Моделирование линейных САУ в программной среде *VisSim*

Компьютерное моделирование переходных функций типовых элементарных звеньев

Входной сигнал

Переходная функция $h(t)$ – реакция на единичный скачок $1(t)$.

Единичный скачок – это функция $1(t)=\begin{cases}0, t<0,\\ 1, t\geq 0.\end{cases}$

В VisSim единичная функция моделируется *блоком step*, который может быть установлен на рабочем поле двумя способами:

1) либо нажатием на *кнопку* на *панели инструментов*;
2) либо выбором *меню Blocks* (Блоки) ▸ *Signal Producer* (Генераторы) ▸ *блок* step.

Вызов *диалогового окна* параметров данного и любого другого *блока* производится нажатием ПКМ. Для единичной функции подходят параметры *блока step*, установленные по умолчанию. Методика изменения параметров блоков изложена в приложении 1.

П-звено

Функциональная схема моделирования переходной функции П-звена показана на рис. 1. Здесь используются следующие компоненты *VisSim*:

- ступенчатая функция - *блок step* (описан выше);
- арифметическая функция *gain* (Коэффициент усиления);
- Переключатель *slider* – для задания значения переменной;
- Переменная *Var* – определение имени переменной.
- осциллограф *Plot* – для отображения результатов симуляции.

Рассмотрим подробнее эти компоненты.

Арифметическая функция *gain* (Коэффициент усиления) устанавливается на рабочем поле программы ***одним из двух способов***:

1) либо нажатием на *кнопку* на *панели инструментов*;
2) либо выбором *меню* Blocks (Блоки) ▸ *Arithmetic* (Арифметические функции) ▸ gain (Коэффициент усиления).

Задать коэффициент усиления можно числом или переменной. Рассмотрим определение переменной. После выделения *блока* (приложение 7) нужно нажать на ***правую кнопку мыши*** (*ПКМ)* и запол-

нить поле появившегося *окна gain Properties* (Параметры коэффициента усиления) параметром *Gain* (Коэффициент усиления): *k* (рис. 2).

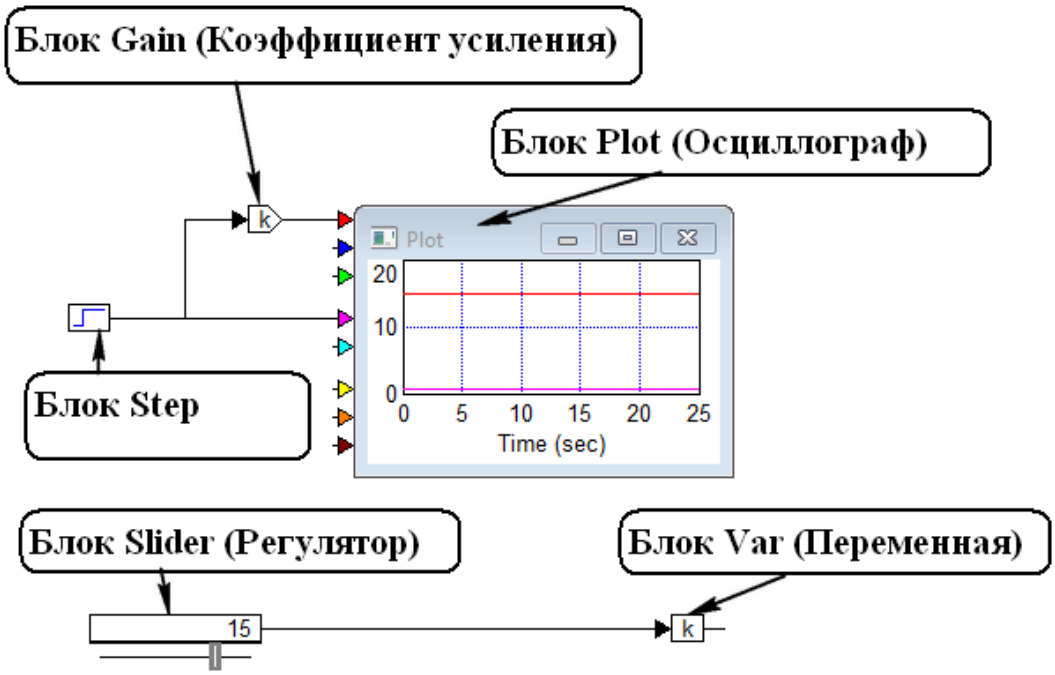


Рис. 1. Функциональная схема моделирования переходной функции П-звена

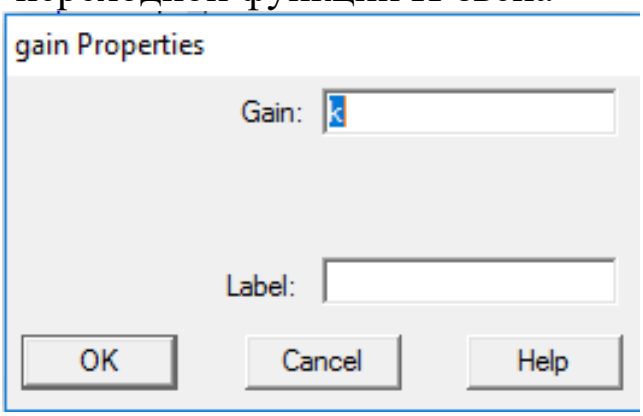


Рис. 2. Диалоговое окно блока *gain* (Коэффициент усиления)

Для задания имени переменной *k* выполните следующее:

1) установите *блок* Переменная *variable* на рабочее поле одним из двух способов:

а) либо нажатием на кнопку ;

б) либо выбором *меню* Блоки *Blocks* ▸ *Annotation* Аннотационные ▸ *блок* Переменная *variable*;

2) после выделения данного *блока* нажатием *ПКМ* вызовите *окно* Определение имени переменной *Set Variable Name* и заполните его *строку ввода* именем *k* (рис. 3);

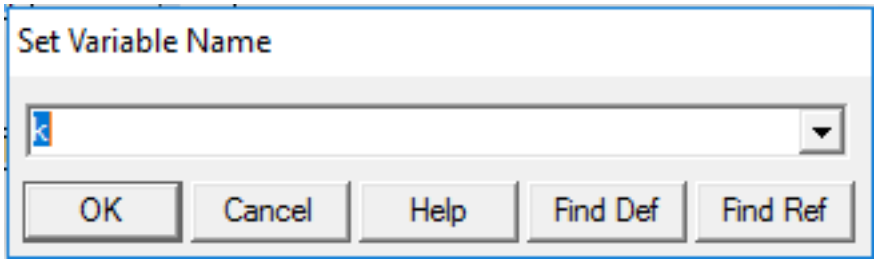


Рис. 3. Задание имени переменной в *блоке* Переменная variable

3) установите блок Регулятор *slider* одним из двух способов:

а) либо нажатием на кнопку ;

б) либо выбором меню Блоки *Blocks* ▸ Источники сигналов *Signal Producer* ▸ блок Регулятор *slider*;

4) после выделения блока Регулятор *slider* нажатием ПКМ вызовите окно Параметры регулятора *slider Parameters*, показанное на рис. 4, и заполните его строки ввода нужными данными, например:

- *Current Value* (Текущее значение):=15;
- *Upper Bound* (Верхний предел):= 20;
- *Ladder Bound* (Нижний предел):= 0;
- *Increment* (Приращение) – оставим без изменений (1%).

