

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра
«Оборудование и технология сварочного производства»

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Методические указания к самостоятельной работе для студентов
специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного
производства» заочной формы обучения*



УДК 621.791.7
ББК 30.61
Т 38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» «23» 05 2017 г., протокол № 10.

Составитель: канд. техн. наук, доц. С. Ф. Мельников

Рецензент: канд. техн. наук, доц.

Даны задания к самостоятельной работе по дисциплине «Основы автоматизации сварочного производства» для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» заочной формы обучения, а также приведены методические указания по ее выполнению, перечень необходимой литературы.

Учебно-методическое издание

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СВРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

| | |
|-------------------------|-----------------|
| Ответственный за выпуск | В. П. Куликов |
| Технический редактор | С. Ф. Мельников |
| Компьютерная верстка | С. Ф. Мельников |

Подписано в печать . Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл.печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

Содержание

| | Стр. |
|--|------|
| 1. Цель и содержание контрольной работы | 4 |
| 2. Общие сведения об анализе устойчивости САР..... | 4 |
| 3. Пример решения задачи | 11 |
| 4. Варианты задач контрольной работы | 12 |
| 5. Список литературы..... | 16 |

1. Цель и содержание контрольной работы

Целью контрольной работы является исследование устойчивости одной из систем автоматического регулирования (САР) дуговой или контактной сварки.

Для выполнения работы необходимо знать:

- основные типы систем автоматического регулирования и управления;

- преобразование Лапласа;
- понятие о передаточной функции;
- классификацию динамических звеньев САР;
- алгебру передаточных функций;
- передаточную функцию САР;
- понятие устойчивости линейных систем;
- критерии устойчивости Гурвица.

Для выполнения работы необходимо уметь:

- составлять и описывать функциональные схемы САР;

- преобразовывать функциональную схему системы в структурную схему;

- определять передаточные функции элементов САР;
- преобразовывать структурную схему САР;
- определять передаточную функцию САР;
- определять устойчивость САР по критерию устойчивости.

2. Общие сведения об анализе устойчивости САР.

Проектирование систем автоматического управления и регулирования следует начинать с детального изучения *объекта автоматизации*. Знание общих свойств объекта необходимо для выбора принципиальной схемы регулирования, технических средств измерения контролируемых и регулируемых величин, элементов системы регулирования и настроек. Всякий технологический процесс характеризуется определенными физическими величинами. Для обеспечения требуемого режима работы эти величины необходимо поддерживать постоянными или изменять по тому или иному закону. Так для обеспечения нормального формирования шва при сварке под флюсом необходимо поддерживать постоянным сварочный ток, скорость сварки, напряжение на дуге. Напряжение на дуге в этом случае поддерживается постоянным за счет регулирования скорости подачи электрода в зону сварки.

Любой объект характеризуется количеством энергии и количеством вещества, проходящего через него. Режим работы, состояние объекта характеризуются совокупностью физических показателей (*параметров*) и определяются текущими внутренними процессами, на характер которых влияют *внешние воздействия*. **Физические величины, определяющие ход технологического процесса, называются параметрами технологического процесса.** Так, параметрами технологического процесса могут быть усилие сжатия электродов, скорость сварки, сварочный ток, скорость подачи проволоки, время протекания сварочного тока и т.д.

Все многообразие параметров процесса сварки можно условно разделить на три группы:

Энергетические, характеризующие вклад энергии в процесс образования сварного соединения.

Эта группа включает в себя: напряжение, ток, мощность, температура изделия, усилие осадки, длительность отдельных операций процесса.

Кинематические, характеризующие пространственное перемещение или положение источника нагрева относительно изделия.

Эта группа включает: скорость подачи электрода, скорость оплавления и осадки, амплитуда и частота поперечных колебаний электрода, скорость перемещения изделия относительно источника нагрева, вылет и угол наклона электрода.

Технологические, характеризующие условия формирования и кристаллизации сварных швов, переноса электродного металла.

Эта группа включает: диаметр электрода, форму и размеры разделки, зазор между свариваемыми деталями, положение шва в пространстве, способ защиты расплавленного металла.

Параметры технологического процесса называют входными переменными (функциями, сигналами), а точки их приложения — входами. В автоматической системе часть входных воздействий (при условии, что они не содержат ошибок) дает системе информацию о задачах управления.

Воздействие, подаваемое на вход системы или устройства, называется входным воздействием (задающим, управляющим).

Воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства, называется выходным воздействием.

Возмущающими воздействиями называются воздействия, стремящиеся нарушить требуемую функциональную связь между задающим воздействием и регулируемой величиной.

Возмущения могут быть приложены к любому из компонентов сварочного процесса, однако классифицировать их удобнее не по месту приложения, а по аналогии с параметрами сварочного процесса.

