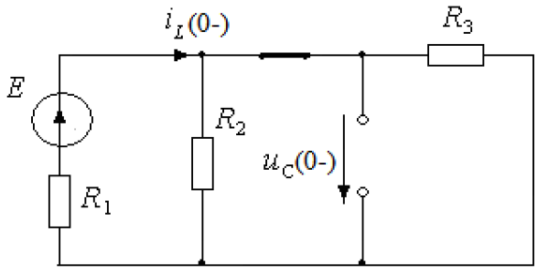
Дано: E = 300В, R_1=10 Ом,R_2=R_3=20 Ом, C=10мкФ,L=00 мГн.

Определить: ток в катушке и напряжение на конденсаторе после коммутации.



Решение:

1. Находим независимые начальные условия (ННУ) по схеме до коммутации. Ключ замкнут, действует постоянное ЭДС.

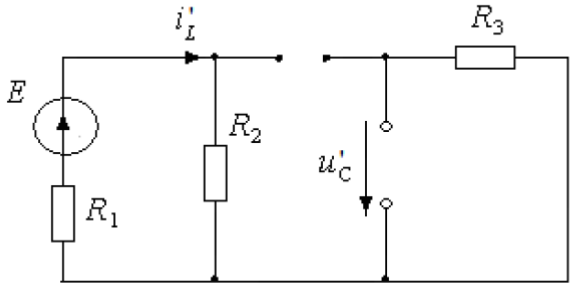


$$i_L(0_) = \frac{E}{R_1 + \dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = 15 \text{ А},$$

$$u_C(0_) = E - i_L(0_)R_1 = 150 \text{ В}$$

Законы коммутации $i_L(0_+) = i_L(0_) = 15$ А, $u_C(0_+) = u_C(0_) = 150$ В

2. Расчет установившегося режима: ключ разомкнут, действует постоянное ЭДС



$$i'_L = i_L(\infty) = \frac{E}{R_1 + R_2} = 10 \text{ А}$$

$$i'_C = i_C(\infty) = 0$$

$$u'_C = u_C(\infty) = 0$$

$$u'_L = u_L(\infty) = 0$$

3. Составляем характеристические уравнения подсхем и находим корни этих уравнений

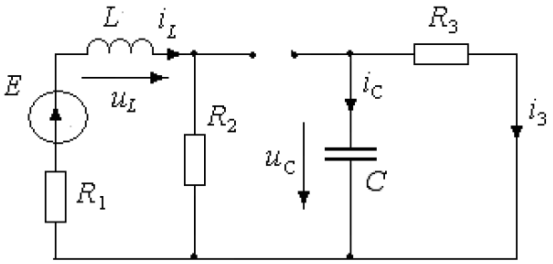
$$pL_1 + R_1 + R_2 = 0 \rightarrow p_1 = -\frac{R_1 + R_2}{L_1} = -3 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$$

$$\frac{1}{pC} + R_3 = 0 \rightarrow p_2 = -\frac{1}{R_3 C} = -5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$$

4. Записываем выражение переходных токов и напряжений:

$$i_L(t) = i'_L + A_1 e^{p_1 t} = 10 + A_1 e^{-3000t},\ u_L(t) = u'_L + A_2 e^{p_1 t} = A_2 e^{-3000t},$$
$$i_C(t) = i'_C + B_1 e^{p_2 t} = B_1 e^{-5000t},\ u_C(t) = u'_C + B_2 e^{p_2 t} = B_2 e^{-5000t}$$

5. Начальные условия определяем по законам коммутации (ННУ) или по законам Кирхгофа для схемы после коммутации (ЗНУ)



$$E = u_L(0_+) + i_L(0_+)(R_2 + R_1),$$
$$u_L(0_+) = E - i_L(0_+)(R_2 + R_1) = -150 \text{ В}$$
$$0 = u_C(0_+) - i_3(0_+)R_3,\ i_3(0_+) = \frac{u_C(0_+)}{R_3} = 7{,}5 \text{ А},$$
$$i_C(0_+) = -i_3(0_+) = -7{,}5 \text{ А}$$

Определяем постоянные интегрирования

$$A_1 = i_L(0_+) - i'_L = 15 - 10 = 5 \text{ А},\ A_2 = u_L(0_+) - u'_L = -150 \text{ В}$$
$$B_1 = i_C(0_+) - i'_C = -7{,}5 \text{ А},\ B_2 = u_C(0_+) - u'_C = 150 \text{ В}$$

Ответ:

$$i_L(t) = 10 + 5e^{-3000t} \text{ А},\ u_L(t) = -150e^{-3000t} \text{ В}$$
$$i_C(t) = -7{,}5e^{-5000t} \text{ А},\ u_C(t) = 150e^{-5000t} \text{ В}$$

<u>Задание 10.7</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: Определить ток *i(t)* и напряжение на конденсаторе $u_C(t)$ (рис. 7.16), если

***r*= 100 *Ом*, *C* = 10 *мкФ*, E_0 = 300 *В*,**

***e(t)* = 100*sin*(1000*t* – 90°) *В*.**

Построить график *i(t)*.

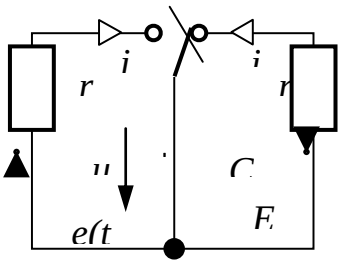


Рис 7

Решение:

Анализом схемы до коммутации определим напряжение на конденсаторе по второму закону Кирхгофа: $ri_0(0_-) - u_C(0_-) = E_0$.

$i_0(0_-) = 0$, следовательно, $u_C(0_-) = -E_0 = -300\ B$.

Согласно второму закону коммутации $u_C(0_+) = u_C(0_-) = -300\ B$.

Схема после коммутации описывается линейным дифуравнением

$ri(t) + u_C(t) = e(t)$, где $u_C(t) = \frac{1}{C}\int idt$, решение которого будем искать в виде: $i = i_{пр} + i_{св}; u_C = u_{Cпр} + u_{Cсв}$.

Для расчёта принуждённого режима воспользуемся символическим методом.

$\underline{E}_m = 100e^{-j90°}B$, $x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{10^6}{1000 \cdot 10} = 100\ Ом$,

$\underline{Z} = r - jx_C = 100 - j100 = 100\sqrt{2}e^{-j45°} Ом$,

$\underline{I}_{mпр} = \frac{\underline{E}_m}{\underline{Z}} = \frac{100e^{-j90°}}{100\sqrt{2}e^{-j45°}} = 0{,}5\sqrt{2}e^{-j45°} = 0{,}707e^{-j45°}A$,

$\underline{U}_{Cmпр} = -jx_C \cdot \underline{I}_{mпр} = 100e^{-j90°} \cdot 0{,}5\sqrt{2}e^{-j45°} = 50\sqrt{2}e^{-j135°} = 70{,}7e^{-j135°}B$.

Мгновенные значения принуждённых составляющих:

$i_{пр}(t) = 0{,}707sin(1000t - 45°)\ A$, $u_{Cпр}(t) = 70{,}7sin(1000t - 135°)\ B$.

Характеристическое уравнение запишем на основе дифуравнения

$r + \frac{1}{pC} = 0$, $p = -\frac{1}{rC} = -\frac{10^6}{100 \cdot 10} = -1000\ c^{-1}$.

Следовательно, свободные составляющие запишем в виде:

$i_{св}(t) = Ae^{-1000t}$; $u_{Cсв}(t) = Be^{-1000t}$.

Постоянные интегрирования определим из начальных условий.

При $t = 0_+$ имеем: $i_{св}(0_+) = A$; $u_{Ccв}(0_+) = B = u_C(0_+) - u_{Cпр}(0_+)$,

где $u_{Cпр}(0_+) = 70{,}7\sin(-135°) = -50\ B$,

$u_{Ccв}(0_+) = B = -300 - (-50) = -250\ B$.

Дифуравнение для свободных составляющих при $t = 0_+$ имеет вид:

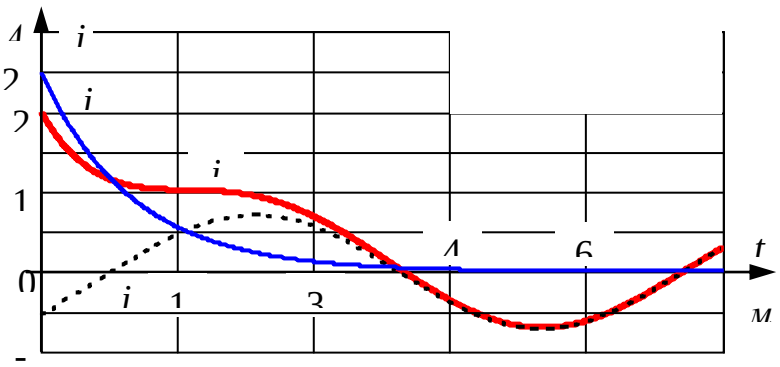
$ri_{св}(0_+) + u_{Ccв}(0_+) = 0$.

$i_{св}(0_+) = A = \frac{-u_{Ccв}(0_+)}{r} = \frac{250}{100} = 2{,}5\ A$, т.е.

$i_{св}(t) = 2{,}5e^{-1000t}A$; $u_{Ccв}(t) = -250e^{-1000t}B$.
Искомые величины имеют вид:

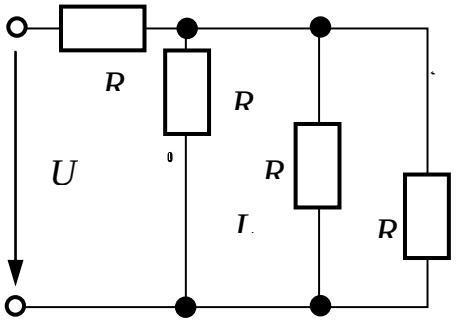
$u_C(t) = 70{,}7\sin(1000t - 135°) - 250e^{-1000t}B$,

$i(t) = 0{,}707\sin(1000t - 45°) + 2{,}5e^{-1000t}A$.



<u>Задание 10.8</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: В схеме рис. 7.27 рассчитать токи переходного процесса. Параметры цепи: *U*= 60 *В*, R_1 = 9 *Ом*, R_2 = R_3 = 30 *Ом*, *R* = 10 *Ом*, *L*= 0,4 *Гн*.



Рис

Ответ: $i_1(t) = 2{,}5 - 0{,}346 \cdot e^{-92{,}3t}$ *А*;

$i_2(t) = 1{,}25 - 0{,}450 \cdot e^{-92{,}3t}$ *А*;

$i_3(t) = 1{,}25 + 0{,}104 \cdot e^{-92{,}3t}$ *А*.

<u>Задание 10.9</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: В схеме рис. 7.28 рассчитать токи переходного процесса. Параметры цепи: *U*= 300 *В*, $R_1 = R_2 = R_3$ = 100 *Ом*, *L*= 0,5 *Гн*.

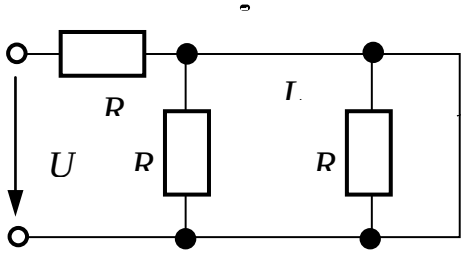


Рис 7.28

Ответ: $i_1(t) = 3 - e^{-100t}$ *А*;

$i_2(t) = e^{-100t}$ *А*;

$i_3(t) = 3 - 2 \cdot e^{-100t}$ *А*.

<u>Задание 10.10</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: В схеме рис. 7.29 рассчитать напряжение на конденсаторе и токи переходного процесса. Параметры цепи: *U*= 100 *В*, R_1 = 50 *Ом*, $R_2 = R_3$ = 100 *Ом*, *C* = 60 *мкФ*.

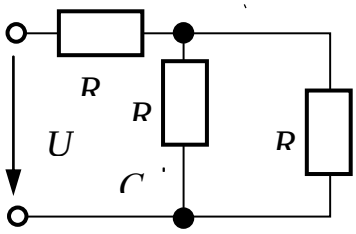


Рис 7.29

Ответ: $u_C(t) = 66{,}67 + 33{,}33 \cdot e^{-125t}$ *В*;

$i_1(t) = 0{,}667 - 0{,}167 \cdot e^{-125t}$ *А*;

$i_2(t) = -0{,}250 \cdot e^{-125t}$ *А*;

$i_3(t) = 0{,}667 + 0{,}083 \cdot e^{-125t}$ *А*.

Задание 11

Задание 11.1 Основные фонды энергопредприятий: примеры и показатели эффективности использования.
Ответ:

Основные фонды (средства) – это объект:

предназначенный для использования в производственно-управленческой деятельности

срок службы которого более года

приносящий доход

К основным средствам относятся

- здания, сооружения, рабочие и силовые машины и оборудование,

- измерительные и регулирующие приборы и устройства,

- вычислительная техника,

- транспортные средства,

инструмент,

- производственный и хозяйственный инвентарь и др.

Основные фонды

Основные средства

Основной капитал

Экономическая характеристика основных фондов

Виды стоимости Срок полезного использования Износ (амортизация) Показатели движения Показатели эффективности использования

Основные понятия

Стоимость основных средств - это выраженная в денежной форме целевая оценка основных средств

Виды стоимости основных средств: первоначальная стоимость

остаточная стоимость

восстановительная стоимость

балансовая стоимость

ликвидационная стоимость

справедливая (рыночная) стоимость

Срок полезного использования – ожидаемый (расчетный) период использования основного средства

Износ - потеря первоначальных свойств объекта

Амортизация - стоимостное выражение износа, т.е. систематическое распределение стоимости актива на протяжении срока его полезной службы

Среднегодовая стоимость - показатель, отражающий изменение стоимости в течение года в результате движения ресурсов

Методы амортизации основных средств

Линейный метод

Метод уменьшаемого остатка

Метод списания стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования

Метод списания стоимости пропорционально объему продукции (работ)

Линейный метод амортизации

$A = C_п * N_a$

А - годовая сумма амортизационных отчислений, руб.

$C_п$ - первоначальная стоимость объекта основных средств, руб.

