

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт им. С.П.Королева

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО КУРСУ
"ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА"
Часть I

Под общей редакцией доцента Ю.Н.Малиева

Рассмотрен и утвержден
редакционным советом института
20 июня 1971 года

УДК 681.31

Лабораторный практикум по курсу "Вычислительная техника", часть I. Под редакцией Малиева Ю.Н. Куйбышевский авиационный институт, г. Куйбышев, 1972. 112 стр.

Лабораторный практикум знакомит с элементами вычислительных устройств, структурными моделями непрерывного действия; моделями-аналогами и электронными цифровыми вычислительными машинами.

Первая часть практикума включает описание шести лабораторных работ общего курса. В описании каждой работы дается теоретическая часть, основные сведения об аппаратуре и оборудовании и методические указания к выполнению работы.

Составители - Е.С.Агафонов, В.М.Горчаков, В.А.Колдоркина,
Ю.Н.Малиев, Р.И.Мышкин, С.А.Путилова,
В.В.Пшеничников, А.П.Федорин

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИКУМА

Настоящий практикум имеет целью углубление и закрепление знаний по курсу "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах", приобретение практических навыков работы с различными средствами электронной вычислительной техники, а также ознакомление с методикой подготовки и решения задач на ЭВМ различных классов и назначения.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для выполнения лабораторной работы следует ознакомиться с её описанием, используемым оборудованием и контрольно-измерительной аппаратурой; произвести необходимые расчеты, составить и собрать требуемые схемы; уяснить методику измерений и порядок проведения работы; подготовить таблицы для внесения получаемых величин и параметров.

Объем исследований, который студенты должны выполнить по каждой лабораторной работе, рассчитан на полное завершение всех указанных заданий в течение одного двухчасового занятия. Для этого перед каждым занятием необходимо изучить теоретическую часть описания соответствующей лабораторной работы и уяснить принцип работы установки.

В свою очередь, с целью более глубокого понимания существа и фактики изучаемых вопросов, особенностей работы и решения задач на электронных вычислительных устройствах, рекомендуется изучить определенные разделы литературы, указанной в конце каждого лабораторного руководства. Проверка теоретических знаний студентов, необходимых для успешной работы проводится в начале каждого занятия. Лица, не подготовленные к выполнению лабораторной работы, к занятиям не допускаются.

Перед выполнением оборудования необходимо уведомить преподавателя или лаборанта о готовности, получить разрешение на выполнение работы и соответствующую консультацию.

По окончании работы студент должен показать преподавателю полученные результаты, выключить установку, разобрать схему и сдать рабочее место дежурному лаборанту.

СОСТАВЛЕНИЕ И СДАЧА ОТЧЕТА

Отчет по работе составляется индивидуально на типовом бланке или на стандартных листах писчей бумаги и подписывается. Графики вычерчиваются на клетчатой бумаге бланка или миллиметровке и вклеиваются в отчет.

Отчет включает краткие сведения о проделанной работе, условия решаемых задач, выполненные расчеты и полученные результаты. Осциллограммы измеряемых величин изображаются с обязательным соблюдением масштабов.

Каждый студент сдает отчет преподавателю после выполнения работы или перед началом следующей и получает отметку в ведомости о выполнении. Студент, не сдавший отчета по предыдущей работе, к следующей не допускается.

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ТИПА ИИТ

Цель работы - знакомство с составом и устройством электро- модели ИИТ, работой ее отдельных решающих элементов и воспроизведе- дение некоторых математических зависимостей.

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Электромодель типа ИИТ (интегратор постоянного тока) предназ- начена для решения задач, описываемых обыкновенными дифференциаль- ными уравнениями не выше 5-го порядка с постоянными или переменны- ми коэффициентами:

$$\frac{d^n x}{dt^n} + \alpha_{n-1} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + \alpha_1 \frac{dx}{dt} + \alpha_0 x = \beta f(t), \quad (I)$$

где α и β - постоянные (или переменные) коэффициенты,
 $f(t)$ - внешнее возмущающее воздействие,
 n - порядок уравнения ($n \leq 5$).

Эта установка наиболее удобна для исследования реальных дина- мических процессов путем их искусственного воспроизведения с помощью структуры электрических блоков и визуального наблюдения посредством соответствующей измерительной и индикационной аппара- туры. Иначе говоря, установка позволяет наблюдать и исследовать различные непрерывные физические процессы методом электрического моделирования (рис. 1).

Для решения задач подобного рода отдельные элементы (блоки) модели соединяют гибкими шнурами в соответствии с исходным урав- нением, выставляют значения коэффициентов, вводят начальные усло- вия и внешние возмущения, а затем приступают собственно к процес- су решения.

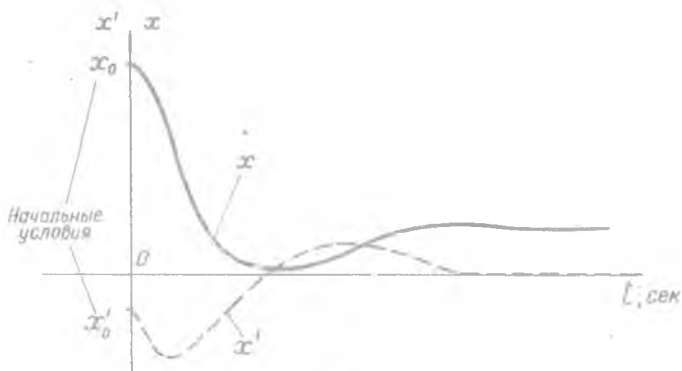


Рис. 1.

Комплектность модели ИРТ

В состав модели ИРТ входят следующие элементы:

- блоки операционных усилителей БОУ-2,..... 8 шт.
- блоки переменных коэффициентов СБ-3,..... 3 шт.
- блоки постоянных коэффициентов СБ-4,..... 4 шт.
- блок перемножения БП-2,..... 1 шт.
- блок нелинейностей БН-3,..... 1 шт.
- пульт управления,
- блок питания и соединительные коробки .

II. РЕШАЮЩИЕ БЛОКИ МОДЕЛИ

Блок операционного (решающего) усилителя БОУ-2 (рис. 2)

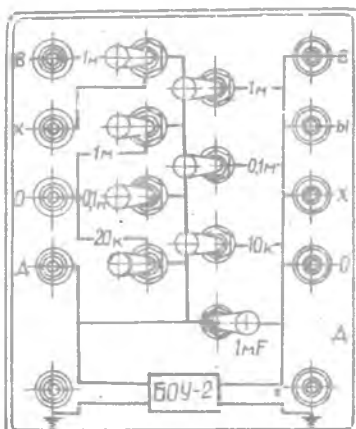


Рис. 2.

построен на базе усилителя постоянного тока с большим коэффициентом усиления и глубокой отрицательной обратной связи (рис.3).

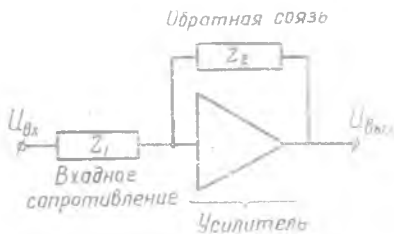


Рис.5.

Z_1 - полное входное сопротивление,
 Z_2 - полное сопротивление обратной связи.

Блок имеет четыре входных клеммы (рис.4):

1-я и 2-я соединены с входными сопротивлениями по 1 мгом (1М);

3-я клемма соединяется с сопротивлениями 1 мгом (1М);

0,1 мгом (0,1М) или 20 ком (20К);

4-я клемма соединена непосредственно с входом усилителя.

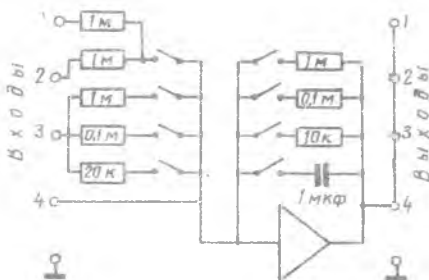


Рис.4.

В цепь обратной связи Z_2 могут быть включены сопротивления: 1 мгом; 0,1 мгом; 10 ком или емкость $C = 1$ мкф. Выходные клеммы блока БОУ-2 соединены параллельно, то есть дублированы.

Задание сопротивлений $Z_{входн}$ и $Z_{обр.связи}$ осуществляется тумблерами, расположенными на передней панели блока. Для введения необходимого сопротивления соответствующий тумблер переключается в направлении значения включаемой величины (наружу). Различные комбинации сопротивлений $Z_{входн}$ и $Z_{обр.связи}$ позволяют выполнять посредством БОУ-2 ряд операций.

Используя уравнение режущего усилителя в операторной форме

$$\bar{U}_{\text{вых}} = - \frac{Z_2(p)}{Z_1(p)} \bar{U}_{\text{вх}} = -K \bar{U}_{\text{вх}}, \quad (2)$$

где $K = \frac{Z_2(p)}{Z_1(p)}$ — передаточный коэффициент режущего усилителя, можно получить следующие операции:

Инвертирование (изменение знака). Если $Z_1(p) = Z_2(p) = R$, тогда, согласно (2) $K=1$ и

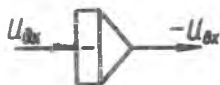
$$U_{\text{вых}} = -U_{\text{вх}} \quad (3)$$

получим изменение знака входного напряжения на противоположный.

Для этого нужно, например, включить тумблеры

$$Z_1(p) = 1 \text{ мгом} \quad Z_2(p) = 1 \text{ мгом}$$

Схематическое изображение блока:



Интегрирование. Если взять $Z_1(p) = R$, а в цепь обратной связи включить конденсатор, т.е. $Z_2(p) = \frac{1}{Cp}$, где $\frac{1}{p}$ — оператор интегрирования, тогда

$$\bar{U}_{\text{вых}} = - \frac{1}{RCp} \bar{U}_{\text{вх}} \quad (4)$$

или

$$U_{\text{вых}} = - \frac{1}{RC} \int_0^t U_{\text{вх}} dt + U_0 = -K \int_0^t U_{\text{вх}} dt + U_0, \quad (5)$$

где U_0 — начальное условие.

В этом случае включаются, например, $Z_1(p) = 1 \text{ мгом}$, $Z_2(p) = 1 \text{ мкф}$.

Схематическое изображение блока:



Суммирование. Если включить ряд сопротивлений на входе $Z_1(p) = R_1; R_2; R_3$; а в цепь обратной связи $Z_2(p) = R$, тогда выходное напряжение блока будет равно сумме входных напряжений, умноженных на отношение R/R_i .

$$U_{\text{вых}} = - \sum_{i=1}^n \frac{R}{R_i} U_{\text{вх}i} = - \sum_{i=1}^n K_i U_{\text{вх}i} \quad (6)$$

Схематическое изображение блока:



Суммирование нескольких величин с одновременным интегрированием

Для выполнения этой операции необходимо на входе включить $Z_1(p) = R_1$; R_2 ; R_3 , а в цепь обратной связи ввести конденсатор, т.е. $C = 1 \text{ мкф}$, тогда

$$U_{\text{вых}} = - \frac{1}{C} \int_0^t \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} U_{\text{вх}i} dt + U_0 \quad (7)$$

Схематическое изображение блока:



Блок БСУ-2 позволяет воспроизводить следующие фиксированные передаточные отношения "К":

К	0.01	0.1	0.5	1	5	10	50
$Z_1(p)$	1М	1М	20К	1М	20К	0.1М	20К
$Z_2(p)$	10К	0.1М	10К	1М	0.1М	1М	1М

Особенностью усилителей БСУ-2 является некоторая нестабильность ("дрейф") нулевого уровня напряжения. В связи с этим перед решением задачи необходимо специальной регулировкой устанавливать "нуль" на выходах используемых усилителей.

Блок постоянных коэффициентов СБ-4 (рис.5) позволяет устанавливать постоянные коэффициенты α в диапазоне от 1 до 0,001.

На лицевой панели блока имеются: клемма входа "X" и клемма выхода "ОХ", и три вертикально расположенных переключателя для установкой коэффициента (0.1; 0.01; 0.001).

Каждый блок СБ-4 является двоярным, т.е. позволяет одновременно устанавливать два независимых постоянных коэффициента.

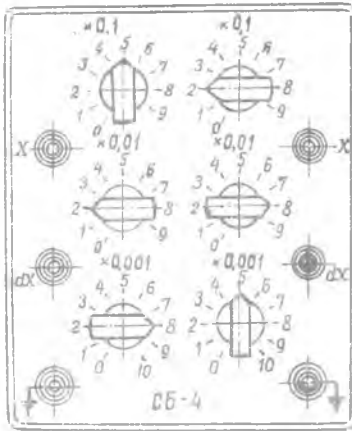


Рис.5.

Примечание: Блок СБ-4 можно использовать только для установки коэффициентов

$$K < 1.$$

На рис.5 в левой части блока СБ-4 установлен коэффициент $K=0,528$, а в правой - $K=0,285$.

Блок переменных коэффициентов СБ-3 (рис.6) позволяет получать переменные коэффициенты в диапазоне от 1 до 0,01. Он содержит 100-контактный делитель,

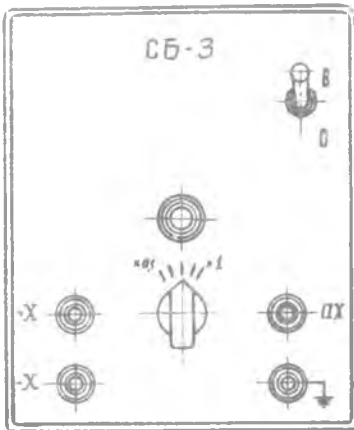


Рис.6.

и наборное поле, на котором перед решением задачи производят соответствующую коммутацию гнезд для получения заданной функциональной зависимости $\alpha(t)$. Воспроизведение коэффициента $\alpha(t)$ происходит автоматически от пульта управления.

Блок произведения БП-2 предназначен для перемножения двух знакопеременных входных напряжений, изменяющихся в пределах от +100в до -100в, с соблюдением алгебраического правила знаков

$$U_{\text{вых}} = \frac{1}{100} U_{x_1} \times U_{x_2} \quad (8)$$

На лицевой панели блока размещены клеммы для ввода, вывода и контроля входных и выходных напряжений и лампочка сигнализации перегрузки блока.

Схематическое изображение блока:



Блок нелинейностей БН-3 предназначен для воспроизведения функциональных зависимостей типа $y = f(x)$. Для получения необходимой зависимости $y = f(x)$ блок БН-3 перед решением зачи и настраивается с помощью специальной коммутирующей и регулировочной аппаратуры.

Блок имеет соответствующие клеммы ввода и вывода переменных x и $F(x)$ и сигнализацию перегрузки.

Схематическое изображение блока:



III. ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ

С пульта управления осуществляется:

регулировка и контроль нулевых уровней напряжений блоков БОУ-2;

задание начальных условий и постоянных возмущений;

управление, контроль и наблюдение за работой модели и ходом решения задачи, снятие результатов моделирования.

Слева на пульте расположены элементы для регулировки и контроля нулей усилителей постоянного тока блоков БОУ-2: стрелочный прибор (обозначим его V_0) с переключателем диапазона измерения на три положения 0,1в ; 2,5в ; 100в и 8 потенциометров регулировки нулей.

Кроме этого, сверху расположены клеммы фиксированных напряжений ± 10 в и ± 100 в. Переключатель "пост.-перем." служит для включения в работу блоков постоянных или переменных коэффициентов. Переключатель "Сек" позволяет фиксировать отметки времени решения через 1 сек или 0,5 сек.

В средней части пульта расположены элементы для задания начальных условий и постоянных возмущений:

стрелочный прибор (обозначим его $V_{ну}$) с переключателем полярности (слева от прибора) и переключателем диапазона шкалы на два

предела: 100в и 10в (справа от прибора); сверху находятся приемные клеммы всех 8-и блоков операционных усилителей и 4 клеммы для задания начальных условий и постоянных возмущений; внизу размещены 4 потенциометра, по числу клемм начальных условий, с переключателями полярности задаваемого напряжения. Между стрелочными приборами находятся два переключателя, один из которых служит для установки режима работы модели:

"У0" - установка нулей,

"НУ" - начальные условия,

"ОТ" - отключение прибора $V_{ну}$,

другой позволяет подключать стрелочные приборы V_0 и $V_{ну}$ к выходам соответствующих операционных усилителей.

С правой стороны пульта располагаются элементы сигнализации и управления моделью. Включение модели производится тумблером "Сеть". Кнопки "Исх.пол.", "Пуск", "Ост." служат для приведения модели в исходное положение, для пуска и остановки модели. Над кнопками расположены индикаторные лампочки.

Для сигнализации о превышении напряжения на выходах операционных усилителей свыше 100 ± 5 в установлены 8 лампочек, включенных в систему блокировки. Отсчет времени с момента пуска модели производится счетчиком импульсов. Переключатель "непр.-шаг" позволяет получать решение в двух режимах: либо непрерывно, либо с шагом в 1 сек или 0,5 сек с автоматической остановкой модели на каждом шаге.

УПРАЖНЕНИЕ I

Ознакомление с работой некоторых блоков модели

Порядок выполнения

1. Включить тумблер "Сеть" и прогреть машину ~ 10 минут.
2. Проверить работу блока БОУ-2 в режиме интегрирования:
 - а) отрегулировать "нуль" выбранного блока БОУ-2 (например, блок №5).

Регулировка "нулей" производится с пульта следующим образом. Поставить переключатель режима работы в положение "У0", - другой переключатель установить на номер проверяемого блока (например, №5). При этом прибор V_0 подключается к выходу проверяемого блока.

Плавным вращением ручек грубой и точной регулировки потенциометра, соответствующего номеру регулируемого блока, добиться

нулевого показания прибора V_0 последовательно на трех шкалах: 100в ; 2,5 ; 0,1 ;

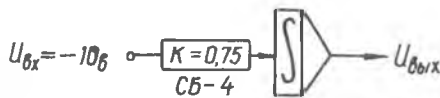
б) проверить работу блока БОУ-2 в режиме интегрирования. Установить блок в режим интегрирования с коэффициентом передачи $K=1$ ($Z_{вх}=1$ мгом, $Z_{обр.св.}=1$ мкф), а переключатель режима работы в положение "НУ". Подать на вход блока с пульта управления - 10в. Процесс интегрирования входного напряжения начинается при нажатии кнопки "Пуск". Интегрирование будет идти непрерывно, если переключатель "непр.-шаг" стоит в положении "непр.". для остановки решения следует нажать кнопку "Ост.", при этом загорается красная лампочка.

Просмотреть решение можно на экране осциллографа, соединив его вертикальный вход с выходом рабочего блока БОУ. Время определяется по счетчику импульсов. Возврат в исходное положение осуществляется кнопкой "Исх.пол."

Для снятия решения переключатель "непр.-шаг" ставят в положение "шаг" ; тогда по истечении 1 сек (или 0,5 сек) после пуска процесс интегрирования прекратится; по прибору $V_{ну}$ снимают показания. При повторном нажатии на кнопку "Пуск" интегрирование будет продолжаться на следующем интервале времени в 1 сек (или 0,5 сек) и т.д.

Получить решение в интервале 0 + 10 сек в виде таблицы значений $U_{вых} = f(t)$ и построить соответствующий график;

в) произвести интегрирование с коэффициентом $K = 0,75$. для этого, напряжение - 10в подать на блок БОУ через блок СВ-4, выставив на нём коэффициент 0,75. Решение снять аналогично предыдущему случаю



УПРАЖНЕНИЕ 2

Получение различных функций путем решения простых дифференциальных уравнений.

1. Получение квадратичной и кубической функций времени.

Для воспроизведения этих функций три блока БОУ-2 должны быть соединены между собой, как показано на схеме (рис.7).

Пусть передаточные коэффициенты блоков $K_1 = K_2 = K_3 = 1$, а

$U_{вх} = \text{const}$, т.е. на вход схемы подается постоянное возмущение (например, + 1Св).

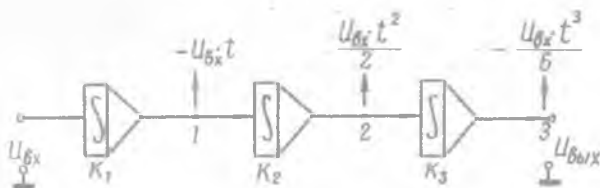


Рис.7.

Решая уравнение

$$\frac{dU_{0b1x}}{dt} = U_{0x} \quad (9)$$

как

$$U_{0b1x} = \int_0^t U_{0x} dt \quad (10)$$

получим на выходах блоков 1,2,3 при нулевых начальных условиях следующие зависимости:

$$U_{0b1x_1}(t) = \int_0^t U_{0x} dt = -U_{0x} t, \quad (11)$$

$$U_{0b1x_2}(t) = \int_0^t U_{0b1x_1} dt = U_{0x} \frac{t^2}{2}; \quad (12)$$

$$U_{0b1x_3}(t) = \int_0^t U_{0b1x_2} dt = -U_{0x} \frac{t^3}{6} \quad (13)$$

Знак "-" обусловлен инвертирующим свойством усилителей БОУ.

Просмотреть решение на выходах 1,2,3 на экране осциллографа и зафиксировать его в шаговом режиме в виде таблиц $U_{0b1x} = f(t)$ и соответствующих графиков.

