

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

Кафедра автоматизированных систем управления (АСУ)

С.Ю. Золотов

ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

**Учебное методическое пособие
для студентов направления подготовки 230100.62
«Информатика и вычислительная техника»**

2013

Корректор: Осипова Е.А.

Золотов С.Ю.

Основы теории управления: Учебное методическое пособие. —
Томск: Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2013. — 16 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения контрольной и лабораторных работ по дисциплине «Основы теории управления» для студентов дистанционной формы обучения направления бакалавриата 230100.62 «Информатика и вычислительная техника».

© Золотов С.Ю., 2013
© Факультет дистанционного
обучения, ТУСУР, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Контрольная работа	5
Лабораторные работы.....	9
Выбор варианта лабораторных работ	9
Требования к отчету по лабораторным работам.....	9
Лабораторная работа № 1	9
Лабораторная работа № 2	11
Литература	13
Приложение А Числовые параметры системы для выбора варианта лабораторных работ.....	14

ВВЕДЕНИЕ

Учебный курс «Основы теории управления» является важнейшей дисциплиной направления подготовки бакалавриата 230100.62 «Информатика и вычислительная техника». Большая часть учебных курсов данного направления подготовки посвящена проблемам управления и проектирования высокоорганизованных вычислительных сред, в которых нет места возмущениям и априорной неопределенности реального мира. В этой связи роль теории управления в современном инженерном образовании трудно переоценить.

Теория управления на всех этапах своего развития тяготела к строгим математическим методам изучения процессов управления и проектирования систем управления. Разнообразные разделы математики, иногда совершенно различные по идеям и методам исследования (дифференциальные и разностные уравнения, теория функций комплексного переменного, теория оптимальных процессов, теория вероятностей, математическая логика и т.д.), трансформировались в математические методы и модели теории управления.

Сотрудничество с математикой оказалось столь плодотворным, что многие разделы математики были порождены постановками задач и проблемами теории автоматического регулирования и управления, развившейся, в свою очередь, в математическую теорию управления — основу кибернетики как науки об управлении. Это еще более усиливает роль теории управления как важнейшей учебной дисциплины, входящей с незначительными отклонениями в название во все программы инженерного образования.

В обучающий курс по дисциплине «Основы теории управления» входят компьютерная контрольная работа и две лабораторные работы.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Правильность выполнения контрольной работы проверяется с помощью компьютера. Все необходимые для этого числовые параметры будут даны непосредственно в самом задании. Для того, чтобы работа была выполнена успешно, необходимо правильно решить все задания этой работы. Все расчеты можно проводить в любом специализированном математическом программном обеспечении.

Задание

Объект управления (ОУ) описывается линейным дифференциальным уравнением третьего порядка:

$$T_1 \frac{d^3 y}{dt^3} + T_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + T_3 \frac{dy}{dt} + y = kx, \quad (1)$$

где T_1, T_2, T_3, k — параметры данной системы, значения которых будут известны в момент выполнения заданий.

Необходимо определить:

1. Амплитудную частотную характеристику и фазовую частотную характеристику разомкнутой системы.
2. Импульсную переходную (весовую) функцию и переходную функцию разомкнутой системы.
3. Устойчивость разомкнутой и замкнутой непрерывной части системы по критерию Рауса—Гурвица.

Результаты решения данных заданий в программу проверки работы вводятся следующим образом:

1. АЧХ приводится к виду $\frac{k}{\sqrt{a_6 \omega^6 + a_4 \omega^4 + a_2 \omega^2 + 1}}$. В про-

грамму проверки вводятся коэффициенты a_6, a_4, a_2 . Значения этих коэффициентов округляются до сотых. Допустимая погрешность составляет $\pm 0,01$.

ФЧХ приводится к виду $\arctg\left(-\frac{b_1 \omega - b_3 \omega^3}{1 - b_2 \omega^2}\right)$. В программу

проверки вводятся коэффициенты b_1, b_2, b_3 . Значения этих коэф-

коэффициентов округляются до сотых. Допустимая погрешность составляет $\pm 0,01$.

2. В программу проверки вводятся значения весовой и переходной функций во временных точках 1, 5 и 10 секунд. Все значения округляются до сотых. Допустимая погрешность составляет $\pm 0,01$.

3. В программу проверки вводятся значения определителя матрицы Рауса—Гурвица для разомкнутой и замкнутой систем. Все значения округляются до сотых. Допустимая погрешность составляет $\pm 0,01$.

