**Липецкий государственный технический университет**

Факультет автоматизации и информатики

Кафедра автоматизированных систем управления

Лабораторная работа №1

По дисциплине

«Основы теории управления»

Передаточная функция

Вариант 16

Выполнил: Гобозов Г.А.

Группа АС-21-2

Проверил:

Старший преподаватель Болдырихин О.В.

г. Липецк, 2023г.

**Цель работы и рассматриваемые вопросы**

**Цель работы** — рассмотрение моделей системы управления в виде дифференциальных уравнений и в виде передаточной функции и их сопоставление.

**Рассматриваемые вопросы:**

1. Модель системы управления в виде дифференциального уравнения.

2. Модель системы управления в виде передаточной функции.

3. Переход от дифференциального уравнения к передаточной функции и обратно.

**Задание кафедры**

**Задание 1. Исследование системы первого порядка.**

Создать схему системы из одного звена первого порядка (рисунок 1).

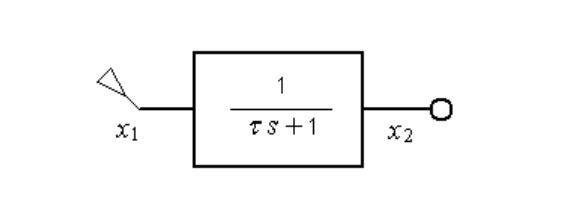


Рисунок 1 - Пример схемы со звеном типа фильтра нижних частот

На вход системы подать гармонический сигнал:

*x1=Asinωt*.

Произвести измерения значений входного и выходного сигналов. Поскольку выходной сигнал содержит гармоническую составляющую и переходный процесс, полный интервал измерений должен быть равен сумме времени переходного процесса (приблизительно три постоянных времени) и одного периода гармонической составляющей. Временной интервал между измерениями необходимо подобрать так, чтобы проявилась гармоническая составляющая. По передаточной функции звена написать дифференциальное уравнение, получить его полное решение и сопоставить теоретические и экспериментальные результаты. Результаты представить в виде таблицы (табл.1) и графиков входного и выходного сигналов.

**Задание 2. Исследование системы второго порядка**

Создать схему системы из двух звеньев первого порядка (рисунок 2).

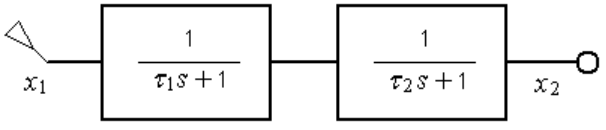


Рисунок 2 - Пример схемы с двумя звеньями типа фильтра нижних частот

На вход системы подать гармонический сигнал. Произвести измерения

значений входного и выходного сигналов.

По передаточным функциям звеньев написать систему дифференциальных уравнений, получить ее полное решение и сопоставить теоретические и экспериментальные результаты.

Результаты представить, как и в предыдущем задании, в виде таблицы

(см. табл.1) и графиков входного и выходного сигналов.

1. Задание 1.

Придаточная функция:

* 1. Схема системы

Схема системы представлена на рисунке 3.

