

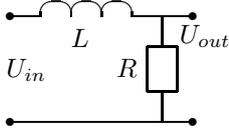
Задачи и вопросы по курсу "Радиофизика"

для подготовки к экзамену

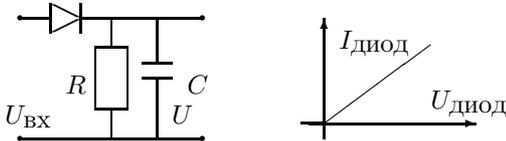
С. П. Вятчанин

Определения

1. Дана LR - цепочка, на вход которой подается напряжение частоты ω . При какой *максимальной* частоте *еще* можно считать, что условие квазистационарности выполнено? $L = 10^{-5}$ Гн, $R = 10^2$ Ом, размеры всех элементов и соединительных проводов изображены на рисунке в масштабе 1:1.



2. Что такое добротность LC контура? Чему равны добротности последовательного контура и добротность параллельного контура?
3. Источник синусоидального напряжения $U(t) = V_0 \cos \omega t$ подключен к выпрямителю (см. схему и ВАХ диода на рис.) так, что на выходе почти постоянное напряжение. Что называется углом отсечки θ ? От чего зависит угол отсечки? Что изменится в выходном напряжении, если величину емкости C увеличить в 2 раза? Если сопротивление R увеличить в 2 раза? Если сопротивление диода в *прямом* направлении уменьшить в 2 раза?



4. Какие условия являются необходимыми для штатной работы трансформатора?
5. Что такое волновое сопротивление ρ длинной линии? Каков его физический смысл?
6. Фурье-преобразование сигнала $S(t)$ имеет вид

$$S(\omega) = \begin{cases} A(\omega_0 - 5|\omega|) & \text{при } |\omega| < 2\omega_0, \\ 0 & \text{при } |\omega| > 2\omega_0, \end{cases}$$

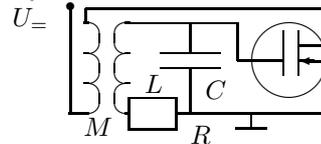
где A , ω_0 – постоянные, размерность ω – рад/сек. С каким максимальным временным интервалом Δt можно дискретизировать сигнал (т.е. заменить его набором отсчетов $S_n = S(n\Delta t)$, n – целое), чтобы потом по этим отсчетам можно было бы *точно* восстановить исходный сигнал?

7. Что такое количество информации? Какое количество информации I содержит телеграмма, содержащая N букв алфавита, если в алфавите m знаков?

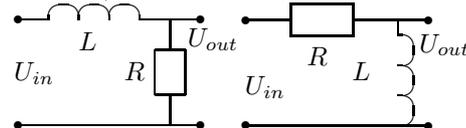
8. Что такое корреляционная функция флуктуаций и спектральная плотность? Как они связаны?
9. Корреляционная функция напряжения равна $\langle U(t)U(t') \rangle = A e^{-|t-t'|}$ (A – постоянная). Найти спектральную плотность $S_u(\omega)$ этих флуктуаций напряжения (ω – частота, имеющая размерность рад/сек).
10. Дана спектральная плотность $S_u(\omega) = A/(\omega^2 + a^2)$ флуктуаций напряжения (ω – частота, имеющая размерность рад/сек, A , a – постоянные). Найти корреляционную функцию напряжения $\langle U(t)U(t') \rangle$.

Качественные задачи

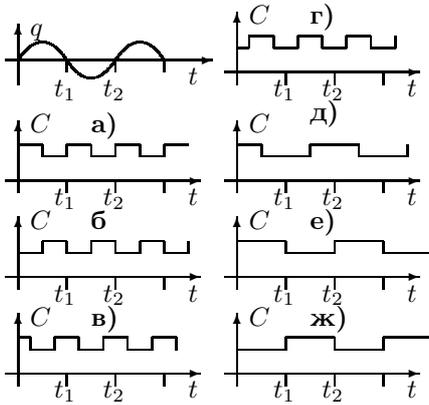
11. Дана простейшая схема LC -генератора. Что является причиной установления *стационарной* амплитуды колебаний?



12. На вход цепочки подается прямоугольный импульс длительностью τ . Какой формы будет выходное напряжение? Рассмотреть все возможные случаи для обеих цепочек.