В качестве примера решения данной контрольной работы возьмем следующие значения параметров: $T_1 = 8; T_2 = 12; T_3 = 5; k = 3$.

Уравнение (1) примет вид:

$$8 \frac{d^3 y}{dt^3} + 12 \frac{d^2 y}{dt^2} + 5 \frac{dy}{dt} + y = 3x.$$

Для определения частотных характеристик необходимо знать передаточную функцию разомкнутой системы, которая для нашего примера будет иметь вид:

$$W(p) = \frac{3}{8p^3 + 12p^2 + 5p + 1}.$$

АЧХ $A(\omega)$ и ФЧХ $\varphi(\omega)$ системы рассчитываются по формулам:

$$A(\omega) = |W(i\omega)|, \quad \varphi(\omega) = \arg(W(i\omega)),$$

где i — мнимая единица.

Подставив параметры примера, получим следующий результат:

$$A(\omega) = \frac{3}{\sqrt{64\omega^6 + 64\omega^4 + \omega^2 + 1}},$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \left(-\frac{5\omega - 8\omega^3}{1 - 12\omega^2} \right).$$

Определим весовую функцию $w(t)$. Весовая функция представляет собой реакцию системы на единичную импульсную

функцию, поданную на ее вход. Весовая функция связана с передаточной функцией преобразованием Лапласа:

$$W(p) = \int_0^{\infty} w(t)e^{-pt} dt.$$

Следовательно, весовую функцию можно найти, применив обратное преобразование Лапласа к передаточной функции:

$$w(t) = L^{-1}[W(p)].$$

Совершив соответствующие математические преобразования, для нашего примера получим следующий вид весовой функции:

$$\begin{aligned} w(t) &= L^{-1}\left[\frac{3}{8p^3 + 12p^2 + 5p + 1}\right] = \\ &= L^{-1}\left[\frac{0,6}{p+1} - \frac{0,3+0,9i}{p+0,25-0,25i} - \frac{0,3-0,9i}{p+0,25+0,25i}\right] = \\ &= L^{-1}\left[\frac{0,6}{p+1}\right] - L^{-1}\left[\frac{0,3+0,9i}{p+0,25-0,25i}\right] - L^{-1}\left[\frac{0,3-0,9i}{p+0,25+0,25i}\right] = \\ &= 0,6e^{-t} - (0,3+0,9i)e^{-(0,25-0,25i)t} - (0,3-0,9i)e^{-(0,25+0,25i)t}. \end{aligned}$$

Значения весовой функции в нужных точках следующие (с точностью до сотых): $w(1) = 0,11$; $w(5) = 0,44$; $w(10) = 0,13$.

Переходная функция выражается через весовую согласно следующему выражению:

$$h(t) = \int_0^t w(\tau)d\tau.$$

Для корректного определения свободного слагаемого в этой функции нужно использовать условие $h(0) = 0$.

Значения переходной функции для примера в нужных точках (с точностью до сотых): $h(1) = 0,04$; $h(5) = 1,47$; $h(10) = 2,92$.

Определим устойчивость разомкнутой и замкнутой непрерывной части системы по критерию Рауса—Гурвица. Рассмотрим характеристический полином передаточной функции системы $Q(p) = 8p^3 + 12p^2 + 5p + 1$. Из коэффициентов характеристического полинома составим определитель матрицы Рауса—Гурвица:

$$\begin{vmatrix} 12 & 1 & 0 \\ 8 & 5 & 0 \\ 0 & 12 & 1 \end{vmatrix} = 52.$$

Так как данный определитель положительный, то в разомкнутом состоянии система устойчива.

Используем данный критерий для системы в замкнутом состоянии. Передаточная функция замкнутой системы по отношению к разомкнутой представляется выражением:

$$W_3(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)} = \frac{3}{8p^3 + 12p^2 + 5p + 4}.$$

Так же, как и для разомкнутой системы, составим определитель матрицы из коэффициентов характеристического полинома передаточной функции:

$$\begin{vmatrix} 12 & 4 & 0 \\ 8 & 5 & 0 \\ 0 & 12 & 4 \end{vmatrix} = 112.$$

Так как данный определитель положительный, то в замкнутом состоянии система устойчива.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Выбор варианта лабораторных работ

Вариант для выполнения лабораторных работ для каждого студента выбирается по формуле:

$$V = (N \cdot P) \operatorname{div} 100,$$

где V — искомый номер варианта (при $V = 0$ выбирается $V = N$);

N — количество вариантов;

P — значение двух последних цифр пароля (00...99);

div — операция целочисленного деления.

