

Московский ордена Ленина Энергетический институт
имени В.М.Молотова.

Радиотехнический факультет.
=====

ГЛАВНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ ДАТЧИК
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЦИФРОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
МАШИНЫ

/Пояснительная записка к дипломному
проекту/.

Дипломант

М.А. Карцев

/М.А.КАРЦЕВ/

Консультант -
мл.научный сотрудник
Энергетического Инсти-
тута им.Кржижановского
АН СССР

Н.Я. Матюхин

/Н.Я.МАТЮХИН/

Рецензент -
мл.научный сотрудник
Энергетического Инсти-
тута им.Кржижановского
АН СССР

А.Б. Залкинд

/А.Б.ЗАЛКИНД/

*Дипломный
защитен
12.05.1952*

М.А. Карцев
М.А. Карцев

М с к в а
1952 год.

Оглавление

I.	ВВЕДЕНИЕ	3
II.	ПРИНЦИПЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ И О РГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ.	
1.	Программирование вычислений	7
2.	Контроль и исправление ошибок	13
	Пример операций, выполняемых контрольными блоками	28
3.	Функции главного программно датчика	30
III.	СХЕМ ПЛАВНОГО ПРОГРАММНОГО ДАТЧИКА.	
1.	Блок-схема главного программно датчика и цикл его работы ...	22
2.	Генератор тактирующих импульсов	42
	3. Распределитель импульсов	43
4.	Блок пуска и синхронизации	46
5.	Блок формирования импульсов	49
6.	Регистр адреса	51
7.	Пусковой регистр	52
8.	Селекционный регистр	54
9.	Регистр сравнения	56
10.	Блок операций и шифра	58
11.	Блок клапанов	60
12.	Блок выбора памяти	63
13.	Блок операции сравнения	66
14.	Контрольные блоки	68
15.	Конструкция, источники питания	77
IV.	МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ГПД.	
1.	Проверка прохождения одиночных импульсов	81
2.	Работа на частоте ГТИ	82
3.	Проверка прохождения ответного импульса МПД	85
4.	Проверка контрольных блоков	86
5.	Проверка блока ПС	88
V.	ЭЛЕМЕНТЫ СХЕМ..	
1.	Триггер	89
2.	Диодный смеситель	92
3.	Диодный дешифратор	94
4.	Клапан	96
VI.	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	108

Некоторые экономические расчеты	110
Сокращения, применяемые в тексте /кроме общепринятых/	114

1. ВВЕДЕНИЕ

К классу цифровых вычислительных устройств принято относить устройства, оперирующие с числами в их цифровом представлении, в отличие от устройств-аналогов, в которых числа представляются в виде некоторых физических величин.

Техника цифровых вычислительных устройств является одновременно и самой древней и самой молодой отраслью техники. Первое цифровое вычислительное устройство - счеты - было изобретено раньше, чем появились простейшие орудия /рычагу наклонная плоскость, колесо/. Однако за 5000 лет, прошедших после изобретения счетов и до 1944 года, развитие цифровых вычислительных устройств не пошло дальше изобретения арифмометра и нескольких попыток построить более сложные механические цифровые вычислительные устройства, которые не дали, сколько -нибудь важных практических результатов. В апреле 1944 года вступил в строй первый многоразрядный и высокоскоростной автоматический вычислитель "МАРК-1», построенный на электромагнитных реле. Первая электронная вычислительная машина - ЭНМК - вступила в строй в 1946 году. Таким образом, быстрое развитие электронных цифровых вычислительных устройств является достижением последних 5 лет. Опираясь на успехи техники автоматического управления и индикаторных радиолокационных устройств, это развитие стимулируется всё возрастающими потребностями теоретических и прикладных отраслей знания в табулировании новых функций, решении систем линейных и нелинейных дифференциальных уравнений и других сложных задач, требующих производства в определенной последовательности тысяч и десятков тысяч элементарных арифметических и логических операций, и в свою очередь открывает широкие возможности для развития всех отраслей науки и техники.

Автоматическая цифровая вычислительная машина /сокращенно "АЦВМ"/, один из узлов которой подробно описывается в последующих главах, является одним из первых действующих макетов электронной цифровой вычислительной машины, построенных в Советском Союзе.

На автоматической цифровой вычислительной машине /АЦВМ/ можно производить любую наперед заданную последовательность арифметических и логических операций над ' 24-разрядными двоичными числами, что соответствует примерно 7-му знаку точности в десятичной системе счисления. В дальнейшем число двоичных разрядов в каждом числе будет доведено до 30. Арифметическими операциями являются: сложение, вычитание, умножение и деление. К числу логических операций относится сравнение двух чисел по модулю, в результате которого выбирается тот или иной путь вычислений. Устройство для производства других логических операций (алгебраическое сравнение двух чисел, логическое умножение и др.), которые в макете не осуществлены, не представляет никаких принципиальных или технических трудностей.

АЦВМ состоит из четырех основных узлов, показанных на блок-схеме (рис.1-1):

1). Арифметический узел, в котором выполняются основные арифметические действия над числами. Арифметический узел состоит из так называемых регистров (цепочек триггеров), хранящих числа, над которыми в данный момент времени производятся действия, и из местного программного датчика (МПД).

МПД подает в регистры серии импульсов, необходимых для совершения того или другого арифметического действия.

2) Запоминающее устройство (память), предназначенное для хранения исходных данных, промежуточных результатов, используемых в дальнейших вычислениях, а также и окончательных результатов. В запоминающем устройстве хранятся также в зашифрованном виде указания о порядке совершения действий, необходимом для решения конкретной задачи. Эти указания запоминаются в виде так называемых инструкций, имеющих форму обычных двоичных чисел.

Запоминающее устройство состоит из медленно действующей магнитной памяти (МП), запоминание в которой основано на

сохранении ферромагнитным слоем, нанесенным на вращающийся барабан, остаточного магнетизма, и из быстродействующей электростатической памяти (ЭП), запоминание в которой основано на сохранении на диэлектрической пластинке (экране кинескопа) ранее нанесенного на неё* распределения электрических зарядов.

Магнитная память выполнена по типу параллельного запоминающего устройства: все разряды числа вводятся (записываются) в неё и выводятся (читаются) одновременно, по параллельным каналам. Электростатическая память выполнена по типу последовательного запоминающего устройства (разряды числа записываются и читаются по очереди, разряд за разрядом).

3). Главный программный датчик, осуществляющий выбор чисел и операций, которые производятся над ними, в соответствии с получаемыми из запоминающего устройства инструкциями, а также проверяющий правильность выбора чисел и инструкций из запоминающего устройства.

Главный программный датчик находит в запоминающем устройстве инструкции в их числовой форме, в том порядке, который записан в этих инструкциях, и выдает серии импульсов-команд всем остальным узлам АЦВМ.

По выполнении программы /совокупности инструкций/ или части её главный программный датчик осуществляет вывод нужных результатов.

4). Устройство ввода и вывода (УВВ), предназначенное для заполнения запоминающего устройства исходными данными и инструкциями и для печатания результатов вычислений. УВВ состоит из стандартной телеграфной буквопечатающей аппаратуры и небольшой электронной схемы.

Арифметический узел в процессе вычислений может производить, кроме арифметических действий над числами, также преобразование инструкций в их числовой форме.

Быстродействие и универсальность применения АЦВМ определяется в основном скоростью выполнения арифметических действий и объемом чисел, который может храниться в запоминающем устройстве.

Скорость выполнения арифметических действий, достигаемая в арифметическом узле, составляет 40 мксек на одно сложение (вычитание) и 2000 мксек на одно умножение (деление)/.

Объем памяти, осуществленной в макете, равен 256 двоичным числам 128 чисел в магнитной памяти и 128 - в электростатической, однако главный программный датчик построен так, чтобы без значительных изменений в нём можно было перейти к работе с памятью, позволяющей хранить одновременно 512 чисел.

Ниже описывается главный программный датчик /ГПД/ АЦВМ. Единственным требованием, которое можно предъявить априори к устройству главного программного датчика, является условие, чтобы операции, выполняемые ГПД, которые для АЦВМ в целом являются вспомогательными операциями, не задерживали существенно процесса вычислений. Другие требования к ГПД сформулированы в гл. II.

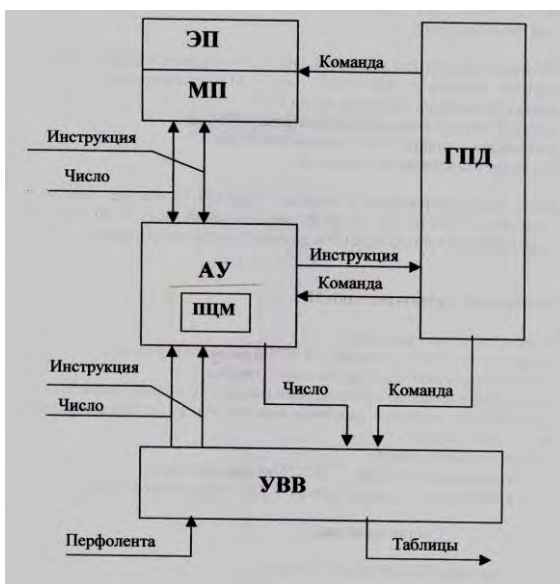


Рис 1. Блок-схема автоматической цифровой вычислительной машины

II. Принципы программирования вычислений и организация контроля

II - 1 _Программирование_вычислений._

Высокие скорости производства элементарных арифметических действий, достигаемые в арифметическом узле электронной цифровой вычислительной машины, должны гармонично сочетаться с высокой степенью автоматизации процесса вычислений. Чем быстрее производится каждое арифметическое действие, тем длиннее должна быть цепь этих действий, которая выполнялась бы без вмешательства человека.

Таким образом, в конструкции быстродействующего вычислительного устройства необходимо предусмотреть возможность первоначального ввода обширной программы вычислений, которая представляет собой совокупность команд, а также указаний, в какой последовательности должны выполняться эти команды. Для «запоминания» программы при этом естественно использовать те же запоминающие устройства, которые применяются для запоминания чисел. Программа в этом случае представляется в виде ряда специальных чисел, записываемых в той же системе счисления, которая применяется для обычных чисел (в нашем случае - в двоичной системе).

Программа составляется в виде множества элементарных инструкций. Каждая инструкция содержит вообще следующие сведения:

- а). Где найти числа для производства арифметического действия.
- б). Какое действие произвести над этими числами,
- в). Куда послать результат произведенного действия,
- г). Где найти следующую инструкцию.

Указание, в какой ячейке запоминающего устройства находится некоторое число или некоторая инструкция называется в дальнейшем "адресом" этого числа (инструкции). В числовом представлении адрес содержит тем больше разрядов, чем больше объем запоминающего устройства. Если, например, в запоминающем устройстве может храниться одновременно 512 чисел, то адрес числа может быть представлен в виде 9 разрядного двоичного кода ($2^9 = 512$), полное же количество двоичных разрядов, отводимое - в одной инструкции на адреса, равно 36 (2 адреса чисел, адрес результата и адрес следующей инструкции). При количестве разрядов информации равном 25 для

каждого числа, хранящегося в запоминающем устройстве, инструкция в одной его ячейке поместиться не может и должна разбиваться на две "частичные инструкции", занимая таким образом две ячейки памяти. Кроме того, инструкция должна содержать некоторое количество разрядов с указанием, какую операцию необходимо совершить над числами, а также специальные разряды необходимые для правильной расшифровки инструкции ("шифр"), однако число этих разрядов по сравнению с числом разрядов, занимаемых адресами, невелико.

Таким образом, при постоянной значности чисел число ячеек памяти, занятых инструкциями, находится в зависимости от полного объема памяти. Зависимость эта выражается целочисленной функцией логарифмического типа:

$$4 \log X + a < m \cdot y$$

Здесь 4 - число адресов, содержащихся в одной инструкции, X - полное количество чисел, которое может храниться одновременно в запоминающем устройстве, a - число разрядов инструкции, независимое от объема памяти (код операций и шифра), m - значность чисел, хранящихся в памяти, y - количество ячеек памяти, занятых одной инструкцией.

Следовательно, при расширении запоминающего устройства его полезный объем возрастает медленнее, чем полный объем, либо требуется одновременное увеличение количества разрядов в каждом из чисел, что зачастую также нежелательно как ввиду технических трудностей, связанных, например, с необходимостью разместить большое количество независимых элементов вдоль строки на экране электростатической запоминающей трубки, так и ввиду неоправданного требованиями точности вычислений расширения арифметического узла (при применении узла параллельного типа) и соответственного увеличения времени на производство арифметических операций, а также на выбор чисел из памяти (при последовательной памяти) и контроль (см. ниже).

Все, сказанное выше относительно числа разряда инструкции и количества ячеек запоминающего устройства, необходимых для записи одной инструкции, относится к принятой при проектировании АЦВМ модификации четырех - пяти - адресной системы составления инструкций (4 адреса в инструкции и один адрес, хранящийся и преобразующийся в специальном триггерном регистре ГПД).

Полученные выводы, хотя и не являются решающими, но должны учитываться при выборе объема памяти и значности чисел, применяемых в машине.

Аналогично обстояло бы дело и при применении других систем программирования, например, трех - четырех - адресной системы (инструкция состоит из трех адресов, хранящихся в запоминающем устройстве: адресов двух чисел и результата, - и адреса следующей инструкции, получающегося простым преобразованием адреса данной инструкции, который хранится в триггерном регистре). Четырех - пяти - адресная система составления инструкций с разбиением каждой инструкции на две частичные инструкции была выбрана, как система более гибкая и наилучшим образом использующая возможности запоминающего устройства при 25 ~ 30 двоичных разрядах в каждом числе.

При этом первая частичная инструкция имеет вид:

Адрес 1-го числа	Адрес 2-го числа	Операция
1 - 9 разряды	10 - 18 разряды	19 - 21 разряды

Адрес числа (инструкции) представляет собой 9-разрядное двоичное число, первый (младший) разряд которого является указанием, в каком блоке памяти (электростатическом или магнитном) хранится данное число или данная инструкция, а 8 старших разрядов читаются, как двоичное число, обозначающее № образующей магнитного барабана, если речь идет о магнитной памяти, или № трубки и № строки, если речь идет об электростатической памяти. Группа операций в 1-ой частичной инструкции заполняется следующим образом:

- 000 - сложение
- 100 - вычитание
- 110 - умножение
- 010 - деление
- 111 - сравнение
- 101 или 011 - остановка машины.

Вторая частичная инструкция располагается всегда так, что её адрес получается добавлением числа «2» к адресу 1-ой частичной инструкции /т.е. на соседней образующей магнитного барабана или на соседней строке в запоминающей трубке/ и может быть составлена в одном из трех вариантов.

Вариант А.

Адрес результата	Адрес следующей инструкции	Операция	Шифр « 1 «
1 - 9 разряды	10 – 18 разряды	19 – 21 разряды	22 разряд

в этом случае заполняется либо комбинацией "001" /вывод/, либо любой другой комбинацией, а следующая инструкция имеет вид, аналогичный виду 1-ой частичной инструкции.

В случае, когда результат действия, указанного в 1-ой частичной инструкции, используется только для последующей операции, возможна работа без записи этого результата в память с использованием варианта Б (или В) второй частичной инструкции.

Вариант Б

Адрес 3-го числа	Специальные разряды	Операция	Шифр = 0
1 - 9 разряды	10 - 13 разряды	19 - 21 разряды	22 - разряд

В специальных разрядах при этом имеется указание на необходимость выбора из памяти 3-го числа («1» в 10 разряде), а также указание, в какие регистры арифметического узла нужно выдать это число и прежний результат.

Вариант В

Специальные разряды	Операция	Шифр = 0
---------------------	----------	----------

10 - 13 разряды	19 - 21 разр.	22 разр.
-----------------	---------------	----------

В специальных разрядах в этом случае указывается, что выбора из памяти 3-го числа не требуется (0 в 10 разряде), а также в какие два регистра арифметического узла нужно выдать предыдущий результат. Группа операций в вариантах Б и В второй частичной инструкции заполняется так же, как в 1-ой частичной инструкции; следующая инструкция имеет вид, аналогичный одному из вариантов 2-ой частичной инструкции А, Б или В и располагается так, что ее адрес получается добавлением числа «2» к адресу данной частичной инструкции.

Применение вариантов Б и В второй частичной инструкции по существу является переходом к одно-двух-адресной системе программирования. Легкость такого перехода обеспечивается гибкостью выбранной основной системы программирования.

Запись инструкций в виде двоичных чисел, не отличающихся ни числом разрядов, ни формой записи от обычных чисел, применяемых в машине, позволяет использовать арифметический узел машины для преобразования инструкций в ходе вычислений, что является дальнейшим важным шагом вперед по пути автоматизации вычислений.

Изложенное является исходным пунктом для разработки схемы главного программного датчика, основное назначение которого и состоит в отыскании инструкций и их расшифровке, т.е. в превращении числовой записи инструкций в последовательность импульсов - команд. Принципиальное значение имеет также выбор промежутка времени между двумя последовательными командами. Эта длительность должна быть согласована с временем работы других узлов, которое не остается постоянным от случая к случаю. Например, время выбора числа из электростатической памяти в среднем в 300 раз меньше, чем время выборки числа из магнитной памяти; время выбора числа из магнитной памяти зависит от положения магнитного барабана в момент прихода команды чтения; время умножения во много раз больше, чем время совершения сложения и само зависит от вида перемножаемых чисел и т.д. Следующая же команда не может быть подана раньше, чем выполнена

предыдущая. Эта задача решается обычно одним из двух различных методов: методом жесткой синхронизации или методом свободной синхронизации. При применении жесткой синхронизации ритм работы машины определяется частотой генератора тактирующих импульсов; тактирующие импульсы отсчитываются счетчиком "распределителя импульсов" и превращаются в те или иные команды. Частота генератора тактирующих импульсов и коэффициенты деления частоты в распределителе импульсов подбираются так, чтобы промежуток времени между двумя последовательными командами был заведомо больше, чем время выполнения первой из них. При применении свободной синхронизации генератор тактирующих импульсов и распределитель импульсов отсутствуют, каждый узел после выполнения полученной команды выдает импульс-ответ, из которого в главном программном датчике и формируется следующая команда.

Преимущества первого метода следующие:

- простота наладки схемы ГПД, связанная с полной независимостью работы ГПД от работы всех других узлов;
- строгая периодичность импульсов во всех цепях управления, исключая возможность изменения постоянных зарядов на переходных емкостях и позволяющая вести наблюдение по осциллографу за напряжением в любой точке схемы во время работы.

Преимущества второго метода следующие:

- значительная экономия времени, связанная с тем, что, например, среднее время выбора числа из магнитной памяти приблизительно вдвое меньше, чем максимальное время выбора, среднее время, необходимое на выполнение операции в арифметическом узле, во много раз меньше, чем максимальное время совершения операции и т.д.
- большая надежность работы машины в целом, связанная с тем, что несрабатывание одного из узлов приводит к остановке вычислений, в то время, как при применении жесткой синхронизации оно могло бы остаться незамеченным.

Метод синхронизации, выбранный при проектировании описываемой схемы главного программного датчика, можно было бы назвать промежуточным. Как и в системах с жесткой синхронизацией,

имеется генератор тактирующих импульсов и распределитель импульсов; на операции, требующие небольшого и фиксированного времени для своего выполнения, например, для передачи числа из одного триггерного регистра в другой, отводится заранее определенный отрезок времени, равный одному такту генератора тактирующих импульсов (около 15 мксек). На время выполнения всех остальных операций после выхода соответствующей команды прекращается поступление тактирующих импульсов на вход распределителя импульсов. После завершения этой операции главный программный датчик получает импульс-ответ от работавшего узла (от блока памяти, от местного программного датчика арифметического узла, от устройства ввода и вывода); ответный импульс снова подключает тактирующие импульсы ко входу распределителя импульсов. Указанный метод обладает большинством преимуществ как систем с жесткой синхронизацией, так и систем со свободным ритмом. При остановке машины из-за несрабатывания какого-либо узла (неполучения импульса-ответа главным программным датчиком) по состоянию распределителя импульсов легко определить, какой именно узел не сработал.

П-2. Контроль и исправление ошибок.

Контрольные блоки главного программного датчика занимают особое положение среди других его блоков как в силу относительной автономии их работы, так и ввиду специфичности функций, возложенных на них. Назначение контрольных блоков состоит в проверке правильности выбора из запоминающего устройства чисел и инструкций, автоматическом исправлении небольших ошибок, возникающих при этом, и остановке вычислений в случае появления более значительных ошибок. Таким образом, задача контрольных блоков сводится к повышению надежности одной из наиболее ответственных функций машины - передачи информации из запоминающего устройства в триггерные регистры. Если бы при этом не сработал хотя бы один триггер, вся последовательность операций, выполняемых машиной, была бы обесценена. Между тем уже первые опыты работы с машиной (без контрольных блоков) показали, что как раз случайные ошибки в 1-2 разрядах при 'выборе чисел или

инструкций из запоминающего устройства и являются наиболее вероятным видом неисправностей.

Поставленная задача в общем аналогична задаче возникающей в любой системе связи при наличии помех (рис. П-1) источник информации по имеющемуся каналу передает некоторое сообщение, воспринимаемое приемным устройством; вследствие наличия помех в канале (или на его входе, или на его выходе), сообщение, получаемое приемным устройством, отличается от сообщения, выдаваемого источником информации; пользуясь принятым сообщением, необходимо восстановить в точности исходное сообщение. В данном случае источником информации является запоминающее устройство, приемным устройством - триггерный регистр ("приемно-цифровая магистраль»), а сообщения передаются в виде бинарно- кодированных чисел с определенным числом разрядов. Тот факт, что каждое передаваемое сообщение является одним из конечного множества возможных сообщений, существенно облегчает задачу. Аналогичное положение имеет место и во многих других системах связи, например, в том случае, когда источником информации является телетайп.

Закономерности , управляющие выбором того или иного сообщения из множества возможных, связаны со смысловым значением этих сообщений и настолько сложны, что такой, выбор можно в первом приближении считать случайным. Это оправдывает применение статических методов в дальнейшем исследовании.



При случайном характере искажений, вносимых помехами, повышение надежности системы можно было бы получить многократным повторением передаваемого сообщения. Изучая затем статическую структуру принятых сообщений можно было бы восстановить исходное сообщение. Именно такой метод и

применяется иногда для повышения надежности телеграфных линий связи. На первый взгляд создается впечатление, что при любом конечном уровне помех, как бы мал он ни был, для получения вполне достоверного сообщения на приемном конце линии нужно исходное сообщение повторить бесконечно большое число раз. Количество информации, проходящее через систему связи, при этом равнялось бы, конечно, нулю. Такое заключение, однако, неверно. Ниже будет показано, что любому конечному уровню случайных помех соответствует некоторое количество достоверной информации, передаваемой данной системой связи. Это количество информации, хотя и меньше, чем полное количество информации, даваемое источником информации, но имеет все же вполне определенную и конечную величину.

Однако прежде, чем переходить к доказательству высказанного утверждения, нужно дать строгое определение понятию «количество информации»

Пусть каждое сообщение, выдаваемое источником информации, является одним из конечного множества возможных сообщений. Если все эти сообщения равновероятны, то количество информации, содержащейся в каждом сообщении, тем больше, чем больше количество возможных сообщений. Мерой информации, содержащейся при этом в каждом сообщении, может служить либо само число всех возможных сообщений, либо любая монотонно возрастающая функция этой величины, например его логарифм. Выбор логарифмической функции в качестве меры информации интуитивно представляется наиболее естественным.

Действительно, если имеется всего одно возможное сообщение, то количество информации, содержащейся в нем, равно нулю ($\log 1 = 0$), удвоение числа триггеров в триггерном регистре удваивает количество информации, которое может в нем храниться, между тем, как число возможных комбинаций возводится в квадрат, а удваивается логарифм этого числа и т.д. Такой выбор оказывается наиболее удобным и с точки зрения удобства математического анализа. Поэтому в качестве меры информации, содержащейся в каждом сообщении, используется в дальнейшем логарифмическая функция от числа всех возможных сообщений.

При этом выбор основания логарифмов эквивалентен выбору единицы измерения. Если основание логарифмов равно 2, то количество информации измеряется в двоичных разрядах; при основании логарифмов, равном 10, единицам измерения называется десятичным разрядом, а при основании e - натуральной единицей.

16

Т.к.

$$\log_2 M = 3,32 \lg M = 1,44 \ln M,$$

один двоичный разряд содержит $\frac{1}{3,32} = 0,3$ десятичного разряда, или $\frac{1}{1,44} = 0,7$ натуральной единицы. Пусть теперь возможные сообщения не равновероятны. Количество информации, содержащейся в каждом сообщении, в этом случае зависит от соотношения вероятностей возможных сообщений. Если бы, например, имелось всего 2 возможных сообщения А и В, то при вероятности одного из них, скажем А, равной нулю $p_A = 0$ и соответственно вероятности другого равной единице $p_B = 1$, количество информации, содержащейся в каждом сообщении, равнялось бы нулю, так как заранее, еще до получения сообщения, мы были бы уверены, что переданное сообщение есть сообщение В; в случае же, когда А и В равновероятны $p_A = p_B = \frac{1}{2}$, количество информации, содержащейся в каждом сообщении, максимально и равно, очевидно, одному двоичному разряду. Мера количества информации, содержащейся в одном сообщении, некоторым образом характеризует свободу выбора того или иного сообщения или неопределенность появления некоторого сообщения.

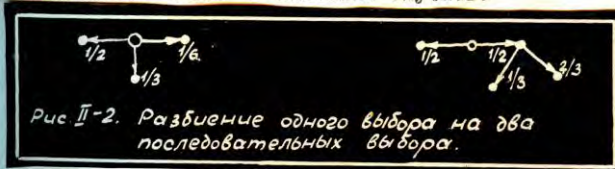
Предположим, что имеется n возможных сообщений, вероятности появления которых равны соответственно $p_1, \dots, p_i, \dots, p_n$. Если существует мера выбора или неопределенности появления того или иного сообщения, скажем $H(p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n)$, то разумно требовать, чтобы эта величина удовлетворяла следующим требованиям:

- 1/ H должна быть непрерывной функцией p_i .
- 2/ Если все p_i равны, $p_i = \frac{1}{n}$, то H должна быть монотонно возрастающей функцией n /при равновероятных сообщениях количество информации, содержащейся в каждом из них, тем больше, чем больше число сообщений/.
- 3/ Если выбор разбивается на два последовательных выбора, то общая H должна быть взвешенной суммой частичных H . Смысл этого требования иллюстрируется рис. П-2.

Слева мы имеем три возможных сообщения с вероятностями $p_1 = \frac{1}{2}$, $p_2 = \frac{1}{3}$, $p_3 = \frac{1}{6}$. Справа тот же выбор разбивается на два последовательных выбора: сначала с вероятностями $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$ мы выбираем между появлением 1-го сообщения или появлением объединения 2-го и 3-го сообщений; в последнем случае производится выбор с вероятностями $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{3}$ между 2-м и 3-м сообщением. В соответствии со сформулированным требованием для этого частного случая должно выполняться соотношение

$$H(\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{6}) = H(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}) + \frac{1}{2} H(\frac{2}{3}, \frac{1}{3})$$

коэффициент $-\frac{1}{2}$ при $H(\frac{2}{3}, \frac{1}{3})$ стоит потому, что второй выбор появляется лишь в половине случаев.



