

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра электропривода, автоматики и управления в технических системах

**ДИСКРЕТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

*к выполнению лабораторной работы*  
*«Построение дискретной передаточной функции»*  
*для студентов направления 27.03.04 «Управление в технических системах»*  
*(профиль «Управление и информатика в технических системах»)*

Воронеж 2023

УДК 62-503.4:681.5(07)  
ББК 32.965.6я7

**Составители:**

д-р техн. наук В. Л. Мурзинов,  
канд. техн. наук Ю. В. Мурзинов

**Дискретное управление в технических системах:** методические указания к выполнению лабораторной работы «Построение дискретной передаточной функции» для студентов направления 27.03.04 «Управление в технических системах» (профиль «Управление и информатика в технических системах)/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: В. Л. Мурзинов, Ю. В. Мурзинов. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 9 с.

Методические указания разработаны с целью организации процессов выполнения лабораторной работы «Построение дискретной передаточной функции» по дисциплине «Теория дискретных систем». В рекомендациях определены подходы к выбору варианта индивидуального задания. Показан пример выполнения задания.

Предназначены для студентов направления 27.03.04 «Управление в технических системах» (профиль «Управление и информатика в технических системах»).

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_ДУвТС\_Лаб.2.pdf.

Ил. 7.

**УДК 62-503.4:681.5(07)**  
**ББК 32.965.6я7**

**Рецензент** – С. Д. Кургалин, д-р физ.-мат. наук, проф. кафедры цифровых технологий ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ДИСКРЕТНЫЕ ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ

Так же, как и в линейных аналоговых системах, в ДСАУ существуют три типовых соединения дискретных элементов: последовательное, параллельное, встречно-параллельное.

Рассмотрим схематично правила расчета ДПФ для этих соединений:

1) последовательное соединение (см. рис. 1.1).

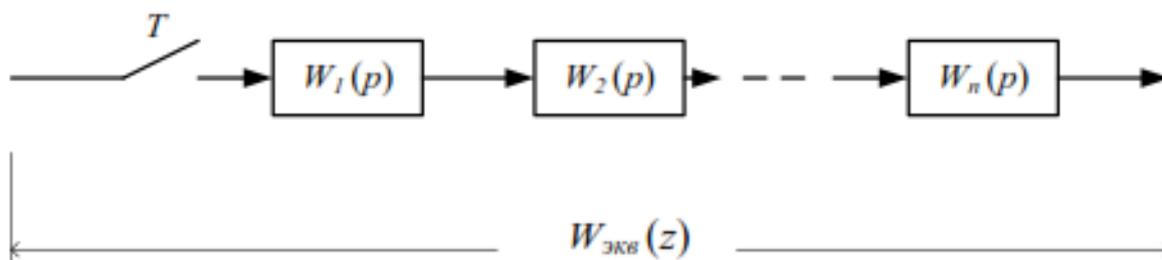


Рис. 1.1. Последовательное соединение звеньев

$$W_{\text{экв}}(z) = Z\{W_1(p)W_2(p)\dots W_n(p)\}. \quad (1.1)$$

2) параллельное соединение (см. рис. 1.2).

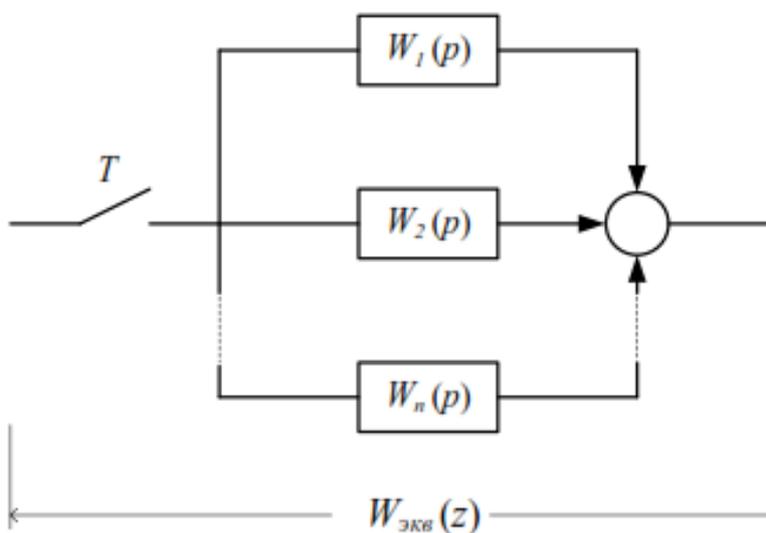


Рис. 1.2. Параллельное соединение звеньев

$$W_{\text{экв}}(z) = W_1(z) + W_2(z) + \dots + W_n(z). \quad (1.2)$$

3) встречно-параллельное соединение (см. рис. 1.3).

