




## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Включив компьютер и установив учебно-программный продукт LgH, изучить разделы II. "Основные теоретические положения" и III. "Описание учебно-программного продукта LgH" методических указаний к выполнению работы (кнопки "Тп" и ""), перейти к тестированию (кнопка "").

2. Щёлкнув мышью на кнопке "", ответить на задания тестов. Если в результате тестирования студент укажет не менее 85% правильных ответов, то ему будет открыт доступ к машинному эксперименту.

**Пример теста.** "Укажите, на каком уровне проводят горизонтальную низкочастотную асимптоту при построении ЛАЧХ, если передаточная функция фильтра имеет вид


$$H_u(p) = 100 \frac{1}{(0,01p + 1)(0,1p + 1)} :$$


а) - 40 дБ; б) - 20 дБ; в) 0 дБ; г) +20 дБ; д) +40 дБ; е) +60 дБ". Эталон: д).

3. Пользуясь таблицей 2 и руководствуясь номером варианта (равном номеру записи фамилии студента в журнале группы), выписать значения параметров элементов фильтров 1-го, 2-го, 3-го (или 4-го) порядков с учётом коэффициента  $m = 1, 2, 3, \dots, n$ , где  $m$  - порядок следования номеров учебных групп в потоке, начиная с наименьшего ( $m = 1$ ) номера.

4. Руководствуясь обобщённой схемой замещения фильтра (см. рис. 13), вычертить схему замещения фильтра 1-го порядка с заданными элементами, "закорачивая" избыточные элементы. Рассчитать "вручную" передаточную функцию фильтра по напряжению и привести её к виду (7)...(9) или (16), удобному для построения ЛАЧХ и ЛФЧХ. Определив начальную точку  $L(1)$  и частоту среза  $\omega_c$ , построить на бумажном носителе асимптотическую ЛАЧХ и ЛФЧХ.

5. То же, что в п. 4, для фильтра 2-го порядка, определив сопрягающие частоты и начальную точку  $L(1)$ .

6. Рассчитать передаточную функцию по напряжению  $H_u(\omega)$  фильтра 3-го или 4-го порядка, воспользовавшись выражением (15). После преобразований разложить (воспользовавшись программой (кнопка "")) полиномы числителя и знаменателя функции  $H_u(\omega)$  на множители. Рассчитать сопрягающие частоты, начальную точку  $L(1)$  и построить асимптотическую ЛАЧХ и ЛФЧХ фильтра.

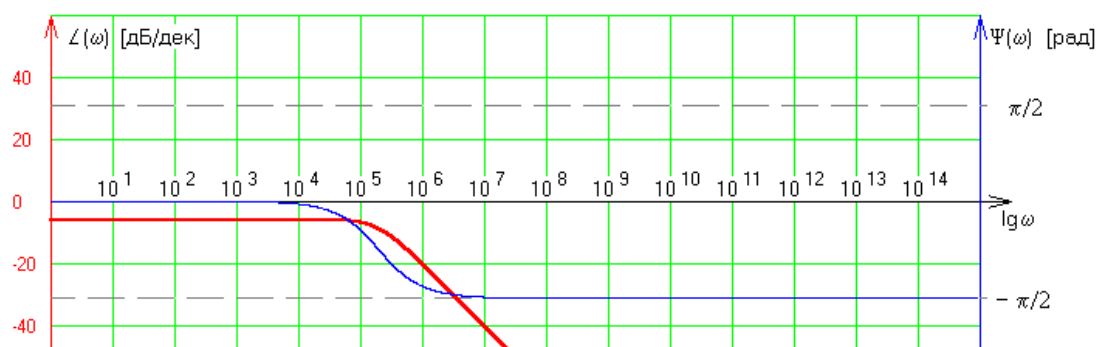
7. Щёлкнуть мышью на кнопке "". Воспользовавшись выведенной на экран дисплея обобщённой схемой замещения фильтра (см. рис. 13), смоделировать фильтр 1-го порядка, т. е. "убрать" с экрана избыточные элементы (щёлкнув мышью на переключателях, расположенных около из-