Требования к отчету по лабораторным работам

В отчете по лабораторным работам требуется привести ход решения расчетных заданий. Ход решения следует приводить полностью, начиная с исходных формул, тщательно комментируя все промежуточные преобразования и вычисления, и заканчивая конкретным ответом, записанным отдельной строкой.

Оформлять отчеты по лабораторным работам необходимо с помощью текстового редактора Microsoft Word. Формулы оформляются с помощью встроенных редакторов формул.

Лабораторная работа № 1

Задание

Возмущенное движение объекта управления описывается системой уравнений:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + b_1u,$$

при граничных условиях $x_1(0) = 0$; $x_1(\infty) = 0$; $u(0) = 1$.

Требуется определить управление $u(t)$, минимизирующее функционал $I(u)$ с помощью метода динамического программирования:

$$I(u) = \int_0^{\infty} \{k_1x_1^2(t) + k_3u^2\} dt.$$

На величину управления ограничений не накладывается, однако критерий качества пропорционален расходу энергии устройства управления.

Параметры a_{11}, b_1, k_1, k_3 для разных вариантов приведены в Приложении А.

Для примера возьмем следующие коэффициенты:

$$a_{11} = -0,25; b_1 = 1; k_1 = 1,5; k_3 = 1.$$

Применим метод динамического программирования. Уравнение Беллмана для нашего случая примет вид:

$$k_1 x_1^2 + k_3 u^2 + (a_{11} x_1 + b_1 u) \frac{dS(x_1)}{dx_1} = 0. \quad (2)$$

Минимум левой части этого выражения находится из условия равенства нулю производной по переменной управления u . Находим производную левой части (2) по управлению u , затем приравниваем производную нулю:

$$2k_3 u + b_1 \frac{dS(x_1)}{dx_1} = 0. \quad (3)$$

Решая (3) относительно u , получаем:

$$u = -\frac{b_1}{2k_3} \frac{dS(x_1)}{dx_1}. \quad (4)$$

Функция $S(x_1)$ записывается в следующем виде:

$$S(x_1) = A_{11} x_1^2. \quad (5)$$

Подставив (5) и (4) в уравнение Беллмана (2), получим:

$$x_1^2 \left(-\frac{b_1^2}{k_3} A_{11}^2 + 2a_{11} A_{11} + k_1 \right) = 0. \quad (6)$$

Решая уравнение (6) относительно A_{11} , с учетом коэффициентов нашего примера, получаем: $A_{11,1} = 1; A_{11,2} = -1,5$.

Из условия устойчивости нам необходимы только положительные значения A_{11} . Окончательно решение (4) для нашего примера примет вид: $u = -x_1$.

Лабораторная работа № 2

Данная лабораторная работа является логическим продолжением первой лабораторной работы.

Задание

Возмущенное движение объекта управления описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + b_1u, \\ \frac{dx_2}{dt} = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + b_2u; \end{cases}$$

при граничных условиях

$$x_1(0) = 0; x_2(0) = 0; u(0) = 1; x_1(\infty) = 0; x_2(\infty) = 0; u(\infty) = 0.$$

Требуется определить управление $u(t)$, минимизирующее функционал $I(u)$ с помощью метода динамического программирования:

$$I(u) = \int_0^{\infty} \{k_1x_1^2(t) + k_2x_2^2(t) + k_3u^2\} dt.$$

На величину управления ограничений не накладывается, однако критерий качества пропорционален расходу энергии устройства управления.

Параметры $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, b_1, b_2, k_1, k_2, k_3$ для разных вариантов приведены в приложении А.

Применяя метод динамического программирования, по аналогии с заданием в первой лабораторной работе, мы должны прийти к системе трех нелинейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов A_{11}, A_{12}, A_{22} . Численное решение этой системы приведет, в конечном счете, к решению исходной задачи. В данном случае задача с двумя переменными (x_1, x_2), поэтому, вместо одного уравнения (6), должна получиться система уравнений (7). Студент должен представить полностью все шаги вывода и в качестве результата записать в развернутом виде

систему уравнений с числовыми коэффициентами для своего варианта.