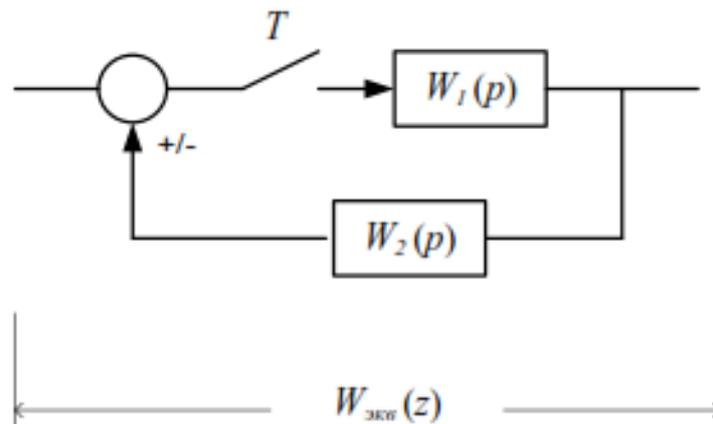


Рис. 1.3. Встречно-параллельное соединение звеньев

$$W_{\text{экв}}(z) = \frac{W_1(z)}{1 \mp Z\{W_1(p)W_2(p)\}}. \quad (1.3)$$

В ДСАУ очень часто есть необходимость использования дискретно-непрерывного преобразователя или экстраполятора, в частности нулевого порядка. ДПФ линейного элемента с экстраполятором на входе рассчитывается в соответствии со следующим правилом (для случая экстраполятора нулевого порядка, см. рис. 1.4):

$$W(z) = \frac{z-1}{z} Z\left\{\frac{W(p)}{p}\right\}. \quad (1.4)$$

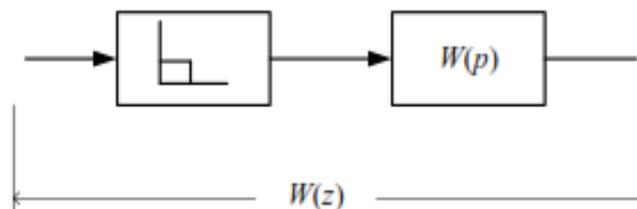


Рис. 1.4. К расчету дискретной передаточной функции линейного элемента с экстраполятором нулевого порядка на входе

Чтобы понять лучше функциональное назначение экстраполятора нулевого порядка в дискретных системах, достаточно запомнить, что он поддерживает нормирующее значение соответствующего элемента входной решетчатой функции в течение всего интервала дискретизации системы по времени, вплоть до воздействия на него следующего элемента решетчатой функции. Тем самым он формирует ступенчатую функцию, близкую к аналоговой функции и пригодную для полноценного преобразования в последующем линейном элементе (см. рис. 1.5).

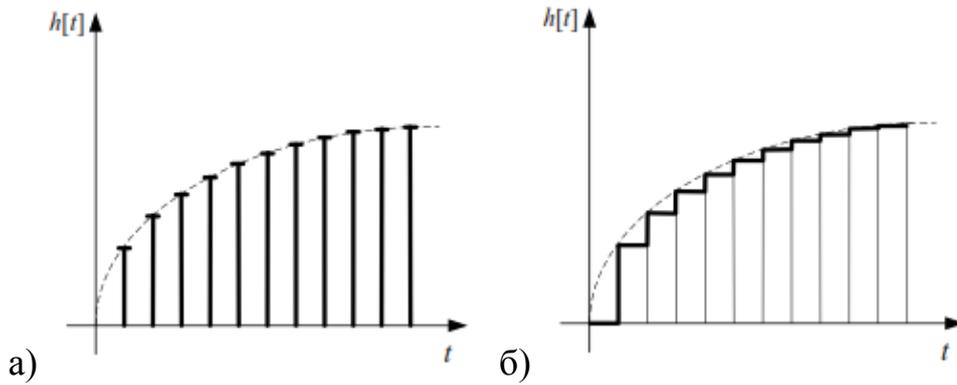


Рис. 1.5. Сигнал на входе и на выходе экстраполятора нулевого уровня:  
 а) сигнал до экстраполятора нулевого порядка,  
 б) сигнал на выходе из экстраполятора нулевого порядка

Обоснованность правильности выражения (1.4) для расчета ДПФ линейного элемента с экстраполятором нулевого порядка, заключается в том, что обычное преобразование Лапласа переходной импульсной характеристики любого линейного элемента, звена или линейной системы дает передаточную функцию соответствующего элемента, звена или системы (см. рис. 1.6).