N_a - норма амортизации, исчисленная, исходя из срока полезного использования объекта основных средств,%

Общероссийский классификатор основных фондов

Первая группа от 1 года до 2 лет включительно

Вторая группа от 2 лет до 3 лет включительно

Третья группа от 3 лет до 5 лет включительно

Четвертая группа от 5 лет до 7 лет включительно

Пятая группа от 7 лет до 10 лет включительно

Шестая группа от 10 лет до 15 лет включительно

Седьмая группа от 15 лет до 20 лет включительно

Восьмая группа от 20 лет до 25 лет включительно

Девятая группа от 25 лет до 30 лет включительно

Десятая группа свыше 30 лет включительн

Задание 11.2 Себестоимость энергетической продукции: виды, состав и факторы формирования.
Ответ:

Основные понятия

Себестоимость - это стоимостная оценка используемых в процессе производства продукции (работ, услуг) природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов и других затрат на её производство и реализацию

Эксплуатационные расходы - расходы, необходимые для поддержания работоспособного состояния основных средств в течение всего намеченного срока службы

Калькуляция - это исчисление себестоимости единицы продукции или услуг по статьям расходов

Классификатор статей затрат

Цель использования группировок затрат	Признаки группировки затрат
В процессе принятия управленческих решений	– явные и неявные. – эффективные и неэффективные
В процессе производства продукции	– производственные – непроизводственные
В процессе прогнозирования	– краткосрочные и долгосрочные
В процессе планирования производства	– планируемые и не планируемые
В процессе нормирования.	– лимиты, нормы, нормативы, стандарты – отклонения от норм
В процессе контроля	– контролируемые и неконтролируемые
В процессе ведения учетной деятельности	– по экономическим элементам и калькуляционным статьям – одноэлементные и комплексные – постоянные и переменные – основные и накладные – прямые и косвенные – текущие и единовременные
В процессе организации производства	–по местам возникновения затрат – по видам деятельности – по функциям деятельности – по центрам ответственности

Классификация себестоимости по экономическим элементам затрат

материальные затраты (сырье, материалы, комплектующие, общепроизводственные расходы и т. п.);

оплата труда (заработная плата работников предприятия);

отчисления с заработной платы (социальное, пенсионное страхование и т.п.)

амортизация основных средств;

прочее расходы.

Формула: S=A+M+З

Классификация себестоимости по калькуляционным статьям

1) сырье и материалы;

2) возвратные отходы (вычитаются);

3) покупные изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера сторонних организаций;

4) топливо и энергию на технологические цели;

5) заработную плату производственных рабочих;

6) отчисления на социальные нужды;

7) расходы на подготовку и освоение производства;

8) общепроизводственные расходы;

9) общехозяйственные расходы;

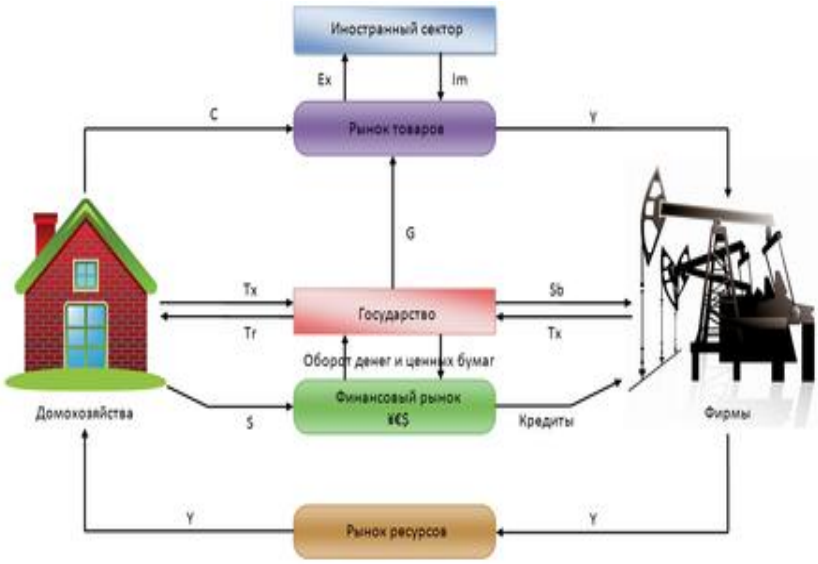
10) потери от брака;

11) прочие производственные расходы;

12) расходы на продажу

Задание 11.3 Структура энергетической отрасли и характеристика основных форм предприятий энергетики.
Ответ:

Четырехсекторная модель экономики



Организационно-правовые формы организаций согласно ГК РФ.

Коммерческие организации и некоммерческие организации.

Коммерческие: коммерческие корпоративные организации и коммерческие унитарные организации.

Некоммерческие: некоммерческие корпоративные организации и некоммерческие унитарные организации.

Коммерческие корпоративные организации: Полное товарищество, товарищество на вере, Крестьянское (фермерское) хозяйство, Хозяйственное партнерство, общество с ограниченной ответственностью, акционерное общество (публичное и непубличное), производственные кооперативы.

Коммерческие унитарные организации: государственные и муниципальные унитарные предприятия.

Некоммерческие корпоративные организации: потребительский кооператив, общественные организации, ассоциации и союзы, товарищество собственников недвижимости, казачьи общества внесенные в государственный реестр казачьих обществ в РФ, общины коренных малочисленных народов РФ.

Некоммерческие унитарные организации: фонды, учреждения, автономные некоммерческие организации, религиозные организации.

Отрасль – это совокупность предприятий и производств обладающих общностью производимой продукции, технологии и удовлетворяемых потребностей.

Топливно-энергеичекий комплекс – это совокупность отраслей экономики, связанных с производством и распределением энергии в ее различных видах и формах.

Энергетический сектор РФ обеспечивает: около ¼ производства ВВП, 1/3 объема промышленного производства и доходов консолидированного бюджета, примерно ½ доходов федерального бюджета, экспорта и валютных поступлений.

Информационная база оценки финансовой деятельности энергопредприятия – публичная бухгалтерская (финансовая) отчетность

Основные формы финансовой отчетности:

БУХГАЛТЕРСКИЙ БАЛАНС

ОТЧЕТ О ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ

БУХГАЛТЕРСКИЙ БАЛАНС

АКТИВ	ПАССИВ
I ВНЕОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ	III КАПИТАЛ И РЕЗЕРВЫ
II ОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ	IV ДОЛГОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА
	V КРАТКОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА
ИМУЩЕСТВО	ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Основные понятия ББ

Ликвидность (активов) - это способность ценностей превращаться в деньги

Платежеспособность – готовность организации полностью расплачиваться по обязательствам в установленные сроки, основанная на поддержании необходимого уровня ликвидности ее оборотных активов.

Финансовая устойчивость – это способность организации наращивать достигнутый уровень деловой активности и эффективности бизнеса, гарантируя при этом платежеспособность, повышая инвестиционную привлекательность в границах допустимого уровня риска.

Группировка активов по степени ликвидности и пассивов по срочности оплаты

Актив	Обязательства
А1.Наиболее ликвидные активы	П1.Наиболее срочные обязательства
А2.Быстрореализуемые активы	П2.Краткосрочные обязательства
А3.Медленнореализуемые активы	П3.Долгосрочные обязательства
А4.Труднореализуемые активы	П4. Собственный капитал
ИТОГО АКТИВЫ	ИТОГО Источники финансирования

ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ БУХГАЛТЕРСКОГО БАЛАНСА СТАТИСТИКОЙ РОССИИ

Показатели	Формула расчета	Нормативное значение
1. Коэффициент текущей ликвидности	Текущие активы / текущие обязательства	1 : 2
2. Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	Собственный оборотный капитал / оборотные активы	≥ 0,1
3. Коэффициент автономии	Собственный капитал / Источники финансирования (Активы)	≥ 0,5

Временная оценка в экономических расчетах

Год – 360 дней

Квартал – 90 дней

Месяц – 30 дней

Отчет о финансовых результатах

Валовая прибыль (убыток)

Прибыль (убыток) от продаж

Прибыль (убыток) до налогообложения

Чистая прибыль (убыток)

Основные понятия

Рентабельность - характеристика финансового состояния компании, позволяющая оценить способность приносить прибыль на вложенные средства.

Капитализация – преобразование чистой прибыли в добавочные факторы производства (добавочный капитал)

Оборачиваемость – величина, характеризующая временной промежуток, за который осуществляется полное обращение товара, денежных средств или число этих обращений за временной промежуток

ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ПО ОТЧЕТУ О ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ

Показатели	Формула расчета
Рентабельность, коэф., % (коп/руб)	Прибыль / искомый показатель
К оборачиваемости, в оборотах	Выручка / искомый показатель
Оборачиваемость, в днях	360 / К оборачиваемости ИЛИ 360*искомый показатель / выручка
Рентабельность собственных средств (ROE)	Прибыль / собственные средства
Рентабельность активов по прибыли до налогообложения (ROTA)	Прибыль / активы
Рентабельность продаж (ROS)	Прибыль / выручка
К оборачиваемости активов, в оборотах	Выручка / активы
Оборачиваемость активов, в днях	360*активы/ Выручка

Золотое правило экономики

Тнп > Тв > Та > 100%,

Тнп — темп изменения балансовой прибыли (прибыли до налогообложения)

Тв — темп изменения объема продаж (выручки)

Та — темп изменения авансированного капитала (активов)

Задание 11.4 Ключевые и оценочные показатели деятельности энергопредприятия. Расчет удельных показателей энергопредприятия.
Ответ:

Ключевые и оценочные показатели деятельности энергокомпании:

Капитализация – дивиденты.

ROE – критерий надежности, лимит эксплуатационных расходов.

Состояние оборудования – мощность (КИУМ), производиельность.

Финансовые показатели – ROTA, рентабельность продаж, коэффициент автономности, коэффициент ликвидности

Экономические показатели – выручка, затраты, прибыль на единицу мощности, численности, эксплуатационные расходы.

Парковый ресурс.

Износ основных фондов.

Коэффициент возобновляемых основных фондов.

Удельные затраты на ремонт.

Доля рынка.

Годовые показатели энергопредприятий:

Генерирующие компании: рентабельность собственного капитала, критерий надежности, лимит эксплуатационных расходов, прибыль на акцию, дивиденды, доля рынка, коэффициент износа основных фондов, коэффициент возобновления основных фондов, приведенный полезный отпуск на одного работника среднесписочной численности ППП.

Сетевые компании: структура выручки по направлениям бизнеса, транспортировка электроэнергии, технологическое присоединение потребителей, общая структура себестоимости, показатели эффективности, показатели финансово-экономической деятельности.

Задание 11.5 Оборотные фонды энергопредприятий: примеры и показатели эффективности.
Ответ:

Основные понятия

Себестоимость - это стоимостная оценка используемых в процессе производства продукции (работ, услуг) природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов и других затрат на её производство и реализацию

Эксплуатационные расходы - расходы, необходимые для поддержания работоспособного состояния основных средств в течение всего намеченного срока службы

Калькуляция - это исчисление себестоимости единицы продукции или услуг по статьям расходов

Классификатор статей затрат

Цель использования группировок затрат	Признаки группировки затрат
В процессе принятия управленческих решений	явные и неявные. эффективные и неэффективные
В процессе производства продукции	производственные непроизводственные
В процессе прогнозирования	краткосрочные и долгосрочные
В процессе планирования производства	планируемые и не планируемые
В процессе нормирования.	лимиты, нормы, нормативы, стандарты отклонения от норм
В процессе контроля	контролируемые и неконтролируемые
В процессе ведения учетной деятельности	по экономическим элементам и калькуляционным статьям одноэлементные и комплексные постоянные и переменные основные и накладные прямые и косвенные текущие и единовременные
В процессе организации производства	по местам возникновения затрат по видам деятельности по функциям деятельности по центрам ответственности

Классификация себестоимости по экономическим элементам затрат

материальные затраты (сырье, материалы, комплектующие, общепроизводственные расходы и т. п.);

оплата труда (заработная плата работников предприятия);

отчисления с заработной платы (социальное, пенсионное страхование и т.п.)

амортизация основных средств;

прочее расходы

Формула: S=A+M+З

Классификация себестоимости по калькуляционным статьям

1) сырье и материалы;

2) возвратные отходы (вычитаются);

3) покупные изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера сторонних организаций;

4) топливо и энергию на технологические цели;

5) заработную плату производственных рабочих;

6) отчисления на социальные нужды;

7) расходы на подготовку и освоение производства;

8) общепроизводственные расходы;

9) общехозяйственные расходы;

10) потери от брака;

11) прочие производственные расходы;

12) расходы на продажу

Задание 11.6 Финансовые результаты деятельности энергопредприятия.
Ответ:

Финансовый результат

Это разница между доходами и расходами организации

Д-Р=П(У)

Если Доходы ≥ Расходов, то финансовый результат – прибыль

Если Расходы ≥ Доходов, то финансовый результат - убыток

Виды экономической прибыли по Отчету о финансовых результатах

Валовая прибыль (убыток)

Прибыль (убыток) от продаж

Прибыль (убыток) до налогообложения

Чистая прибыль (убыток)

Виды прибыли в управленческом учете

Выручка –

Переменные затраты =Маржинальная прибыль (убыток) –

Постоянные затраты =Прибыль (убыток) от продаж

EBIT- прибыль до уплаты процентов и налогов

EBITDA - прибыль до вычета процентов, налогов и амортизации (позволяет грубо оценить денежный поток)

Расчет прибыли

Выручка –

Переменные затраты =Маржинальная прибыль (убыток) –

Постоянные затраты =Прибыль (убыток) от продаж

EBIT = стр.2300 "Прибыль (убыток) до налогообложения" + стр.2330 «Проценты к уплате» Отчет о фин. результатах

EBITDA = Прибыль (убыток) до налогообложения + (Проценты к уплате +Амортизация основных средств и нематериальных активов)

Расчет коэффициентов

Коэффициент покрытия процентов (ICR) характеризует способность организации обслуживать свои долговые обязательства (EBIT / проценты по долговым обязательствам) Нормальное значение ≥1,5; критическое ≤ 1.

Коэффициент отношение долга к EBITDA – это показатель долговой нагрузки на организацию, ее способность погасить имеющиеся обязательства (платежеспособность) (долговые обязательства / EBITDA) Нормальное значение ≤ 3; критическое ≥ 4-5.

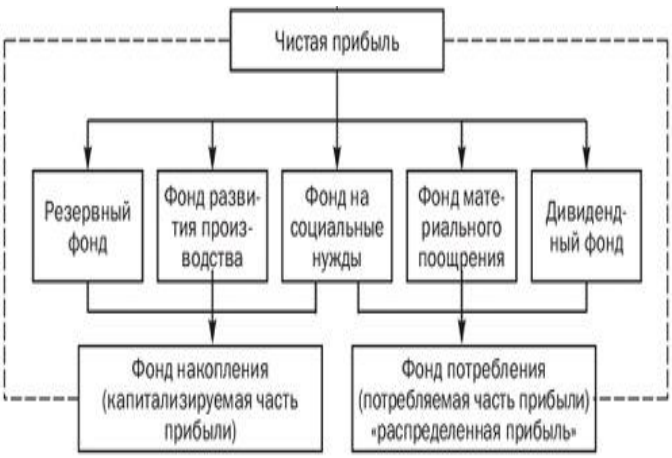
Расчет коэффициентов по данным управленческой отчетности

Рентабельность продаж – показатель финансовой результативности деятельности организации, показывающий какую часть выручки организации составляет прибыль.

