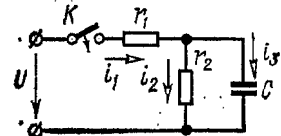


Темы практических занятий по ТЭЦ 2 часть (ИКТ)

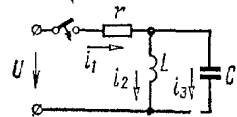
1. Классический метод расчёта переходных процессов. Операторный метод расчёта переходных процессов. Операторные схемы замещения. Переход от изображения к оригиналу. Операторный метод расчёта и операторные передаточные функции.

1.1. Для схемы



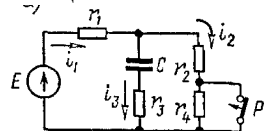
операторным методом найти выражения мгновенных значений тока в неразветвлённой части цепи и напряжения на обкладках конденсатора при замыкании контакта K . Даны: $U = 200$ В, $r_1 = 100$ Ом, $r_2 = 400$ Ом, $C = 5$ мкФ.

1.2. Цепь



Включается на постоянное напряжение $U = 125$ В. Найти выражение мгновенного значения напряжения u_C на конденсаторе для трёх случаев: 1) $r = 250$ Ом, $L = 667$ мГн, $C = 2$ мкФ, 2) $r = 100$ Ом, $L = 40$ мГн, $C = 1$ мкФ, 3) $r = 100$ Ом, $L = 40$ мГн, $C = 5$ мкФ. Решить задачу операторным методом.

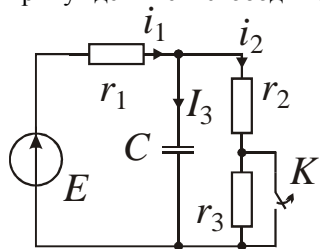
1.3. Цепь



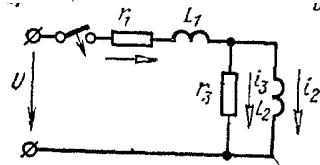
параметры которой $r_1 = 5$ Ом, $r_2 = 10$ Ом, $r_3 = 5$ Ом, $r_4 = 15$ Ом, $C = 1$ мкФ, при разомкнутом ключе находится в установившемся режиме под воздействием постоянной ЭДС $E = 15$ В.

Требуется после замыкания ключа определить: 1) начальные значения переходных (полных) токов и напряжения на конденсаторе, а также начальные значения их принуждённых и свободных составляющих и производную свободной составляющей напряжения на конденсаторе в момент начала переходного процесса; 2) законы изменения во времени всех токов и напряжения на конденсаторе.

1.4. В схеме до коммутации (ключ замкнут) был установившийся режим. Даны $r_1 = 50$ Ом, $r_2 = 30$ Ом, $r_3 = 20$ Ом, $C = 10$ мкФ, $E = 80$ В. Определить после размыкания ключа: 1) начальные значения переходных токов и напряжения на конденсаторе и их принуждённые и свободные составляющие; 2) законы изменения во времени всех токов и напряжения на конденсаторе.

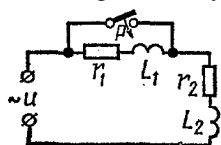


1.5. Цепь



Включается под действие постоянного напряжения $U = 48$ В. Найти законы изменения токов i_1 , i_2 и i_3 во времени и изобразить их графически, если $r_1 = 160$ Ом, $L_1 = 100$ мГн, $r_3 = 90$ Ом, $L_2 = 36$ мГн.

1.6 К переменному напряжению, действующее значение которого $U = 220$ В, подсоединена цепь,



состоящая из двух последовательно соединённых приёмников энергии с $r_1 = 2$ Ом, $L_1 = 40$ мГн и $r_2 = 6$ Ом, $L_2 = 9,8$ мГн.

Замыканием ключа P приёмник r_1 , L_1 закорачивается в момент, когда мгновенное значение приложенного напряжения равно

действующему значению и $\frac{du}{dt} > 0$. Найти выражение тока, проходящего через вторую катушку (r_2 , L_2), и построить его график.

