Министерство образования и науки Челябинской области

государственное бюджетное образовательное учреждение

среднего профессионального образования

(среднее специальное учебное заведение)

«Южно-Уральский многопрофильный колледж»

**КОМПЛЕКС ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**Исследование систем автоматического управления**

**и регулирования на устойчивость**

**15.02.07** **Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)**

**ПМ 01** Контроль и метрологическое обеспечение

средств и систем автоматизации

**МДК01.03** Теоретические основы контроля и анализа функционирования

систем автоматического управления

**Автор:**

преподаватель специальных дисциплин

Ефимова Ирина Викторовна

Челябинск, 2015

**ОДОБРЕНА УТВЕРЖДАЮ**

Цикловой методической комиссией Зам. директора

ТЭО и АП \_\_\_\_\_И.Н.Тихонова

специальностей ТЭО и АП

 «\_\_\_»\_\_\_\_\_20\_ г.

Протокол № \_\_\_

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель ЦМК

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.А.Зайцева

Согласовано:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Заместитель директора И.Н. Тихонова

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Начальник цеха КИП и Автоматики ОАО «Челябинский металлургический комбинат» С.И.Хаустов

Разработчик:

Ефимова И.В., преподаватель специальных дисциплин ГБОУ СПО (ССУЗ) «Южно-Уральский многопрофильный колледж»

**Аннотация**

Методическое пособие составлено для закрепления и углубления знаний в процессе выполнения комплекса практических работ по теме «Устойчивость автоматических систем регулирования и управления» по МДК01.03 Теоретические основы контроля и анализа функционирования систем автоматического управления.

В пособие приведена таблица индивидуальных вариантов практической работы.

После изучения теоретического материала предлагается определить устойчивость системы автоматического регулирования и управления, используя критерии устойчивости - алгебраические критерии Гурвица и Рауса, и графический критерий Михайлова.

Также с помощью программ на ПК необходимо убедиться в правильности определения устойчивости системы автоматического регулирования и управления.

После изучения материала, выполнения практического задания и составления отчета студентам предлагается ответить на контрольные вопросы.

**Критерии оценки:**

**Оценка «5»:**

- порядок проведения практической работы соответствует заданию;

- определена устойчивость системы по критериям устойчивости – алгебраическим критериям Гурвица и Рауса, и графическому критерию Михайлова;

- на ПК проверена правильность определения устойчивости системы;

- дано полное объяснение и сделаны выводы;

- даны правильные ответы на контрольные вопросы.

**Оценка «4»:**

- порядок проведения практической работы соответствует заданию;

- определена устойчивость системы по критериям устойчивости – алгебраическим критериям Гурвица и Рауса и графическому критерию Михайлова;

- на ПК проверена правильность определения устойчивости системы;

- допущено 2 и более ошибок при ответах на контрольные вопросы.

**Оценка «3»:**

- порядок проведения практической работы соответствует заданию;

- допущены существенные ошибки при определении устойчивости системы по критериям устойчивости;

- на ПК проверена правильность определения устойчивости системы;

- допущено 2 и более ошибок при ответах на контрольные вопросы.

**Оценка «2»:**

- практическая работа не выполнена.

**Введение**

Основным назначением АСР является поддержание постоянного значения параметра или изменение его по определенному закону. При отклонении этого параметра в результате появления возмущающих воздействий в системе или при изменении заданного значения регулируемой величины, регулятор воздействует на систему таким образом, чтобы ликвидировать это отклонение. В системе возникает переходный процесс, зависящий от динамических свойств АСР.

 Если после окончания переходного процесса система снова приходит в первоначальное состояние или другое равновесное состояние, то такую систему называют устойчивой.

Устойчивость характеризуется степенью (запасом) устойчивости. Чем больше степень устойчивости, тем меньше время переходного процесса. С уменьшением степени устойчивости увеличиваются колебания.

На практике определяют устойчивость по коэффициентам характеристического уравнения без вычисления его корней. Эти оценки называются критериями устойчивости.

Министерство образования и науки Челябинской области

государственное бюджетное образовательное учреждение

среднего профессионального образования

(среднее специальное учебное заведение)

«Южно-Уральский многопрофильный колледж»

**Алгебраический критерий устойчивости Гурвица**

Челябинск, 2015

**1 Цель работы**

Используя критерий Гурвица, по характеристическому уравнению определить устойчивость системы.

**2 План работы**

1. по виду характеристическому уравнению своего варианта (таблица 1) определить его порядок;
2. по характеристическому уравнению системы составить главный определитель Гурвица;
3. на основании главного определителя Гурвица подсчитать все остальные определители;
4. определить устойчивость системы;
5. с помощью программ на ЭВМ убедиться в правильности определения устойчивости системы;
6. сделать выводы;
7. ответить на контрольные вопросы.