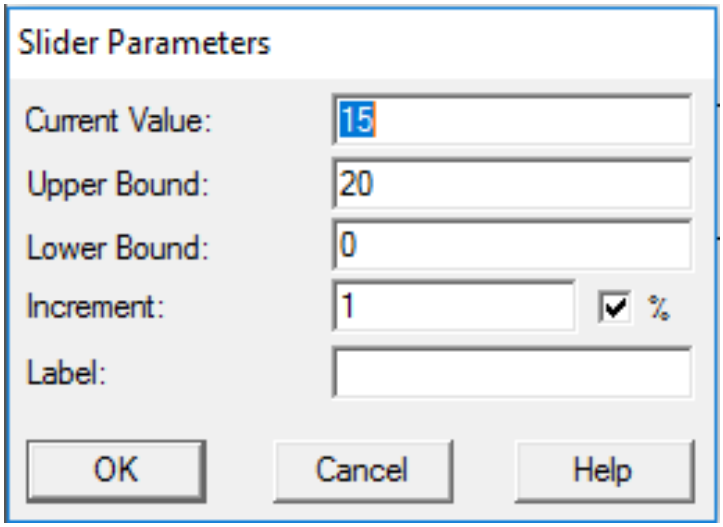


Рис. 4. Задание диапазона для переменной *k* с помощью блока Регулятор *slider*

Для визуализации результатов моделирования используется блок осциллограф *Plot*. Его работа подробно изложена в приложении 1.

Установка осциллографа на рабочем поле осуществляется двумя способами:

1) либо выбором меню Блоки *Blocks* ▸ категория Устройства отображения *Signal Consumer* ▸ блок Осциллограф *Plot*;
2) либо нажатием кнопки на инструментальной панели Устройств отображения *Consumer Blocks*.

При этом на рабочем поле появится пунктирный прямоугольник. Переместите его в нужное место рабочего поля и щелкните левой кнопкой мыши (ЛКМ). Появится изображение осциллографа.

После этого задайте параметры осциллографа в появившемся после нажатия ПКМ одноименном диалоговом окне plot properties (рис. 5 и 6). Если предполагается черно-белая печать, нужно настроить осциллограф на вывод графиков посредством маркеров (приложение 3).

После задания всех блоков и их параметров нужно осуществить ***соединения между ними с помощью проводников***, удерживая ЛКМ. Данное соединение показывает, в какой последовательности, от какого и к какому блоку передать сигналы для обработки во время симуляции модели. Запуск симуляции осуществляется кликом ЛКМ на кнопку на панели инструментов.

На рис. 5 представлены результаты моделирования и параметры блока Осциллограф *Plot*. Применение Фиксированных диапазонов *Fixed Bounds* позволяет оптимально настроить экран осциллографа для отображения выводимых сигналов (рис. 6).

Рассмотрим влияние параметра k на вид переходной характеристики П-звена. Для анализа влияния параметров на вид характеристик необходимо установить флажок *Overplot*, позволяющий избежать очистки экрана и сохранить результаты нескольких симуляций (рис. 7).