Энергетические возмущения: колебания напряжения в сети, колебания усилия на электродах, изменения сопротивления сварочной цепи, изменения условий подвода и отвода тепла, нестабильность длительности отдельных операций сварочного процесса.

Кинематические возмущения: отклонения электрода от оси стыка, магнитное дутье, колебания длины дуги, нестабильность скоростей подачи электрода, сварки, изменения вылета электрода.

Технологические возмущения: изменение зазора в стыке, превышение кромок, шунтирование сварочного тока, нестабильность контактных сопротивлений.

Источниками электрических и кинематических возмущений являются промышленная сеть и в основном собственно сварочное оборудование: источники питания, аппаратура управления, приводы подачи электрода, перемещений и т.д. Источник технологических

возмущений – несовершенство технологии подготовки заготовок и их сборки.

Если система разомкнута, то выходное воздействие не оказывает никакого влияния на вход системы. Состояние входа системы приводится в соответствие с состоянием ее выхода действиями оператора. Таким образом, лишь благодаря работе оператора система регулирования замыкается. Следовательно, для того чтобы полностью автоматизировать процесс регулирования, необходимо систему сделать замкнутой без вмешательства оператора.

Автоматическим управлением называется процесс, при котором операции выполняются посредством системы, функционирующей без вмешательства человека в соответствии с заранее заданным алгоритмом.

Автоматическая система, в которой управляющее воздействие вырабатывается в результате сравнения истинного значения управляемой величины с заданным ее значением, называется САР.

Исследование САР существенно упрощается при использовании прикладных математических методов операционного исчисления.

Дифференциальное уравнение элемента регулирующей системы в общем случае имеет вид:

$$a_n \frac{d^n x_{\text{ВЫХ}}(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x_{\text{ВЫХ}}(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_2 \frac{d^2 x_{\text{ВЫХ}}(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dx_{\text{ВЫХ}}(t)}{dt} + a_0 x_{\text{ВЫХ}}(t) = b_m \frac{d^m x_{\text{ВХ}}(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x_{\text{ВХ}}(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_2 \frac{d^2 x_{\text{ВХ}}(t)}{dt^2} + b_1 \frac{dx_{\text{ВХ}}(t)}{dt} + b_0 x_{\text{ВХ}}(t) \quad (1)$$

Где $x_{\text{ВЫХ}}$ - выходная величина элемента (в отклонениях); $x_{\text{ВХ}}$ - входная величина элемента (в отклонениях);

$a_n, a_{n-1}, \dots, a_0; b_m, b_{m-1}, \dots, b_0$ - постоянные коэффициенты, определяемые особенностями и параметрами настройки элемента.

Если в уравнении вместо функций времени $x_{\text{ВЫХ}}(t)$ и $x_{\text{ВХ}}(t)$ ввести функции комплексного переменного p $x_{\text{ВЫХ}}(p)$ и $x_{\text{ВХ}}(p)$, поставив условие, что эти функции связаны зависимостями

$$x_{\text{ВЫХ}}(p) = \int x_{\text{ВЫХ}}(t) e^{-pt} dt; \quad x_{\text{ВХ}}(p) = \int x_{\text{ВХ}}(t) e^{-pt} dt \quad (2)$$

То оказывается, что дифференциальное уравнение, содержащие функции $x_{\text{ВЫХ}}(t)$ и $x_{\text{ВХ}}(t)$ при нулевых начальных условиях, равносильно линейному алгебраическому уравнению, содержащему функции $x_{\text{ВЫХ}}(p)$ и $x_{\text{ВХ}}(p)$

$$a_n p^n x_{\text{ВЫХ}}(p) + a_{n-1} p^{n-1} x_{\text{ВЫХ}}(p) + \dots + a_1 p x_{\text{ВЫХ}}(p) + a_0 x_{\text{ВЫХ}}(p) = b_m p^m x_{\text{ВХ}}(p) + b_{m-1} p^{m-1} x_{\text{ВХ}}(p) + \dots + b_1 p x_{\text{ВХ}}(p) + b_0 x_{\text{ВХ}}(p) \quad (3)$$

Такой переход от дифференциального уравнения к однозначно соответствующему алгебраическому уравнению называется преобразованием Лапласа. Функция $X(p)$ называется изображением функции $X(t)$, $X(t)$ называется оригиналом функции $X(p)$.

Практически переход от дифференциального уравнения к алгебраическому уравнению относительно изображения исходного дифференциального уравнения происходит без каких-либо вычислений, путем замены

символов дифференцирования оригиналов функций соответственно на p^n и оригиналов функций $X(t)$ - их изображениями $X(p)$. С комплексной переменной p , как и с другими членами алгебраического уравнения, можно производить различные действия: умножение, деление и т.д.