Частота переменного тока $f = 50$ Гц.

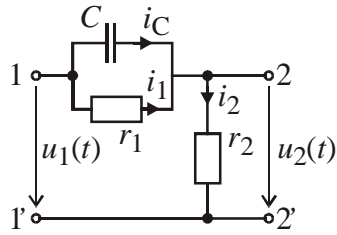
2. Временные характеристики цепей. Временной метод расчёта переходных процессов и интегралы Дюамеля.

Спектральный метод расчёта в электрических цепях. Нахождение спектров периодических и непериодических сигналов.

Ширина спектра. Амплитудно- и фазо-частотные характеристики цепей, их связь с временными характеристиками.

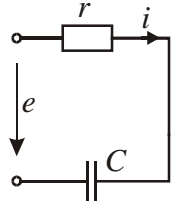
Использование ЭВМ для расчёта АЧХ и ФЧХ и временных характеристик.

2.1. Рассчитать переходную проводимость $y(t)$ схемы



и переходную функцию $k(t)$ передачи по напряжению. Даны: $r_1 = 2 \text{ кОм}$, $r_2 = 4 \text{ кОм}$ и $C = 1 \text{ мкФ}$.

2.2. Цепь

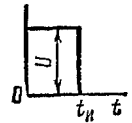


включается на прямоугольный импульс напряжения U , действующий в течение времени t_n . Найти уравнения напряжения на ёмкости u_C и тока i в зависимости от времени. Построить кривые u_C и i .

2.3. Задан сигнал $a(t)$ в виде последовательности прямоугольных импульсов длительностью τ с периодом T и амплитудой A .

Рассчитать коэффициенты его разложения в ряд Фурье, изобразить диаграмму амплитудного спектра.

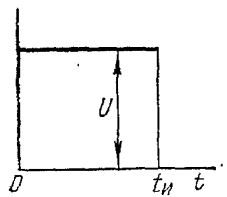
2.4. Цепь, состоящая из последовательно соединённых r и L , включается на прямоугольный импульс напряжения U , действующий в течение времени t_n .



Найти уравнение тока i и напряжения на индуктивности u_L в зависимости от времени. Построить кривые i и u_L .

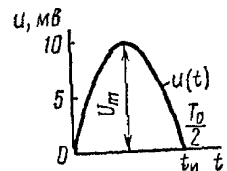
2.5

Цепь, состоящая из последовательно соединённых r и C , включается на прямоугольный импульс напряжения U , действующий в течение времени t_n .



Найти уравнения напряжения на ёмкости u_C и тока i в зависимости от времени. Построить кривые $u_C(t)$ и $i(t)$.

2.6. Импульс в форме полуволны синусоиды



включается на цепь, содержащую последовательно соединённые $r = 10 \text{ Ом}$ и $L = 0,1 \text{ Гн}$.

Уравнение напряжения в интервале времени от 0 до $t_n = \frac{T_0}{2}$ имеет вид $u_1(t) = U_m \sin \omega_0 t$ ($U_m = 10 \text{ мВ}$, $T_0 = 0,02 \text{ с}$).

Найти уравнение тока в функции времени.

2.7. Цепь из последовательно соединённых $r = 100 \text{ Ом}$ и $C = 25 \text{ мкФ}$ включается на импульс напряжения, линейно нарастающий до момента $t_n = 2 \text{ мс}$. $U_m = 10 \text{ В}$. Найти уравнение напряжения на конденсаторе.

3. Методы анализа цепей с распределенными параметрами. Длинные линии.

3.1. Рассчитать первичные параметры стальной воздушной двухпроводной цепи при температуре окружающей среды $t^\circ = -14^\circ \text{C}$ при сухой погоде, если расстояние между осями проводов $a = 60 \text{ см}$, их диаметр $d = 4 \text{ мм}$. Частота тока $f = 800 \text{ Гц}$. Магнитную проницаемость проводов принять равной 120.