## Таблица 2

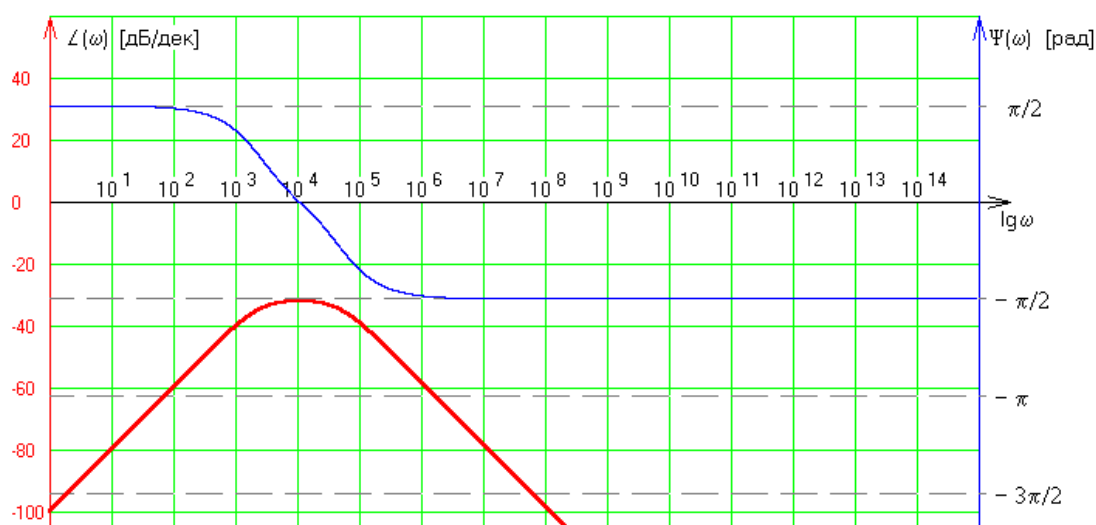
### Значения параметров элементов $RLC$ -фильтров