Вынося в уравнении (3) $x_{\text{вых}}(p)$ и $x_{\text{вх}}(p)$ за скобки определим отношение изображения выходной величины к изображению входной:

$$\frac{x_{\text{вых}}(p)}{x_{\text{вх}}(p)} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0} = W(p) \quad (4)$$

Отношение изображения выходной величины элемента системы к изображению его входной величины при нулевых начальных условиях называется передаточной функцией элемента системы.

Так как передаточная функция системы полностью определяет ее динамические свойства, то первоначальная задача расчета САР сводится к определению ее передаточной функции. Для упрощения задачи нахождения передаточных функций элементов системы, ее целесообразно, предварительно, представить в виде структурной схемы с элементами, желательно типовыми в динамическом отношении, звеньями.

Типовые звенья САР

Позиционными или статическими называются звенья с линейной зависимостью выходной величины от входной в установившемся состоянии.

1. Идеальное позиционное звено (безинерционное, усилительное).

Передаточная функция звена с учетом выражения (4)

$$W(p) = k = \frac{x_{\text{вых}}(p)}{x_{\text{вх}}(p)}$$

Примером усилительных звеньев могут служить механические передачи, потенциометрические датчики, звено САР, связывающее глубину проплавления шва с длиной дуги.

2. Апериодическое позиционное звено 1-го порядка

Передаточная функция звена

$$W(p) = \frac{k}{T_p p + 1}$$

Примером простого апериодического звена являются термопара, генератор постоянного тока, электродвигатель, если входной величиной служит ток якоря, а выходной – угловая скорость вала, звено, связывающее длину дуги и глубину проплавления шва с напряжением на ней.

3. Колебательное позиционное звено (апериодическое 2-го порядка)

Передаточная функция звена

$$W(p) = \frac{k}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$$

Примерами колебательных звеньев могут служить электрический контур машины для контактной сварки и звено, описывающее гидродинамические процессы в сварочной ванне.

4. Консервативное позиционное звено.

Передающая функция звена

$$W(p) = \frac{k}{T_2^2 p^2 + 1}$$

В качестве примеров консервативного звена можно назвать электродвигатель постоянного тока, если не учитывать активного сопротивления его якоря, и механическую передачу при отсутствии трения.

Дифференцирующие звенья

Передающая функция

$$W(p) = kp$$

Примером идеального дифференцирующего звена может служить тахогенератор постоянного тока при холостом ходе.

Интегрирующие звенья

Передающая функция звена

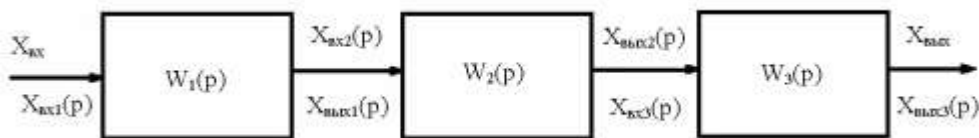
$$W(p) = \frac{k}{p}$$

Примером этого звена могут служить исполнительный механизм (гидравлический) в машине контактной сварки, электродвигатель при пренебрежении электромеханической постоянной времени (если вход – напряжение питания якоря, и выход угол поворота вала), звено, связывающее длину дуги со скоростью подачи проволоки при сварке плавящимся электродом.

В САР звенья могут соединяться в самых различных сочетаниях. Однако систему любой сложности можно всегда рассматривать как совокупность трех видов соединений элементарных звеньев: последовательного, параллельного и встречно-параллельного.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗВЕНЬЕВ.

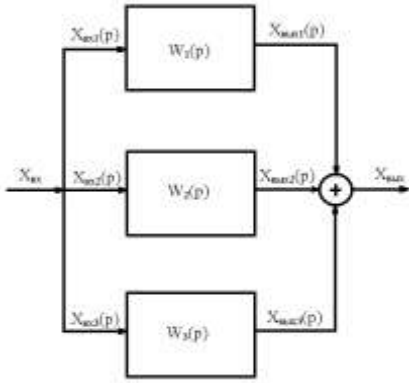
При последовательном соединении звеньев выходная величина предыдущего звена является входной величиной последующего.



Передающая функция системы последовательно соединенных звеньев равна произведению передаточных функций отдельных звеньев. $W(p) = W_1(p) W_2(p) W_3(p)$

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗВЕНЬЕВ

Входная величина системы, состоящей из параллельно соединенных звеньев, одновременно подается на входы всех звеньев, а ее выходная величина равна сумме выходных величин отдельных звеньев.

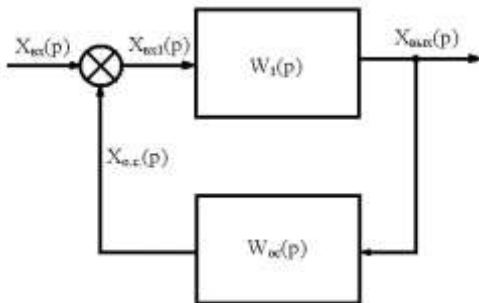


Передаточная функция системы, состоящей из параллельно соединенных звеньев, равна сумме передаточных функций этих звеньев.

$$W(p) = W_1(p) + W_2(p) + W_3(p)$$

ВСТРЕЧНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗВЕНЬЕВ ИЛИ СОЕДИНЕНИЕ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ.