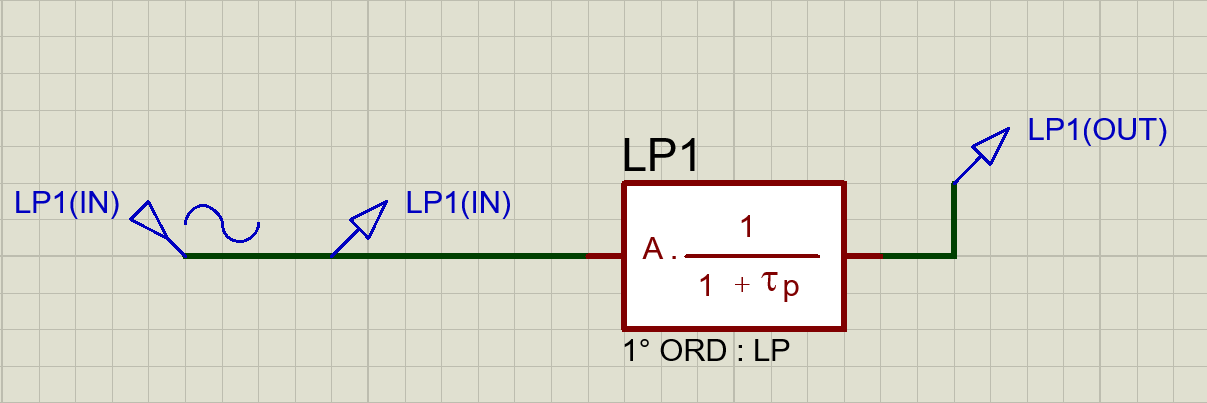


Рисунок 3 - схема системы первого порядка

* 1. Получение дифференциального уравнения системы по передаточной функции.

Примем A=1, тогда, подставив коэффициенты, получим:

* 1. Получение полного решения дифференциального уравнения

Решим однородное уравнение:

Решение ОДУ: .

При y=0 и t=0:

* 1. Таблица с теоретическими и экспериментальными результатами

Результаты расчётов и измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования системы первого порядка

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Время от начала процесса t, c | Значение входного сигнала  , B | Измеренное значение выходного сигнала  , В | Рассчитанное значение выходного сигнала  , В | Разность между измеренным и рассчитанным значениями выходного сигнала  , В |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| 2 | 0,05 | 0,31 | 0,0466178 | 0,04671189 | -0,0001 |
| 3 | 0,1 | 0,58 | 0,174409 | 0,174892488 | -0,0005 |
| 4 | 0,15 | 0,81 | 0,361162 | 0,361884478 | -0,0007 |
| 5 | 0,2 | 0,95 | 0,579398 | 0,580461642 | -0,0011 |
| 6 | 0,25 | 1 | 0,799902 | 0,801354367 | -0,0015 |
| 7 | 0,3 | 0,95 | 0,99416 | 0,995991565 | -0,0018 |
| 8 | 0,35 | 0,81 | 1,13704 | 1,139188701 | -0,0021 |
| 9 | 0,4 | 0,58 | 1,20916 | 1,211517092 | -0,0024 |
| 10 | 0,45 | 0,31 | 1,1987 | 1,201121055 | -0,0024 |
| 11 | 0,5 | 0 | 1,10248 | 1,104803706 | -0,0023 |
| 12 | 0,55 | -0,31 | 0,926203 | 0,928273959 | -0,0021 |
| 13 | 0,6 | -0,58 | 0,683857 | 0,685529503 | -0,0017 |
| 14 | 0,65 | -0,81 | 0,396272 | 0,397435265 | -0,0012 |
| 15 | 0,7 | -0,95 | 0,0890513 | 0,089635678 | -0,0006 |