Теорема. Единственная функция, удовлетворяющая трем предположениям, сделанным выше относительно H , имеет вид:

$$H = -K \cdot \sum_{i=1}^n p_i \log p_i,$$

где K — положительная постоянная величина.

Для доказательства предположим сначала снова, что имеется n равновероятных сообщений /с вероятностями $\frac{1}{n}$ / и обозначим $H(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n}) = A(n)$. Пусть далее $n = s^m$. Выбор из s^m равновероятных возможностей можно представить в виде m последовательных выборов, каждый из s равновероятных возможностей. Для каждого из последовательных выборов $H(\frac{1}{s}, \frac{1}{s}, \dots, \frac{1}{s}) = A(s)$, а для m таких выборов в соответствии с условием /3/ должно выполняться соотношение

$$A(s^m) = m \cdot A(s)$$

Аналогично $A(t^l) = l \cdot A(t)$

Для любого l , как бы велико оно ни было, можно найти такое m , чтобы выполнялось условие

$$s^m \leq t^l < s^{m+1} \quad (*)$$

Отсюда

$$m \log s \leq l \cdot \log t < (m+1) \log s$$

или

$$\frac{m}{l} \leq \frac{\log t}{\log s} < \frac{m+1}{l}$$

$$\left| \frac{m}{l} - \frac{\log t}{\log s} \right| < \frac{1}{l} = \epsilon \quad (**)$$

где ϵ — сколь угодно малая величина.

По условию /2/, требующему, чтобы H была монотонно возрастающей функцией n , из неравенства (*) должно вытекать неравенство

$$A(s^m) \leq A(t^l) \leq A(s^{m+1})$$

или

$$mA(s) \leq lA(t) \leq (m+1)A(s)$$

Отсюда

$$\frac{m}{l} \leq \frac{A(t)}{A(s)} \leq \frac{m+1}{l}$$

Следовательно

$$\left| \frac{m}{l} - \frac{A(t)}{A(s)} \right| \leq \frac{1}{l} = \epsilon$$

Сравнивая это неравенство с /** /, получим

$$\left| \frac{\log t}{\log s} - \frac{A(t)}{A(s)} \right| < 2\epsilon$$

Следовательно, с точностью до 2ϵ

$$A(t) = K \log(t) \quad \text{или} \quad A(n) = -K \log \frac{1}{n}$$

где K должно быть положительной постоянной, чтобы выполнялось условие /2/.

Теперь предположим, что n возможных сообщений не равновероятны, но что их вероятности можно представить рациональными дробями:

$$p_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \quad (\sum p_i = \frac{\sum n_i}{\sum n_i} = 1)$$

Можно представить себе, что выбор одного из возможных сообщений является частью выбора из $\sum n_i$, равновероятных возможностей, который производится последовательно: сначала выбором из n возможностей с вероятностями p_i , а затем, если выбрана i -ая возможность, — из n_i равновероятных возможностей с вероятностями $\frac{1}{n_i}$. В соответствие с условием /3/ при этом должно выполняться соотношение

$$H\left(\frac{1}{\sum n_i}, \frac{1}{\sum n_i}, \dots, \frac{1}{\sum n_i}\right) = H(p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n) + \sum p_i H\left(\frac{1}{n_i}, \dots, \frac{1}{n_i}\right)$$

что равносильно, согласно ~~доказанному~~ выше, соотношению:

$$K \log \sum n_i = H(p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n) + K \sum p_i \log n_i$$

Отсюда

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = K (\log \sum n_i - \sum p_i \log n_i)$$

но $\sum p_i = 1$; поэтому

$$\log \sum n_i = \sum p_i \log \sum n_i$$

и

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = -K \sum p_i \log \frac{n_i}{\sum n_i} = -K \sum p_i \log p_i \dots (\text{II-1})$$

Условие /1/ позволяет обобщить формулу /II-1/ на тот случай, когда p_i иррациональны и получить таким образом доказательство теоремы при самых общих условиях.

Функцию $H(p_1, p_2, \dots, p_n) = -\sum p_i \log p_i$ по аналогии с функциями того же вида, применяемыми в статистической физике, называют энтропией множества сообщений.

Выбор величины K , как и выбор основания логарифмов эквивалентен выбору единицы измерения. В дальнейшем полагают-ся $K=1$.

Перейдем теперь к решению основной задачи настоящего раздела. Известно, что на выходе системы связи /в нашем случае - в триггерном регистре/ необходимо иметь некоторое количество - скажем, 25 двоичных разрядов - достоверной информации; нужно найти, сколько двоичных разрядов должен передавать в каждом сообщении источник информации /в данном случае запоминающее устройство/, если задан уровень помех, - скажем, если известно, что в результате помех искажается в среднем 1 двоичный разряд в каждом сообщении. Очевидно, что передавать просто на 1 разряд больше, чем нужно, - из тех соображений, что в среднем 1 разряд искажается, - недостаточно, т.к. на приёмном конце неизвестно, какой именно разряд в данном сообщении принят неверно. Действительно, если бы уровень помех был настолько высок, чтобы ~~ник~~ принимаемое сообщение совсем не зависело от передаваемого, то в каждом "принятом" сообщении в среднем половина разрядов оказалась бы все же принятой верно - в силу чистой случайности -, а искаженной оказалась бы только половина разрядов; ясно, однако, что увеличение количества передаваемых разрядов на 12,5 в этом случае ничего не дало бы, т.к. количество информации, передаваемой через систему, равно нулю.

При наличии помех каждому принятому сообщению может

соответствовать одно из нескольких переданных сообщений. Пусть известно, что принято сообщение i ; апостериорную вероятность того, что было передано сообщение j , обозначим $p_i(j)$. Если бы все $p_i(j)$ для различных j при данном i были равны между собой $/ p_i(j) = \frac{1}{q}$, где q — число возможных переданных сообщений, если известно, что принято сообщение i , то количество информации, содержащейся в данном сообщении i , можно было бы получить, вычитая $\log q = -\log p_i(j)$ из того количества информации, которое содержалось бы в этом сообщении при отсутствии помех; таким образом величина $-\log p_i(j)$ выражала бы в этом случае количество информации, теряемой в данном сообщении i в следствие наличия помех. При неравных между собой вероятностях $p_i(j)$ в качестве меры количества информации, потерянной в сообщении естественно применить, в соответствии со сказанным выше, величину:

$$-\sum_j p_i(j) \log p_i(j)$$

Тогда среднее количество информации, теряемое в одном принятом сообщении, взвешенное по вероятностям принимаемых сообщений, будет выражаться величиной

$$\begin{aligned} \sum_i p_i \cdot \left(-\sum_j p_i(j) \log p_i(j) \right) &= -\sum_{i,j} p_i p_i(j) \log p_i(j) = \\ &= -\sum_{i,j} p(i,j) \log p_i(j) \end{aligned}$$

где p_i — вероятность появления на приемном конце сообщения i , а $p(i,j)$ — вероятность совмещения сообщения i на приемном конце и сообщения j — на передающем.

Величина $-\sum_{i,j} p(i,j) \log p_i(j)$ обозначается обычно $H_y(x)$ и называется условной энтропией X , если известен Y . В нашем случае X — вход канала связи, Y — его выход.

В рассмотренном выше примере, когда помехи настолько велики, что принятое сообщение совсем не зависит от переданного x и y независимы,

$$p_i(j) = p_j$$

и

$$p(i,j) = p_i \cdot p_j$$

а

$$H_y(x) = -\sum_{i,j} p_i p_j \log p_j = -\sum_i p_i \sum_j p_j \log p_j$$

Т.к. $\sum_i p_i = 1$, то отсюда

$$H_y(x) = -\sum_i p_i \log p_i = H(x),$$

т.е. количество информации, теряемое в следствие шумов, равно количеству информации, производимой источником информации, а через систему связи, как и следовало ожидать, никакой информации не передается.

Грубо говоря, $H_y(x)$ представляет собой /в логарифмическом измерении/ среднее количество исходных сообщений, которые могут соответствовать каждому принятому сообщению. Таким образом, на приемное устройство, кроме основных разрядов, содержащих передаваемую информацию, нужно передавать еще $H_y(x)$ специальных разрядов /"контрольные разряды"/, в которых содержалось бы указание, какое именно сообщение было передано из множества возможных исходных сообщений, соответствующих каждому принятому сообщению.

Легко показать, что если количество контрольных разрядов будет меньше, чем $H_y(x)$, то получить достоверное сообщение на приемном конце системы невозможно. Действительно, для любых трех дискретных случайных величин x, y, z

$$H_y(x, z) \geq H_y(x)$$

Выбор пары значений x, z /при известном y / можно представить, как последовательный выбор сначала значения z при известном y , потом значения x при известных y и z . В соответствии с основным свойством энтропии, при этом выполняется соотношение

$$H_y(x, z) = H_y(z) + H_{yz}(x)$$

Следовательно

$$H_y(z) + H_{yz}(x) \geq H_y(x)$$

$$\text{и} \quad H_{yz}(x) \geq H_y(x) - H_y(z)$$

Пользуясь определением энтропии, можно показать, что для любых двух случайных величин y и z

$$H(z) \geq H_y(z)$$

/неопределенность значения z не возрастает от того, что известно значение y /. Таким образом

$$H_{yz}(x) \geq H_y(x) - H(z)$$

Если теперь отождествить x с входом системы связи /основная передаваемая информация/, y — с ее выходом, а z — с дополнительной информацией, передаваемой на приемный конец системы для исправления ошибок, то $H(z)$ будет представлять собой число контрольных разрядов. При $H(z) < H_y(x)$ правая часть последнего неравенства положительна, следовательно и $H_{yz}(x) > 0$.

Но $H_{yz}(x)$ выражает среднюю неопределенность входного сообщения, если известно и основное принятое сообщение y , и значение в контрольных разрядах z . Если эта величина больше нуля, восстановить исходное сообщение с как угодно малой частотой ошибок невозможно.

Таким образом $H_y(x)$ — необходимое количество контрольных разрядов. Доказательством достаточности этого количества будет являться составление кода, позволяющего восстановить исходное сообщение, если известно принятое сообщение и комбинация в контрольных разрядах. Этот код будет состояться не вообще, а для определенного уровня помех, который нельзя, конечно, определить никакими логическими построениями. Вносительно этого уровня мы будем исходить из предположений, что (1) случай правильного приема сообщения, состоящего из m основных разрядов информации и k контрольных разрядов / $m + k = n$, где n — полное число разрядов в каждом сообщении/, и случай приема этого сообщения с ошибкой в точности в одном определенном разряде равновероятны и что, кроме того, (2) случай правильного приема сообщения и n разрядов составляют исчерпывающее множество, т.е. что вероятность случая правильного приема сообщения и случая приема сообщения с ошибкой в одном определенном его разряде равны $\frac{1}{n+1}$.

Два эти предположения, вообще говоря, противоречат друг другу. Действительно, пусть вероятность ошибки в одном из разрядов равна p / а вероятность принять это разряд правильно равна $1-p$ /; тогда предположение /1/ записывается следующим образом:

$$(1-p)^n = (1-p)^{n-1} \cdot p$$

отсюда

$$1-p = p \quad \text{и} \quad p = \frac{1}{2}$$

или

$$p = 1$$

С другой стороны, из предположения /2/ следует:

$$(1-p)^n + n(1-p)^{n-1}p = 1$$

Откуда $p = 0$.

Следовательно, когда мы идеализируем действительную картину помех указанным образом, мы, во-первых, в силу 1-го предположения преувеличиваем роль одиночных ошибок в сообщениях по сравнению со случаями неискаженного приема сообщений /в действительности, конечно, $p \ll \frac{1}{2}$ - иначе вообще невозможно было бы работать с ситемой - и $(1-p)^n \gg p(1-p)^{n-1}/$, а значит, преувеличиваем и действительно необходимое число контрольных разрядов и, во-вторых, в силу второго предположения, пренебрегаем возможностью ошибок в двух, трех и более разрядах сообщения, которые при $p \neq 0$ могут появляться, хотя и в небольшом количестве, если $p \ll \frac{1}{2}$. Однако, если окажется, что количество необходимых контрольных разрядов, вычисленное при выбранных предположениях, невелико по сравнению с полным числом разрядов в сообщении, то ошибка в определении этого количества, получающаяся за счет неточности 1-го предположения будет, видимо, несущественна. Что же касается ошибок более, чем в одном разряде каждого сообщения, то возможности появления ошибок одновременно в двух разрядах сообщения мы учтем в дальнейшем, считая, что возможность таких ошибок все же невелика, а вероятность ошибок более, чем в двух разрядах, как показывает опыт, действительно настолько мала, что ими можно пренебречь.

Итак, каждому принятому сообщению могут соответствовать с равными вероятностями $1/(n+1)$ исходных сообщений / n сообщений, отличающихся от принятого в одном из n разрядов, и одно, полностью совпадающее с ним/. Количество информации, теряемой в каждом сообщении из-за помех, равно

$$H_y(x) = \log_2 \frac{1}{n+1}$$

двоичных разрядов.

Следовательно, полное число разрядов n , которое должно содержаться в каждом сообщении, если известно, что число разрядов информации в каждом сообщении должно быть равно m находится из неравенства

$$n - \log_2(n+1) \geq m$$

При $m = 25$ двоичным разрядом наименьшее целое n , удовлетворяющее этому неравенству, равно $30 / 30 - \log_2 31 = 25,04$; $29 - \log_2 30 = 24,1$ /, и, следовательно, необходимое число контрольных разрядов

$$k = n - m = 30 - 25 = 5$$

Из дальнейшего будет видно, что для обнаружения ошибок одновременно в двух разрядах сообщения без их автоматического исправления потребуются добавление еще одного контрольного разряда, и полное число разрядов в сообщении будет равно $n = 31$.

Интересно отметить, что принятая нами идеализированная картина воздействия помех весьма близка к значительно более реальному представлению о воздействии помех, именно к тому случаю, когда вследствие помех искажается в среднем один разряд в сообщении, содержащем всего 31 двоичный разряд, т.е. когда вероятность ошибки в каждом разряде равна примерно $p = \frac{1}{n} = \frac{1}{31}$.

При этом, если в данном разряде принята "1", то вероятность того, что была передана "1" равна $\frac{30}{31}$, а вероятность того, что был передан "0" равна $\frac{1}{31}$; если же в данном разряде был принят "0", эти цифры меняются местами. Количество информации, теряемой в каждом разряде сообщения, равно

$$\begin{aligned} H_y(x) &= -p(1,1) \log_2 p_2(1) - p(1,0) \log_2 p_1(0) - p(0,0) \log_2 p_0(0) - \\ &\quad - p(0,1) \log_2 p_0(1) = \\ &= -p(1)p_1(1) \log_2 p_1(1) - p(1)p_1(0) \log_2 p_1(0) - \\ &\quad - p(0)p_0(0) \log_2 p_0(0) - p(0)p_0(1) \log_2 p_0(1) \end{aligned}$$

Здесь:

$$p(1) = p(0) = \frac{1}{2} \quad \text{— вероятности передачи "1" или "0";}$$

$$p_1(1) = p_0(0) = \frac{30}{31} \quad \text{— вероятности того, что были переданы "1" или "0", если известно, что приняты соответственно "1" или "0";}$$

$$p_1(0) = p_0(1) = \frac{1}{31} \quad \text{— Вероятности того, что были переданы "0" или "1", если приняты соответственно "1" или "0".}$$

После подстановки:

$$\begin{aligned} H_y(x) &= -\frac{30}{31} \log_2 \frac{30}{31} - \frac{1}{31} \log_2 \frac{1}{31} = \\ &= 0,044 + 0,16 = \\ &= 0,204 \text{ двоичного разряда} \end{aligned}$$

В сообщении же, состоящем из 31 разрядов, из-за помех теряется в среднем

$$31 \cdot 0,204 = 6,3 \text{ двоичного разряда.}$$

Это значит, что если бы при составлении кода мы пользовались не идеализированной, а реальной картиной воздействия помех, то, имея полное количество разрядов в сообщении равным 31, мы могли бы рассчитывать получить около 25 разрядов ($31 - 6,3 = 24,7$) информации не только с исправлением одиночных ошибок и обнаружением двойных, но и с исправлением всех возможных ошибок. Однако, методы составления таких кодов неизвестны, и поэтому их существование нельзя считать доказанным.

Перейдем теперь к непосредственному составлению кода для исправления одиночных ошибок и обнаружению двойных. Распорядимся сначала пятью контрольными разрядами, которые как было показано выше, необходимы для исправления одиночных ошибок. Разобьем все 30 разрядов (25 разрядов информации и 5 контрольных) на 5 групп, с таким расчетом, чтобы в каждую группу входил один контрольный разряд и несколько разрядов информации (каждый разряд информации может входить и более, чем в одну группу, Цифры в разрядах информации могут быть, конечно, произвольными (0 или 1). Они зависят от того, какое именно 25-разрядное двоичное число передается. Значение контрольных разрядов (0 или 1) выберем так, чтобы сумма цифр в каждой контрольной группе была четной. В запоминающем устройстве числа хранятся вместе с их контрольными разрядами. При приеме числа в триггерный регистр производится подсчет суммы цифр в каждой контрольной группе. Результат этого подсчета условимся записывать в виде пятизначного двоичного числа, в младшем разряде которого будет стоять 0 или 1 в зависимости от того, какой оказалась сумма цифр в 1-й контрольной группе: 0 - если четной и 1 - если нечетной; аналогично второй разряд будет указывать на результат подсчета суммы цифр во второй контрольной группе и т.д. Это пятиразрядное двоичное число мы будем называть "контрольным числом". Ясно, что если прием из запоминающего устройства в триггерный регистр произошел верно, то контрольное число будет равно

0 0 0 0 0

Если же один какой то разряд был принят неверно, то сумма цифр в тех контрольных группах, в которые входит этот разряд,

окажется нечетной, и среди цифр контрольного числа появится одна или несколько единиц. Потребуем теперь, чтобы контрольное число, выражало в двоичной форме непосредственно № того разряда, в котором произошла ошибка. Для этого, очевидно, достаточно в первую контрольную группу включить все разряды, № которых в двоичном представлении содержат 1 в младшем разряде, т.е. все нечетные разряды, во вторую контрольную группу - все разряды, №№ которых содержат в двоичном представлении 1 во втором разряде, т.е. 2-й разряд (2=10), 3-ий (/3=11), 6-ой (6=110), 7-ой (7=111), 10-ый (10=1010); аналогично в третью контрольную группу войдут разряды, №№ которых в двоичном представлении содержат 1 в третьем разряде и т.д. Распределение разрядов по контрольным группам приведено в таблице П-1.

Таблица П-1.

Распределение разрядов по контрольным группам.

№ № контр. группы	№№ разрядов, входящих в контрольную группу.
I	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29
II	2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 22, 23, 26, 27, 30
III	4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 30
IV	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
V	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

Т.к. контрольные разряды по условию входят каждый только в одну контрольную группу (чтобы цифра в одном из них не зависела от цифры в другом), №№ контрольных разрядов должны выражаться двоичными числами с единицей только в одном разряде. Поэтому контрольными будем считать следующие разряды:

в I контрольной группе - 1-ый (1 = 00001)
 во II " " - 2-ой (2 = 00010)
 в III « « - 4-ый (4 = 00100)

в IV « « -8-ой (8 = 01000)
 в V « « -16-ый (16 = 10000)

Остальные 25 разрядов будем считать разрядами информации.

Составленный код дополняется 31-ым разрядом, который служит для обнаружения одновременных ошибок в двух разрядах. В этом разряде ставится 0 или 1 так, чтобы сумма цифр во всех 31 разрядах была четной. При приеме числа, закодированного таким образом, возможны следующие случаи:

Табл. П-2

Контрольное число	Сумма цифр по всем разрядам	Указание.	Операция, выполняемая контрольными блоками.
а/ 00000	четная	Символ принят верно.	Разрешение дальнейших операций.
б/ 00000	нечетная	Все разряды, кроме 31-го приняты верно.	"--"
в/ Отлично от 00000	нечетная	Ошибка в разряде, № которого указан контрольным числом.	Изменение состояния разряда, № которого указан контрольным числом, на обратное; разрешение дальнейших операций.
г/ Отлично от 00000	четная	2 разряда приняты неверно.	Запрещение дальнейших операций; сигнал "двойная ошибка".

В соответствии с изложенным, задачи контрольных блоков следующие:

- (1). Вычисление значений контрольных блоков (в том числе и 31-го разряда) перед записью числа в запоминающее устройство.
- (2). Вычисление контрольного числа и суммы цифр для каждого принятого символа.
- (3). Выполнение операций в соответствии с таблицей П-2

Подсчет суммы цифр по контрольным группам и во всем символе можно производить по правилу

$$\begin{aligned} 1 + 1 &= 0 + 0 = 0 \\ 1 + 0 &= 0 + 1 = 1. \end{aligned}$$

т.к. требуется только знать, является она четной или нечетной.

Пример операций, выполняемых контрольными блоками.

В триггерный регистр из арифметического узла или из входного устройства поступило число

110010001111110000101010

Это число разместилось в разрядах информации:

разрядов 3 5 6 7 9 10 11 12 13 14 15 17 18 19 20 21 22 23 24
 Цифры в них 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
 25 26 27 28 29 30
 1 0 1 0 1 0

Прежде, чем записать это число в запоминающее устройство, необходимо вычислить цифры в контрольных разрядах. Для 1, 2, 4, 8 и 16 разрядов эти цифры находятся суммированием цифр в соответствующих контрольных группах, без контрольных разрядов, которое выполняется по записанному выше правилу. Образуя контрольные группы согласно табл. П-1, найдем:

Значение 1 разряда равно $1+1+0+1+0+1+1+1+1+0+0+1+1+1 = 0$

Значение 2 разряда равно $1+0+0+0+0+1+1+1+1+0+0+0+1+0 = 0$

" 4 " " $1+0+0+0+1+1+1+1+0+0+0+0+1+0 = 0$

" 8 " " $1+0+0+0+1+1+1+0+1+0+1+0+1+0 = 1$

" 16 " " $1+1+1+1+0+0+0+0+1+0+1+0+1+0 = 1$

Значение 31-го разряда определяется как сумма цифр в первых 30 разрядах, найденное по тому же правилу. Оно равно $0+0+1+0+1+0+0+1+1+0+0+0+1+1+1+1+1+1+1+0+0+0+0+1+0+1+0+1+0=1$

Таким образом, в запоминающее устройство записывается символ:

Триггерный регистр, связанный с запоминающим устройством и контрольными блоками, является единственным регистром, содержащим 31 разряд; он называется «программно—цифровой магистралью» (сокращенно «ПЦМ») и размещается на стойке арифметического узла. Все числа, в том числе и специальные числа - инструкции, попадают в основные регистры арифметического узла и главного программного датчика через ПЦМ, причем все эти регистры связаны, конечно, только с разрядами информации ПЦМ. Разряды информации получают при этом другую нумерацию, естественно связанную с двоичной формой числа, выраженного ими:

3 разряд	ПЦМ соответствует			24-му	разряду	числа
5	«	«	«	23-му	«	«
6	«	«	«	22-му	«	«
29	«	«	«	1-му	«	«
30	«	«	«	разряду знака числа.		

П-3. Функции главного программного датчика

В соответствии с изложенными принципами программирования и контроля, функции главного программного датчика сводятся к следующим:

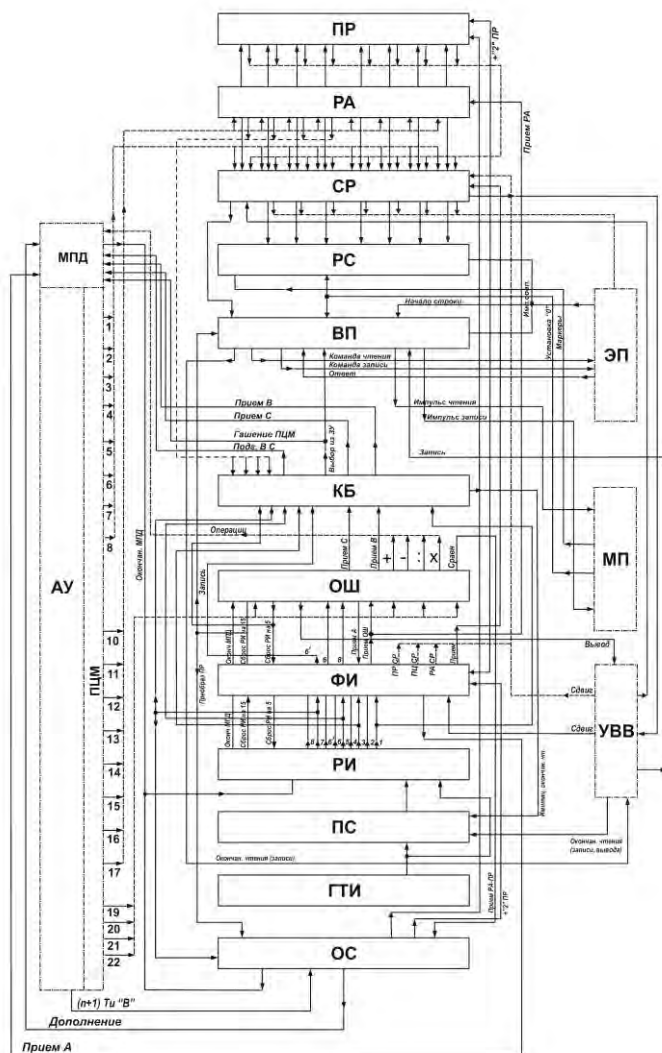
1. Поиск в запоминающем устройстве необходимых чисел и инструкций.
2. Контроль правильности выбора из запоминающего устройства чисел и инструкций.
3. Передача чисел в нужные регистры арифметического узла и запуск местного программного датчика арифметического узла для производства арифметических действий в соответствии с указаниями в инструкции.
4. Кодирование чисел, подлежащих записи в память, выбор адресов, по которым должна производиться запись и подача команды записи.
5. Запуск устройства ввода и вывода для производства вывода результатов из машины, когда такой вывод запрограммирован.
6. Согласование времен работы других узлов: местного программного датчика арифметического узла, запоминающего устройства, устройства ввода и вывода.

Кроме того, главный программный датчик выполняет некоторые вспомогательные функции:

1. Промежуточное запоминание инструкций в триггерных регистрах,
2. Промежуточное запоминание и преобразование адресов инструкций. Последнее может быть поставлено в зависимость от результатов предыдущих вычислений (см. раздел П-1 - об операции сравнения).
3. Питание тактирующими импульсами схемы электростатической памяти.

В следующей главе будет показано, как эти функции реализуются в схеме ГПД

III. СХЕМА ГЛАВНОГО ПРОГРАММНОГО ДАТЧИКА



Блок - схема главного программного датчика (ГПД)

III-1 Блок-схема главного программного датчика и цикл его работы.