При встречно-параллельном соединении звеньев на вход звена одновременно с входной величиной системы подается ее выходная величина, прошедшая через звено обратной связи с передаточной функцией $W_{oc}(p)$.



Передаточная функция в этом случае запишется в виде уравнения:

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 \pm W_1(p) W_{oc}(p)}$$

Основным назначением САР является поддержание заданного постоянного значения регулируемого параметра или изменение его по определенному закону. При отклонении в данный момент времени величины регулируемого параметра от заданного значения, что может произойти или в результате появления возмущающих воздействий на систему или при изменении заданного значения регулируемой величины, автоматический регулятор воздействует на систему таким образом, чтобы ликвидировать это отклонение. Тогда система переходит из одного равновесного состояния в другое, т.е. в ней возникает процесс, определяемый динамическими свойствами системы.

Если возмущающее воздействие будет снято или будет сохраняться и при этом система после окончания переходного процесса снова приходит в первоначальное или другое равновесное состояние, то такая система называется устойчивой.

Если при тех же условиях в системе или возникают колебания с возрастающей амплитудой, или происходит монотонное увеличение отклонения регулируемой величины от ее заданного равновесного значения, то система называется неустойчивой.

Для того чтобы определить устойчива или неустойчива система, необходимо изучить ее поведение при малых отклонениях от равновесного состояния. Если при этом система стремится вернуться к равновесному состоянию, то она будет устойчивой. Если же в системе возникают силы, которые стремятся увеличить отклонение системы от равновесного состояния, система будет неустойчивой.

Свободное движение системы описывается характеристическим уравнением (знаменатель передаточной функции, приравненный к нулю).

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0.$$

где $a_0, \dots, a_n > 0$, p -комплексное число, $p = c + jw$

Для исследования САР применяются критерии устойчивости. Критерии подразделяют на алгебраические и частотные.

Необходимым условием устойчивости системы является требование, заключающееся в том, чтобы все коэффициенты ее характеристического уравнения были положительными.

Это условие является необходимым, но не достаточным. Для систем выше второго порядка – только положительность коэффициентов характеристического уравнения еще не гарантирует устойчивость системы. Необходимые и достаточные условия устойчивости системы определяются с помощью критериев Рауса, Гурвица, Михайлова и Найквиста.

Алгебраический критерий Гурвица в аналитической форме связывает условия устойчивости системы с ее параметрами и позволяет выделить область устойчивости. Критерий основан на вычислении определителей Гурвица по коэффициентам характеристического уравнения.

Главный определитель Гурвица состоит из строк и столбцов, которые включают в себя коэффициенты характеристического уравнения, располагающиеся определенным образом. Строки с нечетными и четными индексами чередуются, при отсутствии какого-либо коэффициента записывается 0. Другие определители (диагональные миноры) имеет вид:

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_1 & \dots \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \dots \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \dots \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & \dots \\ 0 & \dots & & & \\ 0 & \dots & & & a_n \end{vmatrix} \quad \Delta_1 = a_1 \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}$$

По критерию Гурвица для устойчивой системы необходимо и достаточно, чтобы при положительных коэффициентах характеристического уравнения ($a_n > 0$) все n определителей, составленных по указанной схеме, были положительны, т.е. $\Delta_1 > 0$, $\Delta_2 > 0$, $\Delta_n > 0$.

Необходимым и достаточным условием устойчивости является для систем первого и второго порядка $a_0 > 0$; $a_1 > 0$; $a_2 > 0$; третьего порядка $(a_1 a_2 - a_0 a_3) > 0$; четвертого порядка $[a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4] > 0$.

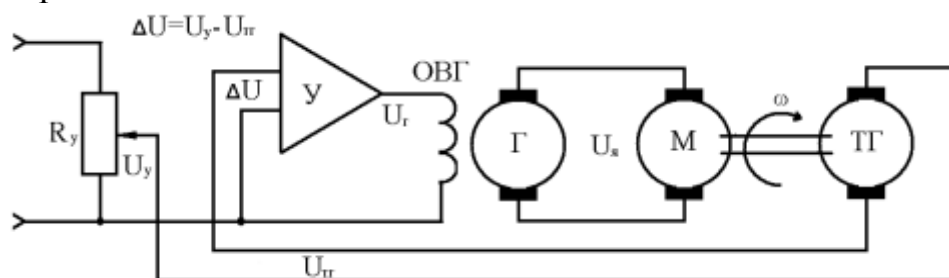
ПОРЯДОК АНАЛИЗА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ.