Продолжение таблицы 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 16 | 0,75 | -1 | -0,209984 | -0,20999556 | 0,0000 |
| 17 | 0,8 | -0,95 | -0,473547 | -0,47411925 | 0,0006 |
| 18 | 0,85 | -0,81 | -0,677591 | -0,678638 | 0,0010 |
| 19 | 0,9 | -0,58 | -0,80369 | -0,80508252 | 0,0014 |
| 20 | 0,95 | -0,31 | -0,840864 | -0,84244381 | 0,0016 |
| 21 | 1 | 0 | -0,786681 | -0,78827214 | 0,0016 |
| 22 | 1,05 | 0,31 | -0,647506 | -0,64893584 | 0,0014 |
| 23 | 1,1 | 0,58 | -0,437902 | -0,43901448 | 0,0011 |
| 24 | 1,15 | 0,81 | -0,179213 | -0,17988652 | 0,0007 |
| 25 | 1,2 | 0,95 | 0,102508 | 0,102350418 | 0,0002 |
| 26 | 1,25 | 1 | 0,37904 | 0,379422693 | -0,0004 |
| 27 | 1,3 | 0,95 | 0,622742 | 0,623638169 | -0,0009 |
| 28 | 1,35 | 0,81 | 0,809258 | 0,810587983 | -0,0013 |
| 29 | 1,4 | 0,58 | 0,919889 | 0,921527976 | -0,0016 |
| 30 | 1,45 | 0,31 | 0,943412 | 0,945206558 | -0,0018 |
| 31 | 1,5 | 0 | 0,877181 | 0,878959955 | -0,0018 |
| 32 | 1,55 | -0,31 | 0,727374 | 0,728967548 | -0,0016 |
| 33 | 1,6 | -0,58 | 0,508386 | 0,509642213 | -0,0013 |
| 34 | 1,65 | -0,81 | 0,241417 | 0,242215276 | -0,0008 |
| 35 | 1,7 | -0,95 | -0,0476114 | -0,04734548 | -0,0003 |
| 36 | 1,75 | -1 | -0,330591 | -0,33088101 | 0,0003 |
| 37 | 1,8 | -0,95 | -0,579985 | -0,58080028 | 0,0008 |
| 38 | 1,85 | -0,81 | -0,771524 | -0,77278368 | 0,0013 |
| 39 | 1,9 | -0,58 | -0,886587 | -0,88816579 | 0,0016 |
| 40 | 1,95 | -0,31 | -0,914023 | -0,91576454 | 0,0017 |
| 41 | 2 | 0 | -0,851245 | -0,85297746 | 0,0017 |
| 42 | 2,05 | 0,31 | -0,704485 | -0,70603808 | 0,0016 |
| 43 | 2,1 | 0,58 | -0,488186 | -0,48940703 | 0,0012 |

Окончание таблицы 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 44 | 2,15 | 0,81 | -0,22359 | -0,22435779 | 0,0008 |
| 45 | 2,2 | 0,95 | 0,063344 | 0,063104659 | 0,0002 |
| 46 | 2,25 | 1 | 0,344475 | 0,344788432 | -0,0003 |
| 47 | 2,3 | 0,95 | 0,592238 | 0,593073541 | -0,0008 |
| 48 | 2,35 | 0,81 | 0,782338 | 0,783614793 | -0,0013 |
| 49 | 2,4 | 0,58 | 0,896131 | 0,89772422 | -0,0016 |
| 50 | 2,45 | 0,31 | 0,922445 | 0,924199817 | -0,0018 |
| 51 | 2,5 | 0 | 0,858678 | 0,860421571 | -0,0017 |
| 52 | 2,55 | -0,31 | 0,711044 | 0,712607482 | -0,0016 |
| 53 | 2,6 | -0,58 | 0,493975 | 0,495204506 | -0,0012 |
| 54 | 2,65 | -0,81 | 0,228699 | 0,229474043 | -0,0008 |
| 55 | 2,7 | -0,95 | -0,0588354 | -0,05858958 | -0,0002 |
| 56 | 2,75 | -1 | -0,340496 | -0,34080389 | 0,0003 |
| 57 | 2,8 | -0,95 | -0,588726 | -0,58955719 | 0,0008 |
| 58 | 2,85 | -0,81 | -0,779239 | -0,78051163 | 0,0013 |
| 59 | 2,9 | -0,58 | -0,893396 | -0,89498569 | 0,0016 |
| 60 | 2,95 | -0,31 | -0,920032 | -0,92178307 | 0,0018 |
| 61 | 3 | 0 | -0,856548 | -0,8582888 | 0,0017 |
| 62 | 3,05 | 0,31 | -0,709165 | -0,71072532 | 0,0016 |
| 63 | 3,1 | 0,58 | -0,492316 | -0,4935435 | 0,0012 |
| 64 | 3,15 | 0,81 | -0,227235 | -0,22800821 | 0,0008 |
| 65 | 3,2 | 0,95 | 0,0601275 | 0,059883171 | 0,0002 |
| 66 | 3,25 | 1 | 0,341636 | 0,341945479 | -0,0003 |
| 67 | 3,3 | 0,95 | 0,589733 | 0,590564644 | -0,0008 |
| 68 | 3,35 | 0,81 | 0,780127 | 0,781400699 | -0,0013 |
| 69 | 3,4 | 0,58 | 0,89418 | 0,895770288 | -0,0016 |
| 70 | 3,45 | 0,31 | 0,920723 | 0,922475478 | -0,0018 |