Номер варианта	Элементы фильтра 1-го порядка	Элементы фильтра 2-го порядка	Элементы фильтра 3-го или 4-го порядка	Значения параметров ( $k = 1 \dots 4$ )		
				$R_k$ , Ом	$L_k$ , мГн	$C_k$ , мкФ
1	$R_1; R_2; C_4$	$L_1; R_2; C_3; R_4$	$R_1; L_1; L_2; R_3; C_4$	$10 \cdot m$	$8 \cdot m$	$2 \cdot m$
2	$R_1; L_2; R_4$	$C_1; R_2; L_3; R_4$	$R_1; L_1; C_2; R_3; L_4$	$10 \cdot m$	$8 \cdot m$	$1 \cdot m$
3	$L_1; R_2; R_4$	$C_1; R_2; R_3; L_4$	$C_1; L_2; C_3; R_3; C_4$	$10 \cdot m$	$8 \cdot m$	$0,5 \cdot m$
4	$C_1; R_2; R_4$	$R_1; L_2; 2R_3; C_4$	$R_1; C_1; L_2; R_3; C_4$	$10 \cdot m$	$8 \cdot m$	$2 \cdot m$
5	$R_1; C_2; R_4$	$2R_1; C_2; R_3; L_4$	$R_1; L_1; C_2; R_3; L_4$	$10 \cdot m$	$8 \cdot m$	$2 \cdot m$
6	$R_1; R_2; L_4$	$\frac{1}{2} R_1; L_2; R_3; C_4$	$R_1; L_2; R_3; C_3; C_4$	$20 \cdot m$	$4 \cdot m$	$2 \cdot m$
7	$R_2; L_3; R_4$	$C_1; R_2; L_2; R_3; R_4$	$R_1; C_1; C_2; L_3; R_4$	$20 \cdot m$	$4 \cdot m$	$2 \cdot m$
8	$R_2; C_3; R_4$	$L_1; R_2; R_3; C_3; R_4$	$R_1; L_1; C_2; R_3; L_4$	$20 \cdot m$	$4 \cdot m$	$2 \cdot m$
9	$R_2; R_3; C_4$	$L_1; \frac{1}{2} R_2; R_3; C_4$	$R_1; L_1; C_2; C_3; R_4$	$20 \cdot m$	$4 \cdot m$	$2 \cdot m$
10	$R_2; R_3; L_4$	$R_1; R_2; C_2; L_3; R_4$	$R_1; C_1; L_2; R_3; C_4$	$20 \cdot m$	$2 \cdot m$	$2 \cdot m$
11	$R_2; R_3; C_4$	$R_1; C_2; R_3; L_3; R_4$	$R_1; C_1; C_2; L_3; R_4$	$10 \cdot m$	$8 \cdot m$	$4 \cdot m$
12	$R_2; C_3; R_4$	$L_1; R_2; R_3; C_4$	$L_1; R_2; C_2; C_3; L_4$	$10 \cdot m$	$8 \cdot m$	$4 \cdot m$
13	$R_1; R_2; C_4$	$\frac{1}{2} R_1; R_2; L_3; C_4$	$L_1; R_2; C_2; L_3; R_4$	$10 \cdot m$	$2 \cdot m$	$1 \cdot m$
14	$R_2; R_3; C_4$	$R_1; L_2; R_3; C_3; R_4$	$L_1; R_2; C_2; C_3; C_4$	$10 \cdot m$	$8 \cdot m$	$1 \cdot m$
15	$R_1; R_2; L_4$	$\frac{1}{2} R_1; R_2; C_3; L_4$	$R_1; L_1; C_2; L_3; R_4$	$10 \cdot m$	$8 \cdot m$	$0,5 \cdot m$
16	$R_1; R_2; C_4$	$\frac{1}{2} R_1; R_2; R_3; L_3; C_4$	$R_1; L_1; C_2; C_3; R_4$	$20 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
17	$R_1; C_2; R_4$	$\frac{1}{2} R_1; C_2; \frac{1}{2} R_3; L_4$	$R_1; L_1; C_2; L_3; R_4$	$20 \cdot m$	$4 \cdot m$	$0,5 \cdot m$
18	$R_1; L_2; R_4$	$R_1; \frac{1}{2} R_2; L_2; R_3; C_4$	$R_1; C_1; C_2; L_3; R_4$	$20 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
19	$L_1; R_2; R_4$	$\frac{1}{2} R_1; R_2; C_2; R_3; L_4$	$C_1; R_2; L_2; L_3; C_4$	$20 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
20	$C_1; R_2; R_4$	$R_1; L_2; \frac{1}{2} R_3; C_4$	$C_1; L_2; R_3; C_3; C_4$	$20 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
21	$R_2; R_3; C_4$	$\frac{1}{2} R_1; L_2; 2R_3; C_4$	$L_1; C_2; C_3; R_4; C_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
22	$R_2; R_3; L_4$	$C_1; R_2; 2R_3; L_4$	$C_1; L_2; L_3; R_4; C_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
23	$R_1; L_2; L_4$	$R_1; C_1; R_2; R_3; L_4$	$L_1; R_2; R_3; C_3; L_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
24	$R_2; L_3; R_4$	$R_1; L_2; 3R_3; 2C_4$	$L_1; C_2; R_3; C_3; L_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
25	$R_2; C_3; R_4$	$L_1; R_2; 3R_3; 2C_4$	$R_1; L_1; C_2; R_3; L_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
26	$R_1; R_2; C_4$	$2L_1; R_2; R_3; C_4$	$L_1; C_2; C_3; R_4; L_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
27	$R_1; C_2; R_4$	$\frac{1}{2} R_1; C_2; R_3; L_4$	$R_1; L_1; C_2; R_3; C_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
28	$R_1; L_2; R_4$	$L_1; 2C_2; R_3; R_4$	$R_1; C_1; C_2; C_3; L_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
29	$R_2; R_3; C_4$	$2L_1; R_2; \frac{1}{2} R_3; C_4$	$L_1; C_2; R_3; C_3; L_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$
30	$R_2; R_3; L_4$	$3L_1; 2R_2; C_3; R_4$	$R_1; L_2; C_3; R_3; C_4$	$10 \cdot m$	$4 \cdot m$	$1 \cdot m$