ГПД работает от тактирующих импульсов генератора тактирующих импульсов (ГТИ), частота которых равна примерно 60 – 80 кгц. Импульсы ГТИ отсчитываются 4—разрядным двоичным счетчиком распределителя импульсов (РИ) и через блок формирования импульсов (ФИ) поступают дальше на схему. Однако на распределитель импульсов воздействуют не все импульсы ГТИ. В то время, как вход нечетных импульсов РИ соединен непосредственно с выходом ГТИ, на вход четных импульсов РИ поступают только те импульсы ГТИ, которые проходят через соответствующие клапаны блока пуска и синхронизации (ПС) и контрольных блоков (КБ) ПС пропускает один импульс ГТИ после нажатия пускового ключа и по одному (ближайшему по времени) импульсу ГТИ после прихода каждого из импульсов, означающих конец записи в запоминающее устройство или конец вывода результата вычислений на телетайп, Клапан контрольных блоке® выдает один импульс ГТИ после окончания контроля и исправления числа, принятого из запоминающего устройства в программно-цифровую магистраль арифметического узла. До начала работы пусковой ключ находится в нейтральном положении, причем замыкается цепь электромагнитного реле, удерживающего счетчик РИ в «донулевом» (пятнадцатом) положении. Перед пуском машины в восьми триггерах пускового регистра (ИР) ключами наборного устройства набирается вручную адрес первой частичной инструкции.

Пуск машины осуществляется нажатием пускового ключа. При этом отпускает электромагнитное реле РИ и через 5 - 7 сек. через блок пуска и синхронизации проходит первый импульс ГТИ. Этот импульс перебрасывает счетчик РИ в нулевое положение. Следующий импульс ГТИ воздействует на вход нечетных импульсов РИ и перебрасывает счетчик РИ в 1-ое положение. При этом РИ выдает в схему 1-ый импульс.

Первым импульсом, сформированным в блоке формирования (ФИ), адрес 1-ой частичной инструкции передается из пускового регистра в 8 триггеров селекционного регистра (СР). Кроме того, 1-ый импульс проходит через ступени формирования, имеющиеся в блоке клапанов (БК) и воздействует на блок выбора памяти (ВП), причем, одновременно гасится программно – цифровая магистраль. В зависимости от положения первого триггера СР, в блоке выбора памяти при этом открывается либо клапан выдачи из электростатической памяти, либо клапан выдачи из магнитной памяти.

Если открыт клапан выдачи из электростатической памяти, то через него проходит передний фронт ближайшего по времени импульса начала строки, поступающего из блока электростатической памяти. Этим импульсом производятся следующие операции:

- закрывается клапан чтения в блоке ВП,
- триггер «чтение, запись – регенерация», имеющийся в блоке электростатической памяти, устанавливается в положение "чтение, запись";
- триггеры команд, имеющиеся в контрольных блоках, устанавливаются в положение "проверить".

В результате первая частичная инструкция, записанная в электростатической памяти на строке, № которой указан комбинацией в 7 старших разрядах селекционного регистра, методом последовательного сдвига выдается в программно-цифровую магистраль арифметического узла, а контрольные блоки одновременно производят подсчет суммы цифр в этой инструкции в целом и по контрольным группам. После того, как в программно-цифровую магистраль выйдет последний разряд инструкции, триггер "чтение, запись - регенерация" в блоке ЭП автоматически устанавливается в положение "регенерация". В случае, если инструкция была принята правильно, контрольные блоки выдают на вход четных импульсов РИ импульс "окончание контроля". Если инструкция была принята с ошибкой в одном разряде, импульс "окончание контроля" выдается только после исправления этой ошибки контрольными блоками, а в случае ошибки одновременно в двух разрядах инструкции импульс "окончание контроля" вовсе не появляется, загорается сигнал "двойная ошибка".

7 старших разрядов селекционного регистра связаны не только с дешифраторами кадровой развертки в блоке электростатической памяти, но и с дешифраторами каскада совпадения, имеющегося в регистре сравнения (РС).

7-разрядный счетчик регистра сравнения отсчитывает маркерные импульсы, поступающие из блока магнитной памяти. Когда комбинация в счетчике РС совпадает с комбинацией в 7 старших разрядах селекционного регистра, с каскада совпадения РС в блок выбора памяти поступает импульс совпадения. Если в блоке выбора памяти открыт при этом клапан выдачи из магнитной памяти, то в нем из импульса совпадения формируется импульс чтения, поступающий далее в блок магнитной памяти.

Инструкция, записанная на выбранной образующей магнитного барабана параллельно (одновременно на всех разрядах) подается в приемно-цифровую магистраль арифметического узла, а контрольные блоки получают команду «проверить». При этом контрольные блоки действуют так же, как при проверке инструкции, выбираемой из электростатической памяти, с той только разницей. Что импульсы сдвига при выборе из электростатической памяти подавались на клапаны приемно-цифровой магистрали от блока памяти, а теперь формируются непосредственно в контрольных блоках.

Все описанные операции, выполняемые первым импульсом, в дальнейшем будут кратко обозначаться словами «выбор из памяти инструкции (числа) и его контроль».

Импульс окончания контроля, сформированный в контрольных блоках, поступает на вход четных импульсов распределителя импульсов и перебрасывает его счетчик во 2-ое положение. Из РИ на схему поступает 2-ой импульс.

2-ым импульсом, сформированным в блоке формирования /ФИ/, производится прием адреса 1-го числа /1-8 разряды ПЦМ/ в селекционный регистр /СР/, адреса 2-го числа /10 - 17 разряды ПЦМ/ - в 8 триггеров регистра адреса /РА/ и кода операций /19 - 21 разряды ПЦМ/ - в 3 триггера блока операций и шифра /ОШ/.

Следующий импульс ГТИ воздействует на вход нечетных импульсов РИ- Счетчик РИ перебрасывается в 3-е положение, и на схему поступает 3-ий импульс. Аналогично тому, как 1-ым импульсом производился выбор из памяти первой частичной

инструкции, 3-им импульсом производится выбор из памяти 1-го числа в соответствии с адресом, имеющимся в селекционном регистре, и его контроль.

Импульс окончания контроля, формируемый в контрольных блоках в случае правильного приема числа или после исправления одиночной ошибки в нем, поступает на вход четных импульсов РИ и перебрасывает его в 4-ое положение. В схему проходит 4-ый импульс.

4-ым импульсом, сформированным в ФИ, производится передача 1-го числа из приемно-цифровой магистрали в регистр "А" арифметического узла.

Воздействующий затем на вход нечетных импульсов РИ следующий импульс ГТИ перебрасывает счетчик РИ в 5-ое положение и вызывает появление в схеме 5-го импульса. 5-ым импульсом, сформированным в блоке формирования импульсов, производится прием адреса 2-го числа из регистра адреса /РА/ в селекционный регистр. 5-ый импульс также воздействует на блок выбора памяти, аналогично тому, как действовали 1-ый и 3-ий импульсы, при чем производится выбор из памяти 2-го числа в соответствии с адресом, переданным в селекционный регистр, и его контроль. Кроме того 5-ый импульс выполняет вспомогательные функции;

- добавление числа «2» к адресу 1-ой частичной инструкции в пусковом регистре, для чего 5-ый импульс специально формируется в ФИ, в ПР получается при этом адрес 2-ой частичной инструкции;

- подготовка приема 2-го числа в регистр "В" или «С» арифметического узла, для чего 5-ый импульс поступает в блок клапанов, где устанавливает специальный триггер в такое состояние, что на шине, |"подпирающей" дешифраторы приема из ПЦМ в указанные регистры, устанавливается высокое напряжение.

Аналогично предыдущему, после окончания контроля счетчик РИ перебрасывается в очередное четное, т.е. в 6-ое положение, в результате чего появляется 6-ой импульс.

6-ой импульс формируется, в ФИ и поступает на клапаны блока операций и шифра. В зависимости от положения триггеров операций он проходит либо по каналу приема из ПЦМ в регистр "В" арифметического узла, либо по каналу приема в регистр "С" арифметического узла (при умножении производится приём 2-го

числа в «С», при всех других действиях - в В). Импульсы для приёма в "В" и "С" дополнительно формируются специальными ступенями формирования, имеющимися в блоке клапанов, и поступают далее на пентодные сетки клапанов соответствующего регистра арифметического узла. Кроме того, 6-ой импульс перебрасывает триггер, имеющийся в блоке клапанов и открывающий дешифраторы приема в «В» и «С» в состояние, противоположное тому, которое было установлено 5-ым импульсом, и таким образом закрывает дешифраторы приема в «В» и «С».

Одновременно со следующим импульсом ГТИ распределитель импульсов выдает 7-ой импульс. 7-ым импульсом осуществляется передача адреса 2-ой частичной инструкции из пускового регистра в селекционный регистр, выбор из памяти 2-ой частичной инструкции и ее контроль. Кроме того, 7-ой импульс гасит (устанавливает на 0) триггер в блоке операции сравнения (ОС), который после включения машины мог оказаться в произвольном состоянии.

Появляющимся после окончания контроля 8-ым импульсом производятся следующие операции:

а) Запускается местный программный датчик (МПД) для производства действия, указанного комбинацией в трех триггерах операций блока ОШ. Для этого 8-ой импульс проходит через клапаны, имеющиеся в блоке операций и шифра на один из входов МПД.

б) Одновременно с запуском МПД комбинация, имеющаяся в 1 - 8 разрядах ПЦМ, передается в триггеры селекционного регистра. Если 2-ая частичная инструкция была принята в варианте А/, то эта комбинация является адресом результата; в варианте Б/ она представляет собой адрес 3-го числа, а в варианте В/ в указанных разрядах комбинация может быть произвольной.

в/ Комбинация, имеющаяся в 10 - 17 разрядах ПЦМ, передается в регистр адреса. В варианте А/ эта комбинация является адресом следующей инструкции, в вариантах же Б/ и В/ 10-13 разряды ПЦМ /соответственно первые четыре разряда РА/ представляют собой специальные разряды, а комбинация в 14 - 17 разрядах ПЦМ произвольна.

г/ Комбинация, имеющаяся в 19 - 21 разрядах ПЦМ передается в триггеры операций блока операций и шифра. В варианте А/ она может иметь либо специальный вид, соответствующий указанию о необходимости вывода результата из машины /001/, либо иметь

любой другой вид. В вариантах Б/ и В/ она представляет собой указание, какую операцию нужно будет совершить над результатом действия, выполнение которого в этот момент времени начинает МПД, и 3-им числом или только над результатом.

д/ В триггер шифра, имеющийся в блоке операций и шифра, из 22-го разряда ПЦМ передается единица /если 2-ая частичная инструкция имеет вид, соответствующий варианту А// или нуль /варианты Б/ и В//.

Для совершения передач, указанных в п.п. б/ - д/, 8-ой импульс подается в тот же канал, по которому проходит 2-ой импульс.

Если к моменту прихода 8-го импульса в триггерах операций /блок операций и шифра/ стояла комбинация, соответствующая операции сравнения, /111/, то 8-ой импульс, пройдя через соответствующий клапан в блоке ОШ и ступени формирования блока ОШ, запускает в местном программном датчике кипп-реле взятия дополнения в регистре «А» арифметического узла.

Одновременно в блоке операции сравнения устанавливается на «1» имеющийся там триггер /выше было указано, что 7-ым импульсом этот триггер устанавливается в нулевое положение/ и запускается кипп-реле имитации ответа МПД. Во всех остальных случаях триггер в блоке ОС остается на нуле, а импульс ответа об окончании операции выдается местным программным датчиком одновременно с выдачей результата в приемно-цифровую магистраль.

После прохождения 8-го импульса через время, равное одному такту ГТИ /это время заведомо меньше, чем время работы МПД/ счетчик РИ перебрасывается в 9-ое положение. Никакие импульсы с РИ в схему при этом не выходят.

Поступающий из МПД в момент окончания его работы импульс /или имитирующий его импульс, выходящий из блока операции сравнения, если производится сравнение/ задерживается кипп-реле, имеющимся в РИ, формируется и усиливается в блоке формирования импульсов и поступает далее на клапаны, связанные с триггером шифра в блоке операций и шифра /ОШ/. Дальнейшая последовательность работы ГИД зависит от положения триггера шифра к моменту прихода импульса окончания МПД, т.е. от вида второй частичной инструкции.

А. Если _вторая частичная инструкция _была принята в варианте А (в шифре 1).

Импульс окончания МПД, пройдя через соответствующий клапан в блоке ОШ, повторяется катодным повторителем, имеющимся в блоке СИ, и сбрасывает счетчик РИ в "до-нулевое" /пятнадцатое/ положение - такое же, как перед началом работы. Одновременно этот импульс, пройдя через один из клапанов, имеющихся в блоке операции сравнения /ОС/, производит либо передачу адреса следующей инструкции из регистра адреса /РА/ в пусковой регистр /ПР/, либо добавление числа "2" к адресу второй частичной инструкции, хранившемуся до этого времени в ПР. Добавление числа "2" происходит в том случае, когда производилось сравнение и оказалось, что 1-ое число, выданное в регистр "А" арифметического узла, меньше числа, выданного в регистр "В". Во всех остальных случаях производится передача из РА в ПР. Так или иначе, в ПР оказывается адрес некоторой новой инструкции, имеющей вид, аналогичный первой **частичной** инструкции.

Импульс окончания МПД, прошедший через клапан шифра в блоке ОШ, воздействует, кроме того, на контрольные блоки, где воспринимается как команда "образовать контрольные разряды". При этом контрольные блоки подсчитывают суммы цифр в результате арифметического действия, находящийся в ПЦМ, по контрольным группам и во всем числе и устанавливают в **контрольных** разрядах такие значения, чтобы эти суммы были четными. **После** завершения этой операции контрольные блоки выдают **импульс**, являющийся командой записи .

В блоке выбора памяти при этом в зависимости от положения 1-го триггера селекционного **регистра** /СР/ открывается либо клапан записи в электростатическую память, **либо** клапан записи в магнитную память. Если открыт клапан записи в электростатическую память, то через него проходит **передний** фронт ближайшего по времени импульса **начала строки**. В блоке ВП из неге формируются импульсы, опрокидывающие 2 триггера, **имеющиеся** в блоке электростатической памяти: триггер "чтение, запись - **регенерация**" - в положение "чтение,запись" и триггер "чтение, регенерация - запись" - в положение "запись". При этом

на строке, соответствующей комбинации в 7 старших разрядах СР, записывается результат, находящийся в ПЦМ, вместе с его контрольными разрядами. При установке триггера "чтение, запись - регенерация" в положение "регенерация" в блоке ВП закрывается клапан записи. Следующий импульс начала строки оба триггера в ЭП возвратит в исходное состояние, причем из фронта триггера "чтение, запись - регенерация" в блоке ВП формируется импульс "окончание записи".

Если в блоке выбора памяти был открыт не клапан записи в электростатическую память /ЭП/, а клапан записи в магнитную память /МП/, то в момент совпадения комбинации в счетчике РС с комбинацией в 7 старших разрядах СР через него пройдет импульс совпадения с каскада совпадения РС. Из этого импульса в блоке ВП формируется импульс записи, передаваемый на лампы записи магнитной памяти; на выбранной образующей магнитного барабана при этом фиксируется находящийся в ПЦМ результат вместе с его контрольными разрядами. После окончания записи в блоке ВП закрывается клапан записи и формируется импульс "окончание записи".

В случае, если к моменту прихода импульса окончания МПД в триггерах операций блока ОШ стояла комбинация, соответствующая выводу результатов, импульс окончания МПД проходит также через соответствующий клапан блока ОШ и дает команду "вывод" устройству ввода к выводу /УЕВ/. Однако устройство ввода и вывода, начинает работать с некоторым запаздыванием, определяемым постоянным временем имеющих в нем электромагнитных реле. Поэтому вывод начинается уже после того, как были образованы значения в контрольных разрядах и произведена запись результата в запоминающее устройство. Результат выводится на телетайп вместе со своими контрольными разрядами, что дает возможность проверять правильность срабатывания контрольных блоков при образовании значений контрольных разрядов.

Импульс окончания записи подается на клапан, имеющийся в устройстве ввода и вывода. Клапан открыт в том случае, если УВВ не восприняло перед этим команды "вывод". В противном случае импульс окончания записи не проходит, вместо него в устройстве

ввода и вывода формируется импульс "окончание вывода". Импульс окончания записи или окончания вывода с УВВ поступает на блок пуска и синхронизации /ПС/. После получения этого импульса ПС пропускает один /ближайший по времени/ импульс генератора тактирующих импульсов, который поступает на вход четных импульсов распределителя импульсов.

К моменту прихода импульса окончания записи (вывода) ГПД находится в состоянии, аналогичном состоянию, имеющемуся в начале работы: счетчик распределителя импульсов стоит в «до-нулевом» положении, а в пусковом регистре находится адрес новой инструкции. После получения импульса окончания записи (вывода) блок ПС пропускает один (ближайший по времени) импульс ГТИ, который выполняет те же функции что и импульс, выданный блоком пуска и синхронизации (ПС) в начале работы после нажатия пускового ключа.

Цикл работы ГПД повторяется сначала (разумеется, с новой инструкцией).

Б. Если вторая частичная инструкция была принята в варианте Б или В (в шифре 0)

Импульс окончания МПД, пройдя через соответствующий клапан в ОШ, повторяется катодным повторителем, имеющимся в ФИ, и сбрасывает счетчик РИ в 5-е положение (5-й импульс выходит только при переходе счетчика РИ из 4-го в 5-е положение, и поэтому он появляется при сбросе в 5-е положение из 9-го). Одновременно в РИ сбрасывается триггер, запирающий 6-ой канал и отпирающий канал 6*. Этот триггер будет установлен в исходное положение только в начале нового цикла ГПД 2-м импульсом. Кроме того, импульс окончания МПД попадет на клапаны клапанного блока (КБ), связанные с первым из специальных разрядов (1-ый триггер РА). Если в этом триггере стоит 1 (она указывает на необходимость выбора из памяти 3-го числа – вариант Б), то импульс счетчика МПД,

пройдя через соответствующий клапан, гасит ПЦМ и воздействует на блок ВП, причем, аналогично описанному выше происходит выбор из памяти 3-го числа в соответствии с адресом находящимся в СР. Если в первом разряде РА стоит 0 (указание на отсутствие выбора из памяти 3-го числа – вариант В), то импульс окончания МПД на блок ВП не воздействует и гашение ПЦМ не происходит; вместо этого в КБ запускается кипп-реле, имитирующее через некоторое время импульс окончания чтения.

Импульс окончания МПД воздействует также на клапаны КБ, связанные с тремя остальными специальными разрядами (2, 3 и 4 разряды РА). В зависимости от положения этих разрядов происходит выдача результата из АУ-ПЦМ в один из регистров или в два из регистров арифметического узла (А, В или С). Одновременно импульсом окончания МПД, специально сформированным в ФИ, производится в этом случае добавление числа «2» к адресу второй частичной инструкции, хранящегося в ПР. В ПР получается при этом адрес следующей частичной инструкции.

Импульс окончания контроля, пройдя через клапан УВВ, или имитирующий его импульс, формируемый в КБ, воздействует на блок пуска и синхронизации. Если ПС пропускает ближний по времени импульс ГТИ, который, попадая на вход четных импульсов РИ, перебрасывает его в 6-ое положение и вызывает появление импульса 6*. Этот импульс формируется в блоке ФИ и поступает на имеющийся в КБ клапан, связанный с 1-м триггером РА. Если выбор из памяти 3-го числа не производился («0» в первом разряде РА), то импульс 6* никуда дальше не проходит. В противном случае он поступает на два других клапана клапанного блока, связанных с 2-м, 3-м и 4-м триггерами РА. Эти клапаны соединены так, что если результат был выдан в регистр А АУ, то импульсом 6* производится выдача 3-го числа в регистр «А» АУ, если же результат был выдан в регистр «В» или «С» арифметического узла, то 3-е число выдается в регистр «А» АУ.

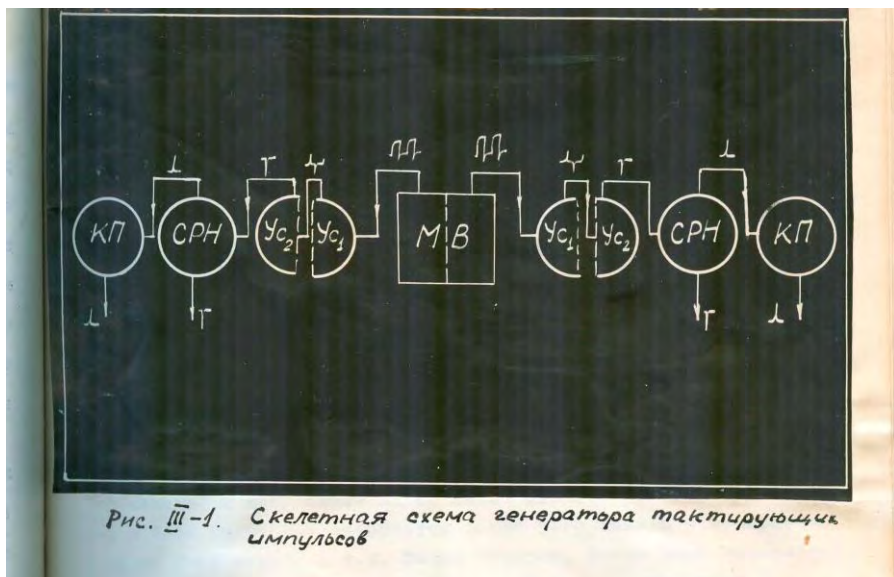
Одновременно со следующим импульсом ГТИ распределитель импульсов выдает в схему 7-й импульс и дальнейшая работа главного программного датчика не отличается от описанного выше цикла.

На время первоначального заполнения памяти пусковой ключ находится в поднятом состоянии, и электромагнитное реле удерживает счетчик РИ в «до-нулевом» состоянии. Устройство ввода и вывода вводит методом последовательного сдвига адреса чисел (инструкций) в триггеры селекционного регистра, причем через них последовательно продвигаются также разряды числа (инструкции) в триггеры ПЦМ-АУ. Сдвиг осуществляется импульсами, генерируемыми в УВВ и дополнительно формируемыми в блоке ФИ. После установки адреса и числа (инструкции) УВВ воздействует на блок ВП; при этом запись производит, как обычно, но импульс окончания записи на блок ПС не воздействует (т.к. поднят пусковой ключ).

III - 2. Генератор тактирующих импульсов (ГТИ)

Скелетная схема приведена на рис. III - 1

Задающим генератором является самовозбуждающийся мультивибратор, выполненный на двух лампах 6Ж4. Сопротивления нагрузки мультивибратора включены в экранные сетки ламп, а импульсы снимаются со свободных сопротивлений, включенных в аноды ламп. Импульсы мультивибратора дифференцируются дифференцирующими цепочками и усиливаются двухступенными усилителями (Ус 1 - Ус 2), выполненными на лампах 6Н8-С. Первая ступень усилителя (Ус-1) усиливает двухполярные импульсы дифференцирующей цепочки, вторая - только положительные импульсы, так что в её аноде получаются только отрицательные импульсы. Отрицательные импульсы с Ус 2 подаются на ступень с разделенной нагрузкой, выполненную на лампе 6ПЗ. Отрицательные импульсы снимаются непосредственно с катода 6ПЗ, положительные импульсы, получающиеся в ее аноде дополнительно повторяются катодным повторителем, выполненные также на лампе 6ПЗ.



Частота, мультивибратора регулируется изменением напряжений на концах сопротивлений времязадающих дифференцирующих цепочек и может иметь величину от 60 до 140 кГц. Постоянные времени дифференцирующих цепочек равны $50 \text{ пф} \times 2,7 \text{ ком} = 1,35 \text{ мксек}$, так что треугольные импульсы, получающиеся на выходе дифференцирующих цепочек, имеют длительность около 2,5 мксек. Дальнейшее укорочение импульсов достигается отрезанием нижней части импульсов отсечкой анодного тока второй ступени усиления. Отрицательное смещение на сетке второй ступени усилителя и на сетке ступени с разделенной нагрузкой получается за счет сеточных токов ламп. Постоянные времени анодных цепей усилительных ламп и ступени с разделенной нагрузкой имеют порядок 0,05 мксек. Левая и правая части схем совершенно симметричны. На выходах генератора тактирующих импульсов имеются две сдвинутые по времени на половину периода последовательности импульсов (как положительных, так и отрицательных). Амплитуда выходных импульсов - порядка 120 в, длительность - порядка 1 мксек.

III-3. Распределитель импульсов.

Скелетная схема приведена на рис. III - 2

Основной частью распределителя импульсов является 4-разрядный двоичный счетчик из 4 триггеров. Счетчик проверялся на частоте до 140 кГц. Счетчик имеет две шины сброса: для установки в "до-нулевое" (пятнадцатое) положение и для установки в 5-0е положение, а также может устанавливаться в "до-нулевое" положение контактами электромагнитного реле (контакты нормально разомкнуты). Сетки первого триггера разъединены («вход нечетных импульсов» и «вход четных импульсов»).

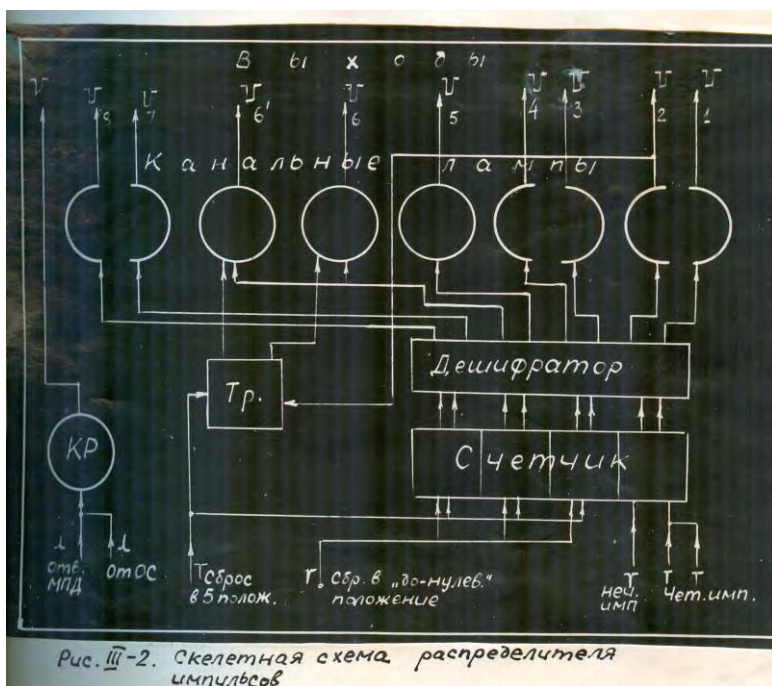


Рис. III-2. Скелетная схема распределителя импульсов

Триггеры счетчика через катодные повторители, которые на блок-схеме не показаны, соединены с дешифратором на 8 выходов.

К выходам дешифратора подключены сетки канальных ламп (1/2 6Н8-С), а к 6-ому выходу дешифратора - сетки двух клапанов, управляемых от специального триггера, выбирающего канал 6 или канал 6*. Все канальные лампы нормально заперты, кроме одной из них. Если, например счетчик находится в нулевом положении, то открыта лампа 1-го канала, и напряжение на ее аноде низкое. При переходе счетчика в 1-ое положение запирается лампа 1-го канала и отпирается лампа 2-го канала и т.д. Таким образом, когда выше говорилось, что, например, счетчик РИ устанавливается в

1-ое положение и в схеме появляется 1-ый импульс, то под этим подразумевалось либо появление в 1-ом канале широкого отрицательного импульса, длящегося от того момента времени, когда счетчик был установлен в нулевое положение, до момента переброса его в 1-ое положение, либо появление положительного фронта напряжения на аноде лампы 1-го канала, в момент переброса счетчика из нулевого в первое положение. Для формирования команд используются как широкие отрицательные импульсы, имеющиеся на выходах РИ, так и их задние фронты.