1. Составить функциональную схему системы автоматического регулирования.
2. Дать описание устройства и принципа действия основных функциональных элементов САР.
3. Составить структурную схему системы автоматического регулирования и вывести передаточные функции основных элементов.

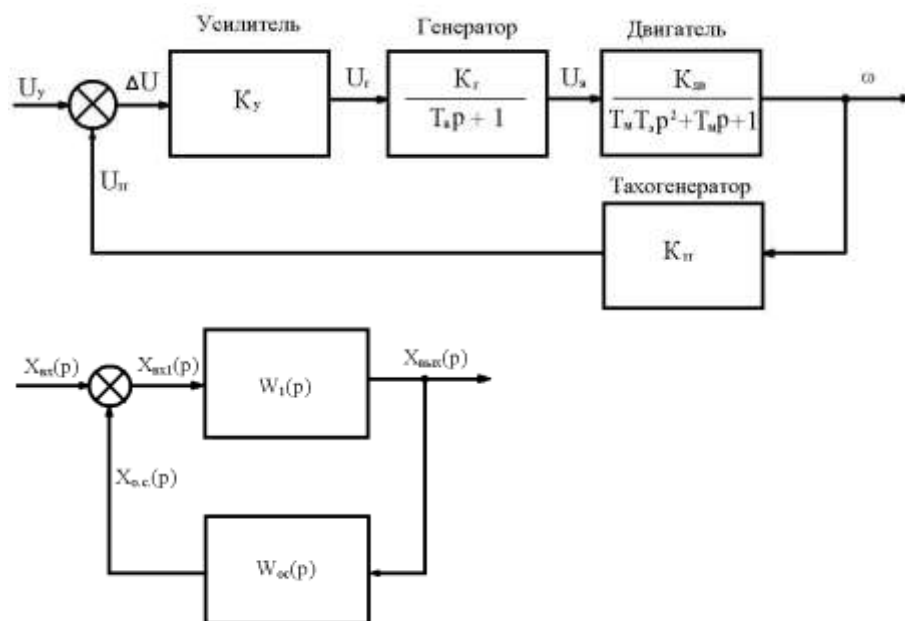
4. Преобразовать структурную схему САР и определить передаточную функцию системы по отношению к управляющему и возмущающему воздействиям.
5. Используя характеристическое уравнение (знаменатель передаточной функции, приравненный к нулю) с помощью критерия устойчивости Гурвица определить условия устойчивой работы системы.
6. Если система устойчива, оценить показатели качества системы автоматического регулирования.

2. Пример решения задачи.

Исследование на устойчивость системы автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока.



Построим структурную схему САР и определим передаточные функции элементов системы управления. Преобразуем структурную схему.



Передаточные функции элементов преобразованной системы равняются:

$$W_1(p) = \frac{K_y K_\Gamma K_{ДВ}}{(T_\Gamma p + 1)(T_M T_\Delta p^2 + T_M p + 1)}$$

$$W_{ос}(p) = K_{ТГ}$$

Передаточная функция замкнутой системы по задающему воздействию равна:

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)W_{ос}(p)} = \frac{K_y K_\Gamma K_{ДВ}}{(T_\Gamma p + 1)(T_M T_\Delta p^2 + T_M p + 1) + K_y K_\Gamma K_{ДВ} K_{ТГ}}$$

Характеристическое уравнение САР будет иметь вид:

$$(T_{вp} + 1)(T_{м}T_{э}p^2 + T_{м}p + 1) + K_{у}K_{г}K_{дв}K_{тг} = 0$$

Зададим параметры системы:

$K_{у}=20$ – коэффициент усиления усилителя (безразмерный);

$K_{г}=4$ – коэффициент генератора (мА/В);

$K_{дв}=0,62$ – коэффициент двигателя (рад/сек/В);

$K_{тг}=0,0955$ – коэффициент тахогенератора (В/рад/сек).

$T_{в}=0,4$ с; $T_{м}=0,22$ с; $T_{э}=0,05$ с.

Преобразуем характеристическое уравнение к виду

$$\underbrace{T_{э}T_{м}T_{в}p^3}_{a_0} + \underbrace{(T_{в}T_{м} + T_{м}T_{э})p^2}_{a_1} + \underbrace{(T_{в} + T_{м})p + 1}_{a_2} + \underbrace{K_{у}K_{г}K_{уВ}K_{тг}}_{a_3} = 0$$

и представим характеристическое уравнение в удобном для анализа виде

$$a_0p^3 + a_1p^2 + a_2p + a_3 = 0$$

Определим численное значение коэффициентов

$$a_0=0,0044; a_1=0,099; a_2=0,62; a_3=5,74.$$

По критерию Гурвица необходимыми и достаточными условиями устойчивости являются неравенства: $a_0 > 0$; $a_1 > 0$; $a_2 > 0$; $a_3 > 0$; $\Delta_2 = a_1a_2 - a_0a_3 > 0$.

