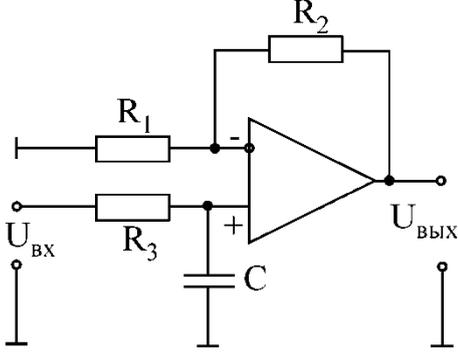
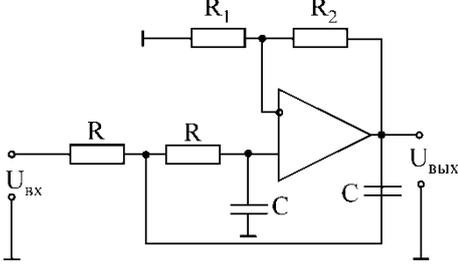


Лабораторная работа № 5

ТИПОВЫЕ ЗВЕНЬЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Таблица 5.1

№ П/П	Название звена	Модель	Передаточная функция
1	2	3	4
1	ФНЧ		$W(p) = k/(1-pT_1)$
2	Фильтр второго порядка		$W(p) = k / (1 + (3 - k)pCR + (pCR)^2)$

Активные RC-фильтры

Активные RC-фильтры, часто называемые просто активными фильтрами, отличаются от обычных фильтров тем, что в их состав входят активные элементы: диоды, электронные лампы, транзисторы. В настоящее время в качестве активного элемента обычно используются микросхемы операционных усилителей.

Операционные усилители широко применяются в активных фильтрах благодаря тому, что их высокое входное сопротивление не нагружает частотно-задающие RC-цепи.

Простейший активный фильтр нижних частот показан на (рис.5.5,а). Собственно говоря, этот фильтр является совмещением обычной интегрирующей цепи и не инвертирующего ОУ. Благодаря большому входному сопротивлению ОУ не нагружает интегрирующую цепь и передаточная характеристика фильтра определяется интегрирующей цепью: $W(p) = K_0/(1 - p/p_1)$. Данный фильтр является фильтром первого порядка, поскольку многочлен в знаменателе передаточной характеристики имеет первую степень аргумента p .

На (рис.5.5,б) приведена схема активного фильтра второго порядка. На ней частотно-задающие элементы связаны не только со входом, но и с выходом. Найдём передаточную функцию этого фильтра.

Сумма токов в узле А:

$$(U_{\text{вх}} - U_A)/R - (U_A - U_{\text{вых}})pC - I = 0,$$

где

$$U_A = I(R + 1/pC) = U_{\text{вых}}pC/[K(R + 1/pC)];$$

$I = U_{\text{вх}}pC = U_{\text{вых}}pC/K$ – ток, текущий через правое сопротивление R и ёмкость C ;

$K = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$ – коэффициент передачи от не инвертирующего входа к выходу с учётом обратной связи через $R_{\text{св}}$ и R_1 .

Количественная и качественная оценки динамических свойств звеньев электрических цепей осуществляются с помощью переходных и частотных характеристик.

Переходная характеристика $h(t)$ – это реакция цепи на входную единичную функцию $1(t)$ при нулевых начальных условиях. Если на вход подаётся единичный скачок, то его изображение по Лапласу $1(t) = 1/p$. Зная передаточную функцию звена $W(p) = U_{\text{вых}}(p)/U_{\text{вх}}(p) = F_1(p)/F_2(p)$, находим изображение выходной величины $U_{\text{вых}}(p) = W(p)/p$.

По теореме разложения:

$$U_{\text{вых}}(t) = h(t) =$$

получаем переходную функцию звена. При подаче на вход звена постоянного напряжения, отличного от единичного, происходит простое масштабирование.

Частотные характеристики представляют собой связь параметров установившихся вынужденных колебаний на выходе звена с параметрами

входной гармонического воздействия.

К частотным характеристикам относятся: амплитудно-фазовая $W(j\omega)$, амплитудная $W(\omega)$ и фазовая $\varphi(\omega)$. Амплитудно-фазовая частотная характеристика получается из передаточной функции подстановкой $p = j\omega$. В результате подстановки частотная передаточная функция $W(j\omega) = F_1(j\omega)F_2(j\omega)$ представляет собой комплексное число, модуль которого равен отношению амплитуды выходной величины к амплитуде входной, а аргумент – сдвиг фаз между выходным и входным сигналами и может быть представлен в виде

$$W(j\omega) = W(\omega)e^{j\varphi(\omega)} = U(\omega) + jV(\omega),$$

где $W(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)}$ – амплитудно-частотная характеристика;

$\varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)}$ – фазочастотная характеристика.