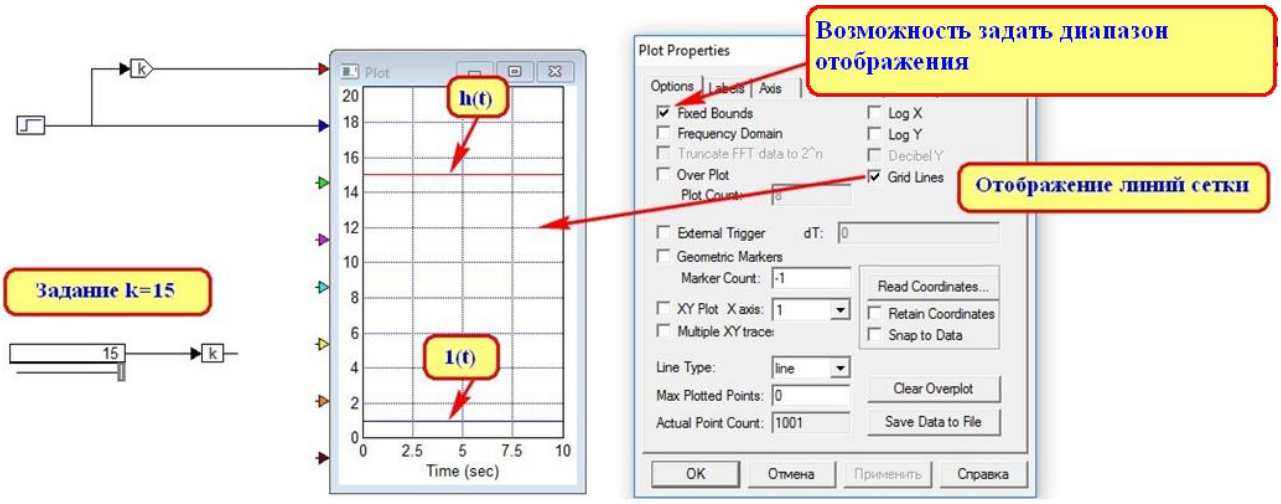


Рис. 5. Результаты моделирования и параметры блока Осциллограф *Plot*

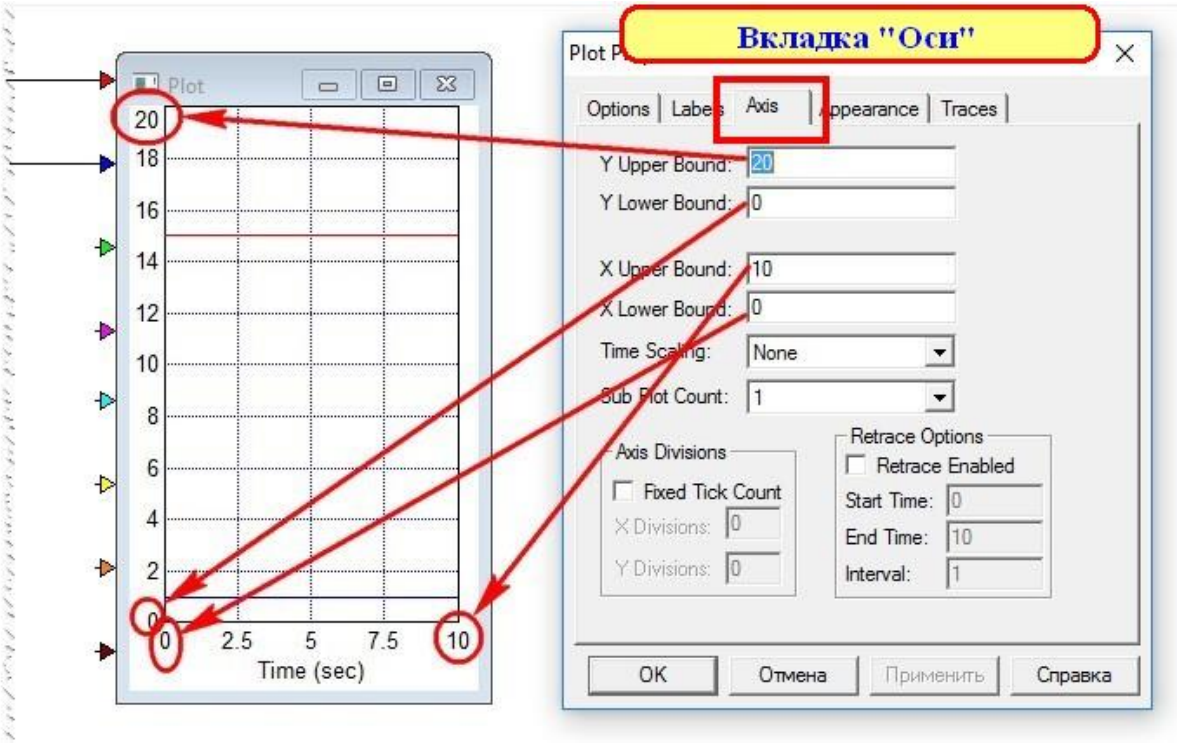


Рис. 6. Параметры осциллографа вкладки «Оси»

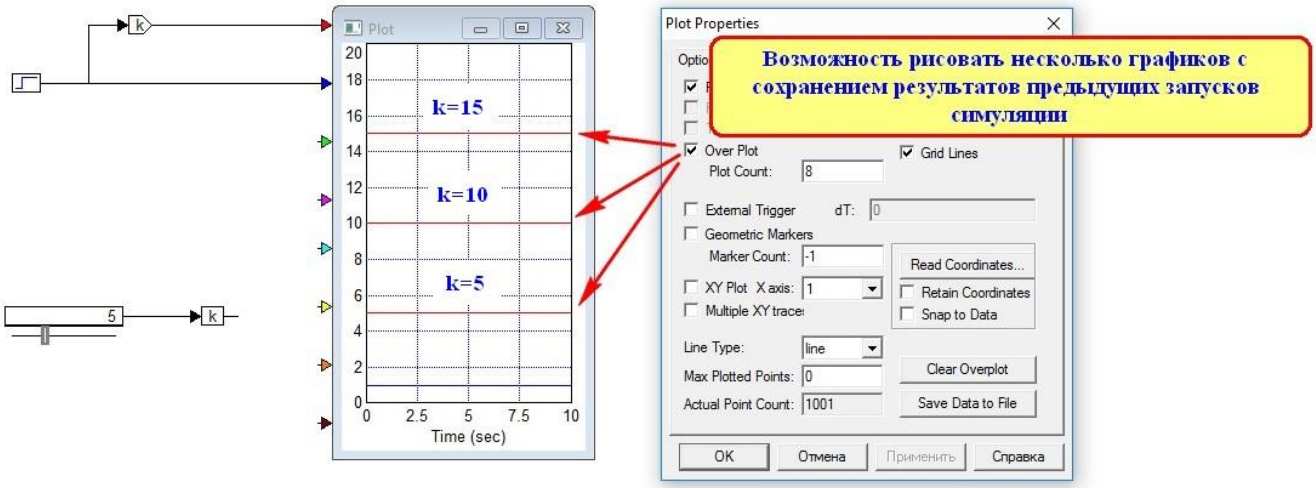


Рис. 7. Влияние коэффициента усиления на вид переходного процесса П-звена

А-звено

Функциональная схема моделирования переходной функции А-звена показана на рис. 8. Здесь прокомментированы только те новые компоненты, которые появились по сравнению со схемой моделирования переходной функции П-звена (рис. 1).