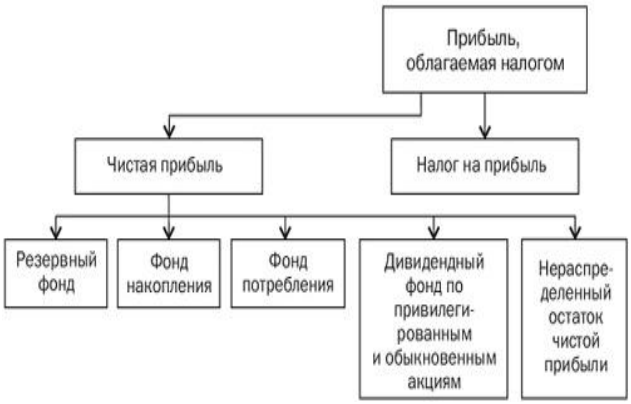
Рентабельность продаж =

EBITDA / Выручка от продаж

Основные направления распределения прибыли



Распределение прибыли акционерного общества



Задание 11.7 Функции управления и особенности их реализации на энергопредприятиях.
Ответ:

Общие параметры организации

наличие общих целей;

преобразование ресурсов для достижения результата;

зависимость организации от внешней среды;

разделение труда;

образование подразделений в сложных организациях;

необходимость и наличие управляющего органа

Элементы внутренней среды организации

структура

цели

задачи

технологии

персонал

Этапы организации управления предприятием

Формирование целей и задач предприятия

Разработка организационной структуры

Разработка структуры управления

Разработка регламентирующих документов

Организация труда

Разработка системы управления персоналом

Внешняя среда организации - Потребители, поставщики, конкуренты,

законы и государственные органы, профсоюзы

Среда косвенного воздействия - Состояние экономики. Научно-технический прогресс. Политика. Социальные факторы Международные события. Культура организации.

Жизненный цикл организации – совокупность стадий развития, которые она проходит за период своего существования

1. Рождение организации

2. Детство и юность

3. Зрелость

4. Старение организации

5. Возрождение (ликвидация)

Интегральный показатель эффективности организационной структуры

$K_{эф.у} = 1 – (C_у L_у)/(F_м E_{оф})$

где $C_у$ – затраты на управление, приходящиеся на одного работника управления;

$L_у$ – удельный вес управленческих работников в общей численности персонала;

$F_м$ – фондовооруженность;

$E_{оф}$ – фондоотдача

Особенности управления в энергетике

Корпоративное управление на энергетических предприятиях

Приоритеты управления: управление надежностью и оперативное управление

Социальное партнерство как элемент управления персоналом

Долгосрочное планирование и проектирование развития энергетики

Приоритеты Энергетической стратегии России

полное и надежное обеспечение населения и экономики страны энергоресурсами, энергетическая безопасность

снижение удельных затрат на производство и использование энергоресурсов

повышение финансовой устойчивости и эффективности использования потенциала энергетического сектора

минимизация техногенного воздействия энергетики на окружающую среду

Пути реализации стратегии

глобальная модернизация и перевод отрасли на новый технологический уровень на базе разработки и внедрения новых ключевых энергетических технологий

повышение экономической и энергетической эффективности на основе оптимального сочетания крупных системообразующих генерирующих и электросетевых объектов и распределённых приближенных к потребителям энергоисточников средней и малой мощности на базе местных топливных и возобновляемых источников энергии

трансформация и развитие ЕЭС России на основе интеллектуальных электрических сетей переменного и постоянного тока, завершения интеграции Европейской, Сибирской и Дальневосточной энергосистем, совершенствования противоаварийного управления

Основные прогнозные показатели конкурентоспособной и эффективной электроэнергетики России

увеличение доли ГЭС, АЭС и ВИЭ до 38 %

рост среднего КПД ТЭС до 41% и для ТЭС на угле и газе до 53%

снижение до 8% уровня потерь в электрических сетях

сдерживание роста тарифов на электроэнергию (они не должны превышать 9 центов /кВт час в ценах 2009 г.)

Основные инвесторы энергетической отрасли

Государство

Корпоративные инвесторы

Частные инвесторы

Иностранные инвесторы

Потребители

Государство как инвестор энергетической отрасли

Определены приоритетные направления российской модернизации (энергоэффективность и энергосбережение)

Меры активизации инвестиций:

создание стабильного режима налогообложения и нормативно-правовой базы, защищающей и гарантирующей соблюдение в законном порядке прав и интересов инвесторов;

совершенствование нормативно-правовой базы в сфере участия иностранных инвесторов в строительстве объектов добычи, производства и транспортировки топливно-энергетических ресурсов;

развитие использования соглашений о разделе продукции (СРП) и концессионных соглашений;

развитие лизинговых отношений.

Задание 11.8 Основные принципы бизнес-планирования в энергетике.
Ответ:

Планирование – это разработка и установка руководством предприятия системы количественных и качественных показателей его развития, в которых определяются темпы, пропорции и тенденции развития данного предприятия как в текущем периоде, так и на перспективу.

Виды планирования: Перспективное (бизнес-планирование) – бизнес-план, текущее (бюджетирование) – бюджет, оперативно-производственное (календарное планирование) – оперативный план.

Количественный подход к целеполаганию: ключевые показатели эффективности, система сбалансированных показателей, система показателей, объединяющих финансовые и нефинансовые показатели.

Бизнес планирование – это построение плана, способа будущих действий, определение экономического содержания и последовательных шагов, ведущих к намеченной цели.

Функции бизнес-планирования: выработка предпринимательской стратегии; формирование комплекса шагов по реализации выбранных стратегий и по оценке эффективности их внедрения; режим привлечения необходимых ресурсов для воплощения стратегии.

Принципы бизнес-планирования: гибкость, непрерывность, коммуникативность, интерактивность, многовариантность.

Типовая структура бизнес плана: титульная страница, резюме проекта, описание компании – автора, описание товара (услуги), маркетинговый анализ, стратигия продвижения, план производства, план по персоналу, организационная структура и управление, финансовый план, анализ рисков, приложения.

Ключевые и оценочные показатели деятельности энергокомпании:

Капитализация – дивиденты.

ROE – критерий надежности, лимит эксплуатационных расходов.

Состояние оборудования – мощность (КИУМ), производиельность.

Финансовые показатели – ROTA, рентабельность продаж, коэффициент автономности, коэффициент ликвидности.

Экономические показатели – выручка, затраты, прибыль на единицу мощности, численности, эксплуатационные расходы.

Парковый ресурс.

Износ основных фондов.

Коэффициент возобновляемых основных фондов.

Удельные затраты на ремонт.

Доля рынка.

Годовые показатели энергопредприятий:

Генерирующие компании: рентабельность собственного капитала, критерий надежности, лимит эксплуатационных расходов, прибыль на акцию, дивиденды, доля рынка, коэффициент износа основных фондов, коэффициент возобновления основных фондов, приведенный полезный отпуск на одного работника среднесписочной численности ППП.

Сетевые компании: структура выручки по направлениям бизнеса, транспортировка электроэнергии, технологическое присоединение потребителей, общая структура себестоимости, показатели эффективности, показатели финансово-экономической деятельности.

Содержание бизнес-плана энергокомпаний

Баланс мощности, производственная программа, запасы и расходы топлива, ремонтная программа – операционное производственное планирование и анализ.

Программа реализации, тарифы, выручка, смета затрат, достижение КПЭ (ПУИ) – планирование и факторный анализ результатов хозяйственной деятельности.

План прибылей и убытков, расходы из прибыли, движение денежных средств – операционное финансовое планирование и анализ.

Инвестиционная программа – планировании и анализ инвестиционной деятельности.

Прогнозный баланс – планирование и анализ финансового состояния.

Вспомогательные формы – отражение внутренних оборотов по консолидируемым формам.

Структура бизнес-плана энергетических компаний:

Общие сведения об акционерном обществе

Ключевые и оценочные показатели компании

Программа реализация (объемы реализации, тарифы, выручка)

Сводный баланс электрической мощности

Производственная программа

Смета затрат

План ремонтов

Инвестиционная программа

Расход и стоимость топлива

Прочие доходы и расходы

Прогноз движения денежных средств

План мероприятий по достижению КПЭ

Задание 11.9 Основы ценообразования в энергетической отрасли.
Ответ:

Цена - это фундаментальная экономическая категория, которая представляет собой денежное выражение стоимости единицы товара, т.е. это количество денег, за которое продавец согласен продать, а покупатель купить товар.

Ценообразование - процесс формирования цен на товары, характеризуемый методами, способами установления цен.

Системы ценообразования

1) рыночное ценообразование на основе взаимодействия спроса и предложения

2) централизованное государственное ценообразование на основе назначения цен государственными
органами

Система энергорынков

1) потребительский

2) оптовый

3) организованный конкурентный

Основные типы рынков

Рынок «на сутки вперед»

Двусторонние договоры

Совмещенные конструкции

Балансирующий рынок – покупка (продажа) участниками оптового рынка объемов отклонений, определяемых как разница фактических объемов производства/потребления ЭЭ и планового почасового производства/потребления.

Особенности формирования тарифов в электроэнергетике.

Цены на энергетическую продукцию называют тарифами

О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике

Ключевые понятия:

регулируемая деятельность - деятельность в сфере электроэнергетики, в рамках которой расчеты за поставляемую продукцию (услуги) осуществляются по ценам (тарифам), которые подлежат государственному регулированию

цены (тарифы) - система ценовых ставок, по которым осуществляются расчеты за электрическую энергию (мощность), а также за услуги, оказываемые на оптовом и розничных рынках электрической энергии

ценообразование - процесс расчета и установления регулируемых цен (тарифов), применяемых при расчетах за электрическую энергию (мощность), а также за соответствующие услуги, оказываемые организациями, осуществляющими регулируемую деятельность

На сегодняшний день регулируемые цены (тарифы) в электроэнергетике включают в себя следующие группы:

цены (тарифы) на оптовом рынке

цены (тарифы) на розничных рынках

цены (тарифы) на услуги, оказываемые на оптовом и розничном рынках

Регулирование цены (тарифы) на оптовом рынке

Осуществляется только на федеральном уровне

Также положениями законов определено, что с 1 января:

на территориях, объединенных в ценовые зоны оптового рынка, осуществляется:
- продажа электрической энергии (мощности) населению и приравненным к нему категориям потребителей - по регулируемым ценам (тарифам);
- продажа электрической энергии (мощности) потребителям, кроме населения, - по свободным (нерегулируемым) ценам .

на территориях, не объединенных в ценовые зоны оптового рынка , государственное регулирование тарифов сохраняется в полном объеме.

Регулирование цены (тарифы) на розничном рынке

Осуществляется, как и на федеральном уровне, так и на региональном

На федеральном уровне устанавливаются предельные (минимальные и (или) максимальные) уровни тарифов:

на электрическую энергию (мощность), поставляемую населению и приравненным к нему категориям потребителей;

электрическую энергию (мощность), поставляемую иным покупателям на розничных рынках.

Регулирование цены (тарифы) на розничном рынке

На региональном уровне органами исполнительной власти субъектов РФ устанавливаются фиксированные уровни тарифов:

на электрическую энергию (мощность), поставляемую населению и приравненным к нему категориям потребителей;

электрическую энергию (мощность), поставляемую иным покупателям на розничных рынках (за исключением населения) на территориях, не объединенных в ценовые зоны оптового рынка;

сбытовые надбавки гарантирующих поставщиков;

услуги на розничном рынке электрической энергии.

Основами ценообразования в области регулирования цен (тарифов) в электроэнергетике предусмотрено 2 метода:

метод доходности инвестированного капитала

метод долгосрочной индексации необходимой валовой выручки

Правила государственного регулирования (пересмотра, применения) цен (тарифов) в электроэнергетике

Основы и правила государственного регулирования цен (тарифов) в электроэнергетике, определяет границы ценовых зон оптового рынка, устанавливает правила ведения обязательного раздельного учета по видам деятельности в электроэнергетике.

В качестве примера

предельные (минимальный и (или) максимальный) уровни цен (тарифов) на электрическую энергию, поставляемую населению и приравненным к нему категориям.

предельные (минимальный и (или) максимальный) уровни цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность), поставляемую покупателям на розничных рынках на территориях, не объединенных в ценовые зоны оптового рынка, за исключением электрической энергии (мощности), поставляемой населению и приравненным к нему категориям потребителей.

Цены (тарифы) и (или) их предельные уровни вводятся в действие с начала очередного года на срок не менее 12 месяцев.

Установление цен (тарифов) и (или) предельных уровней производится регулирующими органами путем рассмотрения соответствующих дел, если иное не предусмотрено настоящими Правилами.

Решение об установлении цен (тарифов) и (или) их предельных уровней обратной силы не имеет.

Цены (тарифы) и (или) их предельные уровни подлежат применению в соответствии с решениями регулирующих органов, в том числе с учетом особенностей, предусмотренных нормативными правовыми актами в области электроэнергетики

Задание 11.10 Оптовой и розничный рынок энергии и мощности.
Ответ:

Состав и взаимосвязи рынков в электроэнергетической отрасли

Электроэнергетическая отрасль

Вертикальная интеграция

Монополизация

Естественная-монополия

Конкурентные виды деятельности

Обобщенная схема рынков в электроэнергетике

Рынок сервисных услуг Рынок тепловой энергии

На устройство системы рынков влияют особенности энергосистемы страны:

структура генерирующих мощностей (соотношение ГЭС, ТЭС, АЭС)

особенности сетевой инфраструктуры

институциональные особенности страны

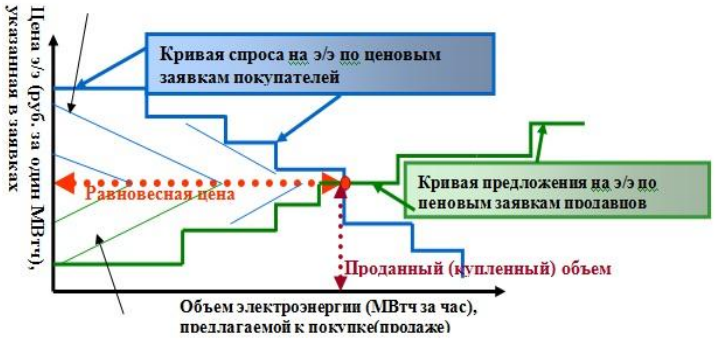
Различные типы организации торговых сделок на рынке электроэнергии:

способ торговли, основанный на централизованном планировании режимов (иногда называемый «пулом», спот-рынком, рынком «на сутки вперед»), в котором, как правило, режимы и цены определяются на основе результатов аукциона ценовых заявок поставщиков и покупателей электроэнергии;

сделки, основанные на двухсторонних договорах между генерирующими компаниями и покупателями электроэнергии;

совмещенные конструкции, дающие возможность генерирующей компании заключать двухсторонние договоры и участвовать в централизованном планировании режимов, подавая ценовые заявки.

Аукцион с маржинальным ценообразованием



Совокупный излишек *= Излишек производителя + Излишек потребителя*

Двусторонние финансовые и физические договоры

азличают два типа договоров в электроэнергетике:

«физические» договоры;

финансовые договоры.

Договоры привлекательны для участников по следующим причинам:

долго- и среднесрочная уверенность в доходах (расходах);

хеджирование ценовых колебаний;

удобные для сторон договора порядок расчетов и платежей.

Другие типы рынков:

Балансирующий рынок

Рынок мощности

Рынок системных услуг

Розничный рынок электрической энергии

Выбор модели розничного рынка

Розничный рынок может функционировать в рамках одной из двух моделей:

монопольной, регулируемой государством, при которой на определенной территории осуществляет деятельность только один продавец электроэнергии конечным потребителям;

НЕДОСТАТКИ

нет стимулов;

абсолютно не прозрачна;

высокое сопротивление внедрению конкурентных отношений

конкурентной, при которой на определенной территории работает несколько конкурирующих между собой продавцов и/или поставщиков электроэнергии конечным потребителям.