Триггер, управляющий выбором каналов 6 и 6*, сбрасывается в положение, когда открыт канал 6*, импульсом сброса счетчика в 5-ое состояние (т.е. при выполнении второй частичной инструкции в вариантах Б (или В), а в противоположное состояние – 2-ым импульсом, т.е. при выполнении 1-ой частичной инструкции.

Кроме того на шасси распределителя импульсов смонтировано кipp-реле, задерживающее ответный импульс местного программного датчика. Кipp-реле запускается от положительных импульсов, поступающих либо с местного программного датчика, либо с блока операции сравнения.

Длительность кипп-реле - порядка **20** мксек, используется его отрицательный импульс.

III-4. Блок пуска и синхронизации (ПС).

Скелетная схема приведена на рис. III-3.

Когда пусковой ключ поднят (К.- в положении "1") триггер Тр. удерживается в состоянии, которое можно обозначить нулем. При этом на экранной сетке клапана Кл. (6Ж4) через катодный повторитель КП, выполненный на 1/2 6Н8-С, поддерживается напряжение порядка +60 в ; клапан, однако, закрыт по управляющей сетке, на которую через пусковой ключ подается напряжение -150 в, и импульсы ГТИ, поступающие на пентодную сетку клапана, через него не проходят. После нажатия пускового ключа конденсатор емкостью в 1 мкф, включенный между управляющей сеткой и катодом клапана, через сопротивление утечки сетки (1 мгом) разряжается от потенциала -150 в до потенциала земли. Постоянная времени разряда равна 1 сек, так что через 5 - 7 сек после нажатия пускового ключа через клапан пройдет первый импульс ГТИ. Прошедший импульс формируется кипп- реле и сбрасывает триггер в положение "1". Фронт триггера при этом воздействует на вход четных импульсов распределителя импульсов (РИ). Когда триггер находится в положении «1», загорается неоновая лампочка, выведенная на переднюю панель машины (сигнал "производятся вычисления"), а клапан блока ПС заперт по экранной сетке, и следующие импульсы ГТИ через него не проходят. Импульсы окончания записи /вывода/ и импульсы, формируемые в блоке клапанов /иммитация окончания контроля при использовании второй частичной инструкции в варианте В//, снова перебрасывают триггер Тр в нулевое положение, в результате чего клапан Кл отпирается по экранной сетке и пропускает один импульс ГТИ, сбрасывающий триггер в 1-ое положение. Как и раньше, триггер при этом запирает клапан, так что следующий импульс ГТИ через него не проходит, а фронт

триггера используется на входе четных импульсов РИ. Мигание неоновой лампочки на передней панели при этом незаметно.

Таким образом блок пуска и синхронизации передает на вход четных импульсов РИ один импульс ГТИ после нажатия пускового ключа и по одному импульсу ГТИ после прихода каждого из импульсов окончания записи /вывода/ или импульсов имитации окончания контроля.

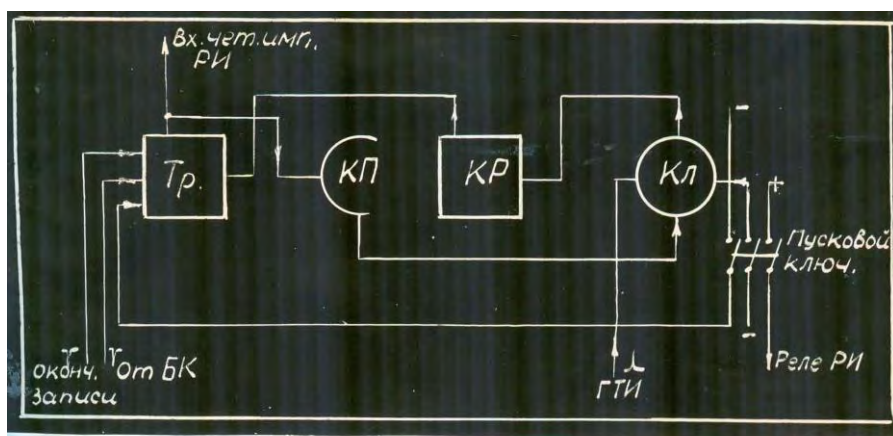


Рис. III-3. Скелетная схема блока пуска и синхронизации

III-5. Блок формирования импульсов /ФИ/.

Скелетная схема приведена на рис. III-4.

Блок ФИ состоит в основном из 13 независимых, а частью связанных между собой усилителей импульсов. Ус-1 усиливает задние фронты 1-го, 5-го и 7-го импульсов РИ, задний фронт импульса кипп-реле КР, запускаемого задними фронтами 2-го и 8-го импульсов РИ, а также импульсы сдвига СР, формируемые в устройстве ввода и вывода. Усилитель двухступенный, с катодным повторителем на выходе; обе ступени и катодный повторитель выполнены на 1/2 6Н8-С. На входе 1-ой ступени

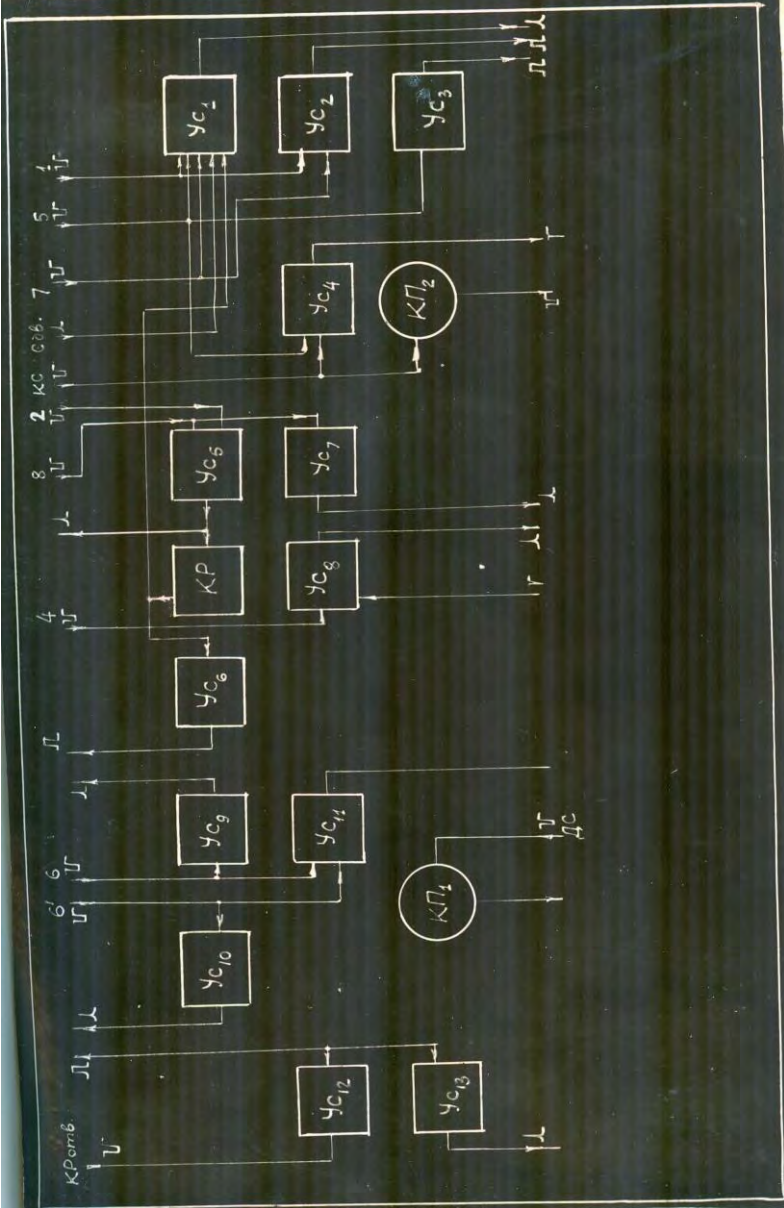


Рис. III-4. Скелетная схема блока формирования импульсов

имеются дифференцирующие цепочки по числу входных импульсов и диодный смеситель, между первой и второй ступенями усиления стоит еще одна дифференцирующая цепочка. На выходе Ус-1 получаются положительные импульсы с амплитудой 70-80 в и длительностью порядка 2 мксек, которые подаются на пентодные сетки клапанов селекционного регистра /СР/ для приема в селекционный регистр или для сдвига в нем /см. раздел Ш-8/.

Усилитель Ус-2 усиливает широкие отрицательные импульсы с 1-го и 7-го выходов РИ. Усилитель одноступенный на 1/2 6Н8-С, с катодным повторителем на $\frac{1}{2}$ 6Н8-С; выход ступени усиления делится на входе катодного повторителя в отношении 2/3 омическим делителем 50ком - 100ком, при чем одновременно получается интегрирование /удлинение/ импульса. На входе усилителя имеется диодный смеситель. Импульсы на выходе усилителя имеют длительность, равную одному такту ГТИ /10 - 15мксек/ при длительности фронтов порядка 3 мксек и амплитуду около 50 в /от постоянного уровня +110 в до +160 в/; они используются для "подпора" дешифраторов приема в селекционные регистр из пускового регистра /см.раздел Ш-8/.

Усилитель Ус-3 по схеме вполне аналогичен Ус-2 и усиливает широкие отрицательные импульсы с 5-го выхода РИ /диодный смеситель на входе отсутствует/. Выходные импульсы по форме аналогичны выходным импульсам УС и используются для "подпора" дешифраторов приема в СР из регистра адреса /РА/.

Усилитель Ус-4 усиливает задние фронты 5-го импульса РИ и отрицательного импульса сброса счетчика РИ в 5-ое положение.

Усилитель одно-ступенный, на лампе $\frac{1}{2}$ 6Н8-С; на входе имеются две дифференцирующие цепочки /по числу входных импульсов/ и диодный смеситель» На выходе получается отрицательные импульсы с амплитудой 60-70 в и длительностью порядка 2-3 мксек, которые используются как команда "добавление числа "2" к адресу инструкции, хранящемуся в пусковом регистре".

Усилитель Ус-5 усиливает задние фронты 2-го и 8-го импульсов РИ. Усилитель двух-ступенный, на лампе 6Н8-С с катодным повторителем на лампе 6П2. На входе усилителя имеются две дифференцирующие цепочки и диодный смеситель, между первой и второй ступенями усиления имеется еще одна дифференцирующая цепочка. Выходные импульсы имеют амплитуду 70-80 в при длительности 1,5- 2 мксек и используются, во-первых, для приема из программно-цифровой магистрали в триггеры регистра адреса и блока операций и шифра /см.разделы Ш-6 и Ш-10/ и, во-вторых, для запуска кпп-реле КР.

Кпп-реле КР имеет длительность порядка 15 мксек. Задний фронт его отрицательного импульса, как указывалось выше, усиливается Ус-1. Кроме того, отрицательный импульс КР подается на усилитель Ус-6, вполне аналогичный по схеме Ус-3. Его выходные импульсы используются для "подпора" дешифраторов приема в селекционный регистр из программно-цифровой магистрали.

Усилитель Ус-7 представляет собой двухступенный усилитель на лампе 6Н8-С с катодным повторителем (1/2 6Н8-С) на выходе и дифференцирующей цепочкой на входе. Усиливает задний фронт 8-го импульса РИ. Получающиеся на выходе положительные импульсы амплитудой 70-80 в и длительностью порядка 2 мксек подаются на пентодные сетки клапанов операций блока операций и шифра /см. раздел Ш-10/.

Усилитель Ус-8 по схеме вполне аналогичен Ус-7. На вход подается 4-ый импульс, выходные импульсы подаются на пентодные сетки клапанов регистра "А" арифметического узла /прием в регистр "А" из программно—цифровой магистрали/. Анод лампы 1-ой ступени усилителя соединен параллельно с анодами клапанов приема в "А", имеющих в блоке клапанов /см.раздел Ш-11/, так что на сопротивлении анодной нагрузки 1-ой ступени усилителя смешиваются импульсы для приема в "А" 4-ым импульсом РИ с импульсами для приема в "А" импульсом окончания МПД и 6* импульсом РИ.

Усилители Ус-9 и Ус-10 представляют собой двухступенные усилители на 6Н8-С с дифференцирующими цепочками на входах и между ступенями усиления. Ус-9 усиливает задний

фронт 6-го импульса РИ; положительный импульс, получающийся на его выходе имеет амплитуду 70 в при длительности около 2 мксек, подается на пентодные сетки клапанов приема в регистры "В" и "С" арифметического узла, имеющиеся в блоке операций и шифра; Ус-10 усиливает задний фронт 6* импульса РИ, его выходные импульсы подаются на пентодные сетки клапанов приема в регистры арифметического узла, имеющиеся в блоке клапанов.

На входе одноступенного усилителя Ус-11 (1/2 6Н8-С) с диодным смесителем смешиваются задние фронты 6-го и 6* импульсов РИ. Отрицательные импульсы с его выхода с амплитудой 60 в в длительностью 2-3 мксек используются для сброса триггера, имеющегося в блоке клапанов (раздел Ш-11).

Усилитель Ус-12 –одноступенный (1/2 6Н8-С) с катодным повторителем на $\frac{1}{2}$ 6Н8-С; усиливает отрицательный импульс кипп-реле, имеющегося в РИ. Выходной положительный импульс с амплитудой около 170 в подается на пентодные сетки клапанов шифра блока операций и шифра. Его задний фронт усиливается также одноступенным усилителем Ус-13, выполненным на $\frac{1}{2}$ 6Н8-С с дифференцирующей цепочкой на входе. Выходной импульс Ус-13 используется также в блоке операций и шифра (см. раздел Ш-10).

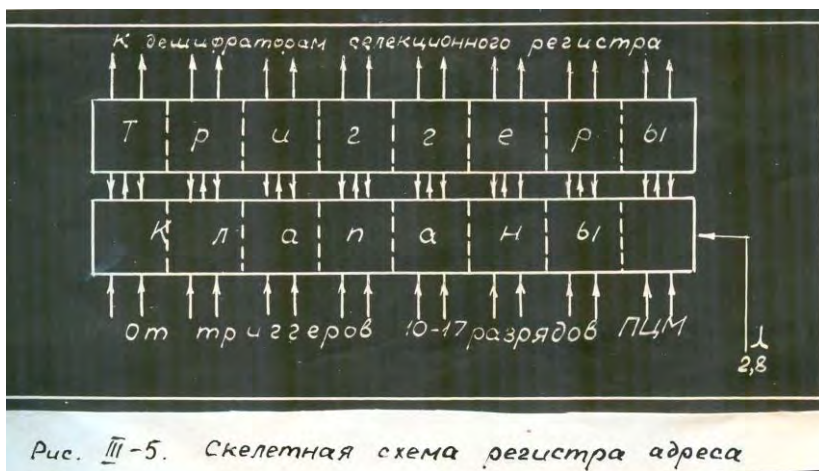
Катодные повторители КП-1 и К-2, выполненные на лампах 6П2, повторяют отрицательные импульсы, поступающие на шины сброса распределителя импульсов (шины сброса счетчика должны получать отрицательные импульсы от источников с малым выходным сопротивлением, иначе на них при перебросах триггеров счетчика будут появляться значительные паразитные импульсы, существенно мешающие работе счетчика).

Ш—6. Регистр адреса /РА/

Скелетная схема приведена на рис. Ш-5.

8 триггеров, имеющихся в регистре адреса соединены диодными дешифраторами с триггерами 10 - 17 разрядов

программно - цифровой магистрали так, что если состояние триггера РА не совпадает с состоянием соответствующего триггера ПЦМ, то на выходе дешифратора имеется высокий уровень напряжения (+150 в при вынутой лампе клапана), если же их состояния совпадают, то напряжение на выходе дешифратора низкое (+120 в).

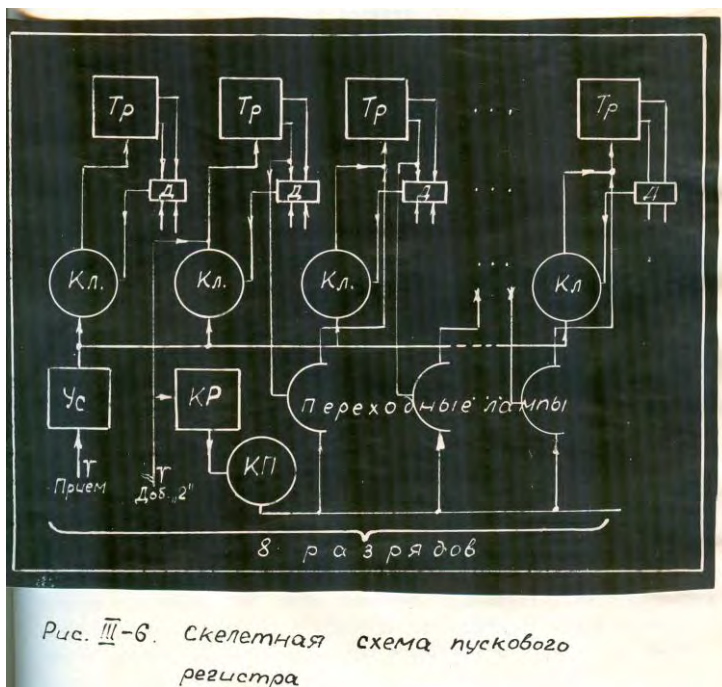


Выходы дешифраторов присоединены к управляющим сеткам соответствующих клапанов (6Ж4); напряжение на катодах клапанов равно +140 в. Таким образом, если триггер РА и соответствующий триггер ПЦМ находятся в одинаковом состоянии, то клапан заперт, и импульс, поступающий на его пентодную сетку через клапан не проходит; если же состояния триггера РА и соответствующего триггера ПЦМ различны, то клапан по управляющей сетке открыт, и импульс, поступающий на пентодную сетку, проходит через него и меняет состояние триггера РА на обратное, т. е. устанавливает его в соответствие с триггером ПЦМ. Следовательно, импульсом, который поступает на пентодные сетки клапанов регистра адреса, производится прием комбинации, имеющейся в 10 - 17 разрядах ПЦМ, в триггеры регистра адреса. Этот импульс берется с выхода Ус-5 блока формирования импульсов (задние фронты 2-го и 8-го импульсов ИИ).

Ш-7. Пусковой регистр /ПР/.

Скелетная схема приведена на рис. III-6.

8 триггеров пускового регистра связаны дешифраторами с триггерами регистра адреса; выходы дешифраторов присоединены к сеткам клапанов. Это устройство позволяет при поступлении импульсов на вторые сетки клапанов производить прием в триггеры пускового регистра комбинации, содержащейся в триггерах регистра адреса, аналогично тому, как в триггеры регистра адреса принимается комбинация из 10 - 17 разрядов ПЦМ. Различие здесь состоит в том, что клапаны выполнены не на пентодах 6Ж4, а на двойных триодах 6Н8-С (см.раздел У-4). Импульс приема поступает с блока операции сравнения (отрицательный) и дополнительно усиливается одноступенным усилителем $У_c$ (1/2 6Н8-С).



Семь старших триггеров через переходные лампы (1/2 6Н8-С) могут объединяться в двоичным счетчик. Однако переходные лампы нормально заперты положительным напряжением на катодах. Импульс добавления числа «2» поступает на сетки 2-го триггера и одновременно запускает кipp-реле КР. Отрицательный импульс кipp-реле повторяется катодным повторителем (6ПЗ) и опускает потенциал на катодах переходных ламп так, чтобы переходная лампа при переброске предыдущего триггера с 1 на 0 могла усилить его положительный фронт и дать отрицательный импульс на сетки триггера следующего разряда. Длительность кipp-реле - около 25 мксек.

III-8. Селекционный регистр /СР/.

Скелетная схема приведена — на рис. III-7.

8 триггеров селекционного регистра связаны дешифраторами с 1 - 8 триггерами ПЦМ с триггерами РА, с триггерами ПР и между собой. Однако нормально выходы всех дешифраторов шунтируется диодами, включенными анодами на выходы дешифраторов и катодами - на потенциал +120 в, так что на выходах всех дешифраторов напряжение низкое (не выше +120 в). Катоды диодов, шунтирующих выходы дешифраторов, связаны четырьмя шинами: к первой шине присоединены катоды всех диодов, которые шунтируют выходы дешифраторов, связывающих триггеры СР с триггерами ПЦМ, ко второй - катоды диодов, которые шунтируют дешифраторы, связывающие триггеры СР с триггерами ПР, и т.д. Четыре дешифратора, относящиеся к данному разряду СР, через диодный смеситель присоединены к управляющей сетке соответствующего клапана. Если на одну из указанных четырех шин подать высокое напряжение (больше +140в), то откроется одна из групп дешифраторов и после прихода импульса на пентодные сетки клапанов каждый из триггеров СР установится в соответствие либо с триггером данного разряда ПР, либо с соответствующим триггером РА, либо с соответствующим триггером ПЦМ, либо, наконец, в соответствие с соседним (младшим) триггером СР («сдвиг». Эти приемы и сдвиг происходят точно так же, как, например, прием в триггеры РА из 10-17 разрядов ПЦМ, но каждый из них должен быть

заранее подготовлен установлением высокого напряжения на одной из четырех шин.

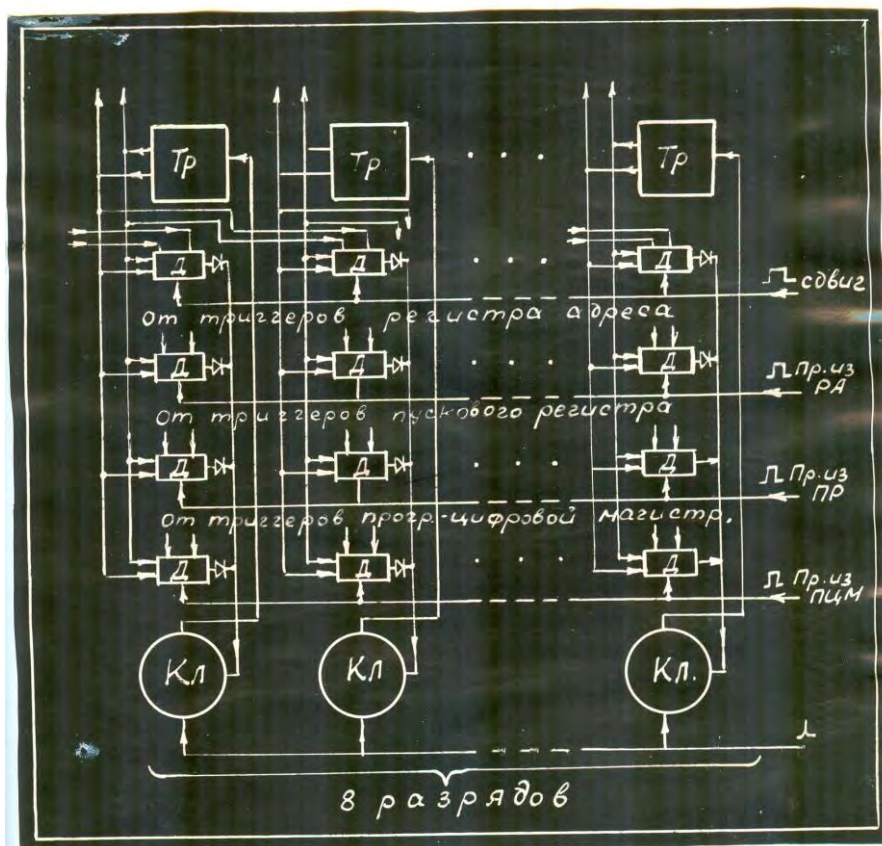


Рис. III-7. Скелетная схема селекционного регистра.

Низший уровень напряжения на шинах приема и сдвига привязан к уровню +120 в горячими диодами (6Н15П в диодном включении). На шины приема из ПЦМ, из ПР и из РА подаются широкие положительные импульсы с выходов Ус-6, Ус-2 и Ус-3 блока ФИ, а на шину сдвига подается высокое напряжение на время первоначального ввода чисел и инструкций от устройства ввода и

вывода. (При сдвиге 1-ый разряд СР устанавливается в соответствие с триггером устройства ввода и вывода, управляемым от перфоленты). На пентодные сетки клапанов импульсы поступают с выхода Ус-1 блока ФИ. Эти (узкие) импульсы при приемах попадают на задние фронты импульсов, "подпирающих" дешифраторы.

С анодов триггеров селекционного регистра снимаются уровни напряжения на дешифраторы регистра сравнения и на схему кадровой развертки блока электростатической памяти. Уровни напряжения 1-го триггера СР управляют клапанами, имеющимися в блоке выбора памяти (см. раздел III-12)

III-9. Регистр сравнения (РС)

Скелетная схема приведена на рис. III-8.

7-разрядный двоичный счетчик регистра сравнения состоит из 7 триггеров с переходными лампами (1/2 6Н8-С) между ними; счетчик имеет шину сброса на ноль. Работает счетчик от маркерных импульсов, записанных на магнитном барабане, а на ноль сбрасывается специальным импульсом, тоже записанным на барабане (нулевой импульс).



Рис. III-8 Скелетная схема регистра сравнения

Триггеры счетчика соединены дешифраторами с триггерами 7 старших разрядов селекционного регистра так, что на выходах дешифраторов напряжение низкое (+120 в), когда состояние триггеров счетчика совпадает с состоянием триггеров СР.

Выходы дешифраторов соединены с сетками суммирующих ламп, напряжение на катодах которых равно +140 в. (суммирующая лампа – (1/26Н8-С). Сопротивление анодной нагрузки у всех суммирующих ламп одно общее. На нем появляется большой положительный импульс, когда все суммирующие лампы закроются, т.е. когда комбинация в счетчике полностью совпадет с комбинацией в 7 старших триггерах СР ("импульс совпадения"). Конечно, на этом сопротивлении могут появляться и паразитные импульсы меньшей амплитуды, когда, например, запирается 6 суммирующих ламп и остается открытой только одна.

Эти паразитные импульсы отсекаются первой ступенью двухкаскадного усилителя Ус. С выхода усилителя положительный импульс совпадения (его амплитуда равна 100 в) подается на блок выбора памяти, где из него формируются импульсы чтения или импульсы записи в тех случаях, когда должно быть чтение из магнитной **памяти** или запись **в** неё.

Комбинация дешифраторов с суммирующими лампами образует «каскад совпадения»; аналогическая схема применяется в контрольных блоках.

III-10. Блок операций и шифра (ОШ).