* 1. Графики теоретических и экспериментальных значений входного и выходного сигналов.

Графики теоретических и экспериментальных значений входного и выходного сигналов приведены на рисунке 4.

Рисунок 4 - График теоретических и экспериментальных значений входного и выходного сигналов

1. Задание 2.

Придаточная функция:

* 1. Схема системы

Схема системы представлена на рисунке 5.

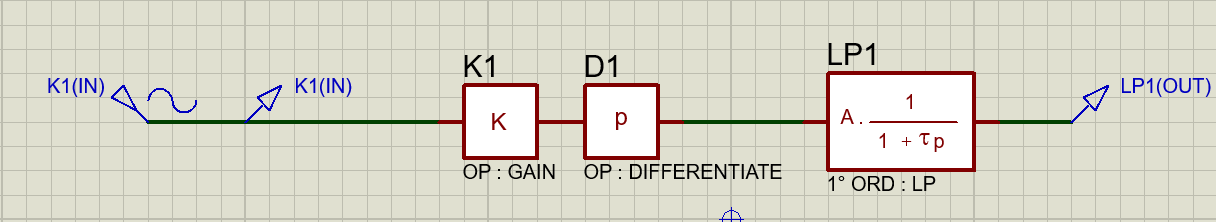


Рисунок 5 - схема системы второго порядка

* 1. Получение дифференциального уравнения системы по передаточной функции.

,

так как *x*= *Asin(ωt),* то:

Примем A=1, тогда, подставив коэффициенты, получим:

* 1. Получение полного решения дифференциального уравнения

Решим однородное уравнение:

Решение ОДУ: .

При y=0 и t=0:

* 1. Таблица с теоретическими и экспериментальными результатами

Результаты расчётов и измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования системы второго порядка

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Время от начала процесса t, c | Значение входного сигнала  , B | Измеренное значение выходного сигнала  , В | Рассчитанное значение выходного сигнала  , В | Разность между измеренным и рассчитанным значениями выходного сигнала  , В |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,05 | 0,31 | 4,5347 | 4,536441 | 0,001741 |
| 3 | 0,1 | 0,58 | 8,09062 | 8,091067 | 0,000447 |
| 4 | 0,15 | 0,81 | 10,3806 | 10,37911 | -0,00149 |
| 5 | 0,2 | 0,95 | 11,2363 | 11,23237 | -0,00393 |
| 6 | 0,25 | 1 | 10,6232 | 10,61654 | -0,00666 |
| 7 | 0,3 | 0,95 | 8,64465 | 8,635311 | -0,00934 |
| 8 | 0,35 | 0,81 | 5,53253 | 5,520961 | -0,01157 |
| 9 | 0,4 | 0,58 | 1,62524 | 1,612163 | -0,01308 |
| 10 | 0,45 | 0,31 | -2,66494 | -2,67862 | -0,01368 |
| 11 | 0,5 | 0 | -6,8918 | -6,90502 | -0,01322 |
| 12 | 0,55 | -0,31 | -10,6191 | -10,6301 | -0,011 |
| 13 | 0,6 | -0,58 | -13,4578 | -13,4687 | -0,0109 |
| 14 | 0,65 | -0,81 | -15,1178 | -15,1249 | -0,00706 |
| 15 | 0,7 | -0,95 | -15,417 | -15,4205 | -0,00348 |
| 16 | 0,75 | -1 | -14,3128 | -14,3125 | 0,000272 |
| 17 | 0,8 | -0,95 | -11,9008 | -11,897 | 0,003787 |
| 18 | 0,85 | -0,81 | -8,4061 | -8,3994 | 0,006697 |
| 19 | 0,9 | -0,58 | -4,16122 | -4,15238 | 0,008841 |