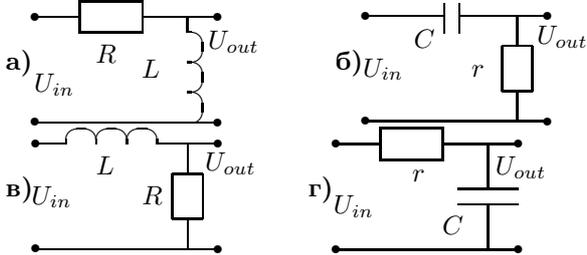


13. В колебательном контуре без потерь возбуждены свободные колебания, так что заряд на конденсаторе изменяется как показано на рисунке. Выберите, по какому закону надо изменять емкость, чтобы амплитуда колебаний в контуре *увеличивалась*.

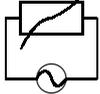


Простые задачи

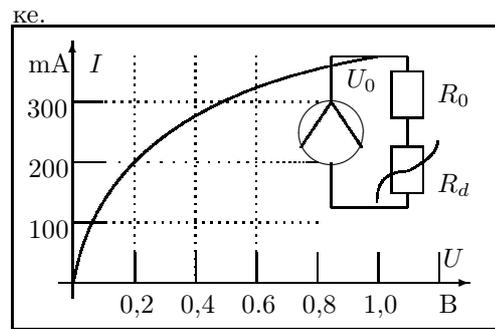
14. При каких условиях и какие цепочки имеют идентичные частотные характеристики? Какая из этих цепочек и при каком условии является дифференцирующей, а какая интегрирующей, если $U_{in} = U_0 \cos \omega t$?



15. Источник синусоидального напряжения $U(t) = U_0 \cos \omega t$ подключен к нелинейному элементу, ток I через который зависит от приложенного напряжения U по закону $I = G_0 U + G_3 U^3$. Какие частоты будут присутствовать в токе, протекающем через элемент?

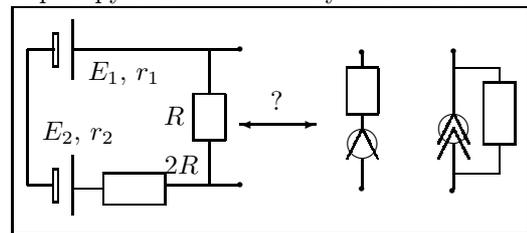


16. Во сколько раз изменилась мощность излучения, поступающая на вход приемной телевизионной сферической антенны со спутника, если диаметр излучающей антенны на спутнике увеличился в n раз, длина волны излучения уменьшилась в m раз, диаметр принимающей антенны уменьшился в k раз? Мощность передатчика на спутнике не изменилась.
17. Во сколько раз изменится дальность обнаружения цели радиолокатором, если диаметр и радиус кривизны излучающей (и принимающей) антенны увеличить в n раз, длину волны излучения уменьшить в k раз, а мощность передатчика не изменять? Считать эффективное сечение отражения цели неизменным.
18. Найти ток I в цепи, если $U_0 = 0,6$ В, сопротивление $R_0 = 2$ Ом, а вольт-амперная характеристика нелинейного элемента R_d представлена на графиче.

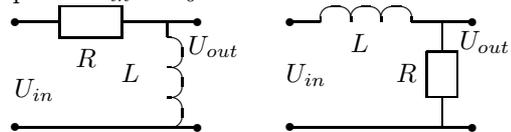


Обычные задачи

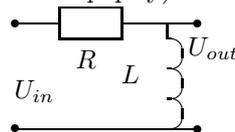
19. Дана схема из двух батарей и дополнительного сопротивления. Найти, какому эквивалентному генератору напряжения и какому эквивалентному генератору тока соответствует эта схема.



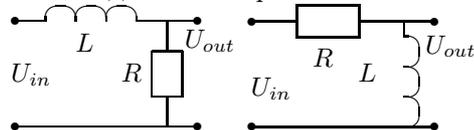
20. Найдите амплитуду A и фазу ϕ выходного напряжения $U_{out} = A \cos(\omega t + \phi)$, если входное напряжение равно $U_{in} = U_0 \cos \omega t$.



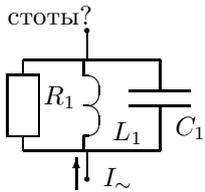
21. При каком условии АМ сигнал $U_{in} = U_0(1 + m \cos \Omega t) \sin \omega t$ ($\Omega \leq \omega$) пройдет через цепочку с малыми искажениями (т.е. на выходе он сохранит свою форму)?