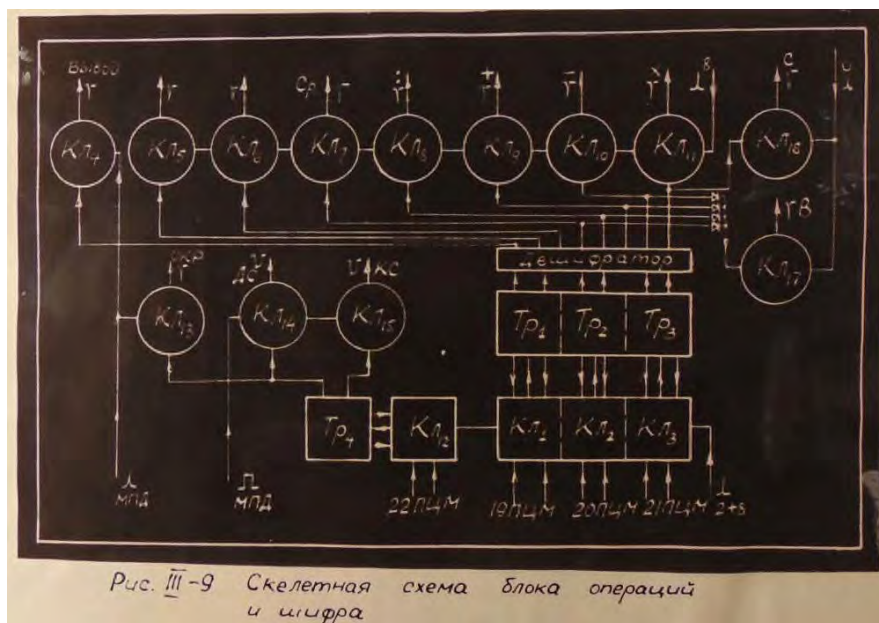
Структурная схема приведена на рис. III-9.

Четыре триггера блока операций и шифра (ТР-1 - ТР-4) связаны дешифраторами с 19 - 22 разрядами программно-цифровой магистрали. Выходы дешифраторов присоединены к клапанам

Кл-1 – Кл-3 и Кл-12 так, что одновременно с приемом комбинации из 1-8 разрядов ПЦМ в селекционный регистр и комбинации из 10 - 17 разрядов ПЦМ в регистр адреса происходит

прием комбинации из 19 - 22 разрядов ПЦМ в триггеры блока операций и шифра.

Триггеры Тр-1 – Тр-3 являются триггерами операций. Эти триггеры связаны с дешифратором на 8 выходов, соответствующее восьми комбинациям, которые могут содержаться в этих триггерах. Выходы дешифратора управляют клапанами Кл-11 - Кл-4. На пентодные сетки клапанов Кл-5 - Кл-11 подается задний фронт 8-го импульса РИ (с выхода Ус-7 блока Нормирования импульсов). В зависимости от комбинации, имеющейся в триггерах операций, этот импульс проходит через один из указанных клапанов и дает команду "сложить", или "вычесть", или "разделить", или "умножить", или "сравнить"



. Клапаны Кл-5 и Кл-6 не задействованы, так что если в триггерах операций стоит комбинация, при которой открыт один из этих клапанов, местный программный датчик не запускается, и машина останавливается. На пентодную сетку К4 подается задний фронт импульса окончания МИД, сформированный в Ус-13 блока формирования импульсов, так что команда "вывод" подается после

окончания работы МПД, если в триггерах операций стоит комбинация, соответствующая выводу.

Клапаны Кл-16 и Кл-17 связаны с выходами дешифратора Операций так, что если комбинация в триггерах операций соответствует умножению, то открыт Кл-16, а при сложении, вычитании, делении и сравнении – Кл – 17. В соответствии с этим задний фронт 6-го импульса, подающийся на пентодные сетки этих клапанов с выхода Ус-9 блока ФИ, дает либо прием второго числа в регистр «С» арифметического узла, либо прием второго числа в регистр «В» арифметического узла. Эти импульсы усиливаются далее усилителями, имеющимися в блоке клапанов.

Триггер Тр-4 является триггером шифра; он управляет клапанами

Кл-13 – Кл-15. Если в шифре «0», то открыт по управляющей сетке Кл-15; и импульс окончания МПД, подающийся на его пентодную сетку с выхода Ус-12 блока ФИ, пройдя через этот клапан, дает импульс сброса счетчика РИ в 5-ое положение и импульс добавления числа «2» к адресу частичной инструкции, имеющемуся в пусковом регистре. Для этого импульс с выхода Кл-15 подается на вход усилителя Ус-4 блока ФИ и на катодный повторитель КП-1, имеющийся в блоке формирования импульсов. Кроме того, выходной импульс Кл-15 используется в блоке клапанов, где в зависимости от состояния триггеров специальных разрядов дает прием результата в один из регистров арифметического узла (вариант Б или В второй частичной инструкции).

Если в шифре "1", то открыты по управляющим сеткам клапаны Кл-13 и Кл-14. Через Кл-14 проходит импульс окончания МПД, подающийся на его пентодную сетку, которая соединена параллельно с пентодной сеткой Кл-15. Этот импульс повторяется катодным повторителем КП-2 блока ФИ и дает сброс счетчика РИ в "до-нулевое" положение. Через Кл-13 проходит задний фронт импульса окончания МПД, который подается на его пентодную сетку, соединенную параллельно с пентодной сеткой Кл-4; он дает контрольным блокам команду "образовать значения в контрольных разрядах" и одновременно воздействует на блок

операции сравнения, где из него формируется либо импульс приема в пусковой регистр из регистра адреса, либо импульс добавления числа "2" к адресу частичной инструкции в пусковом регистре. Указанные операции соответствуют варианту А/ второй частичной инструкции

Ш-11. Блок клапанов (БК).

Скелетная схема - на рис. Ш-10.

Двухступенный усилитель Ус-1, выполненный на лампе 6Н8-С, усиливает задний фронт импульса окончания МПД, прошедшего через клапан Кл-15 блока ОШ (если в шифре "0"). Положительный импульс с выхода Ус-1 подается на пентодные сетки клапанов Кл-1 – Кл-5,_. Клапаны Кл-4 и Кл-5 управляются по первым сеткам триггером первого специального разряда (1-ый триггер РА). Если в 1 триггере РА «О» (указание на отсутствие необходимости в выборе из памяти 3—го числа – вариант В (второй частичной инструкции)) то открыт Кл-5; прошедший через него импульс повторяется катодным повторителем КП-1 и, воздействуя на блок ПС« имитирует импульс окончания контроля 3-го числа, Если же в 1 триггере РА "О", то импульс с выхода Ус-1 проходит через клапан Кл-4, повторяется катодным повторителем, имеющимся в Ус-4, в дает команду "выбор из памяти". Сопротивление анодной нагрузки для клапана Кл-4 общее с усилительной лампой (1/2 6Н8-С) усилителя Ус-4. На входе этого усилителя имеются 4 дифференцирующие цепочки и диодный смеситель, так что команда "выбор из памяти"* образуется не только из импульса, проходящего через Кл-4, но и из задних фронтов 1-го, 3-го, 5-го и 7-го импульсов РИ, подающихся на входы дифференцирующих цепочек Ус-4..

Клапаны Кл-1 – Кл-3 управляются по первым сеткам 2-4 триггерами РА. В зависимости от состояний этих триггеров открыт либо Кл-3 (прием результата в регистр "А" арифметического узла), либо Кл-2 (/прием в регистр «В» арифметического узла), либо Кл-3 (прием в регистр "С" арифметического узла).

Клапан Кл-6 управляется по 1-ой сетке также первым триггером

регистра адреса. Если в этом триггере "1" (был выбор из памяти 3-го числа), то через Кл-6 проходит задний фронт импульса δ^* , поступающий на его пентодную сетку с выхода усилителя Ус-10 блока ФИ. Этот импульс усиливается далее одноступенным усилителем Ус-6 (1/2 6Н8-С) и подается на пентодные сетки клапанов Кл-7 и Кл-8.

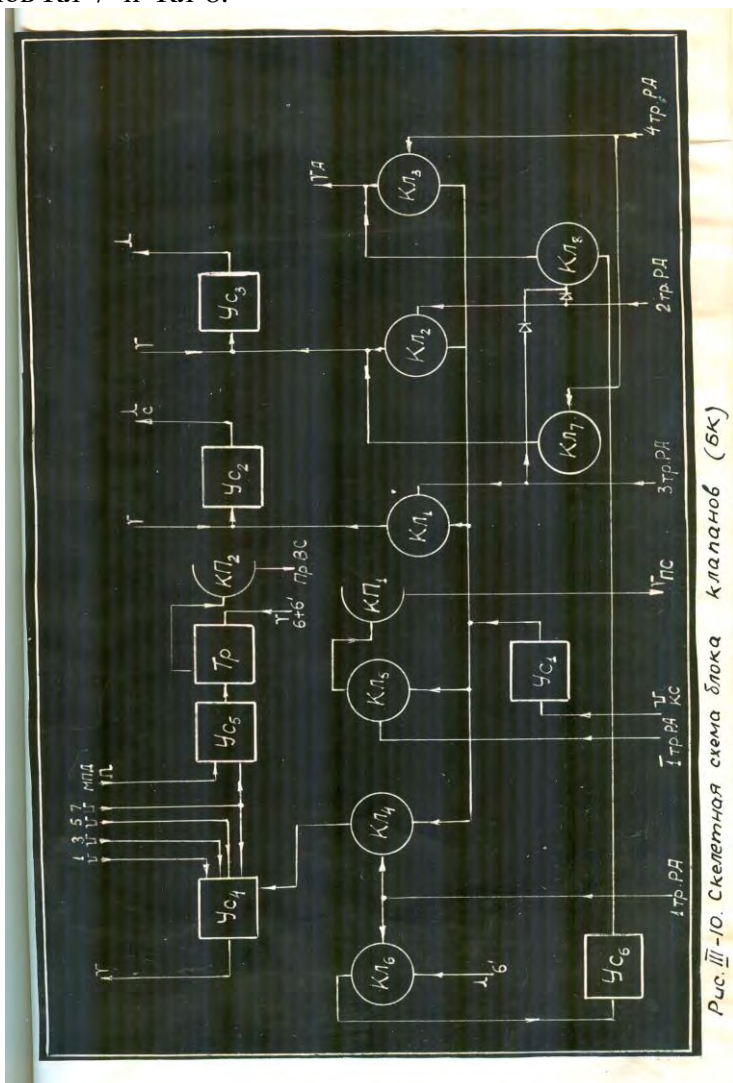


Рис. III-10. Скелетная схема блока клапанов (БК)

Клапан Кл-7 объединен по управляющей сетке с клапаном Кл-3, а его анод соединен параллельно с анодом клапана Кл-2, так что если импульсом окончания МПД производился прием результата в регистр «А» арифметического узла, то импульсом 6* производится прием 3-го числа в регистр «В». Управляющая сетка клапана Кл-8 через диодный смеситель (6Х6) соединена с управляющими сетками Кл-1 и Кл-2, а его анод соединен параллельно с анодом клапана Кл-3, так что если импульсом окончания МПД производился прием результата в регистр "В" или "С" арифметического узла, то импульсом 6* производится прием 3-го числа в регистр "А" арифметического узла.

Аноды клапанов Кл-3 и Кл-8 соединены кроме того параллельно с анодом лампы 1-ой ступени усиления усилителя Ус-8 Блока формирования импульсов, так что импульсы приема в «А», формируемые в блоке клапанов, поступают в общий канал с аналогичными импульсами, формируемыми в блоке формирования импульсов из заднего фронта 4-го импульса РИ.

Аноды клапанов Кл-2 и Кл-7 соединены параллельно с анодом клапана Кл-17, имеющегося в блоке ОШ, а анод клапана Кл-1 - с анодом клапана Кл-16 блока ОШ. На сопротивлениях их анодных нагрузок смешиваются импульсы для приема в регистры «В» и «С» арифметического узла, формируемые в блоке клапанов, с аналогичными импульсами, формируемыми в блоке ОШ из заднего фронта 6-го импульса РИ. Импульсы для приема в "В" и "С" дополнительно усиливаются одноступенными усилителями с катодными повторителями Ус-2 и Ус-3 (6Н8-С) и поступают далее на пентодные сетки клапанов соответствующих регистров арифметического узла.

Ш-12. Блок выбора памяти /ВП/.

Скелетная схема приведена на рис. Ш-11

Триггеры Тр-1 и Тр- запоминают команды чтения и записи. Т.к. команда чтения подается большей частью одновременно с

приемом адреса, с которого производится чтение в селекционный регистр, команда чтения, прежде, чем попасть на триггер Тр-1 задерживается на 20 - 30 мксек кipp-реле КР-1. После того, как триггер Тр-1 будет установлен в положение "чтение" в зависимости от состояния 1-го триггера селекционного регистра откроется либо клапан Кл-1, либо клапан Кл-3.

В частности, если в 1-ом триггере СР имеется «0», то оказывается открытым Кл-1. Через него проходит передний фронт ближайшего по времени импульса начала строки, который поступает из блока электростатической памяти и усиливается двухступенным усилителем Ус-1.. Импульс, прошедший через клапан Кл-1 повторяется катодным повторителем КП-1 и сбрасывает триггер "чтение, запись - регенерация", имеющийся в блоке электростатической памяти в положение "чтение,запись". Фронтом этого триггера триггер Тр-1 сбрасывается в положение "не чтение", так что следующий импульс начала строки через Кл-1 не пройдет. Одновременно через Кл-5 проходит импульс, который дает контрольным блокам команду "проверить число, выбираемое из электростатической памяти".

Если в 1-ом триггере имеется "1", то вместо клапана Кл-1 открывается клапан Кл-3. Через него проходит ближайший

по времени передний фронт импульса совпадения, поступающего с каскада совпадения регистра сравнения и усиливаемого двухступенным усилителем Ус-2. Импульс, прошедший через Кл-3, запускает кipp-реле 2, которое своим задним фронтом запускает кipp-реле Кр-3. Запуск Кр-3 осуществляется через переходную лампу, которая на схеме не показана.

Положительный импульс Кр-3 усиливается двухступенным усилителем Ус-4 . Первая ступень Ус-4 выполнена на $\frac{1}{2}$ 6Н8-С, вторая ступень является усилителем мощности и выполнена на лампе 6П2. Выходной импульс Ус-4 подается на пентодные сетки 31 лампы чтения в блоке магнитной памяти. Кроме того, импульс, получающийся на выходе первой ступени Ус-4 дифференцируется, и его задний фронт усиливается лампой Ус-7 ($\frac{1}{2}$ 6Н8-С). Импульсом, получающимся в аноде этой лампы,

триггер Тр-1 сбрасывается в положение «не чтение» и дается команда «проверить число, выбранное из магнитной памяти» контрольным блоком.

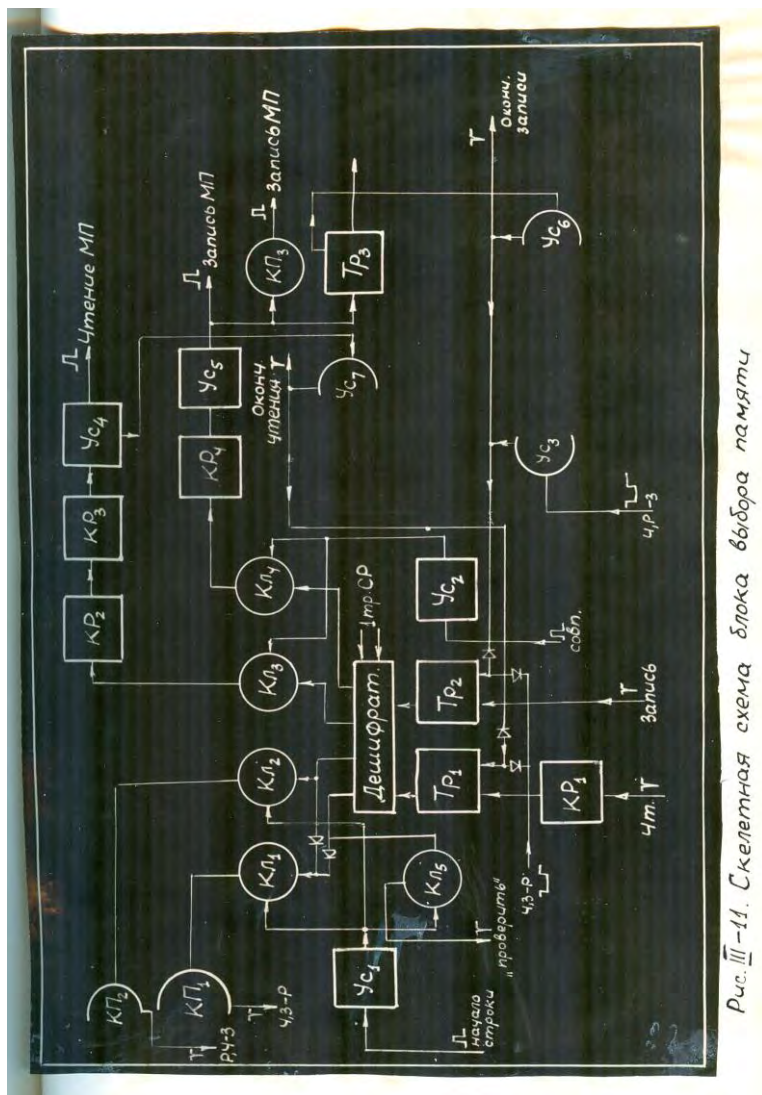


Рис. III-11. Скелетная схема блока выбора памяти

Команда «записать» запоминается триггером Тр-2. При этом в зависимости от состояния 1-го триггера селекционного регистра открывается либо клапан Кл-4, либо клапаны Кл-1 и Кл-2.

В частности, если в 1-ом триггере СР стоит «0», то открываются Кл-1 и Кл-2. Передний фронт ближайшего по времени импульса начала строки, пройдя через эти клапаны, повторяются катодными повторителями КП-1 и КП-2 и сбрасывают триггер «чтение, запись - регенерация», имеющийся в блоке электростатической памяти, в положение «чтение, запись», а триггер «чтение, регенерация – запись» - в положение «запись». Фронтом триггера «чтение, запись – регенерация» триггер Тр-2 сбрасывается в состояние «не запись». После окончания записи (следующим импульсом начала строки) оба триггера в блоке электростатической памяти сбрасываются в исходное состояние, при чем из фронта триггера «чтение, регенерация - запись» в усилителе Ус-3 ($1/2$ 6Н8-С) формируется импульс «окончание записи», поступающий на блок ПС. Этот импульс попадает также на сетку триггера Тр-2, но никакого воздействия не производит, т.к. триггер Тр-2 к этому времени уже стоит в положении «не запись».

Если к моменту прихода команды записи в 1-ом триггере селекционного регистра стояла «1», то вместо Кл-1 и Кл-2 открывается клапан Кл-4. Через него проходит передний фронт ближайшего по времени импульса совпадения, поступающего с каскада совпадения регистра сравнения, и запускает кпп-реле КР-4. Положительный импульс этого кпп-реле усиливается двухступенным усилителем Ус-5. Первая ступень Ус-5 выполнена на $1/2$ 6Н8-С, вторая ступень является усилителем мощности и выполнена на двух соединенных параллельно лампах 6ПЗ. С выхода Ус-5 импульс подается на пентодные сетки 62 ламп записи блока магнитной памяти. Выходной импульс Ус-5 повторяется также катодным повторителем КП-3, выполненным на лампе 6ПЗ. Импульс, снимаемый с катода этой лампы, используется также в блоке магнитной памяти.

Из заднего фронта импульса записи, получающегося на выходе Ус-5, можно было бы сформировать импульс "окончание записи",

т.к. к этому моменту времени запись на магнитном барабане уже окончена. Однако, в момент записи возможен сбой счетчика регистра сравнения; поэтому импульс "окончание записи" задерживается до сброса счетчика РС в нулевое положение нулевым импульсом, записанным на магнитном барабане. Для этого задний фронт импульса записи сбрасывает триггер Тр-3 в положение «0». В положение «1» этот триггер сбрасывается нулевым импульсом, и из его фронта формируется в усилительной лампе Ус-6 (1/2 6Н8-С) импульс окончания записи, который одновременно сбрасывает триггер Тр- в положение "не запись". Аноды ламп Ус-3 и Ус-6 соединены между собой параллельно, так что*: импульсы окончания записи в магнитную память и в электростатическую память выходят по одному каналу

Ш-13. БЛОК операции сравнения (ОС)

Скелетная схема - на рис. Ш-12.

Триггер Тр служит для запоминания команды "сравнить" (в положение "не сравнение" этот триггер сбрасывается 7-ым импульсом РИ). Импульс "сравнить" усиливается кроме того одноступенным усилителем Ус-2 (1/2 6Н8-С) и дает команду "взять дополнение в регистре "А" арифметического узла" местному программному датчику.

Задний фронт импульса окончания МПД, прошедший через клапан Кл-13 блока ОШ, переворачивается специальной лампой (1/2 6Н8-С), которая на блок-схеме не показана и подается на клапаны Кл-1 и Кл-2. Клапан Кл-1 открыт, если триггер Тр стоит в положении «не сравнение» или если производилось сравнение, но в триггере переходной единицы (n+1)-го разряда арифметического узла стоит «1», т.е. если второе число, выданное в регистр «В» арифметического узла больше или равно (по модулю) первому числу, выданному в регистр «А». Импульс, прошедший через клапан Кл-1, подается на усилитель, имеющийся в ПР, и производит передачу из регистра адреса в пусковой регистр. Клапан Кл-2 открыт в том случае, если производилось сравнение и в

триггере переходной единицы (n+1)-го разряда арифметического узла стоит «0», т.е. , если модуль числа , выданного в регистр «В» арифметического узла меньше модуля числа, выданного в «А».

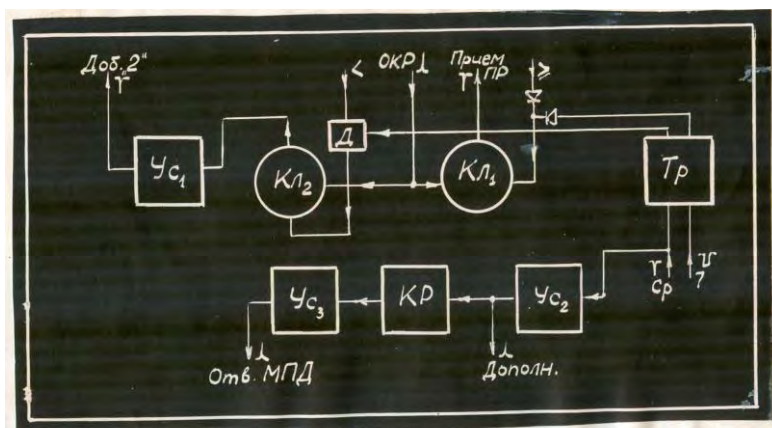


Рис. III-12. Скелетная схема блока операции сравнения

Импульс, прошедший через клапан КЛ-2 усиливается двухступенным усилителем Ус-1 (6Н8-С). Анод лампы второй ступени усилителя соединен параллельно с анодом лампы усилителя Ус-4 блока ФИ, так что выходной импульс Ус-1 блока ОС попадет в общий канал с импульсами добавления числа «2» к комбинации имеющейся в ПР, которые формируются в блоке ФИ из задних фронтов 5-го импульса РИ и импульса сброса счетчика РИ в 5-ое положение.

При выполнении операции сравнения местный программный датчик не выдает импульса окончания операции. Поэтому импульс с Ус-2, запускающий кпп-реле дополнения в МПД, запускает также кпп-реле КР. Из заднего фронта этого кпп-реле (через время, достаточное для взятие дополнения и пробег переходной единицы в арифметическом узле) усилителем Ус-3 формируется импульс, имитирующий окончание МПД. Импульс с выхода Ус-3 запускает кпп-реле окончания МПД, имеющееся в блоке формирования импульсов.

III – 14. Контрольные блоки. (КБ)

Скелетные схемы приведены на рис. III – 13 и III -14

Как указывалось выше, контрольные блоки выполняют три функции: проверка правильности выбора из памяти чисел; исправление одиночных ошибок в числах, выбранных из памяти; образование значений в контрольных разрядах перед записью чисел в запоминающее устройство. Триггерами, запоминающими, какую операцию должны выполнять контрольные блоки, являются Тр-12, Тр-13 и Тр-14 (триггеры команд). Триггер Тр-11 служит для синхронизации импульса окончания чтения из магнитной памяти с импульсами ГТИ.. В контрольных блоках используются обе последовательности импульсов, даваемых ГТИ (сдвинутые на половину периода друг относительно друга); одну из этих последовательностей, именно ту, которая используется в блоке пуска и синхронизации и из которой в блоке электростатической памяти формируются импульсы сдвига, подаваемые при выборе чисел из электростатической памяти на клапаны программно-цифровой магистрали, мы будем называть "первой последовательностью" (ГТИ-1), другую - "второй последовательностью" (ГТИ-2). Триггер Тр-11 сбрасывается в одно положение импульсом окончания чтения из магнитной памяти, в другое - ближайшим по времени импульсом ГТИ-2, при чем его фронтом триггер Тр-12 сбрасывается в положение "проверить". Кроме того Тр-12 может устанавливаться в положение "проверить" импульсом чтения из электростатической памяти, поступающим с клапана Кл-5 блока выбора памяти (С-4 - диодный смеситель отрицательных импульсов на входе Тр-12). Таким образом проверка происходит либо после окончания выбора числа из магнитной памяти, либо одновременно с выбором числа из электростатической памяти.