Для примера, система уравнений с коэффициентами:

$$a_{11} = -0,25; a_{12} = -1,25; a_{21} = -1; a_{22} = -0,75;$$

$$b_1 = 1; b_2 = 1; k_1 = 1,5; k_2 = 1,5; k_3 = 1$$

будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} -2(A_{12}^2 + A_{11}A_{22} + A_{11}A_{12} + A_{12}A_{22}) - 2(1,25A_{11} + A_{12} + A_{22}) = 0, \\ -(A_{11} + A_{12})^2 - 0,5A_{11} - 2A_{12} + 1,5 = 0, \\ -(A_{12} + A_{22})^2 - 2,5A_{12} - 1,5A_{22} + 1,5 = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Левая часть первого уравнения системы (7) — коэффициент при x_1x_2 , второго — при x_1^2 , третьего — при x_2^2 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — М. : Наука, 1975. — 768 с.
2. Ерофеев А. А. Теория автоматического управления : учеб. пособие для вузов / А. А. Ерофеев. — СПб. : Политехника, 1998. — 245 с.
3. Основы автоматического управления / под ред. В. С. Пугачева. — М. : Наука, 1967. — 680 с. ; 1974. — 719 с.
4. Основы теории математического регулирования и управления / Воронов А. А. [и др.]. — М. : Высшая школа, 1977. — 519 с.
5. Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления : учеб. пособие / Е. П. Попов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1989. — 304 с.
6. Попов Е. П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления : учеб. пособие / Е. П. Попов. — 2-е изд. стер. — М. : Наука, 1988. — 256 с.
7. Справочник по теории автоматического управления / под ред. А. А. Красовского. — М. : Наука, 1987. — 712 с.
8. Теория автоматического управления / под ред. А. А. Воронова. — М. : Высшая школа, 1986. — Ч.1. — 368 с. ; Ч.2. — 504 с.
9. Теория автоматического управления / под ред. Ю. М. Соломенцева. — М. : Высшая школа, 1999. — 268 с.
10. Фельдбаум А. А. Методы теории автоматического управления / А. А. Фельдбаум, А. Г. Бутковский. — М. : Наука, 1971. — 744 с.
11. Юревич Е. И. Теория автоматического управления : учебник для втузов / Е. И. Юревич. — Л. : Энергия, 1969. — 375 с. ; 1975. — 714 с.
12. Теория управления. Терминология. — М. : Наука, 1988. — Вып. 107. — 56 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Числовые параметры системы для выбора
варианта лабораторных работ

Номер вариан- та	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	b_1	b_2	k_1	k_2	k_3
1	-6,00	-5,00	-2,00	-1,00	1,00	1,00	9,25	7,75	2,25
2	-2,00	-7,00	-1,00	-3,00	1,00	1,00	11,25	10,75	2,25
3	-1,00	-9,00	-4,00	-8,00	1,00	1,00	13,75	13,75	2,25
4	-2,00	-5,00	-3,00	-10,00	1,00	1,00	16,00	16,00	2,25
5	-2,00	-1,50	-1,00	-0,50	1,00	1,00	12,50	10,00	2,50
6	-2,00	-1,00	-0,50	-2,50	1,00	1,00	13,75	8,25	2,75
7	-1,00	-0,75	-0,50	-0,25	1,00	1,00	3,75	3,00	3,00
8	-1,75	-1,50	-0,25	-1,25	1,00	1,00	6,00	5,25	3,00
9	-0,75	-2,25	-2,00	-0,50	1,00	1,00	7,50	7,50	3,00
10	-0,25	-1,00	-2,75	-2,50	1,00	1,00	9,00	9,00	3,00
11	-3,50	-1,25	-3,25	-3,00	1,00	1,00	11,25	10,50	3,00
12	-4,00	-1,50	-3,75	-0,50	1,00	1,00	12,75	12,00	3,00
13	-4,50	-0,75	-1,75	-4,25	1,00	1,00	14,25	13,50	3,00
14	-5,00	-0,25	-2,00	-4,75	1,00	1,00	15,75	15,00	3,00
15	-1,00	-0,50	-1,00	-1,00	1,00	1,00	10,50	7,00	3,50
16	-0,75	-0,50	-1,00	-1,50	1,00	1,00	1,75	1,25	4,00
17	-0,50	-1,25	-1,00	-0,25	1,00	1,00	3,00	2,75	4,00
18	-0,75	-0,25	-1,75	-1,50	1,00	1,00	4,00	3,75	4,00
19	-2,50	-1,00	-2,25	-2,00	1,00	1,00	5,25	5,00	4,00
20	-0,25	-1,25	-2,75	-0,50	1,00	1,00	6,00	6,00	4,00
21	-1,50	-0,75	-3,25	-3,00	1,00	1,00	7,00	6,75	4,00
22	-0,50	-1,75	-3,75	-3,50	1,00	1,00	8,00	8,00	4,00
23	-0,25	-4,25	-1,00	-4,00	1,00	1,00	8,75	8,75	4,00
24	-1,25	-4,75	-4,50	-2,00	1,00	1,00	9,75	9,75	4,00
25	-5,25	-5,00	-0,75	-2,25	1,00	1,00	10,75	10,25	4,00
26	-0,50	-1,50	-5,50	-2,50	1,00	1,00	11,25	11,25	4,00
27	-0,25	-1,00	-2,75	-5,75	1,00	1,00	12,00	12,00	4,00
28	-3,00	-1,75	-6,25	-6,00	1,00	1,00	13,00	12,75	4,00
29	-3,25	-0,75	-6,75	-6,50	1,00	1,00	14,00	13,75	4,00
30	-7,25	-2,00	-7,00	-1,25	1,00	1,00	14,75	14,25	4,00
31	-7,75	-7,50	-0,50	-3,50	1,00	1,00	15,75	15,25	4,00
32	-1,50	-3,75	-0,25	-2,25	1,00	1,00	16,00	16,00	4,00
33	-1,50	-1,00	-0,50	-1,00	1,00	1,00	5,00	3,50	4,50
34	-1,00	-2,50	-2,00	-0,50	1,00	1,00	8,00	8,00	4,50