Примечание: Перед решением проверить "нули" используемых усилителей БОУ-2.

2. Получение синусоидальных и косинусоидальных функций времени. воспроизведение этих функций осуществляется путем решения дифференциальных уравнений гармонических колебаний

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \omega_0^2 y = 0 \quad \text{или} \quad y'' = -\omega_0^2 y \quad (14)$$

Для решения такого дифференциального уравнения на модели необходимо составить схему, содержащую два интегратора и инвертор (рис.8):

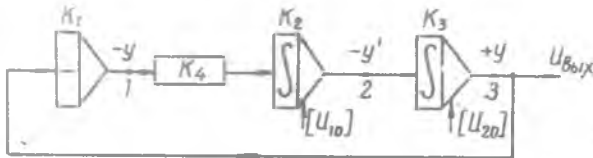


Рис.8.

Если принять передаточные коэффициенты блоков БОУ:

$K_1 = K_2 = K_3 = 1$ и $K_4 = \omega_0^2 = 0,2$ (блок СБ-4), то при начальных условиях $U_{10} = 40$ в и $U_{20} = 0$, решением уравнения (14) будет синусоидальная зависимость

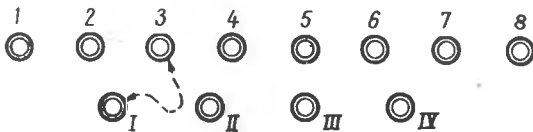
$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{10}}{\omega_0} \cdot \sin \omega_0 t \approx 90 \sin \sqrt{0,2} \cdot t \quad (15)$$

При начальных условиях $U_{10} = 0$ и $U_{20} = 40$ та же схема будет воспроизводить косинусоидальную зависимость

$$U_{\text{вых}} = U_{20} \cos \omega_0 t = 40 \cos \sqrt{0,2} \cdot t \quad (16)$$

Для задания необходимых начальных условий нужно соединить одну из 4-х клемм начальных условий на пульте управления с соответствующей приемной клеммой выбранного операционного усилителя (см.пример).

О П Е Р А Ц И О Н Н Ы Е У С И Л И Т Е Л И



Н А Ч А Л Ь Н Ы Е У С Л О В И Я

Вращением ручки сдвоенного потенциометра начальных условий (в нижней части пульта) установить по прибору требуемую величину напряжения $V_{\text{ну}}$, соблюдая необходимую полярность. Начальные нулевые условия не выставляются. Внешние возмущения отсутствуют.

пронаблюдать и снять решение для полного периода одной из указанных зависимостей.

3. Получение функции $y = e^{\pm \alpha t}$

Продифференцировав это уравнение, получим

$$\frac{dy}{dt} = \pm \alpha e^{\pm \alpha t} = \pm \alpha y \quad (17)$$

Схема, реализующая это уравнение для $\alpha > 0$, состоит из интегратора и инвертора (рис.9):

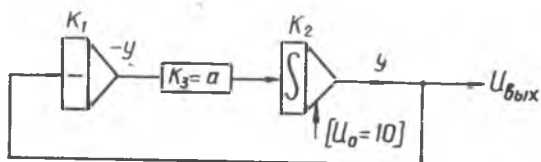


Рис. 9.

Пусть $K_1 = K_2 = 1$ и $K_3 = \alpha = 0,3$. Напряжение на выходе интегратора меняется по закону

$$U_{\text{вых}} = U_0 e^{\alpha t}, \quad (18)$$

где U_0 - начальное условие (например, $U_0 = 10\text{В}$).

Для реализации этого же уравнения при $\alpha < 0$ инвертор из данной схемы исключается.

Содержание отчета

1. Результаты упражнения 1, п.2б, в (схемы, таблицы результатов, графики решения).
2. Результаты упражнения 2, п.1,2,3 (схемы, таблицы результатов, графики решений).

Литература

Малиев Ю.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчётах", часть I, гл.1, §2, гл.П, §§1 и 2.

Лабораторная работа №1а

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С РАБОТОЙ НА МОДЕЛИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКЕ ТИПА ИПТ

Цель работы - знакомство с составом и устройством электро модели ИПТ. Решение дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Электро модель типа ИПТ (интегратор постоянного тока) позволяет наблюдать и исследовать различные непрерывные физические процессы, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями с постоянными и переменными коэффициентами:

$$\frac{d^n x}{dt^n} + \alpha_{n-1} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + \alpha_1 \frac{dx}{dt} + \alpha_0 x = \beta f(t), \quad (I)$$

где α и β - постоянные (и переменные) коэффициенты,
 $f(t)$ - внешнее возмущающее воздействие,
 n - порядок уравнения ($n \leq 5$).

Комплектность модели ИПТ

В состав модели ИПТ входят следующие элементы:

- блоки операционных усилителей БОУ-2, 8 шт.
- блоки постоянных коэффициентов СБ-4, 1 шт.
- блоки переменных коэффициентов СБ-3, 3 шт.
- блок перемножения БП-2, 1 шт.
- блок нелинейностей БП-3, 1 шт.
- пульт управления,
- блок питания и соединительные коробки.

II. РЕШАЮЩИЕ БЛОКИ МОДЕЛИ

1. Блок операционного (решающего) усилителя БОУ-2 (рис.3).

Блок построен на базе усилителя постоянного тока с большим коэффициентом усиления и глубокой отрицательной обратной связью (рис.1)

Z_1 - полное входное сопротивление,

Z_2 - полное сопротивление обратной связи.

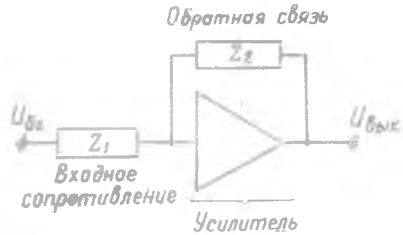


Рис.1.

Блок имеет четыре входных клеммы (рис.2):

1-я и 2-я соединены с входными сопротивлениями по 1 мгом (1М);

3-я клемма соединяется с сопротивлением 1 мгом (1М); 0,1 мгом (0,1М) или 20 ком;

4-я клемма соединена непосредственно с входом усилителя.

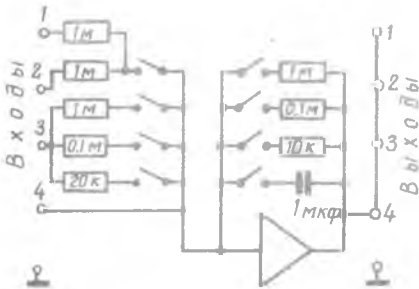


Рис.2.

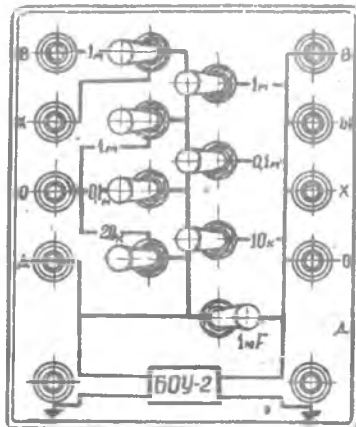


Рис.3.

В цепь обратной связи Z_2 могут быть включены сопротивления: 1 мгом; 0,1 мгом; 10 ком или емкость $C = 1$ мкф.

У блока БОУ-2 четыре выходных клеммы. Все они соединены параллельно, то есть дублированы.

Задание значений $Z_{\text{входа}}$ и $Z_{\text{обр.св.}}$ осуществляется тумблерами, расположенными на передней панели блока. Для введения необходимого сопротивления соответствующий тумблер переключается в направлении значения включаемой величины (наружу). Различные комбинации сопротивлений $Z_{\text{входа}}$ и $Z_{\text{обр.св.}}$ позволяют выполнять посредством БОУ-2 ряд операций.

Используя уравнение решающего усилителя в операторной форме

$$\bar{U}_{\text{вых}} = - \frac{Z_2(P)}{Z_1(P)} \bar{U}_{\text{вх}} = -K \bar{U}_{\text{вх}}, \quad (2)$$

где $K = \frac{Z_2(P)}{Z_1(P)}$ - передаточный коэффициент решающего усилителя, можно получить следующие операции.

Инвертирование (изменение знака).

Если $Z_1(P) = Z_2(P) = R$, тогда $K = 1$ согласно (2)

$$U_{\text{вых}} = -U_{\text{вх}}$$

получим изменение знака входного напряжения на противоположный.

Для этого нужно, например, включить тумблеры:

$$Z_1(P) = 1 \text{ мгом} \quad Z_2(P) = 1 \text{ мгом}$$

Схематическое изображение блока



Интегрирование. Если взять $Z_1(P) = R$, а в цепь обратной связи включить конденсатор, т.е. $Z_2(P) = \frac{1}{Cp}$; где $\frac{1}{P}$ - означает оператор интегрирования, тогда:

$$\bar{U}_{\text{вых}} = - \frac{1}{RCp} \bar{U}_{\text{вх}} \quad (3)$$

или

$$U_{\text{вых}} = - \frac{1}{RC} \int_0^t U_{\text{вх}} dt + U_0, \quad (4)$$

где U_0 - начальное условие и $K = \frac{1}{RC}$

В этом случае включаются, например, $Z_1(P) = I$ мгем и $Z_2(P) = I$ мкф.

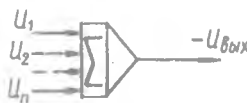
Схематическое изображение блока:



Суммирование. Если включить ряд сопротивлений на входе $Z_1(P) = R_1 ; R_2 ; R_3 ;$ а в цепь обратной связи $Z_2(P) = R$, тогда выходное напряжение оюка будет равно сумме входных напряжений, умноженных на отношение R/R_i

$$U_{\text{вых}} = - \sum_{i=1}^n \frac{R}{R_i} \cdot U_{\text{вх}_i} = - \sum_{i=1}^n K_i \cdot U_{\text{вх}_i} \quad (5)$$

Схематическое изображение блока:



Суммирование нескольких величин с одновременным интегрированием

Для выполнения этой операции необходимо на входе включить $Z_1(P) = R_1 ; R_2 ; R_3$, а в цепь обратной связи ввести конденсатор, т.е. $C = I$ мкф, тогда

$$U_{\text{вых}} = - \frac{1}{C} \int_0^t \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \cdot U_{\text{вх}_i} dt + U_0 \quad (6)$$

Схематическое изображение блока:



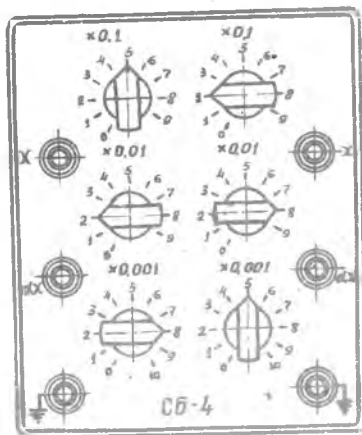


Рис. 4.

Каждый блок СБ-4 является двойным, т.е. позволяет одновременно устанавливать два независимых постоянных коэффициента.

Примечание: Блок СБ-4 использовать только для воспроизведения коэффициентов $k < 1$.

III. ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ

Слева на пульте расположены элементы для регулировки и контроля нулевого уровня напряжений блоков БОУ-2.

В средней части пульта расположены элементы для задания начальных условий и постоянных возмущений, а также стрелочный прибор, по показаниям которого фиксируются результаты моделирования.

С правой стороны пульта располагаются элементы сигнализации и управления моделью.

IV. РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Для решения задач подобного рода отдельные элементы (блоки) модели соединяют гибкими шнурами в соответствии с исходным уравнением, выставляют значения коэффициентов, вводят начальные условия и внешние возмущения, а затем приступают собственно к процессу решения.

Особенностью усилителей БОУ-2 является некоторая нестабильность ("дрейфа") нулевого уровня напряжения. В связи с этим, перед решением задачи, необходимо специальной регулировкой устанавливать "нули" на выходах используемых усилителей.

Блок постоянных коэффициентов СБ-4 (рис. 4.) позволяет установить постоянные коэффициенты α в диапазоне от 1 до 0,001.

На лицевой панели блока имеются: клемма входа "X" и клемма выхода "OX", и три вертикально расположенных переключателя для установки коэффициента (0.1 ; 0.01 ; 0.001).

Наличие в составе модели специальных функциональных блоков позволяет также решать задачи и нелинейного типа.

УПРАЖНЕНИЕ

Получение квадратичной и кубической функции времени.

Для воспроизведения этих функций три блока БОУ-2, должны быть соединены между собой, как показано на схеме (рис.5).

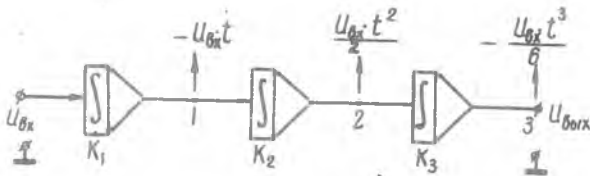


Рис.5.

Пусть передаточные коэффициенты блоков $K_1=K_2=K_3=1$; $U_{вх} = const$, т.е. на вход подается постоянное возмущение, например, +10в. Выходные напряжения схемы в точках 1,2,3 при нулевых начальных условиях связаны с входным следующей зависимостью:

$$U_{вых_1}(t) = \int_0^t U_{вх} dt = -U_{вх} \cdot t ; \quad (7)$$

$$U_{вых_2}(t) = \int_0^t U_{вых_1} dt = U_{вх} \cdot \frac{t^2}{2} ; \quad (8)$$

$$U_{вых_3}(t) = \int_0^t U_{вых_2} dt = -U_{вх} \cdot \frac{t^3}{6} ; \quad (9)$$

Знак $-$ обусловлен инвертирующим свойством усилителей БОУ.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать схему на модели. Для этого необходимо выбрать конкретные блоки БОУ-2, установить их в режим интегрирования и произвести внешнюю коммутацию блоков шнуром.

2. Включить тумблер "Сеть" и прогреть модель ~ 10 минут.

3. Отрегулировать нулевые уровни напряжений блоков операционных усилителей.

Регулировка нулей производится с пульта следующим образом: поставить переключатель режима работы в положение "УО", - другой переключатель установить на номер проверяемого блока. При этих положениях переключателей прибор V_0 подключен к выходу проверяемого блока.

Плавным вращением ручек грубой и точной регулировки скользящего потенциометра, номер которого соответствует номеру регулируемого блока, добиться нулевого показания прибора последовательно на трех шкалах: 100в ; 2.5в ; 0,1в.

4. На вход схемы подать внешнее постоянное возмущение (например, +10в от специальной клеммы, расположенной в левой верхней части пульта управления).

5. Решение можно просматривать на экране осциллографа.

Для этого на вертикальный вход осциллографа гибким шнуром подать напряжение с выхода соответствующего операционного усилителя. Просмотр ведется в непрерывном режиме модели, т.е. тумблер "Непр.-Шаг." поставить в положение "Непр."

Один из переключателей должен стоять в положении "НУ", а положение другого должно совпадать с номером блока, с которого снимается решение. При нажатии кнопки "Пуск" начинается процесс интегрирования и загорается синяя лампочка. Для остановки решения следует нажать кнопку "Ост".

Для повторения решения нужно предварительно нажать кнопку "Исх.Пол." (исходное положение).

ЗАДАНИЕ

Снять семейство переходных характеристик $\omega(t)$ регулятора скорости (рис.6), дифференциальное уравнение которого

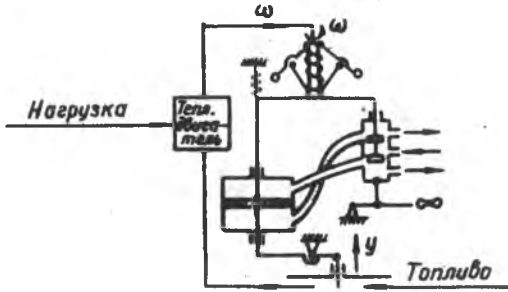


Рис.6.

имеет вид

$$T_1^2 \frac{d^2\omega}{dt^2} + T_2 \frac{d\omega}{dt} + \omega = f(t) \quad (10)$$

или

$$\frac{d^2\omega}{dt^2} + K_1 \frac{d\omega}{dt} + K_2 \omega = K_3, \quad (11)$$

где

$$K_1 = \frac{T_2}{T_1^2}, \quad K_2 = \frac{1}{T_1^2}, \quad K_3 = \frac{f(t)}{T_1^2}.$$

Варианты	K_1	K_2	K_3	ω [t=0]	ω_1 [t=0]
I	0,87; 0,67; 0,27; 0,17.	0,12	1,35	0	0
II	0,79	0,88; 0,69; 0,45; 0,16.	6	-60	70
III	0,87	0,12; 0,42; 0,71; 0,98.	5,35	-30	24
IV	0,9; 0,72; 0,58.	0,3	2	0	0
V	0,33; 0,42; 0,71; 0,98.	0,12	6,85	-30	24

Вариант задания указывается преподавателем.

ПОДГОТОВКА ЗАДАЧИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НА МОДЕЛИ

Процесс подготовки задачи к решению состоит из следующих операций:

- математическая подготовка задачи;
- составление структурной блок-схемы;
- набор задачи на модели.

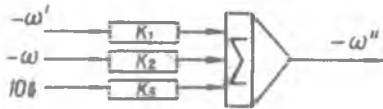
Математическая подготовка заключается в приведении исходного уравнения к виду удобному для моделирования на машине.

Для составления структурной схемы используется метод понижения порядка производной.

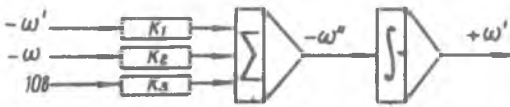
Из уравнения (11) выделяем старшую производную:

$$\omega'' = -K_1 \omega' - K_2 \omega + K_3$$

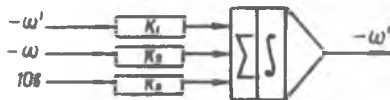
Предположив, что члены правой части уравнения известны, можно получить ω'' , просуммировав их



Причём, ω'' получим со знаком минус, т.к. блок БОУ-2 меняет знак переменной. Проинтегрировав $-\omega''$, получим $+\omega'$.

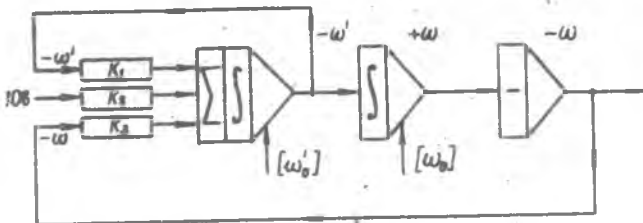


Вместо двух блоков, в данном случае, можно использовать один блок БОУ-2, поставив его в режим "Сумматор-интегратор", тогда на выходе блока получим $-\omega'$



Проинтегрировав $-\omega'$, получим $+\omega$, а т.к. необходимо иметь $-\omega$, то придется использовать еще один блок в режиме инвертирования.

Подав на вход сумматора-интегратора $-\omega'$ и $-\omega$ через соответствующие коэффициенты получим структурную блок-схему задачи.



ω'_0 и ω_0 - начальные условия

При задании начальных условий необходимо учитывать знак производной или функции на выходе усилителя.

Например, если $\omega'_0 = +70$, а на выходе усилителя внесем $-\omega'$, то начальное значение производной (измеряемое на выходе усилителя) должно быть -70 .

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Внимательно изучить инструкцию.
2. Получить вариант задания у преподавателя.
3. По структурной блок-схеме набрать модель задачи на машине. Коэффициенты K_1 ; K_2 ; K_3 устанавливаются на блоках СБ-4.
4. Проверить и установить нули рабочих блоков БОУ-2 (см. упражнение п.3).
5. После проверки схемы преподавателем или сотрудником лаборатории задать начальные условия и постоянные возмущения, используя элементы на пульте управления (в центральной части).
6. С помощью короткого коммутационного импульса произвести соединение одной из 4-х клемм начальных условий с клеммой верхнего ряда, соответствующей номеру рабочего блока БОУ-2. Вращением ручки индикатора начальных условий установить на приборе $V_{НЧ}$ требуемую величину напряжения, соблюдая необходимую полярность.
7. Пронаблюдать решение задачи на электронно-лучевом индикаторе (осциллографе). Убедиться в правильности хода решения задачи.
8. Снять по точкам (в нагелем режиме) решение для всех заданных случаев. Переключатель "Ненр.-Шаг" поставить в положение "Шаг". По истечении 1 сек (или 0,5) после пуска процесс интегрирования прекратится и загорится красная лампочка; на приборе $V_{НЧ}$ снять показания.

При повторном нажатии на кнопку "Пуск" (красная лампочка должна погаснуть) интегрирование продолжится на следующем интервале в 1 сек (или 0,5 сек). Сняв показания прибора, снова нажать кнопку "Пуск" и т.д. до получения полной картины решения задачи.

Возврат в исходное положение осуществляется с помощью кнопки "Исх.поз."

9. Построить графики решений (семейство характеристик).
10. Оформить отчет о проделанной работе.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Условия решаемой задачи.
2. Блок-схема решения задачи.
3. Таблица результатов решения.
4. Графики решений.

ЛИТЕРАТУРА

- Малиев Ю.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах", часть I.
гл.П, §§1,2,3. Гл.У, §1.