3.2. Для линии длиной $l = 38 \text{ км}$, первичные параметры которой были найдены в задаче 12.1, при частоте $f = 800 \text{ Гц}$ определить: модуль $z_{\text{в}}$ и фазу Φ_0 волнового сопротивления, его активную и реактивную составляющие; коэффициенты затухания, фазы и распространения (α , β и γ); фазовую скорость распространения электромагнитной волны вдоль линии $U_{\text{ф}}$ и длину волны λ ; отношение $\frac{U_{2\text{пр}}}{U_{1\text{пр}}} = \frac{I_{2\text{пр}}}{I_{1\text{пр}}}$ при нагрузке линии на сопротивление, равное волновому, где $U_{2\text{пр}}$ и $I_{2\text{пр}}$ – амплитуды напряжения и

тока прямой (падающей) волны в конце линии, $U_{1\text{пр}}$ и $I_{1\text{пр}}$ – то же в начале линии.

3.3. Найти первичные и вторичные параметры симметричной кабельной линии при частоте $f = 220 \text{ кГц}$. Жилы медные, диаметром $d = 1,2 \text{ мм}$, расстояние между центрами проводов $a = 4,15 \text{ мм}$. Скрутка звёздная (коэффициент p , учитывающий этот тип скрутки жил кабеля, равен 5). Эквивалентная диэлектрическая проницаемость изоляции $\epsilon = 1,4$, тангенс угла потерь $\text{tg}\delta = 160 \cdot 10^{-4}$. Температура среды 20°C . Определить фазовую скорость и длину волны в кабеле.

3.4. Определить первичные и вторичные параметры стандартизированной коаксиальной пары типа КМ-4×2, 52/9,4 с шайбовой полиэтиленовой изоляцией при частоте $f = 220 \text{ кГц}$. Диаметр жилы $d = 2,52 \text{ мм}$, внутренний диаметр внешнего проводника $D = 9,4 \text{ мм}$, эквивалентная диэлектрическая проницаемость изоляции $\epsilon = 1,1$, тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta = 0,5 \cdot 10^{-4}$, температура 20°C . Найти также длину волны и фазовую скорость.

3.5. Экспериментально установлено, что мощность телефонного аппарата как передатчика на зажимах телефонной цепи составляет 1 мВт, а мощность телефонного аппарата как приёмника должна быть порядка 1 мкВт, то есть может быть допущено уменьшение мощности в 1000 раз. Имея это в виду, для воздушной стальной линии, параметры которой приведены в решении задач 12.1 и 12.2 (полагая, что сопротивление телефонного аппарата согласовано с линией), определить: а) максимально допустимое затухание; б) допустимую дальность связи, считая, что все потери энергии сосредоточены в линии (передающий и приёмный аппараты присоединены непосредственно к линии) в) отношение модулей напряжения и тока в начале линии к соответствующим величинам в конце линии.

3.6. Вторичные параметры двухпроводной стальной линии при $f = 800 \text{ Гц}$ равны: $Z_{\text{в}} = 1510e^{-j20^\circ 21'}$ Ом, $\alpha = 13,6 \frac{\text{мНеп}}{\text{км}}$,

$\beta = 36,4 \frac{\text{мрад}}{\text{км}}$. Длина линии $l = 38 \text{ км}$. Линия не согласована с нагрузкой, сопротивление которой $Z_{\text{н}} = 1355e^{j21^\circ 51'}$ Ом. На

вход линии подано напряжение $U_1 = 10 \text{ В}$ с частотой 800 Гц . Определить: 1) напряжение и ток на нагрузке, ток в начале линии, а также входное сопротивление нагруженной линии; 2) мощность, расходуемую в нагрузке и подводимую к линии и КПД.