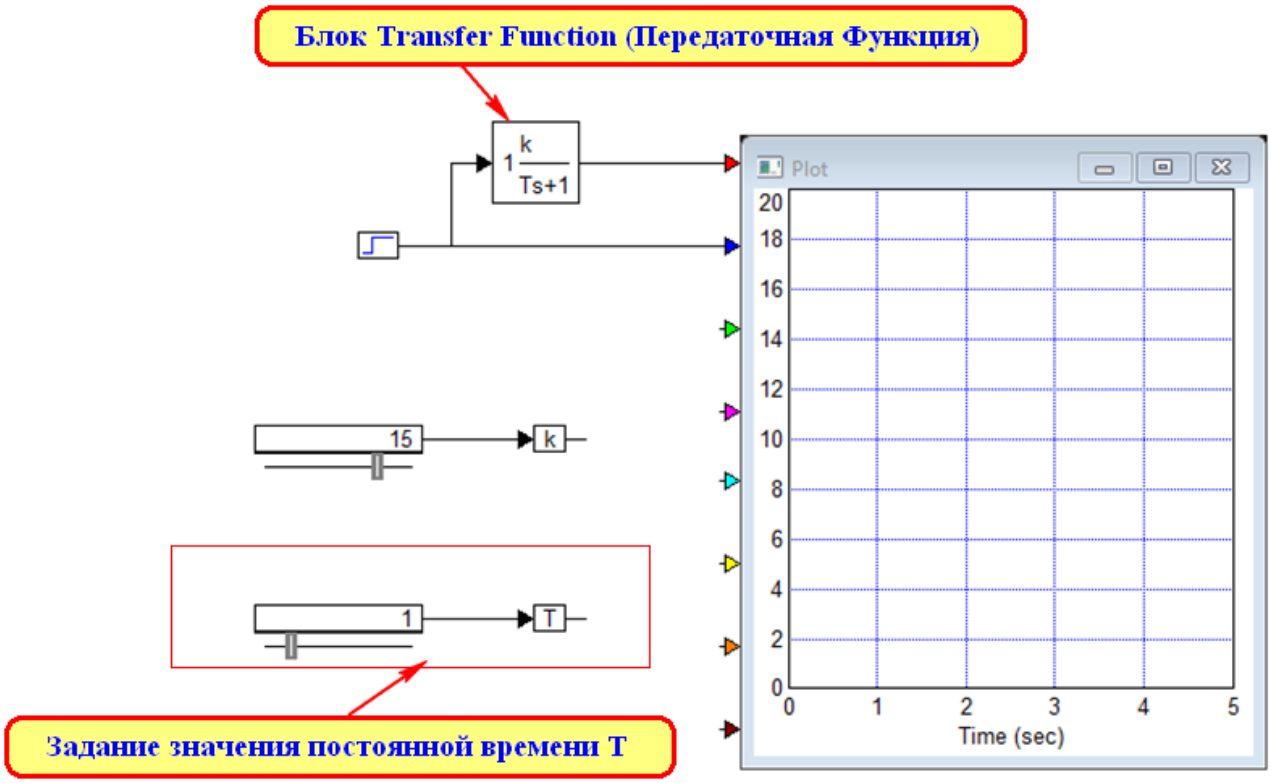


Рис. 8. Функциональная схема моделирования переходной функции А-звена

В программной среде *VisSim* А-звено может быть реализовано выбором *Blocks* (Блоки) ▸ *Linear System* (Линейная система) ▸ *transfer Function* (Передаточная функция). После появления на рабочем поле *блока* необходимо нажатием ПКМ вызвать *диалоговое окно* параметров передаточной функции *Transfer Function Properties* (рис. 9), где задать коэффициенты полиномов числителя и знаменателя передаточной функции. В частности, параметрам на рис. 9 соответствует блок передаточной функции А-звена, прокомментированный на рис. 10.

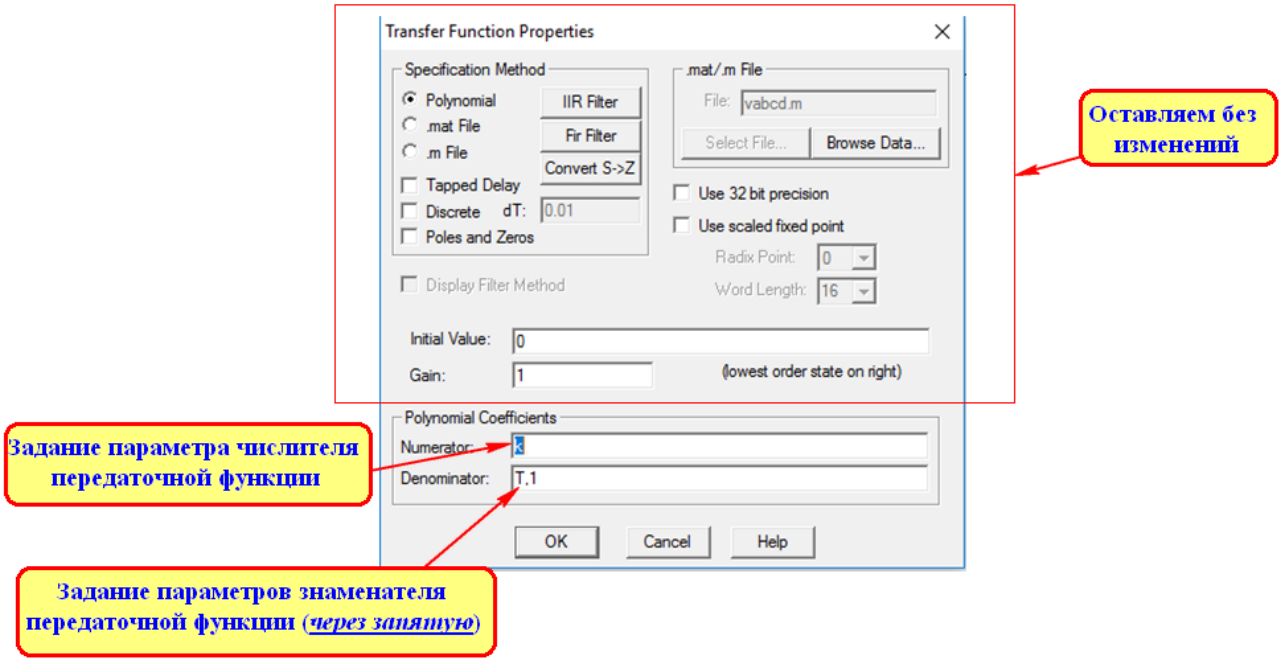


Рис. 9. Задание параметров передаточной функции А-звена

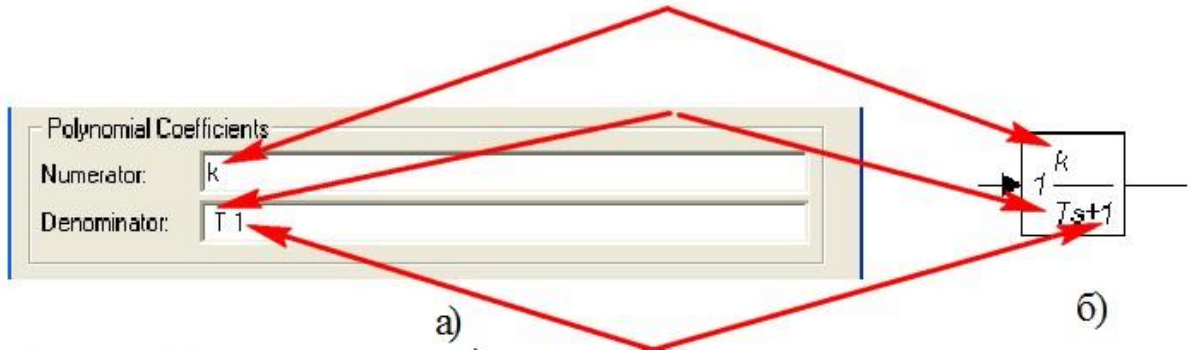


Рис. 10. Передаточная функция А-звена:
а – задание коэффициентов полинома числителя и знаменателя;
б – блок передаточной функции на рабочем поле *VisSim*.

Результаты моделирования переходной функции А-звена показаны на рис. 11. Время переходного процесса принято равным $5T = 5$

секунд. Оно внесено в качестве параметра симуляции (рис. 12) и параметра осциллографа на вкладке «Оси» (рис. 13).