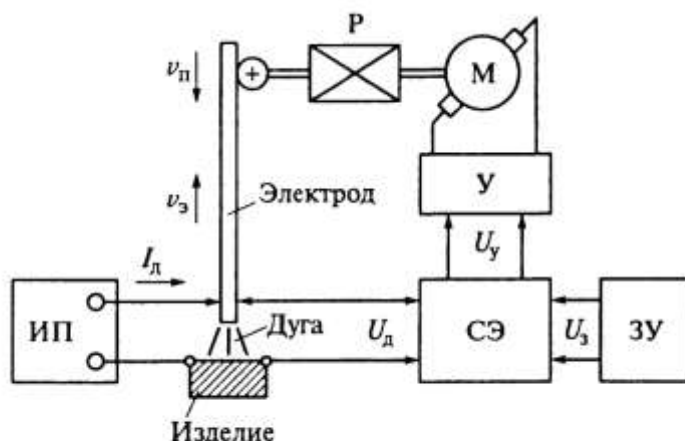
Определяя численные значения коэффициентов характеристического уравнения, получим:

$$\Delta_2 = 0,099 * 0,62 - 5,74 * 0,044 = 0,036 > 0$$

Все коэффициенты уравнения положительны и $\Delta_2 > 0$. Следовательно, система устойчива при заданных параметрах.

3. Варианты задач контрольной работы

ЗАДАНИЕ 1. Система стабилизации напряжения на дуге при сварке плавящимся электродом с воздействием на скорость подачи проволоки.



Функциональная схема системы АРНД при дуговой сварке под флюсом

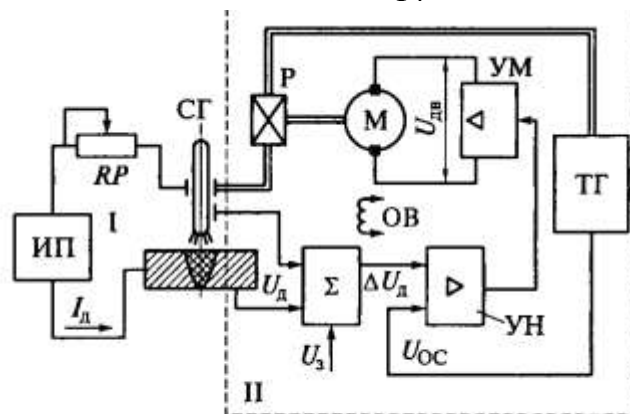
Сварочные автоматы с регулируемой v_n получили название *систем АРНД*. В схему системы АРНД в отличие от систем АРДС дополнительно входит специальное устройство (регулятор), стабилизирующее U_d путем принудительного изменения v_n . Регулятор состоит из редуктора, исполнительного двигателя постоянного тока, усилителя мощности, сравнивающей

го устройства с предварительным усилителем, задающего устройства. При функционировании регулятора U_δ с помощью устройства сравнения сопоставляется с заданным напряжением U_3 , сформированным задающим устройством. Разность $U_\delta - U_3$ в блоке устройства сравнения предварительно усиливается по напряжению в k раз и в виде сигнала управления U_v подается на вход усилителя. Усиленный по мощности сигнал подается на якорь двигателя, который с помощью редуктора и подающего ролика перемещает проволоку со скоростью подачи v_n . Значение параметра v_n пропорционально величине напряжения на якоре двигателя.

Варианты параметров системы регулирования

| Параметр | K_u , коэффициент усиления усилителя (безразмерный) | $K_{дв}$, коэффициент двигателя (рад/сек/В) | $T_{дв \text{ э}}$, электрическая постоянная времени двигателя (сек.) | $T_{дв \text{ м}}$, механическая постоянная времени двигателя (сек.) | K_r , коэффициент редуктора (безразмерный) | K_d , коэффициент дуги |
|------------|---|--|--|---|--|--------------------------|
| Вариант 1 | 10 | 0,3 | 0,02 | 0,15 | 5 | 10 |
| Вариант 2 | 12 | 0,35 | 0,03 | 0,16 | 7 | 12 |
| Вариант 3 | 15 | 0,4 | 0,04 | 0,17 | 9 | 15 |
| Вариант 4 | 20 | 0,45 | 0,05 | 0,18 | 11 | 20 |
| Вариант 5 | 22 | 0,5 | 0,06 | 0,19 | 15 | 22 |
| Вариант 6 | 24 | 0,55 | 0,07 | 0,2 | 17 | 24 |
| Вариант 7 | 28 | 0,6 | 0,08 | 0,21 | 20 | 28 |
| Вариант 8 | 30 | 0,65 | 0,09 | 0,22 | 22 | 30 |
| Вариант 9 | 32 | 0,7 | 0,1 | 0,23 | 24 | 32 |
| Вариант 10 | 35 | 0,75 | 0,12 | 0,24 | 26 | 35 |

ЗАДАНИЕ 2. Система стабилизации напряжения на дуге при сварке неплавящимся электродом.