Продолжение таблицы 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 20 | 0,95 | -0,31 | 0,426894 | 0,436883 | 0,009989 |
| 21 | 1 | 0 | 4,91665 | 4,926701 | 0,010051 |
| 22 | 1,05 | 0,31 | 8,87521 | 8,88424 | 0,00903 |
| 23 | 1,1 | 0,58 | 11,9209 | 11,92799 | 0,007085 |
| 24 | 1,15 | 0,81 | 13,7609 | 13,76518 | 0,004281 |
| 25 | 1,2 | 0,95 | 14,2172 | 14,22057 | 0,003368 |
| 26 | 1,25 | 1 | 13,2543 | 13,25361 | -0,00069 |
| 27 | 1,3 | 0,95 | 10,966 | 10,96252 | -0,00348 |
| 28 | 1,35 | 0,81 | 7,58024 | 7,574716 | -0,00552 |
| 29 | 1,4 | 0,58 | 3,43052 | 3,424595 | -0,00593 |
| 30 | 1,45 | 0,31 | -1,07152 | -1,07915 | -0,00763 |
| 31 | 1,5 | 0 | -5,48758 | -5,4935 | -0,00592 |
| 32 | 1,55 | -0,31 | -9,37794 | -9,38444 | -0,0065 |
| 33 | 1,6 | -0,58 | -12,3658 | -12,3694 | -0,00361 |
| 34 | 1,65 | -0,81 | -14,1534 | -14,1547 | -0,00134 |
| 35 | 1,7 | -0,95 | -14,5659 | -14,5643 | 0,001551 |
| 36 | 1,75 | -1 | -13,5616 | -13,557 | 0,004606 |
| 37 | 1,8 | -0,95 | -11,2368 | -11,2303 | 0,006544 |
| 38 | 1,85 | -0,81 | -7,81858 | -7,81099 | 0,007587 |
| 39 | 1,9 | -0,58 | -3,64268 | -3,63311 | 0,009572 |
| 40 | 1,95 | -0,31 | 0,884546 | 0,895138 | 0,010592 |
| 41 | 2 | 0 | 5,32055 | 5,331109 | 0,010559 |
| 42 | 2,05 | 0,31 | 9,23165 | 9,241129 | 0,009479 |
| 43 | 2,1 | 0,58 | 12,2355 | 12,24294 | 0,007438 |
| 44 | 2,15 | 0,81 | 14,0384 | 14,04313 | 0,004727 |
| 45 | 2,2 | 0,95 | 14,4644 | 14,46585 | 0,001454 |
| 46 | 2,25 | 1 | 13,472 | 13,47007 | -0,00193 |
| 47 | 2,3 | 0,95 | 11,1587 | 11,15355 | -0,00515 |