Номер вариан- та	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	b_1	b_2	k_1	k_2	k_3
35	-1,50	-3,50	-3,00	-0,50	1,00	1,00	11,00	11,00	4,50
36	-2,00	-4,50	-1,00	-4,00	1,00	1,00	14,00	14,00	4,50
37	-0,25	-1,00	-5,00	-0,50	1,00	1,00	2,50	14,25	5,00
38	-1,25	-1,00	-0,75	-0,50	1,00	1,00	7,50	6,25	5,00
39	-0,50	-1,75	-1,50	-0,25	1,00	1,00	10,00	10,00	5,00
40	-2,50	-0,75	-2,25	-2,00	1,00	1,00	13,75	12,50	5,00
41	-1,00	-0,25	-1,00	-2,75	1,00	1,00	15,75	15,00	5,25
42	-0,75	-0,50	-0,25	-0,50	1,00	1,00	6,00	4,50	6,00
43	-1,50	-0,25	-1,25	-1,00	1,00	1,00	10,50	9,00	6,00
44	-2,25	-2,00	-0,50	-1,75	1,00	1,00	15,00	13,50	6,00
45	-1,00	-2,00	-1,00	-0,75	1,00	1,00	6,00	5,25	6,25
46	-2,00	-4,00	-1,00	-3,00	1,00	1,00	11,00	10,25	6,25
47	-3,00	-6,00	-1,00	-5,00	1,00	1,00	16,00	15,25	6,25
48	-1,00	-2,00	-1,00	-0,50	1,00	1,00	12,00	9,75	6,75
49	-0,75	-0,50	-0,25	-3,00	1,00	1,00	7,00	5,25	7,00
50	-1,50	-0,25	-1,25	-1,00	1,00	1,00	12,25	10,50	7,00
51	-0,50	-2,00	-0,50	-1,75	1,00	1,00	15,00	15,75	7,50
52	-0,25	-0,75	-0,50	-0,25	1,00	1,00	4,00	3,50	8,00
53	-1,50	-0,50	-1,25	-1,00	1,00	1,00	6,50	6,00	8,00
54	-2,00	-0,75	-0,25	-1,75	1,00	1,00	8,50	8,00	8,00
55	-0,50	-2,50	-1,00	-2,25	1,00	1,00	10,50	10,50	8,00
56	-3,00	-0,25	-1,25	-2,75	1,00	1,00	12,50	12,00	8,00
57	-3,50	-1,50	-0,75	-3,25	1,00	1,00	14,50	14,00	8,00
58	-0,25	-0,50	-1,75	-3,75	1,00	1,00	1,00	16,00	9,00
59	-1,00	-0,25	-0,75	-0,50	1,00	1,00	3,25	2,50	9,00
60	-1,50	-0,25	-0,50	-1,25	1,00	1,00	4,75	4,50	9,00
61	-0,50	-2,00	-0,75	-1,75	1,00	1,00	6,75	6,25	9,00
62	-2,50	-0,25	-1,00	-2,25	1,00	1,00	7,75	7,00	9,00
63	-3,00	-0,75	-1,25	-2,75	1,00	1,00	9,25	9,00	9,00
64	-0,25	-0,50	-1,50	-3,25	1,00	1,00	10,00	10,00	9,00
65	-1,75	-3,75	-1,00	-3,50	1,00	1,00	11,50	11,50	9,00
66	-0,75	-2,00	-4,25	-4,00	1,00	1,00	13,00	13,00	9,00
67	-0,50	-4,50	-0,25	-1,25	1,00	1,00	13,75	13,75	9,00
68	-1,50	-5,00	-2,25	-4,75	1,00	1,00	15,75	15,25	9,00
69	-0,25	-1,00	-2,50	-5,25	1,00	1,00	5,00	16,00	10,00
70	-1,25	-1,00	-0,75	-0,50	1,00	1,00	15,00	12,50	10,00
71	-0,75	-0,50	-0,25	-0,25	1,00	1,00	11,00	8,25	11,00
72	-0,50	-0,25	-1,00	-1,00	1,00	1,00	3,75	2,25	12,00
73	-1,25	-1,00	-0,25	-0,75	1,00	1,00	8,25	6,75	12,00