Лабораторная работа №2

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ИПТ

Цель работы - знакомство с методикой подготовки и решения задач на интеграторе постоянного тока ИПТ.

ПОДГОТОВКА ЗАДАЧИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НА МОДЕЛИ

Процесс подготовки задачи к решению состоит из следующих операций:

- математическая подготовка задачи ;
- составление структурной блок-схемы ;
- набор задачи на модели.

Математическая подготовка заключается в приведении исходного уравнения, описывающего какой-либо исследуемый процесс, к виду удобному для моделирования на машине, в выборе масштабов представления переменных и передаточных коэффициентов решающих элементов.

Методика составления структурной блок-схемы включает выбор необходимых решающих элементов и собственно синтезирование схемы, удовлетворяющей моделируемому уравнению.

Рассмотрим следующий пример.

Дано линейное дифференциальное уравнение третьего порядка

$$2,7x''' + 5x'' + 0,89x' - 2,7x - 80 = 0 \quad (1)$$

с начальными условиями (при $t=0$):

$$x''_0 = -50; \quad x'_0 = -3; \quad x_0 = +17$$

Для составления структурной схемы используется метод понижения порядка производной.

Выделим старшую производную с коэффициентом, равным единице.

$$x''' = -1,85x'' - 0,33x' + x + 29,6 \quad (2)$$

Если считать, что остальные производные и переменные известны, то, подставляя напряжения, пропорциональные членам правой части уравнения (2), на вход сумматора через соответствующие коэффициенты, получим высшую производную с обратным знаком (рис.1).

Изменение знака происходит вследствие инвертирующего свойства решающих усилителей.

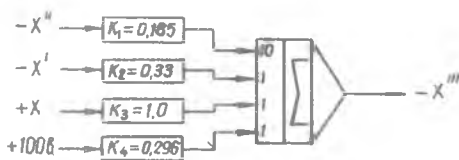


Рис.1.

Значения коэффициентов K_1 ; K_2 и K_4 устанавливаются посредством блоков СБ-4.

Целесообразно совмещать сумматор с интегратором, так как меньшее число усилителей дает меньшую погрешность решения. При этом на выходе усилителя получим вторую производную также с обратным знаком (рис.2), поскольку совмещение этих операций происходит в одном усилителе.

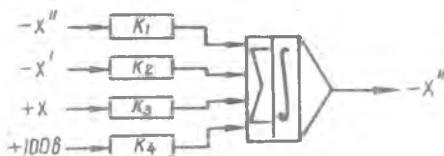


Рис.2.

Теперь необходимо дважды проинтегрировать полученное значение X'' . Затем на вход сумматора-интегратора подать все вводимые производные и функции с соответствующими знаками (рис.3).

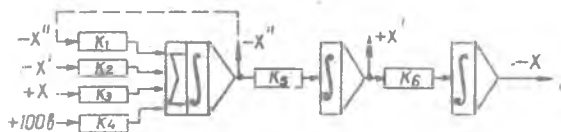


Рис. 3.

Очевидно, что $K_5=K_6=1$ (иначе после интегрирования не получим x' и $-x$).

Переменные $-x''$, $-x'$ и $+x$ подаются на вход сумматора-интегратора следующим образом. Так как знаки производной $-x''$ на входе сумматора-интегратора и на его выходе совпадают, то её можно ввести простым соединением цепи, а для подачи $-x'$ и $+x$ необходимы инверторы (рис.4).

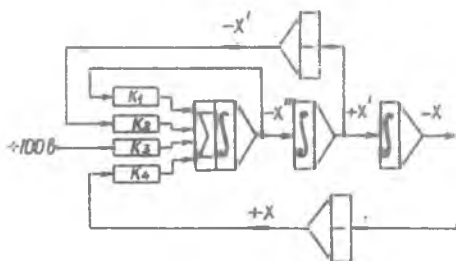


Рис.4.

Структурную схему можно несколько упростить, если инвертор включить в главную цепь.

При этом уменьшается число инверторов.

Таким образом, для решения уравнения (2)

$$x''' = 29,6 - 1,85x'' - 0,33x' + x$$

с начальными условиями: $x''_0 = -50$; $x'_0 = -3$; $x_0 = +17$, получим окончательную схему согласно рис.5.

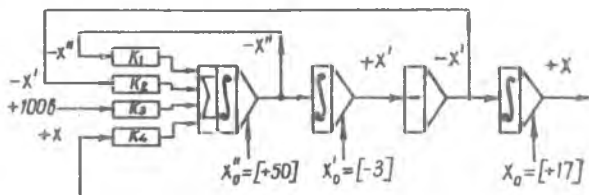


Рис.5.

Для решения задачи на соответствующие усилители вводятся начальные условия и внешние возмущения. При задании начальных условий необходимо учитывать знак производной или искомой функции на выходе усилителя. Если выходная величина усилителя отрицательна, то знак заданного начального условия нужно изменить на обратный.

Например, если $x_0'' = -50$, а на выходе усилителя снимается $-x''$, то начальное значение производной x_0'' (измеряемое на выходе усилителя) должно быть взято с обратным знаком, то есть $x_0'' = +50$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание у преподавателя.
2. Составить структурную блок-схему решения задачи и набрать ее на машине. Установить требуемые значения постоянных коэффициентов.
3. Включить машину.
4. Проверить и установить нули используемых решающих усилителей.
5. После проверки схемы преподавателем или сотрудником лаборатории задать начальные условия и постоянные возмущения.
6. Пронаблюдать решение задачи по электронно-лучевому индикатору. Убедиться в правильности хода решения задачи.
7. Снять по точкам (в шаговом режиме) решения для всех заданных случаев.
8. Построить графики решения (семейство характеристик).
9. Оформить отчет о проделанной работе.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Условия решаемой задачи.
2. Блок-схема решения задачи.
3. Таблица результатов решения.
4. Графики решения.

Литература

Малиев Ю.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах", часть I, Гл. II, §§1, 2, 3. Гл. V, §1.

Лабораторная работа №3

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА СЕТОЧНОМ ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОРЕ

Цель работы – ознакомление с принципом действия, устройством и методикой решения задач на электроинтеграторе ЭИ-12.

ВВЕДЕНИЕ

При решении некоторых задач математической физики, например, при исследовании различных физических полей может быть использован так называемый метод аналогий, реализуемый, в частности, с помощью электрических сеточных моделей.

1. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ-АНАЛОГОВ

При построении моделей-аналогов используются системы аналогий между явлениями различной физической природы, имеющими одинаковое математическое описание (рис.1). Например, аналогии между механическими и электрическими явлениями, электрическими и акустическими, электрическими и тепловыми и т.д.

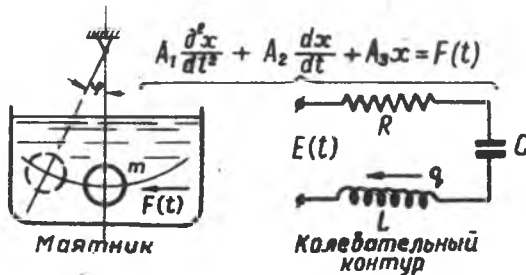


Рис.1.

Таким образом, при некоторых условиях открывается возможность проведения исследований на моделях с отличающейся от оригинала физической природой.

Переход из одной области физических явлений в другую преследует цель упростить и удешевить проведение эксперимента, облегчить методику и повысить точность измерения искомых величин.

П. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТОК

Практические вопросы исследования физических полей во многих случаях связаны с необходимостью решения дифференциальных уравнений в частных производных вида

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = F(x, y, z, t), \quad (I)$$

где φ - пространственная функция координат x, y, z .

Подобные задачи, в частности, возникают при проектировании различных тепловых устройств (нагревательные, доменные, мартеновские печи и т.п.), при проектировании строительных сооружений (плотин, шлюзов, крупных зданий и пр.), при проектировании турбомашин (напряжения в рабочих лопатках, распределение давлений и скоростей в проточной части и т.д.), при анализе магнитных полей электрических машин и др.

Поскольку непосредственное решение уравнений (I) связано с достаточно трудоемкими расчетами, представляется целесообразным использование искусственных моделей реальных физических процессов. При этом нахождение искомой функции можно свести к простому измерению её аналога.

Метод моделирования с помощью электрических сеток базируется на том, что исследуемая область, состоящая из сплошной среды, представляется в модели разделенной на некоторое множество дискретных элементов (ячеек). Такая замена непрерывного распределения исследуемой функции - дискретным соответствует приближенному описанию полей уравнениями в конечных разностях (рис.2).

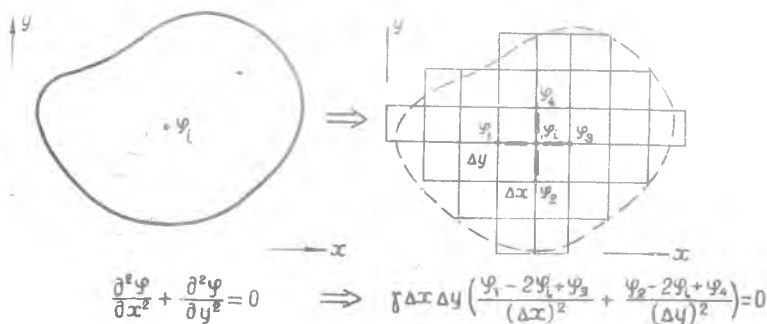


Рис.2.

III. ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОР ЭИ-12 (назначение)

Сеточный электроинтегратор ЭИ-12 предназначен для исследования плоских физических полей в однородных средах, описываемых уравнениями Лапласа

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

или уравнениями более общего вида

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[p(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[q(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right] = 0 \quad (3)$$

для полей в неоднородных физических средах, при различных граничных условиях.

Здесь $p(x, y)$ и $q(x, y)$ - функции координат, характеризующие неоднородность среды.

В первом случае электрическая сетка составляется из одинаковых элементов (сопротивлений $r_x = r_y$) и приближенно моделирует поле в однородной сплошной среде (рис.3).

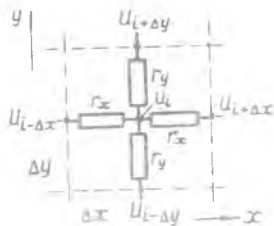


Рис.3.

Во втором случае, сопротивления сетки по соответствующим координатам могут иметь различные значения, что позволяет моделировать поля в неоднородных или анизотропных средах.

С помощью ЭИ-12 можно моделировать также поля, описываемые уравнениями Пуассона

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = F(x, y) \quad (4)$$

или уравнениями более общего вида

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[p(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[q(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right] = F(x, y), \quad (5)$$

где $F(x, y)$ - возмущающая функция от координат x, y .

Для воспроизведения в модели функции $F(x, y)$ нужно к внутренним узлам сетки подключить соответствующие источники тока $J(x, y)$, так называемые "истоки" (рис.4).

Таким образом, в электроинтеграторе

искомая функция φ_i моделируется

потенциалами U_i в узлах сетки, а физическая среда представляется резистивной двумерной сеткой из переменных сопротивлений (рис.5).

При этом, непосредственно на электроинтеграторе воспроизводится решение конечно-разностного представления уравнений (2) или (4)

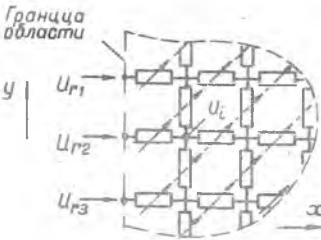


Рис.5.

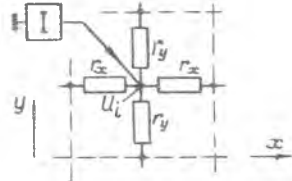


Рис.4.

$$\frac{U_{i-\Delta x} - 2U_i + U_{i+\Delta x}}{r_x} + \frac{U_{i-\Delta y} - 2U_i + U_{i+\Delta y}}{r_y} = \begin{cases} 0 \\ F(x, y) \end{cases} \quad (6)$$

или уравнений (3) или (5)

$$\left[\frac{U_{i-\Delta x} - U_i}{r_{i-\Delta x}} + \frac{U_{i+\Delta x} - U_i}{r_{i+\Delta x}} \right] + \left[\frac{U_{i-\Delta y} - U_i}{r_{i-\Delta y}} + \frac{U_{i+\Delta y} - U_i}{r_{i+\Delta y}} \right] = \begin{cases} 0 \\ F(x, y) \end{cases} \quad (7)$$

Для однозначного решения задачи должны быть определены (заданы) соответствующие граничные (краевые) условия. Наиболее часто на границе задается некоторое распределение функции $\varphi_r(s) = f(s)$ по координатам контура исследуемой области (рис.6).

Этот случай называется первой краевой задачей, или задачей Дирихле.

Граничные значения функции также моделируются

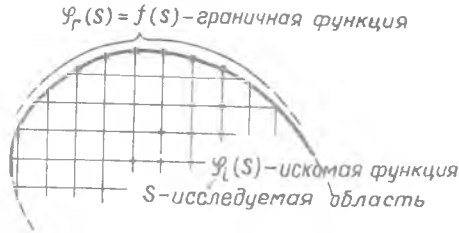


Рис.6.

потенциалами $U_r(S)$, которые в электроинтеграторе подводятся с помощью шнуровой коммутации от делителя напряжения к граничным узловым точкам (рис.7).

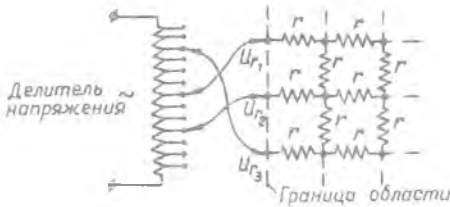


Рис.7.

На границе может быть задано значение нормальной производной от искомой функции

$$\frac{\partial \varphi_r(s)}{\partial n} = f(s),$$

что соответствует второй краевой задаче, или задаче Неймана. Для сеточной области подобные условия воспроизводятся путем введения

токов $J_{\Gamma}(S)$ в граничные узловые точки. Практически, для того чтобы исключить влияние сетки сопротивлений на величину граничных токов, последние вводят через большие сопротивления. В качестве сопротивлений можно использовать конденсаторы, емкостное сопротивление X_c которых переменному току достаточно велико.

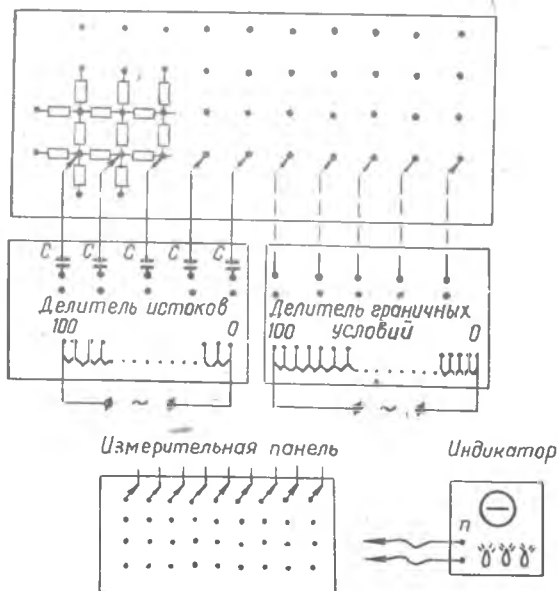
Наконец, может встретиться и смешанная краевая задача, представляющая сочетание первых двух случаев.

IV. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОРА ЭИ-12

Электроинтегратор ЭИ-12 работает на переменном токе промышленной частоты и состоит из следующих основных узлов (рис.8).

Сетка переменных сопротивлений служит для набора области, соответствующей решаемой на интеграторе задачи (с помощью этих сопротивлений осуществляется установка значений коэффициентов $p(x,y)$ и $q(x,y)$ в уравнении (3). Узловые точки сетки сопротивлений соединены с гнездами панели истоков. С панели истоков, через конденсаторы постоянной емкости задаются токи, определяющие правую часть $F(x,y)$ уравнений Пуассона (4) или (5).

Сетка сопротивлений



Конструктивно сетка сопротивлений представляет собой вертикальную панель; на которой расположены 28 вертикальных и 16 горизонтальных рядов магазинов сопротивлений. Величину этих сопротивлений можно изменять через 10 ом от 0 до 1000 ом. Большая ручка магазина меняет сопротивление на 100 ом, малая на 10 ом.

Делитель граничных условий служит для задания нужных значений потенциалов $U_r(S)$ на границе исследуемой области. Гнезда делителя граничных условий можно соединить с любыми узлами сетки интегратора коммутационными шнурами.

Коммутационные панели. Панель граничных условий и панель истоков соединены соответствующими узловыми точками сетки и служат для подачи на них граничных потенциалов или истоков.

б) Измерительная панель - предназначена для определения искомой функции в узловых точках исследуемой области. Гнезда измерительной панели точно соответствуют узлам вертикальной сетки сопротивлений.

Измерительное устройство. Измерение потенциалов $U_i(S)$ в узлах сетки осуществляется компенсационным способом с помощью электронно-лучевого нуль-индикатора. Для этой цели один зажим измерительного устройства (нулевой) соединяют с гнездом, потенциал которого принят за нуль (на измерительной панели), а другой-подключают к узлу сетки, потенциал которого измеряется.

Регулировкой переключателей измерительного устройства приводят индикатор на нуль и по положению переключателей находят искомый потенциал U_i

У. МЕТОДИКА РАБОТЫ НА ИНТЕГРАТОРЕ

Перед решением задачи на вертикальной панели переменных сопротивлений выделяется контур исследуемой области. Границы размечают вставленными в гнезда сетки вешками. Если граница области не проходит через узловую точку сетки сопротивлений, то граничные сопротивления корректируются следующим образом (рис.9). Смежные с используемой частью сетки магазины необходимо установить на ∞ .

После набора моделируемой области и установления величин сопротивлений сетки задают граничные условия в виде соответствующих потенциалов, получаемых от делителя граничных условий (рис.10).

Определение искомой функции $U_i(S)$ в узловых точках модели производится с помощью измерительного устройства, как было показано выше.

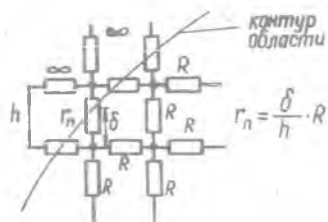


Рис.9.

Результаты измерений записываются в таблицу по форме конфигурации моделируемой области, строится графическая интерпретация распределения искомой функции.

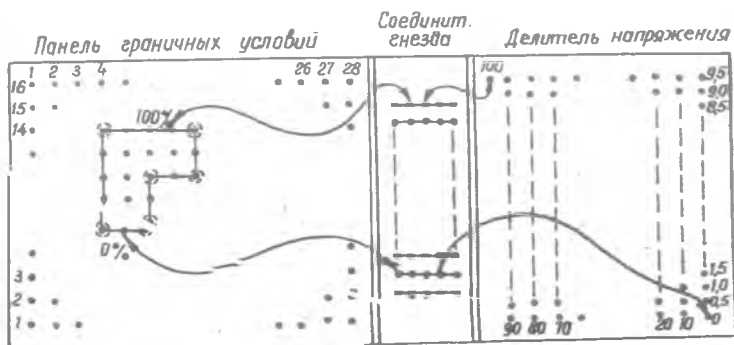


Рис.10.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с настоящей инструкцией.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Разметить на всех рабочих панелях границы исследуемой области.
4. Установить необходимые значения сопротивлений, сетки и ввести граничные условия.
5. Измерить значения искомой функции в узловых точках.
6. По данным эксперимента построить систему эквипотенциальных и перпендикулярных к ним силовых линий поля.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Условия задачи со всеми необходимыми чертежами.
2. Таблица значений искомой функции.
3. Графическое изображение решения задачи.

Литература

Малиев Ю.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах", часть I, гл.УП, §2.

Лабораторная работа №3а

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С РАБОТОЙ НА СЕТОЧНОМ ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОРЕ

Цель работы - ознакомление с принципом действия, устройством и методикой решения задач на электроинтеграторе ЭИ-12.

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТОК

Решение некоторых научных и инженерных задач связано с исследованием физических полей, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных вида

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = F(x, y, z, t) \quad (1)$$

где φ - пространственная функция координат x, y, z .

Подобные задачи, в частности, возникают при проектировании различных тепловых устройств (нагревательные, доменные, мартеновские печи и т.п.), при проектировании строительных сооружений (плотин, шлюзов, крупных зданий и пр.), при проектировании турбомашин (напряжения в рабочих лопатках, распределение давлений и скоростей в проточной части и т.д.), при анализе магнитных полей электрических машин и др.

Поскольку непосредственное решение уравнений (1) связано с достаточно трудоемкими расчетами, представляется целесообразным использование искусственных моделей реальных физических процессов. При этом нахождение искомой функции φ можно свести к простому измерению её аналога.

Метод моделирования с помощью электрических сеток базируется на том, что исследуемая область, состоящая из сплошной среды, представляется в модели разделенной на некоторое множество дискретных элементов (ячеек). Такая замена непрерывного распределения исследуемой функции дискретным соответствует приближенному описанию по-

лей уравнениями в конечных разностях (рис.1).