3.7 Первичные параметры двухпроводной медной 4-миллиметровой телефонной линии (при $f = 100 \text{ Гц}$): $r_0 = 14 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$,

$$L_0 = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Гн}}{\text{км}}, \quad g_0 = 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Сим}}{\text{км}}, \quad C_0 = 6,35 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Ф}}{\text{км}}.$$

Вычислить индуктивность L_1 , которую надо включить на каждый километр длины, чтобы линия стала неискажающей. Чему при этом будут равны вторичные параметры линии?

3.8. К линии, параметры которой даны в задаче 12.13, подведён источник напряжения с ЭДС $E = 20 \text{ В}$, с частотой $f = 800 \text{ Гц}$ и внутренним сопротивлением $Z_{\text{г}} = 600 \text{ Ом}$. Линия нагружена на сопротивление $Z_{\text{н}} = 1355e^{j21^\circ 5'}$ Ом, при этом её входное сопротивление равно $1732e^{-j34^\circ 8'}$ Ом. Определить напряжение и ток в начале линии и в нагрузке. Чему равно рабочее затухание линии?

3.9. Первичные параметры двухпроводной медной 4-миллиметровой телефонной линии (при $f = 100 \text{ Гц}$): $r_0 = 14 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$,

$$L_0 = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Гн}}{\text{км}}, \quad g_0 = 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Сим}}{\text{км}}, \quad C_0 = 6,35 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Ф}}{\text{км}}.$$

Вычислить индуктивность L_1 , которую надо включить на каждый километр длины, чтобы линия стала неискажающей. Чему при этом будут равны вторичные параметры линии?

3.10. К линии, параметры которой даны в задаче 12.13, подведён источник напряжения с ЭДС $E = 20 \text{ В}$, с частотой $f = 800 \text{ Гц}$ и внутренним сопротивлением $Z_{\text{г}} = 600 \text{ Ом}$. Линия нагружена на сопротивление $Z_{\text{н}} = 1355e^{j21^\circ 5'}$ Ом, при этом её входное сопротивление равно $1732e^{-j34^\circ 8'}$ Ом. Определить напряжение и ток в начале линии и в нагрузке. Чему равно рабочее затухание линии?

4. Двухполюсники и их синтез. Канонические схемы двухполюсников.

4.1. Проверить положительность и вещественность функции $F(p) = \frac{p^2 + p + 1}{p^2 + p + 4}$

4.2. Осуществить реализацию функции сопротивления $Z(p) = \frac{8p^4 + 40p^2 + 32}{20p^3 + 45p}$ разложением на простейшие дроби и

разложением в цепную дробь

4.3. Найти схемы по формам Фостера и Кауэра, реализующие функцию входного сопротивления

$$Z(p) = \frac{(p+2)(p+4)}{(p+1)(p+3)}$$

4.4. Найти схему и элементы двухполюсника, входное сопротивление которого

$$Z(p) = \frac{p(4p^2 + 10p + 44p + 16)}{(p^2 + 3)(2p^2 + 8p + 1)}$$

4.5. Проверить положительность следующих функций

$$F_1(p) = 6p^5 + 17p^4 + 27p^3 + 37p^2 + 17p + 16; \quad F_2(p) = 2p^5 + 2p^4 + 6p^3 + 2p^2 + 4p;$$

$$F_3(p) = p^4 + 3p^3 + 7p^2 + 5p + 8; \quad F_4(p) = 2p^4 + p^3 + 9p^2 + 4p + 4.$$

4.6. Проверить вещественность функции $F(p) = \frac{6p^5 + 17p^4 + 27p^3 + 37p^2 + 17p + 16}{2p^5 + 2p^4 + 6p^3 + 2p^2 + 4p}$

4.7. Требуется реализовать четырёхполюсник с передаточной функцией $H(p) = \frac{2p}{8p^2 + 6p + 4}$ в форме мостового

четырёхполюсника, нагруженного на частотно-независимое согласованное сопротивление $R_0 = 1$

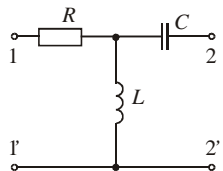
4.8. Реализовать в виде мостового четырёхполюсника фазовый контур второго порядка, нагруженный на входе и выходе цепи на согласованное сопротивление $R_0 = 1$. Рабочая передаточная функция контура имеет вид $H(p) = \frac{10p^2 - 2p + 1}{10p^2 + 2p + 1}$.