**Примечание.** Для группы с наименьшим номером в потоке  $m = 1$ ,  
для последующих -  $m = 2, 3, \dots$  и т. д.



а)




б)



в)

Рис. 15. Примеры построения логарифмических частотных характеристик  $RLC$ -фильтров:

- а) 1-го порядка с параметрами:  $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$ ,  $C_4 = 1 \text{ мкФ}$ ;
- б) 2-го порядка с параметрами:  $L_1 = 4 \text{ мГн}$ ,  $R_2 = R_4 = 10 \text{ Ом}$ ,  $C_3 = 1 \text{ мкФ}$ ;
- в) 3-го порядка с параметрами:  $R_1 = R_3 = 10 \text{ Ом}$ ,  $L_1 = L_4 = 4 \text{ мГн}$ ,  $C_2 = 1 \text{ мкФ}$ .

быточных элементов) и скорректировать (в соответствии с вариантом) значения параметров оставшихся элементов. После этого вначале щелкнуть мышью на команде "Принять" (см. рис. 13, справа внизу), а затем на кнопке "". При этом на экран дисплея будут выведены графики ЛАЧХ, ЛФЧХ и выражение передаточной функции исследуемого фильтра.

8. Сравнить значения коэффициентов передаточной функции  $H_u(\omega)$ , рассчитанной "вручную", с значениями коэффициентов функции  $H_u(\omega)$ , выведенными на экран дисплея, а также построенные графики ЛАЧХ и ЛФЧХ с соответствующими машинными графиками. При этом асимптотические линии ЛАЧХ должны аппроксимировать выводимый на экран график ЛАЧХ фильтра (рис.15, а).

9. Повторить пункты 7 и 8 для фильтра 2-го, а затем 3-го (или 4-го) порядков (рис. 15, б и в). Обратите внимание на "всплески" на ЛАЧХ в случае комплексно-сопряженных корней полиномов, т. к. при этих сопрягающих частотах имеют место наибольшие отклонения действительных ЛАЧХ от асимптотических линий.

10. Для трёх типов фильтров убедиться, что рассчитанные "вручную" начальные точки и сопрягающие частоты соответствуют значениям, найденным посредством аппроксимаций графиков, выведенных на экран дисплея. В случае значительных расхождений сопрягающих частот (более 0,3 декады) и вида графиков, проверить (или повторить) расчёты. Если после повторного расчёта и построений вновь получатся большие расхождения, необходимо обратиться за консультацией к преподавателю.

11. В случае, если ЛАЧХ фильтра 3-го или 4-го порядка пересекает ось частот, определить полосу пропускания фильтра и запас его устойчивости по амплитуде и фазе.

12. Слушателю дистанционного образования заполнить шаблон отчёта (пиктограмма "Шаблон") и отправить его по электронной почте или сети Internet на Web-сервер института.

13. Факультативно рекомендуется провести моделирование и построение ЛАЧХ и ЛФЧХ фильтров 2...4 порядков, уменьшая значения сопротивлений резистивных элементов (вплоть до нуля) и варьируя значениями  $L$  и  $C$  индуктивных и ёмкостных элементов.