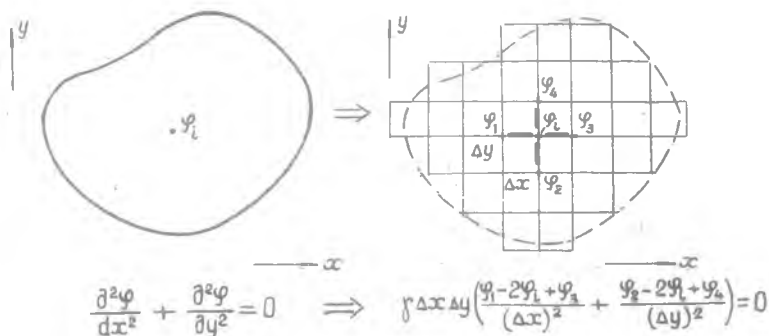


Рис.1.

II. ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОР ЭИ-12 (назначение)

Сеточный электроинтегратор ЭИ-12 предназначен для исследования плоских физических полей в однородных средах, описываемых уравнениями Лапласа

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

или уравнениями более общего вида

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[p(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[q(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right] = 0 \quad (3)$$

для полей в неоднородных физических средах, при различных граничных условиях.

Здесь $p(x, y)$ и $q(x, y)$ - функции координат, характеризующие неоднородность среды.

В первом случае электрическая сетка составляется из одинаковых элементов (сопротивлений $r_x = r_y$) и приближенно моделирует поле в однородной сплошной среде (рис.2).

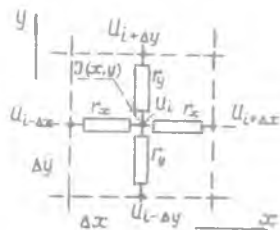


Рис. 2.

Во втором случае сопротивления сетки по соответствующим координатам могут иметь различные значения, что позволяет моделировать поля в неоднородных или анизотропных средах.

С помощью ЭИ-12 можно моделировать также поля, описываемые уравнениями Пуассона

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = F(x, y) \quad (4)$$

или уравнениями более общего вида

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[p(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[q(x, y) \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right] = F(x, y), \quad (5)$$

где $F(x, y)$ - внешняя возмущающая функция от координат x, y .

Для воспроизведения в модели функции $F(x, y)$ нужно лишь к узлам сетки, показанной на фиг. 2, подключить соответствующие токи $J(x, y)$, называемые истоками.

Таким образом, в электроинтеграторе искомая функция φ_i моделируется потенциалами U_i в узлах сетки, а физическая среда представляется резистивной двухмерной сеткой из переменных сопротивлений (рис. 3).

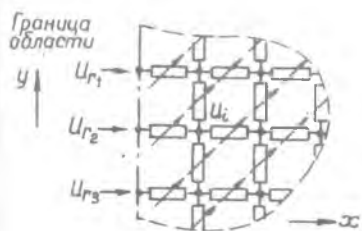


Рис. 3.

При этом непосредственно на электроинтеграторе воспроизводится решение конечно-разностного представления уравнений (2) или (4)

$$\frac{U_{i-\Delta x} - 2U_i + U_{i+\Delta x}}{r_x} + \frac{U_{i-\Delta y} - 2U_i + U_{i+\Delta y}}{r_y} = \begin{cases} 0 \\ F(x, y) \end{cases} \quad (6)$$

или уравнений (3) или (5)

$$\left[\frac{U_{i-\Delta x} - U_i}{r_{i-\Delta x}} + \frac{U_{i+\Delta x} - U_i}{r_{i+\Delta x}} \right] + \left[\frac{U_{i-\Delta y} - U_i}{r_{i-\Delta y}} + \frac{U_{i+\Delta y} - U_i}{r_{i+\Delta y}} \right] = \begin{cases} 0 \\ F(x, y) \end{cases} \quad (7)$$

Для однозначного решения задачи должны быть определены (заданы) соответствующие граничные (краевые) условия. Наиболее часто на границе задается некоторое распределение функции $\varphi_r(s) = f(s)$ по координатам контура исследуемой области (рис.4).

Граничные значения функции также моделируются

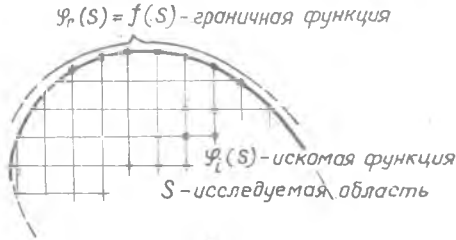


Рис.4.

потенциалами $U_r(s)$, которые в электроинтеграторе подводятся с помощью шнуровой коммутации от делителя напряжения к граничным узловым точкам (рис.5).

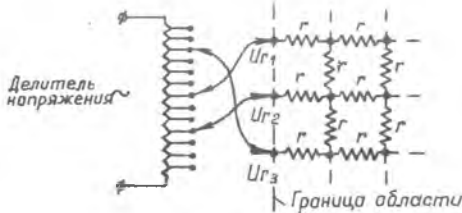


Рис.5.

Ш. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОИНТЕГРАТОРА ЭИ-12

Электроинтегратор ЭИ-12 работает на переменном токе промышленной частоты и состоит из следующих основных узлов (рис.6).

Сетка сопротивлений

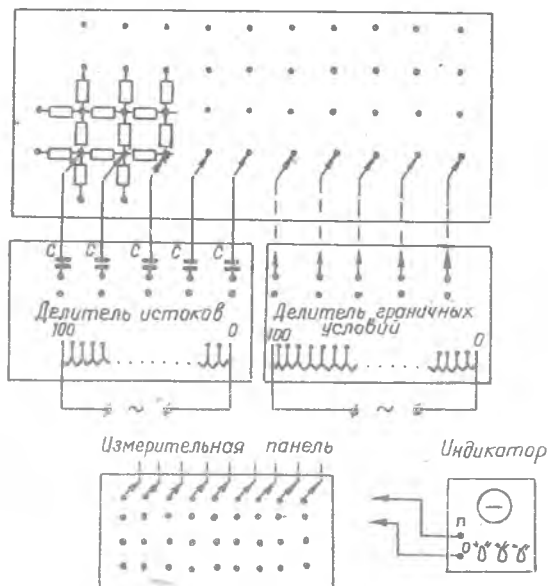


Рис.6.

I. Сетка переменных сопротивлений служит для набора области, соответствующей решаемой на интеграторе задачи (с помощью этих сопротивлений осуществляется установка значений коэффициентов $p(x,y)$ и $q(x,y)$ в уравнении (3).

Узловые точки сетки сопротивлений соединены с гнездами измерительной панели, гнездами панели граничных условий и гнездами панели истоков. С панели истоков, через конденсаторы постоянной емкости задаются токи, определяющие правую часть $F(x,y)$ уравнений Пуассона (4) или (5).

Конструктивно сетка сопротивлений представляет собой вертикальную панель, на которой расположены 28 вертикальных и 16 горизонтальных рядов магазинов сопротивлений. Величину этих сопротивлений можно изменять через 10 ом от 0 до 1000 ом. Большая ручка магазина

меняет сопротивление на 100 ом, малая на 10 ом.

Делитель граничных условий служит для задания нужных значений потенциалов $U_r(s)$ на границе исследуемой области. Гнезда делителя граничных условий можно соединить с любыми узлами сетки интегратора коммутационными шнурами.

Коммутационные панели. Панель граничных условий и панель истоков соединены с соответствующими узловыми точками сетки и служат для подачи на них граничных потенциалов или истоков.

Измерительная панель предназначена для определения искомой функции в узловых точках исследуемой области. Гнезда измерительной панели точно соответствуют узлам вертикальной сетки сопротивлений.

Измерительное устройство. Измерение потенциалов $U_i(s)$ в узлах сетки осуществляется компенсационным способом с помощью электронно-лучевого нульиндикатора. Для этой цели один зажим измерительного устройства (нулевой) соединяют с гнездом, потенциал которого принят за нуль (на измерительной панели), а другой - подключают к узлу сетки, потенциал которого измеряется.

Регулировка переключателя измерительного устройства приводят индикатор на нуль и по положению переключателей находят искомый потенциал U_i .

IV. МЕТОДИКА РАБОТЫ НА ИНТЕГРАТОРЕ

Перед решением задачи на вертикальной панели переменных сопротивлений выделяется контур исследуемой области. Границы размечают вставленными в гнезда сетки вешками. Если граница области не проходит через узловую точку сетки сопротивлений, то граничные сопротивления корректируются следующим образом (рис.7).

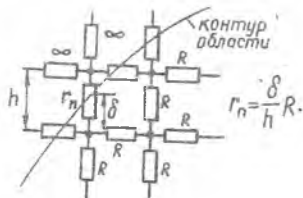


Рис.7.

Смежные с используемой частью сетки магазины необходимо установить на ∞

После набора моделируемой области и установления величин сопротивлений сетки задают граничные условия в виде соответствующих потенциалов, получаемых от делителя граничных условий (рис.8).

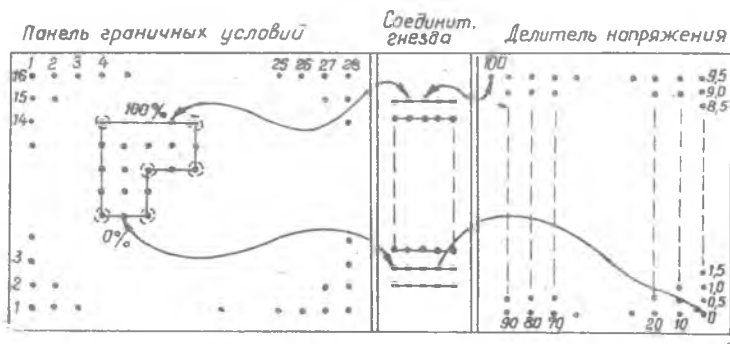


Рис.8.

Определение искомой функции $U_i(s)$ в узловых точках модели производится с помощью измерительного устройства, как было показано выше.

Результаты измерений записываются в таблицу по форме конфигурации моделируемой области, строится графическая интерпретация распределения искомой функции.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с настоящей инструкцией.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Разметить на всех рабочих панелях границы исследуемой области.
4. Установить необходимые значения сопротивлений сетки и ввести граничные условия.
5. Измерить значения искомой функции в узловых точках.
6. По данным эксперимента построить систему эквипотенциальных и перпендикулярных к ним силовых линий поля.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Условия задачи со всеми необходимыми чертежами.
2. Таблица значений искомой функции.
3. Графическое изображение решения задачи.

Литература

Малнев Ю.Н. "Вычислительная техника в инженерных
и экономических расчетах", часть I, гл.VII, §2.

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Цель работы - ознакомление с элементами математической логики и основными логическими операциями, используемыми в устройствах вычислительной техники.

1. ЭЛЕМЕНТЫ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Возможности вычислительных устройств и машин значительно расширились при использовании элементов и схем, выполняющих различные логические операции. Сейчас логические схемы являются основой при построении вычислительных машин, автоматов и др. Знание элементов математической логики является необходимым как при изучении и проектировании ЭВМ, так и для работы в области программирования.

Опорным положением алгебры логики является понятие высказывания. Под высказыванием понимается всякое предложение, в отношении которого имеет смысл утверждение о его истинности или ложности. При этом предполагается, что высказываний одновременно истинных и ложных не существует.

Примеры высказываний: Лондон - столица Англии (истинное), снег - теплый (ложное).

В алгебре логики каждое отдельное высказывание обозначается соответствующей буквой латинского алфавита, например, $A, B, C, \dots, X, Y, Z, \dots$.

При этом содержание высказываний учитывается только в процессе присвоения им буквенных символов. В дальнейшем высказывания оцениваются исключительно по их истинности или ложности, а конкретное содержание во внимание не принимается.

При логическом описании схем вычислительных машин значения истинности высказываний определяют двоичными цифрами 1 и 0, принимая истинное высказывание за 1 (например, $X=1$), а ложное за 0 ($Y=0$).

В алгебре логики высказывания делятся на простые и сложные. Если значение истинности высказывания не зависит от других, то оно будет простым. Значение истинности сложных высказываний свя-

зано с их составляющими и определяется ими. Таким образом, каждое сложное высказывание определяет некоторую логическую функцию $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, аргументами которой являются переменные исходные высказывания. При этом сама функция F также будет двичной или переключательной.

Аппарат математической логики в применении к теории ЭВМ позволяет решать задачи анализа и синтеза. В первом случае для имеющейся готовой схемы составляется соответствующее логическое выражение, анализ и преобразования которого позволяют выяснить возможность получения более рациональной схемы, содержащей меньшее количество элементов. Во втором случае по логическому выражению, описывающему некоторую заданную функцию, определяют из каких элементарных схем и каким образом должна быть построена сложная схема, реализующая заданную функцию.

Рассмотрим наиболее часто используемые логические связи и принципы их реализации.

ЛОГИЧЕСКОЕ ОТРИЦАНИЕ (связь "НЕ"). Отрицанием высказывания "А" называется такое высказывание "Р", которое ложно, когда "А" истинно, и наоборот.

А	Р
0	1
1	0

Запись $P = \bar{A}$ читается: "Р есть не А". Отрицанию соответствует нормально замкнутый контакт реле.



Используя понятия логических переменных и функций операцию отрицания можно записать $P(x) = \bar{x}$. Логическое отрицание воспроизводится электронным элементом "НЕ", на выходе которого сигналы образуются согласно приведенной таблице.

Одной из схемных реализаций такого элемента может быть инвертор (рис.1).

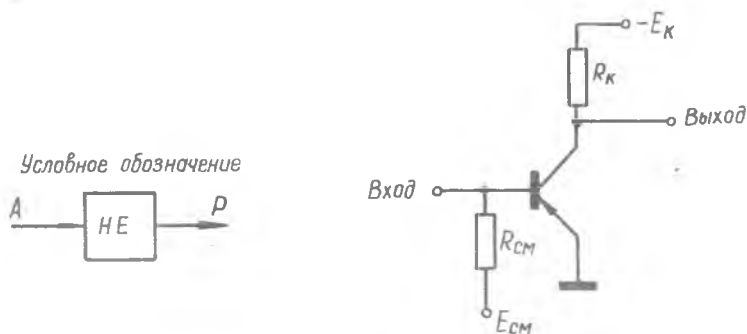


Рис. I.

ЛОГИЧЕСКОЕ УМНОЖЕНИЕ (КОНЪЮНКЦИЯ)

Конъюнкция двух высказываний "А" и "В" (связь "И") представляет сложное высказывание "P", которое истинно только в том случае, когда истинны и "А" и "В"; во всех остальных случаях высказывание "P" ложно.

Запись $P=A \cdot B$ или $P=A \wedge B$ читается: "P есть А и В". Конъюнкции $A \wedge B$ соответствует последовательное соединение двух нормально разомкнутых контактов.



В этом случае, если либо А, либо В равно нулю (ложно) цепь разомкнута. Если же и А и В истинны - цепь замкнута.

Таблица истинности для логического умножения имеет вид

A	B	P
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Конъюнкция может применяться одновременно ко многим исходным высказываниям. В этом случае сложное высказывание "P" следует рассматривать как логическую функцию $F(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n$; эта функция истинна только в случае истинности всех входящих высказываний. Логическое умножение воспроизводится с помощью элемента "И" (рис.2), сигнал кода I на выходе которого образуется только тогда, когда на всех его входах одновременно действуют сигналы кода "I" (отрицательной полярности).

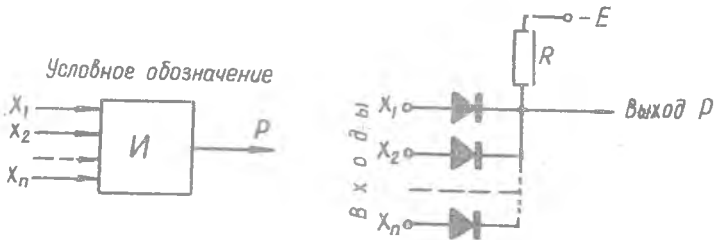


Рис.2.

ЛОГИЧЕСКОЕ СЛОЖЕНИЕ (ДИЗЪЮНКЦИЯ)

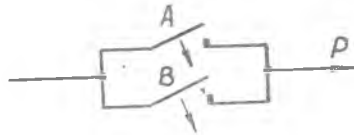
Дизъюнкция двух высказываний "А" и "В" (связь "ИЛИ") представляет собой сложное высказывание "P", которое ложно в том случае, когда ложны и "А" и "В"; во всех остальных случаях высказывание "P" истинно.

Запись $P=A+B$ или $P=A \vee B$, читается:

"P есть A или B". Таблица истинности для дизъюнкции имеет вид:

A	B	P
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Логическому сложению соответствует параллельное соединение нормально разомкнутых контактов реле.



Рассматривая дизъюнкцию как некоторую логическую функцию многих переменных, заметим, что $F(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ ложно только тогда, когда ложны все исходные высказывания x_1, x_2, \dots, x_n .

Логическое сложение воспроизводится с помощью элемента "ИЛИ", одна из схемных реализаций которого приведена на рис.3.

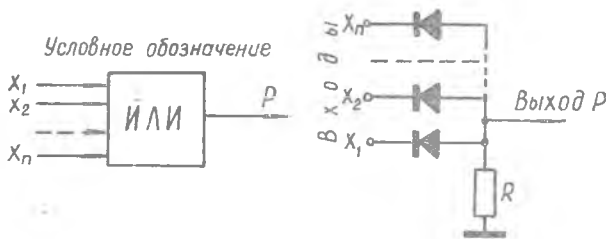


Рис.3.

При проектировании сложных схем вычислительных машин рассмотренные логические элементы "И", "ИЛИ", "НЕ", используются наиболее широко. Они позволяют воспроизводить любые логические функции и осуществлять преобразования исходных переменных, что весьма важно при построении оптимальных электронных схем.

П. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Основные законы алгебры логики устанавливают эквивалентность логических формул, т.е. различных сочетаний высказываний, образованных с помощью функций "И", "ИЛИ", "НЕ". Они позволяют осуществлять преобразования исходных логических функций, приводить их к виду, удобному для дальнейшего использования.

I. Переместительный закон:

для сложения $x + y = y + x$

для умножения $x \cdot y = y \cdot x$

2. Сочетательный закон:

для сложения $(x + y) + z = x + (y + z)$

для умножения $(x \cdot y) \cdot z = x \cdot (y \cdot z)$

3. Распределительный закон:

для сложения $(x + y) \cdot z = x \cdot z + y \cdot z$

для умножения $x \cdot (y + z) = (x \cdot y) + (x \cdot z)$

4. Закон инверсии:

для сложения $\overline{x + y} = \overline{x} \cdot \overline{y}$

для умножения $\overline{x \cdot y} = \overline{x} + \overline{y}$

Здесь символы x , y , z могут обозначать любые конкретные высказывания A, B, C и т.д. Например, $(A+B)+C=A+(B+C)$.

Из законов алгебры логики можно вывести ряд следствий, весьма полезных в практическом приложении.

СЛЕДСТВИЯ ЗАКОНОВ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

(правую часть следствий определить самостоятельно)

$x \cdot x = ?$ (I) $x + \overline{x} = ?$ (7)

$x + x = ?$ (2) $x \cdot \overline{x} = ?$ (8)

$x + 0 = ?$ (3) $(x + y) \cdot x = ?$ (9)

$x \cdot 0 = ?$ (4) $x \cdot y + x = ?$ (10)

$x + 1 = ?$ (5) $(x + \overline{y}) \cdot y = ?$ (11)

$x \cdot 1 = ?$ (6) $x \cdot \overline{y} + y = ?$ (12)

(например, $X + \overline{X} = 1$, $X \cdot \overline{X} = 0$ и т.д.)

III. СИНТЕЗ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Под синтезом сложных логических схем понимается их построение из минимального числа элементов на основе заданных условий работы. Задача синтеза решается при помощи аппарата математической логики.

Построение сложных логических схем можно разбить на следующие этапы:

1. Формулировка условий работы схемы, составление таблицы истинности.

2. Составление первоначальной логической формулы.

3. Преобразование полученной формулы с целью её максимального упрощения.
4. Построение функциональной схемы.
5. Разработка принципиальной схемы.

Пусть, например, необходимо синтезировать схему для реализации логической связи, при которой сложное высказывание "P", должно в том и только том случае, когда "A" истинно, а "B" ложно. Такая связь называется импликацией двух высказываний.

Составим таблицу истинности

A	B	P
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

По данным таблицы, $P=1$ в трёх случаях или $P = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B + A \cdot B$.

Из последней записи следует, что для реализации этой функции необходимо 2 инвертора, 3 схемы "И" и 1 схема "ИЛИ" (рис.4). Используя законы и следствия алгебры логики можно упростить (минимизировать) исходную функцию P. Запишем: $P = \bar{A} \cdot \bar{B} + B (\bar{A} + A)$. Выражение в скобках по соотношению (7) всегда истинно, а $B \cdot 1 = B$, тогда $P = \bar{A} \cdot \bar{B} + B$.

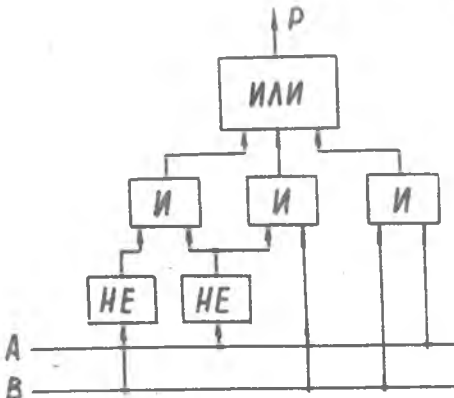


Рис.4.