Функциональная схема системы АРНД при дуговой сварке неплавящимся электродом:

ИП — источник питания; СГ — сварочная горелка; Р — редуктор; М — исполнительный двигатель; ОВ — обмотка возбуждения двигателя; ТГ — тахогенератор; УМ — усилитель мощности; УН — усилитель напряжения; Σ — суммирующий элемент; RP — балластный реостат; I — сварочный контур; II — внешний регулятор; I_d — ток дуги; U_d , U_3 — текущее и заданное значения напряжения дуги; $\Delta U_d = U_3 - U_d$; $U_{дв}$, $U_{ос}$ — напряжение двигателя и обратной связи

Системы АРНД представляют собой замкнутые САР с воздействием на пространственное положение электрода относительно поверхности изделия. Принцип построения АРНД основан на использовании функциональной зависимости $U_d = f(l_d)$ при сварке неплавящимся электродом. Функциональная схема системы АРНД состоит из сварочного контура I (источник питания—дуга—сварочная ванна) и внешнего регулятора — II. В регулятор входит суммирующий элемент Σ , в котором текущее напряжение дуги U_d сравнивается с заданным эталонным U_3 . Разность $\Delta U_d = U_3 - U_d$ усиливается в блоках УН и УМ по напряжению и мощности соответственно. Усиленный по мощности сигнал питает исполнительный двигатель, который через редуктор обеспечивает вертикальное перемещение сварочной горелки до устранения рассогласования между U_d и U_3 , т.е. до $\Delta U_d = 0$. Для лучшего демпфирования системы при обработке различных возмущений по длине дуги в ней используется скоростная ОС, которая реализована на тахогенераторе.

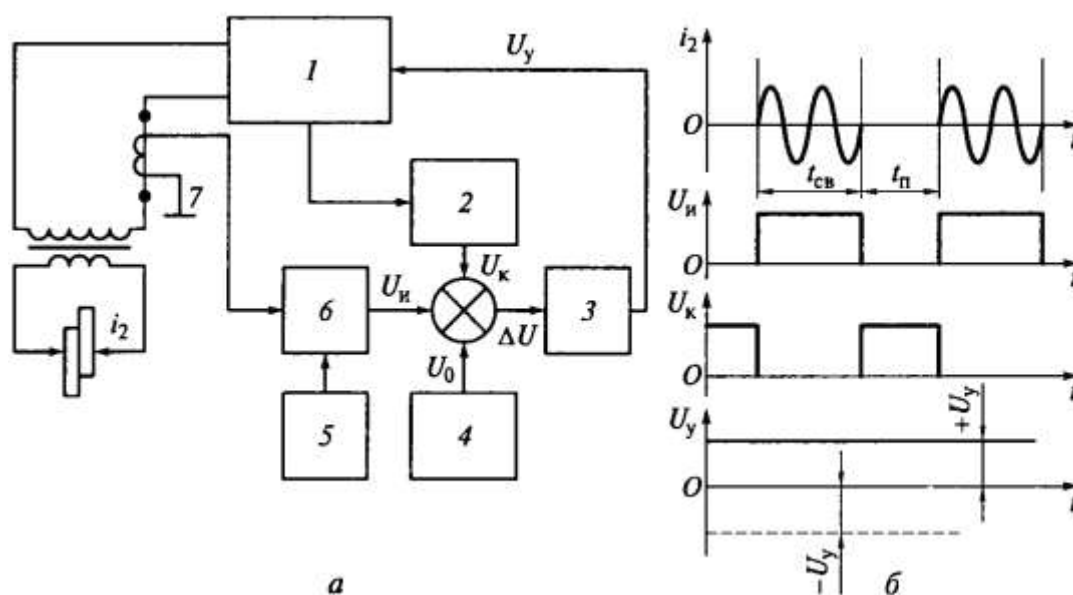
Варианты параметров системы регулирования

| Параметр | Кун, (коэффициент усиления усилителя (безразмерный)) | Кум, (коэффициент усиления усилителя мощности (безразмерный)) | Кдв, коэффициент двигателя (рад/сек/В) | Тдв э, электрическая постоянная времени двигателя (сек.) | Тдв м, механическая постоянная времени двигателя (сек.) | Кр, коэффициент редуктора (безразмерный) | Кд, коэффициент дуги |
|-----------|--|--|---|---|--|---|----------------------------|
| Вариант 1 | 10 | 2 | 0,3 | 0,02 | 0,15 | 5 | 10 |
| Вариант 2 | 12 | 4 | 0,35 | 0,03 | 0,16 | 7 | 12 |
| Вариант 3 | 15 | 6 | 0,4 | 0,04 | 0,17 | 9 | 15 |
| Вариант 4 | 20 | 8 | 0,45 | 0,05 | 0,18 | 11 | 20 |
| Вариант 5 | 22 | 10 | 0,5 | 0,06 | 0,19 | 15 | 22 |