Состояние триггера Тр-12 сравнивается в дешифраторе Д-4 с состоянием 1-го триггера селекционного регистра. Если Тр-12 стоит в положении "проверить", а в первом триггере СР "О"

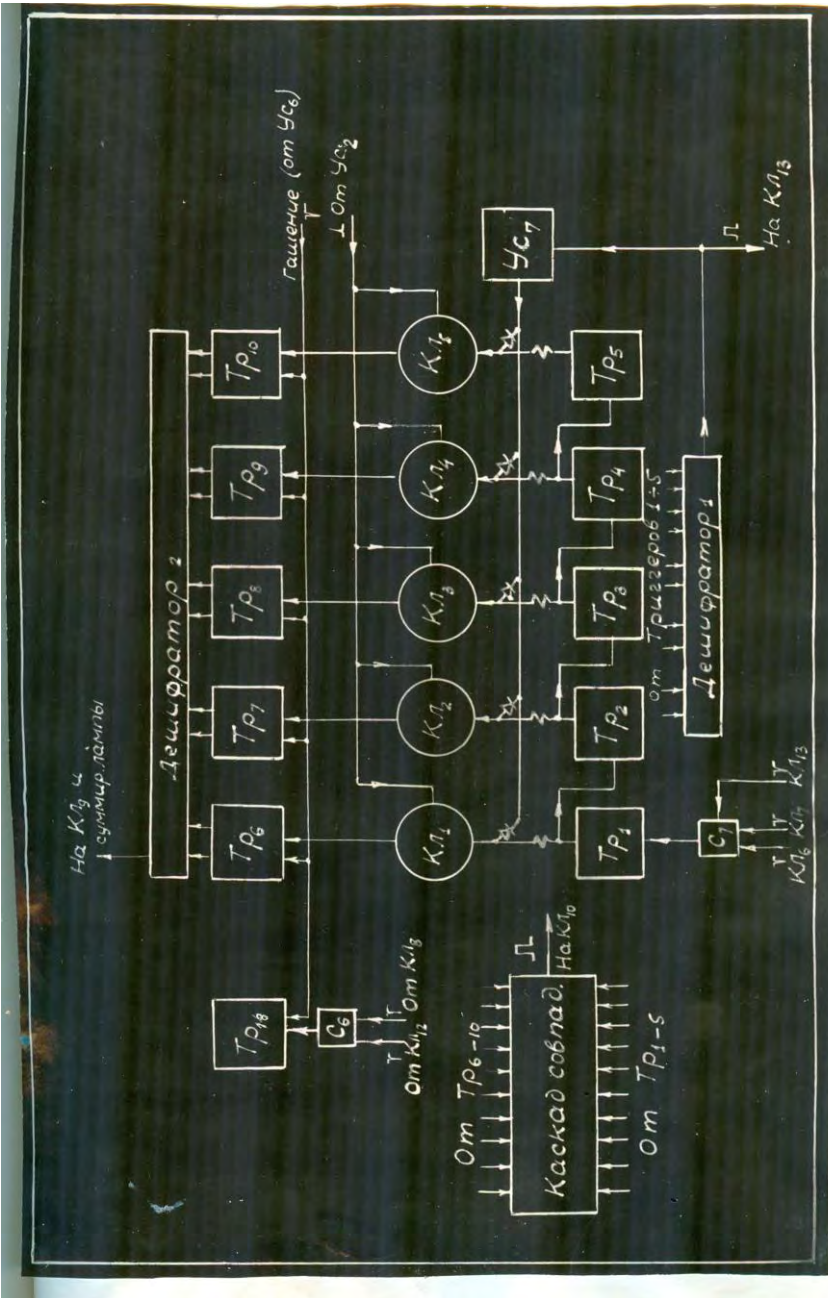


Рис. III-13. Скелетная схема контрольного блока I (основная часть)

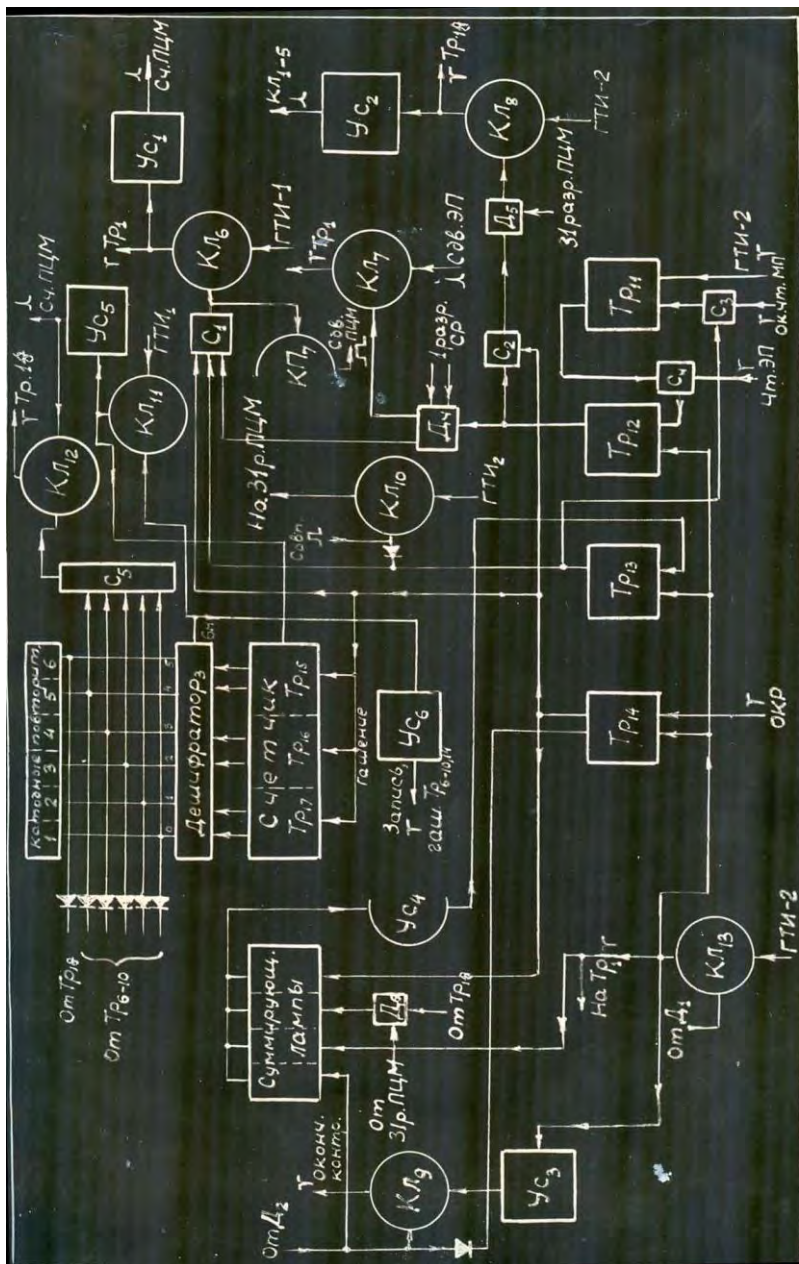


Рис. III-14. Скелетная схема контрольного блока II (управление)

(происходит выбор из электростатической памяти), то открывается КЛ-7, если же в 1 триггере СР "Ф" (был выбор из магнитной памяти), то через диодный смеситель положительных уровней С-1 открывается клапан КЛ-6 и одновременно высокое напряжение с выхода смесителя С-1 повторяется катодным повторителем КП-7 и открывает дешифраторы сдвига в программно-цифровой магистрали.

Через клапан КЛ-6 (если он открыт) проходят импульсы ГТИ-1, из которых в усилителе Ус-1 формируются импульсы сдвига, поступающие на клапаны программно—цифровой магистрали. В программно—цифровой магистрали при этом происходит круговой сдвиг, так что после первого импульса сдвига на месте 31-го разряда окажется 1-ый разряд числа, принятого из магнитной памяти, на месте 30-го разряда - 31-ый разряд числа и т.д., после второго импульса сдвига на месте 31-го разряда ПЦМ будет стоять второй разряд числа, принятого из МП и т. д.,..., , после 31-го импульса сдвига все разряды числа снова станут на свои места в программно-цифровой магистрали. Импульсы сдвига с анода клапана КЛ-6 через диодный смеситель отрицательных импульсов С-7 попадает на две сетки триггера Тр-1, который является первым триггером двоичного счетчика Тр-1 - Тр-5. Этот счетчик указывает таким образом, какой разряд числа стоит в данный момент времени на месте 31-го разряда ПЦМ. Триггеры счетчика связаны клапанами КЛ-1 - КЛ-5 так, что когда в триггере Тр-1 имеется «1», открыт КЛ-1, когда «1» имеется в Тр-2, открыт КЛ-2 и т. д.

Но наличие «1» в Тр-1 указывает на то, что № разряда числа, находящегося в данный момент времени на месте 31-го разряда ПЦМ содержит в двоичном представлении единицу в младшем разряде; следовательно клапан КЛ-1 открыт тогда, когда разряд числа, находящегося на месте 31-го разряда ПЦМ, входит в первую контрольную группу (см. раздел II-2). Аналогично КЛ-2 открыт в том случае, когда разряд числа, находящегося на месте 31-го разряда ПЦМ, входит во вторую контрольную группу и т. д.

На клапаны КЛ-1 - КЛ-5 подаются импульсы с усилителя Ус-2 ,

который усиливает импульсы клапана Кл-8. Указанный клапан открыт в том случае, тогда Тр-12 стоит в положении «проверить» и в 31-ом разряде ПЦМ имеется «1», причем через Кл-8 проходят импульсы ГТИ-2. Таким образом через Кл-1 пройдет столько импульсов, сколько единиц содержится в первой контрольной группе, через Кл-2 - столько импульсов, сколько единиц содержится во второй контрольной группе и т. д. Импульсы, прошедшие через Кл-1 отсчитываются одноразрядным двоичным счетчиком Тр-6; если Тр-6 был предварительно установлен на «0», то после 30 сдвигов (и 30 импульсов ГТИ-2, поданных на Кл-8) он окажется в положении «0», если число единиц в первой контрольной группе четное, и в положении «1», если число единиц в первой контрольной группе нечетное. Аналогично состояние Тр-7 по прошествии 30 сдвигов указывает, четным или нечетным является число единиц во второй контрольной группе и т. д.. Таким образом в триггерах Тр-6 - Тр-10 по прошествии 30 сдвигов набирается контрольное число (см. раздел II-2)

Так же происходит дело при проверке числа, выбираемого из электростатической памяти. При этом, однако, сдвиг в ПЦМ идет не от контрольных блоков, а от блока электростатической памяти. В контрольных блоках вместо Кл-6 открыт Кл-7; проходящие через него импульсы сдвига ПЦМ, генерирующие в блоке ЭП, через диодный смеситель С-7 попадают на сетки Тр-1 и отсчитываются счетчиком Тр-1 - Тр-5. Работа остальной части схемы ни чем не отличается от работы при проверке числа, выбранного из магнитной памяти.

Импульсы, проходящие через клапан Кл-8, отсчитываются также одноразрядным двоичным счетчиком Тр-18 (на сетки этого триггера импульсы с анода Кл-8 попадают через диодный смеситель (С-6). По прошествии 31 сдвига (и 31 импульсов ГТИ-2, поданных на Кл-8) в Тр-18 останется «0», если число единиц во всех 31 разрядах четно, и «1» - если нечетно.

После того, как прошел 31-ый сдвиг, все разряды принятого числа стоят в программно-цифровой магистрали на своих местах. При этом во всех триггерах счетчика Тр-1 – Тр-5 стоят единицы, однако клапаны Кл-1 – Кл-5 закрыты, т. к. когда счетчик находится

в 31 состоянии, появляется высокое напряжение на выходе дешифратора Д-1, в результате чего низкое напряжение появится на аноде лампы Ус-7; диоды, шунтирующие первые сетки клапанов Кл-1 - Кл-5, открываются и запирают клапаны. Высокое напряжение, появляющееся на выходе Д-1 в момент установки счетчика Тр-1 – Тр-5 в 31-ое положение открывает клапан Кл-13.. Через Кл-13 при этом проходит импульс ГТИ-2, сбрасывающий триггер Тр-12 в положение "не проверить", причем закрывается КЛ-8 и Кл-6 или Кл-7. (импульс ГТИ-2, поступающий на Кл-8 одновременно со сбросом Тр-12 в положение "не проверить", через этот клапан все же пройти может, если в 31-ом разряде ПЦМ имеется "1", т.к. напряжение на выходе дешифратора Д-5 падает не мгновенно).

Импульс, проходящий через Кл-13, через диодный смеситель С-7 попадает также на сетки триггера Тр-1, в результате чего счетчик Тр-1 – Тр-5 снова устанавливается в нулевое положение. Кроме того, этот импульс попадает на сетку одной из суммирующих ламп и (через Ус-3) - на клапан Кл-9. Клапан Кл-9 управляется выходом дешифратора Д-2, напряжение на котором высокое, если триггеры Тр-6 – Тр-10 стоят на нуле, т.е. если число было принято верно или с ошибкой только в одном 31-ом разряде. В этом случае Кл-9 воспринимается распределителем импульсов, как сигнал "окончание контроля". Этим же импульсом производится гашение (если число принято с ошибкой в 31-ом разряде, этот триггер мог остаться на "1"). Таким образом, после выхода импульса "окончание контроля" контрольные блоки готовы к выполнению других операций: триггеры Тр-5 – Тр-10 и Тр-18 стоят на нуле, счетчик Тр-1 – Тр-5 также находится в нулевом положении.

Суммирующие лампы представляют собой четыре нормально открытые $\frac{1}{2}$ 6Н8-С, работающие на общее сопротивление анодной нагрузки. Отрицательный импульс, поступающий с клапана Кл-13, на сетку одной из них, может дать большой положительный импульс в аноде только в том случае, когда заперты все остальные суммирующие лампы. Первая суммирующая лампа заперта в том случае, когда

напряжение на выходе дешифратора Д-2 низкое, т.е. когда контрольное число не равно нулю. Четвертая суммирующая лампа управляется от Тр-14 и заперта всегда, кроме того случая, когда производится образование значений в контрольных разрядах. Наконец, третья суммирующая лампа заперта при несовпадении состояний 31-го разряда ПЦМ и Т-18. Таким образом, на сопротивлении анодной нагрузки суммирующих ламп большой положительный импульс появится в том случае, когда число, проверка которого производилась, было принято с ошибкой в одном разряде. Усилитель Ус-4 отрезает паразитные импульсы, которые могут появиться на сопротивлении анодной нагрузки суммирующих ламп, и переворачивает полезный импульс. Импульсом, появляющимся на выходе Ус-4, триггер Тр-12 устанавливается в положение "исправить".

Триггер Тр-13 в положении "исправить" дает высокое напряжение на одном из входов диодного смесителя уровней С-1, в результате чего, совершенно так же, как при проверке числа, принятого из магнитной памяти, происходит круговой сдвиг в ПЦМ, а импульсы сдвига отсчитываются счетчиком Тр-1 – Тр-5. Клапан Кл-8, однако, при этом закрыт, и состояния триггеров Тр-6 – Тр-10 не меняются. Кроме того Тр-13 в положении "проверить" дает высокое напряжение на катод купрокса, шунтирующего первую сетку клапана Кл-10, так что этот клапан может открыться при появлении импульса совпадения. Импульс совпадения появляется на выходе каскада совпадения в тот момент, когда комбинация в триггерах Тр-1 – Тр-5 совпадает с комбинацией в Тр-6 – Тр-10, т.е. когда № разряда числа, которой в данный момент времени стоит на месте 31-го разряда ПЦМ, совпадает с контрольным числом. Устройство каскада совпадения полностью аналогично устройству каскада совпадения в регистре сравнения, выдающего импульс совпадения при тождественности комбинации, имеющейся в селекционном регистре, с комбинацией в счетчике селекционного регистра. Клапан Кл-10, открываясь при поступлении импульса совпадения, пропускает импульс ГТИ-2, который меняет состояние триггера в 31-ом разряде ПЦМ на обратное, т.е. исправляет ошибку,

происшедшую при приеме числа из памяти. После того, как пройдет 31 сдвиг, и все разряды числа станут в ПЦМ снова на свои места, на выходе дешифратора Д-1 появится высокое напряжение, в результате чего Кл-13 пропустит один импульс ГТИ-2. Этим импульсом, как и раньше, счетчик Тр-1 – Тр-5 устанавливается в нулевое положение, а триггер Тр-13 сбрасывается в положение "не исправить". (Импульс, пропущенный клапаном Кл-13, через Кл-9 при этом не проходит, т.к. контрольное число не равно нулю и на выходе дешифратора Д-2 напряжение низкое. Через суммирующие лампы этот импульс проходит, но на Тр-13 выходной импульс Ус-4 не воздействует, т.к. он попадает на ту сетку триггера, где и раньше было низкое напряжение, одновременно с импульсом, воздействующим на другую его сетку.)

Фронт триггера ТР-13 при перебросе его в положение "не исправить" гасит триггеры Тр-6 – Тр-10 и Тр-18 (цепь гашения на блок-схеме не показана) и через диодный смеситель С-3 устанавливает триггер Тр-11 в такое же состояние, в какое этот триггер устанавливался импульсом окончания чтения из магнитной памяти. При этом происходит проверка исправленного числа точно так же, как проверялось число, принятое из магнитной памяти.

Команда "образовать значения в контрольных разрядах" (сокращенно "ОКР") запоминается триггером Тр-14. Этот триггер в положении "ОКР" дает высокое напряжение на одном из входов диодного смесителя С-1 и на одном из входов диодного смесителя С-2, в результате чего открываются клапаны Кл-6 и Кл-8. Происходит круговой сдвиг в ПЦМ и подсчет суммы цифр по контрольным группам и по всему числу так же, как при проверке числа, выбранного из магнитной памяти. После того, как счетчик Тр-1 — Тр-5 отсчитает 31 сдвиг, появится высокое напряжение на выходе дешифратора Д.-1 и откроется клапан Кл-13. Импульс, прошедший через этот клапан, как и раньше, сбрасывает счетчик Тр-1 – Тр-5 в нулевое положение; одновременно Тр-14 сбрасывается в состояние "не ОКР". Через Кл-9 и суммирующие лампы импульс клапана Кл-13 не проходит, т.к. к моменту его прихода Тр-14 находился в состоянии «ОКР».

Фронтом триггера Тр-14 трехразрядный двоичный счетчик Тр-15 Тр-17, стоявший до этого времени в 6-ом положении, сбрасывается на "0". При этом на выходе "6н" дешифратора Д-3 напряжение станет высоким (напряжение на этом выходе низкое только в том случае, когда счетчик Тр-15 – Тр-17 находится в 6-ом положении). Высокое напряжение на выходе «6н» дешифратора Д-3 открывает клапан Кл-11, через который проходят импульсы ГТИ-1. Импульсы, прошедшие через Кл-11, отсчитываются счетчиком Тр-15-Тр-17, а также усиливаются Ус-5 и поступают на пентодные сетки клапанов ПЦМ и на Кя-12. Таким образом после гашения счетчика Тр-15 - Тр-17 через Кл-11 пройдет шесть импульсов ГТИ-1. 6-ым импульсом, прошедшим через Кл-11, счетчик установится в 6-ое положение, напряжение на выходе «6н» дешифратора Д-3 станет низким, и клапан Кл-11 закроется. Дешифратор Д., имеет, кроме выхода «6н» ещё шесть выходов. На выходе "0" высокое напряжение появляется в том случае, если счетчик Тр-15 – Тр-17 находится в нулевом положении и в триггере Тр-6 стоит «1».

Высокое напряжение на выходе «0» дешифратора Д-3 в этом случае повторяется 1-ым катодным повторителем и открывает клапан 1-го разряда ПЦМ. При поступлении на пентодные сетки клапанов ПЦМ импульса с Ус-5 состояние 1-го разряда ПЦМ меняется на обратное, т.е. в 1-ом разряде ПЦМ устанавливается такое значение, чтобы сумма цифр в 1-ой контрольной группе была четной. Выходы дешифратора Д-3 1,2,3,4 аналогичным образом зависят от состояний Тр-7 – Тр-10 и через катодные повторители 2 - 5 управляют клапанами 2-го, 4-го, 8-го и 16-го разрядов ПЦМ. Одновременно с изменением состояния того или другого контрольного разряда (1,2,4,8 или 16) через диодный смеситель С-5 открывается клапан Кл-12, и через него проходит импульс, меняющий состояние триггера Тр-18 на обратное (сумма цифр в числе меняется на 1). В 5-ом положении счетчика Тр-15 – Т-17, если при этом в триггере Тр-18 «1», появляется высокое напряжение на 5-ом выходе дешифратора Д-3; это напряжение через 6-ой катодный повторитель открывает в клапане 31-го разряда ПЦМ.

При этом импульсом, поступающим на пентодные сетки клапанов ПЦМ с выхода Ус-5 состояние триггера в 31-ом разряде ПЦМ меняется на обратное. Таким образом после того, как счетчик

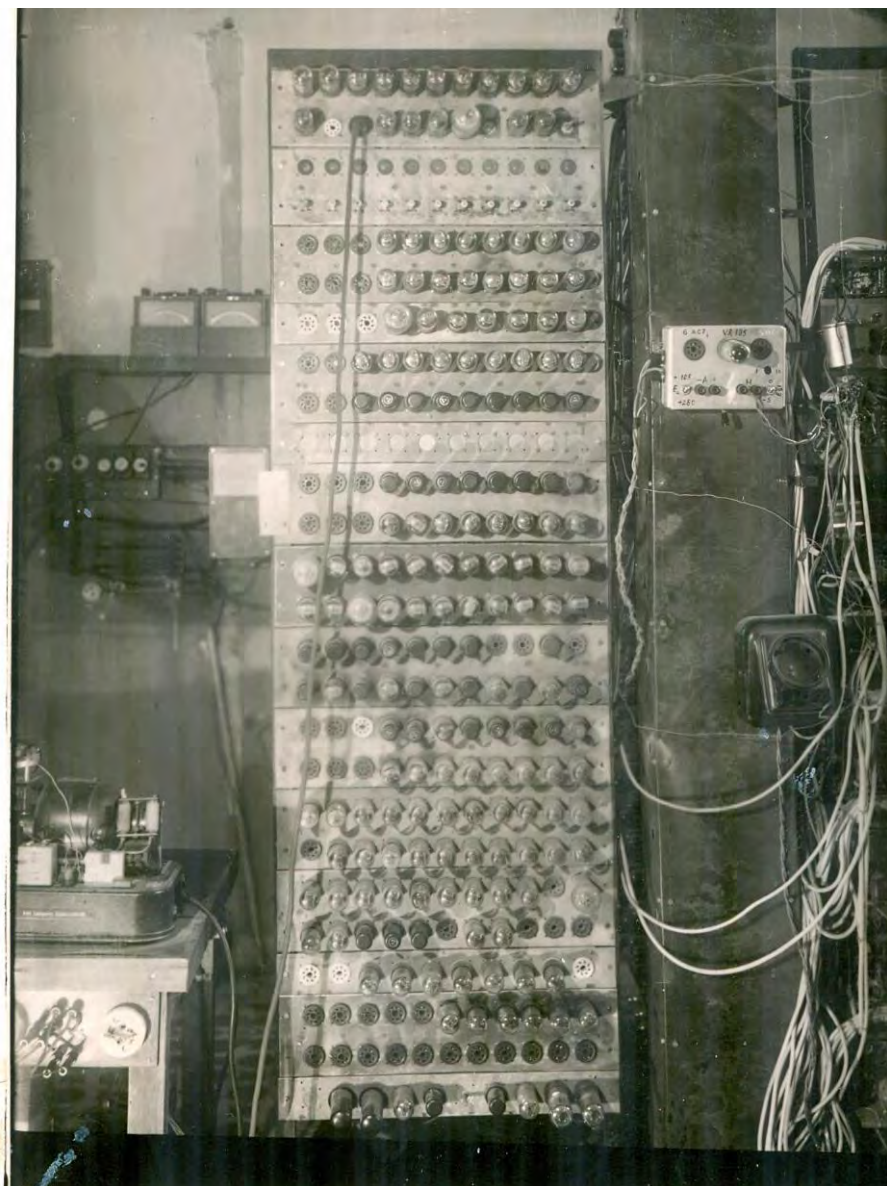
Тр-15 – Тр-17 отсчитает 5 импульсов клапана Кл-11 в контрольных разрядах будут стоять нужные значения. Затем, как указывалось выше Кл-11 пропустит ещё только 1 импульс, после чего счетчик Тр-15 – Тр-17 снова остановится в 6-ом положении, а Кл-11 будет крыт. Фронт отрицательного напряжения, появляющегося при этом на выходе "6н" дешифратора ДЗ, через катодный повторитель Ус-6 гасит триггеры Тр6~Тр10 и Тр14 и дает команду "записать" блоку выбора памяти. Контрольные блоки при этом снова оказываются в состоянии, когда возможно выполнение любой новой операции (триггеры Тр-1 – Тр-10 и Тр-18 погашены, счетчик Тр-15-Тр-17 стоит в 6-ом положении, триггеры команд стоят в положениях "не проверить", "не исправить", "не образовать значения в контрольных разрядах").

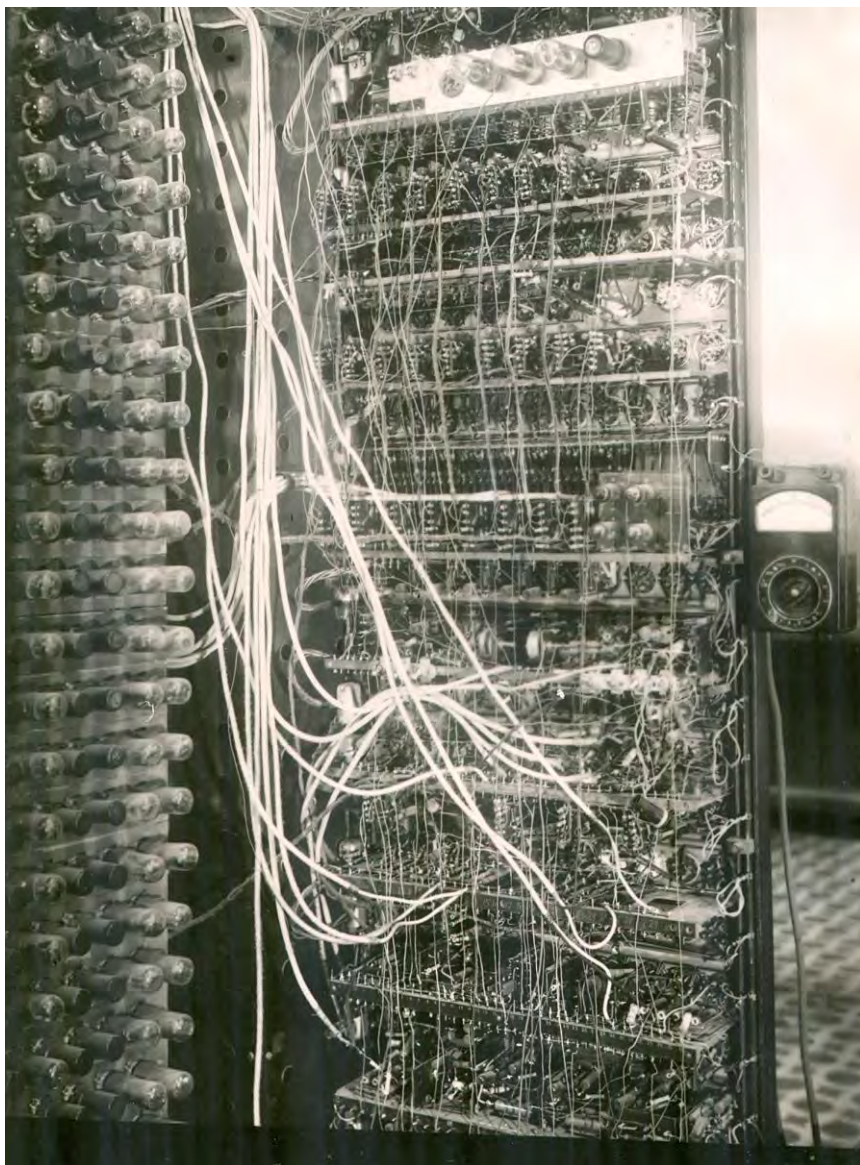
Ш- 15. Конструкция, источники питания.

Конструктивно главный программный датчик выполнен в виде лабораторного макета. Все блоки, описанные в разделах Ш-2 - Ш-14 смонтированы на "однорядных" и "двухрядных" шасси. На лицевой панели "однорядного" шасси, размерами 500х55 мм размещается в один ряд десять ламповых панелей; к нижней части лицевой панели под прямым углом приварена горизонтальная полка шириной 105 мм для размещения монтажа. На лицевой панели "двухрядного" шасси (500х110 мм) в два ряда размещается 22 ламповые панели; в средней части лицевой панели к ней под прямым углом приварена горизонтальная полка шириной 105 мм для размещения монтажа. Однорядные и двухрядные шасси сделаны из листовой стали 1 мм с отбортовкой по краям для жесткости. Монтаж выполнен на горизонтальных и вертикальных текстолитовых пластинах, укрепленных на горизонтальных полках шасси, жестким проводом в изоляции. На задних отбортовках горизонтальных полок в каждом блоке размещены гребенки с выводами для соединений между блоками и с другими узлами машины.

Все блоки главного программного датчика собраны на одной вертикальной стойке 1600 х 500 мм. Справа вдоль стойки проложены

2 шины накала, слева размещен ряд букс, к которым подведены все остальные питающие напряжения. Каждый блок соединяется с одной из букс питания переходной колодкой.