4.9. Требуется синтезировать четырёхполюсник, амплитудно-частотная характеристика которого при $R_0 = 1$ имеет вид

$$F(\omega^2) = \frac{\omega^4 + 17\omega^2 + 16}{\omega^4 + 29\omega^2 + 100}.$$

5. Четырёхполюсники. Параметры коэффициенты четырёхполюсников. Характеристические параметры четырёхполюсников. Характеристические параметры, их связь с другими параметрами четырёхполюсника

5.1. Дано: $R = 100$ Ом, $X_L = 200$ Ом, $X_C = 100$ Ом.

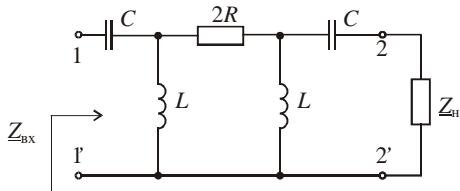


Определить. 1. Параметры ХХ и КЗ: $\underline{Z}_{1x}, \underline{Z}_{1k}, \underline{Z}_{2x}, \underline{Z}_{2k}$. 2. Характеристические параметры: $\underline{Z}_{c1}, \underline{Z}_{c2}, \underline{\Gamma}_c, A_c, B_c$.

5.2. 1. Составить две схемы каскадного согласованного соединения из двух одинаковых четырёхполюсников (см. задача 1).

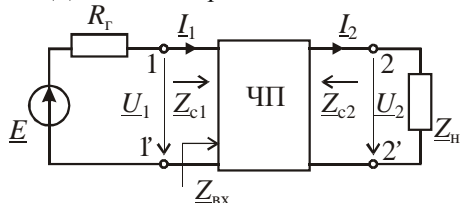
2. Определить характеристические параметры сложного соединения.

5.3. Дано: нагруженный четырёхполюсник с $\underline{Z}_H = \underline{Z}_{c2}$ (из задания 2).



Определить его входное сопротивление.

5.4. Дано: симметричный согласованно нагруженный четырёхполюсник

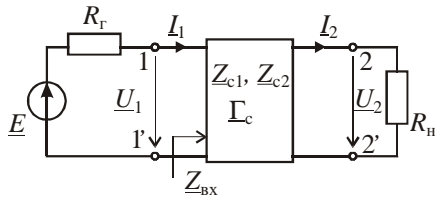


$$\underline{Z}_{c1} = \underline{Z}_{c2} = \underline{Z}_c, \quad \underline{Z}_r = \underline{Z}_{c1} = \underline{Z}_c, \quad \underline{Z}_H = \underline{Z}_{c1} = \underline{Z}_c, \quad \underline{Z}_{Bx} = \underline{Z}_{c1}.$$

Определить: уменьшение выходного напряжения $|U_2|$,

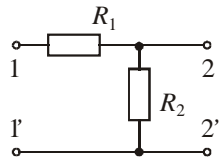
Уменьшение выходной мощности P_2 , если $A_c=20$ дБ, 40 дБ, 3 дБ.

5.5. Дано: $\underline{E} = 10$ В; $R_r = 300$ Ом; $\underline{Z}_{c1} = 200$ Ом; $\underline{Z}_{c2} = R_H = 400$ Ом; $\underline{U}_2 = 2,5$ В



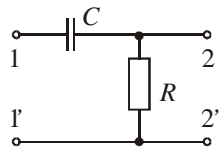
Определить A_c .

5.6. Дано: $R_1 = 200$ Ом, $R_2 = 300$ Ом.