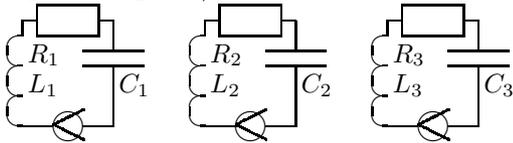
22. На вход цепочки подается прямоугольный импульс длительностью τ сек и напряжением U_0 . Какова будет величина *максимального* напряжения U_{max} на выходе? Рассмотреть все возможные случаи



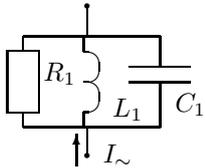
23. Синусоидальный генератор тока с постоянной амплитудой действует на добротный параллельный контур. При изменении частоты генератора максимум тока через сопротивление в параллельном контуре достигается при частоте ω_R , максимум тока через индуктивность и емкость — соответственно на частотах ω_L и ω_C . Как соотносятся эти ча-



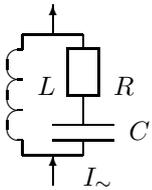
24. Даны три добротных контура, в которых действуют одинаковые источники напряжения на резонансной частоте. Как соотносятся амплитуды напряжения на емкостях U_{C1} , U_{C2} и U_{C3} ? $R_1 = R$, $R_2 = 2R$, $R_3 = R/2$, $L_1 = L$, $L_2 = 2L$, $L_3 = L/4$, $C_1 = C$, $C_2 = C/3$, $C_3 = 3C$.



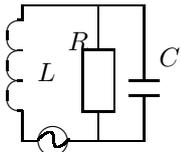
25. Найти токи, текущий через сопротивление R_1 , индуктивность L_1 и емкость C , если ток источника равен $I_{\sim} = I_0 \cos \omega t$, а $\omega = 1/\sqrt{L_1 C_1}$.



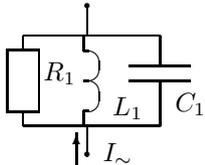
26. Найти амплитуду I_L тока, текущего через индуктивность L , если ток источника равен $I_{\sim} = I_0 \sin \omega t$, $\omega = 1/\sqrt{LC}$.



27. Найти амплитуду U_L напряжения на индуктивности L , если напряжение источника равно $U_{\sim} = U_0 \sin \omega t$, $\omega = 1/\sqrt{LC}$.



28. Найти амплитуду тока I_L , текущего через индуктивность L_1 , если известно, что ток через нее отличается по фазе на $\pm\pi/4$ от тока источника $I_{\sim} = I_0 \sin \omega t$. Считать, что добротность контура $Q \gg 1$.



29. Какие из представленных сигналов являются фазово-модулированными?

1) $U(t) = A_0(\cos \omega_0 t + m \cos(\omega_0 + \Omega)t + m \cos(\omega_0 - \Omega)t)$,

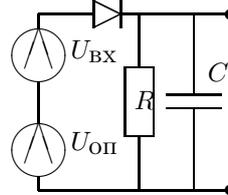
2) $U(t) = A_0(\cos \omega_0 t + m \cos(\omega_0 + \Omega)t - m \cos(\omega_0 - \Omega)t)$,

3) $U(t) = A_0(\cos \omega_0 t + m \sin(\omega_0 + \Omega)t + m \sin(\omega_0 - \Omega)t)$,

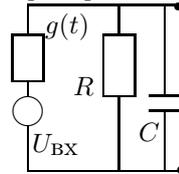
4) $U(t) = A_0(\cos \omega_0 t + m \sin(\omega_0 + \Omega)t - m \sin(\omega_0 - \Omega)t)$,

A_0, ω_0, Ω, m — константы. Принять, что $\Omega \ll \omega_0$, $m \ll 1$.

30. На рис. представлена схема фазового детектирования фазово-модулированного сигнала $U_{\text{ВХ}} = U_0 \cos(\omega t + m \cos \Omega t)$. Принимая, что $m \ll 1$, $\Omega \ll \omega$, определить, при каких условиях сигнал на выходе будет пропорционален $m \cos \Omega t$?

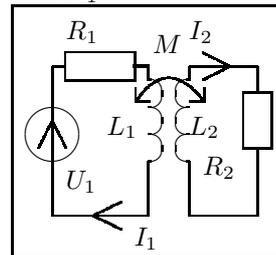


31. На рис. представлена схема синхронного детектирования фазово-модулированного сигнала $U_{\text{ВХ}} = U_0 \cos(\omega t + m \cos \Omega t)$. $g(t)$ — зависящая от времени проводимость. Принимая, что $m \ll 1$, $\Omega \ll \omega$, определить, при каких условиях сигнал на выходе будет пропорционален $m \cos \Omega t$?