Соединения между блоками главного программного датчика выполнены одножильным медным проводом диаметром 0,5 мм в

хлорвиниловой изоляции, соединения с другими узлами - либо таким же проводом, либо экранированными шлангами.

Общий вид главного программного датчика показан на рисунках III-15 и III-16.

Напряжение накала на лампы главного программного датчика подается от трансформатора 220/6,3 в 1 кВа. Схема работает нормально при изменениях напряжения накала от 5,7 в до 6,7 в; при меньших напряжениях амплитуда импульсов на выходе мощных усилителей блока выбора памяти недостаточна.

Постоянные напряжения питания берутся от общего для всех узлов АЦВМ 4-машинного агрегата питания. Агрегат питания представляет собой последовательно соединенные машины постоянного тока, дающие соответственно напряжения 170в, 140в, 110 в 100 в; заземлена точка соединения первой и второй машин, так что первая машина дает напряжение -170 в, а вторая - +140 в. С положительного полюса третьей машины снимается уровень напряжения +250 в, а с положительного полюса четвертой - +350 в. Требования к точности этих напряжений, необходимой для нормальной работы схемы ГПД, ниже, чем требования точности, предъявляемые другими узлами машины.

Уровни напряжения +120 в и +85 в снимаются с 300-вт проволочного делителя напряжения, питающегося от напряжения +140в. Эти напряжения могут меняться соответственно в пределах +115 в - +125 в и +75 - +87 в; при более значительных колебаниях напряжения приемы в триггерные регистры идут неустойчиво, т.к. клапаны работают нечетко.

1У - МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ГПД.

IV-1 Проверка прохождения одиночных импульсов ("работа шагами").

Основным методом проверки правильности работы схемы ГПД является работа одиночными импульсами ("работа шагами"). Для получения работы схемы шагами необходимо разорвать цепь импульсов-ответов об окончании записи, идущих с блока ВП на блок ПС, и разорвать цепь электромагнитного реле, устанавливавшего счетчик РИ в "до-нулевое" положение, а также отключить импульсы - ответы об окончании контроля, формируемые в контрольных блоках, от входа четных импульсов РИ. Счетчик РИ можно установить в "до-нулевое" положение вручную, искусственным замыканием контактов электромагнитного реле. Если затем поднять и опустить пусковой ключ, то через пусковую схему пройдет на вход четных импульсов один импульс, который перебросит счетчик РИ в нулевое положение; ближайший по времени импульс ГТИ перебросит счетчик РИ в 1-ое положение, причем в схему выйдет 1-ый импульс. После этого РИ «застынет» в 1-ом положении, никакие новые импульсы в схему выходить не будут. Правильность прохождения 1-го импульса при этом можно проверить визуально - по неоновым лампочкам: после прохождения 1-го импульса триггеры СР должны остаться в соответствии с триггерами ПР, в блоке ВП должна вспыхнуть и погаснуть неоновая лампочка на аноде триггера, запоминающего команду "чтение", в ПЦМ (арифметический узел) должна остаться комбинация, записанная на том адресе, который был первоначально набран в ПР. Если затем снова поднять и опустить пусковой ключ, то на вход четных импульсов РИ снова пройдет один импульс, который перебросит счетчик РИ во 2-ое положение, причем в схему выйдет 2-ой импульс; ближайший по времени импульс ГТИ перебросит РИ в 3-е положение, вследствие чего в схеме появится 3-ий импульс. После этого РИ "застывает" в 3-ем положении, никакие новые импульсы в схему не появляются, а прохождение 2-го и 3-го импульсов можно проверить визуально. Аналогично следующее поднятие и опускание пускового ключа вызовет появление в схеме 4-го и 5-го импульсов и т.д.

При реальной работе схемы промежуток времени между каждым нечетным импульсом и ближайшим по времени четным импульсом настолько велик по сравнению с интервалом между каждым четным импульсом и ближайшим нечетным, что можно с уверенностью сказать, что если схема работает шагами, то она будет работать и в нормальном темпе. Такой метод, однако, позволяя легко обнаруживать неисправности, почти не дает возможности выяснить их причины, т.к. одиночные импульсы нельзя нормально наблюдать на осциллографе. Наиболее удобным методом наблюдения импульсов в цепях управления является переключение схемы для работы на частоте ГТИ.

1У-2. Работа на частоте ГТИ.

Для получения работы схемы на частоте ГТИ достаточно от входов четных импульсов **РИ** отключить **соответствующие** выходы блока ПС и контрольных блоков, а также разорвать цепь импульсов-ответов от местного программного датчика и затем закоротить один из входов четных импульсов **РИ** с входом нечетных импульсов **РИ**. При этом счетчик **РИ** будет отсчитывать импульсы ГТИ, причем на каждом выходе **РИ** будут появляться импульсы с частотой, в 16 раз меньшей частоты ГТИ. Эти импульсы будут следовать друг за другом в нормальной последовательности, но между 8-ым и 1-ым импульсами будет промежуток в 8 тактов ГТИ. Импульсы, появившиеся при этом во всех цепях управления (работа **РИ**, **ФИ**, отчасти **КБ** и **ОШ**) можно наблюдать по осциллографу (см. рис. 1У-1 - 1У-12). Если же отключить импульсы приема в **ПР** от его входа, то 2 - 8 триггеры **ПР** должны работать, как обычный двоичный счетчик. Если, наоборот, отключить от **ПР** импульсы добавления числа "2" и присоединить импульсы приема в **ПР** из **РА**, то при вынутой лампе триггера **ПР** (так, чтобы на дешифраторе был высокий уровень напряжения, независимо от ее состояния триггера **РА**) на аноде соответствующего клапана **ПР** можно наблюдать импульсы, которые должны нормально опрокидывать триггер **ПР**, устанавливая его в соответствие с триггером **РА**.



Рис. IV-1. Положительные импульсы на одном из выходов ГТИ



Рис. IV-2. Работа одного из триггеров счетчика РИ (1-го). Напряжения на анодах других триггеров РИ отличаются только частотой.

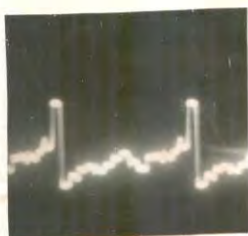


Рис. IV-3. Напряжение на одном из выходов дешифратора РИ

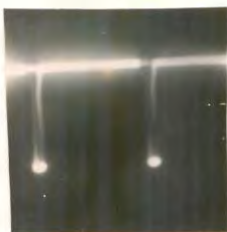


Рис. IV-4. Импульс на 4-ом выходе РИ (затемнение луча — от импульса с 3-го выхода РИ, поданного на сетку трубки осциллографа)



Рис. IV-5. Импульсы на пентодных сетках клапанов СР

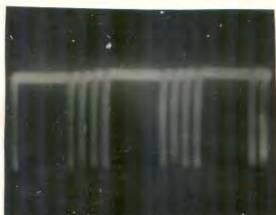


Рис. IV-6. Команда „чтение“ на входе блока ВП.

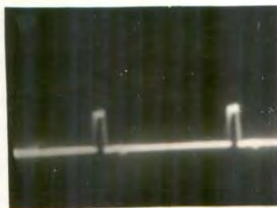


Рис. IV-7. Импульсы „подпора“ дешифраторов приема в СР из РА



Рис. IV-8. Импульсы „подпора“ дешифраторов приема в СР из ПР

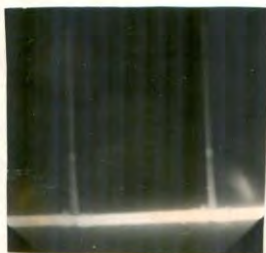


Рис. IV-9. Импульсы „приём в В“ на выходе БК



Рис. IV-10. Импульсы „подпора“ дешифраторов приема в „В“ и „С“ на выходе БК



Рис. IV-11. Команда „сложить“ на выходе блока РС



Рис. IV-12. Напряжение на катодах переходных ламп ПР (добавление числа „2“ к комбинации в ПР)

Аналогично можно проверить работу клапанов приема из ПЦМ в триггеры РА и триггеры группы операций и шифра.

Приемы в СР можно проверить на высокой частоте непосредственно. Для этого нужно отключить импульсы приема в РА и ПР и импульсы добавления числа "2" в ПР, а также выключить импульсы чтения, идущие на блок магнитной памяти и снять импульсы с пентодных сеток клапанов ПЦМ. Если затем соответствующие триггеры ПР, РА и ПЦМ установить в разные положения, то триггер СР должен периодически устанавливаться в соответствие сначала с триггером ПР (1-й импульс), потом - с триггером ПЦМ (2-й импульс), | потом - с триггером РА (5-й импульс), потом - снова с триггером ПР (7-й импульс) и наконец, - снова с триггером ПЦМ (8-й импульс).

Прохождение импульса b^* при работе на частоте ГТИ можно проверить, отключив от сетки триггера РИ, управляющего выбором каналов b и b^* , 2-ой импульс и установив этот триггер в положение "1". Тогда вместо b -го импульса в схему будет выходить импульс b^* .

Правильность порядка следования тех или других импульсов во времени можно проверить, либо пользуясь 2-лучевым осциллографом, либо подавая один из импульсов на измерительные пластины осциллографа, а другой - на сетку его трубки. На фотографии рис. 1У-4 на измерительные пластины осциллографа подан 4-ый импульс РИ, а сетку трубки осциллографа - 3-ий импульс; отрицательный 3-ий импульс затемняет луч как раз перед появлением 4-го импульса.

Работа на частоте ГТИ дает возможность проверить действие почти всех блоков ГГЩ. Исключение составляет проверка I ступеней, по которым проходит ответный импульс МПД, работа блока ВП и контрольных блоков, а также блока ПС.

1У - 3. Проверка прохождения ответного импульса МПД.

Для проверки прохождения ответного импульса МПД нужно поднять пусковой ключ, так чтобы РИ удерживался в «до-нулевом» положении и не выдавал в схему никаких импульсов, а на вход

кипп-реле ответа МПД (РИ) подать положительные импульсы от постороннего генератора на частоте порядка 2- 4 кгц (чтобы кипп-реле успевало срабатывать на каждый импульс) Прохождение ответного импульса МПД через все ступени можно далее наблюдать и по осциллографу.

Проверка блока ВП.

Для проверки блока ВП нужно поднять пусковой ключ так, чтобы РИ не выдавал в схему никаких импульсов, а на блок ВП подать импульсы совпадения с РС и импульсы начала строки с блока ЭП. Если затем вынуть лампу триггера, запоминающего команду чтение, (ВП), то при 1-ом триггере СР в положении "0" можно рассмотреть по осциллографу импульсы, выходящие на триггер «чтение, запись – регенерация» блока ЭП, а при 1-ом триггере СР в положении "1" - импульсы чтения, идущие на блок МП.

Аналогично при вынутой лампе триггера, запоминающего команду записи, (ВП)/ можно рассмотреть либо импульсы, идущие на триггеры «чтение, запись – регенерация» и «чтение, регенерация – запись» блока ЭП, либо импульсы записи, идущие на блок МП. Импульсы, идущие на блок ЭП можно рассматривать на непрерывной развертке, а импульсы, идущие на МП, удобнее рассмотреть на ждущей развертке с запуском от импульса совпадения.

1У - 4. Проверка контрольных блоков.

Проверку контрольных блоков по осциллографу удобно осуществить, отключив от шин установки триггеров команд, имеющихся в этих блоках, все нормально поступающие туда импульсы и подав на один из входов импульсы начала строки из блока ЭП. Контрольные блоки будут тогда периодически выполнять одну и ту же операцию «проверка», или «исправление», или «образование контрольных разрядов»). На фотографии

рис. 1У-13 по

казана работа дешифратора 31-го положения счетчика при любом виде работы КБ, а на фотографии рис. 1У-14 - работа 4-го триггера контрольного числа при выполнении операции «проверка» (в 31 разряде ПЦМ стоит «1» - клапан 31 разряда ПЦМ вынут).

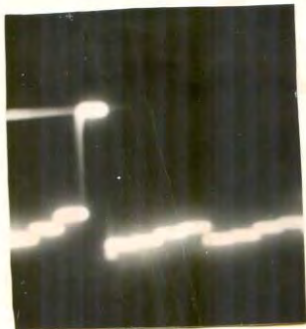


Рис. 1У-13. Работа дешифратора 31-го положения счетчика КБ-1



Рис. 1У-14. Работа 4-го триггера контрольного числа (КБ-1) при выполнении операции «проверить» или «образовать значения в контрольных разрядах» (в 31-ом разряде ПЦМ — «1»)

1У -5. Проверка блока ПС.

Блок ПС можно проверить, опустив пусковой ключ и подав на вход ответных импульсов отрицательные импульсы от внешнего источника (импульсы окончания контроля лучше отключить от входа четных импульсов РИ). Если внешние импульсы будут идти с достаточно низкой частотой (1-3 Гц), то их прохождение можно будет наблюдать непосредственно по работе РИ: эти импульсы должны отсчитываться 3 старшими разрядами РИ, как обычным двоичным счетчиком; при большей частоте их можно наблюдать по осциллографу, также как и работу всех ступеней блока ПС.

Аналогичный метод пришлось применить при наладке РИ. Первоначально РИ был налажен на частоте ГТИ, причем все импульсы выходили нормально. Однако, при работе шагами обнаружилось отсутствие импульса на 7 выходе. Применение указанного метода дало возможность выяснить, что причиной этого явления было увеличение потенциала на катодах командных ламп РИ в течении того промежутка времени, когда открыты каналы 5 и 6 или 6* (открыта 6Ж4 вместо 6Н8). Этот дефект был устранен увеличением мощности делителя напряжения, питающего катоды канальных ламп РИ.

У. ЭЛЕМЕНТЫ СХЕМ.

У – 1. Триггер..

В качестве элементарной запоминающей ячейки, в которой ... может храниться 1 двоичный разряд информации, («1» или «0») в схемах использовано электронное реле с гальваническо - емкостными связями («полупериодный мультивибратор», "триггер"). Схема триггера показана на рис.У-1.

Параметры и режим триггера, приведенные на этом рисунке, были рассчитаны и обработаны экспериментально заранее, до разработки отдельных узлов машины.

Произведем поверочный расчет схемы; требования, предъявляемые к ней: перепад напряжения на анодах ламп' = 100 в, рабочая частота - не ниже $f = 100$ кГц.

Проверим сначала, возможно ли полное отпирание одной из ламп, если вторая полностью заперта. При вынутой лампе в средних точках делителей $R_1 - R_2$ напряжение равно:

$$E_c + \frac{(E_a - E_c)R_2}{R + R_1 + R_2} = -170 + \frac{(250 + 170) \cdot 80}{9 + 80 + 80} = +286$$

При вставленной лампе это напряжение будет уменьшено сеточным током лампы. Считая, что сопротивление сетка - катод $r_{ск} \approx 0,5 \text{ ком} \ll R_2$, найдем напряжение на сетке открытой лампы.:

$$U_{c1} = E_a \cdot \frac{r_{ск}}{R + R_1 + r_{ск}} = 250 \cdot \frac{0,5}{9 + 80 + 0,5} = +1,46$$

При этом напряжение на аноде закрытой лампы будет равно

$$U_{a2} = E_a \left(1 - \frac{R}{R + R_1 + r_{ск}}\right) = 250 \left(1 - \frac{9}{9 + 80 + 0,5}\right) = 2256$$

По условию, напряжение на аноде открытой лампы должно быть равно

$$U_{a1} = U_{a2} - \Delta U_a = 225 - 100 = 1256$$

Как видно из характеристик 6Н8 - с [8], при $U_a = 125$ в и

$U_c = +1,4$ в ток лампы равен 12 ма. Кроме того, в делитель $R_1 - R_2$ с анода открытой лампы ответвляется ток

$$\frac{U_{a1} - E_c}{R_1 + R_2} = \frac{125 + 170}{80 + 80} = 1,8 \text{ ма}$$

Таким образом, через сопротивление анодной нагрузки открытой лампы протекает ток $12\text{ма} + 1,8\text{ма} = 13,8\text{ма}$. На сопротивлении $R = 9\text{ком}$ этот ток дает падение напряжения

$$13,8\text{ма} \times 9\text{ком} = 125\text{в},$$

т.е. U_{a1} в точности равно $250 - 125 = 125\text{в}$, как и предполагалось.

На сетке закрытой лампы при этом получается напряжение

$$U_{c2} = E_c + \frac{U_{a1} - E_c}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = -170 + 1,8 \cdot 80 = -266$$

что достаточно для запираания.

Инертность триггера, т.е. минимальное время, которое должно пройти между двумя перебросами, примерно определяется произведением

$$R_1 \cdot C = 80\text{ком} \cdot 50\text{нф} = 4\text{мксек}$$

что позволяет использовать триггер на частоте $f = 100\text{кГц}$. При этом длительность фронтов зависит от того, насколько нагружен триггер, и равна примерно 1–2 мксек.

Величина емкости C выбрана так, чтобы выполнялось соотношение

$$R_1 C \gg R_2 \cdot C_{вх}$$

где $C_{вх}$ – входная емкость лампы /только при этом условии конденсатор C дает обострение фронтов/. Т.к. здесь $R_1 = R_2$, то требуется просто $C \gg C_{вх}$

Но
$$C_{вх} = C_{ск} + C_{ac} \left(1 + \mu \frac{R}{R + R_i}\right)$$

Здесь

$C_{ск}$ – емкость сетка – катод лампы,

C_{ac} – емкость анод – сетка лампы,

R_i – внутреннее сопротивление лампы,

μ – статический коэффициент усиления лампы.

Пользуясь справочными данными [9], найдем, что в худшем случае

$$C_{вх} = 3 + 4 \left(1 + 20 \cdot \frac{9}{9 + 7,7}\right) = 47\text{нф}$$

При $C = 50\text{нф}$ условие $C \gg C_{вх}$ выполняется.

Условие образования лавины: при лампах

$$S_{12} \cdot S_{22} \cdot R^2 \cdot \left(\frac{C}{C + C_{вх}}\right)^2 > 1$$

Здесь S_{10} — динамическая крутизна лампы на линейном участке; при $R = 9 \text{ ком}$ $S_{10} = 1,2 \frac{\text{ма}}{\text{в}}$. Следовательно, условие образования лавины удовлетворяется, если

$$S_{20} > \frac{1}{\left(\frac{C}{C+C_{\text{эк}}}\right)^2 S_{10} R^2} = \frac{1}{\frac{1}{4} \cdot 1,2 \cdot 9^2} = 0,0408 \frac{\text{ма}}{\text{в}}$$

т.е. в самый начальный момент отпирания лампы, которая до начала переброса была заперта /когда напряжение на ее сетке доходит примерно до -17 в ./

Запуск триггера осуществляется через купроксы, присоединенные своими анодами к сеткам ламп триггера; отрицательный импульс, запускающий триггер, должен иметь амплитуду 20–40 в.

Если катоды купроксов объединить между собой, то каждый запускающий импульс будет менять ~~состояние~~ состояние триггера на обратное. Длительность запускающих импульсов при этом должна быть меньше времени инертности триггера /1,5 – 2 мсек/, чтобы триггер не успел сработать дважды на один импульс. Если запускающие импульсы слишком коротки / 0,5 мсек / триггер работает неуверенно, т.к. за время длительности запускающего импульса напряжение на сетке запертой лампы не успевает нарасти до нужной величины.

Катоды диодов, через которые идет запуск триггера, имеют постоянный потенциал, равный потенциалу земли.

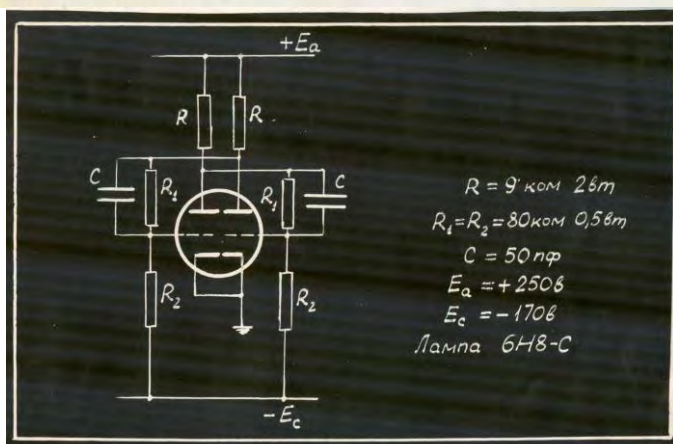


Рис. 1. Типовая схема триггера, применяемая во всех блоках ГПД.

У - 2. Диодный смеситель.

На рис. У-2а показана схема диодного смесителя для положительных импульсов или положительных уровней. Если напряжение на анодах диодов равно нулю или отрицательно, диоды не проводят, и потенциал на выходе смесителя равен потенциалу земли. При поступлении положительного импульса (уровня) на анод одного из диодов, этот диод отпирается, и на выходе смесителя появляется положительный импульс (уровень), запирающий второй анод, так что цепь этого диода не влияет на источник импульсов (уровня), питающий первый диод. Соотношение между величиной входного и выходного импульсов (уровней) определяется соотношением между выходным сопротивлением источника плюс прямое сопротивление диода и величиной сопротивления R . Поэтому сопротивление R должно быть достаточно большим (во всяком случае много больше прямого сопротивления, которое для купрокса равно 2-5 ком при токе 1-2ма). Однако, в момент заднего фронта входного импульса оба диода оказываются закрытыми, и длительность заднего фронта выходного импульса определяется постоянной времени:

$$T = R \cdot C_{\text{вых.}}$$

где $C_{\text{вых.}}$ - емкость, шунтирующая выход смесителя. Этим величина R ограничена сверху.

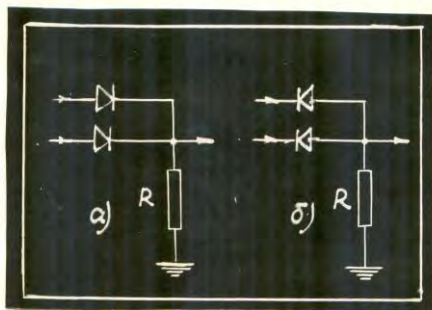


Рис. У-2. Схемы диодных смесителей:

- а) для положительных импульсов (уровней)
- б) для отрицательных импульсов (уровней)

Т.к. обратное сопротивление купроксов не бесконечно велико, в смесителях, от которых не требуется крутых задних фронтов, можно совсем не ставить сопротивление R . Его роль будет выполнять обратное сопротивление купроксов (1-2 Мом).

Аналогичный смеситель можно построить, конечно, на большое количество входов. Нужно учитывать, однако, что когда открыт один из диодов, сопротивление R шунтируется обратными сопротивлениями всех остальных диодов, которые (если пренебречь сопротивлениями источников) оказываются соединенными параллельно. Емкости всех диодов также складываются между собой и шунтируют выход смесителя (емкость купрокса равна ~ 20 пф.)

Работа смесителя отрицательных импульсов (уровней), схема которого изображена на рис. У-2б в принципе не отличается от работы смесителя положительных импульсов (уровней).

У – 3. Диодный дешифратор.

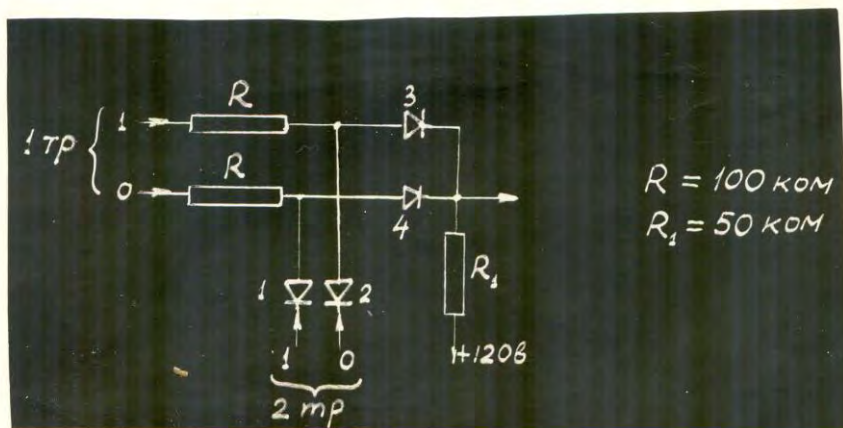


Рис. \bar{Y} -3. Схема простейшего диодного дешифратора со смесителем. Напряжение на выходе высокое, если состояния 1-го и 2-го триггеров не совпадают.

Диодный смеситель, описанный в предыдущем разделе, реализует логическую операцию, "или, , .. . "или". Дешифратором называется устройство, в котором реализуется логическая операция "и,.....,и". Легко видеть, что если источники, работающие на входе смесителя уровней имеют по 2 дискретных состояния /"0" и . "1**/, то операция, выполняемая смесителем, может быть истолкована, как операция "и,.....,и". Действительно, пусть например, смеситель отрицательных уровней (рис.У-2б) дает на выходе низкое напряжение, когда или на одном его входе «1», или на другом его входе «1» (или, конечно, когда на обоих входах «1»), тогда высокое напряжение на выходе смесителя может появиться, когда и на одном входе «0», и на другом входе «0».

Таким образом, схема диодного дешифратора в принципе не отличается от схемы диодного смесителя.

Источниками уровней напряжения, питающими входы дешифратора, являются обычно триггеры. Построим для примера дешифратор, который давал бы высокое напряжение, когда в одном триггере "1" и в другом триггере "0"; воспользуемся схемой диодного смесителя отрицательных уровней /рис.У-26/. Сопротивление R присоединим не к земле, как показано на этом рисунке, а к потенциалу $+ 225$ в /низший уровень напряжения на аноде триггера, равный $+ 125$ в, будет являться отрицательным по отношению к этому потенциалу/; катод одного из диодов соединим с тем анодом 1-го триггера, на котором имеется высокое напряжение $+ 225$ в/, когда в этом триггере "1", катод второго диода присоединим к тому аноду 2-го триггера, на котором имеется высокое напряжение, когда в этом триггере "0". Если в 1 триггере будет не "1" или во 2-ом не "0", или в 1-ом не "1" и во 2-ом не "0", то один из диодов или оба диода будут проводить, и напряжение на выходе дешифратора получится низкое. Когда в 1-ом триггере "1", а во 2-ом — "0", оба диода не проводят, и напряжение на выходе дешифратора высокое.

В построенном дешифраторе можно сэкономить один диод. Очевидно, дешифратор будет работать также, как было описано выше, если на сопротивление R подавать высокое напряжение не постоянно, а только тогда, когда, например, в 1-ом триггере "1"; когда же в 1-ом триггере "0" и на выходе дешифратора напряжение должно быть низким, на сопротивление R можно подавать $+ 125$ в. Таким образом, конец сопротивления R можно присоединить к тому аноду 1-го триггера, на котором имеется высокое напряжение, когда в этом триггере "1", а диода к этой точке не присоединять.

Два таких дешифратора изображены на рис.У-3.