Используя соотношение (I2), запишем

$$P = \bar{A} + B.$$

Теперь для реализации сложного высказывания P необходимы I инвертор и I схема "ИЛИ" (рис.5).



Рис.5.

Может быть поставлена и следующая задача: по известной схеме записать логическую формулу, минимизировать её и построить новую схему, эквивалентную первой.

Пусть имеется схема (рис.6):

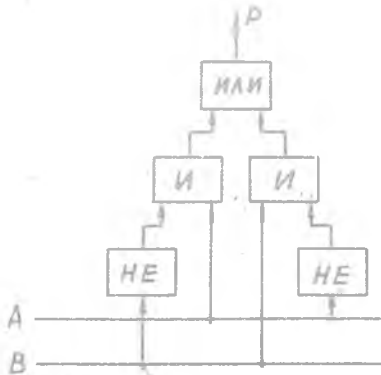


Рис.6.

Запишем логическую формулу, которую реализует данная схема

$$P = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}.$$

Добавим к правой части два слагаемых $A \cdot \bar{A}$ и $B \cdot \bar{B}$. Эти слага-

емые, как вытекает из следствия (8), равны нулю и не повлияют на истинность исходной формулы

$$P = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + A \cdot \bar{A} + B \cdot \bar{B}.$$

После преобразования получим

$$P = A \cdot (\bar{A} + \bar{B}) + B \cdot (\bar{A} + \bar{B})$$

или

$$P = (\bar{A} + \bar{B}) \cdot (A + B).$$

Используя для $(\bar{A} + \bar{B})$ закон инверсии окончательно имеем

$$P = \overline{\bar{A} \cdot \bar{B}} \cdot (A + B).$$

Схема для реализации полученной формулы приведена на рис.7. Таким образом, используя добавление фиктивного члена вида $X \cdot \bar{X} = 0$, в некоторых случаях можно существенно минимизировать исходные логические предложения.

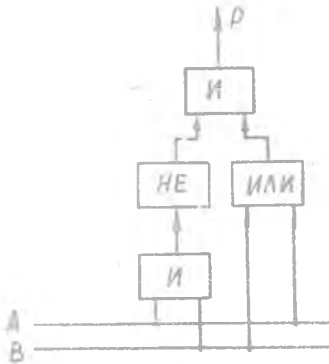


Рис.7.

IV. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка представляет собой настольный стенд с мнемонической схемой на лицевой панели (рис.8). В верхнем ряду наклонной панели размещены группы гнезд разветвительных гребёнок (кроме крайней левой группы). Ниже расположены входные и выходные гнезда логических элементов и индикаторных лампочек. Гнёзда позволяют с помощью шнуровых соединений составлять различные логические схемы. Индикаторные лампочки (4 штуки) могут подключаться к

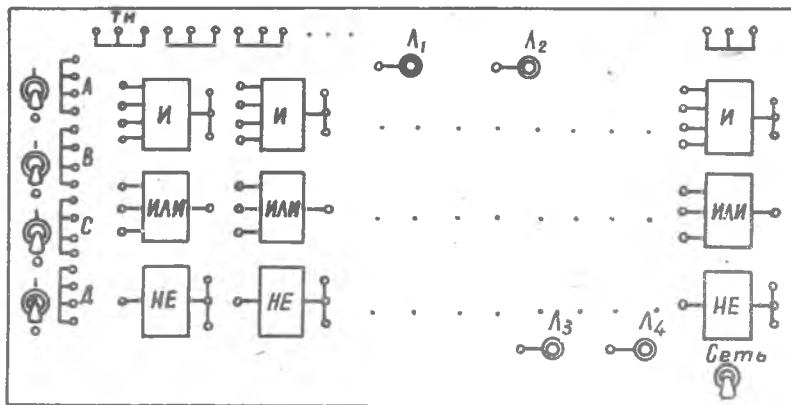


Рис.8.

выходам элементов. Лампочки загорятся при наличии единицы (-7 вольт) на выходе исследуемых схем. В левой части лицевой панели стенда имеется 4 группы гнезд, на которые с помощью тумблеров подаются значения исходных высказываний ("0" или "1"). Ноль на стенде задаётся потенциалом "земли", т.е. нулем, единица - напряжением -7 вольт.

Работу на стенде разберем на конкретном примере. Пусть требуется проверить сочетательный закон алгебры логики

$$(A+B) + C = A + (B+C).$$

Соберем с помощью соединительных шнуров схемы левой и правой частей отдельно. На выход каждой из схем подключим индикаторную лампочку (рис.9).

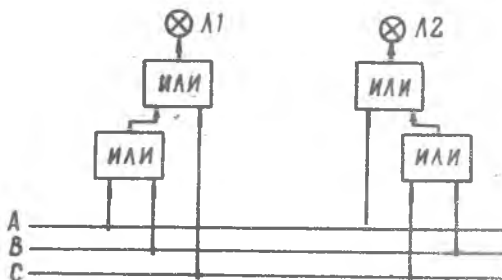


Рис.9.

Задавая различные значения исходным высказываниям А, В и С с помощью тумблеров, убедимся, по индикаторным лампочкам, в справедливости закона (если состояние лампочек одновременно, то равенство справедливо).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с настоящей инструкцией и лабораторной установкой.
2. Составить и собрать на лабораторном стенде схемы для проверки закона инверсии.
По данным эксперимента представить таблицы истинности.
3. Определить следствия (I+I2) законов алгебры логики.
4. Выполнять по указанию преподавателя одно из следующих упражнений (а или б):
 - а) произвести синтез и минимизацию логической связи Р ложной только при $A = 1$ и $B = 1$. Составить и проверить работу схемы, воспроизводящей это отношение на стенде. Дать определение исследуемой связи;
 - б) произвести синтез и минимизацию логической связи Р истинной при одноименных значениях А и В. Составить и проверить работу схемы, воспроизводящей это отношение на стенде. Дать определение исследуемой связи.
5. По указанию преподавателя выполнить одно из заданий, приведенных в конце инструкции.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Законы и следствия алгебры логики.
2. Результаты выполнения упражнения "а" или "б", п.4.
(таблица истинности, логические формулы, схема, определение).
3. Результаты выполнения задания (условия, таблица истинности, логические формулы, схема).

Литература

- Махив Д.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах", ч.1, гл.IX, §1.
Степанян А.А. "Цифровые вычислительные машины", гл.XI, §§1+5.
Куйбышевское книжное издательство, 1966.

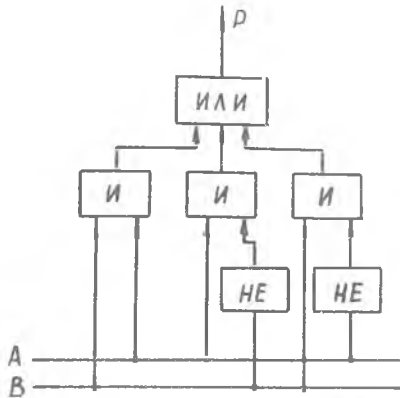
ЗАДАНИЯ

Задание №1. Составить схему электронного кодового замка, который открывается одной из следующих 4-х разрядных кодовых комбинаций:

- а) 0101 ;
- б) 1001 ;
- в) 1101 .

При наборе любого другого кода должен вырабатываться сигнал "Тревога". Собрать схему на стенде и проверить её работу при всех входных кодовых комбинациях. Сигнал открытия замка имитировать сигнальной лампочкой Л1, сигнал "Тревога" -Л2.

Задание №2. Произвести анализ предложенной схемы и минимизацию полученной логической функции. Собрать на стенде схемы для исходного и минимизированного вариантов. Проверить их эквивалентность. Составить таблицу истинности.



Задание №3. Минимизировать функцию $P = A \cdot B + \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$.

По полученной формуле составить и собрать логическую схему, проверить соответствие её заданной функции. Составить таблицу истинности.

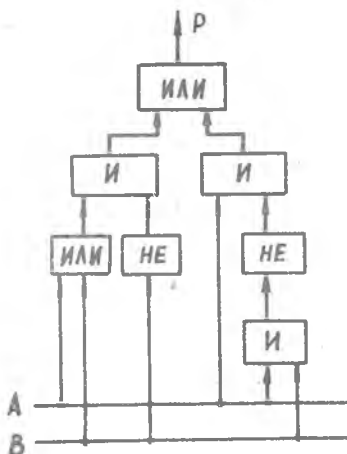
Задание №4. Составить схему, которая при подаче на её вход трехразрядного двоичного кода, вырабатывала бы сигнал равный 1, если число чётное, и 0, если - нечётное. Собрать схему на стенде.

Задание №5. Минимизировать функцию

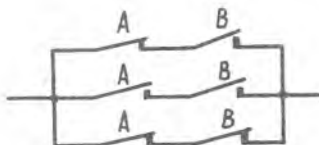
$$P = \bar{A} \cdot B \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C.$$

По полученной формуле составить и собрать логическую схему, проверить соответствие её заданной функции. Составить таблицу истинности.

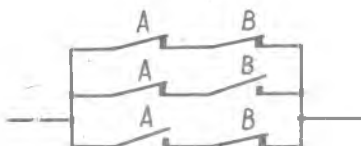
Задание №6. Произвести анализ предложенной схемы и минимизацию полученной логической функции. Собрать на стенде схемы для исходного и минимизированного вариантов. Проверить их эквивалентность. Составить таблицу истинности.



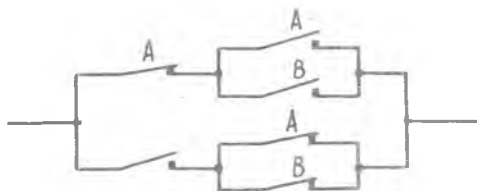
Задание №7. Произвести анализ предложенной схемы и минимизацию полученной функции. Собрать на стенде схемы для исходного и минимизированного вариантов. Проверить их эквивалентность, составить таблицу истинности.



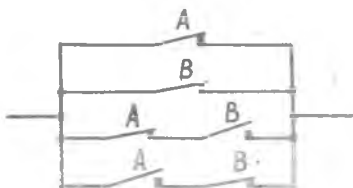
Задание №8. Произвести анализ предложенной схемы и минимизацию полученной функции. Собрать на стенде схемы для исходного и минимизированного вариантов. Проверить их эквивалентность. Составить таблицу истинности.



Задание №9. Произвести анализ предложенной схемы и минимизацию полученной функции. Собрать на стенде схемы для исходного и минимизированного вариантов. Проверить их эквивалентность. Составить таблицу истинности.



Задание №10. Произвести анализ предложенной схемы и минимизацию полученной функции. Собрать на стенде схемы для исходного и минимизированного вариантов. Проверить их эквивалентность. Составить таблицу истинности.



Задание №11. На вход сортировочного устройства поступают одновременно 4 детали. Составить и собрать схему, которая срабатывала бы, если детали могут быть скомплектованы попарно.

Задание №12. Для покупки книги в магазине студент анализирует следующие исходные данные:

содержание книги: научное (1) или художественное (0) .;

стоимость книги: низкая (1), высокая (0) ;

наличие денег: есть в наличии (1), нет (0) ;

в магазине мало народа (1), много (0).

Книга может быть куплена в случае, если все исходные данные истинны, или если одно из них (кроме третьего) ложно. Составить логическую формулу соответствующую приведенным условиям. Минимизировать её. Собрать схему на стенде. Составить таблицу истинности.

Задание №13. Имеются 2 переключателя на два положения. Составить схему, которая включает лампу в случае, если эти два переключателя находятся в одноименном положении. Записать логическую формулу, описывающую работу схемы. После минимизации собрать схему на стенде. Составить таблицу истинности.

Лабораторная работа №4а

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ЛОГИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Цель работы – ознакомление с элементами математической логики и основными логическими операциями, используемыми в устройствах вычислительной техники.

I. ЭЛЕМЕНТЫ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Возможности вычислительных устройств и машин значительно расширились при использовании элементов и схем, выполняющих различные логические операции. Сейчас логические схемы являются основой при построении вычислительных машин, автоматов и др. Знание элементов математической логики является необходимым как при изучении и проектировании ЭВМ, так и для работы в области программирования.

Опорным положением алгебры логики является понятие высказывания, в отношении которого имеет смысл утверждение о его истинности или ложности. При этом предполагается, что высказываний одновременно истинных и ложных не существует.

Примеры высказываний: алюминий – металл (истинное),
снег – теплый (ложное).

В алгебре логики каждое отдельное высказывание обозначается соответствующей буквой латинского алфавита, например, $A, B, C, \dots, X, Y, Z, \dots$

При этом содержание высказываний учитывается только в процессе присвоения им буквенных символов. В дальнейшем высказывания оцениваются исключительно по их истинности или ложности.

При логическом описании схем вычислительных машин значения истинности высказываний определяют двоичными цифрами 1 и 0, принимая истинное высказывание за 1 (например, $x:=1$), а ложное за 0 ($y:=0$).

Аппарат математической логики в применении к теории ЭВМ позволяет решать задачи анализа и синтеза. В первом случае для имеющейся готовой схемы составляется соответствующее логическое выражение, анализ и преобразования которого позволяют выяснить возможность получения более рациональной схемы, содержащей меньшее количество элементов. Во втором случае по логическому выражению, описывающему некоторую заданную функцию, определяют, из каких элементарных схем и

каким образом должна быть построена сложная схема, реализующая заданную функцию.

Рассмотрим наиболее часто используемые логические связи и принципы их реализации.

I. ЛОГИЧЕСКОЕ ОТРИЦАНИЕ (связь "НЕ")

Отрицанием высказывания "А" называется такое высказывание "Р", которое ложно, когда "А" истинно, и наоборот.

А	Р
0	1
1	0

Запись $P = \bar{A}$ читается: "Р есть не А". В схемах ей соответствует нормально замкнутый контакт реле.



Логическое отрицание воспроизводится электронным элементом "НЕ", на выходе которого сигналы образуются согласно приведенной таблице.

Одной из схемных реализаций такого элемента может быть инвертор (рис. I.)

Условное обозначение

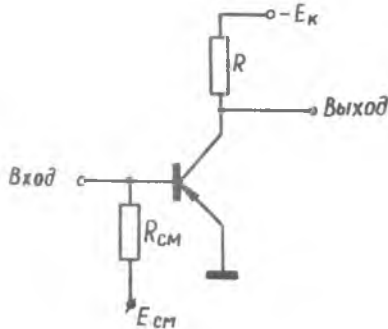


Рис. I.

2. ЛОГИЧЕСКОЕ УМНОЖЕНИЕ (конъюнкция)

Конъюнкция двух высказываний "А" и "В" (связь "И") представляет сложное высказывание "Р", которое истинно только в том случае, когда истинны и "А" и "В": во всех остальных случаях высказывание "Р" ложно.

Запись $P = A \cdot B$ или $P = A \wedge B$ читается: "Р" есть А и В". Конъюнкции $A \wedge B$ соответствует последовательное соединение двух нормально разомкнутых контактов.



В этом случае, если либо "А", либо "В" равно нулю (ложно) цепь разомкнута. Если же и А и В истинны - цепь замкнута.

Таблица истинности для логического умножения имеет вид

A	B	P
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Конъюнкция может применяться одновременно ко многим исходным высказываниям. В этом случае сложное высказывание Р следует рассматривать как логическую функцию.

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n$$

Логическое умножение воспроизводится с помощью элемента "И" (рис.2), сигнал кода "1" на выходе которого образуется только тогда, когда на всех его входах одновременно действуют сигналы кода "1" (отрицательной полярности).

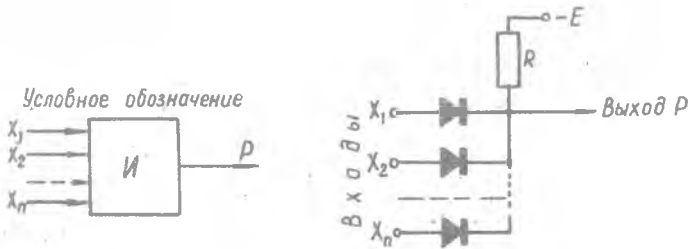


Рис.2.

3. ЛОГИЧЕСКОЕ СЛОЖЕНИЕ (дизъюнкция)

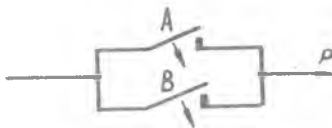
Дизъюнкция двух высказываний "А" и "В" (связь "ИЛИ") представляет собой сложное высказывание "P", которое ложно в том случае, когда ложны и "А" и "В", во всех остальных случаях высказывание "P" истинно.

Запись $P = A + B$ или $P = A \vee B$, читается: "P есть А или В".

Таблица истинности для дизъюнкции имеет вид:

A	B	P
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

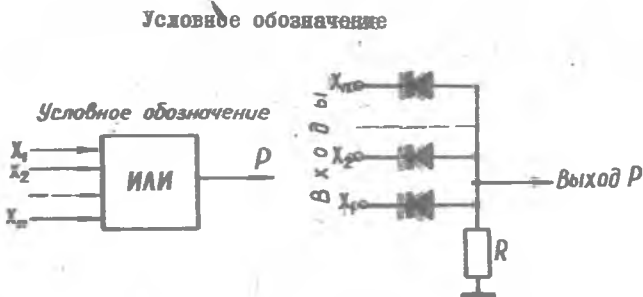
Логическому сложению соответствует параллельное соединение нормально разомкнутых контактов реле.



Рассматривая дизъюнкцию как некоторую логическую функцию многих переменных, заметим, что $F(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 + x_2 + \dots + x_n$

ложно только тогда, когда ложны все исходные высказывания X_1, X_2, \dots, X_n .

Логическое сложение воспроизводится с помощью элемента "ИЛИ", одна из схемных реализаций которого приведена на рис.3.



Из рассмотренных элементов "И", "ИЛИ", "НЕ" могут быть собраны различные функционально-логические системы (преобразователи, дешифраторы и т.д.) устройств автоматики и вычислительной техники.

II. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Основные законы алгебры логики устанавливают эквивалентность логических формул, т.е. различных сочетаний высказываний, образованных с помощью функций "И", "ИЛИ", "НЕ". Они позволяют осуществлять преобразования исходных логических функций, приводить их к виду, удобному для дальнейшего использования.

1. Переместительный закон:

для сложения $x + y = y + x$

для умножения $x \cdot y = y \cdot x$

2. Сочетательный закон:

для сложения $(x + y) + z = x + (y + z)$

для умножения $(x \cdot y) \cdot z = x \cdot (y \cdot z)$

3. Распределительный закон:

для сложения $(x + y) \cdot z = x \cdot z + y \cdot z$

для умножения $x \cdot (y + z) = (x \cdot y) + (x \cdot z)$

4. Закон деверсия:

для сложения $\overline{x + y} = \overline{x} \cdot \overline{y}$

для умножения $\overline{x \cdot y} = \overline{x} + \overline{y}$

Здесь символы X, Y, Z могут обозначать любые конкретные высказывания A, B, C и т.д. Например $(A + B) + C = A + (B + C)$. Из законов алгебры логики можно вывести ряд следствий, весьма полезных в практическом приложении.

СЛЕДСТВИЯ ЗАКОНОВ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

(правую часть следствий определить самостоятельно)

$$\begin{array}{ll} X \cdot X = ? & (I) & X + \bar{X} = ? & (7) \\ X + X = ? & (2) & X \cdot \bar{X} = ? & (8) \\ X + 0 = ? & (3) & (X + Y) \cdot X = ? & (9) \\ X \cdot 0 = ? & (4) & X \cdot Y + X = ? & (10) \\ X + 1 = ? & (5) & (X + \bar{Y}) \cdot Y = ? & (11) \\ X \cdot 1 = ? & (6) & X \cdot \bar{Y} + Y = ? & (12) \end{array}$$

(например, $X + X = X$, $X \cdot \bar{X} = 0$ и т.д.)

III. СИНТЕЗ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Под синтезом сложных логических схем понимается их построение из минимального числа элементов на основе заданных условий работы.

Задача синтеза решается при помощи аппарата математической логики. Построение сложных логических схем можно разбить на следующие этапы:

1. Формулировка условий работы схемы, составление таблицы истинности.
2. Составление первоначальной логической формулы.
3. Преобразование полученной формулы, с целью её максимального упрощения.
4. Построение функциональной схемы.
5. Разработка принципиальной схемы.

Пусть, например, необходимо синтезировать схему для реализации логической связи, при которой сложное высказывание "P" должно в том и только том случае, когда "A" истинно, а "B" ложно. Такая связь называется импликацией двух высказываний.

Составим таблицу истинности:

A	B	P
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

По данным таблицы, $P = 1$ в трёх случаях или

$$P = \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B + A \cdot B.$$

Из уравнения следует, что для реализации этой функции необходимо 2 инвертора, 3 схемы "И" и 1 схема "ИЛИ" (рис.4).