Таблица 1 - Варианты практической работы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Характеристическое уравнение | Вариант | Характеристическое уравнение |
| 1 | 6р4+3р3+р2+р+1=0 | 17 | 9р3+11р2+5р+1=0 |
| 2 | Р3+5р2+3р+1=0 | 18 | 7р3+4р2+11р+1=0 |
| 3 | 7р4+3р3+р2+4р+1=0 | 19 | Р4+5р3+6р2+р+1=0 |
| 4 | 7р3+12р2+5р+1=0 | 20 | 19р3+9р2+9р+1=0 |
| 5 | 3р3+4р2+9р+1=0 | 21 | 2р4+5р3+4р2+р+1=0 |
| 6 | Р4+5р3+6р2+р+1=0 | 22 | 4р3+7р2+12р+1=0 |
| 7 | 12р3+15р2+12р+1=0 | 23 | 6р3+10р2+9р+1=0 |
| 8 | 2р4+р3+4р2+7р+1=0 | 24 | 11р3+4р2+11р+1=0 |
| 9 | 3р3+4р2+12р+1=0 | 25 | 7р4+6р3+9р2+4р+1=0 |
| 10 | 7р3+4р2+р+1=0 | 26 | 4р4+3р3+9р2+2р+1=0 |
| 11 | 12р4+р3+р2+5р+1=0 | 27 | 9р3+р2+6р+1=0 |
| 12 | Р3+р2+р+1=0 | 28 | 5р3+4р2+3р+16р+1=0 |
| 13 | р4+5р3+7р2+6р+1=0 | 29 | 7р4+р3+3р2+р+1=0 |
| 14 | 9р3+12р2+10р+1=0 | 30 | 6р3+4р2+4р+1=0 |
| 15 | 10р4+7р3+2р2+14р+1=0 | 31 | 3р3+р2+9р+1=0 |
| 16 | 11р3+7р2+3р+1=0 | 32 | 8р3+2р2+4р+1=0 |

**Примечание:** номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале.

**3 Методические указания**

Критерий Гурвица относится к разряду алгебраических критериев. Он выражает условия устойчивости в форме определителей, составленных из коэффициентов характеристического уравнения.

**Критерий Гурвица читается:**

Для того чтобы система была устойчивой, необходимо, чтобы все коэффициенты характеристического уравнения и все определители Гурвица были положительными.

**Анализ устойчивости ведется в следующем порядке:**

1. составляется характеристическое уравнение системы:



1. составляется главный определитель Гурвица:
* по главной диагонали выписываются все коэффициенты уравнения, начиная с до последнего в порядке возрастания индексов;
* столбцы дополняются вверх от диагонали, путем вписывая коэффициентов с последовательно возрастающим индексом;
* вниз от диагонали столбцы дополняются вписыванием коэффициентов с последовательно убывающим индексом;
* на место коэффициентов, имеющих индексы больше и меньше нуля, подставляются нули.



1. на основании главного определителя подсчитываются все остальные определители Гурвица.

;  ;  и т.д.

**Примеры:**

1. Для системы первого порядка с уравнением , условие устойчивости - .
2. Система второго порядка , условие устойчивости - .
3. Система третьего порядка с уравнением , условия устойчивости:

- 

* .
1. Система четвертого порядка , условия устойчивости:
* 
* 
* 

**4 Программное обеспечение практической работы**

С помощью программы на ПК необходимо убедиться в правильности определения устойчивости системы автоматического регулирования и управления.

Для этого необходимо ввести порядок характеристического уравнения, а так же все коэффициенты характеристического уравнения, начиная с  до последнего .

Машина проведет анализ устойчивости: составит главный определить Гурвица, на основании главного определителя подсчитает все остальные определители Гурвица, сделает вывод об устойчивости системы автоматического регулирования и управления.

**5 Контрольные вопросы**

1. Какую систему называют устойчивой?
2. Как читается критерий Гурвица?
3. В каком порядке ведется анализ устойчивости Гурвица?
4. Как составляется главный определитель Гурвица?

Министерство образования и науки Челябинской области

государственное бюджетное образовательное учреждение

среднего профессионального образования

(среднее специальное учебное заведение)

«Южно-Уральский многопрофильный колледж»

**Алгебраический критерий устойчивости РАУСА**

Челябинск, 2015

**1 Цель работы**

Используя критерий Рауса, по характеристическому уравнению определить устойчивость системы.