Если передаточная функция представлена в виде отношения полиномов числителя и знаменателя, то модуль амплитудно-фазовой характеристики удобно находить как отношение модулей числителя и знаменателя $W(\omega) = |F_1(j\omega)| / |F_2(j\omega)|$, а фазу – как разность аргументов числителя и знаменателя $\varphi(\omega) = \arg F_1(j\omega) - \arg F_2(j\omega)$.

Между передаточными функциями $W(j\omega)$ и дифференциальными уравнениями существует однозначная связь. В частности, записывая дифференциальное уравнение в операторной форме и взяв отношение выходной величины ко входной, получаем передаточную функцию. И наоборот, по передаточной функции с учётом операционных соответствий можно получить дифференциальное уравнение. Коэффициенты дифференциального уравнения представляют собой физический коэффициент передачи (безразмерная величина) и постоянные времени (размерность в секундах).

Передаточная функция интегратора имеет вид

$$W(p) = U_{\text{вых}}(p)/U_{\text{вх}}(p) = -1/R_1C_2p.$$

Дифференциальное уравнение данной схемы может быть получено из выражения $U_{\text{вх}}(p) = -R_1C_2pU_{\text{вых}}(p)$ заменой $p = d/dt$; $U_{\text{вх}}(t) = -R_1C_2 \frac{dU_{\text{вых}}(t)}{dt}$.

Для идеальных интегрирующего и дифференцирующего звеньев постоянную передачи называют постоянной интегрирования или дифференцирования соответственно.

Для апериодического звена постоянная времени τ представляет собой

время, в течение которого значение свободной составляющей переходного процесса уменьшается в $e = 2,72$ раза.

Для колебательного звена период свободных колебаний определяется коэффициентом ω_c при мнимой части корня характеристического уравнения и зависит от параметров цепи $T_c = 2\pi/\omega_c$.

Декрементом колебаний колебательного звена Δ называется отношение двух амплитудных значений напряжений или токов в моменты времени t и $t + T_c$, а логарифмическим декрементом колебаний – натуральный логарифм этого отношения, т.е. декремент колебаний $\Delta = a_1/a_2 = e^{\delta T_c}$, а логарифмический декремент колебаний $\Theta = \ln(a_1/a_2) = \delta T_c$, где δ – действительная часть корня характеристического уравнения.

Последовательность выполнения работы

1. Нарисовать электрическую схему типовых звеньев, пронумеровав узлы и элементы ветвей. Описать схемы на входном языке PSPICE. Предусмотреть директивы для расчёта АЧХ и ФЧХ звеньев.