Продолжение таблицы 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 48 | 2,35 | 0,81 | 7,75114 | 7,743298 | -0,00784 |
| 49 | 2,4 | 0,58 | 3,58316 | 3,573368 | -0,00979 |
| 50 | 2,45 | 0,31 | -0,937065 | -0,94786 | -0,01079 |
| 51 | 2,5 | 0 | -5,3669 | -5,37763 | -0,01073 |
| 52 | 2,55 | -0,31 | -9,27255 | -9,28219 | -0,00964 |
| 53 | 2,6 | -0,58 | -12,2716 | -12,2792 | -0,00757 |
| 54 | 2,65 | -0,81 | -14,0703 | -14,0751 | -0,0048 |
| 55 | 2,7 | -0,95 | -14,4925 | -14,4941 | -0,00157 |
| 56 | 2,75 | -1 | -13,4968 | -13,495 | 0,001824 |
| 57 | 2,8 | -0,95 | -11,1806 | -11,1755 | 0,005074 |
| 58 | 2,85 | -0,81 | -7,76908 | -7,76269 | 0,006387 |
| 59 | 2,9 | -0,58 | -3,599 | -3,59048 | 0,008516 |
| 60 | 2,95 | -0,31 | 0,923093 | 0,932754 | 0,009661 |
| 61 | 3 | 0 | 5,35457 | 5,364305 | 0,009735 |
| 62 | 3,05 | 0,31 | 9,26167 | 9,270424 | 0,008754 |
| 63 | 3,1 | 0,58 | 12,262 | 12,26879 | 0,006791 |
| 64 | 3,15 | 0,81 | 14,0619 | 14,06594 | 0,004042 |
| 65 | 3,2 | 0,95 | 14,4851 | 14,48599 | 0,000888 |
| 66 | 3,25 | 1 | 13,4895 | 13,48784 | -0,00166 |
| 67 | 3,3 | 0,95 | 11,1731 | 11,16923 | -0,00387 |
| 68 | 3,35 | 0,81 | 7,76268 | 7,757136 | -0,00554 |
| 69 | 3,4 | 0,58 | 3,59334 | 3,58558 | -0,00776 |
| 70 | 3,45 | 0,31 | -0,928082 | -0,93708 | -0,009 |
| 71 | 3,5 | 0 | -5,35897 | -5,36812 | -0,00915 |
| 72 | 3,55 | -0,31 | -9,26241 | -9,27379 | -0,01138 |
| 73 | 3,6 | -0,58 | -12,2638 | -12,2718 | -0,00797 |
| 74 | 3,65 | -0,81 | -14,0634 | -14,0686 | -0,00517 |
| 75 | 3,7 | -0,95 | -14,4864 | -14,4883 | -0,0019 |

Окончание таблицы 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 76 | 3,75 | -1 | -13,4914 | -13,4899 | 0,001515 |
| 77 | 3,8 | -0,95 | -11,175 | -11,171 | 0,003967 |
| 78 | 3,85 | -0,81 | -7,76529 | -7,75873 | 0,006562 |
| 79 | 3,9 | -0,58 | -3,59563 | -3,58699 | 0,008645 |
| 80 | 3,95 | -0,31 | 0,92608 | 0,935841 | 0,009761 |
| 81 | 4 | 0 | 5,35721 | 5,36703 | 0,00982 |
| 82 | 4,05 | 0,31 | 9,26399 | 9,272828 | 0,008838 |
| 83 | 4,1 | 0,58 | 12,264 | 12,27091 | 0,006914 |
| 84 | 4,15 | 0,81 | 14,0636 | 14,06781 | 0,004215 |
| 85 | 4,2 | 0,95 | 14,4866 | 14,48764 | 0,001041 |

* 1. Графики теоретических и экспериментальных значений входного и выходного сигналов.

Графики теоретических и экспериментальных значений входного и выходного сигналов представлены на рисунке 6.

Рисунок 6 - График теоретических и экспериментальных значений входного и выходного сигналов

Вывод

В данной лабораторной работе была рассмотрена модель системы управления. Суть этой модели системы управления заключается в том, чтобы менять входной сигнал требуемым образом с целью достижения установленной цели.

Передаточная функция является отношением преобразования Лапласа выходной величины к преобразованию Лапласа входной при нулевых начальных условиях. Передаточная функция выражает связь между входом и выходом, а также служит математическим описанием динамической системы. По передаточной функции, зная входной сигнал, можно вывести дифференциальное уравнение состояния для выходного сигнала.

По результатам выполнения лабораторной работы мы видим, что теоретические и экспериментальные значения, полученные из решения дифференциального уравнения и передаточной функции, совпали, а, следовательно, дифференциальное уравнение и передаточная функция состояния несут одинаковую информацию о системе.