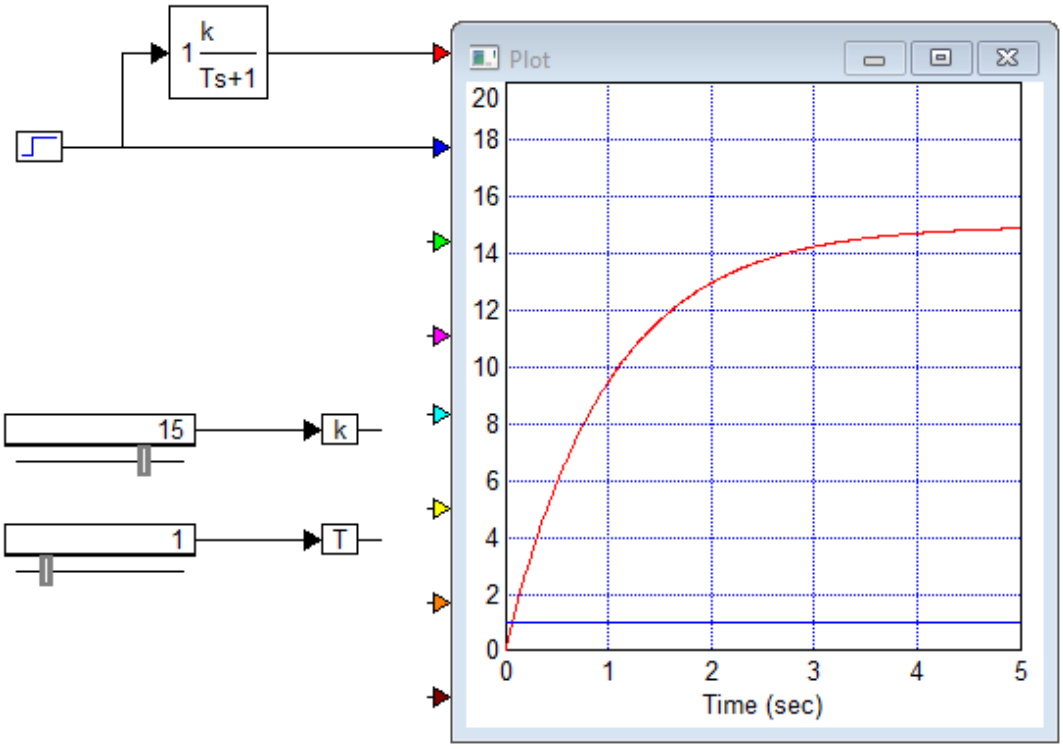


Рис. 11. Функциональная схема моделирования переходной функции А-звена с результатами моделирования