Один из них дает высокое напряжение, когда в 1 триггере "1" и во 2-ом - "0", другой - когда в 1-ом триггере "0" и во 2-ом "1". Выходы дешифраторов смешиваются диодным смесителем на положительные уровни; на выходе смесителя имеется высокое напряжение, когда состояния триггеров не совпадают. Сопротивление R должно быть много **больше** прямого сопротивления диода и много **меньше** его обратного сопротивления /при применении купроксов - обычно 100 ком, но не меньше 30 ком, так как максимальный допустимый ток через купрокс не более 3 ма/; сопротивление R_1 должно быть достаточно мало, чтобы через него достаточно быстро разряжалась емкость, нагружающая выход дешифратора, но и не слишком мало по сравнению с сопротивлением R , т.к. перепад напряжений на аноде триггера делится на выходе дешифратора примерно в соотношении $\frac{R_1}{R+R_1}$.

Обычно $R_1 = 50$ ком; при этом постоянная времени разряда выходной емкости $C_{вых}$ /если $C_{вых} = 40$ пф/ равна примерно

$$R_1 \cdot C_{вых} = 50 \text{ ком} \cdot 40 \text{ пф} = 2 \text{ мксек},$$

и $C_{вых}$ полностью разряжается примерно за 6 мксек /напряжение на выходе дешифратора успевает установиться примерно за 1/2 периода ГТИ/, а перепад напряжения на выходе дешифратора составляет примерно 1/3 от перепада напряжения на аноде триггера, т.е. около 33в, что достаточно для управления клапаном.

Аналогично строится дешифратор, дающий на выходе высокое напряжение, если в нескольких триггерах имеется определенная комбинация /РИ, ОШ, КБ/.

У - 4. Клапан

В клапане, как и в дешифраторе, реализуется логическая операция "и, ..., и", но напряжения, прикладываемые к его входам, действуют более кратковременно, чем напряжения на входах дешифратора /импульсы/. Таким образом клапан по своему назначению и принципу работы не отличается от так назыв. каскадов совпадения, применяемых, например, в

радиолокационных схемах.

При первоначальной разработке схемы в качестве клапанов применялась лампа 6Ж4, при чем для управления использовались управляющая и пентодная сетки. По управляющей сетке лампа 6Ж4, используемая как клапан, запирается напряжением - 20в по отношению к катоду /напряжение отсечки равно - 5- - 6в/; положительный импульс или положительный выход дешифратора доводит потенциал управляющей сетки до потенциала катода и отпирает лампу по управляющей сетке. По пентодной сетке лампа заперта напряжением - 60 - - 90в по отношению к катоду и отпирается положительным импульсом, поднимающим ее потенциал до потенциала катода; если при этом лампа открыта и по управляющей сетке, в ее анодной цепи появляется импульс тока, а на сопротивлении анодной нагрузки /обычно 5 ком/ - отрицательный импульс напряжения.

При массовом применении указанных клапанов выяснились их недостатки, которые при небольшом количестве клапанов, может быть, оказались бы несущественными.:

1. Чрезвычайно большой разброс параметров ламп 6Ж4, особенно большой разброс в отношении напряжения запираения ламп по пентодной сетке.

В табл. У-1 приведены значения анодного тока ламп 6Ж4 при $E_a = 105в$, $E_{экp} = 105в$ и $R_a = 5$ ком, измеренные при различных напряжениях на 1-й и 3-й сетках. Результаты, приведенные в таблице У-2, были получены 28/XI-51г. при проверке клапанов пускового регистра адреса и селекционного регистра, при чем, лампы, дававшие при $E_{c3} = -65в$ и $E_{c1} = 0$ I_a больше 1,5ма, были заменены заранее другими лампами.

В некоторых наиболее ответственных случаях /например, в клапанах шифра блока ОШ/ для полного запираения 6Ж4 по пентодной сетке приходится давать напряжение - 170в по отношению к катоду, а для ее отпираения соответственно - положительный импульс с амплитудой 170в.

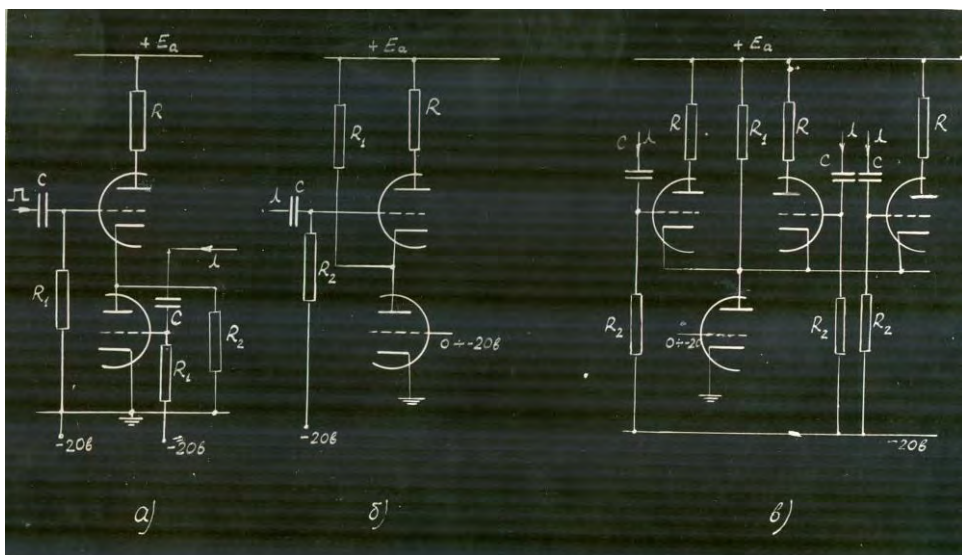


Рис. V-4, Клапаны на двойных триодах.

Таблица У-2.

Результат проверки клапанных ламп 6Ж4.

ПР			РА			СР		
$E_{c1}=0$	$E_{c1}=-58$	$E_{c1}=0$	$E_{c1}=0$	$E_{c1}=-58$	$E_{c1}=0$	$E_{c1}=0$	$E_{c1}=-58$	$E_{c1}=0$
$E_{c3}=0$	$E_{c3}=08$	$E_{c3}=-658$	$E_{c3}=0$	$E_{c3}=0$	$E_{c3}=658$	$E_{c3}=0$	$E_{c3}=0$	$E_{c3}=-658$
I _a (ма)								
13	0	0,01	14	0,01	0	15	0,12	0,45
14	0,25	0,05	13	0,02	0,06	16	0,3	1,3
6	0,7	0,6	17	0	0,04	16	0,1	1,4
16	0	0,5	12	0	0,03	14	0,35	0,5
17	0,01	0,3	14	0,9	0,25	17	0,16	0,7
15	0,5	0,01	16	0,25	0,8	13	0,45	1,1
16	0,02	0,03	15	0,2	0,5	16	0,18	0,3
10	0,02	0,01	17	0,02	0,6	16	0,5	0,45

2. Недолговечность лампы 6Ж4. За время наладки схемы ГПД комплект лампы 6Ж4 был сменен полностью, в то время как комплект ламп 6С пришлось сменить только на 20-30%. При этом весьма часто причиной выхода из строя 6Ж4 являлось короткое замыкание внутри лампы, сопровождавшееся повреждением панели и монтажа.

3. Если лампа 6Ж4 управляется по 1-ой сетке не импульсом, а уровнем /например, выходом дешифратора/, то клапан, открытый по управляющей сетке, потребляет довольно большой ток от источника анодного напряжения, т.к. хотя лампа закрыта по пентодной сетке, через ее экранную сетку течет ток порядка 10ма.

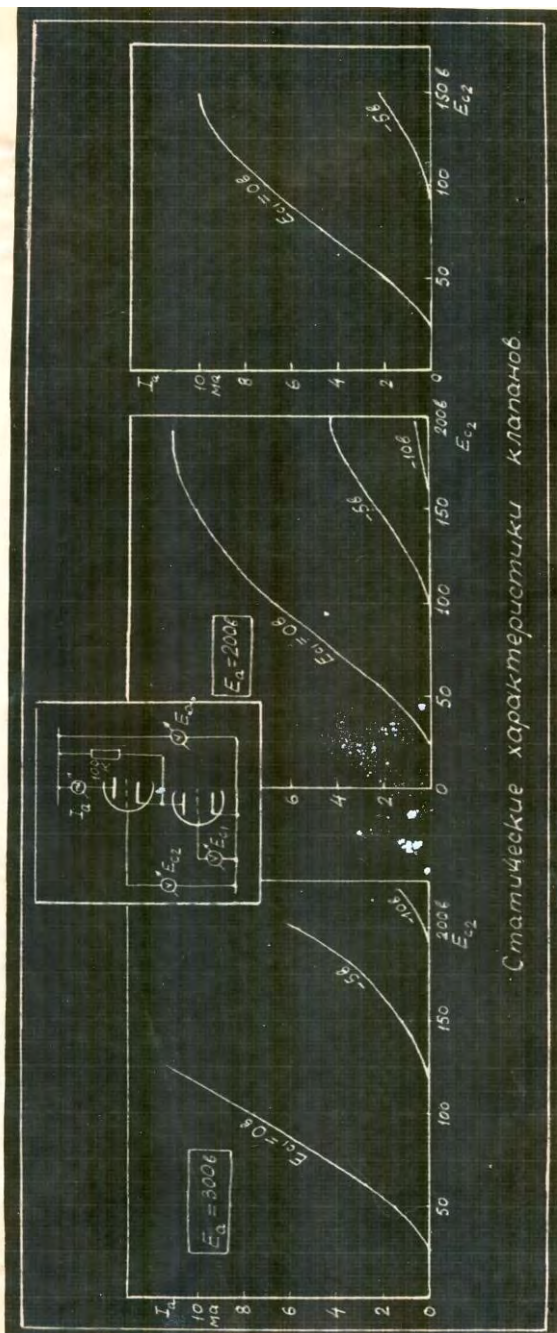
В связи с перечисленными недостатками клапанов на 6Ж4, в блоках, которые переделывались или разрабатывались позднее, в качестве клапана использовался двойной триод 6Н8-С. Основная схема включения 6Н8-С для использования ее в качестве клапана приведена на рис. У-4 б/.

Нижняя лампа /-- $\frac{1}{2}$ -- 6Н8-С/ запирается по управляющей сетке напряжением - 20в /напряжение отсечки - порядка - 10в/ и отпирается положительным импульсом или уровнем напряжения доводящим ее потенциал до потенциала катода.

Если нижняя лампа заперта, то напряжение на ее аноде, т.е. на катоде верхней лампы $-\frac{3}{2}$ 6Н8 равно анодному напряжению E_a /порядка 200в/ и импульс, подаваемый на сетку верхней лампы, не сможет открыть ее, даже если его амплитуда будет равна 100-120в. Если же нижняя лампа отперта, то вследствие падения напряжения на сопротивлении $R_1 = 100$ ком потенциал ее анода становится равным + 20в при нуле напряжения на управляющей сетке или + 5 - + 10в при положительном напряжении на сетке. Теперь положительный импульс, поступающий на сетку верхней лампы, /при достаточной амплитуде/ сможет открыть ее; при этом на сопротивлении анодной нагрузки появится отрицательный импульс напряжения. Нужно учитывать, что верхняя лампа работает с глубокой отрицательной обратной связью ~~связью~~, т.к. ее катод соединен с землей через внутреннее сопротивление нижней лампы. Чтобы получить коэффициент передачи клапана /соотношение импульсов на сопротивлении R и на сетке верхней лампы/ хотя бы порядка единицы, нужно выбрать сопротивление R одного порядка с внутренним сопротивлением лампы /7-10 ком/.

Полагая, что внутренние сопротивления лампы равны между собой и равны сопротивлению R , можно считать, что режим будет оптимальным, когда при открытых лампах анодное напряжение делится поровну между сопротивлением R и внутренними сопротивлениями лампы. Для этого потенциал сетки верхней лампы должен быть равен примерно $\frac{E_a}{3}$, т.е. амплитуда импульса, поступающего на эту сетку, должна быть равна $20в + \frac{E_a}{3}$, а амплитуда импульса, получающегося на сопротивлении R будет равна $\frac{E_a}{3}$.

Режим клапана можно выбрать также по статическим характеристикам, приведенным в табл.У-2 и на рис.У-5. Эти характеристики являются средними для 3 экземпляров лампы, при чем испытывались лампы из разных серий, как новые, так и работавшие в схемах по 100-200 часов. Разброс характеристик не превышал $\pm 20\%$.



Статические характеристики клапанов.

Рис. 5

Таблица У-3.

Статические характеристики клапанов на лампах 6Н8-С
/сняты по схеме, приведенной на рис.У-5/.

E_{c2} (в)	$E_a = 300\text{В}$			$E_a = 200\text{В}$			$E_a = 160\text{В}$	
	$E_{c1} = 0$	$E_{c1} = -5\text{В}$	$E_{c1} = -10\text{В}$	$E_{c1} = 0$	$E_{c1} = -5\text{В}$	$E_{c1} = -10\text{В}$	$E_{c1} = 0$	$E_{c1} = -5\text{В}$
	I_a (ма)							
25				0			0	
30	0			0,2			0,4	
40	0,5			0,9			1,2	
60	2,5			2,4			3,2	
80	4,7			4,9			5,4	0
100	7,5			6,5	0		7,2	0,1
120	10,7	0		8	0,5		9,0	0,6
140		0,7		9,3	1,7		10,0	1,7
160		2,1		10,4	3,1	0	10,0	2,3
180	2,0	4,0	0	11	4,4	0,3		
200	5,2	6,2	0,5	11	4,5	0,6		
220	7,5	7,8	1,5					

Как видно из характеристик, при больших значениях E_{c2} /тем больших, чем больше E_a / возрастание анодного тока с увеличением напряжения E_{c2} прекращается; при дальнейшем увеличении E_{c2} наблюдалось даже уменьшение анодного тока /падающий участок характеристики/. Это явление оказалось особенно заметным при попытке соединить последовательно три лампы /подобно тому, как на рис.У-45 соединены последовательно две лампы/ для получения клапана, управляемого тремя импульсами. Об"ясняется оно тем, что с увеличением потенциала на сетке верхней лампы напряжение между анодом и катодом этой лампы уменьшается, а ее анодный ток должен возрасти, следовательно должно в сильной степени возрасти управляющее напряжение /напряжение между сеткой и катодом верхней

лампы/ от отрицательных к положительным значениям. При достаточно большом потенциале E_{c2} управляющее напряжение становится равным нулю, и дальнейшее его возрастание ограничивается сеточными токами; увеличение анодного тока из-за возрастания управляющего напряжения при этом почти не сказывается; однако, потенциал катода верхней лампы продолжает возрастать, т.к. диодом сетка-катод уровень катода верхней лампы привязывается к потенциалу сетки верхней лампы / E_{c2} /. Напряжение между анодом и катодом верхней лампы уменьшается, уменьшается и ток верхней лампы.

Для выяснения временных характеристик клапана введем в рассмотрение емкость C_1 , шунтирующую выход клапана, /анод верхней лампы - земля/ и емкость C_2 - между точкой соединения катода верхней лампы с анодом нижней лампы и землей. Емкость C_1 складывается из входной емкости следующего каскада и емкости монтажа, а емкость C_2 - в основном из емкости между катодом и нитью накала верхней лампы.

Положим, что на сетку верхней лампы подан прямоугольный импульс. Длительность заднего фронта импульса на выходе клапана определяется постоянной времени заряда емкости C_1 через сопротивление R /лампа во время заднего фронта заперта/:

$$\tau_{\text{бк}} = R \cdot C_1$$

При $R = 10 \text{ ком}$ и $C_1 = 30 \text{ пф}$

$$\tau_{\text{бк}} = R \cdot C_1 = 10 \text{ ком} \cdot 30 \text{ пф} = 0,3 \text{ мксек}$$

и, следовательно, длительность заднего фронта - около 1 мксек. Передний фронт выходного импульса будет, повидимому короче, т.к. разряд емкости C_1 идет не только через сопротивление R , но и через открытую лампу. Таким образом клапан хорошо пропускает импульсы, имеющие длительность 0,8 - 1 мксек и больше, что подтверждается опытом. Прохождение более коротких импульсов можно получить, уменьшив сопротивление анодной нагрузки R и поставив последовательно с ним корректирующую индуктивность. Найдем теперь "разрешающую способность" клапана, т.е. время отпирания или запираания клапана, протекающее после поступления сетку нижней лампы положительного или отрицательного единичного напряжения, отпирającego или запирающего ее.

Найдем сначала необходимое минимальное время между отпиранием нижней лампы и поступлением импульса на сетку верхней лампы, который должен пройти через клапан. Это время определяется временем разряда емкости C_2 через сопротивление R_1 и открытую нижнюю лампу от потенциала $+E_a$ до потенциала U_{a1} ^{$U_{a1уст} \approx +25в$} /при $E_a = 200в$ и $R_1 = 100 ком/$. Практически достаточно, чтобы напряжение на емкости C_2 изменилось не на полную величину перепада $E_a - U_{a1уст}$. - время, требующееся для такого разряда, вообще бесконечно велико, - а на, скажем, 90% этого перепада; при этом напряжение на катоде верхней лампы будет около $U_{аконеч} = +35в$, и положительный импульс, поднимающий напряжение на ее сетке до примерно $\frac{1}{3} E_a$ /+70в/, пройдет через эту лампу. Для расчета примем $E_a = 200в$, $R_1 = 100 ком$, $C_2 = 20 пф$.

В начальный момент включения /нижней/ лампы ток через сопротивление R_1 равен нулю, а ток через лампу определяется из характеристики лампы /точка $E_a = 200в, E_c = 0$ - см. рис. У-6а/; этот ток полностью является разрядным током емкости C_2 . За время разряда напряжение на аноде в нижней лампы пробегает все значения от $+E_a$ до $U_{a1конеч}$. При некотором промежуточном значении напряжения на аноде нижней лампы U_{a1} ток через лампу определяется точкой характеристики лампы $E_a = U_{a1}, E_c = 0$, ток через сопротивление равен $\frac{E_a - U_{a1}}{R_1}$, а через емкость протекает ток i_c , равный разности этих токов.

Далее,

$$U_{a1} = \frac{1}{C_2} \int i_c dt$$

Отсюда, время, протекающее от момента открытия лампы до того момента, когда напряжение на аноде равно U_{a1} , равно

$$t = \int_{U_{a1}}^{E_a} \frac{C_2}{i_c} dU_a \dots \dots \dots (*)$$

Отыскивая значения i_c при различных U_{a1} из рис. У-6а, построим график функции

$$\frac{C_2}{i_c} = \varphi(U_{a1})$$

/рис. У-6б/.

По этому графику можно произвести графическое интегрирование (*), задаваясь различными значениями U_{a1} . /200в, 150в, 100в, 75в, 50в, 35в/, и таким образом получить зависимость U_{a1} от времени после включения нижней лампы, приведенную на рис. У-6в. При этом 1мм площади криволинейной трапеции /рис.У-6б/ соответствует времени:

$$0,2 \frac{\text{нф}}{\text{мв}} \times 58 = 0,2 \cdot \frac{10^{-12}}{10^{-3}} \cdot 5 \left[\frac{\text{сек} \cdot \text{в}}{\text{в} \cdot \text{ом}} \right] = 10^{-9} \text{сек} = 10^{-3} \text{мксек}$$

Из рассмотрения рис. У-6в видно, что время, протекающее от момента отпирания нижней лампы до открытия клапана, равно примерно 0,5 мксек.

/Интересно отметить, что при определении указанным методом времени разряда емкости через нелинейное сопротивление, может оказаться, что теоретическое время полного разряда емкости до напряжения установившегося режима не бесконечно велико, т.к. можно представить себе такую характеристику лампы, при которой интеграл

$$\int_{U_{\text{нач.}}}^{U_{\text{конеч.}}} \frac{C}{i_c} dU_a$$

сходится к конечному пределу, несмотря на то, что функция

$$\frac{C}{i_c} = \varphi(U_a)$$

имеет бесконечный разрыв на конце интервала интегрирования/.

Время закрывания клапана, исчисляемое от момента запираания нижней лампы, определяется постоянной времени заряда емкости C_2 через сопротивление R_1

$$\tau_{\text{закр.}} = R_1 C_2 = 100 \text{ком} \cdot 20 \text{пф} = 2 \text{мксек}$$

и попросту примерно равно этой постоянной времени, т.к. достаточно напряжению на катоде возрасти на 60% перепада $E_a - U_{a1 \text{сер.}}$, чтобы верхняя лампа не могла открыться положительным импульсом нормальной амплитуды. Практически оно значительно меньше этой величины, т.к. если на сетку верхней лампы подать импульс в то время, когда напряжение на ее катоде еще недостаточно для полного ее запираания, то последовательно с верхней лампой в ее катодную цепь включена емкость C_2 . Импульс тока, проходящий при этом через верхнюю лампу, настолько мал по величине и длительности, что паразитный сигнал, появляющийся на сопротивлении анодной нагрузки во много раз меньше /по амплитуде/ полезного сигнала.

В том случае, когда желательно увеличить коэффициент передачи клапана, а хорошая разрешающая способность не требуется, можно искусственно увеличить емкость C_2 . Коэффициент передачи при этом возрастает за счет ослабления отрицательной обратной связи в верхней лампе.

Описанные клапаны на лампах 6Н8-С применены в пусковом регистре /после его переделки/, в блоке выбора памяти, в блоке операции сравнения и в контрольных блоках и дали удовлетворительные результаты в работе.

На рис. У-4в приведена возможная схема комбинирования нескольких клапанов, управляемых от общего уровня /или общего широкого импульса/ и пропускающих разновременные импульсы в разные каналы. Если бы эту же схему мы попробовали осуществить на пентодных клапанах, то если потребовалось бы не 2, а 3 баллона /3 лампы 6Ж4 с объединенными параллельно управляющими сетками/.

На рис. У-4а приведен другой вариант клапанной схемы на лампе 6Н8-С. Здесь R_1 - порядка 10 ком, R_2 - порядка 500 ком. Схема работает ^{от} импульсов с амплитудой порядка 20в, подаваемых на сетку нижней лампы, а управляется уровнем - $-20в \div \frac{E_a}{3}$ или широким импульсом с амплитудой $\sim (20в + \frac{E_a}{3})$, подаваемым на сетку верхней лампы. В схеме неизбежны ложные сигналы от включения верхней лампы. Поэтому этот вариант клапана не нашел применения в схемах, тем более, что увеличение амплитуды импульса, подаваемого на клапан, достигается обычно легче, чем увеличение перепада управляющего напряжения.

Таблица квадратов чисел/по восьмидичной системе/,
вычисленная на АЦВМ.

$x_{нач.} = 0,76000000$ $h = +0,02000000$

$$\begin{aligned} 1/ & x_n \cdot x_n = x_n^2 \\ 2/ & x_n + h = x_{n+1} \end{aligned}$$

x	x^2	x	x^2
76000000 -	74040000 +	74000000 -	70200000 +
72000000 -	64440000 +	70000000 -	61000000 +
68000000 -	55440000 +	66000000 -	52200000 +
62000000 -	47040000 +	60000000 -	44000000 +
58000000 -	41040000 +	54000000 -	36200000 +
52000000 -	33440000 +	50000000 -	31000000 +
48000000 -	26440000 +	44000000 -	24200000 +
42000000 -	22040000 +	40000000 -	20000000 +
38000000 -	18040000 +	34000000 -	14200000 +
32000000 -	12440000 +	30000000 -	11000000 +
28000000 -	07440000 +	24000000 -	06200000 +
22000000 -	05040000 +	20000000 -	04000000 +
18000000 -	03040000 +	14000000 -	02200000 +
12000000 -	01440000 +	10000000 -	01000000 +
08000000 -	00440000 +	04000000 -	00200000 +
02000000 -	00040000 +	00000000 -	00000000 +
02000000 +	00040000 +	04000000 +	00200000 +
08000000 +	00440000 +	10000000 +	01000000 +
12000000 +	01440000 +	14000000 +	02200000 +
18000000 +	03040000 +	20000000 +	04000000 +
22000000 +	05040000 +	24000000 +	06200000 +
28000000 +	07440000 +	30000000 +	11000000 +
32000000 +	12440000 +	34000000 +	14200000 +
38000000 +	18040000 +	40000000 +	20000000 +
42000000 +	22040000 +	44000000 +	24200000 +
48000000 +	26440000 +	50000000 +	31000000 +
52000000 +	33440000 +	54000000 +	36200000 +
58000000 +	41040000 +	60000000 +	44000000 +
62000000 +	47040000 +	64000000 +	52200000 +
68000000 +	55440000 +	70000000 +	61000000 +
72000000 +	64440000 +	74000000 +	70200000 +
76000000 +	74040000 +		

(Табл. $\bar{n}-1$)

Сокращения, применяемые в тексте
/кроме общепринятых/.

АЦВМ	- автоматическая цифровая вычислительная машина.
	<u>Узлы АЦВМ:</u>
АУ	- арифметический узел
МПД	- местный программный датчик арифметического узла
ПЦМ	- программно-цифровая магистраль/ триггерный регистр арифметического узла/.
МП	- магнитная память
ЭП	- электростатическая память
ГПД	- главный программный датчик.
УВВ	- устройство для ввода и вывода.
	<u>Блоки ГПД:</u>
ГТИ	- генератор тактирующих импульсов.
ГТИ-1, ГТИ-П	- две сдвинутые по времени на $\frac{1}{2}$ периода последовательности импульсов генератора тактирующих импульсов.
РИ	- распределитель импульсов.
ПС	- блок пуска и синхронизации.
ФИ	- блок формирования импульсов.
ПР	- пусковой регистр.
СР	- селекционный регистр.
РС	- регистр сравнения.
РА	- регистр адреса.
БК	- блок клапанов.
ОШ	- блок операций и шифра.
ВП	- блок выбора памяти.
ОС	- блок операции сравнения.
КБ	- контрольные блоки.
КБ-1	- основной контрольный блок
КБ-П	- контрольный блок, содержащий цепи управления.
ОКР	- "образовать значения в контрольных разрядах" - операция, выполняемая контрольными блоками, команда.
	<u>Обозначения на скелетных схемах:</u>
Ус ₃	- усилитель №3.
Кл ₅	- клапан № 5.
Тр ₂	- триггер № 2.
КП ₄	- катодный повторитель № 4
Д ₆	- диодный дешифратор № 6
КР ₁	- кпп-реле /одноперіодный мултивибратор/ № 1
С ₇	- диодный смеситель № 7.

Литература.

1. Быховский. Основы электронных вычислительных машин дискретного счета. "Успехи математических наук" т.1У вып.3 /31/ 1949. - К гл.1,У.
2. Хартлей. ЭНИАК. "Успехи математических наук".Т.Ш вып.5/27/ 1948. - К гл.1.
3. Хаски Х.Д. Параметры вычислительной машины Института численного анализа. "Mathematical Tables and other Aids to Computation" No 30. April 1950.
- К разд. П-1.
4. Боев. Теория вероятностей. - К разд. П-2.
5. Шеннон К.Е. Математическая теория связи. "The Bell System Technical Journal" No 3 - No 4. April-October 1948.
- К разд. П-2.
6. Хэмминг Р.В. Коды для обнаружения и исправления ошибок. "The Bell System Technical Journal" No 2. April 1950.
- К разд. П-2.
7. Генерирование электрических колебаний специальной формы. Часть 1,П. Изд."Советское радио",1950-1951 г. - к гл.У.
8. Богомолов А.Ф. Основы радиолокации. Часть 2. - К гл.У.
9. Гурфинкель Б.Б. Привано-усилительные электронные лампы. 1949 г. - К гл.У.

N 300
2 экз
7/III-52г
с.б.