$$W_E(p) = L\{f(t)\} = L\{1(t) - 1(t - T)\} = \frac{1}{p} - \frac{1}{p}e^{-pT} = \frac{1}{p}(1 - e^{-pT}),$$

$$W(z) = Z\left\{\left(1 - e^{-pT}\right)\frac{W(p)}{p}\right\} = Z\left\{1 - e^{-pT}\right\}Z\left\{\frac{W(p)}{p}\right\},$$

$$W(z) = \left(1 - \frac{1}{z}\right)Z\left\{\frac{W(p)}{p}\right\} = \frac{z - 1}{z}Z\left\{\frac{W(p)}{p}\right\}.$$

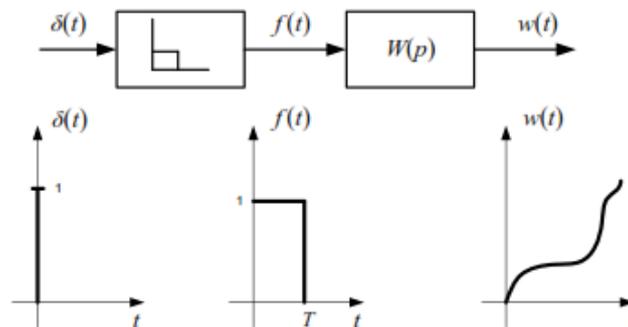


Рис. 1.6. Формирование переходной импульсной характеристики экстраполятором нулевого порядка и линейным элементом в сочетании

Кроме этих правил для эквивалентных преобразований в ДСАУ необходимо учитывать такое правило: расчет ДПФ в сложной дискретной системе осуществляется на участках общих типов (дискретный или аналоговый) сигналов, то есть от элемента дискретизации к элементу дискретизации, а именно от квантователя к квантователю или от квантователя к экстраполятору.

## 2. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДИСКРЕТНОЙ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ЗАДАННОЙ СХЕМЫ ДСАУ

**Условие.** Структурная схема ДСАУ приведена на рис. 2.1.

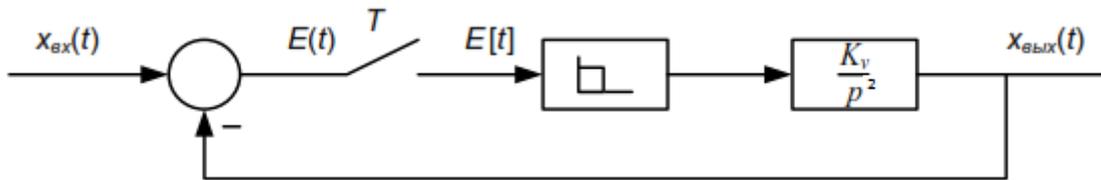


Рис. 2.1. Структурная схема ДСАУ

Получить дискретную передаточную функцию соответствующей системы в разомкнутом и замкнутом состояниях.

**Решение.** Если рассмотреть приведенную систему в разомкнутом состоянии, то в ее составе окажется один линейный элемент с экстраполятором нулевого порядка на входе. Соответствующая дискретная передаточная функция в разомкнутом состоянии будет равна

$$W_{\text{раз}}(z) = \frac{z-1}{z} Z \left\{ \frac{K_v}{p^2} \right\} = \frac{z-1}{z} \frac{K_v T z}{(z-1)^2} = \frac{K_v T}{z-1}.$$

В замкнутом состоянии дискретная передаточная функция будет

$$W(z) = \frac{W_{\text{раз}}(z)}{1 + W_{\text{раз}}(z)} = \frac{K_v T}{z - (1 - K_v T)}.$$

### **3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Студент получает задание от преподавателя в виде структурной схемы, для которой он должен построить дискретную передаточную функцию системы в разомкнутом и замкнутом состояниях.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель работы;
2. Результаты выполнения примера и задания и их анализа;
3. Выводы по проведенным исследованиям.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ДИСКРЕТНЫЕ ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ ТИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ.....	3
2. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДИСКРЕТНОЙ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ЗАДАННОЙ СХЕМЫ ДСАУ.....	6
3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА.....	7

# ДИСКРЕТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторной работы  
«Построение дискретной передаточной функции»  
для студентов направления 27.03.04 «Управление в технических системах»  
(профиль «Управление и информатика в технических системах»)*

### **Составители:**

**Мурзинов Валерий Леонидович**  
**Мурзинов Юрий Валериевич**

Издается в авторской редакции

Компьютерный набор В. Л. Мурзинов

Подписано к изданию 03.02.2023.

Уч.-изд. л. 0,6

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84