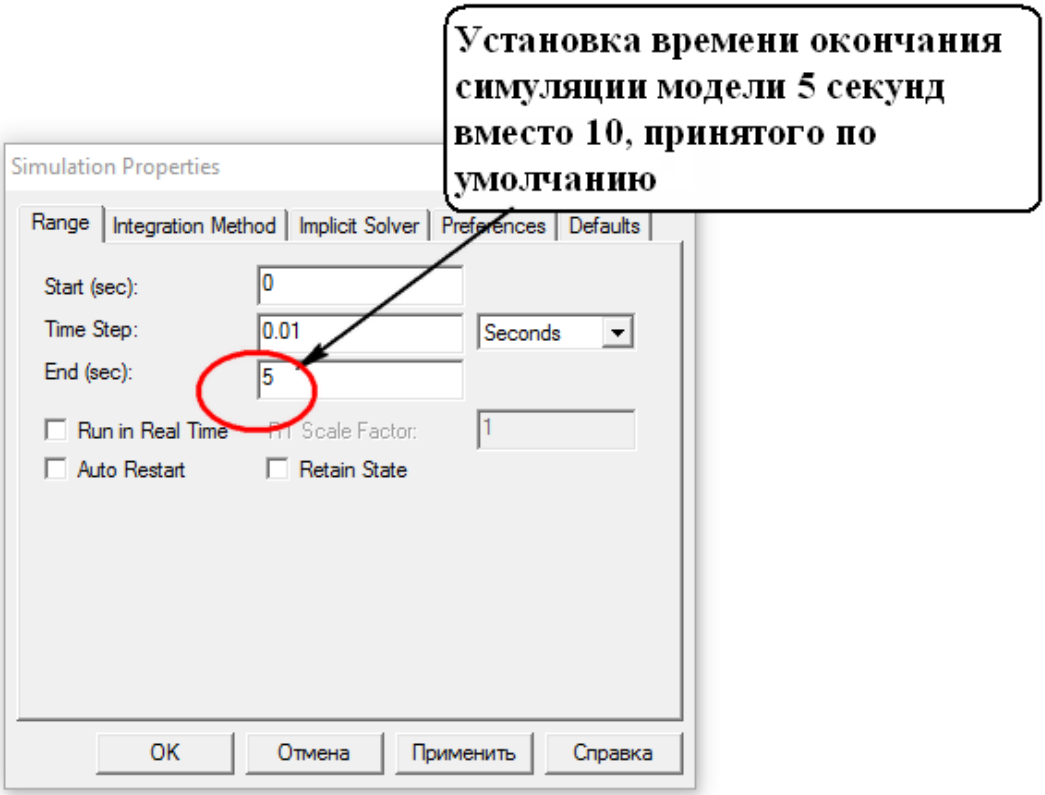


Рис. 12. Изменение конечного времени симуляции модели

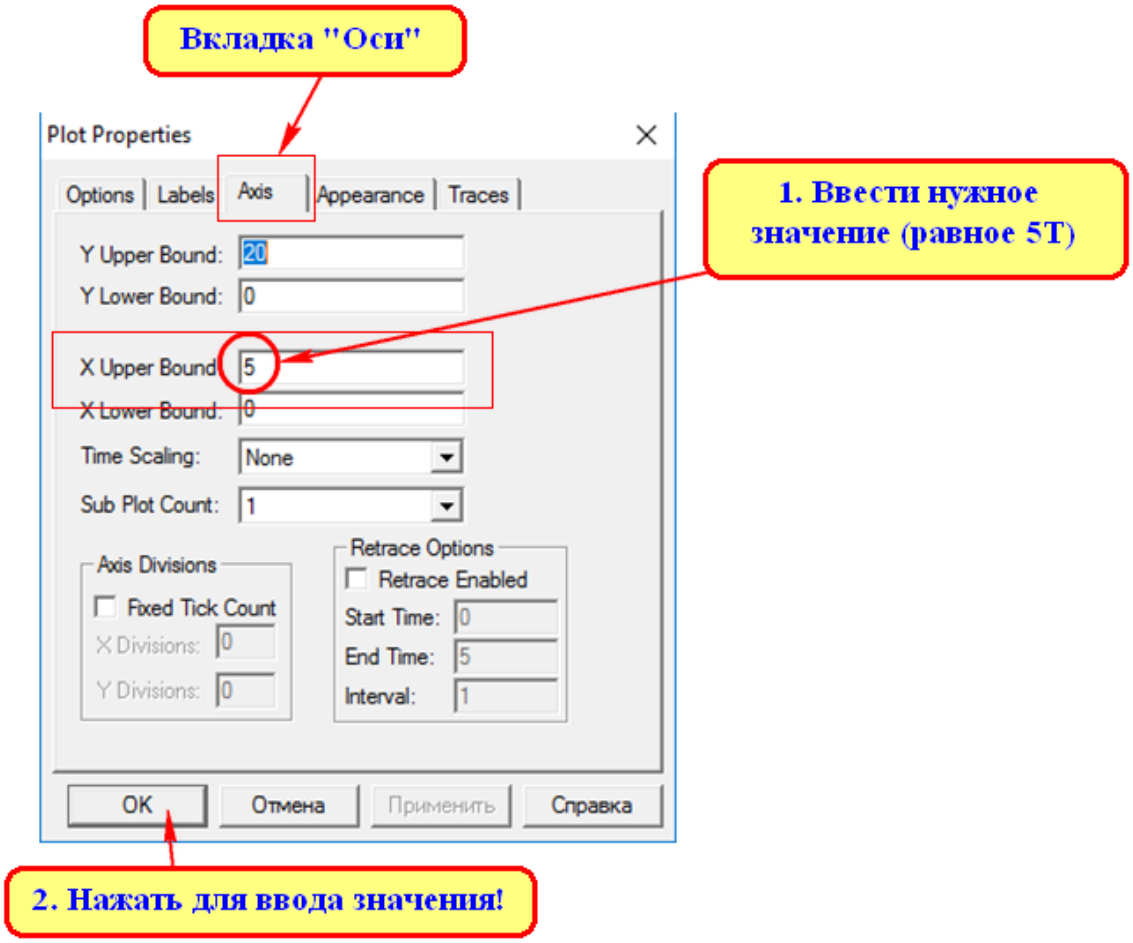


Рис. 13. Изменение конечного времени симуляции

ИИ-звено

Функциональная схема моделирования переходной функции идеального интегратора представлена на рис. 14. Здесь приведены оба описанные ниже способа моделирования ИИ-звена. Естественно, они дают абсолютно одинаковые результаты.

В *VisSim* ИИ-звено можно реализовать ***двумя способами***:

1) в виде последовательного соединения блоков Коэффициент усиления *gain* и Интегратор *Integrator* (рис. 14, а). Интегратор реализуется:

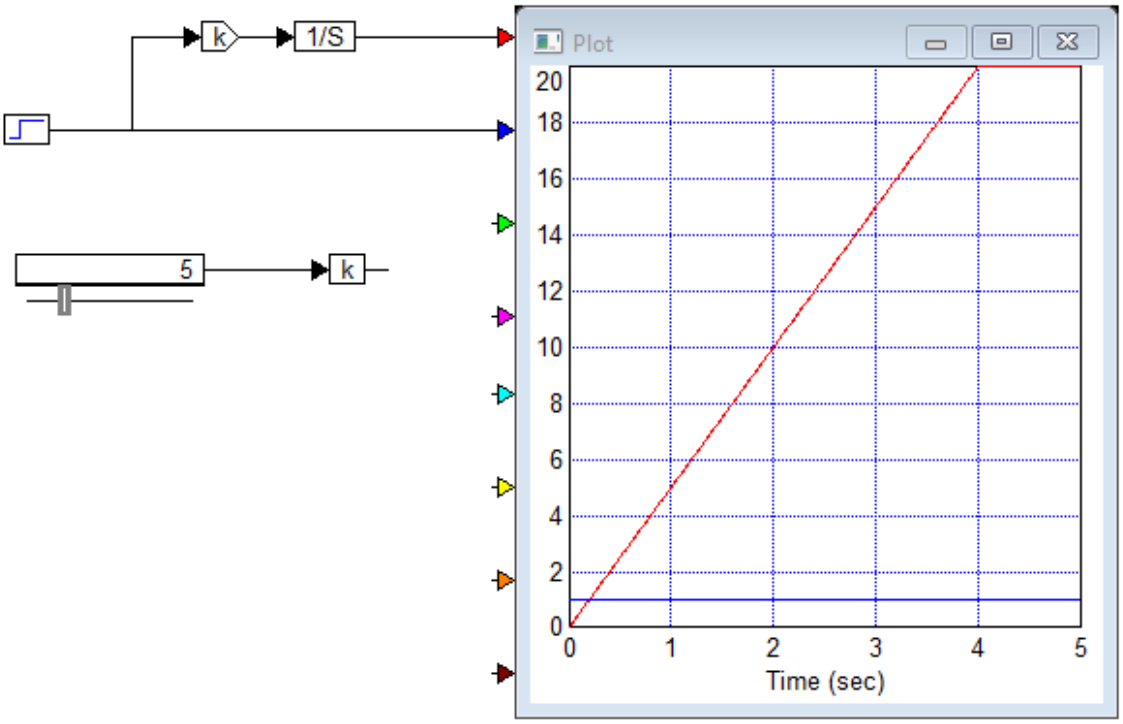
а) либо нажатием на кнопку инструментальной панели Динамических блоков *Dynamic Blocks*;

б) либо выбором меню Блоки *Blocks* ▸ категория Интегрирование *Integration* ▸ блок Интегратор *Integrator*.