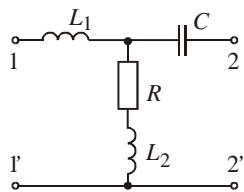
Определить характеристические параметры четырёхполосника: \underline{Z}_{c1} , \underline{Z}_{c2} , A_c , B_c

5.7. Дано: $C = 10$ мкФ, $R = 10$ Ом.



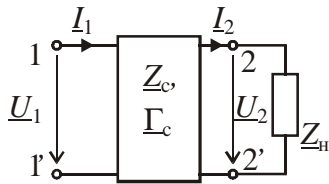
Определить \underline{Z}_{c1} на частоте $\omega = 10^4 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

5.8. Дано: $X_{L1} = X_{L2} = X_C = R = 100$ Ом.



Определить \underline{Z}_{2x} .

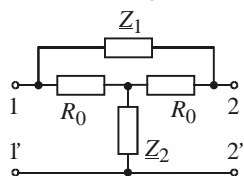
5.9. Дано: $\underline{U}_1 = 10$ В, $\underline{\Gamma}_c = 0 + j90$, $\underline{Z}_H = \underline{Z}_c = 10$ Ом.



Рассчитать \underline{I}_2 .

5.10. Дано: мостовая схема амплитудного корректора, \underline{Z}_1 и \underline{Z}_2 – взаимнообратные двухполосники, связанные соотношением

$$\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2 = R_0^2.$$



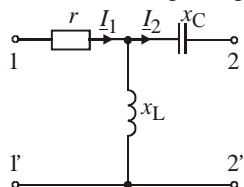
Определить \underline{Z}_{c1} и \underline{Z}_{c2} .

5.11. Известны характеристические параметры четырёхполосника: $\underline{Z}_{c1} = 224$ Ом, $\underline{Z}_{c2} = 100 \cdot e^{j26,5^\circ}$ Ом, $\underline{g} = 0,224 - j0,785$.

Найти его А-параметры

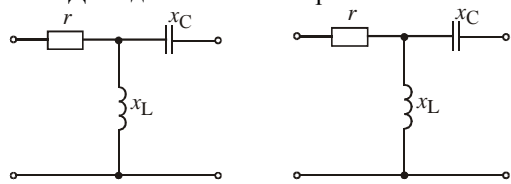
$$\underline{A}_{11} = \sqrt{\frac{\underline{Z}_{c1}}{\underline{Z}_{c2}}} \operatorname{ch} \underline{g} = \sqrt{\frac{224}{100e^{j26,5^\circ}}} = 0,75e^{-j13,25^\circ} \approx 1,12e^{-j26,5^\circ}, \underline{A}_{12} = 112e^{-j63,5^\circ} \text{ Ом}, \underline{A}_{21} = -j0,005 \text{ Сим}, \underline{A}_{22} = 0,5.$$

5.12. Найти параметры-коэффициенты \underline{A}_{11} , \underline{A}_{12} , \underline{A}_{21} и \underline{A}_{22} Т-образного четырёхполосника



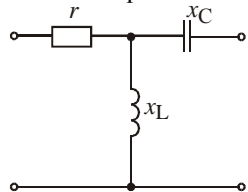
если $r = 100 \text{ Ом}$, $x_L = 200 \text{ Ом}$, $x_C = 100 \text{ Ом}$. Проверить выполнимость соотношения $A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21} = 1$. Вычислить Y -, Z -, H - и F -параметры. Определить сопротивления холостого хода и короткого замыкания со стороны первичных и вторичных зажимов. Проверить выполнимость соотношения $Z_{1xx} : Z_{1кз} = Z_{2xx} : Z_{2кз}$.

5.13. Два одинаковых четырёхполюсника:



соединены: а) последовательно, б) параллельно, в) последовательно-параллельно, г) параллельно-последовательно. Для каждого из случаев начертить схему регулярного соединения и определить A -коэффициенты сложного четырёхполюсника.