номер варианта	Н а з в а н и е з в е н а																						
	интегрирующее			дифференцирующее			апериодическое			фильтр нижних частот			фильтр второго порядка			колебательное							
	№ э л е м е н т а																						
	C2	R1	C1	R2	C2	R2	R1	C	R3	R2	R1	C	R	R1	R2	R4	R1	C1	R3	C2	R2	R5	R6
1	0,4	0,1	0,5	0,1	0,2	0,1	1,0	0,6	0,8	0,1	0,6	1,0	0,1	0,1	0,5	0,5	0,8	0,9	0,9	0,01	0,1	1,0	1,0
2	0,8	0,2	0,6	0,3	0,6	1,0	0,1	0,5	0,7	1,0	0,5	0,1	0,2	1,0	0,6	0,7	0,1	0,2	0,5	0,02	0,1	1,0	1,0
3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,1	0,5	0,6	0,2	0,5	0,9	0,3	0,2	0,6	0,9	0,7	0,8	0,7	0,01	0,1	1,0	1,0
4	0,9	0,4	0,7	0,4	1,0	0,9	0,2	0,6	0,4	0,9	0,6	0,2	0,4	0,9	0,5	0,8	0,2	0,3	0,6	0,02	0,1	1,0	1,0
5	0,2	0,5	0,3	0,8	0,9	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,8	0,5	0,3	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,01	0,1	1,0	1,0
6	1,0	0,6	0,8	0,6	0,4	0,8	0,4	0,7	0,3	0,8	0,7	0,3	0,6	0,8	0,4	0,9	0,3	0,4	0,7	0,02	0,1	1,0	1,0
7	0,1	0,7	0,2	0,7	0,8	0,4	0,5	0,3	0,1	0,4	0,3	0,7	0,7	0,4	0,8	0,8	0,5	0,6	0,9	0,01	0,1	1,0	1,0
8	0,6	0,8	0,9	0,5	0,5	0,7	0,6	0,8	0,2	0,7	0,8	0,4	0,8	0,7	0,3	1,0	0,4	0,5	0,8	0,03	0,1	1,0	1,0
9	0,5	0,9	1,0	0,9	0,6	0,5	0,7	0,2	0,5	0,5	0,2	0,6	0,9	0,5	0,9	0,9	0,4	0,5	0,5	0,03	0,1	1,0	1,0
10	0,7	0,8	1,0	1,1	0,4	0,6	0,8	0,9	0,3	0,6	0,9	0,5	0,8	0,6	0,2	0,9	0,5	0,6	0,9	0,01	0,1	1,0	1,0
11	0,4	0,7	0,2	1,5	0,7	0,6	0,9	0,1	0,7	0,6	1,0	0,5	0,7	0,6	1,0	0,8	0,4	0,4	0,7	0,02	0,1	1,0	1,0
12	0,8	0,6	0,9	0,1	0,3	0,5	1,0	1,0	0,4	0,5	0,1	0,6	0,6	0,5	0,1	0,8	0,6	0,7	0,7	0,02	0,1	1,0	1,0
13	0,4	0,1	0,5	0,1	0,2	0,1	1,0	0,6	0,8	0,1	0,6	1,0	0,1	0,1	0,5	0,5	0,8	0,9	0,9	0,01	0,1	1,0	1,0
14	0,8	0,2	0,6	0,3	0,6	1,0	0,1	0,5	0,7	1,0	0,5	0,1	0,2	1,0	0,6	0,7	0,1	0,2	0,5	0,02	0,1	1,0	1,0
15	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,1	0,5	0,6	0,2	0,5	0,9	0,3	0,2	0,6	0,9	0,7	0,8	0,7	0,01	0,1	1,0	1,0
16	0,9	0,4	0,7	0,4	1,0	0,9	0,2	0,6	0,4	0,9	0,6	0,2	0,4	0,9	0,5	0,8	0,2	0,3	0,6	0,02	0,1	1,0	1,0
17	0,2	0,5	0,3	0,8	0,9	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,8	0,5	0,3	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,01	0,1	1,0	1,0
18	1,0	0,6	0,8	0,6	0,4	0,8	0,4	0,7	0,3	0,8	0,7	0,3	0,6	0,8	0,4	0,9	0,3	0,4	0,7	0,02	0,1	1,0	1,0
19	0,1	0,7	0,2	0,7	0,8	0,4	0,5	0,3	0,1	0,4	0,3	0,7	0,7	0,4	0,8	0,8	0,5	0,6	0,9	0,01	0,1	1,0	1,0
20	0,6	0,8	0,9	0,5	0,5	0,7	0,6	0,8	0,2	0,7	0,8	0,4	0,8	0,7	0,3	1,0	0,4	0,5	0,8	0,03	0,1	1,0	1,0

21	0,5	0,9	1,0	0,9	0,6	0,5	0,7	0,2	0,5	0,5	0,2	0,6	0,9	0,5	0,9	0,9	0,4	0,5	0,5	0,03	0,1	1,0	1,0
22	0,7	0,8	1,0	1,1	0,4	0,6	0,8	0,9	0,3	0,6	0,9	0,5	0,8	0,6	0,2	0,9	0,5	0,6	0,9	0,01	0,1	1,0	1,0
23	0,4	0,7	0,2	1,5	0,7	0,6	0,9	0,1	0,7	0,6	1,0	0,5	0,7	0,6	1,0	0,8	0,4	0,4	0,7	0,02	0,1	1,0	1,0
24	0,8	0,6	0,9	0,1	0,3	0,5	1,0	1,0	0,4	0,5	0,1	0,6	0,6	0,5	0,1	0,8	0,6	0,7	0,7	0,02	0,1	1,0	1,0
25	0,4	0,1	0,5	0,1	0,2	0,1	1,0	0,6	0,8	0,1	0,6	1,0	0,1	0,1	0,5	0,5	0,8	0,9	0,9	0,01	0,1	1,0	1,0
26	0,8	0,2	0,6	0,3	0,6	1,0	0,1	0,5	0,7	1,0	0,5	0,1	0,2	1,0	0,6	0,7	0,1	0,2	0,5	0,02	0,1	1,0	1,0
27	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,1	0,5	0,6	0,2	0,5	0,9	0,3	0,2	0,6	0,9	0,7	0,8	0,7	0,01	0,1	1,0	1,0
28	0,9	0,4	0,7	0,4	1,0	0,9	0,2	0,6	0,4	0,9	0,6	0,2	0,4	0,9	0,5	0,8	0,2	0,3	0,6	0,02	0,1	1,0	1,0
29	0,2	0,5	0,3	0,8	0,9	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,8	0,5	0,3	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,01	0,1	1,0	1,0
30	1,0	0,6	0,8	0,6	0,4	0,8	0,4	0,7	0,3	0,8	0,7	0,3	0,6	0,8	0,4	0,9	0,3	0,4	0,7	0,02	0,1	1,0	1,0