НЕДОСТАТКИ

организационные;

финансовые;

технологические

Особенности оптового рынка в российской электроэнергетике

Субъекты российского оптового рынка:

Продавцы оптового рынка:

Покупатели оптового рынка:

Инфраструктурные организации на оптовом рынке выполняют следующие функции:

Каждый из субъектов оптового рынка играет свою роль в процессе его функционирования.

Основные принципы функционирования переходного оптового рынка электроэнергии (мощности)

Переходный оптовый рынок электроэнергии состоит из:

Рынка двусторонних договоров (регулируемых и свободных)

Конкурентного рынка на сутки вперед

Конкурентного балансирующего рынка

Переходный оптовый рынок мощности состоит из:

Рынка двусторонних договоров (регулируемых и свободных)

Конкурентного отбора мощности

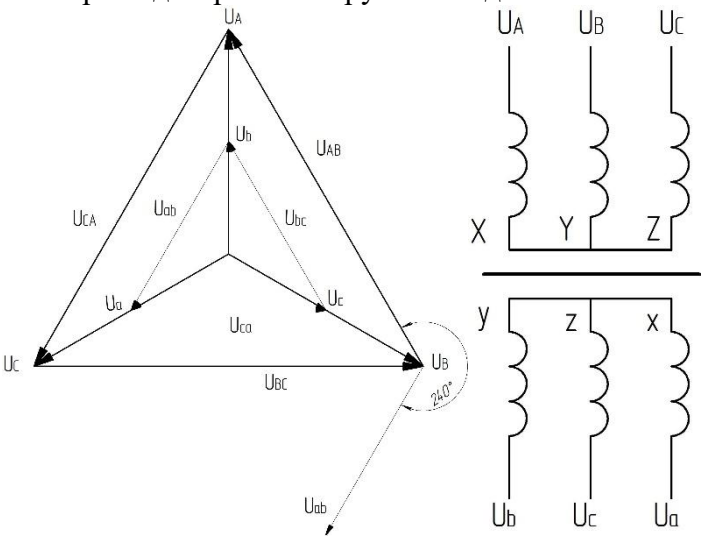
Задание 12.

Задание 12.1. Задание специальной части (сложное)

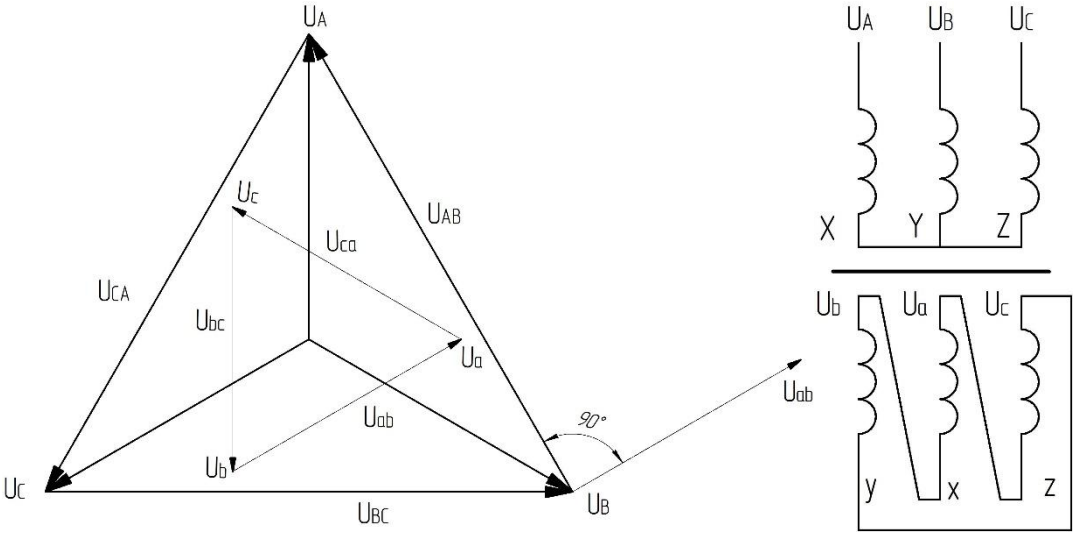
Дано: Построить векторные диаграмму трансформатора для 8 и 3 групп соединения. Показать на схеме маркировку начал и концов обмоток данных силовых трансформаторов

Ответ:

Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 8 группы



Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 3 группы

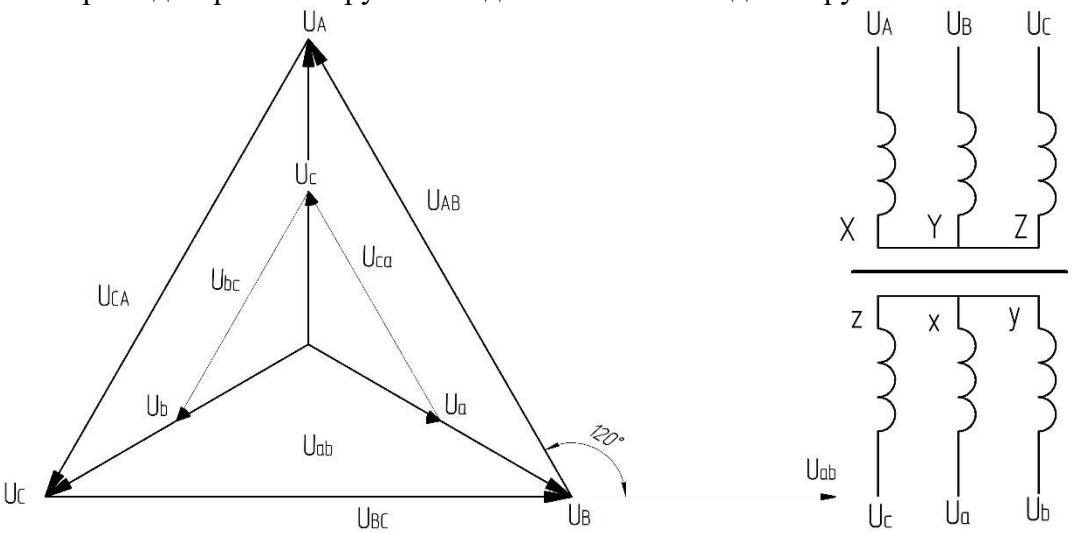


<u>Задание 12.2</u>. Задание специальной части (сложное)

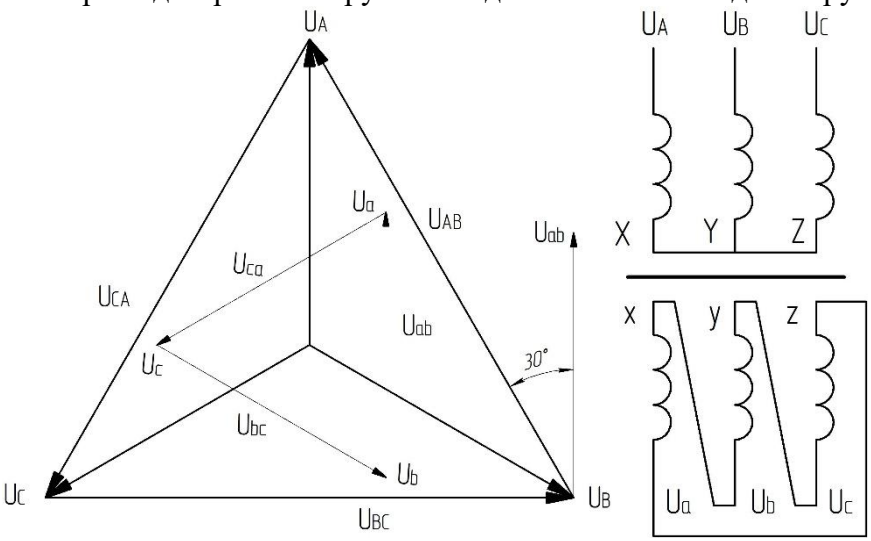
Дано: Построить векторные диаграмму трансформатора для 4 и 1 групп соединения. Показать на схеме маркировку начал и концов обмоток данных силовых трансформаторов

Ответ:

Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 4 группы



Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 1 группы

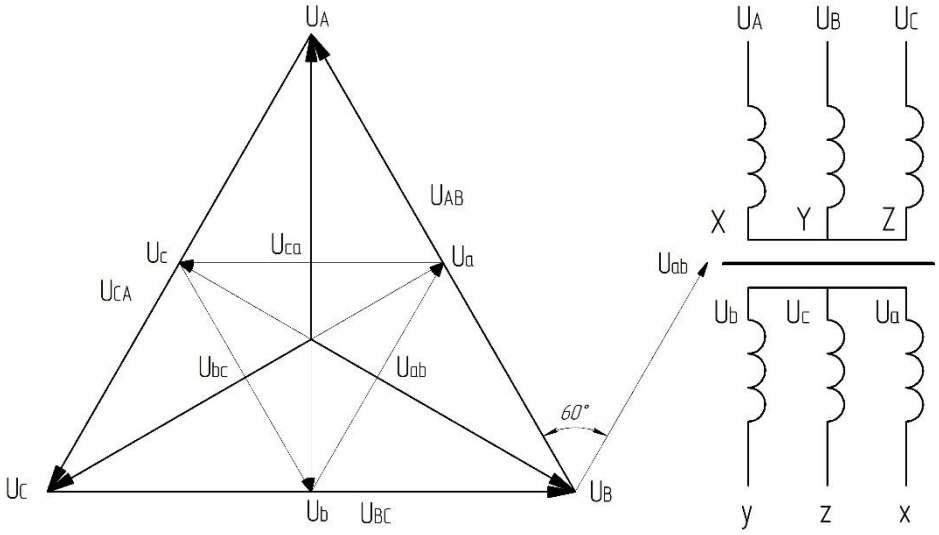


<u>Задание 12.3</u>. Задание специальной части (сложное)

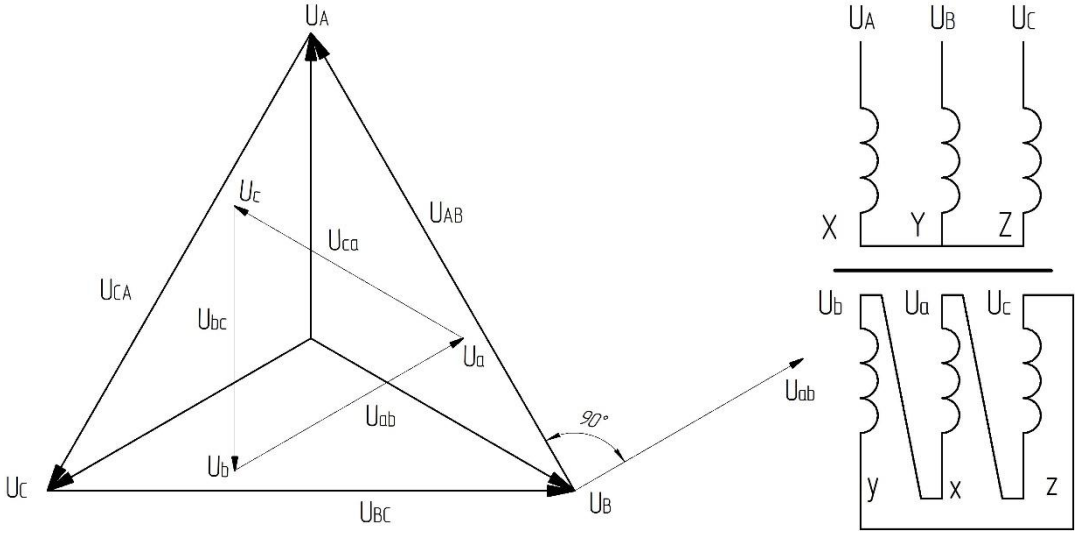
Дано: Построить векторные диаграмму трансформатора для 2 и 3 групп соединения. Показать на схеме маркировку начал и концов обмоток данных силовых трансформаторов

Ответ:

Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 2 группы



Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 3 группы

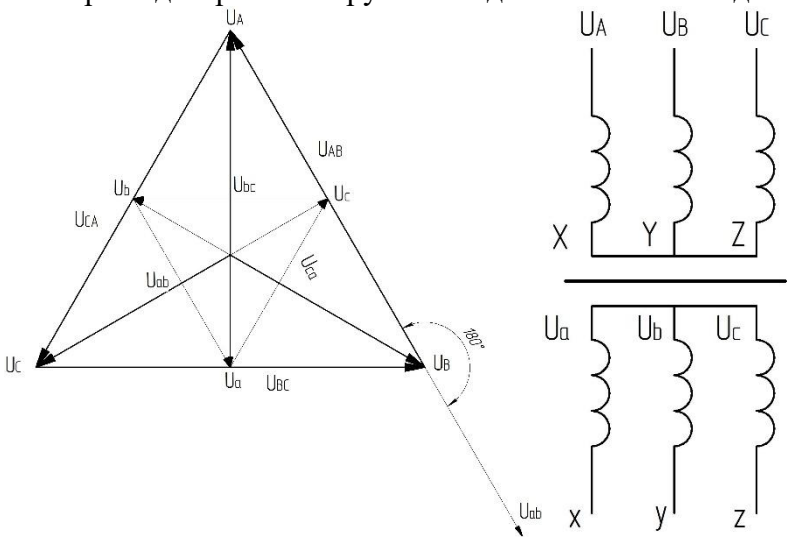


<u>Задание 12.4</u>. Задание специальной части (сложное)

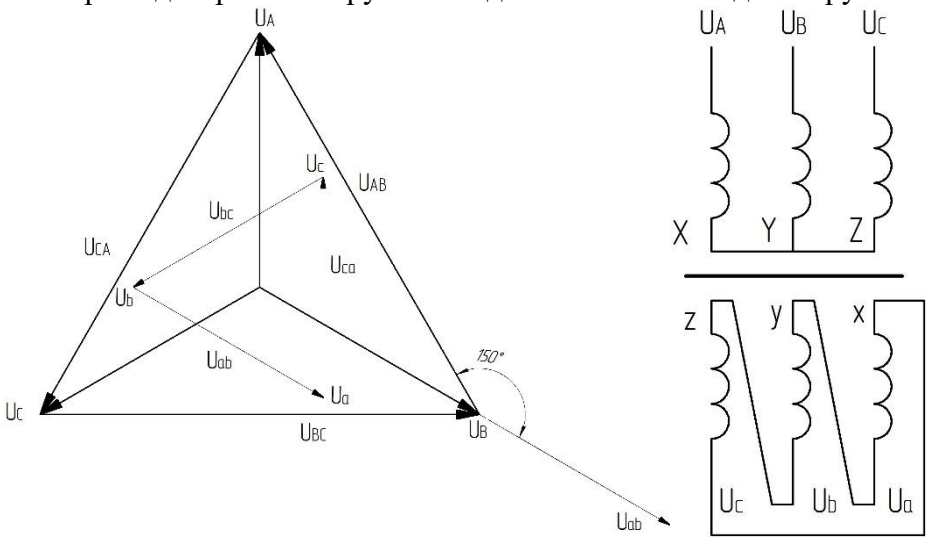
Дано: Построить векторные диаграмму трансформатора для 6 и 5 групп соединения. Показать на схеме маркировку начал и концов обмоток данных силовых трансформаторов

Ответ:

Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 6 группы



Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 5 группы

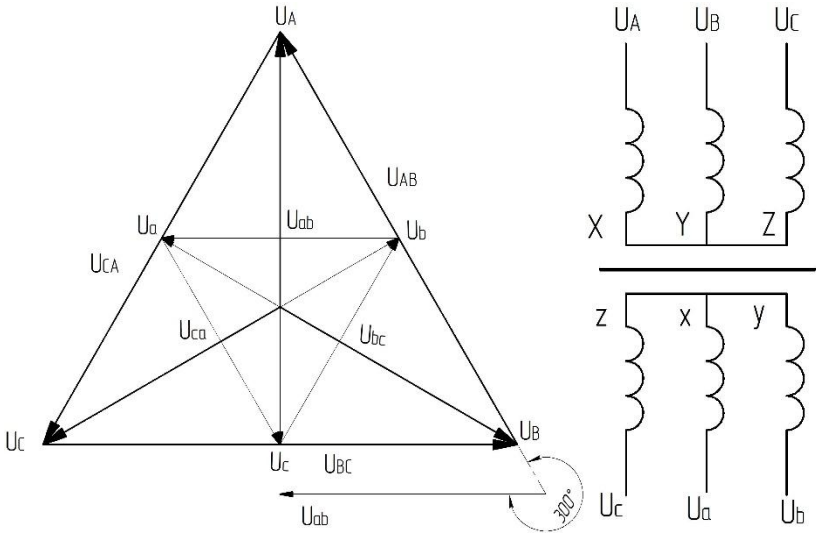


<u>Задание 12.5</u>. Задание специальной части (сложное)

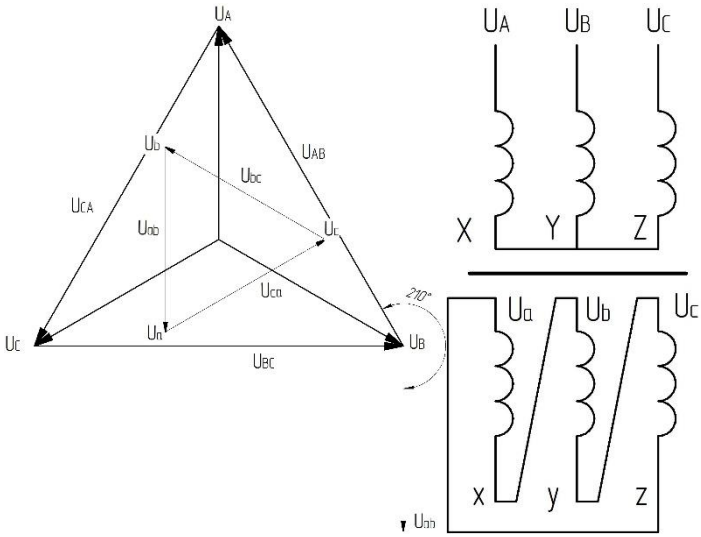
Дано: Построить векторные диаграмму трансформатора для 10 и 7 групп соединения. Показать на схеме маркировку начал и концов обмоток данных силовых трансформаторов

Ответ:

Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 10 группы



Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 7 группы

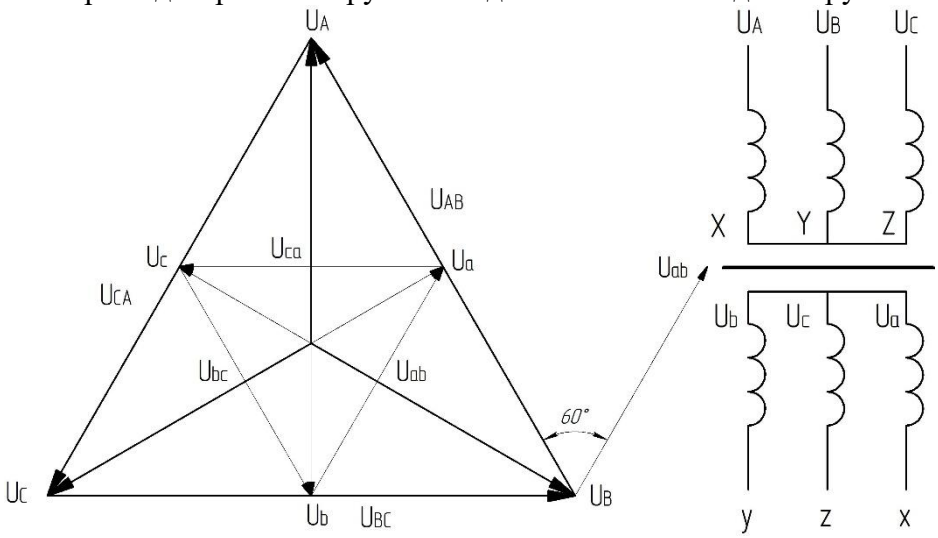


<u>Задание 12.6</u>. Задание специальной части (сложное)

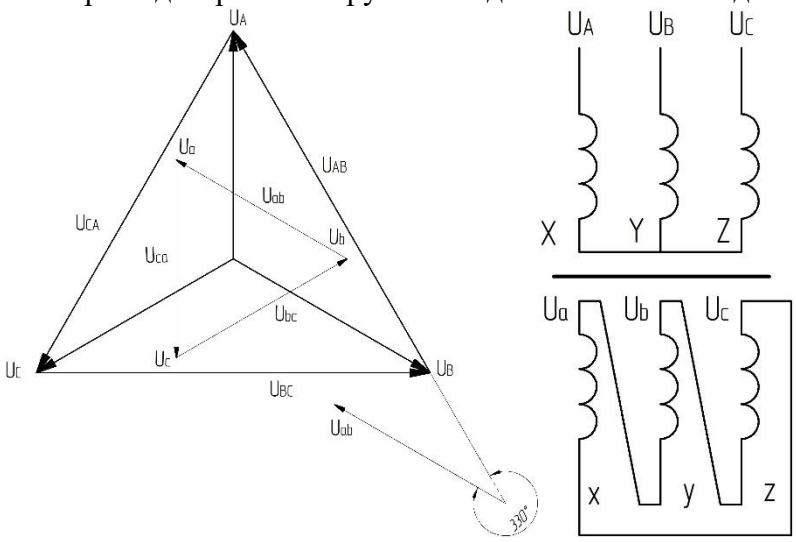
Дано: Построить векторные диаграмму трансформатора для 2 и 11 групп соединения. Показать на схеме маркировку начал и концов обмоток данных силовых трансформаторов

Ответ:

Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 2 группы



Векторная диаграмма и группы соединений обмоток для 11 группы



<u>Задание 12.7</u>. Задание специальной части (сложное)
Конструкция и принцип действия трансформатора напряжения.
Ответ:
Для передачи электроэнергии на большие расстояния напряжения электрического тока с помощью силовых трансформаторов повышают до сотен тысяч вольт. Поскольку высокие напряжения очень опасны, то для работы электроприборов используют ток после силового понижающего трансформатора. Однако на всей протяженности ЛЭП установлено множество защитных устройств. Для отделения напряжений цепей этих приборов от потенциалов линий электропередач применяют трансформатор напряжения (ТН).
Приборы этого типа часто используются для безопасного способа подключения измерительных приборов. Задача ТН состоит в преобразовании высоковольтных токов линий (свыше 6 кВ) до безопасного уровня. Применение таких трансформаторов удешевляет эксплуатацию энергосистем за счет снижения затрат на изоляцию оборудования, работающего в низковольтных сетях.
Устройство и принцип действия
Конструктивно ТН особо не отличается от других типов преобразующих устройств. Его устройство:
магнитный сердечник, шихтованный из пластин электротехнической стали;
первичная катушка;
одна или две вторичные обмотки;
защитный кожух (для конструкций уличного типа).
Внешний вид и схематическое изображение изделия смотрите на рис.1. На картинке изображено устройство с одной (основной) вторичной обмоткой. На некоторых моделях есть дополнительная вторичная обмотка, которая может использоваться, например, для подключения приборов измерения.
Между выводами первичных обмоток и вторичными катушками отсутствует гальваническая связь. Это главное отличие измерительных трансформаторов от конструкции обычного понижающего трансформатора.
Защитные кожухи изготовляются из разных материалов. В моделях, используемых для обслуживания высоковольтных ЛЭП, применяют диэлектрики, изготовленные из фарфора. Для охлаждения обмоток таких высоковольтных агрегатов применяют специальные трансформаторные масла.
Трехфазные ТН с нулевыми выводами выполняются на магнитопроводе с пятью стержнями. Такая конструкция защищает обмотки от перегрева, так как при однофазных замыканиях в цепях высоковольтных проводов цепь линий суммарного магнитного потока в самом трансформаторе замыкается по стали сердечника.
Принцип действия также мало отличается от работы силового понижающего трансформатора. Магнитный поток, возникающий в первичной катушке, распространяется по магнитопроводу, вызывая напряжение ЭДС во вторичной обмотке. Величина напряжения зависит от соотношения числа витков в катушках. Поскольку вторичные обмотки состоят из малого количества витков, то и выходное напряжение небольшое (обычно оно не превышает 100 В).

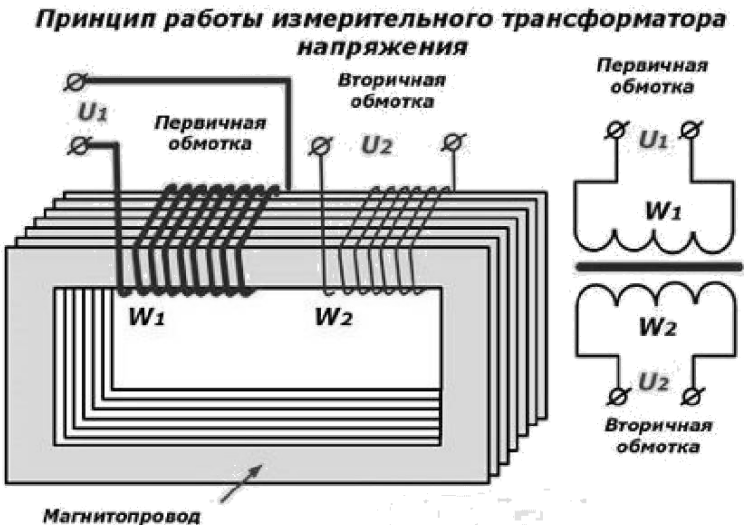


Рис. 1. Принципиальная схема трансформатора напряжения

Разновидности

По конструкции и способам подключения трансформаторы напряжения классифицируются следующим образом:

- двухобмоточный ТН (состоит из первичной катушки и основной вторичной обмотки);
- трехобмоточный (имеет две вторичные обмотки. Одна из них является основной, а другая – дополнительной);
- заземляемый (конструкция однофазных ТН у которых один вывод первичной обмотки уходит на землю.В моделях трехфазных ТН наглухо заземлены все нейтрали);
- незаземляемый;
- тип каскадных трансформаторов (первичную обмотку образуют каскады из секций);
- семейство емкостных трансформаторов, конструкция которых содержит элементы емкостных делителей;

модели антирезонансных трансформаторов.

<u>Задание 12.8</u>. Задание специальной части (сложное)

Конструкция и принцип действия трансформатора тока.

Ответ:

Для нормального функционирования устройств обеспечивающих релейную защиту высоковольтных ЛЭП, требуется контролировать параметры электрической линии. Снимать показания с высоковольтных проводов напрямую – опасно и не эффективно. Режим работы обычного трансформатора не позволяет контролировать изменение тока. Решает эту проблему трансформатор тока, у которого показатели вторичной цепи изменяются пропорционально величине тока первичной обмотки.

Внешний вид типичного трансформатора тока представлен на рисунке 1. Характерным признаком этих моделей является наличие у них диэлектрического корпуса. Формы корпусов могут быть разными – от прямоугольных до цилиндрических. В некоторых конструкциях отсутствуют проходные шины в центре корпуса. Вместо них проделано отверстие для обхвата провода, который выполняет функции первичной обмотки. Материалы диэлектриков выбирают в зависимости от величины напряжений, для которых предназначено устройство и от условий его эксплуатации. Для обслуживания промышленных энергетических систем изготавливают мощные ТТ с керамическими корпусами цилиндрической формы.

Особенностью трансформатора является обязательное наличие нагрузочного элемента (сопротивления) во вторичной обмоток (рис. 1).

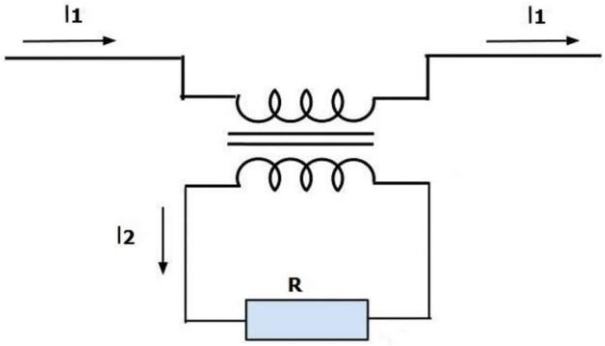


Рис. 1. Принципиальная схема трансформатора тока

Резистор необходим для того, чтобы не допускать работы в режиме без вторичных нагрузок. Функционирование трансформатор тока с ненагруженными вторичными обмотками недопустимо из-за сильного нагревания (вплоть до разрушения) магнитопровода.

В отличие от трансформаторов напряжения, ТТ оснащены только одним витком первичной обмотки (см. рис. 2). Этим витком часто является шина, проходящая сквозь кольцо сердечника с намотанными на него вторичными обмотками.

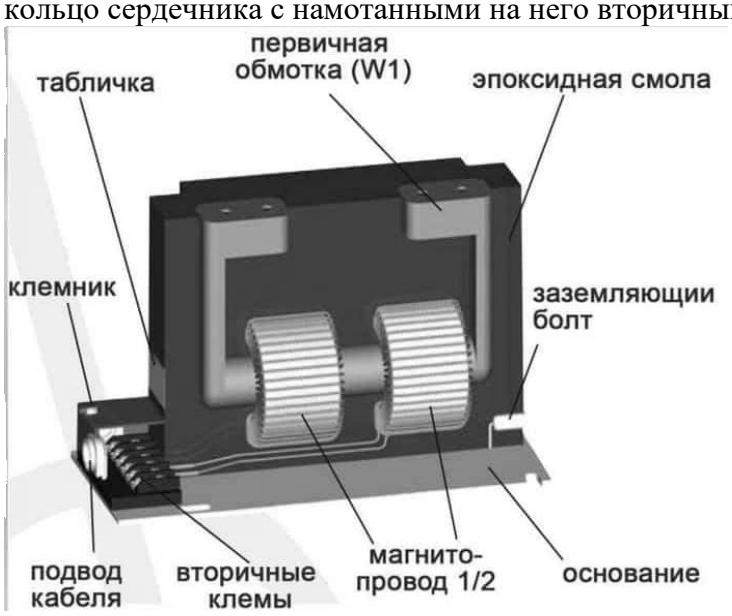


Рис. 2. Схематическое изображение ТТ

Принцип действия.

Основная задача токовых трансформаторов понизить (повысить) значение тока до приемлемой величины. Принцип действия основан на свойствах трансформации переменного электрического тока. Возникающий переменный магнитный поток улавливается магнитопроводом, перпендикулярным направлению первичного тока. Этот поток создается переменным током первичной катушки и наводит ЭДС во вторичной обмотке. После подключения нагрузки начинает протекать электрический ток по вторичной цепи.