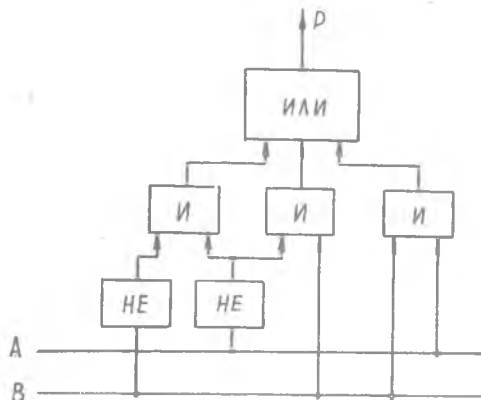


Рис.4.

Используя законы и следствия алгебры логики можно упростить (минимизировать) исходную функцию P .

Запишем: $P = \bar{A} \cdot \bar{B} + B \cdot (\bar{A} + A)$. Выражение в скобках по соотношению (7) всегда истинно, а $B \cdot 1 = B$, тогда

$$P = \bar{A} \cdot \bar{B} + B.$$

Используя соотношение (12), запишем

$$P = \bar{A} + B.$$

Теперь для реализации сложного высказывания P необходимы 1 инвертор и 1 схема "ИЛИ" (рис.5)

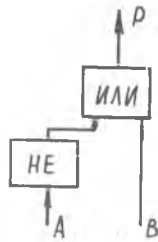


Рис.5.

Может быть поставлена и следующая задача: по известной схеме записать логическую формулу, минимизировать ее и построить новую схему, эквивалентную первой. Например, дана функциональная схема (рис.6).

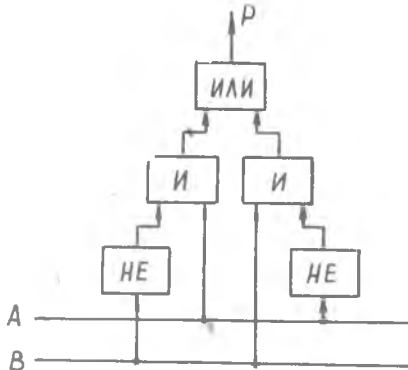


Рис.6.

Запишем логическую формулу, которую реализует данная схема

$$P = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}.$$

Добавим к правой части два слагаемых $A \cdot \bar{A}$ и $B \cdot \bar{B}$. Эти слагаемые, как вытекает из следствия (8), равны нулю и не повлияют на истинность исходной формулы

$$P = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + A \cdot \bar{A} + B \cdot \bar{B}.$$

После преобразования получим $P = A \cdot (\bar{A} + \bar{B}) + B \cdot (\bar{A} + \bar{B})$
или $P = (\bar{A} + \bar{B}) \cdot (A + B).$

Используя для $(\bar{A} + \bar{B})$ закон инверсии окончательно имеем

$$P = \overline{A \cdot B} \cdot (A + B).$$

Схема, воспроизводящая эту зависимость, приведена на рис.7.

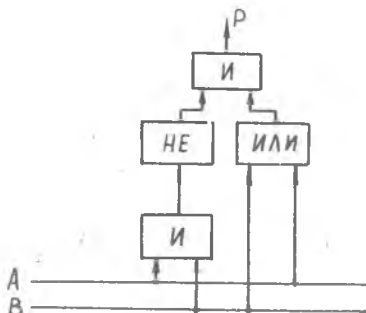


Рис.7.

IV. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка представляет собой настольный стенд с мнемонической схемой на лицевой панели (рис.8).

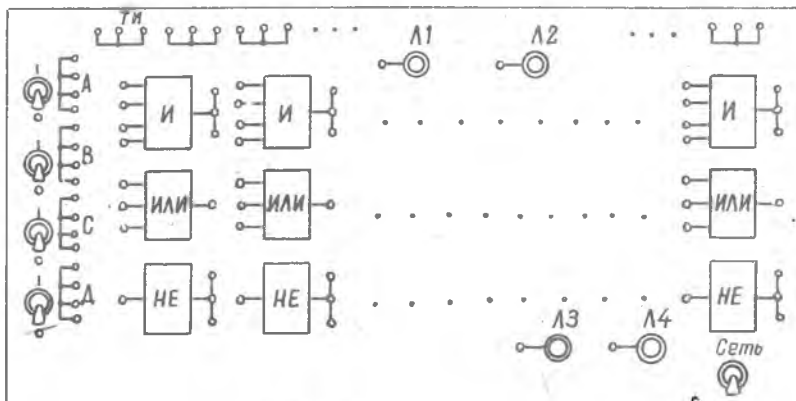


Рис.8.

В верхнем ряду наклонной панели размещены группы гнезд разветвительных гребёнок кроме крайней левой группы. Ниже расположены входные и выходные гнезда логических элементов и индикаторных лампочек. Гнезда позволяют с помощью шнуров соединений составлять различные логические схемы. Индикаторные лампочки (4 штуки) могут подключаться к выходам элементов. Лампочки загорятся

при наличии единицы (-7 вольт) на выходе исследуемых схем.

В левой части панели стенда имеется 4 группы гнезд, на которые с помощью тумблеров подаются значения исходных высказываний ("0" или "1").

Ноль на стенде задается потенциалом "земли", т.е. нулем, единица - напряжением -7 вольт.

Работу на стенде разберем на конкретном примере. Пусть требуется проверить сочетательный закон алгебры логики

$$(A+B) + C = A + (B+C)$$

Соберем с помощью соединительных шнуров схемы левой и правой части отдельно. На выход каждой из схем подключим индикаторную лампочку (рис.9).

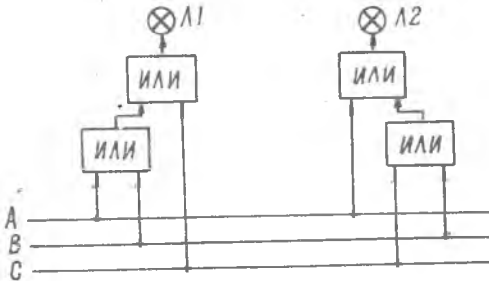


Рис.9.

Задавая различные значения исходным высказываниям А,В,С с помощью тумблеров, по одноименному состоянию индикаторных лампочек можно убедиться в справедливости закона.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с настоящей инструкцией и лабораторной установкой.
2. Составить и собрать на лабораторном стенде схемы для проверки распределительного закона и закона инверсии.
3. Определить следствия (I - I2) законов алгебры логики.
4. Проверить на стенде тождественность схем, приведенных на рис.6. и рис.7 инструкции.
5. Выполнить по указанию преподавателя одно из следующих упражнений (а или б).

- а) произвести синтез и минимизацию логической связи P ложной только при $A = I$ и $B = I$. Составить и проверить работу схемы, воспроизводящей это отношение на стенде. Дать определение исследуемой связи;
- б) произвести синтез и минимизацию логической связи P истинной при одноименных значениях A и B . Составить и проверить работу схемы, воспроизводящей это отношение на стенде. Дать определение исследуемой связи.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Законы и следствия алгебры логики.
2. Результаты выполнения упражнения "а" или "б", п.4.
(таблица истинности, логические формулы, схема, определение).
3. Результаты выполнения заданий (условия, таблица истинности, логические формулы, схема).

Литература

- Малиев Ю.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах" ч.1, гл.IX, §I.
- Степанян А.А. "Цифровые вычислительные машины", гл.XI, §§I+5.
Куйбышевское книжное издательство, 1966.

Лабораторная работа №5

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С РАБОТОЙ И РЕШЕНИЕМ ЗАДАЧ НА ЭЦВМ "ПРОМИНЬ"

Цель работы – ознакомление с ЭВМ "Проминь-М". Изучение принципов программирования для ЭВМ "Проминь". Работа на пульте. Решение некоторых задач.

I. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНЕ "ПРОМИНЬ"

Малогабаритная электронная вычислительная машина "Проминь" ("Луч") предназначена для автоматизации расчётов малой и средней сложности.

"Проминь" – универсальная цифровая вычислительная машина с программным управлением. От больших ЭЦВМ она отличается, с одной стороны, меньшим объемом памяти и меньшей точностью вычислений, а с другой – простотой программирования, малыми размерами, высокой надежностью и малым потреблением электроэнергии.

"Проминь" является одноадресной вычислительной машиной с плавающей запятой и быстродействием до 1000 сложений или 100 умножений в секунду. Числа представляются в десятичной системе счисления с точностью до 5 десятичных разрядов. При этом машина может выполнять более 30 различных видов операций (см. таблицу команд "Проминь").

Память ЭВМ "Проминь" состоит из двух отдельных запоминающих устройств:

- 1) оперативный накопитель – запоминающее устройство чисел;
- 2) программная матрица – запоминающее устройство команд.

Запоминающее устройство для чисел содержит 100 ячеек, из которых 79 являются оперативными (с ячейки №01 по №79) и 21 – используется для хранения наиболее употребительных констант (см. приложение).

Программа решения задачи набирается на целевом наборном поле программной матрицы, рассчитанном на 100 команд (с 00 до 99), специальными штеккерами или металлизированными перфокартами.

Ввод чисел в запоминающее устройство производится вручную с

пульта управления; вывод - на десятичные индикаторные лампы и на электрифицированную пишущую машину.

Принципиальная схема машины

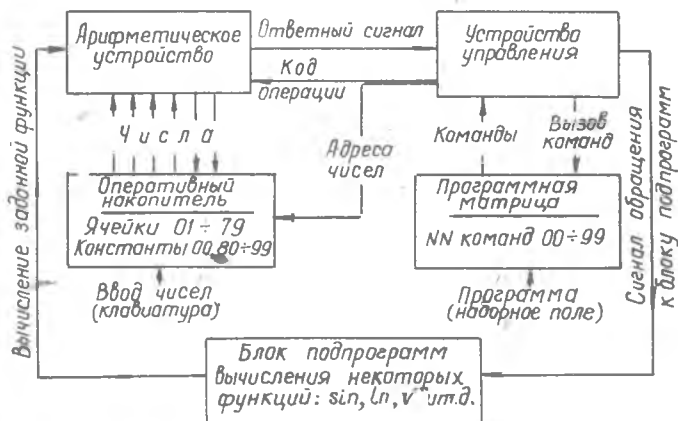


Рис. I.

Все вычислительные операции производятся в арифметическом устройстве, основной частью которого является сумматор накапливающего типа. В этом случае результат каждой операции остается в сумматоре, что позволяет использовать его для выполнения последующей операции без промежуточного запоминания.

Устройство управления предназначено для выработки сигналов, обеспечивающих синхронную работу всех устройств машины.

Блок подпрограмм содержит алгоритмы вычисления элементарных функций, составленные на основе счета цепных дробей.

Машина потребляет 500 вт. электроэнергии и питается от сетки 220 в.

П. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В МАШИНЕ

Машина оперирует с пятизначными десятичными числами, представленными в нормализованной форме с плавающей запятой

$$x = \pm M_x \cdot 10^{\pm P}$$

где M_x - мантисса числа;
 P - порядок;
 10 - основание десятичной системы счисления.

При этом мантисса должна удовлетворять следующему условию:

$$0,1 \leq |M_x| < 1.$$

Рассмотрим несколько примеров.

Обычная форма		Нормализованная форма		Запись в машине
-312,9	=	-0,31290 · 10 ⁺³	→	+3 -31290
0,15678	=	+0,15678 · 10 ⁺⁰	→	+0 +15678
0,00405	=	+0,40500 · 10 ⁻²	→	-2 +40500

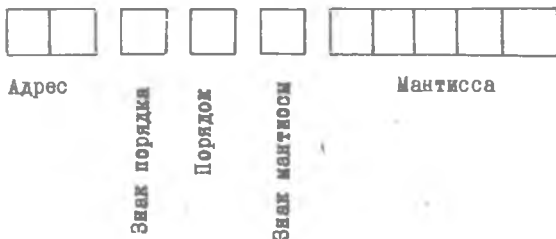
				порядок мантисса

Таким образом порядок со знаком указывает фактическое положение запятой.

Например:

+6	+24700	→	247000
-2	+20120	→	0,002012
+0	-82000	→	-0,82
-5	-30000	→	-0,000003

Обратите внимание на соответствующие участки панели индикации



Для ввода чисел в оперативный накопитель машины необходимо выполнить следующие операции.

1. На клавиатуре "РЕЖИМ РАБОТЫ" включить клавишу ВвI (Ввод).
2. На клавиатуре "АДРЕС" набрать адрес ячейки, в которую надо ввести число.
3. На клавиатуре "МАНТИССА", "ПОРЯДОК" набрать число.
4. Нажать на клавишу "ЗАПИСЬ В ЯЧЕЙКУ".
5. По панели индикации проконтролировать правильность набора адреса ячейки и числа.

Повторить пункты 2,3,4,5 до окончания ввода чисел.

Аналогично вводу производится чтение (вывод) чисел, записанных в оперативном накопителе. В отличие от ввода - на клавиатуре чисел ничего не набирается и вместо клавиши "ЗАПИСЬ В ЯЧЕЙКУ" нажимается клавиша "ВЫЗОВ НА СУММАТОР".

ЗАДАНИЕ №I. Записать в машинной форме и ввести в ячейки 01,02, 03,04 оперативного накопителя следующие числа: 0,2879 ; 1032000 ; -1234,6 ; -0,00000007.

Прочсть числа, находящиеся в 81,87,91,98 ячейках накопителя, и перевести полученные числа в обычную форму.

Диапазон чисел с которыми работает машина заключается в пределах $\pm 10^{-10}$ + $\pm 10^9$; если при вычислениях получится число большее $\pm 10^9$, то машина остановится и на пульте загорится сигнал "ПЕРЕПОЛНЕНИЕ"; если же меньшее $\pm 10^{-10}$, то оно запишется как машинный нуль.

III. ПРИНЦИП СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЭВМ "ПРОМИНЬ"

Процесс решения задач на ЭВМ "Проминь" состоит из следующих этапов:

1. Составление программы.
2. Набор программы на программной матрице при помощи штеккеров.
3. Ввод исходных данных (чисел) в оперативный накопитель.
4. Решение задачи на машине.
5. Расшифровка полученных результатов.

Программа - это последовательность закодированных указаний (команд), определяющих какие и в каком порядке арифметические,

логические или иные операции нужно выполнять, чтобы решить задачу.

Каждая команда машины "Проминь" состоит из кода операции (например, Уми - "умножение") и адреса - двузначного десятичного числа, указывающего номер ячейки запоминающего устройства, над содержанием которой произведется операция.

Так, например, по команде "Уми 02" число, находящееся в сумматоре машины будет умножено на число, находящееся в ячейке № 02 запоминающего устройства чисел.

Результат операции останется в сумматоре, его можно записать в любую выбранную ячейку запоминающего устройства чисел, либо продолжить вычисления.

Рассмотрим несколько команд выполняемых машиной "Проминь" (полная таблица команд приведена в учебном пособии).

Посылка числа в сумматор (Чта) - содержимое ячейки "а" посылается в сумматор (при этом содержимое ячейки "а" сохраняется).

Запись содержимого сумматора в ячейку (За а) - содержимое сумматора записывается в ячейку "а" (при этом старое содержимое ячейки "а" автоматически стирается, содержимое сумматора остается без изменения).

Сложение (Сл.а) - число в сумматоре алгебраически складывается с числом в ячейке "а".

Аналогично выполняются и другие арифметические операции - Дел.а , Умн.а , Выч.1а , Выч.2а .

Остановка (Ост.00) - по этой команде машина останавливается, на индикаторе фиксируется содержимое сумматора.

Печать результата (Осм.01) - (в адресной части код 01), по этой команде печатается число в сумматоре, после чего машина продолжает счет.

Корень квадратный (У^т) - (в адресной части устанавливается код 00) - по этой команде извлекается корень из числа в сумматоре. После выполнения этой операции результат остается в сумматоре.

Синус (sin) - для выполнения этой (и других тригонометрических операций) аргумент выраженный в радианах должен находиться в сумматоре. В остальных операциях аналогична предыдущей.

Условная передача управления I (УП I К) - Если число в сумматоре перед исполнением этой команды отрицательное, то следующей выполняется команда с порядковым номером "К" и далее. Если в сумматоре число положительное - порядок исполнения команд не меняется, а сама команда УП I К не выполняется.

ЗАДАНИЕ №2. Рассмотрим пример составления несложной программы для вычисления следующего выражения

$$F = \sqrt{\frac{x_i^2 - m}{n}}$$

с числовыми значениями параметров: $m = 6,25$; $n = 0,23$.

$$x_i = \begin{cases} 1) & x_1 = 2,5 ; \\ 2) & x_2 = 5,0 ; \\ 3) & x_3 = 7,5. \end{cases}$$

Примечание: значения x_i перед каждым решением вводить с клавиатуры пульта.

Размещаем исходные данные в следующих ячейках оперативного накопителя:

01	02	03
x_i	m	n
вар	6,25	0,23

ПРОГРАММА

Порядковые № команд	Команды	Содержимое сумматора
00	Чт 01	x_i
01	Умн 01	x_i^2
02	Выч.1 02	$x_i^2 - m$
03	Дел 03	$(x_i^2 - m)/n$
04	$\sqrt{\quad}$	$\sqrt{(x_i^2 - m)/n}$
05	Ост 00	

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. Прочитать Гл. IУ ОПЕРАЦИИ НА ПУЛЬТЕ УПРАВЛЕНИЯ (см. дальнейший текст настоящей инструкции).
2. Набрать программу штеккерами на наборном поле программной матрицы.
3. Нажать кнопку "НАЧ.СЕРОС".
4. Ввести исходные данные в оперативный накопитель в режиме Вв1.
5. Нажать кнопки "АВТ", "НАЧ.СЕРОС".

6. Нажать кнопку "ПУСК".
7. Записать решение для каждого x_i (повторяя п.п.3,4,5,6).
8. Проверить решения ручным счетом.

ЗАДАНИЕ №3. Рассмотрим пример программы вычисления гармонической функции

$$y = f(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

при значениях: $A = 20$; $\omega = 1,0472$; $\varphi = 0,52361$ и изменении аргумента t_i от $t_0 = 0$ до $t_n = 6$ с шагом $\Delta t = 0,5$.

В программе предусмотрено автоматическое изменение аргумента в заданных пределах и вывод на печать текущих значений t_i и функции y_i .

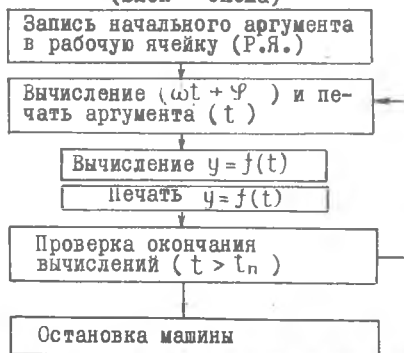
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

01	02	03	04	05	06	07
A	ω	φ	t_0	$t_n + \Delta t$	Δt	р.я.
20	1,0472	0,52361	0	6,5	0,5	

П Р О Г Р А М М А

№№ команд	Команды	
00	Чт	04
01	Зп	07
02	Чт	07
03	Ост	01
04	Умн	02
05	Сл	03
06	Син	
07	Умн	01
08	Ост	01
09	Чт	07
10	Сл	06
11	Зп	07
12	Выч. I	05
13	УП I	02
14	Ост	00

П о я с н е н и я
(Блок - схема)



Порядок выполнения задания аналогичен предыдущему. Перед нажатием кнопки "ПУСК" включить печатающее устройство.

Задачу решить каждому студенту.

К отчету приложить машинную таблицу решения и построить график $y = f(t)$

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Функциональная схема ЭВМ "Проминь".
2. Решенные задания №1, №2, №3 (условия заданий, программы, результаты решения, график для задания №3).
Каждый студент может также факультативно выполнить одно из дополнительных заданий (№№ 4,5,6,7,8), приведенных в конце настоящей инструкции).

IV. ОПЕРАЦИИ НА ПУЛЬТЕ УПРАВЛЕНИЯ

Команды набираются штеккерами на наборном поле программной матрицы, расположенном с правой стороны пульта управления. Наборное поле имеет 10 линеек прорезей, каждая из которых предназначена для 10 команд. Командный штеккер состоит из пластмассовой головки с выгравированными на ней символом и металлической планки, на которой этот символ закодирован комбинацией отверстий. Одна команда набирается тремя штеккерами.

Первый штеккер (белый) - символ операции,
второй штеккер (черный) - первая цифра адреса,
третий штеккер (черный) - вторая цифра адреса.

Отсутствие штеккера соответствует "0".

Например программа

Номер команд	символ операции	адрес
00	Чт	01
01	Сд	86
02	Зп	10

на программной матрице будет выглядеть следующим образом



Рассмотрим ряд операций выполняемых с пульта управления.

1. Очистка памяти

При одновременном нажатии двух кнопок "СТИРАНИЕ ПАМЯТИ" во всех ячейках запоминающего устройства (кроме занятых стандартными константами) запишутся нули (т.е. +0+00000).

2. Установка режима работы

В машине "Проминь" предусмотрены 3 основные группы режимов работы.

1. Ввода и вывода (Вв1 и Вв2).
2. Счёта (АВТ и ТАКТ).
3. Отладочные режимы (К1 и К2).

Режим Вв1 рассмотрен выше.

Режим Вв2 предназначен для ввода группы чисел в ячейки памяти, расположенные подряд, при этом изменение адреса на единицу происходит автоматически.

Автоматический режим обеспечивает автоматическое выполнение программы набранной на программной матрице при нажатии кнопки "ПУСК".