Номер вариан- та	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}	b_1	b_2	k_1	k_2	k_3
74	-0,25	-1,75	-1,50	-0,50	1,00	1,00	11,25	11,25	12,00
75	-1,00	-2,25	-2,00	-0,75	1,00	1,00	15,00	14,25	12,00
76	-2,00	-1,00	-0,50	-2,50	1,00	1,00	7,25	3,75	12,25
77	-4,00	-1,00	-3,00	-1,00	1,00	1,00	14,25	12,75	12,25
78	-0,50	-1,00	-0,50	-2,00	1,00	1,00	7,00	5,50	12,50
79	-0,50	-1,00	-2,00	-1,50	1,00	1,00	12,00	12,00	12,50
80	-0,50	-0,25	-3,00	-2,50	1,00	1,00	9,75	6,50	13,00
81	-1,50	-1,00	-0,50	-0,75	1,00	1,00	15,00	10,50	13,50
82	-0,75	-0,50	-0,25	-0,50	1,00	1,00	14,00	10,50	14,00
83	-1,00	-0,75	-0,50	-0,25	1,00	1,00	12,25	15,00	15,75
84	-0,75	-0,25	-0,50	-0,25	1,00	1,00	3,25	3,00	16,00
85	-0,25	-1,25	-0,50	-1,00	1,00	1,00	5,25	5,25	16,00
86	-0,25	-1,75	-0,75	-1,50	1,00	1,00	8,00	7,25	16,00
87	-2,25	-1,00	-0,50	-2,00	1,00	1,00	9,25	9,00	16,00
88	-0,75	-2,75	-1,25	-2,50	1,00	1,00	11,25	11,25	16,00
89	-1,50	-3,00	-0,50	-0,25	1,00	1,00	13,00	12,25	16,00
90	-1,75	-1,00	-3,50	-3,25	1,00	1,00	15,00	14,25	16,00
91	-3,75	-0,75	-3,75	-0,25	1,25	1,00	8,75	16,00	1,25
92	-0,75	-1,25	-1,25	-2,50	1,25	1,25	1,75	15,00	6,25
93	-2,75	-0,25	-1,75	-0,50	1,25	1,25	5,75	3,75	6,25
94	-1,25	-4,75	-3,75	-1,50	1,25	1,25	9,75	9,75	6,25
95	-6,75	-1,00	-5,75	-2,50	1,25	1,25	13,75	12,00	6,25
96	-7,75	-0,50	-3,50	-0,75	1,25	1,25	15,75	15,00	6,25
97	-1,25	-1,25	-0,25	-2,25	1,25	1,25	8,75	12,50	11,25
98	-0,50	-1,25	-0,75	-0,25	1,25	1,25	6,00	5,50	12,50
99	-1,00	-2,25	-0,25	-1,75	1,25	1,25	10,00	9,50	12,50
100	-4,00	-3,00	-1,00	-2,00	1,00	1,00	6,25	4,75	2,25