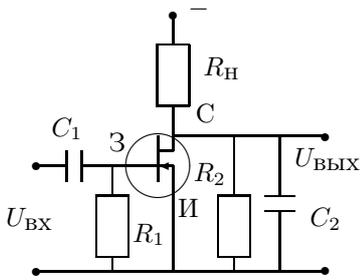


32. Представьте фазово-модулированный сигнал $A(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + 2m \cos \Omega t)$ в виде суммы гармоник в приближении $m \ll 1$.

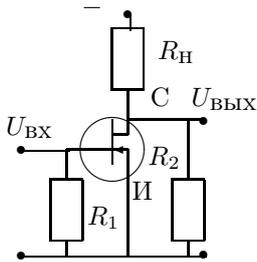
33. На вход трансформатора (коэффициент трансформации $n = \sqrt{L_2/L_1}$) подается переменное напряжение амплитуды U_0 . Какая средняя мощность P_2 выделяется на сопротивлении R_2 ? на сопротивлении R_1 ?



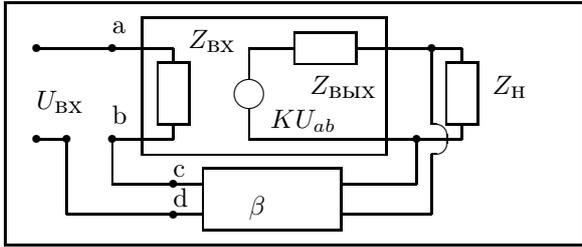
34. Дана упрощенная схема широкополосного усилителя на полевом транзисторе. Найдите нижнюю частоту $\omega_{\text{Н}}$ и верхнюю частоту $\omega_{\text{В}}$ пропускания усилителя. Считать, что сопротивление сток-исток $R_{\text{СИ}} = R_2$, сопротивление затвор-исток считать бесконечным. Влиянием собственных емкостей транзистора пренебречь. Внутренним сопротивлением источника входного напряжения пренебречь.



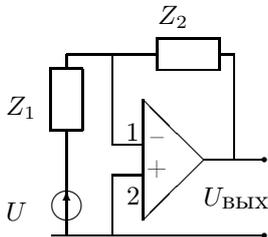
35. Дана упрощенная схема усилителя постоянного напряжения на полевом транзисторе, в котором $R_H = R_2 = R_{СИ}$, где $R_{СИ}$ – сопротивление между стоком и истоком. Во сколько раз изменится коэффициент усиления K , если сопротивление R_2 увеличить в 5 раз? Сопротивление затвор-исток считать бесконечным.



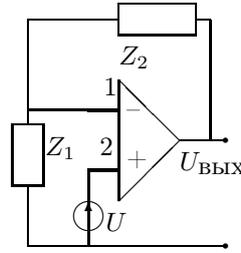
36. К усилителю с коэффициентом усиления K и входным сопротивлением $Z_{ВХ} = R$ подключили цепь обратной связи с коэффициентом передачи β . Каким при этом стало входное сопротивление R_{β} ?



37. Найти коэффициент усиления K_{β} операционного усилителя с цепью обратной связи. Считать, что коэффициент усиления без обратной связи $\rightarrow \infty$. Сопротивлением генератора входного сопротивления пренебречь.

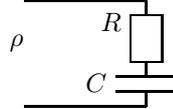


38. Найти коэффициент усиления K_{β} операционного усилителя с цепью обратной связи. Считать, что коэффициент усиления без обратной связи $\rightarrow \infty$. Сопротивлением генератора входного сопротивления пренебречь.

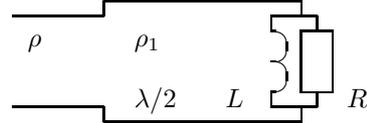


39. Гармоническая волна напряжения амплитуды U_0 и частоты ω отражается от закороченного конца длинной линии с волновым сопротивлением ρ . Найти амплитуду тока I_0 , протекающего через закороченный конец длинной линии.

40. Найдите мощность W_r потока энергии гармонической волны отраженной от конца длинной линии (см. рис.), если $R = \rho = 2/\omega C$, где ω – частота волны, а мощность падающей волны равна W .

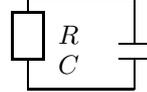


41. Найдите мощность W_r потока энергии отраженной гармонической волны частоты ω , если мощность падающей волны W , $R = \rho$, индуктивность L известна. Длина отрезка линии с $\rho_1 = 2\rho$ равна $\lambda/2$.

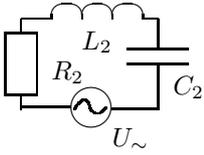


42. Гармоническая волна напряжения амплитуды U_0 и частоты ω отражается от конца длинной линии с волновым сопротивлением ρ , нагруженной на индуктивность L . Найти амплитуду тока I_0 , протекающего через эту индуктивность на конце длинной линии.