В режиме "ТАКТ" происходит выполнение одной очередной команды при каждом нажатии кнопки "ПУСК" (используется при проверке программы).

Режимы К1 и К2 используются только при наладке машины.

3. Начальный сброс

Нажатие кнопки "НАЧАЛЬНЫЙ СБРОС" приводит к установке устройств машины в исходное положение: в сумматор, в регистры "АДРЕС" и "№ КОМАНДЫ" засылаются нули. Обычно эту кнопку нажимают перед началом вычислений.

4. Занесение начального номера команды

При нажатии правой кнопки "СТИРАНИЕ ПАМЯТИ", которая выполняет также функцию занесения начального номера команды, в регистр "№ КОМАНДЫ" (счетчик команд) заносится номер, набранный на клавиатуре номера команды. После нажатия на кнопку "ПУСК" выполнение программы начинается с этой команды.

Занесение начального номера команды необходимо в случае, если номер первой команды программы не 00 (например, в случае, если на программной матрице набрано несколько различных программ).

5. Остановка перед командой с заданным номером

При нажатой кнопке "ВКЛЮЧЕНО" на клавиатуре номера команды машина останавливается перед командой с номером, который набран на указанной клавиатуре. Такая необходимость может возникнуть при желании посмотреть какой-то промежуточный результат вычислений, чаще всего это требуется при отладке программы.

6. Печать исходных данных и промежуточных результатов

Печать исходных данных набранных на клавиатуре производится нажатием кнопок "ЗАПИСЬ В ЯЧЕЙКУ" и "ВЫЗОВ НА СУММАТОР" в режимах Вв1 и Вв2.

Печать промежуточного результата производится по команде Ост.О1.

Информация печатается в следующей последовательности:

№ команды - адрес - знак порядка - порядок -
- знак мантиссы - мантиссы.

Пример.

Печать исходных данных (при вводе)

0011 +3 - 55555

Здесь: 00 - команда, 11 - адрес, +3 - порядок, -55555 - мантиссы, т.е. в ячейку 11 было послано (или вызвано) число -55,55.

При печати промежуточных результатов адрес всегда будет О1.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

ЗАДАНИЕ №4. Составить программу нахождения корней квадратного уравнения вида $x^2 + px + q = 0$ по формуле

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$$

и решить его для значений p и q приведенных в таблице 1.

Таблица 1.

Вариант	p	q
I	1,0298	-0,097046
II	-0,081845	0,0016578
III	98,689	-0,11275
IV	345,7	-756740
V	0,000067567	-0,00000042381

ЗАДАНИЕ №5. Составить программу нахождения корней квадратного уравнения вида $ax^2 + bx + c = 0$ по формуле

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

и решить его для значений a , b , c , приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Вариант	a	b	c
I	-0,0015313	4,2044	35,678
II	2361,9	1,3311	-0,18197
III	3,1633	0,012415	-0,050287
IV	0,0098989	-0,025789	0,0094545
V	-4202,5	2,3825	0,0000066649

ЗАДАНИЕ №6. Составить программу вычисления функции 3-х переменных x , y , z и вычислить F для значений x , y , z , приведенных в таблице 3

$$F = \sqrt{\frac{x^2 - y^2 - z^2 + 2xy}{5}}$$

Таблица 3.

Вариант	x	y	z
I	-2,1865	0,0012343	-0,043222
II	6,5489	-0,022547	-6,5251
III	-12,782	-0,012566	12,794
IV	228,52	-5,5668	-322,86
V	-563,78	0,13746	563,64

ЗАДАНИЕ №7. Составить программу вычисления факториалов чисел по приближенной формуле Стирлинга

$$n! \approx e^{(n+\frac{1}{2}) \ln n - n + \ln \sqrt{2\pi}}$$

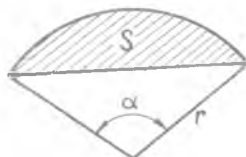
и вычислить $n!$ для значения n , взятого из таблицы 4.

Таблица 4.

Вариант	n
I	12
II	11
III	10
IV	9
V	8

ЗАДАНИЕ №8. Составить программу для вычисления площади сегмента по формуле

$$S = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi\alpha}{180} - \sin\alpha \right),$$



здесь r - радиус,
 α - центральный угол в градусах,
 и вычислить S для значений r и α взятых из таблицы 5.
 В программе предусмотреть перевод аргумента синуса из градусной меры в радианную.

Таблица 5.

Вариант	r	α°
I	0,0034653	23,546
II	23,456	68,121
III	3455,5	0,055677
IV	47,581	96,878
V	0,0032853	5,3517

Лабораторная работа №5а

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ЭЦВМ "ПРОМИНЬ"

Цель работы - ознакомление с ЭВМ "Проминь-М". Изучение принципов программирования для ЭВМ "Проминь". Работа на пульте. Решение примеров.

I. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНЕ "ПРОМИНЬ"

"Проминь-М" - универсальная цифровая вычислительная машина с программным управлением. От больших ЭЦВМ она отличается с одной стороны меньшим объемом памяти и меньшей точностью вычислений, а с другой - простотой программирования, малыми размерами и высокой надежностью. Ее быстродействие достигает 1000 сложений или 100 умножений в секунду.

Память ЭВМ "Проминь" состоит из двух отдельных запоминающих устройств:

- 1) оперативный накопитель - запоминающее устройство чисел;
- 2) программная матрица - запоминающее устройство команд.

В оперативном накопителе при решении задачи размещается числовой материал и рабочие ячейки. 79 ячеек накопителя (с №01 по №79) можно использовать при программировании.

Программа решения задачи набирается на специальном наборном поле программной матрицы (расположенном с правой стороны пульта управления) специальными штекерами. В программной матрице можно разместить до 100 команд (с №00 + 99). Не следует путать номера ячеек оперативного накопителя с номерами команд программной матрицы хотя они одинаково обозначаются.

Ввод чисел в оперативный накопитель производится вручную с пульта управления при помощи клавиатуры; вывод - на десятичные индикаторные машины и на электрофицированную пишущую машинку.

Машина "Проминь" питается от сети 220 вольт и потребляет 500 вт электроэнергии.

П. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЕЛ В МАШИНЕ

Машина оперирует с пятизначными десятичными числами, представленными в нормализованной форме с плавающей запятой

$$x = \pm M_x \cdot 10^{\pm P},$$

где M_x - мантисса числа;
 P - порядок;
 10 - основание десятичной системы счисления.

При этом мантисса должна удовлетворять следующему условию:

$$0,1 \leq |M_x| < 1$$

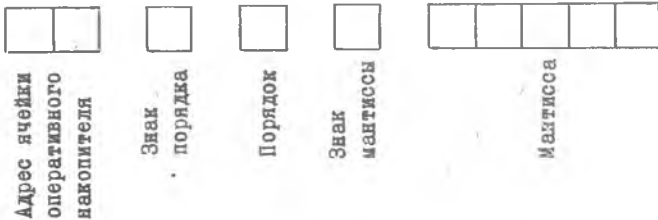
Рассмотрим несколько примеров

Обычная форма	Нормализованная форма	Запись в машине
- 312,9	= -0,31290 · 10 ⁺³	→ + 3 - 31290
0,15678	= +0,15678 · 10 ⁺⁰	→ + 0 + 15678
-0,00405	= -0,40500 · 10 ⁻²	→ - 2 - 40500
		порядок мантисса

Таким образом порядок со знаком указывает фактическое положение запятой.

Например: +6 + 24700 → 247000,
 -2 + 24700 → 0,00247,
 +0 - 24700 → -0,247,
 -5 - 24700 → -0,00000247

Обратите внимание на соответствующие участки панели индикации



Для ввода числа в оперативный накопитель машины необходимо выполнить следующие операции.

1. На клавиатуре "РЕЖИМЫ РАБОТЫ" включить клавишу Вв1 (Ввод).
2. На клавиатуре "АДРЕС" набрать номер нужной ячейки.
3. На клавиатуре "МАНТИССА", "ПОРЯДОК" набрать число.
4. Нажать на клавишу "ЗАПИСЬ В ЯЧЕЙКУ".
5. По панели индикации проконтролировать правильность набора адреса ячейки и числа.

Повторять пункты 2,3,4,5 до окончания ввода чисел.

Аналогично вводу производится чтение (вывод) чисел, записанных в оперативном накопителе. В отличие от ввода - на клавиатуре чисел ничего не набирается и вместо клавиши "ЗАПИСЬ В ЯЧЕЙКУ" нажимается клавиша "ВЫЗОВ НА СУММАТОР".

При необходимости очистки оперативного накопителя одновременно нажимаются две кнопки "СТИРАНИЕ ПАМЯТИ". При этом во всех ячейках оперативного накопителя запишутся нули (т.е. +0 +00000).

ЗАДАНИЕ

Записать в машинной форме и ввести в ячейки 01,02,03,04 оперативного накопителя следующие числа: 0,2879 ; 103200 ; -1289,2 ; -0,0000007.

Прочитать числа, находящиеся в 81,87,91,98 ячейках оперативного накопителя (в этих ячейках постоянно находятся наиболее употребительные константы), и перевести полученные числа в обычную форму.

III. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ЭВМ "ПРОМИНЬ"

Процесс решения задачи на ЭВМ "Проминь" состоит из следующих этапов.

1. Составление программы.
2. Набор программы на программной матрице при помощи штеккеров.
3. Ввод исходных данных (чисел) в оперативный накопитель.
4. Решение задачи машиной.
5. Расшифровка полученных результатов.

Принцип составления программ для
решения задач на ЭВМ "Проминь"

Программа - это последовательность закодированных указаний (команд), определяющих, какие и в каком порядке арифметические, логические или иные операции нужно выполнить машине, чтобы решить задачу.

Каждая команда машины "Проминь" состоит из кода операции (например, Умн-"умножение") и адреса - двузначного числа указывающего номер ячейки оперативного накопителя, над содержимым которого производится операция.

Так, например, по команде "Умн 02" число, находящееся в сумматоре машины, будет умножено на число, находящееся в ячейке 02 оперативного накопителя. Результат операции останется в сумматоре, его можно записать в любую ячейку оперативного накопителя или продолжить вычисления.

Рассмотрим несколько команд выполняемых машиной "Проминь".

Посылка числа в сумматор (Чт а) - содержимое ячейки "а" посылается в сумматор (при этом содержание ячейки "а" сохраняется).

Запись содержимого сумматора в ячейку (Зп а) - содержимое сумматора записывается в ячейку "а" (при этом старое содержимое ячейки "а" автоматически стирается, содержимое сумматора остаётся без изменения).

Сложение (Сл а) - число в сумматоре алгебраически складывается с числом в ячейке "а".

Вычитание I (Вчч Ia) - из числа в сумматоре вычитается число в ячейке "а".

Вычитание 2 (Вчч 2а) - из числа в ячейке "а" вычитается число в сумматоре.

Умножение (Умн а) - число в сумматоре умножается на число в ячейке "а".

Деление (Дел а) - число в сумматоре делится на число в ячейке "а".

Остановка (Ост 00) - по этой команде машина останавливается, на индикаторе фиксируется содержимое сумматора.

Рассмотрим пример составления программы для вычисления следующего выражения:

$$y = f(x) = \frac{bx - cx^2}{cd} + c$$

в котором числовые значения коэффициентов равны

$$b = -1279,7 ;$$

$$c = -1,0762 ;$$

$$d = -0,6907 ,$$

а x меняется в интервале от $x_1 = 2,73$ до $x_2 = 2,78$ с шагом $\Delta x = 0,01$.

Составим программу для значения переменной $x = x_1$

Размещаем исходные данные в следующие ячейки оперативного накопителя:

01	02	03	04	05	...
x_1	b	c	d		

Ячейки 05 и далее могут служить рабочими, для хранения промежуточных результатов.

Программа

Номер команды	Команды код адреса	П о я с н е н и я
00	Чт 01	Вызов x на сумматор
01	Умн 01	Вычисление x^2
02	Зп 05	Запись x^2 в рабочую ячейку
03	Умн 05	Вычисление x^4
04	Зп 05	Запись x^4 в рабочую ячейку
05	Умн 05	Вычисление x^8
06	Умн 03	Вычисление $c x^8$
07	Зп 05	Запись $c x^8$ в рабочую ячейку
08	Чт 01	Вызов x на сумматор
09	Умн 02	Вычисление $b x$
10	Выч1 05	Вычисление $b x - c x^8$
11	Дел 03	Вычисление $\frac{b x - c x^8}{c d}$
12	Дел 04	Вычисление $\frac{b x - c x^8}{c d}$
13	Сл 03	Вычисление $\frac{b x - c x^8}{c d} + c$
14	Ост 00	Остановка машины

При решении задачи значения $x_1 + \Delta x$, $x_1 + 2\Delta x$ и т.д. каждый раз заносятся в ячейку ОI с пульта машины.

Однако, с помощью специальных команд процесс изменения аргумента может быть автоматизирован.

Набор программы на программной матрице

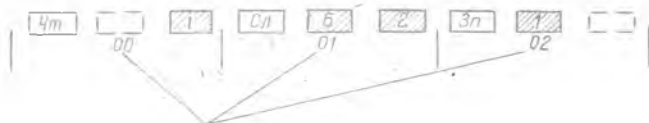
Команды набираются штеккерами на наборном поле программной матрицы, расположенном с правой стороны пульта управления и состоящем из 10 наборных линеек, каждая из которых предназначена для 10 команд. Каждый штеккер состоит из пластмассовой головки с выгравированным на ней символом и металлической планки, на которой этот символ закодирован комбинацией отверстий. Одна команда набирается тремя штеккерами.

Первый штеккер (белый) - символ операции,
 Второй штеккер (черный) - первая цифра адреса,
 Третий штеккер (черный) - вторая цифра адреса.
 Отсутствие штеккера соответствует 0.

Например программа

номера команд	символ операции	адрес
00	Чт	01
01	Сл	62
02	Зп	10

на наборном поле будет выглядеть следующим образом:



номера команд, выгравированные на программной матрице

Операции, выполняемые с пульта управления

Для выполнения программы, набранной на программной матрице, в машине "Проминь" предусмотрено два режима работы: автоматический и тактовый.

В режиме "АВТ" ← обеспечивается автоматическое выполнение

программы после нажатия кнопки "ПУСК".

В режиме "ТАКТ" - производится выполнение одной очередной команды при каждом нажатии кнопки "ПУСК".

Кнопка "НАЧАЛЬНЫЙ СБРОС" предназначена для установки устройств машины в исходное положение. Эту кнопку обычно нажимают перед началом вычислений.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

После ознакомления с инструкцией

1. Набрать составленную выше программу на программной матрице с помощью штеккеров.
2. Очистить память машины.
3. Нажать кнопку "НАЧ.СБРОС".
4. Ввести исходные данные в оперативный накопитель (в режиме Вв1).
5. Установить режим работы "ТАКТ".
6. Нажать кнопки "НАЧ.СБРОС", "ПУСК".
7. Нажимая на клавишу "ПУСК" проследить по индикаторным лампам выполнение машиной до 5-6 команд.
8. Установить режим работы "АВТ", нажать кнопки "НАЧ.СБРОС", "ПУСК".
9. Расшифровать полученный результат.
10. Ввести новое значение x и повторить пункты 8,9 и т.д.

После решения задачи выполнить самостоятельно, по указанию преподавателя, одно из следующих заданий.

ЗАДАНИЯ

Составить программу вычисления одной из следующих функций и получить машинное решение :

$$1. \quad L = \frac{x^2 - 4y - x}{3}$$

$$\text{при} \quad \begin{cases} x = -0,00027 ; \\ y = 0,003 \end{cases}$$

$$2. \quad L = \frac{x^3}{7,45} - \frac{y}{9,43}$$

$$\text{при } \begin{cases} x = 34,8 ; \\ y = -47,9 \end{cases}$$

$$3. \quad L = 0,024xy + 0,03y^2 - \frac{x}{y}$$

$$\text{при } \begin{cases} x = 28,495 ; \\ y = -3,1416 \end{cases}$$

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Условия решенных задач.
2. Программы.
3. Результаты решений.

Литература

Малиев Ю.Н. "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах", Часть II.

Лабораторная работа №6

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ЭВМ "НАИРИ"

Цель работы — ознакомление с электронной цифровой вычислительной машиной "НАИРИ" и принципами решения задач на языке автоматического программирования.

I. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНЕ "НАИРИ"

Малая универсальная электронная вычислительная машина "НАИРИ" предназначена для решения весьма широкого круга математических задач, возникающих при инженерных и экономических расчетах и научных исследованиях. Ввод задач на языке, близком к обыкновенному математическому с использованием автоматического программирования, позволяет работать на машине без специального обучения программированию.

Технические данные

ЭВМ "НАИРИ" является двухадресной программно-управляемой машиной с возможностью следующих режимов работы:

- а) режим работы с программой, представленной в записи на адресном языке ;
- б) режим работы с использованием автоматического программирования на языке "ап" ;
- в) режим работы простой счетной машины.

Входные величины могут быть представлены в виде:

- целых десятичных чисел с точностью до II значащих цифр ;
- десятичных чисел с фиксированной запятой с записью в форме $x = \pm 0, x_1 x_2 x_3 \dots x_n$ с точностью до II значащих цифр и в диапазоне

$$10^{-10} \leq x < 2 ;$$

- десятичных чисел с плавающей запятой с записью в обычной форме, например $X = +25,374$, с точностью до IO значащих цифр в диапазоне

$$10^{-17} < x < 10^{17}$$

Внутри машины числа представляются в двоичном коде.

Средняя скорость вычислений для операций с фиксированной запятой $\sim 1,5$ тыс. операций/сек, а для операций с плавающей запятой ~ 250 операций/сек.

Память машины состоит из оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), выполненного на ферритовых сердечниках, емкостью 1024 ячейки и долговременного запоминающего устройства (ДЗУ) на оксиферах емкостью 16.384 ячейки, в котором постоянно хранятся обслуживающие и стандартные программы математического обеспечения машины.

СОСТАВ МАШИНЫ

В состав машины входят следующие устройства (рис. I):

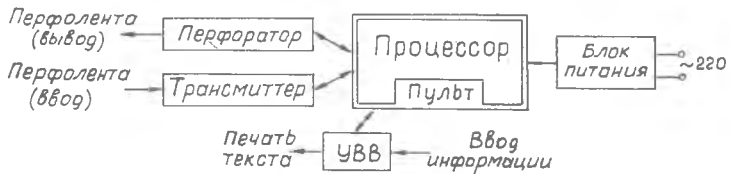


Рис. I.

- процессор с пультом управления;
- блок питания машины ;
- устройство ввода-вывода (УВВ) на базе электрофицированной пишущей машинки "Консул-254" ;
- выходной ленточный перфоратор ;
- трансмиттер для ввода информации с перфоленты.

Устройства ввода-вывода информации обеспечивают следующие режимы работы.

В режиме связи с процессором:

- ввод информации с клавиатуры УВВ или с трансмиттера ;
- вывод информации на печать через УВВ или на перфоленту ;
- одновременный вывод информации на печать и на перфоленту.

В автономном режиме:

- печать информации на УВВ с одновременной перфорацией ;

- распечатка информации с перфоленты на УВВ ;
- печать на УВВ, как на обычной пишущей машинке.

Управление этими режимами производится с клавиатуры пульта управления, а также с клавиатуры УВВ.

- Скорость печати - 8 знаков в секунду.
- Скорость считывания с перфоленты - 100 знаков в секунду.
- Скорость перфорации - 70 знаков в секунду.

Функциональная схема процессора представлена на рис.2.

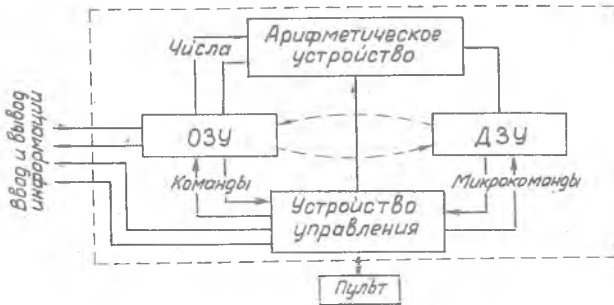


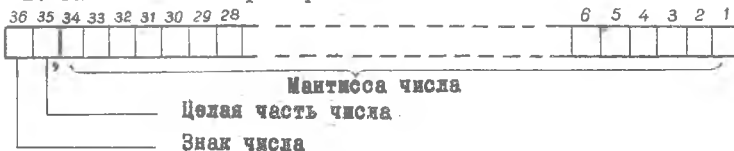
Рис.2.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) предназначено для записи, хранения и выдачи команд, чисел, промежуточных и конечных результатов вычислений.

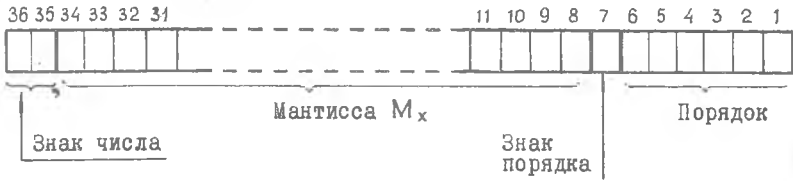
Долговременное запоминающее устройство (ДЗУ) используется для постоянного хранения обслуживающих программ математического обеспечения машины, в том числе программы-транслятора для работы машины в режиме автоматического программирования, подпрограмм исполнения некоторых сложных команд (псевдоопераций) и функций, а также стандартных подпрограмм решения отдельных типовых задач.