**2 План работы**

1. по характеристическому уравнению своего варианта (таблица 1) заполнить таблицу Рауса;
2. определить устойчивость системы;
3. с помощью программ на ПК убедиться в правильности определения устойчивости системы;
4. сделать выводы;
5. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 1 – Варианты практической работы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Характеристическое уравнение | Вариант | Характеристическое уравнение |
| 1 | 6р4+3р3+р2+р+1=0 | 17 | 9р3+11р2+5р+1=0 |
| 2 | Р3+5р2+3р+1=0 | 18 | 7р3+4р2+11р+1=0 |
| 3 | 7р4+3р3+р2+4р+1=0 | 19 | Р4+5р3+6р2+р+1=0 |
| 4 | 7р3+12р2+5р+1=0 | 20 | 19р3+9р2+9р+1=0 |
| 5 | 3р3+4р2+9р+1=0 | 21 | 2р4+5р3+4р2+р+1=0 |
| 6 | Р4+5р3+6р2+р+1=0 | 22 | 4р3+7р2+12р+1=0 |
| 7 | 12р3+15р2+12р+1=0 | 23 | 6р3+10р2+9р+1=0 |
| 8 | 2р4+р3+4р2+7р+1=0 | 24 | 11р3+4р2+11р+1=0 |
| 9 | 3р3+4р2+12р+1=0 | 25 | 7р4+6р3+9р2+4р+1=0 |
| 10 | 7р3+4р2+р+1=0 | 26 | 4р4+3р3+9р2+2р+1=0 |
| 11 | 12р4+р3+р2+5р+1=0 | 27 | 9р3+р2+6р+1=0 |
| 12 | Р3+р2+р+1=0 | 28 | 5р3+4р2+3р+16р+1=0 |
| 13 | р4+5р3+7р2+6р+1=0 | 29 | 7р4+р3+3р2+р+1=0 |
| 14 | 9р3+12р2+10р+1=0 | 30 | 6р3+4р2+4р+1=0 |
| 15 | 10р4+7р3+2р2+14р+1=0 | 31 | 3р3+р2+9р+1=0 |
| 16 | 11р3+7р2+3р+1=0 | 32 | 8р3+2р2+4р+1=0 |

**Примечание:** номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале.

**3 Методические указания к практической работе**

Устойчивость систем определяется путем заполнения таблицы Рауса, которая является упрощенной схемой определителей Гурвица.

Таблица 2 – Таблица Рауса

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер строки | Значение  | Номер столбца |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | - |  |  |  |
| 2 | - |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |

**Таблица Рауса заполняется в следующем порядке:**

1. первая строка заполняется вписыванием коэффициентов с четными индексами;
2. вторая строка заполняется вписыванием коэффициентов с нечетными индексами;
3. подсчитываются вспомогательные величины ;
4. подсчитываются коэффициенты всех остальных строк и столбцов.

Любой коэффициент таблицы Рауса определяется по формуле:



где номер столбца;

  номер строки.

**Формулировка критерия Рауса:**

Для того чтобы система была устойчивой, необходимо и достаточно, чтобы все коэффициенты характеристического уравнения и все величины первого столбца таблицы Рауса были положительными.

**4 Программное обеспечение практической работы**

С помощью программы на ПК необходимо убедиться в правильности определения устойчивости системы автоматического регулирования и управления.

Для этого необходимо ввести порядок характеристического уравнения, а так же все коэффициенты характеристического уравнения, начиная с  до последнего .

Машина проведет анализ устойчивости: заполнит таблицу Рауса, выполнит все условия устойчивости и сделает вывод об устойчивости системы автоматического регулирования и управления.

**5 Контрольные вопросы**

1. Какую систему называют устойчивой?
2. Как читается критерий Рауса?
3. Как заполняется таблица Рауса?

Министерство образования и науки Челябинской области

государственное бюджетное образовательное учреждение

среднего профессионального образования

(среднее специальное учебное заведение)

«Южно-Уральский многопрофильный колледж»

**Алгебраический критерий устойчивости МИХАЙЛОВА**

Челябинск, 2015

**1 Цель работы**

Используя графический критерий Михайлова, по характеристическому уравнению определить устойчивость системы.

**2 План работы**

1. по характеристическому уравнению своего варианта (таблица 1) построить годограф в комплексной плоскости при изменении частоты от 0 до ;
2. по виду годографа определить устойчивость системы;
3. с помощью программ на ЭВМ убедиться в правильности определения устойчивости системы;
4. сделать выводы;
5. ответить на контрольные вопросы.