| | | | | | | | |
|------------|----|----|------|------|------|----|----|
| Вариант 6 | 24 | 12 | 0,55 | 0,07 | 0,2 | 17 | 24 |
| Вариант 7 | 28 | 14 | 0,6 | 0,08 | 0,21 | 20 | 28 |
| Вариант 8 | 30 | 16 | 0,65 | 0,09 | 0,22 | 22 | 30 |
| Вариант 9 | 32 | 18 | 0,7 | 0,1 | 0,23 | 24 | 32 |
| Вариант 10 | 35 | 20 | 0,75 | 0,12 | 0,24 | 26 | 35 |

ЗАДАНИЕ 3.

Система автоматического регулирования сварочного тока при точечной сварке с быстродействующим измерителем эффективного значения тока.



Функциональная схема автоматического стабилизатора сварочного тока РТС-1:

a — функциональная схема; *b* — временная диаграмма электрических процессов в схеме стабилизатора; 1 — прерыватель тока; 2 — корректирующее устройство; 3 — усилитель; 4 — задающее устройство; 5 — блок настройки; 6 — измерительное устройство; 7 — трансформатор тока; i_2 — ток во вторичном контуре машины; $U_{и}$ — напряжение импульса; U_0 — напряжение уставки по току; $U_к$ — напряжение корректирующего устройства; U_y — сигнал управления; $\Delta U = U_0 - U_{и}$; $t_{св}$ — время сварки; $t_{п}$ — время паузы

В регуляторе РТС-1 в качестве прерывателя 1 тока использован тиристорный прерыватель ПИШ. Напряжение, пропорциональное $i_{св}$, снимается с трансформатора 7 тока и подается на измерительное устройство 6 типа АСТ-2. С помощью блока 5 настройки это напряжение импульса $U_{и}$ при любом заданном сварочном токе устанавливается всегда постоянным; при этом сигнал управления U_y на выходе усилителя 3 не изменяет силу установленного сварочного тока. В момент протекания сварочного тока длительностью $t_{св}$ напряжение импульса $U_{и}$ сравнивается с напряжением уставки по току U_0 задающего устройства 4, а во время паузы — с напряжением $U_к$ корректирующего устройства 2, которое получает ко-

манду от узла программирования времени сварки — прерывателя 1. При отсутствии возмущения по току сварки в момент протекания тока $U_o - U_u = 0$; в момент паузы $U_o - U_K = 0$.

При понижении сварочного тока на фазорегулирующее устройство прерывателя 1 действует положительный сигнал управления $U_v = k\Delta U$, так как $\Delta U = U_o - U_u > 0$, при повышении тока — отрицательный сигнал, так как $\Delta U < 0$. Это соответственно корректирует угол управления тиристорного контактора прерывателя 1, тем самым автоматически обеспечивается стабилизация заданного эффективного значения сварочного тока.

Варианты параметров системы регулирования

| Параметр | Ку, коэффициент усиления усилителя | Ктр, коэффициент тиристорного регулятора | Кст, коэффициент сварочного трансформатора | Тст, постоянная времени сварочного трансформатора, (сек.) | Кдт, коэффициент датчика тока | Киу, коэффициент измерительного устройства |
|------------|---|---|---|--|--|---|
| Вариант 1 | 10 | 2 | 10 | 0,02 | 5 | 10 |
| Вариант 2 | 12 | 4 | 12 | 0,03 | 7 | 12 |
| Вариант 3 | 15 | 6 | 15 | 0,04 | 9 | 15 |
| Вариант 4 | 20 | 8 | 20 | 0,05 | 11 | 20 |
| Вариант 5 | 22 | 10 | 22 | 0,06 | 15 | 22 |
| Вариант 6 | 24 | 12 | 24 | 0,07 | 17 | 24 |
| Вариант 7 | 28 | 14 | 28 | 0,08 | 20 | 28 |
| Вариант 8 | 30 | 16 | 30 | 0,09 | 22 | 30 |
| Вариант 9 | 32 | 18 | 32 | 0,1 | 24 | 32 |
| Вариант 10 | 35 | 20 | 35 | 0,12 | 26 | 35 |

4. Список литературы

1.Э.А. Гладков. Управление процессами и оборудованием при сварке. Москва, ИЦ Академия 2010. – 432с.

2.Львов Н.С., Гладков Э.А., Автоматика и автоматизация сварочных процессов. -М.: Машиностроение,1982. - 302 с.

3.Автоматизация сварочных процессов /Под редакцией В.К.Лебедева, В.П.Черныша- К.: Высш. школа,1986. - 296 с.