Разрядная сетка машины содержит 36 двоичных разрядов и используется в следующих форматах:

1. Запись числа с фиксированной запятой.



2. Запись числа с плавающей запятой.

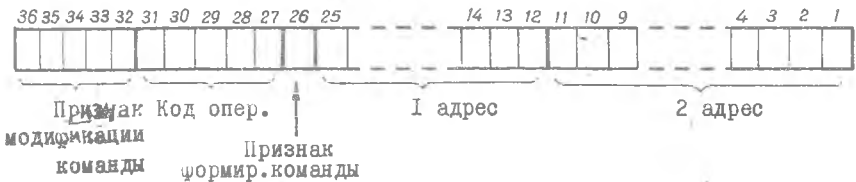


В этом случае число представляется в нормализованной форме

$$x = \pm M_x \cdot 2^{\pm P}, \text{ при } 2^{-1} \leq M_x < 1$$

Например, $-0,1010101 \cdot 2^{+11}$, где порядок "P" указывает фактическое местоположение запятой.

3. Запись команды.



Устройство управления предназначено для автоматического управления последовательностью операций (заданных программой) в процессе решения задачи. В том числе:

- автоматического ввода программы вычислений и исходных данных в машину ;
- выборки команд и чисел из ОЗУ и ДЗУ ;
- непосредственного выполнения операций и выдачи результатов в ОЗУ ;
- выдачи окончательных результатов из машины на печать или перфорацию ;
- контроля и управления работой машины оператором.

Арифметическое устройство служит для выполнения арифметических и логических операций над числами и командами.

Пульт управления содержит сигнальные лампы для индикации режимов работы и группы неоновых ламп для сигнализации состояния триггеров различных регистров машины. На пульте расположены также

кнопки и клавиши управления режимами работы. Основные из них имеют следующее назначение.

"Пуск I" - клавиша начального пуска. Подготавливает все устройства машины к началу работы.

"Пуск-2" - клавиша повторного пуска. Используется для продолжения вычислений, если в процессе выполнения программы произошла остановка.

"Останов" - клавиша для остановки машины.

"Универсальный-Счетный" - клавиша для перевода машины в универсальный или счетный режимы работы.

"Связь-Автономный" - клавиша обеспечивает работу устройств ввода-вывода в режиме связи с машиной или в автономном режиме, то есть их работу, как независимых устройств.

Остальные клавиши используются для обеспечения различных режимов работы устройств ввода-вывода и отладочных работ.

На панели пульта расположены также две кнопки включения и выключения машины.

Перфолента

Для ввода информации в машину может быть использована бумажная 6-ти дорожечная перфолента шириной 23 мм. Посредине ленты проходит синхронизирующая дорожка пробивок малого диаметра.

Для записи цифр на каждой строке используются четыре дорожки справа-налево (рис.3). Запись производится в двоичной системе счисления. Каждой цифровой дорожке приписывается свой "вес" ("1", "2", "4", "8"). Таким образом на рис.3, для примера, на первой строке записана "1", на второй - "5", на третьей - "7" и т.д.

Полное число будет при этом записано в группе строк.

Все остальные символы записываются различными кодовыми сочетаниями пробивок на всех 6-ти дорожках. Для отделения одной информационной записи от другой служат маркерные пробивки на 5-й дорожке, которые образуются при нажатии на УВВ клавиши "возврат каретки".



Рис.3.

П. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Электронные цифровые вычислительные машины получили широкое применение во многих отраслях народного хозяйства. Но для решения задач на универсальных ЭВМ требуется знание вычислительной техники, способов программирования, системы команд машины и её логики. Естественно, возникает вопрос о передаче программирования решаемой задачи самой машине.

В машине "НАИРИ" помимо обычного, адресного программирования предусмотрен также режим автоматического программирования ("ап"). При этом для ввода информации о задаче в машину её записывают на языке "ап", очень близком к обычному математическому языку.

Специальная программа-транслятор "ап" принимает эту информацию, составляет рабочую программу во внутреннем коде машины и записывает её в ОЗУ. После этого машина приступает к выполнению составленной ею программы.

С помощью "ап" инженеры, конструкторы и исследователи могут выполнять самые разнообразные вычисления, не зная адресного программирования.

Ниже приводятся принципы использования языка "ап", то есть описываются правила записи и представления формул и оформления программы на операторном языке, принятом для ЭВМ "НАИРИ".

Описание языка "ап"

Для "ап" принят следующий язык представления арифметических выражений и формул.

I. Буквы алфавита

а, б, в, г, д, е, ж, з, и, й, л, м, н, о, р, с, у, ф, х, ц, ч, ш, щ, ы, ь,
f, l, m, s, t, z

для обозначения переменных.

Буквы i, j, k, n - для обозначения целочисленных величин.

Буква π - в качестве константы (3,141592653).

II. Символы.

Цифры 0, 1, 2, ..., 9 и запятая (,).

Арифметические знаки "+", "-", и знак "/".

Знаки отношений =, \neq , >, \geq , <, \leq .

Скобки круглые "(" (левая)" - правая."

III. Элементарные функции

$\sqrt{\quad}$, lg, ln, exp, sin, cos, tg, arc sin, arccos, arctg

IV. Для арифметических выражений в основном сохранена обычная форма записи со следующими особенностями, связанными с обязательной однозначностью этой записи.

Арифметическое выражение пишется в одну строку. Знак умножения опускается: вместо $a \cdot b$ пишется ab . В необходимых случаях знаменатель и числитель заключаются в скобки.

Например, $\frac{a+b}{c}$ записывается $(a+b)/c$;

$\frac{a \cdot b}{c-e}$ записывается $ab / (c-e)$.

Подкоренное выражение в необходимых случаях также заключается в скобки.

Например, $\sqrt{ax+b}$ записывается $\sqrt{(ax+b)}$.

Каждой элементарной функции (за исключением $\sqrt{\quad}$) при вводе предшествует пробел (признак функции), иначе машина будет воспринимать буквы символа функции как сомножители произведения.

Например, $x \sin y$ записывается $x \sin y$.

Степень записывается обычным способом, то есть x^n или x^5 и т.д. Переменные могут сопровождаться одним или двумя индексами (всего имеется 3 индекс-буквы: i, j, k).

У. Операторы.

Служебный оператор - это некоторое указание, написанное в виде слова или группы слов, данное машине для обработки информации поступающей за этим указанием. Фактически каждый оператор настраивает машину на прием, анализ и составление программы для определенного множества символов данного оператора. Операторы записываются в той последовательности, какую потребует решаемая задача.

В языке "ан" используются следующие операторы:

допустим...	печатаем...
вставим....	храним....
вычислим...	начертим...
если...	кончаем...
идти к ...	исполним...

и др. (всего 17 операторов).

Рассмотрим особенности употребления этих операторов.

ОПЕРАТОРЫ ПРИСВАИВАНИЯ

1. Оператор "допустим..." служит для присваивания переменным конкретных числовых значений, а также значений других переменных и их модулей.

Например, допустим $x = 3,527$ $i = 4$,
допустим $y = c$ $x = |a|$.

Знак "-" - перед переменной без модуля в записи данного оператора употреблять нельзя.

2. Оператор "вставим..." служит для изменения значений переменных без индексов на заданную величину. При этом значения индексов i , j , k и переменной n можно изменять только на целое число.

Например, вставим $x = x + 2,5$ $j = j - 1$

В этом случае значение переменной x увеличивается на 2,5, а значение индекса j уменьшается на единицу.

В записи рассмотренных операторов может быть до шести присваиваний в одной строке, отделяемых друг от друга пробелами.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ОПЕРАТОР

Оператор "вычислим..." служит для организации вычислений по формулам, составленным из символов и по правилам языка "ап".

Например: вычислим $y = (ac^2 + \sin x) x$.

При этом результат записывается в ячейку, соответствующую переменной y .

Заметим, что в формулы нельзя включать переменные из множества $\{i, j, k, n\}$.

ОПЕРАТОРЫ ПЕРЕХОДОВ

Алгоритм задачи содержит несколько операторов, которые нумеруются в той последовательности, как они должны исполняться. Для изменения естественного порядка выполнения алгоритма служат операторы переходов.

1. Оператор безусловного перехода "идти к ..." употребляется для безусловной передачи управления к любому оператору программы. Встретив оператор "идти к N", машина переходит к исполнению оператора с номером N.

2. Оператор "если $\alpha Z \gamma$ идти к N" употребляется для условной передачи управления. Здесь $\alpha Z \gamma$ есть условие, причем α и γ могут быть любой буквой без индексов, кроме того γ может быть числом, а Z есть один из шести знаков отношений:

$=, \neq, >, \geq, <, \leq$

Например, если $a \leq 6,5$ идти к 3 ,
 если $i \neq 10$ идти к 7 .

При выполнении заданного условия управление передается оператору N , при невыполнении - следующему по порядку.

ОПЕРАТОР ПЕЧАТИ ПЕРЕМЕННЫХ

Оператор "печатаем..." служит для печати переменных с заданным числом знаков после запятой.

Например, печатаем с N знаками x y c .

Здесь ($1 \leq N \leq 9$)

В этом случае в одной строке машина напечатает

x = <число> y = <число> c = <число> .

В одной строке можно печатать не более трех переменных.

ОПЕРАТОРЫ ПЕЧАТИ ГРАФИКОВ

1. Оператор "храним..." означает, что машина должна запомнить заданное число значений указанных переменных, которые будут использованы для построения графика.

Например, храним I2 y ,

 храним 49 xс ,

означает, что в первом случае нужно запомнить I2 значений переменной y , а во-втором - 49 пар значений переменных x и c .

2. Оператор "начертим..." предусмотрен для вычерчивания графиков с помощью УВВ. Можно записывать:

 начертим I гр,

 начертим 2 гр,

где цифра указывает число графиков, которые нужно начертить.

Заметим, что ось OX совпадает с направлением движения бумаги на УВВ.

СЛУЖЕБНЫЕ ОПЕРАТОРЫ

1. Оператор "кончаем" указывает на конец вычислений.

2. Оператор "исполним..." служит для передачи управления на начало программы. Им должен заканчиваться алгоритм.

Например, исполним I

При составлении программы каждому оператору (кроме оператора "исполним...") должен быть присвоен порядковый номер.

При вводе программы каждый оператор (кроме операторов "кончаем", "останов", "начертим..." и признака "ап") должен заканчиваться сигналом "возврат каретки" (вк).

Программа всегда начинается с признака "ап".

Рассмотрим примеры программ на языке "ап".

ПРИМЕР 1.

Вычислить таблицу значений функции

$$y = (x^2 - 1)(x - 2) \sin \frac{2\pi x}{3}$$

и построить её график в интервале значений $[-1 \leq x \leq 1,5]$ с шагом $h = 0,125$. Значения аргумента и функции выдать на печать.

Решение:

Для построения графика определим число шагов по формуле

$$n = \frac{\beta - \alpha}{h} + 1 = \frac{1,5 - (-1)}{0,125} + 1 = 21$$

Программа

"ап"

- 1. допустим $x = -1$ (вк)
- 2 вычислим $y = (x^2 - 1)(x - 2) \sin 2\pi x / 3$ (вк)
- 3 печатаем с 9 знаками x y (вк)
- 4 храним $2Iy$ (вк)
- 5 вставим $x = x + 0,125$ (вк)
- 6 если $x \leq 1,5$ идти к 2 (вк)
- 7 начертим I гр
- 8 кончаем
- исполним I (вк)

ПРИМЕР 2.

Решить нелинейное уравнение

$$x = 3,57 (\ln 38,6 x^2) \frac{x}{x^2 + 1}$$

методом простой итерации с точностью $\epsilon = 0,0001$.

Решение -

Для организации вычислительного процесса по методу простой итерации нужно задаться произвольным значением x_0 и, подставив его в правую часть уравнения, вычислить новое значение x_1 и снова подставить его в правую часть и т.д. Процесс последовательных приближений нужно прекратить тогда, когда разница между приближениями станет меньше (по модулю) заданной точности ϵ

Программа

"ап"

- 1 допустим $x = 10$ $e = 0,0001$ (вк)
2 вычислим $y = 3,57 (x / (x^2 + 1)) \ln 38,6x^2$ (вк)
3 вычислим $t = y - x$ (вк)
4 допустим $x = y$ $t = |t|$ (вк)
5 если $e < t$ идти к 2 (вк)
6 печатаем с 9 знаками x (вк)
7 кончаем (вк)
исполним I (вк)

ВВОД ПРОГРАММЫ

Для ввода программы, при включенной машине, нужно включить УВВ и нажать кнопку "Включение печати". На пульте машины нажать клавиши "Вывод на печать" и "Пуск I", после чего производить ввод с УВВ.

Если предполагается ввод информации с перфоленты следует нажать также клавишу "Ввод с трансмиттера".

ЗАДАНИЕ №1

Разобрать приведенные выше примеры №1 и №2, ввести программы задач с перфоленты и получить решения.

ЗАДАНИЕ №2

Составить на языке "ап" программу решения следующей задачи. Вычислить таблицу значений функции

$$y = c \sqrt{1 + (1 - \cos \pi x)^2}$$

в интервале изменения аргумента $[-1 \leq x \leq 1]$ с шагом $h = 0,08$ при $c = 10$. Значения аргумента и функции выдать на печать.

ЗАДАНИЕ №3.

Составить на языке "ап" программу решения задачи по заданию преподавателя.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Функциональная схема машины.
2. Условия задач и программы заданий № 1, № 2, № 3.
3. Построить на миллиметровке график решения задачи для примера № 1.

Литература

Феокистов В.П. Решение инженерных задач на универсальной вычислительной машине "НАИРИ". Изд. МИИТ, М., 1967.

III. ПРИЛОЖЕНИЕ

Правила печати программы

1. При вводе каждого оператора печатается его номер, нажимается клавиша "Пробел", затем печатаются две первые буквы оператора (остальное допечатывает машина) и информация, идущая после названия, после чего дается возврат каретки

[N] (проб) [до]пустим [<выражение>] (вк).

2. Оператор "исполним..." перфорируется без номера и пробела.

3. Оператор условного перехода печатается в такой последовательности: номер, пробел, первые две буквы [ес], условие $az\gamma$, пробел, информация, идущая после слова "идти к", возврат каретки.

Например, [6] (проб) [ес] ли [$x \leq 0$] (проб) идти к [2] (вк).

4. Оператор "печатаем с ... знаками ..." печатается в такой последовательности: номер, пробел, первые две буквы [пе], заданное число знаков после запятой N, переключные, которые должны выводиться на печать, с пробелами между ними, возврат каретки.

Например; [8] (проб) [пе] чатаем с [N] знаками [x] (проб) [y] (вк).

5. Количество различных числовых констант (представленных в форме с плавающей запятой) не должно превышать 125.

6. Операторная программа задачи не должна содержать более 132 операторов.

7. В формуле можно использовать не более 15 пар скобок.

Исправление ошибок

1. Если при введении символов какого-либо оператора замечена ошибка в этом операторе, то можно как следующий символ ввести

* , что дает возможность заново ввести данный оператор.

2. Если ошибочный оператор замечен после его ввода, то нужно ввести этот оператор заново с его прежним порядковым номером.

3. Если ошибочный оператор замечен во время решения задачи, то нужно нажать клавишу "Полуавтоматический", снова восстановив её, нажать клавишу "Пуск I", набрать на печатающем устройстве набор символов "па" и исправить ошибочный оператор (с прежним порядковым номером). После этого через оператор "исполним..." продолжается решение данной задачи.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Задача №1

Составить на языке "ап" программу вычисления функции (у) при заданных условиях и значениях параметров: $a=5,2$; $b=12$; $c=6$; $x=va2$ (заранее не определен) .

$$y = \begin{cases} (x^2 + ab) \frac{x}{cx + b} , & \text{при } x > 0 ; \\ 2\sqrt{x} \sqrt{b^2 - 4ac} - x^3 , & \text{при } x \leq 0 ; \end{cases}$$

Задача № 2

Составить на языке "ап" программу вычисления функции (у) при заданных условиях и значениях параметров: $a=8$; $b=16$; $c=19,7$; $x=va2$ (заранее не определен) .

$$y = \begin{cases} a \ln \frac{c+x}{b-x} , & \text{при } x = a ; \\ \frac{2x}{2} \sqrt{c^2 - ab} + x^3 , & \text{при } x \neq a . \end{cases}$$

Задача № 3

Составить на языке "ап" программу вычисления функции (у) по следующей итерационной формуле :

$$y = \frac{2}{3} x + \frac{a}{3x^2}$$

с точностью $\epsilon = 0,0001$ до выполнения условия

$$|y - x| \leq \epsilon .$$

При решении принять: $a=216$ и начальное значение $x = 5$.

Задача № 4

Составить на языке "ап" программу вычисления функции (у) по следующей итерационной формуле :

$$y = \frac{1}{2} \left(\frac{a}{x} - x \right) + x$$

с точностью $\epsilon = 0,0001$ до выполнения условия

$$|y - x| \leq \epsilon .$$

При решении принять: $a = 49$ и начальное значение $x = 7$.

Задача № 5

Составить на языке "ап" программу табулирования функции (у) без построения графика :

$$y = \frac{x^2 + \frac{a}{x} + \sqrt{a + cx}}{bx + \frac{1}{b} \cdot x}$$

для $2,75 \leq x < 6,95$; с шагом $h = 0,5$ и параметрами: $a = 5,7$; $b = 3,5$; $c = 8$.

Задача № 6

Составить на языке "ап" программу табулирования функции (у) с построением графика :

$$y = \sqrt{a^2 \cos 2x + \frac{1}{\sqrt{x^2 + 1}} \cdot x}$$

для $0 \leq x \leq 25,5$; с шагом $h = 1,5$ и коэффициентом $a = 2,5$.

Задача № 7

Составить на языке "ап" программу табулирования функции (у) с построением графика :

$$y = \frac{\sin(x^2 + 1)}{a^2 - 1} \cdot \ln(x^2 + a)$$

для $1,75 \leq x < 5$; с шагом $h = 0,25$ и коэффициентом $a = 1,2$.

Задача № 8

Составить на языке "ап" программу вычисления функции (у), разложенной в ряд :

$$y = \frac{x}{1} + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} + \dots + \frac{x^n}{n} + \dots$$

сходящийся в области $-1 < x < +1$. Вычисление проводить с заданной степенью точности (ϵ) до выполнения условия

$$\left| \frac{x^n}{n} \right| < \epsilon .$$

При решении задачи принять $x=0,25$; $\epsilon=0,0001$

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТАБЛИЦА КОНСТАНТ ЭВМ "ПРОМИНЬ"

№	Адрес	Константа	Число
I	00	0,00000	Нуль +0 +00000
2	80	$0,00000 \cdot 10^5$	+5 +00000
3	81	π	+I +31416
4	82	2π	+I +62832
5	83	$1/\pi$	+0 +31831
6	84	$1/2\pi$	+0 +15915
7	85	$\pi/2$	+I +15708
8	86	I	+I +10000
9	87	2	+I +20000
10	88	$1/2$	+0 +50000
11	89	$1/4$	+0 +25000
12	90	Адресная единица (IA)	+0 +00100
13	91	$\ln 10$	+2 +10000
14	92	$10 = 2,3026$	+I +23026
15	93	$1/\ln 10$	+I +43429
16	94	$180^\circ/\pi$	Перевод в градусную меру
17	95	$10800'/\pi$	
18	96	$64800''/\pi$	
19	97	$\pi/180^\circ$	Перевод в радианы
20	98	$\pi/10800'$	
21	99	$\pi/64800''$	

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Правила выполнения лабораторных работ	3
Лабораторная работа №1	
Изучение моделирующей установки непрерывного действия типа ИПТ	5
Лабораторная работа №1а	
Ознакомление с работой на моделирующей установке типа ИПТ	17
Лабораторная работа №2	
Решение задач на структурной модели ИПТ	28
Лабораторная работа №3	
Решение задач на сеточном электроинтеграторе	32
Лабораторная работа №3а	
Ознакомление с работой на сеточном электроинтеграторе	41
Лабораторная работа №4	
Изучение основных положений алгебры логики	49
Лабораторная работа №4а	
Ознакомление с логическими элементами вычислительных машин	64
Лабораторная работа №5	
Ознакомление с работой и решением задач на ЭЦВМ "Проминь"	75
Лабораторная работа №5а	
Ознакомление с ЭЦВМ "Проминь"	88
Лабораторная работа №6	
Ознакомление с ЭВМ "НАИРИ"	96

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
"ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА"
Часть I.

Редактор - И.С.Колышева
Техн.редактор - Н.М.Каженик
Корректоры - Л.В.Смородова
И.П.Гордеева

Подписано в печать 18/IV-1972 года.
Объем 7 п.л. Тираж 1200 экз. Цена 35 коп.
Куйбышевский авиационный институт
им. С.П.Королева, г.Куйбышев, ул. Молодо-
гвардейская, 151.
Ротапринтный цех областной типографии
им.Маяки, г.Куйбышев, ул. Венцека, 60.
Заказ № 4612