Зависимости между обмотками и токами выражены формулой: $k = W2 / W1 = I1 / I2$.

Поскольку ток во вторичной катушке обратно пропорционален количеству витков в ней, то путем увеличения (уменьшения) коэффициента трансформации, зависящего от соотношения числа витков в обмотках, можно добиться нужного значения выходного тока.

На практике, чаще всего, эту величину устанавливают подбором количества витков во вторичной обмотке, делая первичную обмотку одновитковой.

Линейная зависимость выходного тока (при номинальной мощности) позволяет определять параметры величин в первичной цепи. Численно эта величина во вторичной катушке равна произведению реального значения тока на номинальный коэффициент трансформации.
В идеале $I_1 = kI_2 = I_2W_2/W_1$. С учетом того, что $W_1 = 1$ (один виток) $I_1 = I_2W_2 = kI_2$. Эти несложные вычисления можно заложить в программу электронного измерителя.
Классификация.
Семейство трансформаторов тока классифицируют по нескольким признакам.
По назначению:
защитные;
линейки измерительных трансформаторов тока;
промежуточные (используются для выравнивания токов в системах дифференциальных защит);
лабораторные.
По способу монтажа:
наружные (см. рис. 8), применяются в ОРУ;
внутренние (размещаются в ЗРУ);
встраиваемые;
накладные (часто совмещаются с проходными изоляторами);
переносные.

<u>Задание 12.9.</u> Задание специальной части (сложное)
Выбор коммутационных аппаратов: выключатели.
Ответ:
В электрических установках основным коммутационным аппаратом является выключатель.
Выключатели являются основными коммутационными аппаратами и служат для отключения и включения цепей в различных режимах работы.
Выключатель служит для включения и отключения токов, протекающих в нормальных и аварийных режимах работы электроустановки: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход, несинхронная работа. Наиболее тяжелые условия работы выключателя возникают при отключении токов КЗ и включении на существующее короткое замыкание. Выключатели высокого напряжения должны длительно выдерживать номинальный ток и номинальное напряжение.
Типы выключателей, используемых для коммутации электрических цепей: маломасляные (для цепей генераторов), воздушные, элегазовые, вакуумные.
При выборе выключателей необходимо учитывать основные требования, предъявляемые к ним. Выключатели должны надёжно отключать любые токи: нормального режима и КЗ, а также малые индуктивные и ёмкостные токи без появления при этом опасных коммутационных перенапряжений. Для сохранения устойчивой работы системы отключение коротких замыканий должно производиться как можно быстрее; выключатель должен быть приспособлен для быстродействующего АПВ. Конструкция выключателя должна быть простой, удобной для эксплуатации и транспортировки, выключатель должен обладать высокой ремонтопригодностью, взрыво- и пожаробезопасностью.
Выключатели выбирают по типу, номинальному напряжению установки, длительному номинальному току и проверяют по отключающей способности, динамической и термической стойкости.
Расчётным видом короткого замыкания при проверке выключателей на электродинамическую динамическую и термическую стойкость является трёхфазное короткое замыкание. Проверку по отключающей способности выполняют по большему току, в данном случае по току однофазного короткого замыкания.

Проверка выключателей по условиям короткого замыкания производится:
1) на электродинамическую стойкость:
$i_{п.скв} \geq i_{уд}$,
$I_{н.скв} \geq I''$,

2) на термическую стойкость:
$B_{к.доп} = I_{т.с.}^2 \cdot t_{т.с.} \geq B_{к.расч} = I''^2 \cdot (t_{откл} + T_a)$;
3) на отключающую способность:
- по периодической составляющей;
$\sqrt{2} I_{ном.откл}(1 + \beta_{норм}) \geq \sqrt{2} I_{п.т} + i_{at}$
- по полному току КЗ; ;
4) на включающую способность:
$i_{ном.вкл} \geq i_{уд}$, $I_{ном.вкл} \geq I''$
5) по параметрам восстанавливающегося напряжения.
Проверку по параметрам восстанавливающегося напряжения обычно не делают, так как для большинства систем реальные условия восстановления напряжения на контактах выключателя соответствуют тем, в которых испытан выключатель.

<u>Задание 12.10.</u> Задание специальной части (сложное)
Выбор коммутационных аппаратов: разъединители.
Ответ:
Разъединитель – это контактный коммутационный аппарат, предназначенный для отключения и включения электрической цепи без тока или с незначительным током.
Разъединители предназначены для отключения и включения цепей без тока и для создания видимого разрыва цепи в воздухе. В установках небольшой мощности разрешается отключать разъединителем ненагруженные трансформаторы, включать и отключать нагрузочный ток линий до 15 А при напряжении 10 кВ и ниже, отключать в определённых пределах зарядный ток воздушных и кабельных линий и ток замыкания на землю.
Для обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации разъединителей следует стремиться к применению разъединителей преимущественно трёхполюсного типа. Чтобы исключить ошибочные действия с разъединителями, устанавливают блокировки (механические, электрические), которые разрешают оперировать с разъединителями только в том случае, если связанный с ними выключатель отключён.
Разъединители выбирают по номинальному напряжению и длительному номинальному току и проверяют в режиме короткого замыкания на динамическую и термическую стойкость.
Выбор разъединителей производится:
– по напряжению установки:
$U_{ном} \geq U_{уст}$
- по длительному номинальному току:
$I_{ном} \geq I_{прод.расч}$
- по конструкции, роду установки.
Проверка разъединителей производится:
- по электродинамической стойкости:
$i_{п.скв} \geq i_{уд}$,
$I_{н.скв} \geq I''$,
- по термической стойкости:
$B_{к.доп} = I_{т.с.}^2 \cdot t_{т.с.} \geq B_{к.расч} = I''^2 \cdot (t_{откл} + T_a)$

Задание 13.

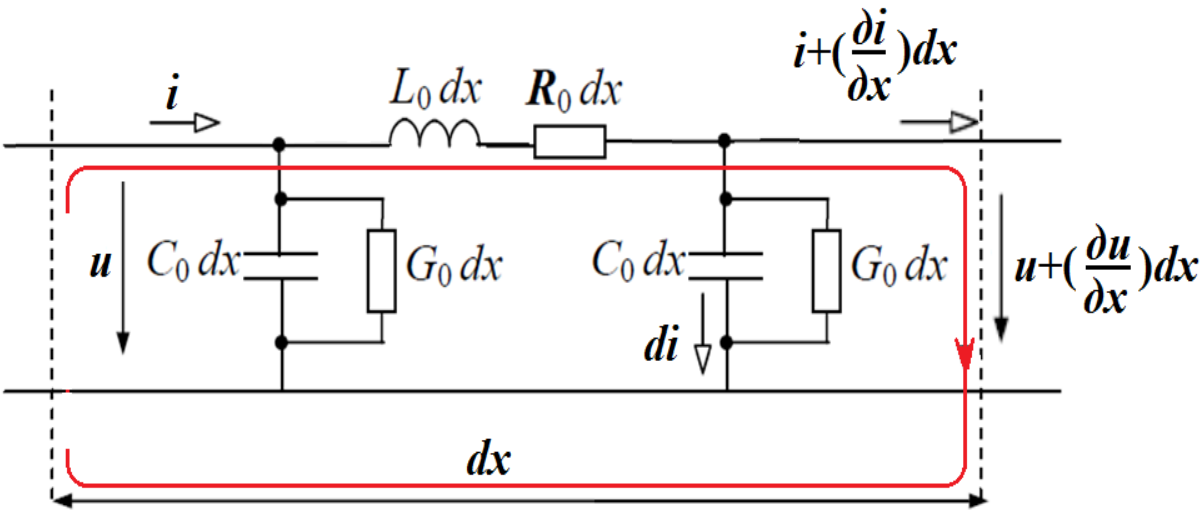
Задание 13.1 Задание специальной части (сложное)

Дано: цепь с распределенными параметрами

Необходимо: Дать определение цепей с распределенными параметрами. Привести схему замещения и пояснить её элементы. Дать понятие первичных параметров линии. Написать уравнения, описывающие её работу в дифференциальной форме.

Ответ: Под ***цепями с распределенными параметрами*** понимают такие цепи, в которых энергия электрического и магнитного полей, а также необратимые преобразования энергии (потери в виде тепла) распределены вдоль цепи (ее длины), при этом ток и напряжение различны на каждом участке и могут меняться в пределах одного участка.

Изобразим элементарный участок линии (рис.):



dx – длина элементарного участка,

i и ***u***– ток и напряжение в начале участка

Если для некоторого момента времени *t* ток в начале рассматриваемого участка равен *i*, то в силу наличия утечки тока через поперечный элемент ток в конце участка для того же момента времени будет равен $i+(\partial i/\partial x)dx$, где $\boldsymbol{\partial i/\partial x}$ **–** скорость изменения тока в направлении ***x***. Эта скорость, умноженная на расстояние *dx,* дает приращение тока на пути *dx*; тогда $\boldsymbol{i + (\partial i/\partial x)\, dx}$ – ток в конце участка. Аналогично для напряжения: $\boldsymbol{u + (\partial u/\partial x)\, dx}$– напряжение в конце участка.

Такой элементарный участок обладает параметрами: C_0dx, L_0dx, R_0dx, G_0dx .

Первичные параметры однородной линии, т. е. параметры линии на единицу длины:

$\boldsymbol{R_0}$ – продольное активное сопротивление единицы длины линии, Ом/км;

$\boldsymbol{L_0}$ – индуктивность единицы длины линии, Гн/км;

$\boldsymbol{C_0}$ – емкость единицы длины линии, Ф/км;

$\boldsymbol{G_0}$ – поперечная проводимость единицы длины линии, См/км.

Каждый участок линии длиной *dx* можно представить в виде Г-образного четырехполюсника, саму линию – в виде совокупности П- или Т-образных четырехполюсников, включенных каскадно.

Систему основных дифференциальных уравнений для линии с распределенными параметрами записывают с использованием частных производных, так как напряжения и токи зависят от двух координат: t и x. Они называются также телеграфные уравнения линии:

$$- \partial u/\partial x = L_0 (\partial i/\partial t) + R_0 i$$

$$- \partial i/\partial x = G_0 u + C_0 (\partial u/\partial t).$$

<u>Задание 13.2</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: цепь с распределенными параметрами

Необходимо: Пояснить как происходит решение цепей с распределенными параметрами в установившемся синусоидальном режиме. Привести Уравнения линии в комплексном виде и в гиперболических функциях в установившемся режиме.

Ответ: Пусть напряжение и ток в линии изменяются по синусоидальному закону во времени. Воспользуемся символическим методом.

Изображением тока $i=I_m\sin(\omega t+\varphi_i)$ и напряжения $u=U_m\sin(\omega t+\varphi_u)$ являются комплексы

$$\dot{I}e^{j\omega t} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} e^{j\phi_i} e^{j\omega t} \dot{U}e^{j\omega t} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} e^{j\phi_u} e^{j\omega t}$$

Комплексы $\underline{I}$ и $\underline{U}$ являются функциями расстояния *x*, но не функциями времени. Множитель $e^{j\omega t}$ есть функция времени *t*, но не зависит от *x*.

Представление изображений тока и напряжения в виде произведения двух множителей, из которых один является функцией только *x*, а другой – функцией только *t*, дает возможность перейти от уравнений в частных производных [уравнений (5.1) и (5.4)] к уравнениям в простых производных:

$$\frac{\partial u}{\partial x} \to e^{j\omega t}\frac{d\dot{U}}{dx} \quad L_0\frac{\partial i}{\partial t} \to L_0\dot{I}\frac{\partial e^{j\omega t}}{\partial t} = j\omega L_0\dot{I}e^{j\omega t} \quad (5.5)$$

$$\frac{\partial i}{\partial x} \to e^{j\omega t}\frac{d\dot{I}}{dx} \quad C_0\frac{\partial u}{\partial t} \to C_0\dot{U}\frac{\partial e^{j\omega t}}{\partial t} = j\omega C_0\dot{U}e^{j\omega t} \quad (5.6)$$

Подставим (5.5) и (5.6) в (5.1) и (5.4) и сократим в полученных уравнениях множитель $e^{j\omega t}$.

Получим

$$-\frac{d\dot{U}}{dx} = \underline{Z}_0\dot{I} = (R_0 + j\omega L_0)\,\dot{I} \quad (5.7)$$

$$-\frac{d\dot{I}}{dx} = \underline{Y}_0\dot{U} = (G_0 + j\omega C_0)\dot{U} \quad (5.8)$$

Решим систему уравнений (5.7) и (5.8) относительно $\underline{U}$. Для этого продифференцируем по *x* выражение (5.7):

$$-\frac{d^2\dot{U}}{dx^2} = \underline{Z}_0 \frac{d\dot{I}}{dx} \quad (5.9)$$

В уравнение (5.9) вместо $d\underline{I}/dx$ подставим правую часть уравнения (5.8). Получим

$$\frac{d^2\dot{U}}{dx^2} = \underline{Z}_0 \underline{Y}_0 \dot{U} \quad (5.10)$$

Уравнение (5.10) представляет собой линейное дифференциальное уравнение второго порядка. Решение его

$$\dot{U} = \dot{A}_1 e^{\gamma x} + \dot{A}_2 e^{-\underline{\gamma} x} \quad (5.11)$$

$\underline{A}_1$ и $\underline{A}_2$ – постоянные интегрирования, имеющие размерность напряжения, которые определим через напряжение и ток в начале или в конце линии.

Уравнения линии в комплексном виде в установившемся режиме:

$$\begin{cases} \dot{U} = \frac{1}{2}(\dot{U}_1 + \dot{I}_1 \underline{Z}_C) e^{\gamma x} + \frac{1}{2}(\dot{U}_1 + \dot{I}_1 \underline{Z}_C) e^{-\underline{\gamma} x} \\ \dot{I} = -\frac{1}{2}\left(\frac{\dot{U}_1}{\underline{Z}_C} - \dot{I}_1\right) e^{\underline{\gamma} x} + \frac{1}{2}\left(\frac{\dot{U}_1}{\underline{Z}_C} + \dot{I}_1\right) e^{-\underline{\gamma} x} \end{cases}$$

Уравнения линии в гиперболических функциях в установившемся режиме:

$$\begin{cases} \dot{U}(x) = \dot{U}_1 \mathrm{ch}\gamma x - \dot{I}_1 \underline{Z}_C \mathrm{sh}\gamma x \\ \dot{I}(x) = \dot{I}_1 \mathrm{ch}\gamma x - \frac{\dot{U}_1}{\underline{Z}_C} \mathrm{sh}\gamma x \end{cases}$$

<u>Задание 13.3</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: цепь с распределенными параметрами

Необходимо: Пояснить понятия вторичные параметрами длинной линии.

Привести уравнения связи между первичными и вторичных параметрами линии.

Ответ: Коэффициент распространения

$$\underline{\gamma} = \sqrt{\underline{Z}_0 \underline{Y}_0} = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)\cdot(G_0 + j\omega C_0)} \quad (5.12)$$

$$\gamma = \alpha + j\beta \quad (5.13)$$

где α – коэффициент затухания – характеризует собой затухание амплитуды падающей волны на единицу длины линии (на 1 км), что обусловлено потерями в линии, Нп/км;

β – коэффициент фазы – изменение фазы падающей волны на единицу длины линии, что связано с конечной скоростью распространения электромагнитных колебаний, рад/км.