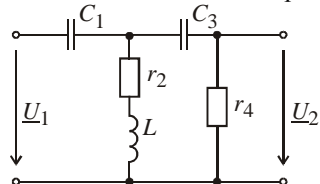
5.14. Четырёхполюсник



используется на частоте $f = 1600 \text{ Гц}$. Найти передаточную функцию $\frac{U_2(p)}{E(p)}$ в режиме холостого хода и полюсы этой функции

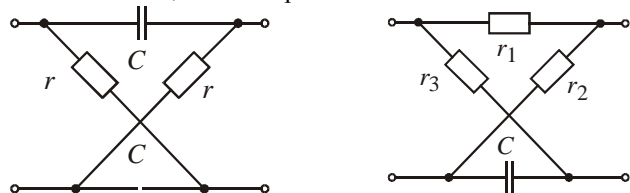
и показать на рисунке полюсно-нулевое изображение.

5.15. Показать, что четырёхполюсник



является минимально фазовым.

5.16. Показать, что четырёхполюсники



6. Фильтры и их характеристики. Электрические фильтры типов к и м. Аппроксимация характеристик фильтров по Баттерворту, Чебышеву и Золотареву - Кауэру. Реализация лестничных ФНЧ по полученной рабочей характеристике.

Синтез лестничных ФВЧ, ПФ и ЗФ.

6.1. Рассчитать фильтр нижних частот с максимально плоской характеристикой ослабления (фильтр Баттерворта), если в полосе частот $0 \leq f \leq f_1$, $f_1 = 3400 \text{ Гц}$ неравномерность характеристики ослабления не должна превышать $\Delta A = 2 \text{ дБ}$, а при частотах $f_s > 8500 \text{ Гц}$ ослабление фильтра не должно быть менее $A_s = 20 \text{ дБ}$. Фильтр используется в режиме двусторонней нагрузки при $R_r = R_n = 600 \text{ Ом}$. Определить ослабление фильтра на частотах: f_1 , f_0 , f_s , $2f_s$. Расчёт сделать без учёта потерь в элементах фильтра.

6.2. По данным задачи **6.1.** реализовать ФНЧ с характеристикой Баттерворта, полагая, что он работает в режиме холостого хода при сопротивлении генератора $R_r = 600 \text{ Ом}$.

6.3. Синтезировать фильтр Баттерворта верхних частот по данным: граничная полоса пропускания $f_1 = 4400 \text{ Гц}$. В этой полосе максимальное ослабление не должно превышать $\Delta A = 4 \text{ дБ}$ на частоте $f_s = 4,6 \text{ кГц}$ ослабление должно быть не менее 20 дБ . Фильтр работает в режиме двусторонней нагрузки $R_r = R_n = 600 \text{ Ом}$. Рассчитать ослабление при частотах: $f_1 = 4,4, 2,2, 1,6$ и $1,0 \text{ кГц}$. Построить кривую зависимости $A(f)$ и $A(\Omega)$.

6.4. Рассчитать чебышёвский фильтр верхних частот по следующим данным: граничная частота полосы пропускания (частота среза) $f_1 = 7,4 \text{ кГц}$, при $f_1 \leq f \leq \infty$ ослабление $\Delta A = 0,5 \text{ дБ}$, граничная частота полосы задержания $f_s = 3,7 \text{ кГц}$ при которой $A_s = 35 \text{ дБ}$, сопротивление $R_r = R_n = 1000 \text{ Ом}$. Вид входа схемы П-образный. Рассчитать ослабление на частотах (в кГц): $3,7, 1,85, 1,5, 1,0$.

6.5. Рассчитать аналитическим путём ФНЧ Чебышёва по данным: граница полосы пропускания $f_1 = 3,4 \text{ кГц}$, ослабление в её пределах должно быть не более $\Delta A = 2 \text{ дБ}$, на частоте $f_s = 8,5 \text{ кГц}$, ослабление A_s должно быть не менее 25 дБ . Нагрузка двусторонняя $R_r = R_n = 600 \text{ Ом}$.