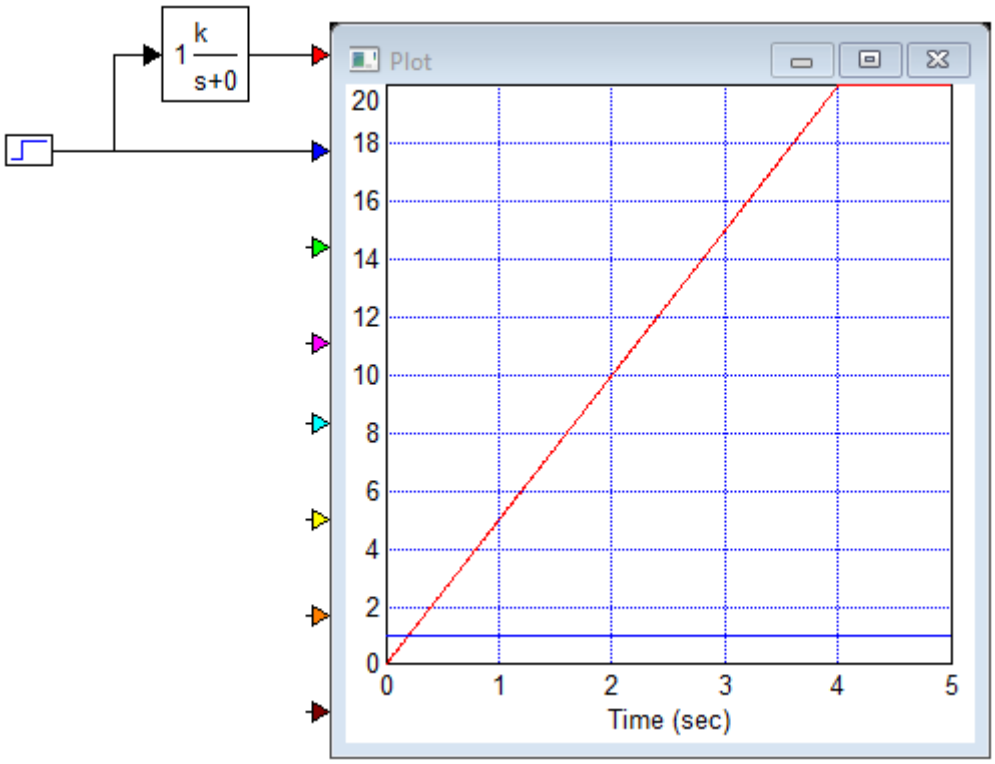
Работа ***динамических блоков*** описана в приложении 1.

2) в виде звена, определенного через блок Передаточная функция *transfer Function* выбором меню Блоки *Blocks* ▸ категория Линейная

система *Linear System* ▸ блок *transfer Function* Передаточная функция (рис. 14, б).



а

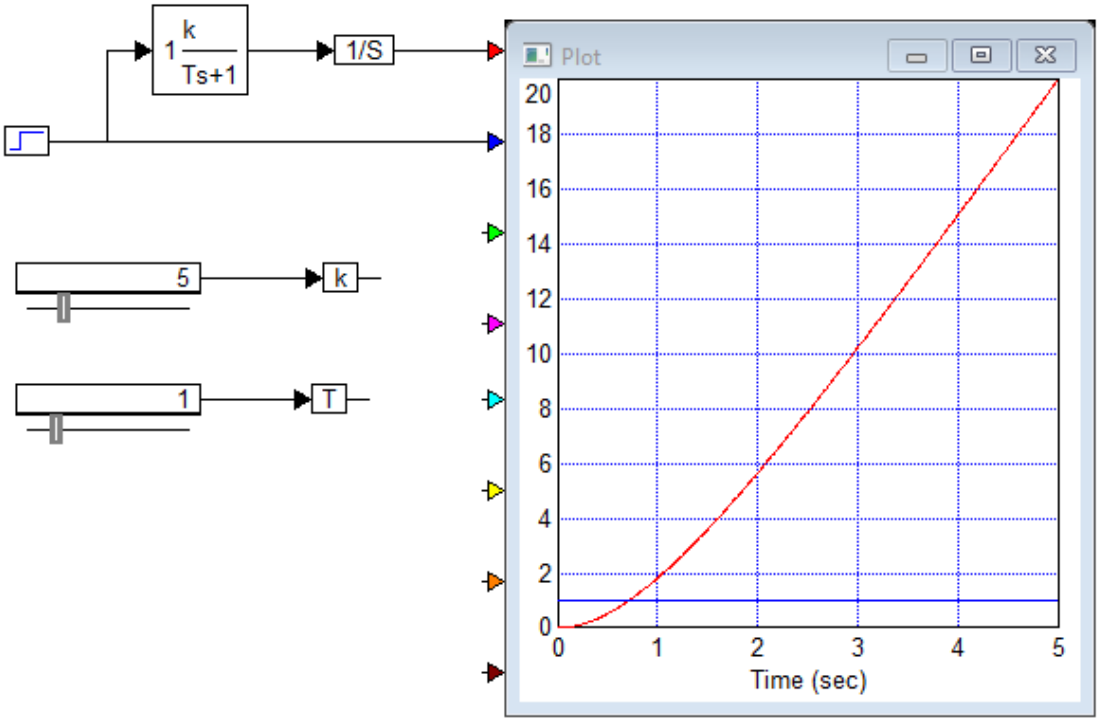


б

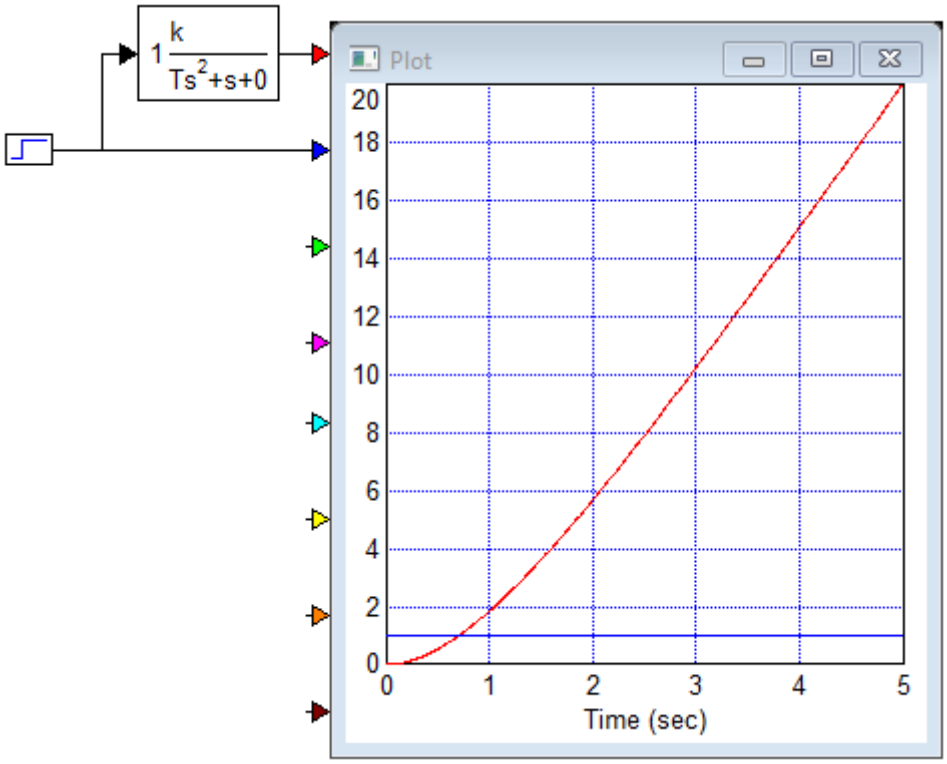
Рис. 14. Функциональные схемы и результаты моделирования переходной функции идеального интегратора

РИ-звено

Функциональная схема моделирования переходной функции РИ-звена представлена на рис. 15.