Таблица 1 – Варианты практической работы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Характеристическое уравнение | Вариант | Характеристическое уравнение |
| 1 | 6р4+3р3+р2+р+1=0 | 17 | 9р3+11р2+5р+1=0 |
| 2 | Р3+5р2+3р+1=0 | 18 | 7р3+4р2+11р+1=0 |
| 3 | 7р4+3р3+р2+4р+1=0 | 19 | Р4+5р3+6р2+р+1=0 |
| 4 | 7р3+12р2+5р+1=0 | 20 | 19р3+9р2+9р+1=0 |
| 5 | 3р3+4р2+9р+1=0 | 21 | 2р4+5р3+4р2+р+1=0 |
| 6 | Р4+5р3+6р2+р+1=0 | 22 | 4р3+7р2+12р+1=0 |
| 7 | 12р3+15р2+12р+1=0 | 23 | 6р3+10р2+9р+1=0 |
| 8 | 2р4+р3+4р2+7р+1=0 | 24 | 11р3+4р2+11р+1=0 |
| 9 | 3р3+4р2+12р+1=0 | 25 | 7р4+6р3+9р2+4р+1=0 |
| 10 | 7р3+4р2+р+1=0 | 26 | 4р4+3р3+9р2+2р+1=0 |
| 11 | 12р4+р3+р2+5р+1=0 | 27 | 9р3+р2+6р+1=0 |
| 12 | Р3+р2+р+1=0 | 28 | 5р3+4р2+3р+16р+1=0 |
| 13 | р4+5р3+7р2+6р+1=0 | 29 | 7р4+р3+3р2+р+1=0 |
| 14 | 9р3+12р2+10р+1=0 | 30 | 6р3+4р2+4р+1=0 |
| 15 | 10р4+7р3+2р2+14р+1=0 | 31 | 3р3+р2+9р+1=0 |
| 16 | 11р3+7р2+3р+1=0 | 32 | 8р3+2р2+4р+1=0 |

**Примечание:** номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале.

**3 Методические указания к практической работе**

 Критерий Михайлова относится к группе частотных критериев. Анализ устойчивости сводится к построению годографа в комплексной плоскости при изменении частоты от  до . Годограф строится на базе характеристического уравнения замкнутой системы.

**Анализ устойчивости осуществляется в следующем порядке:**

1. находят характеристическое уравнение замкнутой системы:

;

1. в характеристическом уравнении производят замену :



1. из уравнения  выделяют вещественную и мнимую части  и , учитывая, что , , , ; , ,  и т.д., т.е. четные степени  вещественны, а нечетные степени – мнимы:





1. задаваясь определенными значениями частоты  от 0 до, подсчитывается для каждого значения частоты и , результаты подсчетов можно свести в таблицу:

Таблица 2 – Таблица результатов

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 |  |  |  | … |  |
|  |  |  |  |  | … |  |
|  |  |  |  |  | … |  |

1. по данным таблицы на комплексной плоскости в координатах  и наносят координаты точек в вещественной и мнимой части, через полученные точки проводят плавную кривую, по виду которой судят об устойчивости системы.

**Критерий устойчивости Михайлова формулируется:**

Для того чтобы система  порядка была устойчивой, необходимо и достаточно, чтобы вектор годографа Михайлова при изменении частоты от 0 до , начав свое движение с положительной вещественной полуоси, вращаясь против часовой стрелки и нигде не обращаясь в нуль, обходил последовательно квадрантов комплексной плоскости, т.е. повернувшись на угол, равный  где степень характеристического уравнения.

**4 Программное обеспечение практической работы**

С помощью программы на ПК необходимо убедиться в правильности определения устойчивости системы автоматического регулирования и управления.

Для этого необходимо ввести порядок характеристического уравнения, а так же все коэффициенты характеристического уравнения, начиная с  до последнего .

Машина проведет анализ устойчивости: построит годограф Михайлова и сделает вывод об устойчивости системы автоматического регулирования и управления.

**5 Контрольные вопросы**

1. Какую систему называют устойчивой?
2. Как читается критерий Михайлова?
3. Порядок анализа устойчивости Михайлова.

**Библиографический список**

1. Горюнов И.И. Автоматическое регулирование / И.И.Горюнов, К.Ю. Евстафьев, А.А.Рульнов. – М.: Инфра-М, 2011. – 219 с.

2. Дойнико В.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике/ В.В. Дойников, А.В.Калиниченко, Н.В.Уваров. – М.: Изд-во «Инфра-Инженерия», 2008. – 576 с.

3. Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода: Учебник. М.: ИНФРА – М, 2014. – 208 с.

4. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации / Б.В.Шандров – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 368с.