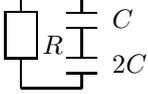
43. Найти спектральную плотность $S_u(\omega)$ флуктуаций напряжения на емкости C , если сопротивление R находится при температуре T . κ – постоянная Больцмана, ω – частота, имеющая размерность рад/сек. Использовать "одностороннее" определение спектральной плотности, при котором дисперсия напряжения $\langle U^2 \rangle$ определяется через спектральную плотность $S_u(\omega)$ по формуле $\langle U^2 \rangle = \int_0^{\infty} \frac{d\omega}{2\pi} S_u(\omega)$.



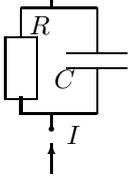
44. Найти спектральную плотность $S_u(\omega)$ флуктуаций напряжения на емкости C_2 , если спектральная плотность флуктуаций напряжения генератора U_{\sim} равна $D(\omega)$, а сопротивление R_2 находится при температуре T . κ – постоянная Больцмана, ω – частота, имеющая размерность рад/сек. Использовать "одностороннее" определение спектральной плотности, при котором дисперсия напряжения $\langle U^2 \rangle$ определяется через спектральную плотность $S_u(\omega)$ по формуле $\langle U^2 \rangle = \int_0^{\infty} \frac{d\omega}{2\pi} S_u(\omega)$.



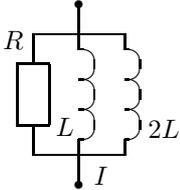
45. Найти дисперсию U_C^2 тепловых флуктуаций напряжения на емкости C , если сопротивление R находится при температуре T .



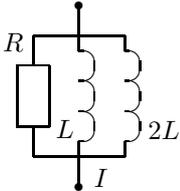
46. Найти дисперсию U_C^2 флуктуаций напряжения на емкости C из-за дробовых шумов при протекании постоянного тока I .



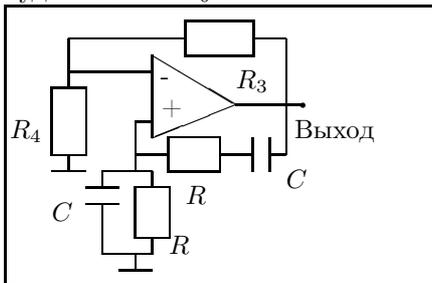
47. Найти спектральную плотность $S_I(\omega)$ флуктуаций тока через индуктивность L , вызванных дробовыми шумами при протекании тока I . Использовать "одностороннее" определение спектральной плотности, при котором дисперсия тока $\langle I^2 \rangle$ определяется через спектральную плотность $S_I(\omega)$ по формуле $\langle I^2 \rangle = \int_0^\infty \frac{d\omega}{2\pi} S_I(\omega)$.



48. Найти дисперсию I_L^2 флуктуаций тока на индуктивности L , вызванных дробовым эффектом при протекании тока I .



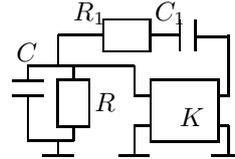
49. Дана схема RC -генератора на операционном усилителе. Каковы должны быть сопротивления R_3 и R_4 для возникновения синусоидальных автоколебаний (т.е. выполнения условия $K\beta \geq 1$) и какова будет частота ω_0 этих автоколебаний?



50. Каков среднеквадратичный уход фазы $\langle \varphi^2 \rangle$ LC -генератора за время t , если частота LC -контра ω_0 , добротность Q , амплитуда колебаний тока I_0 через индуктивность L ? Принять, что единственным источником флуктуаций являются тепловые флуктуации (температура T , постоянная Больцмана κ).

51. Дан сигнал $F(t)$. Его фурье-образ (спектр) есть $f(\omega)$. Найти фурье-образ $f_\alpha(\omega)$ сигнала $F(\alpha t)$, α – постоянная.

52. Дана простейшая схема RC -генератора на неинвертирующем усилителе, Генерация возникает на частоте ω при минимальном коэффициенте усиления K . Определить K и ω .



53. В последовательном колебательном контуре без потерь возбуждены свободные колебания, так что напряжение U на конденсаторе изменяется по закону $U(t) = U_0 \cos \omega_0 t$. Емкость C начинает меняться по закону $C(t) = C_0[1 + mf(t)]$, $m \ll 1$. Укажите вид функции $f(t)$, при котором амплитуда колебаний в контуре будет *увеличиваться*. Возможные ответы: $f(t) = \pm \sin n\omega_0 t$, $\pm \cos n\omega_0 t$, n – целое.