Волновое (характеристическое) сопротивление:

$$\underline{Z}_C = \underline{Z}_B = \frac{\underline{Z}_0}{\underline{\gamma}} = \frac{\underline{Z}_0}{\sqrt{\underline{Z}_0 \underline{Y}_0}} = \sqrt{\frac{\underline{Z}_0}{\underline{Y}_0}} = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}} = Z_C e^{j\varphi_c}$$

Параметры $\underline{\gamma}$ и $\underline{Z}_B$ являются вторичными параметрами длинной линии.

Зная волновое сопротивление и коэффициент распространения, можно найти первичные параметры линии:

$$\underline{\gamma}\underline{Z}_C = \sqrt{\underline{Z}_0\underline{Y}_0}\sqrt{\frac{\underline{Z}_0}{\underline{Y}_0}} = \underline{Z}_0 = R_0 + j\omega L_0 \quad (1.19)$$

$$\frac{\underline{\gamma}}{\underline{Z}_C} = \frac{\sqrt{\underline{Z}_0\underline{Y}_0}}{\sqrt{\underline{Z}_0/\underline{Y}_0}} = \underline{Y}_0 = G_0 + j\omega C_0 \quad (1.20)$$

<u>Задание 13.4</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: цепь с распределенными параметрами

Необходимо: Пояснить как происходит процесс распространения волны в линии. Дать понятие прямой и обратной волны. Привести уравнения прямых и обратных волн и показать графически эти функций в общем виде.

Ответ: Электромагнитный процесс ЦРП определяется суммой двух процессов, представляющих собой падающие и отраженные волны.

Преобразуем формулы (5.11) и (5.14):

$$\dot{U} = A_1 e^{\alpha x} e^{j(\psi_1 + \beta x)} + A_2 e^{-\alpha x} e^{j(\psi_2 - \beta x)} \quad (5.21)$$

$$\dot{I} = -\frac{A_1}{Z_C} e^{\alpha x} e^{j(\psi_1 + \beta x - \varphi_C)} + \frac{A_2}{Z_C} e^{-\alpha x} e^{j(\psi_2 - \beta x - \varphi_C)} \quad (5.22)$$

Перейдем от комплексов напряжения и тока к функциям времени:

$$u = \sqrt{2} A_1 e^{\alpha x} \sin(\omega t + \psi_1 + \beta x) + \\ + \sqrt{2} A_2 e^{-\alpha x} \sin(\omega t + \psi_2 - \beta x) \quad (5.23)$$

$$i = -\sqrt{2}\frac{A_1}{Z_C} e^{\alpha x} \sin(\omega t + \psi_1 + \beta x - \varphi_C) + \\ + \sqrt{2}\frac{A_2}{Z_C} e^{-\alpha x} \sin(\omega t + \psi_2 - \beta x - \varphi_C) \quad (5.24)$$

В уравнениях (5.23) и (5.24) первые слагаемые представляют собой отраженную волну, а вторые слагаемые падающую волну.

Падающей (прямой) волной называют процесс перемещения электромагнитной волны по направлению от источника энергии к приемнику, т.е. в направлении увеличения координаты *x*.

Отраженной (обратной) волной называют процесс перемещения электромагнитной волны по направлению от приемника энергии к источнику энергии, т.е. в сторону уменьшения координаты *x*.

$$u = u_{отр} + u_{пад} = u_{пр} + u_{обр}$$

$$i = -i_{отр} + i_{пад} = i_{пр} - i_{обр}$$

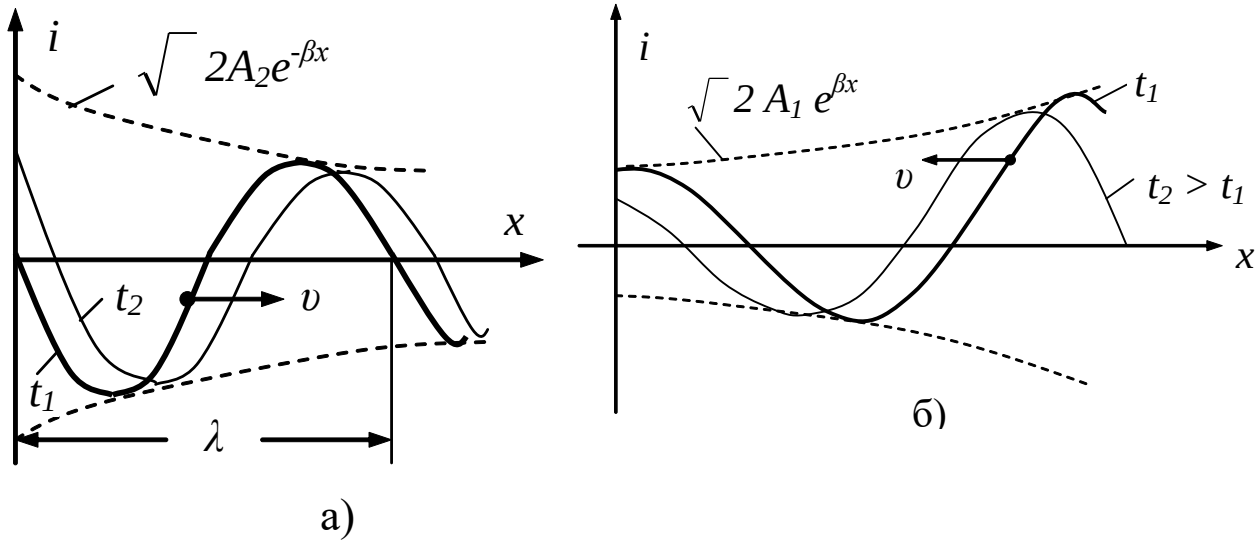


Рис. Падающие и отраженные волны в линии с распределенными параметрами (при ψ_2 = 0): а – падающая волна; б – отраженная волна.

<u>Задание 13.5</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: цепь с распределенными параметрами

Необходимо: Пояснить понятия фазовая скорость, длина волны, неискажающая линия, линия без потерь, согласованная нагрузка. Привести уравнения соответствующие и определяющие эти понятия.

Ответ: Фазовой скоростью $v_ф$ называют скорость, с которой надо перемещаться вдоль линии, чтобы наблюдать одну и ту же фазу колебания. Иначе: фазовая скорость – это скорость перемещения по линии неизменного фазового состояния.

Если фаза падающей волны напряжения неизменна, то в соответствии с формулой (5.23):

$$\omega t + \psi_2 - \beta x = const$$

Возьмем производную по времени от обеих частей последнего равенства

$$\frac{d}{dt}(\omega t + \psi_2 - \beta x) = 0$$

или

$$\omega - \beta \frac{dx}{dt} = 0$$

Тогда фазовая скорость

$$\upsilon_ф = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{\beta} \quad (5.25)$$

Под *длиной волны* □ понимают расстояние, на которое распространится волна за один период $T=1/f$.

Получаем:

$$\lambda = \upsilon_ф T = \frac{\upsilon_ф}{f} = \frac{2\pi}{\beta} \quad (5.26)$$

1. Для конкретной линии с распределенными параметрами длина волны обратно пропорциональна частоте и за время, равное одному периоду, волна пробегает расстояние, равное длине волны.

2. Линии, физическая длина которых соизмерима с длиной волны, называются *длинными линиями*.

Волновое сопротивление Z_B, коэффициент затухания α, коэффициент фазы β, а также скорость распространения волны $v_ф$ зависят от частоты. Это обстоятельство может вызвать искажение речи в телефонных линиях и искажение сигнала в телеграфных линиях, так как передача речи и сигналов осуществляется спектром токов разных частот.

Однако, если в линии соблюдается соотношение

$R_0 C_0 = G_0 L_0$,

то $v_ф$ и α не зависят от частоты, а β изменяется прямо пропорционально частоте, такая линия называется *неискажающей*. У нее форма сигнала в начале и в конце одинакова. Для неискажающей линии:

$$\alpha = \sqrt{R_0 G_0}; \quad \beta = \omega\sqrt{L_0 C_0}; \quad \underline{Z}_C = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}; \quad v_ф = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}} \quad (5.27)$$

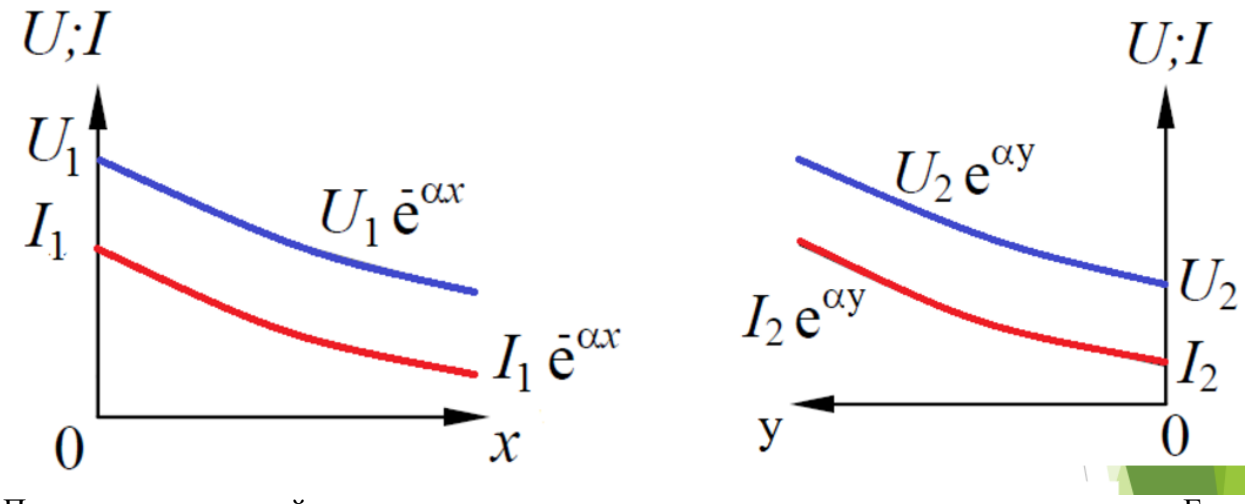
Для устранения возможных искажений, вызванных наличием отраженных волн, сопротивление приемника должно быть равным характеристическому.

При несогласованной нагрузке часть энергии в виде отраженной составляющей возвращается источнику. Поэтому при передаче сигналов и информации, как правило, подбирают *согласованный режим*. В этом случае $n_u = 0$, отраженная волна отсутствует: $\underline{Z}_H = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C$ и $u_{отр} = 0$, $i_{отр} = 0$.

По закону Ома $\underline{U}_2 = \underline{Z}_C \underline{I}_2$, а уравнения линии (3) принимают вид:

$$\begin{cases} \dot{U} = \dot{U}_{пр} = \frac{1}{2}(\dot{U}_1 + \dot{I}_1 \underline{Z}_C)e^{-\underline{\gamma}x} \\ \dot{I} = \dot{I}_{пр} = \frac{1}{2}(\frac{\dot{U}_1}{\underline{Z}_C} + \dot{I}_1)e^{-\underline{\gamma}x} \end{cases}$$

Действующие значения напряжения и тока вдоль линии при согласованной нагрузке изменяются по экспоненте. Вся энергия, поступающая в нагрузку, полностью ею потребляется.



При несогласованной нагрузке отраженная волна возвращается в начало линии. Если сопротивление генератора не равно *Zc* , то происходит повторное отражение и вновь отраженный сигнал поступает в нагрузку, для которой он является ложным. В линиях телефонной связи это приводит к неразборчивости речи, а в телевизионных приемниках – к нечеткости и многоконтурности изображения.

<u>Задание 13.6</u> Задание специальной части (сложное)

Дано: цепь с распределенными параметрами

Необходимо: Пояснить как происходит переходный процесс в цепях с распределенными параметрами. Привести волновые уравнения линии.

Ответ: В цепях с сосредоточенными параметрами переходные процессы протекают одновременно во всех направлениях цепи с одинаковой скоростью затухания.

В цепях с распределенными параметрами переходной процесс, начавшийся в какой-либо точке цепи, распространяется на остальные элементы в виде волн, которые распространяются вдоль цепи с конечной скоростью *v*. Эта скорость близка к скорости света $c=3\square 10^5$ км/с в воздушных линиях и $v<c$ ($\square$ $1{,}5\square 10^5$ км/с) для кабельных линий.

После подключения источника к линии линия начинает заряжаться до напряжения U_0.

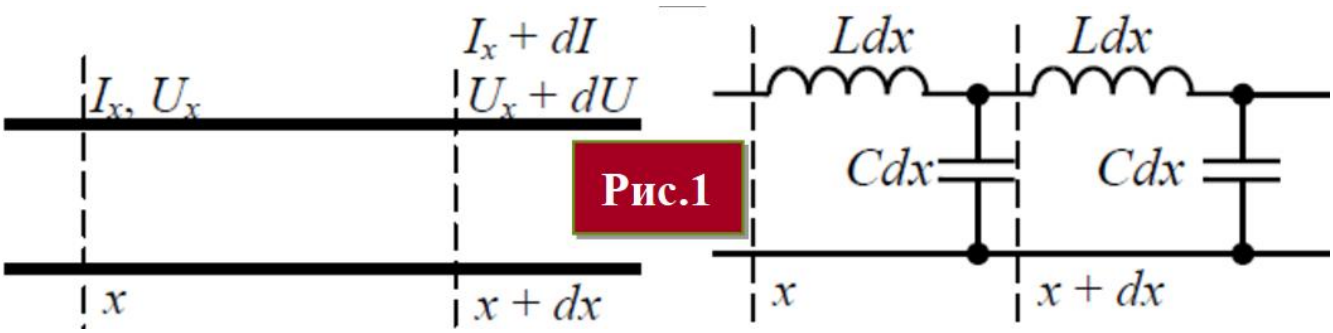


Рис.1

Пусть в момент времени t волна достигла точки с координатой *x*. Тогда во всех точках левее *x* напряжение между проводами равно U_0, а правее этой точки напряжение равно нулю. На поверхности верхнего провода происходит накопление положительного заряда и левее точки *x* заряд на единицу длины равен $q = CU_0$, а правее равен нулю.

Процесс распространения зарядов можно представить себе, таким образом: по мере перемещения волны слева направо элементы верхнего провода один за другим

приобретают некоторый положительный заряд и такой же положительный заряд отнимается от элементов нижнего провода.

Противоположные заряды образуют электрическое поле между проводами на всей длине участка линии, по которому уже прошла волна. При возникновении электрического поля у фронта волны между вновь заряжаемыми элементами проводов протекает ток смещения: $I_0 = C_0 U_0 v$

По мере движения цепь удлиняется, но ток остается в цепи неизменным.

В контуре, образуемом этой цепью, возникает магнитный поток, линии которого лежат в плоскостях, перпендикулярных к осям проводов. При перемещении волны на расстояние $dx = vdt$ магнитный поток увеличивается на величину

$d\Phi = L_0 I_0 dx = L_0 I_0 vdt$.

