

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

А.И. Федотов, А.С. Каширин  
Томский политехнический университет  
aif8@tpu.ru

## Введение

В настоящее время одной из главных задач ТПУ является обучение специалистов в области теории автоматического управления. Поэтому целью нашей работы явилось создание объектов управления для стенда [1] аналогового ПИД регулятора, которые дали бы студентам возможность получить навык настройки ПИД регулятора под разные ОУ.

## Описание алгоритма и моделирование схем

Для решения задачи были разработаны четырёхполюсники, позволяющие получить определённый вид ЛАЧХ (см. таблицу 1). Для использования были выбраны замедляющие (пассивно интегрирующие) и/или форсирующие (пассивно дифференцирующие) звенья САР.

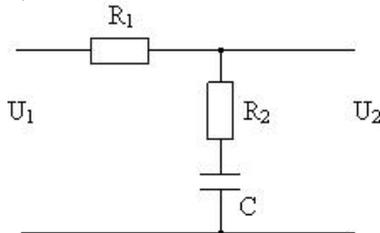


Рис. 1. Схема замедляющего звена

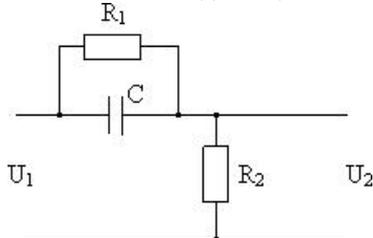


Рис. 2. Схема форсирующего звена

Для того чтобы рассчитать замедляющее звено, необходимо воспользоваться следующими формулами:

$$\begin{cases} \tau = R_2 \cdot C \\ T = (R_1 + R_2)C \\ T > \tau, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\tau$ ,  $T$  – величины, обратные частотам среза;  $R_1$ ,  $R_2$  – сопротивление резисторов;  $C$  – емкость конденсатора.

Аналогично для форсирующего звена:

$$\begin{cases} \tau = R_1 \cdot C \\ T = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2} \\ \tau > T, \end{cases} \quad (2)$$

Всего было реализовано 14 схем, состоящих из различных комбинаций вышеуказанных звеньев.

Таблица 1. Реализованные объекты управления

Номер схемы	Замедляющие звенья	Форсирующие звенья	Вид ЛАЧХ
n=1	2	1	
n=2	0	1	
n=3	1	1	
n=4	0	2	
n=5	0	1	
n=6	1	1	
n=7	2	1	
n=8	0	2	
n=9	1	2	
n=10	2	2	
n=11	2	0	
n=12	2	1	
n=13	2	2	
n=14	2	0	

Все схемы были смоделированы в среде National Instruments Multisim.

Приведём пример схемы, состоящей из двух последовательно соединённых форсирующих звеньев. Первое звено настроено на диапазон частот от 100 Гц до 1 кГц, второе от 100 Гц до 10 кГц.

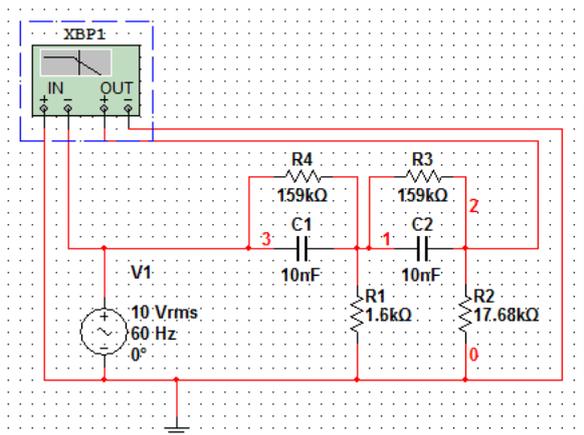


Рис. 3. Схема объекта управления

Данная среда моделирования позволяет сразу построить ЛАЧХ полученной схемы с помощью инструмента Bode Plotter.

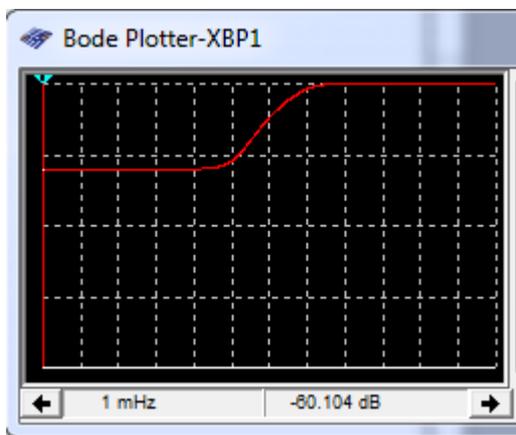


Рис. 4. ЛАЧХ объекта управления

Как видим из рисунка, начиная с частоты 100 Гц идёт наклон +20 дБ/дек вплоть до частоты 1000 Гц. После неё и до 10 кГц идёт наклон +40 дБ/дек.

### Практическая реализация

Для создания вышеописанных объектов управления, а именно печатных плат, была применена технология ЛУТ.



Рис. 5. Готовый объект управления

В процессе отладки схем было решено отказаться от электролитических конденсаторов, так как они работают в одной полярности, что неприменимо для реализуемых схем.

Для каждой из схем была проведена проверка работоспособности. С помощью генератора сигналов ГЗ-112 подавали на вход схемы синусоидальный сигнал разных частот заданной амплитуды. На осциллографе АКТАКОМ - ADS-2114Т снимали напряжение и высчитывали величину коэффициента  $k$ , равную отношению сигнала на выходе к сигналу на входе. Затем высчитывали величину  $20 \cdot \lg(k)$  и строили зависимость от частоты в логарифмическом масштабе. Полученные ЛАЧХ соответствовали тем, что получили в электронной среде Multisim.

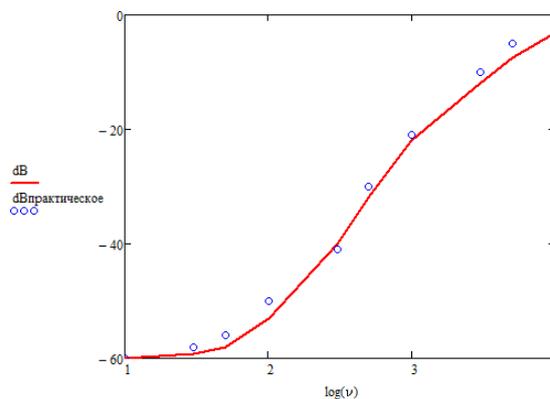


Рис. 6. Симулированная и экспериментальная ЛАЧХ

### Заключение

В результате данной работы были спроектированы и созданы объекты управления для установки аналогового ПИД регулятора. Были применены навыки и умения паяния печатных плат, полученные в ходе прохождения учебной практики.

### Список использованных источников

1. Газизов А. Т., Тутов И. А. Автоматика и программная инженерия. 2016. № 2 (16). С. 14-19.
2. Математические основы теории систем: учебник для вузов / А. М. Малышенко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 364 с. : ил.
3. Теория автоматического управления. Часть I/ Под ред. Воронова А.А. –М.: Высшая школа, 1977. –303 с., ил.
4. Полосовые фильтры[Электронный ресурс]. – URL: <http://www.radiomexanik.spb.ru/8.-filtryi/4.-polosovyye-filtryi.html> (дата обращения 20.09.2018).
5. Лазерно-утюжная технология [Электронный ресурс]. – URL: <http://схем.net/master/45.php> (дата обращения 21.08.2018).