а



б

Рис. 15. Функциональные схемы моделирования переходной функции РИ-звена

В *VisSim* РИ-звено можно реализовать ***двумя способами***:

1) в виде последовательного соединения блоков Передаточная функция *Transfer Function* и Интегратор *Integrator* – рис. 15, а.

2) в виде одного звена, определенного через блок Передаточная функция *Transfer Function* выбором меню Блоки *Blocks* ▸ категория Линейная система *Linear System* ▸ блок Передаточная функция *Transfer Function* – рис. 15, б.

ИД-звено

ИД-звено смоделировать в *VisSim* невозможно, поскольку при определении параметров блока Передаточная функция *Transfer Function* порядок полинома числителя передаточной функции не должен превышать порядка полинома её знаменателя. Возможно исследование только РД-звена (рассмотрено ниже) с малым значением постоянной времени. При попытке установить нулевую постоянную времени *VisSim* выдает ошибку. Чтобы исключить возможность ее случайного возникновения при симуляции, нижний предел постоянной времени должен быть задан больше нулевого значения.

РД-звено

Функциональная схема моделирования и результаты моделирования переходной функции РД-звена представлены на рис. 16, параметры блока Передаточная функция *Transfer Function* на рис. 17.

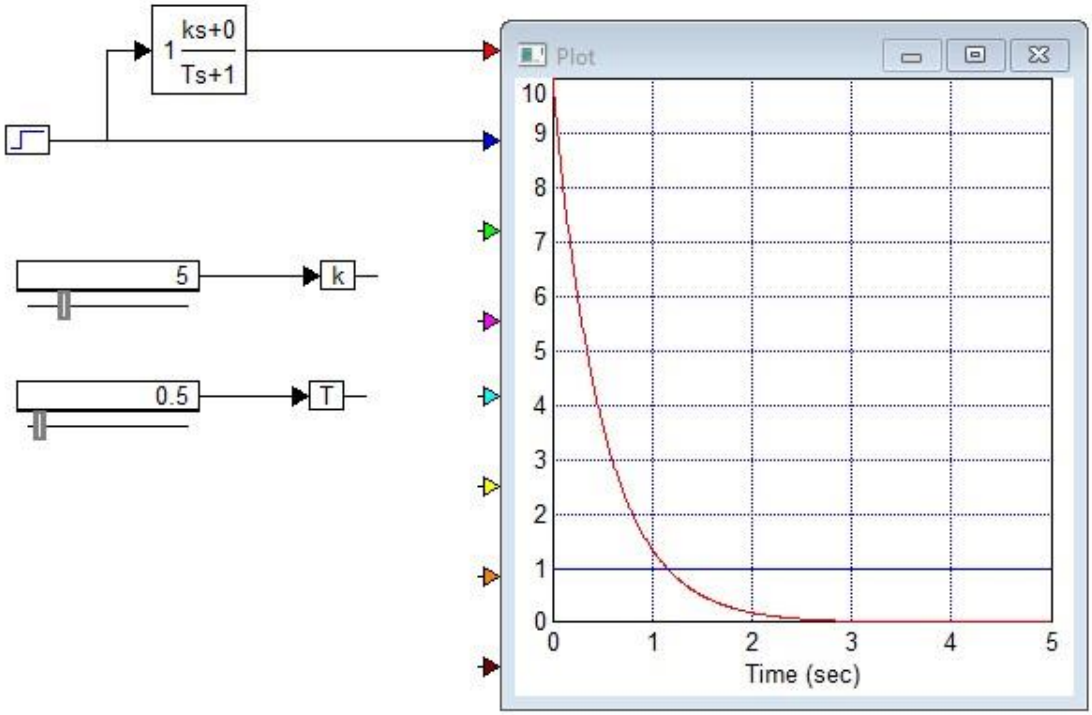


Рис. 16. Функциональная схема моделирования переходной функции РД-звена

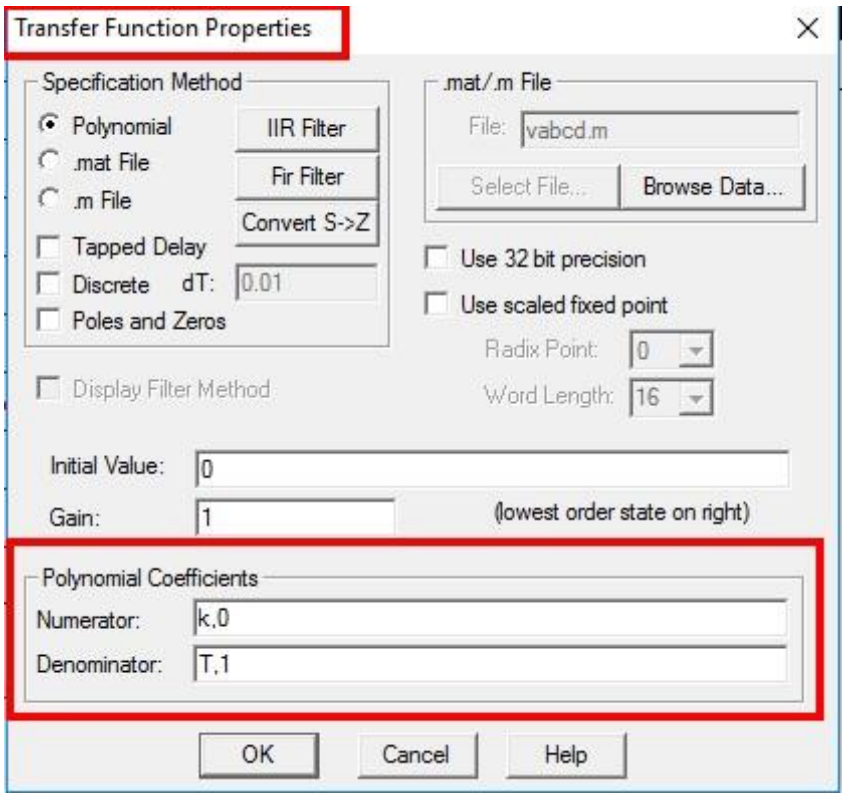


Рис. 17. Параметры блока Передаточная функция *Transfer Function* для РД-звена