При возникновении потока в контуре наводится ЭДС самоиндукции, действующая против движения стрелки часов: $-d\Phi/dt = -L_0 I_0 dx/dt = -L_0 I_0 v$

В результате ЭДС самоиндукции у фронта волны, направленная по линии dx, равна и противоположна напряжению: $u = L_0 I_0 v = U_0$

Таким образом, токи электрического смещения между проводами создают переменное электрическое поле, которое вызывает появление переменного магнитного поля. Волна электромагнитного поля, а значит волны напряжения между проводами и тока проводимости в проводах линии начинают распространяться вдоль линии.

По мере распространения вдоль линии волна изменяет свою форму, поэтому переходной процесс в разных точках линии выглядит по-разному. Таким образом, переходной процесс в цепи с распределенными параметрами протекает в функции двух переменных – пространства и время.

Анализ переходных процессов в линии с распределёнными параметрами проводится на основе решения ее дифференциальных уравнений (телеграфные уравнения линии).

Дифференциальные уравнения линии без потерь получат вид:

$$\begin{cases} -\dfrac{\partial u}{\partial x} = L_0 \dfrac{\partial i}{\partial t} \\ -\dfrac{\partial i}{\partial x} = C_0 \dfrac{\partial u}{\partial t} \end{cases}$$

Выполним решение этой системы дифференциальных уравнений, для чего каждое из уравнений продифференцируем сначала по переменной x, а потом по переменной t:

$$\begin{cases} -\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} = L_0 \dfrac{\partial^2 i}{\partial x \cdot \partial t} \\ -\dfrac{\partial^2 i}{\partial x^2} = C_0 \dfrac{\partial^2 u}{\partial x \cdot \partial t} \end{cases} \qquad \begin{cases} -\dfrac{\partial^2 i}{\partial x \cdot \partial t} = C_0 \dfrac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ -\dfrac{\partial^2 u}{\partial x \cdot \partial t} = L_0 \dfrac{\partial^2 i}{\partial t^2} \end{cases}$$

Совместное решение каждой пары полученных уравнений дает результат:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} - L_0 C_0 \dfrac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \\ \dfrac{\partial^2 i}{\partial x^2} - L_0 C_0 \dfrac{\partial^2 i}{\partial t^2} = 0 \end{cases}$$

Введем обозначение

$v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}}$ □ скорость волны, после чего уравнения примут вид:

Волновые уравнения линии:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \\ \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} - \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \end{cases}$$

В курсе математики волновым уравнениям соответствует следующие решения (без вывода):

$$u(x,t) = f_1(t - \frac{x}{v} + \tau_1) + f_2(t + \frac{x}{v} + \tau_2) = u_n(x,t) + u_o(x,t)$$

$$i(x,t) = \frac{1}{Z_C} f_1(t - \frac{x}{v} + \tau_1) - \frac{1}{Z_C} f_2(t + \frac{x}{v} + \tau_2) = i_n(x,t) - i_o(x,t)$$

где $t_x = x/v$ – время прохождения прямой волны до точки с координатой x;

При изменении координаты 0 □x □l

время будет изменяться в пределах 0 □ t □ ($T = l / v$).

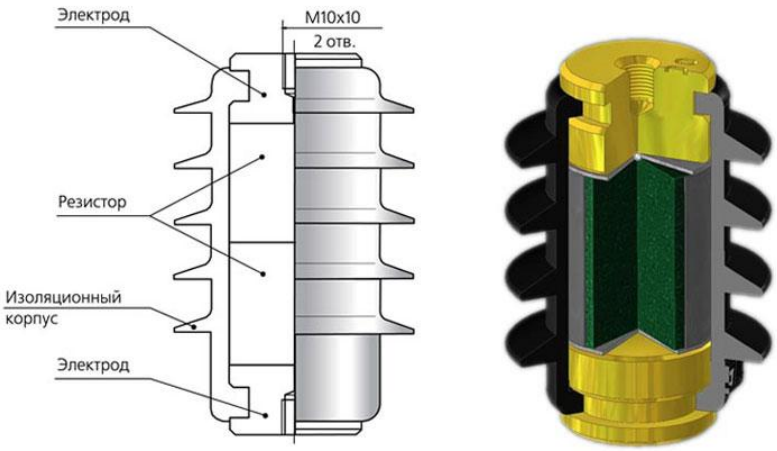
Поэтому при (t□□ x/v) □ (t□- x/v □ 0) – задержка времени, необходимая для того, чтобы рассматривать процесс в заданной точке линии с координатой x и всех точках, в которых прошла волна.

<u>Задание 13.7</u> Задание специальной части (сложное)

Конструкция и принцип действия ограничителей перенапряжения.

Ответ:

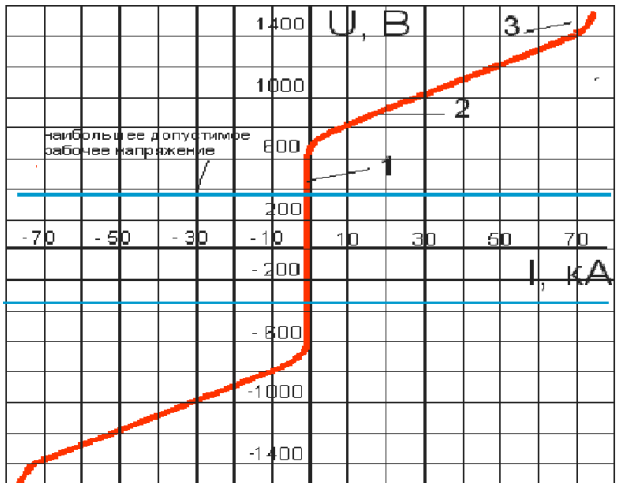
Конструктивно ограничитель перенапряжения включает в себя полупроводниковый элемент с нелинейной величиной сопротивления. Как правило, в роли таких элементов выступают вилитовые диски, изготовленные на основе оксидов цинка с включением в из состав тех или иных примесей. Снаружи диски закрываются защитной рубашкой, а на концах имеют электрические выводы, один из которых подводится к защищаемой электрической сети, а второй заземляется.



Работа ОПН схожа с обычным варистором, отличительной особенностью ограничителя являются некоторые различия с характеристикой варистора в части проводимости и скорости нарастания. Принцип действия ограничителя перенапряжения заключается в его нелинейной вольт-амперной характеристике (ВАХ). Это означает, что при номинальном напряжении сопротивление варисторов достаточно большое и ток через них не протекает – его сопротивление изоляции соизмеримо с изоляцией кабелей, изоляторов и электрических приборов.

В рабочем режиме при возникновении грозовых разрядов или других высоковольтных импульсов сопротивление нелинейных резисторов внутри ограничителя резко снижается. Как правило, эта величина приближается к нулю или несоизмеримо меньше сопротивления сети и всех подключенных к ней приборов. Поэтому при коммутационных или грозовых перенапряжениях ток разряда протекает только через ограничитель перенапряжения на землю, чем и обеспечивается защита электрооборудования.

Пределы срабатывания ограничителя перенапряжений на разряды молний или другие импульсные перенапряжения определяются его ВАХ.



Здесь кривая характеристики представлена тремя участками:

1 – область нулевых или сверхмалых токов;

2 – область средних токовых нагрузок;

3 – область максимального тока.

Виды ОПН

В связи с большим спектром решаемых задач ограничители перенапряжения подразделяются на несколько видов, которые отличаются по таким параметрам:

Класс напряжения – рабочая величина, на которую рассчитан ограничитель, разделяется на устройства до 1кВ и выше, как правило, номинал напряжения соответствует стандартному значению электрических параметров сети (6, 10, 35 кВ).

Материал рубашки – определяет тип изоляции наружного слоя, наиболее часто используются фарфоровые или полимерные модели.

Класс защищенности – определяет возможность установки или на открытой части, или только внутри помещения.

Количеству элементов или фаз – число ограничителей перенапряжения зависит от числа защищаемых фаз и величины питающего их напряжения.

Так для каждой из фаз в электроустановке может устанавливаться отдельная колонка или одна для всех. Также следует отметить, что в электроустановках на 110 кВ и более ОПН

для одной фазы может собираться из нескольких однотипных элементов, к примеру, из трех на 35 кВ.

Фарфоровые

Достаточно распространенным вариантом являются ограничители коммутационных перенапряжений с фарфоровым корпусом. Такие модели отличаются своими эксплуатационными параметрами, так как керамика невосприимчива к воздействию солнечной радиации, а находящийся внутри вентильный разрядник практически не зависит от температуры внешней среды.

Также весомым преимуществом этих ограничителей является большая механическая прочность на сжатие и разрыв, благодаря чему их можно использовать и в качестве опорной конструкции. Но фарфоровые ОПН характеризуются сравнительно большим весом, а также представляют значительную угрозу в случае разрыва, так как осколки фарфора поражают близлежащие здания и могут травмировать персонал.

Полимерные

С развитием химической отрасли и распространением полимеров в качестве диэлектриков они значительно вытеснили фарфоровые ограничители. Полимерные ОПН представляют собой устройства с рубашкой из каучука, винила, фторопласта или других подобных материалов.

Полимерные ограничители куда боле устойчивы к воздействию влаги, отличаются меньшим весом и большей взрывобезопасностью, так как в случае разрушения корпуса избыточным давлением внутри колонки, рубашка повреждается по линии разлома, но не разлетается острыми осколками. Значительным преимуществом полимерных моделей является их устойчивость к динамическим нагрузкам.

К недостаткам полимерных ОПН относится способность к накоплению пыли и прочих засорителей на поверхности диэлектрика, которые со временем приводят к повышению пропускной способности, увеличению тока утечки и пробою изоляции. Также полимеры боятся солнечной радиации и температурных колебаний в окружающей среде.

Одноколонковые

Такие ограничители перенапряжения представляют собой один конструктивный элемент с нелинейным сопротивлением. Число полупроводниковых дисков в них набирается в соответствии с категорией защищаемой электроустановки. В зависимости от количества и типа осаживающейся на поверхности пыли и засорителей, одноколонковые ОПН подразделяются по классам от II до IV согласно градуировке ГОСТ 9920.

Многоколонковые

В отличии от предыдущих устройств борьбы с коммутационными перенапряжениями, эти средства защиты высоковольтного оборудования имеют несколько колонок, модулей или блоков, объединяемых в одну систему. Данный вид ОПН характеризуется большей надежностью по отношению к защищаемым объектам, так как способен реагировать и на одиночные, и на дифференциальные перенапряжения.

<u>Задание 13.8</u> Задание специальной части (сложное)

Конструкция и принцип действия разрядников.

Ответ:

Разрядники представляют собой защитные аппараты. Они предназначены для защиты изоляции электрооборудования от перенапряжений. Разрядник состоит из двух электродов и дугогасительного устройства.

Один из электродов закрепляют на защищаемой цепи, второй электрод заземляют. Пространство между этими двумя электродами называется искровым промежутком. При определенном значении напряжения между электродами искровой промежуток пробивается и снимает перенапряжение с защищаемого участка цепи.

После пробоя импульсом искровой промежуток становится достаточно ионизированным, чтобы фазные напряжения нормального режима могли пробиться, в связи с этим возникает короткое замыкание. Задача дугогасительного устройства — в наиболее короткие сроки устранить это до того, как сработают устройства защиты.

Принцип действия разрядников.

В конструкции разрядников предусмотрен воздушный зазор в перемычке, который соединяет фазы линии электропередач и заземляющий контур. При номинальной величине напряжения цепь в перемычке разорвана. В случае грозового разряда в результате перенапряжения в ЛЭП происходит пробой воздушного зазора, происходит замыкание цепи между фазой и землей и импульс высокого напряжения напрямую уходит в землю.

Различают такие типы разрядников:

- Воздушный
- Газовый
- Вентильный
- Магнитовентильный

Воздушный разрядник закрытого и открытого типа (трубчатый разрядник)

Имеет вид полихлорвиниловой трубки, которая предназначена для гашения дуги. На каждом конце разрядника имеется по одному электроду (рис.1). К одному электроду подведено заземление, а другой установлен на незначительном расстоянии от защищаемого участка.

Газовый разрядник

Газовые разрядники представляют собой компоненты, заполненные инертным газом (рис.2). Корпус разрядника изготовлен в виде керамической трубки, концы которой закрыты металлическими пластинами и выступают в роли электродов.

Вентильный разрядник

Состоит из двух основных частей: многократный искровой промежуток и рабочий резистор, состоящий из последовательно набранных вилитовых дисков (рис.3). Оба этих основных элемента соединены между собой последовательно.

Магнитовентильный разрядник (рвмг)

В состав магнитовентильного разрядника входят несколько блоков, соединенных последовательно (рис.4). В каждом блоке имеются единичные искровые промежутки, которые последовательно соединены, а также постоянные магниты. Все элементы блока размещаются в цилиндре из фарфора.

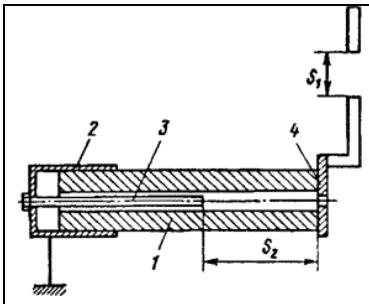
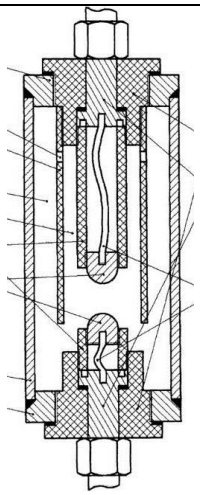
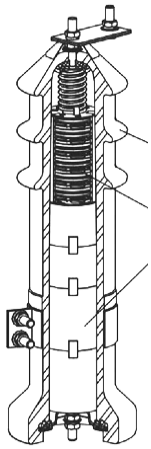
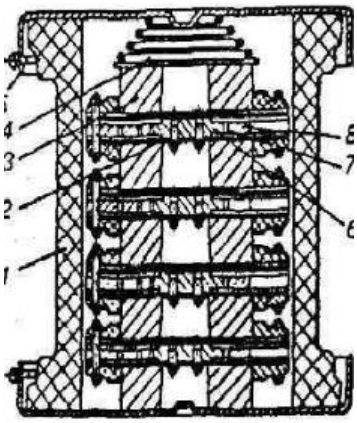
			

Рисунок 1 – Структурная схема воздушного разрядника	Рисунок 2 – Структурная схема газового разрядника	Рисунок 3 – Структурная схема вентильного разрядника	Рисунок 4 – Структурная схема магнитовентильного разрядника

Основные параметры разрядников: класс пропускной способности, наиболее длительное допустимое рабочее напряжение, уровни остающихся напряжений при коммутационных и грозовых импульсах, номинальное напряжение, величина тока срабатывания противовзрывного устройства, номинальный разрядный ток, длина пути утечки внешней изоляции.

Выбор разрядников производится исходя из назначения, конструктивного исполнения, требуемого уровня ограничения перенапряжений, схемы сети и ее параметров.

Выделяют такие основные технические характеристики разрядников:

- Класс напряжения цепи;
- Наибольшее допустимое напряжение;
- Пробивное напряжение при частоте 50 Гц в сухом состоянии и под дождем;
- Импульсное пробивное напряжение при предразрядном времени от 2 до 20 мкс;
- Остающееся напряжение при волне 8 мкс;
- Ток утечки;
- Токовая пропускная способность;
- Длина пути утечки внешней изоляции;
- Допустимое натяжение проводов;
- Высота;

Масса ограничителя.